

# Menuju Indonesia Bersih

50 Karya Terbaik National Energy, Climate and Sustainability  
Competition (NECSC) 2023



RMBooks

# Menuju Indonesia Bersih

50 Karya Terbaik National Energy, Climate and Sustainability Competition (NECSC) 2023

© Kompetisi Penulisan Artikel National Energy, Climate and Sustainability Competition Piala Menteri ESDM RI dan Piala Menteri LHK RI

Editor : Ratna Susilowati  
Desain Sampul : Muhammad Iqbal Sugiharto  
Tata Letak : Syah Rizal

ISBN : 978-603-5931-59-8  
Cetakan I : Mei 2023

Penerbit RM BOOKS

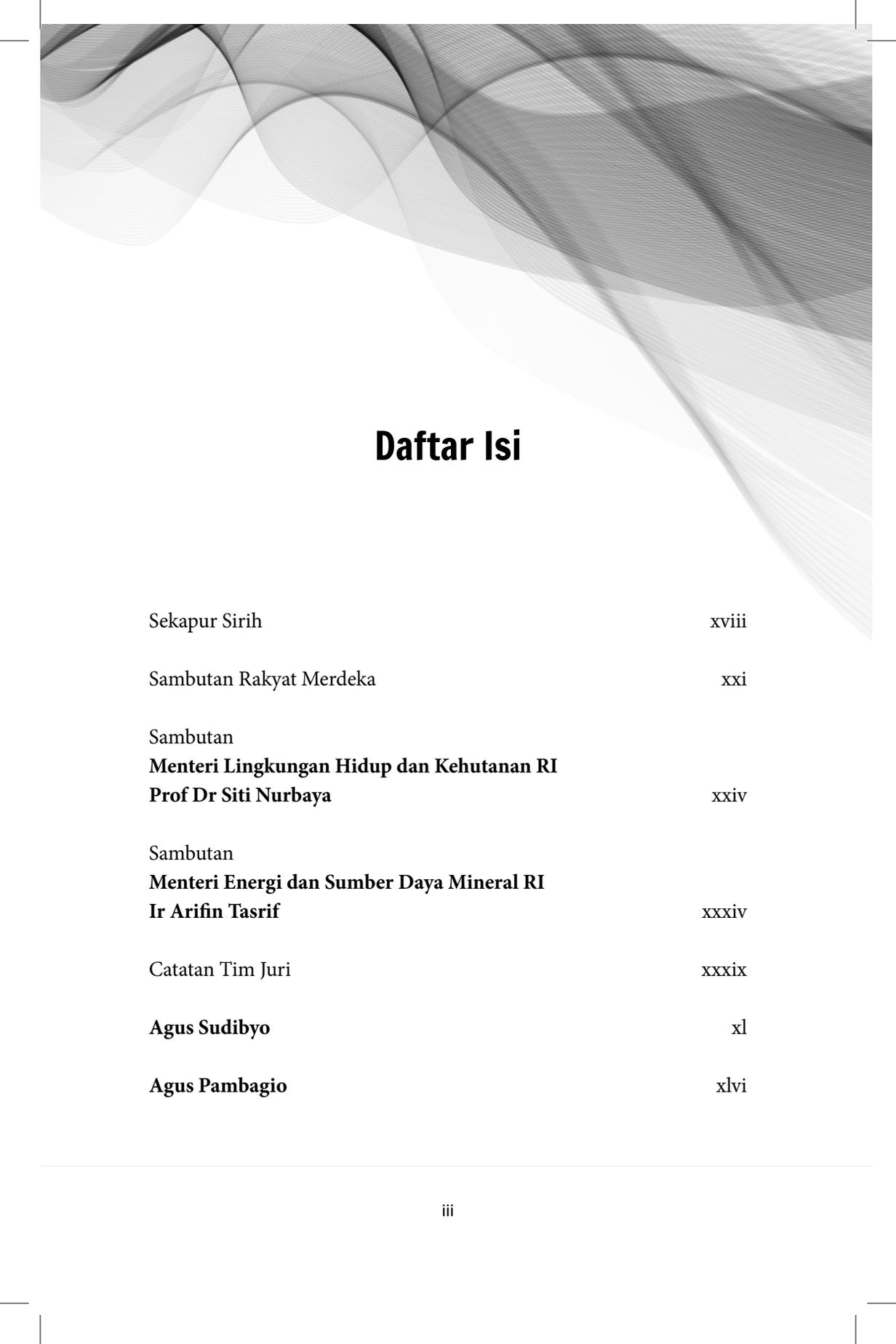
Anggota IKAPI  
Graha Pena Jakarta, Lt. 8  
Jln. Kebayoran Lama No.12 Jakarta Selatan 12210  
Telp. 021-53651495 (Hunting), Fax. 021-53671716

Sanksi Pelanggaran Pasal 113  
Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014  
Tentang Hak Cipta

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf i untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Dilarang mengutip, memperbanyak, dan menerjemahkan sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Hak cipta dilindungi undang-undang  
All Rights Reserved



# Daftar Isi

|   |       |
|---|-------|
| Sekapur Sirih   | xviii |
| Sambutan Rakyat Merdeka   | xxi   |
| Sambutan<br><b>Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI</b><br><b>Prof Dr Siti Nurbaya</b> | xxiv  |
| Sambutan<br><b>Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI</b><br><b>Ir Arifin Tasrif</b>     | xxxiv |
| Catatan Tim Juri  | xxxix |
| <b>Agus Sudibyo</b>   | xl    |
| <b>Agus Pambagio</b>  | xlvi  |

Karya-karya Terbaik 1  
KATEGORI LINGKUNGAN

Artikel 1 2

**Bilik Bijak: Wadah Penyaluran Tas Belanja Demi Penggunaannya yang Lebih Efektif**

Karya: Ratna Ayu Lestari

(Mahasiswa Universitas Indonesia, Jakarta)

*Artikel ini menjadi pemenang I, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC), Kategori Lingkungan.*

*Meraih Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI 2023*

Artikel 2 8

**ECOMISION: Filter Udara Berbasis Adsorben Daun Trembesi Terintegrasi Teknologi Exhaust Fan sebagai Upaya Mereduksi Emisi Karbon di Udara**

Karya: Hafiz Okta Ramadhan

(Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)

*Artikel ini menjadi pemenang 2, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, Kategori Lingkungan.*

*Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*

Artikel 3

15

**INOTS: Inovasi Teknologi Smart Biofilter Limbah Cair Domestik Guna Meminimalisir Kekeringan Sawah Di Madiun Pada Musim Kemarau**

Karya: Fyrdatul Umamah

(Mahasiswa Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember – ITS, Surabaya)

*Artikel ini menjadi pemenang 3, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, Kategori Lingkungan.*

*Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*

Artikel 4

21

**MEGDI (Mask Biodegradation Device): Inovasi Teknologi Biodegradasi Limbah Masker dengan Pseudomonas Aeruginosa Terintegrasi IOT Sebagai Upaya Mendukung Pembangunan Nasional**

Karya: Eris Pransiscah Nainggolan

(Mahasiswa Institut Teknologi Kalimantan – ITK),  
Jurusan Sains Teknologi Pangan dan Kemaritiman

*Artikel ini menjadi pemenang 4, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, Kategori Lingkungan.*

*Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*

Artikel 5

30

**Bioinsektisida dan Kompos Biji Kelengkeng sebagai Solusi Waste Management yang Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan**

Karya: Annisa Puji Lestari

(Mahasiswa Universitas Telkom, Bandung)

*Artikel ini menjadi pemenang 5, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, Kategori Lingkungan.*

*Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*

|  |    |
|--|----|
| Artikel 6  | 38 |
| <b>Carbonize: <i>Carbon Trading</i> Berbasis NFT, Platform Baru Untuk Pasar Karbon yang Efisien</b>  |    |
| Karya: Bilal Adijaya<br>(Mahasiswa Universitas Gadjah Mada - UGM, Yogyakarta)  |    |
| Artikel 7  | 45 |
| <b>Fluorum (Fluida Superkritis Skala Perumahan): Inovasi Sistem Pengolahan Limbah Plastik Berbasis Fluida Superkritis H<sub>2</sub>O Terintegrasi Internet of Things Pada Skala Perumahan Di Indonesia</b> |    |
| Karya: Yohanes Maruli Arga Septianus<br>(Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember – ITS, Surabaya)  |    |
|  | 54 |
| Artikel 8  |    |
| <b>Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Sumber Hidrogen dengan Menggunakan Teknik Hyvolution Untuk Mewujudkan Energi Bersih Nasional: Studi Kasus Aceh</b>   |    |
| Karya: Ahmad Muhar Apriansyah (Mahasiswa Universitas Syiah Kuala, Aceh)  |    |
|  | 61 |
| Artikel 9  |    |
| <b><i>Breaks The Silent Killer</i> : Rancangan Desain <i>Eco Wind-breaker</i> Biokomposit Zeolit-Serat Bambu Sebagai Upaya Kendali Tari Asap Kota Industri</b>   |    |
| Karya: Arifah Ramadhani Azzah<br>(Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)   |    |

|  |    |
|--|----|
| Artikel 10   | 67 |
| <b>Skenario Upaya Reduksi Limbah Plastik Pada FIFA U-20 World Cup Indonesia 2023 Melalui Teknologi Gasifikasi PLTSa Benowo</b>   |    |
| Karya: Emi Rahmawati<br>(Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember – ITS, Surabaya)  |    |
| Artikel 11   | 72 |
| <b>Langkah Awal Penerapan Gaya Hidup Peduli Lingkungan</b>   |    |
| Karya: Alda Ranum Virgiawan (Mahasiswa Politeknik Negeri Bandung)  |    |
| Artikel 12   | 74 |
| <b>Silika Aerogel Berbasis Ampas Tebu Guna Penerapan Low Carbon Living</b>   |    |
| Karya: Alfi Syahrin Ramadhan (Mahasiswa Universitas Sumatera Utara)  |    |
| Artikel 13   | 78 |
| <b>Great Farm Solution: Pemanfaatan Teknologi Granulator dalam Inovasi Pengembangan Pupuk Frass Ulat Tepung (<i>Tenebrio molitor</i>) untuk Menekan Emisi Gas Rumah Kaca</b> |    |
| Karya: Alfian Mubaraq (Mahasiswa Universitas Negeri Makassar)  |    |
| Artikel 14   | 89 |
| <b>Pemanfaatan Limbah Ban Sebagai Alternatif Tambahan Material Dalam Beton Agregat</b>   |    |
| Karya: Dina Artha Ghina<br>(Mahasiswa Teknologi Industri, Politeknik Gajah Tunggal, Tangerang, Provinsi Banten)  |    |

|  |     |
|--|-----|
| Artikel 15   | 95  |
| <b>Kebersihan Kota dan Pengelolaan Sampah sebagai Upaya <i>Waste Management</i> dalam Mendukung SDGs</b>   |     |
| Karya: Lidia Pradista Putri Swastika<br>(Mahasiswa Universitas Airlangga, Surabaya)  |     |
| Artikel 16   | 100 |
| <b>Prototipe Penurunan Kadar Logam Berat dan Organik Pada Air Lindi Menggunakan Metode Eceng Gondok dan Karbon Aktif Berbasis Penyaring Biodisc</b>  |     |
| Karya: M Fazha Hanafi A<br>(Mahasiswa Universitas Andalas, Padang)   |     |
| Artikel 17   | 106 |
| <b>Budidaya <i>Moina</i> sp dan Mikroalga Melalui Pengolahan Limbah Biologis Industri Perikanan dan Peternakan Unggas Secara Sirkuler</b>  |     |
| Karya: Muhammad Helmi Fauzan<br>(Mahasiswa Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta),<br>Fakultas Biologi   |     |
| Artikel 18   | 111 |
| <b>Multiusaha Kehutanan Bio-Based Circular Carbon Economy dalam Mencapai FOLU NET Sink 2030 dan NZE</b>  |     |
| Karya: Muhammad Nabiil<br>(Mahasiswa Institut Pertanian Bogor – IPB)   |     |
| Artikel 19   | 117 |
| <b>Greencosmetic Hair Care Aluve: Enkapsulasi Gel Lidah Buaya (<i>Aloe Vera</i> L) Dengan Aerogel Silika dan Silk Fibroin Ulat (<i>Bombyx Mori</i>) Sebagai Upaya Mewujudkan Low Carbon Living</b> |     |
| Karya: Nurul Khorina Ilmi<br>(Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)   |     |

|   |     |
|---|-----|
| Artikel 20  | 125 |
| <b>INHULIR: Integrasi Hulu-Hilir Pengolahan Limbah Plastik PET di Indonesia sebagai Upaya Penerapan Ekonomi Sirkular dan Pemenuhan Sustainable Development Goals Berbasis Internet of Things (IoT)</b>  |     |
| Karya: Sarah Auliyasyifa<br>(Mahasiswa Universitas Indonesia, Jakarta)  |     |
| Karya-karya Terbaik Siswa Sekolah Menengah Atas   | 131 |
| Artikel 21  | 132 |
| <b><i>Caulerpa Lentillifera</i>: Upaya Menekan Mitigasi Gas Metana Dari Sektor Peternakan</b>   |     |
| Karya: Izza Lutfiah (Siswa SMA Negeri 1, Sumenep)   |     |
| Artikel 22  | 138 |
| <b>Tentang Pemilahan Sampah, Jangan Lagi Organik – An Organik</b>   |     |
| Karya: Muhammad Ikhya Satari<br>(Siswa Kelas 12, Jurusan Animasi, Program Keahlian Seni Rupa, SMKN 14 Bandung)  |     |
| Artikel 23  | 155 |
| <b>SAKUTAWAKU <i>Recycle Machine</i> Sebagai Solusi Alternatif Pemilahan Sampah Wadah Minuman Di Era Revolusi Industri 4.0 dan Era Society 5.0 Dengan Mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan Global Menuju Indonesia <i>Zero Waste</i></b> |     |
| Karya: Muhammad Ilham Rizky Maulana<br>(Siswa SMA Negeri 1 Sangatta Utara, Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur)   |     |

|   |     |
|---|-----|
| Artikel 24  | 169 |
| <b>Smart Spraying: Implementasi Kecerdasan Buatan Dalam Menangani “Tanaman Tak Diundang”</b>  |     |
| Karya: Rania Aqila<br>(Siswa SMA Al Wildan Islamic School 1, Provinsi Banten)   |     |
| Artikel 25  | 176 |
| <b>Pembuatan Batako Polimer dari Limbah Masker Disposable, Plastik Polipropilen, dan Cangkang Rajungan Sumenep sebagai Solusi Penanganan Limbah dan Mitigasi Banjir di Pemukiman Padat Penduduk</b>   |     |
| Karya: Shinta Dewi Nurul Izza<br>(Siswi SMA Negeri 1 Sumenep, Madura)   |     |
| Karya-karya Terbaik<br>KATEGORI LINGKUNGAN  | 181 |
| Artikel 1   | 182 |
| <b>Solar And Rainwater Energy Harvesting Hybrid System: Solusi Penyediaan Energi Listrik Bersih dan Berkelanjutan di Pedesaan</b>   |     |
| Karya: Salsah Sahrani Syam<br>(Mahasiswa Universitas Hasanuddin, Makassar)<br><i>Artikel ini menjadi pemenang I, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023<br/>Meraih Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI</i> |     |

- Artikel 2 188  
**Inovasi Teknologi Hibrida Berbasis Panel  
Surya Terapung dan Savonius Darrieus Turbine  
Microhydropower Sebagai Aplikasi Renewable Energy  
Dalam Upaya Terwujudnya Green Electricity di Desa  
Gondang, Kabupaten Banjarnegara**  
Karya: Sasa Aulia  
(Mahasiswa Universitas Gadjah Mada – UGM,  
Yogyakarta)  
*Artikel ini menjadi pemenang 2, dalam National Energy,  
Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023  
Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI*
- Artikel 3 208  
**Pemanfaatan Biohidrogen Dari POME Industri Sawit  
Kaltim Sebagai Sumber Energi IKN**  
Karya: Ravi Aditya Ghassany  
(Mahasiswa UPN Veteran, Yogyakarta)  
*Artikel ini menjadi pemenang 3, dalam National Energy,  
Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023  
Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI*
- Artikel 4 221  
**Optimalisasi Produksi Ikan Nelayan Pulau Pangerungan  
Kecil Gunakan Teknologi Hybrid Renewable Energy**  
Karya: Alia Damar Adiningsih  
(Mahasiswa Universitas Paramadina, Jakarta)  
*Artikel ini menjadi pemenang 4, dalam National Energy,  
Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023  
Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI*

|  |     |
|--|-----|
| Artikel 5  | 229 |
| <b>Desain Integrasi Sistem PLTB Hybrid &amp; Offshore Platform di Laut Timor untuk Capai NZE 2060</b>  |     |
| Karya: Aflah Fikri Mahmud<br>(Mahasiswa Universitas Hasanuddin, Makassar)<br><i>Artikel ini menjadi pemenang 5, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023 Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral</i> |     |
| Artikel 6  | 237 |
| <b>Potensi Terpendam Lithium Geothermal Brine, Kunci Desentralisasi EBT &amp; Kendaraan Listrik Di Indonesia</b>   |     |
| Karya: Kevin Chandra Wijaya<br>(Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)   |     |
| Artikel 7  | 242 |
| <b>Teknologi Microbubble Biosurfaktan Konsorsium Bakteri Untuk Pemulihan Sumur Tua Wonocolo, Bojonegoro</b>  |     |
| Karya: Twistka Talitha Pangestu<br>(Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)   |     |
| Artikel 8  | 250 |
| <b>I-GREFIMS (Integrated Green Electrification Monitoring System): Pemanfaatan Potensi Generasi Muda Bangsa dengan Tujuan Elektrifikasi Nasional</b>   |     |
| Karya: Priscilla Tiffany<br>(Mahasiswa Universitas Indonesia, Jakarta)   |     |

- Artikel 9 260  
**Listrik AC Untuk Masyarakat Daerah 3T: Inovasi  
Multilevel Inverter Untuk Sistem Pembangkit Listrik  
Tenaga Surya (PLTS) Dusun Buttue, Kabupaten  
Pangkep, Sulawesi Selatan**  
Karya: Abdul Hakim Azis  
(Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya)
- Artikel 10 267  
**Perencanaan Pengembangan Panel Surya Berbasis  
Teknologi SIG pada Kawasan Rural NTB**  
Karya: Hanif Hidayat  
(Mahasiswa Universitas Indonesia)
- Artikel 11 274  
**Masa Depan Dunia Kerja Dibalik Masifnya  
Perkembangan Energi Baru Terbarukan**  
Karya: Arya Wisnu Dwipangga  
(Mahasiswa Universitas Sebelas Maret – UNS, Surakarta)
- Artikel 12 277  
**Dashter: Aplikasi Berbasis Smart Alarm System dan  
Machine Learning Untuk Deteksi Anomali Konsumsi  
Listrik dan Estimasi Potensial Sebagai Akselerasi Dalam  
Pencapaian Net Zero Emission Di Indonesia Tahun 2050**  
Karya: Darell Liu Hermawan  
(Mahasiswa Universitas Airlangga, Surabaya)
- Artikel 13 285  
**Inovasi Biofotovoltaik Berbasis Mikroalga Untuk Gedung  
Operasional Industri PT Djarum Demi Mewujudkan Net  
Zero Carbon Energy Di Kabupaten Kudus**  
Karya: Fitra Ari Aditya  
(Mahasiswa Universitas Diponegoro, Semarang)

|  |     |
|--|-----|
| Artikel 14   | 305 |
| <b>Pembuatan Briket Dari Limbah Tanaman Kopi Desa Sempajaya, Kabupaten Karo</b>  |     |
| Karya: Intan Permata Sari Purba & Fauzan Erlangga<br>(Mahasiswa Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara)  |     |
| Artikel 15   | 316 |
| <b>Target <i>Net Zero Emission</i>: Perlunya Kebijakan Yang Didukung Oleh Komitmen Politik dan Dukungan Institusi Keuangan</b>   |     |
| Karya: Ketut Redita (Mahasiswa Accounting, Universitas Prasetiya Mulya, Jakarta)   |     |
| Artikel 16   | 327 |
| <b><i>Carbon Nanotubes</i>: Material Masa Depan Sel Surya Organik dalam Upaya Konservasi Energi Baru dan Terbarukan?</b>   |     |
| Karya: Muhammad Robith Al Anam<br>(Mahasiswa Universitas Diponegoro, Semarang)   |     |
| Artikel 17   | 333 |
| <b><i>Smart Parking Area: Wireless Charging</i> Mobil Listrik pada Area Parkir dengan Sumber Listrik yang Memanfaatkan Getaran Kendaraan di Jalan Raya sebagai Upaya Mewujudkan <i>Net Zero Emission</i></b> |     |
| Karya: Salwa Dzanur Royana (Mahasiswa Institut Teknologi 10 Nopember – ITS, Surabaya)  |     |
| Artikel 18   | 337 |
| <b>Potensi Alam Indonesia dalam Mewujudkan Desentralisasi Energi yang Berkelanjutan dengan Adicita Indonesia <i>Net Zero Emission Carbon 2060</i></b>  |     |
| Karya: Syaifuddin<br>(Mahasiswa Universitas Negeri Malang)   |     |

|   |     |
|---|-----|
| Artikel 19  | 342 |
| <b>Optimalisasi Konversi Energi dari Limbah Plastik secara Pirolisis Menggunakan Katalis ZnO Limbah Baterai</b>   |     |
| Karya: Wulida Rayhani<br>(Mahasiswa Universitas Sebelas Maret – UNS, Surakarta),<br>Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu<br>Pengetahuan Alam |     |
| Artikel 20  | 348 |
| <b>Demokrasi Energi untuk Karbon Netral 2060: Pelibatan Masyarakat Dalam Kebijakan Transisi Energi di Indonesia</b>                                       |     |
| Karya: Yassriani Almattushyva<br>(Mahasiswa Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta)  |     |
| Karya-karya Terbaik Siswa Sekolah Menengah Atas   | 355 |
| Artikel 21  | 356 |
| <b>Teknologi Biodrying: Harapan Indonesia Menuju Net Zero Emission</b>  |     |
| Karya: Akmal Zuhdi<br>(Siswa SMA Islam PB Soedirman, Bekasi)  |     |
| Artikel 22  | 360 |
| <b>Efektifitas Alat Press Hidrolik Manual Pencetak Briket Terhadap Mutu Fisik Biobriket Kulit Buah Nipah</b>  |     |
| Karya: Ardi<br>(Siswa SMK Negeri 1 Suak Tapeh, Banyuasin, Sumatera Selatan)   |     |

|  |     |
|--|-----|
| Artikel 23   | 366 |
| <b>Transformasi Bangsa Menuju SDGs 2030 Melalui<br/>Kontribusi Kepemudaan Dalam Implementasi<br/>Kebijakan <i>Net Zero Emission</i></b>          |     |
| Karya: Aurisa Putri Hawin Yusima<br>(Siswa SMA Negeri 1 Sragen, Jawa Tengah)   |     |
| Artikel 24   | 370 |
| <b>Inovasi Kurikulum Hijau dan Peran Pemerintah<br/>Terhadap Kontribusi para Pemuda dalam Perwujudan<br/>Green Era</b>                           |     |
| Karya: Chelsea Alivia<br>(Siswa SMA Negeri 1 Palembang)  |     |
| Artikel 25   | 376 |
| <b>OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion): Solusi<br/>Pemenuhan Kebutuhan Listrik Bersih Masa Depan<br/>Masyarakat Di Kepulauan Yapen, Papua</b> |     |
| Karya: Zulfa Siti Zakia<br>(Siswa Madrasah Aliyah Putri PUI Talaga, Majalengka,<br>Jawa Barat)   |     |
| <b>Green Bootcamp Leader</b>   | 389 |
| Studi Kasus I – PT Pertamina (Persero)   | 390 |
| <b>Rainbow Project: Elektrifikasi Tambak dan Pusat<br/>Konservasi Penyu Pantai Pelangi Bantul</b>  |     |
| Studi Kasus II – PT Adaro Energy Indonesia   | 393 |
| <b>Pemanfaatan Hybrid Micro Hydro-Solar System<br/>Untuk Peningkatan Suplai Listrik Di Kalimantan<br/>Utara</b>                                  |     |
| Studi Kasus III – GoTo Indonesia   | 396 |
| <b>Electrum New Device: Piezoelectric Energy<br/>Harvester For Motorcycle to Accelerate The<br/>Electric Vehicle Ecosystem</b>                   |     |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Foto-Foto Kegiatan</b>   | 401 |
| <b>Kunjungan Ke Persemaian Rumpin</b>   | 402 |
| <b>Kegiatan Boot Camp Green Leader</b>  | 406 |
| <b>Leadership Talk di Makara Art Centre</b>   | 407 |
| <b>Awarding NECSC 2023</b>  | 410 |
| <br>  |     |
| <b>Pemberitaan</b>  | 413 |
| 1. <b>Menteri LHK Bicara Di Depan 500 Anak Muda NECSC 2023</b>                            | 414 |
| 2. <b>Paparan Dirut Pertamina Di NECSC</b>  | 419 |
| 3. <b>Dirut PT Pupuk Indonesia Indonesia Jangan Telat Bangun Pabrik Amonia</b>            | 422 |
| 4. <b>Boy Thohir: Mari Kerja Keras Supaya Indonesia Lebih Tangguh, Jadi Global Player</b> | 425 |
| 5. <b>William Tanu: Bermimpilah Dengan Mata Terbuka...</b>                                | 428 |
| 6. <b>Capai Target Net Zero Emission 2060 PLN Pastikan Tak Ada PLTU Batubara Baru</b>     | 430 |
| 7. <b>Kejar Target Net Zero Emission, Ini Program Jangka Panjang PLN</b>                  | 433 |

## **Sekapur Sirih**



**Zagy Yakana Berian**  
**Founder**  
**Society of Renewable Energy (SRE)**

**Assalamualaikum Wr Wb**

**Salam sehat untuk kita semua.**

Puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga pada hari ini kita dapat bertemu dalam keadaan sehat wal'afiat.

Saya ingat betul, 27 Juli 2019, sekumpulan mahasiswa di ITB meneguhkan tekad membangun wadah kolaborasi dan belajar bersama yang kami sebut Society of Renewable Energy. Kami berkegiatan menyebarkan awareness terhadap energi dan lingkungan ke jejaring kami.

Setelah itu, awal pandemi kami berinovasi melaksanakan kegiatan secara daring. Kami membawa gagasan kegiatan webinar pertama kali

ke Rakyat Merdeka. Kami disambut dengan hangat dan mendapatkan kepercayaan sebagai kolaborator acara. Dari situ, awal mula SRE dari 1 kampus merambah ke 43 kampus lainnya seperti UI, IPB, UGM, ITS, UB dan PTN PTS lainnya.

Saat ini, SRE tidak hanya melakukan outreach ke tingkat mahasiswa melainkan ke tingkat SMA/SMK yang dipelopori mahasiswa terpilih dalam mengkampanyekan perubahan iklim dan energi bersih.

Generasi kami, generasi yang percaya akan bukti-bukti ilmiah terkait perubahan iklim dan juga peta jalan yang telah diramu menuju Net Zero Emission. Kami siap mendukung target pemerintah terkait Folu Net Sink, Net Zero Emission, dan juga siap mempersiapkan angkatan kerja yang kompetitif. Karena kedepannya, peluang pekerjaan di sektor greenjobs akan semakin meningkat.

SRE dan Rakyat Merdeka, melakukan langkah kongkrit dengan mengadakan kompetisi menulis yang pertama kali diadakan tahun 2021. Melalui kompetisi itu, kami membuat buku 50 karya terbaik sebagai sumbangsih generasi muda.

Melanjutkan kegiatan yang baik tersebut, SRE dan Rakyat Merdeka kembali mengadakan kompetisi menulis dengan terobosan baru yaitu menulis gagasan melalui media RM Community. Kegiatan lomba menulis diikuti oleh 520 pendaftar yang berasal dari 72 kampus/sekolah di 32 kota. Dari jumlah ini, terjaring 225 naskah yang masuk ke panitia. Sebanyak 52 persen, merupakan peserta kategori Energi dan 48 persen sisanya, adalah peserta kategori Lingkungan.

Saat ini, generasi muda Indonesia memiliki ketertarikan terhadap isu lingkungan dan transisi energi yang begitu tinggi. Antusiasme itu terlihat melalui inisiatif seperti:

- 1) Diseminasi informasi melalui sosial media oleh komunitas lingkungan dan energi
- 2) Kanal peningkatan kapasitas diri dan pencarian kerja
- 3) Program Gerilya ESDM untuk sertifikasi mahasiswa menjadi installer PLTS
- 4) Program Green Leadership Indonesia KLHK untuk generasi muda sektor lingkungan

- 5) Kegiatan akses energi ke masyarakat yang sudah mencapai 50 lokasi di Indonesia
- 6) Kolaborasi akses energi untuk masyarakat di perhutanan sosial Lembang

Gagasan ide yang inovatif dan kreatif terus bermunculan dari teman-teman generasi muda Indonesia melalui kegiatan yang asosiatif. SRE dan Rakyat Merdeka berkomitmen untuk terus menyediakan ruang generasi muda untuk tumbuh dan berkembang. Karena kedepannya, generasi muda ini yang akan memimpin bangsa dalam menghadapi perubahan iklim dan juga proses transisi energi di Indonesia.

Semoga, dukungan dari kementerian, perusahaan, dan juga lembaga di sektor energi dan lingkungan akan terus bertambah dan menjadi kegiatan rutin sebagai sumbangsih terhadap negeri ini.

Terimakasih kepada Rakyat Merdeka, media nasional, yang terus percaya akan potensi generasi muda terutama melalui kegiatan-kegiatan SRE. Terimakasih kepada Kementerian LHK dan Kementerian ESDM atas dukungan kolaborasi ini. Terakhir, kepada perusahaan yang mendukung terlaksananya kompetisi tahunan dari SRE dan Rakyat Merdeka.

Demikian, Wassalamualaikum Warrahmatulahi Wabarakatuh.

Zagy Yakana Berian

Founder

Society of Renewable Energy (SRE)

# **Sambutan Rakyat Merdeka**



**Kiki Iswara Darmayana**  
**Direktur Utama Rakyat Merdeka/ CEO RM Group**

Assalamualaikum Wr Wb.  
Salam sejahtera untuk kita semua.

Puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga kita diberikan kelancaran menyelenggarakan Awarding Day & Green Leadership NECSC 2023 Rakyat Merdeka dan Society of Renewable Energy.

Satu dekade terakhir ini, dunia menghadapi tantangan perubahan iklim dan transisi energi. Di negara kita, kedua isu ini telah menjadi perhatian penting. Pemerintah melakukan berbagai upaya dan melaksanakan banyak program untuk menanganinya. Dan di sisi lain, anak-anak muda Indonesia menunjukkan kepedulian tinggi terhadap isu tersebut.

Antusiasme anak-anak muda ini perlu diberi atensi. Karena generasi merekalah yang kelak akan mengawal dan mempercepat pelaksanaan program-program terkait isu transisi energi dan perubahan iklim.

Merujuk proyeksi International Renewable Energy Agency (IRENA) dan juga Organisasi Perburuhan Internasional, disebutkan pada tahun 2060 diperkirakan ada sekitar 30,2 juta lapangan pekerjaan di sektor ini

Peluang yang terbuka sangat lebar untuk anak-anak muda ini, perlu dikawal dengan memberikan bekal pengetahuan yang cukup untuk mereka. Karena itulah Rakyat Merdeka menyelenggarakan kegiatan ini dengan tujuan ikut berkontribusi, agar anak-anak muda bisa mengembangkan dirinya, memiliki leadership dan mengasah ide kemampuan melalui program bootcamp leader dan kompetisi penulisan artikel.

Rakyat Merdeka ikut aktif membina Society of Renewable Energy (SRE) bahkan sejak kelahirannya di tahun 2019. Diinisiasi oleh Zagy Yakana Berian, dengan sejumlah anak muda lainnya di ITB. Di awal pendiriannya, Kami menyampaikan, bahwa wadah yang baik ini harusnya bisa mengajak PTN dan PTS lainnya di seluruh Indonesia. Dan responnya bagus. SRE lalu terbentuk di UI, IPB, UGM, ITS, UNDIP, UB, UNS dan bahkan saat ini mencapai 43 kampus di seluruh Indonesia. Member teregistrasinya tercatat lebih dari 3 ribuan mahasiswa.

Kakak-kakak tingkatnya atau, mahasiswa yang telah lulus sampai sekarang terus membantu agar komunitas ini bisa terus berkembang dan memberikan ide-ide atau inisiatif yang lebih strategis bagi program transisi energi dan aksi perubahan iklim. Gerakannya juga makin aktif, karena sekarang sudah sampai ke tingkat sekolah menengah.

Khususnya mengenai essay competition, ini adalah penyelenggaraan kedua. Pada penyelenggaraan pertama, tahun 2021, ada ratusan karya yang masuk dan 50 karya terbaiknya sudah dibukukan dengan judul: Indonesia Menuju Energi Bersih. Buku tersebut disusun dan diterbitkan oleh RMBook.

Tahun ini, ajang kompetisi dikembangkan. Bukan sekedar lomba penulisan artikel tetapi ditambah dengan roadshow ke kampus dan sekolah dan leadership bootcamp yang menghadirkan banyak pembicara hebat dan inspiratif.

Selamat kepada para pemenang kompetisi penulisan artikel, yang meraih Piala Bergilir Menteri ESDM dan Menteri LHK RI. Karya-karya terbaiknya akan dimuat di Harian Rakyat Merdeka, dan diterbitkan dalam bentuk buku oleh RMBook.

Apresiasi dan ucapan terimakasih kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terselenggaranya kegiatan ini, yaitu Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral serta para sponsor yaitu PT Pertamina, PT PLN, PT Pupuk Indonesia Holding dan Perhutani.

Semoga akan lebih banyak lagi pihak-pihak yang mendukung gerakan ini, agar pengembangan energi transisi dan penanganan perubahan iklim lebih agresif.

Semoga dukungan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI serta Menteri Energi Sumber Daya Mineral RI dalam kegiatan ini akan menjadi penyemangat kita semua agar gerak penanganan perubahan iklim dan energi alternatif untuk masa depan Indonesia semakin aktif.

Demikian sambutan.

Salam hormat dan salam sehat.

Wassalamualaikum wr wb.

Direktur Utama Rakyat Merdeka/ CEO RM Group

Kiki Iswara Darmayana

# **Sambutan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI**



**Prof Dr Siti Nurbaya, MSc  
Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan**

Assalamu'alaikum Wr. Wb  
Syalom  
Om Swastiastu

Pertama-tama marilah kita persembahkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya, kita masih diberikan kesehatan dan semangat untuk memberikan kontribusi bersama dalam upaya menciptakan lingkungan yang baik dan sehat melalui aksi nyata secara berkelanjutan.

Saya sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada Rakyat Merdeka dan Society of Renewable Energy (SRE) atas prakarsa menyelenggarakan kompetisi penulisan artikel tentang energi terbarukan dan perubahan iklim atau National Energy, Climate Sustainability Competition

(NECSC) tahun 2023. Kegiatan ini sangat tepat dilaksanakan untuk mendorong peran, pemikiran dan tindakan generasi muda (youth) yang inovatif, produktif dan aspiratif dalam penguatan energi terbarukan di Indonesia.

Saya juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada jurnalis Indonesia atas perkembangan internalisasi subyek lingkungan di kalangan masyarakat dengan jasa media komunikasi publik yang telah berjalan sangat intensif dan cukup baik dalam beberapa tahun terakhir ini. Peran jurnalistik Indonesia untuk kemajuan langkah dalam upaya menangani masalah-masalah lingkungan hidup dan sumberdaya alam yang kita tahu selama ini cukup banyak, besar, luas, berat dan cukup kompleks.

Dalam demokrasi modern, Pemerintah membutuhkan konsensus opini publik dalam penyusunan regulasi maupun kebijakan. Kebijakan lingkungan berkembang seiring dengan kesadaran publik akan kesehatan planet ini, pembangunan berkelanjutan, dan perjuangan pengendalian perubahan iklim. Di situlah juga jurnalisme terkait lingkungan memainkan peran yang strategis dan menentukan. Selain menginformasikan dan meningkatkan kesadaran masyarakat, peran jurnalisme lingkungan lainnya terlihat antara lain dalam menciptakan sinergi antara Pemerintah, masyarakat, lembaga, LSM, dunia usaha, media, dan semua pihak yang menaruh kepedulian besar pada lingkungan.

Kementerian LHK terus berupaya mengedepankan pentingnya komunikasi publik untuk menyampaikan informasi kepada masyarakat, dan sinerginya dengan media/jurnalis dalam berbagai hal berkaitan dengan pembangunan lingkungan hidup dan kehutanan yang berkelanjutan. Harapannya, KLHK dan media dapat bersama-sama dalam menyampaikan informasi yang benar dan adil bagi publik, serta mencerdaskan masyarakat melalui penyediaan berbagai data dan informasi dalam era keterbukaan informasi publik.

Ibu dan Bapak serta generasi muda Indonesia yang saya cintai. Merujuk kepada IPCC Special Report 1.5 derajat C tahun 2018 and IPCC Sixth Assessment Report Working Group I on the physical science basis of climate change yang terbit tanggal 7 Agustus 2021, selama

2011 – 2020, suhu permukaan global telah meningkat rata-rata 1.09 derajat Celcius, dengan kenaikan suhu permukaan sebesar 1,5 derajat Celcius dan permukaan lautan sebesar 0,89 derajat Celcius. Suhu global akan terus meningkat sampai 2,1 – 3,5 derajat Celcius pada skenario intermediate, jika tidak ada penurunan emisi GRK yang tinggi pada durasi 2020-2050 yang sangat tergantung kepada upaya-upaya yang ambisius pada tahun 2020-2030.

Kenaikan suhu 1,5 derajat Celcius akan meningkatkan intensitas curah hujan dan dampak ikutannya seperti banjir dan kekeringan di wilayah negara-negara di Asia. Selanjutnya IPCC Sixth Assessment Report merekomendasikan untuk membatasi kenaikan suhu global pada 1,5 °C, dibutuhkan penurunan emisi GRK global yang cepat, dalam dan berkelanjutan mencapai 43% pada 2030, dibandingkan terhadap tingkat emisi GRK pada tahun 2019 dan mencapai to net zero pada sekitar tahun 2050. Tingkat emisi GRK pada tahun 2019 sebesar 59 Giga ton CO<sub>2</sub>e yang dikontribusikan 64% dari kegiatan pembakaran bahan bakar minyak dan industri. Berdasarkan IEA (2022), emisi GRK global di sektor energi pada tahun 2018 disumbang oleh batubara (42%), minyak (37%) dan gas alam (21%).

IPCC selanjutnya merekomendasikan agar negara-negara fokus pada infrastruktur berbasis fosil tanpa pengelolaan emisi GRK yang didominasi oleh sektor pembangkit. Hal ini ditanggapi melalui Glasgow Climate Pact pada COP 27 UNFCCC tahun 2021 dan Sharm el-Sheikh Implementation Plan pada COP 27 UNFCCC tahun 2022 yang memandatkan negara-negara untuk melakukan transisi menuju sistem energi yang rendah emisi GRK, pengurangan pengoperasian pembangkit batubara yang tidak dilengkapi dengan pengelolaan emisi GRK serta untuk menghentikan subsidi BBM yang tidak efisien.

Ibu dan Bapak serta generasi Muda Indonesia Yang saya Hormati

Saya senang dan sangat menghargai bahwa tema yang diambil yaitu Energy, Climate, and Sustainability. Sangat strategis dan penting. Hal itu merupakan hal mendasar dalam kita melihat, memahami dan dalam mempelajari persoalan iklim dengan dasar-dasar analisis menyangkut energi.

Ketika terbentuk alam raya termasuk bumi pada 13,7 miliar tahun lalu, menunjukkan adanya 3 hal yaitu: Pertama, konteks aliran, konversi dan penyimpanan planetary bio-energy. Kedua, analisis dis-agregate revolusi industri dengan keputusan penting penggunaan bahan bakar fosil yang menunjukkan putusnya hubungan manusia dengan alam dan lingkungan; Ketiga, studi rezim energy dalam sejarah dunia sampai sekarang.

Sumber utama energi dalam planet bumi adalah matahari; dan dapat dikonversi dalam bentuk nuklir, kimia, panas dan mekanika (kinetik). Tiga bentuk energy terakhir sangat erat dalam kaitan dengan munculnya kehidupan di bumi. Sentral kehidupan di bumi adalah fotosintesis, dimana sinar matahari diterima dan ditangkap dan disimpan oleh tanaman, dan seterusnya dipakai manusia, tanaman dimakan, maka terjadi un-clock energy.

Pada konteks iklim, analisis neraca energi dan identifikasi kerusakan lapisan ozon, juga memakai konsep aliran energi. Energi yang dipancarkan dari matahari masuk ke bumi dengan flow energy permukaan bumi dan atmosfer. Interaksi antara permukaan bumi dan atmosfer, menentukan neraca energi planet. Neraca energi pada muka bumi dan atmosfer digambarkan bahwa radiasi matahari sebesar 341 Watt/m<sup>2</sup> diserap oleh bumi 161 W/m<sup>2</sup> dan diserap. Selain itu dipantulkan oleh awan, aerosol dan atmosfer sebesar 79 Watt/m<sup>2</sup>, juga ada yang dipantulkan kembali ke angkasa 102 W/m<sup>2</sup> dan diserap oleh atmosfer 78 W/m<sup>2</sup>.

Sementara itu radiasi bumi menghasilkan 396 W/m<sup>2</sup> dan diserap oleh atmosfer sebesar 356 W/m<sup>2</sup> dan di emisi oleh atmosfer sebesar 169 W/m<sup>2</sup>. Dan keluar sebagai infra-red sebesar 239 W/m<sup>2</sup>. Celah atmosfer menjadi elemen penting, dimana dengan gangguan GRK akan mengembalikan radiasi infrared sebesar 332 W/m<sup>2</sup>. Diskusi iklim dalam satuan GRK equal CO<sub>2</sub>, semua itu bekerja dalam konsep energy. (Sumber: Buku ENERGY, ENVIRONMENT, and CLIMATE, by Richard Wolfson, 2nd edition, 2012)

Berdasarkan kondisi klimatologis, geografis dan demografis, Indonesia merupakan salah satu negara yang rentan terhadap dampak

perubahan iklim. Di sisi lain, Indonesia merupakan salah satu negara yang mengemisikan gas rumah kaca dalam jumlah besar ke atmosfer.

Total emisi GRK Indonesia pada tahun 2020 (KLHK, 2022) adalah 1.050,4 Giga ton CO<sub>2</sub>e, berasal dari sektor energi sebesar 584,28 Juta ton CO<sub>2</sub>e (55.62%) yang didominasi oleh pembangkit sebesar 279,33 Juta ton CO<sub>2</sub>e dan transportasi sebesar 135,64 juta ton CO<sub>2</sub>e. Inventory Result 2020: 1,080.46 Mton CO<sub>2</sub>e . Sementara itu tercatat emisi dari sektor Forest and Other Land Use sebesar 183,35 juta CO<sub>2</sub>e. Apabila kondisi BAU 2020: 1,980 Mton CO<sub>2</sub>e, maka kita sudah bisa menurunkan sebanyak 930 Mton CO<sub>2</sub>e atau 46,97 %. Data sementara Tahun 2021 (belum verifikasi) mencatat data emisi 2021 : 1.037,79 Mton CO<sub>2</sub>e atau terjadi penurunan 48,58 % (data sementara masih belum dilakukan verifikasi). Kita terus berupaya memperbaiki langkah-langkah perbaikan di berbagai sektor.

Untuk melindungi kehidupan masyarakat dan pembangunan nasional serta turut serta dalam upaya global membatasi kenaikan suhu pada 1,5 derajat Celcius, Indonesia telah menyusun kebijakan dan aksi-aksi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Selain telah meratifikasi Paris Agreement melalui Undang-Undang No. 16 tahun 2016 dan menerbitkan Peraturan Presiden No. 98 tahun 2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan secara Nasional (NDC) dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional.

Berdasarkan data yang ada, maka sektor energi sangat berperan di dalam menentukan pencapaian target penurunan emisi GRK yang telah dikomitmenkan terakhir melalui Enhanced NDC yaitu sebesar 31,89% atau 915 juta ton CO<sub>2</sub> dengan kemampuan sendiri (CM1) yang disumbang oleh sektor energi sebesar 12,5% atau 358 juta ton CO<sub>2</sub>e. Pencapaian target ini akan dipenuhi melalui aksi mitigasi antara lain penerapan energi terbarukan, efisiensi energi, penggunaan BBM rendah emisi GRK, clean coal technology dan gas power plant serta reklamasi lahan paska tambang. Sebagaimana kita ketahui dan mungkin sudah disampaikan oleh Bapak Menteri ESDM, menuju Net-Zero Emission pada tahun 2060 atau lebih cepat, telah disusun peta jalan dan kebijakan

mengenai transisi energi antara lain melalui pensiun dini pembangkit batu bara.

Bapak dan Ibu yang kami hormati serta adik-adik mahasiswa yang kreatif yang saya cintai.

Saya menyatakan penghargaan saya kepada akademisi, kampus, dan mahasiswa atas prakarsa dan kegiatan yang sangat penting ini, dengan kompetisi menggunakan gagasan dan diantaranya menjadi bahan dasar dalam pengembangan kebijakan yang bisa diserap dan diolah lanjut oleh pemerintah.

Demokrasi dan lingkungan pada saat ini telah beraktualisasi dimana issue lingkungan tidak lagi hanya menjadi issue teknis seperti pencemaran dan laboratorium kimia, tetapi sudah menjadi issue politik dalam pembahasan kebijakan politik dan persepsi publik yang telah meluas. Orientasi environmentalist yang berkembang yaitu wider participation, adoption of greener policies dan perlunya partisipasi dan greener outcome. Partisipasi publik menjadi sangat penting dan mendapat atensi yang cukup besar.

Environmental Citizenship (Kewarganegaraan Lingkungan) diakui sebagai aspek penting dalam mengatasi triple crisis, yakni perubahan iklim, kehilangan keanekaragaman hayati, dan pencemaran lingkungan (Stern 2011). 'Kewarganegaraan Lingkungan' didefinisikan sebagai perilaku pro-lingkungan yang bertanggung jawab dari warga negara yang bertindak dan berpartisipasi dalam masyarakat sebagai agen perubahan di ruang privat dan publik pada skala lokal, nasional dan global, melalui tindakan individual maupun kolektif ke arah penyelesaian masalah lingkungan saat ini, mencegah terjadinya masalah lingkungan baru, dan memelihara keberlanjutan dan mengembangkan hubungan yang sehat dengan alam. Environmental Citizenship mencakup praktik hak dan kewajiban lingkungan, identifikasi penyebab struktural yang menyebabkan terjadinya degradasi dan pencemaran lingkungan serta pengembangan inisiatif dan kompetensi untuk terlibat aktif dan kritis dalam mengatasi masalah struktural tersebut, bertindak dengan cara-cara demokratis baik secara individual maupun kolektif dengan mempertimbangkan keadilan antar dan intra-generasi (ENEC 2018).

Daphne Goldman, et all (2020) menyebutkan *activisme* (aktifis lingkungan) merupakan aspek utama dari *Environmental Citizenship*. *Activisme* mendorong warga untuk menjadi pemecah masalah yang aktif alih-alih sebagai penonton yang mengandalkan pendapat para ahli. Generasi muda perlu didorong dan difasilitasi untuk berperan menjadi aktifis lingkungan. Saat ini terdapat 1.12 miliar kaum muda dengan rentang usia 15 - 25, sekitar 16% dari populasi global. Hingga 2030, diperkirakan akan tumbuh hampir 1,3 miliar.

Laporan Walton Family Foundation, *Looking Forward with Gen Z* (2022), mengungkapkan fakta bahwa generasi yang lahir antara tahun 1997 hingga 2012 bersedia untuk mendukung transformasi sosial dan ekonomi serta meningkatkan hubungan kita dengan alam untuk mengatasi *triple crisis*. Namun, generasi muda tersebut memiliki ekspektasi yang rendah terhadap komitmen pemerintahan, perusahaan dan lembaga formal lain.

Menurut Sleeter dan Cornbleth (2011), melibatkan kaum muda dalam *aktivisme demokrasi* menuntut generasi muda untuk merasa memiliki hak, tanggung jawab dan kompetensi untuk berpartisipasi dalam proses berpikir kompleks, pengambilan keputusan dan pemecahan masalah. Kompetensi dan dorongan untuk *aktivisme demokrasi* ini memang tidak cukup dilakukan melalui pendidikan formal di sekolah dan kampus, tetapi dikembangkan dari waktu ke waktu, melalui pengalaman belajar aktif berulang dalam konteks formal dan informal; pengalaman yang lebih dari sekadar 'menerapkan pengetahuan' ke dalam konteks sehari-hari. *Activisme* membutuhkan pengembangan suasana tanggung jawab dan komitmen bersama dan hubungan kolaboratif antara dunia pendidikan dan masyarakat dalam upaya menemukan solusi yang tepat untuk masalah yang mereka anggap penting dan relevan secara sosial.

Kolaborasi untuk menciptakan *Environmental Citizenship* ini sangat penting dan keterlibatan dalam berbagai aktifitas lingkungan di lapangan, menunjukkan faktor-faktor transformatif yang memicu mempengaruhi mereka untuk menjadi pemimpin lingkungan. Faktor

transformatif tersebut adalah orang tua, tokoh panutan, guru dan (influential experiences) pengalaman yang membekas dalam pikiran generasi muda seperti waktu yang dihabiskan untuk kegiatan di luar ruangan (outdoors) dan keterlibatan dalam kelompok – kelompok remaja peduli lingkungan, konferensi dan pertemuan lingkungan.

Bapak dan Ibu yang kami hormati serta adik-adik mahasiswa yang kreatif yang saya cintai.

Pada Pertemuan Menteri Lingkungan Hidup, Energi, Perubahan Iklim forum G7 di Jerman pada tanggal 26 Mei 2022 saya menyampaikan pentingnya keterlibatan generasi muda untuk menjadi bagian langsung dari upaya mengatasi masalah lingkungan. Juga pada penyelenggaraan Kepresidenan Indonesia untuk G20 tahun 2022 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan memberikan dukungan penuh kepada generasi muda untuk menjadi pemimpin lingkungan dan Environmental Citizenship melalui working group Y20. Delegasi Y20 kita ajak untuk membangun pemikiran yang sama serta praktik kerja lapangan bersama menanam bakau di Pra-KTT ke-3 Y20 dengan tema planet layak huni dan berkelanjutan di Balikpapan. Dilanjutkan dengan keterlibatan generasi muda dalam aktivitas pada konvensi UNFCCC di Kairo akhir tahun lalu pada COP-27.

Sharm el-Sheik Implementation Plan yang diadopsi pada COP 27 UNFCCC tahun 2022 secara khusus memberikan ruang yang luas terhadap peran generasi muda dalam peningkatan pelaksanaan Paris Agreement, sebagai bagian dari Non-Party Stakeholders yang juga mencakup pemerintah daerah, dunia usaha, lembaga keuangan dan lembaga non pemerintah.

*Merujuk ke Alinea 87: Recognizes the role of children and youth as agents of change in addressing and responding to climate change and encourages Parties to include children and youth in their processes for designing and implementing climate policy and action, and, as appropriate, to consider including young representatives and negotiators into their national delegations, recognizing the importance of intergenerational equity and maintaining the stability of the climate system for future generations.*

Kompetisi yang dilakukan kali ini dapat menjadi sebuah respon dari generasi muda peduli energi terbarukan terhadap seruan global di atas. Secara individu, generasi muda dapat mempraktekan upaya-upaya efisiensi energi pada kehidupan sehari-hari dan secara kelompok, generasi muda dapat membentuk upaya-upaya yang lebih nyata dalam pengembangan energi terbarukan seperti misalnya melalui penelitian serta gagasan dan terobosan dalam penerapan energi terbarukan.

Bapak dan Ibu yang kami hormati serta adik-adik mahasiswa yang kreatif yang saya cintai.

Penghargaan Kompetisi Energi, Iklim, dan Keberlanjutan Nasional yang diselenggarakan oleh Rakyat Merdeka termasuk dalam kegiatan yang bersifat *influential experiences* karena bertujuan untuk meningkatkan literasi dan keterampilan generasi muda terhadap isu lingkungan dan transisi energi sekaligus menantang generasi muda untuk berkolaborasi dan mengasah kemampuan memecahkan masalah.

Dalam hal ini saya memberikan apresiasi yang sangat tinggi kepada Rakyat Merdeka dan Society of Renewable Energy yang telah berinisiatif untuk menggelar Kompetisi Energi, Iklim, dan Keberlanjutan Nasional karena kegiatan ini meningkatkan literasi, tanggung jawab dan kompetensi untuk berpartisipasi dalam proses berpikir kompleks, pengambilan keputusan dan pemecahan masalah lingkungan dan transisi energi sekaligus menantang generasi muda untuk berkolaborasi dan mengasah kemampuan memecahkan masalah. Saya juga secara khusus menyampaikan ucapan terima kasih kepada Society of Renewable Energy yang telah menyediakan platform untuk generasi muda dalam mengembangkan karakter generasi muda yang memiliki pengetahuan yang koheren dan memadai serta keterampilan, nilai, sikap, dan kompetensi yang diperlukan agar dapat bertindak dan berpartisipasi dalam masyarakat sebagai agen perubahan baik dalam kehidupan pribadi dan ruang publik dalam skala lokal, nasional, dan global, melalui tindakan individu dan kolektif ke arah pemecahan masalah lingkungan saat ini, mencegah terciptanya masalah lingkungan baru, dan memelihara keberlanjutan serta mengembangkan hubungan yang sehat dengan alam.

Sebelum mengakhiri, dalam kesempatan yang penting hari ini, saya menghimbau Society of Renewable Energy serta Bapak dan Ibu para dosen, peneliti serta adik-adik mahasiswa untuk makin giat melaksanakan dan menyuarakan hasil-hasil risetnya di tingkat nasional dan di internasional.

Kiprah beberapa peneliti dari beberapa perguruan tinggi Indonesia di IPCC sangat mendukung kepentingan nasional misalnya melalui penerbitan Supplement of IPCC Guidelines 2006 for National GHG Inventories: Wetlands, sangat mendukung perhitungan inventarisasi GRK dari lahan gambut serta IPCC Special Report on Oceans and Cryospheres, sangat mendukung upaya-upaya kita menggali potensi dari blue carbon serta pada penerbitan IPCC AR6 Working Group I, II dan III. Mengingat keterlibatan peneliti Indonesia di IPCC masih didominasi pada metodologi sektor lahan, saya menghimbau agar SRE turut memperkuat basis sains dari IPCC untuk sektor energi.

Akhirnya, kepada penerima penghargaan, saya ucapkan selamat dan apresiasi setinggi-tingginya, tahapan-tahapan untuk menjadi pemimpin lingkungan sudah mulai terbuka satu persatu, kembangkan terus pengetahuan, ketrampilan, kompetensi, nilai nilai untuk menjadi agen perubahan. Masa depan anda terbuka lebar, masa depan Indonesia cerah, demikian juga masa depan dunia.

Wassalamu'alaikum Wr Wb

Syalom

Om Santi santi santi oom

Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Prof Dr Siti Nurbaya, MSc

# **Sambutan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI**



**Arifin Tasrif  
Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI**

Assalamualaikum Wr. Wb  
Selamat Sore dan Salam Sejahtera Untuk Kita Semua.

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan YME karena atas karunia-Nya, pada hari ini kita masih diberi kesehatan untuk hadir pada acara National Energy, Climate, Sustainability Competition 2023 yang merupakan kerja sama antara Rakyat Merdeka dan Society of Renewable Energy (SRE).

Dalam konteks pembangunan sistem energi yang berkelanjutan, ada tiga dimensi yang patut diperhatikan yaitu Energy Security, Energy Equity serta Environmental Sustainability. Ketiga dimensi ini membentuk Trilema Energi yang harus senantiasa dijaga keseimbangannya dalam setiap pertimbangan dan pelaksanaan kebijakan.

Dalam melaksanakan trilema energi, hal yang perlu diperhatikan adalah membatasi kenaikan suhu global hingga 1,5°C untuk menghindari dampak bencana global dan perubahan iklim. Menurut UN, Pemanasan Global saat ini sudah mencapai sekitar 1,10C, maka diperlukan percepatan transisi energi menuju energi yang lebih bersih dan minim emisi yang mendukung pembangunan berkelanjutan.

Untuk berkontribusi lebih besar pada penurunan emisi global, Indonesia telah mengajukan Enhanced Nationally Determined Contribution (E-NDC) dengan target penurunan emisi meningkat dari 29% atau setara 835 juta ton CO<sub>2</sub> menjadi 32% atau setara 912 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2030. Kontribusi sektor energi juga meningkat dari 314 juta ton CO<sub>2</sub> menjadi 358 juta ton CO<sub>2</sub>.

Konflik global juga membawa dampak pada tingginya harga energi fosil dan terganggunya ketersediaan suplai energi dunia. Hal ini menjadi pembelajaran bahwa pentingnya untuk meningkatkan ketahanan energi dengan melakukan perubahan sistem energi ke arah yang lebih aman, andal, tangguh dan rendah emisi.

Pada Deklarasi KTT G20 tahun lalu, para pemimpin negara-negara G20 telah menyepakati untuk mempercepat dan memastikan transisi energi berkelanjutan, adil, terjangkau, dan investasi inklusif. Bali Compact dan Peta Jalan Transisi Energi Bali disepakati menjadi panduan untuk mencari solusi mencapai stabilitas pasar energi, transparansi, dan keterjangkauan.

Kementerian ESDM telah menyusun Roadmap transisi energi untuk mencapai Net Zero Emission (NZE) pada tahun 2060 atau lebih cepat melalui strategi antara lain dari sisi suplai adalah pengembangan EBT secara masif termasuk hidrogen dan nuklir; retirement PLTU; penggunaan teknologi bersih seperti CCS/CCUS; sedangkan dari sisi demand strateginya adalah pemanfaatan kendaraan listrik, kompor induksi, pengembangan jaringan gas rumah tangga, pemanfaatan biofuel, penerapan manajemen energi dan standar kinerja energi minimum.

Demand listrik tahun 2060 diproyeksi mencapai 1.942 TWh yang didominasi sektor Industri dan Transportasi. Seluruh demand listrik

disuplai oleh pembangkit berbasis energi terbarukan 96% dan energi baru 4% (PLTN) dengan total kapasitas 708 GW. Kapasitas pembangkit VRE 77% terhadap total energi terbarukan yang dilengkapi dengan teknologi storage yaitu PLTA pumped storage dan BESS.

Melalui upaya yang signifikan ini, diharapkan total emisi dapat dikurangi sebesar 1.798 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2060 dari 1.927 juta ton CO<sub>2</sub> (skenario BAU) menjadi 129 juta ton CO<sub>2</sub> (skenario NZE).

Transisi energi dilakukan terutama melalui pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT). Dalam 1 dekade terakhir, penambahan kapasitas PLT EBT secara global semakin dominan daripada penambahan pembangkit fosil.

Kapasitas terpasang pembangkit listrik EBT di Indonesia selama 5 tahun terakhir terus meningkat. Pada tahun 2022 mencapai 12,5 GW, dengan penambahan kapasitas antara lain dari pembangkit listrik tenaga air, panasbumi, solar PV, dan bioenergi.

Pengembangan EBT tidak hanya memberi dampak positif untuk lingkungan, namun juga dapat membantu meningkatkan aksesibilitas energi listrik di daerah. Ketersediaan akses energi yang bersih dan modern harus dinikmati oleh seluruh masyarakat Indonesia tanpa terkecuali sesuai dengan prinsip no one left behind. Pada tahun 2022 rasio elektrifikasi nasional mencapai 99,63%. Hal tersebut berarti masih ada masyarakat Indonesia yang belum menikmati listrik.

Kementerian ESDM sangat mendukung penyediaan energi yang berpusat kepada manusia atau yang dikenal dengan People-Centred Clean Energy Transitions. Penyediaan energi bersih harus mengupayakan penyediaan kesempatan kerja dan keterampilan, peningkatan pembangunan sosial dan ekonomi, kesetaraan dan keadilan serta melibatkan masyarakat secara aktif.

Upaya peningkatan pengembangan EBT dan perluasan akses energi kepada masyarakat tentu membutuhkan dukungan dan partisipasi dari kita semua, termasuk generasi muda Indonesia agar target porsi EBT 23% pada tahun 2025, target penurunan emisi GRK dan rasio elektrifikasi 100% dapat tercapai.

Dalam upaya melibatkan generasi muda, Kementerian ESDM melaksanakan Program Gerilya dan Patriot Energi dengan tujuan mendorong keterlibatan generasi muda dalam pendampingan, pengembangan, pembangunan dan pengelolaan pembangkit EBT secara berkelanjutan melalui pemanfaatan potensi EBT setempat untuk memberikan akses listrik kepada masyarakat dengan andal dan kontinyu, khususnya di daerah Terdepan, Terluar, Tertinggal, dan wilayah Transmigrasi (4T).

Program-program tersebut telah membantu Kementerian ESDM dan Pemerintah Daerah dalam mendukung masyarakat tentang EBT dan mempersiapkan pengelolaan fasilitas pembangkit EBT yang akan atau sedang dibangun agar pemanfaatannya dapat dilakukan secara berkelanjutan.

Selain memiliki kekayaan alam yang besar, Indonesia memiliki potensi generasi muda yang dapat berperan dalam mendukung transisi energi. Generasi muda dapat menjadi key enabler dalam terciptanya kolaborasi multi institusional.

Saya berpesan kepada generasi muda penerus bangsa, bahwa transisi energi ini memberikan peluang yang besar untuk berkarya. Namun persaingan membutuhkan generasi yang tangguh, untuk itu teruslah belajar dan carilah pengalaman sebanyak-banyaknya dalam mendukung program energi bersih di Indonesia.

Terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb  
Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI  
Arifin Tasrif



# Catatan Tim Juri



## **Perlu Fellowship Agar Gagasan Jadi Aplikatif**



**Agus Sudibyو**

Assalamualaikum wr wb.  
Salam sejahtera untuk kita semua.

Adik-adikku, peserta kompetisi menulis artikel dalam National Energy, Climate, Sustainability and Competition (NECSC) 2023 yang saya cintai.

Kegiatan kompetisi menulis adalah suatu ajang yang menarik. Khususnya di bidang perubahan iklim dan energi baru terbarukan. Saya, sebagai orang yang berkecimpung di dunia media massa, terbiasa menulis, membaca dan menelaah berita. Sementara, generasi muda yang ikut dalam kegiatan ini terbiasa menulis makalah atau paper ilmiah. Maka, kompetisi ini mengajarkan adik-adik peserta, menulis artikel

ilmiah dengan cara yang populer, agar bisa dimuat di media massa.

Sebagai juri, kami mendapat pengalaman yang menarik, saat menilai karya-karya yang masuk. Mengapa? Karena kami seperti menemukan transformasi atas sebuah karya tulis, yaitu dari ilmiah menjadi tulisan populer. Dimana perlu perubahan struktur dalam cara penulisannya.

Artikel karya ilmiah, biasanya menggunakan struktur piramida. Bagian pentingnya terletak di akhir. Sementara artikel populer, untuk dimuat di media massa, justru sebaliknya. Bagian paling penting diletakan di awal atau atas. Sehingga disebut struktur piramida terbalik.

Belum banyak peserta kompetisi yang menyadari struktur ini. Padahal, penting dipelajari. Apalagi, para mahasiswa atau siswa yang mengikuti kompetisi ini, kelak akan menjadi seorang peneliti, ilmuwan atau apapun, harus dibiasakan menulis untuk menyebarkan pemikirannya. Menulis dengan struktur ilmiah populer akan mudah dimengerti masyarakat, dan bisa dimuat di media massa.

Ke depannya, adik-adik yang ingin terus menulis karya ilmiah populer di media massa, maka biasakanlah menggunakan struktur dan logika tulisan, model piramida terbalik. Dimana, bagian yang pentingnya, dirangkum dalam tiga paragraf pertama.

Hal lain, yang ingin saya sampaikan adalah sebuah usulan. Agar ke depan, kompetisi menulis dilanjutkan dengan fellowship. Pembiayaan riset untuk karya-karya ilmiah yang dinilai terbaik. Sehingga, 10-15 gagasan terbaik dari karya ilmiah ini, bisa dituangkan menjadi sebuah penelitian. Sangat disayangkan apabila gagasan-gagasan yang bagus ini, tidak dilanjutkan prosesnya. Harapannya, dengan fellowship maka ada biaya bagi penulis untuk melanjutkan proses penelitian bahkan syukur-syukur bisa sampai level aplikasi.

Usulan mengenai perlunya fellowship sudah beberapa kali saya sampaikan juga kepada lembaga, institusi atau kementerian yang mengadakan kegiatan kompetisi menulis atau semacamnya. Khusus untuk bidang climate action dan sustainability, saya mengusulkan, ada 40 karya terbaik yang diberikan beasiswa. Lalu selama beberapa bulan diberi waktu untuk melakukan penelitian atau riset. Sehingga bukan hanya tulisannya yang diberikan penghargaan, tetapi juga hasil risetnya.

Sehingga tercipta capacity building, untuk peserta yang mengikutinya. Dan tulisannya bisa menjadi lebih aplikatif atau in depth, sesuai kebutuhan masyarakat.

Terkait penjurian. Saya terus terang bingung memilih mana yang akan menjadi pemenangnya. Karena hampir semua karya yang masuk, kategorinya bagus-bagus dan idenya orsinil. Lima tulisan terbaik, yang kami pilih, cukup mewakili puluhan karya lainnya yang terbaik dalam kompetisi ini.

Selamat kepada para pemenang.

Wassalamualaikum wr wb.

\*\*\*

## **Profil**

Dr Agus Sudibyo SIP, MHum, lahir Malang, 8 Juni 1974, dikenal sebagai pemerhati isu komunikasi, digitalisasi dan filsafat sosial. Pegiat Taksforce Media Sustainability, dosen di Akademi Televisi Indonesia (ATVSI). Dua kali terpilih sebagai anggota Dewan Pers (2010-2013 dan 2019-2022), terakhir menjabat sebagai Ketua Komisi Hubungan Antar Lembaga dan Luar Negeri Dewan Pers.

Agus menyelesaikan pendidikan sarjana di Ilmu Komunikasi Fisipol UGM tahun 1998 dengan menulis skripsi yang kemudian diterbitkan dalam buku berjudul *Citra Bung Karno: Analisis Berita Pers Orde Baru* (1999). Menempuh studi S2 di program Magister Filsafat STF Driyarkara Jakarta (2011) dengan tesis tentang pemikiran politik Hannah Arendt. Di kampus yang sama, Agus meraih gelar doktor (2017) dengan predikat cum laude saat menulis disertasi tentang “keadaan darurat (state of exception) dan negara demokrasi” menurut pemikir Italia, Giorgio Agamben.

Riset dan kepenulisan ilmiah telah lama ditekuni Agus. Pemikirannya tentang komunikasi, media dan digitalisasi secara rutin tersaji dalam rubrik opini Harian Kompas. Artikelnya juga telah dimuat berbagai media: *Tempo*, *Jawa Pos*, *Media Indonesia*, *Republika*, *Kedaulatan Rakyat*, *Bernas*, *Suara Merdeka*, *Forum Keadilan*, *Suara Pembaruan*, *Majalah Kebudayaan Basis*, *Jurnal Prisma* dan lain-lain. Pernah bergabung dengan Institut Studi Arus Informasi (ISAI) dan Yayasan Sains Estetika dan Teknologi (SET). Konsistensi dalam gerakan masyarakat sipil untuk penguatan kebebasan informasi (khususnya terkait dengan advokasi UU Keterbukaan Informasi Publik dan UU Penyiaran) telah menghantarkan Agus untuk menerima Press Freedom Award dari AJI Indonesia dan DRSP-USAID tahun 207.

## **Pendidikan**

- Ilmu Komunikasi Fisipol UGM, Yogyakarta (1998)
- Magister Filsafat STF Driyarkara, Jakarta (2011)
- Program Doktor STF Driyarkara, Jakarta (2017)

### **Pengalaman Profesional**

- Ketua Komisi Hubungan Antar Lembaga dan Luar Negeri, Dewan Pers (2019-2022)
- Ketua Komisi Pengaduan Masyarakat dan Penegakan Etika Pers, Dewan Pers (2010-2013)
- Koordinator Program Fellowship Perubahan Perilaku/ FJPP (2010-2021)
- Koordinator Program vaksinasi untuk 32.000 pekerja media di Jabodetabek (2021)
- Direktur Eksekutif Indonesia Research Centre (IRC), Jakarta (Maret-Oktober 2013)
- Wakil Direktur Yayasan Sains Estetika dan Teknologi (SET), Jakarta
- Peneliti Institut Studi Arus Informasi (ISAI), Jakarta
- Koordinator Program Monitoring Media untuk Pemilu 2004 (Koalisi Media untuk Pemilu Bebas dan Adil)
- Koordinator Program Monitoring Media Untuk Konflik Aceh (ISAI, DAI-USAID, 2003-2004)
- Koordinator Kampanye Koalisi Ornop Untuk Kebebasan Informasi (200-2008)
- Anggota Perumus KMIP (2004-2008)
- Anggota Perumus RUU Penyiaran (1999-2002)
- Anggota Redaksi Majalah Pantau (1999-2003)
- Wartawan Radar Yogyakarta, Jawa Pos Group (1998-1999)
- Anggota Perumus RUU KMIP (2004-2008)
- Anggota Perumus RUU Penyiaran tahun (1999-2002)
- Anggota redaksi majalah Pantau (1999-2003)
- Wartawan Radar Yogyakarta (Jawa Pos Grup, 1998-1999)

### **Buku yang Diterbitkan**

1. *Dialektika Digital, Kolaborasi dan Kompetisi Antara Media Massa dan Platform Digital* (KPG, Jakarta, 2022)<sup>[7]</sup>.
2. *Tarung Digital, Propaganda Komputasional di Berbagai Negara* (KPG, Jakarta, 2021).

3. *Jagat Digital: Pembebasan dan Penguasaan* (KPG, Jakarta, 2019).
4. *Demokrasi dan Kedaruratan, Memahami Filsafat Politik Giorgio Agamben* (Margin Kiri, Jakarta, 2019)
5. *Etika Jurnalisme Migas, Panduan Untuk Wartawan* (Total E&P & PWI, Jakarta, 2015)
6. *34 Prinsip Jurnalisme Lingkungan* (KPG & Aqua Group, Jakarta, 2014)
7. *Strategi Media Relations* (KPG & Astra International Tbk., Jakarta, 2014)
8. *50 Tanya Jawab Tentang Pers* (KPG & Astra International Tbk., Jakarta, 2013)
9. *Politik Otentik: Manusia dan Kebebasan Dalam Pemikiran Hannah Arendt* (Margin Kiri, Jakarta, 2012)
10. *Citra Bung Karno: Analisis Berita Pers Orde Baru* (Bigraf Publishing, Yogyakarta, 1999)
11. *Kabar-Kabar Kebencian, Prasangka Agama di Media Massa* (ISAI, Jakarta, 2001, bersama Ibnu Hamad dan M. Qodari)
12. *Politik Media dan Pertarungan Wacana* (LKIS, Yogyakarta, 2000)
13. *Ekonomi Politik Media Penyiaran* (LKIS-ISAI, Yogyakarta, 2004)
14. Salah satu penulis dalam buku *100 Tahun Bung Karno, Berdialog Dengan Sejarah* (Kompas, Jakarta, 2001)
15. Salah satu penulis dalam buku *Neraca Gus Dur* (Lakspesdam, Jakarta, 2002)

### **Penghargaan**

Penerima Press Freedom Award 2007 dari AJI Indonesia dan DRSP-USAID

## **Pelajari Aturannya, Agar Ide Bisa Diterapkan di Masyarakat**



**Agus Pambagio**

Assalamualaikum wr wb.

Anak-anakku, peserta National Energy, Climate and Sustainability Competition (NECSC) 2023, yang hebat-hebat dan saya banggakan.

Saya telah membaca karya-karya yang masuk dalam kompetisi ini. Tulisannya, idenya, dan tema-temanya bagus. Bahkan dari karya-karya ini ada ide baru, yang saya juga baru mengetahuinya. Salah satunya, bahwa, ada sumber energi yang berasal dari daun kelor. Ini temuan yang menarik. Tapi, kembali kepada prinsip energi. Bahwa sumber energi itu tidak boleh terputus, untuk menjamin ketersediannya.

Terkait situasi penggunaan energi baru terbarukan, problemnya ada di keberlangsungan, dan tarif. Karena itulah, sebagai sumber

energi, negara kita masih membutuhkan energi fosil untuk memenuhi kebutuhan, dan agar tarifnya tidak mahal.

Saya setuju dengan usulan fellowship untuk para pemenang. Agar karya-karya ilmiah yang sebagian besar berisi gagasan ini bisa di-riset, lalu menjadi mock up dan diuji publik.

Di Indonesia, banyak hasil penelitian yang ternyata setelah menjadi proto-type, sulit diproduksi. Kenapa? Rupanya ada kaitan dengan aturan. Hasil penelitian tak bisa diproduksi karena terbentur kebijakan. Karena itu, dalam kesempatan ini, saya juga mengundang anak-anakku, peserta kompetisi menulis, belajarlah soal policy yang terkait dengan karya-karya penelitian.

Soal ini penting dipelajari. Agar setelah lahir ide yang bagus, dan menjadi karya tulis hebat, lalu saat akan dibikin model dan diproduksi, ternyata tidak bisa digunakan, karena terbentur policy atau kebijakan tertentu, yang kurang mendukung.

Karenanya, selain fellowship untuk kepentingan riset, yang tak kalah penting adalah mempelajari pola kebijakan negara. Agar kita memiliki pemahaman bahwa ide-ide yang bagus itu, harus bisa diimplementasikan, sesuai dengan ketentuan, aturan atau policy yang berlaku. Ini perlu diingatkan, agar ide yang dimiliki, ke depannya hanya jadi bahan riset, tapi tidak bisa digunakan atau diterapkan untuk kepentingan publik.

Ke depan, saya mengharapkan, hasil dari kompetisi ini tidak hanya menghasilkan pemenang tapi juga menghasilkan temuan yang bisa digunakan dan diproduksi atau benar-benar menjadi sumber energi untuk masyarakat.

Demikian. Selamat kepada para pemenang.  
Wassalamualaikum wr wb.

\*\*\*

## **Profil**

Agus Pambagio, lahir di Semarang, 19 Agustus 1950. Menikah dengan dua orang anak. Selama lebih dari 35 tahun berpengalaman di bidang, kebijakan publik dan pemberdayaan masyarakat, komunikasi krisis, lobby/advokasi serta negosiasi untuk kepentingan publik.

## **Pendidikan**

- S1 Teknologi Kimia Tekstil dari Institut Teknologi Tekstil Bandung – 1984
- S2 Engineering Management dari School of Engineering & Applied Science-The George Washington University, Washington, DC, USA – 1990.
- Certified Professional Negotiator dari Paska Sarjana Fakultas Hukum, Universitas Tarumanegara, 2008
- Certified US Lobbyist, from American Lobby League, Washington, DC 2008
- Certified Mastering Lobbyist, from European Training Institute, Brussels, Belgium 2010
- Certified Public Service Policy Development, SNCF France 2013
- Berbagai pelatihan International dan nasional di bidang Kebijakan Publik, Community Development dan CSR, Manajemen Konflik, Transportasi, Energi, Komunikasi, dan Advokasi

## **Pengalaman Profesional**

- Anggota Tim Pakar Administrasi Kependudukan, Kementerian Dalam Negeri.
- Anggota Dewan Pengawas Kementerian Lingkungan Hidup dan kehutanan untuk Penanganan Tailing PT Freeport Indonesia.
- Komite Nominasi dan Remunerasi PT Pelindo 3 (Persero). Menseleksi pegawai korporasi untuk dimasukkan dalam tallent pooling untuk dicalonkan menjadi BOD induk dan anak perusahaan
- Anggota Dewan Pertimbangan Proper Nasional, Kementerian

### Lingkungan Hidup dan Kehutanan

- Anggota Team Ahli Cyber Pungli, Kementerian Koordinator Politik dan Keamanan RI
- Anggota Tim Revitalisasi Texmaco Group, Kementerian Keuangan RI
- Anggota Komite Kebijakan Publik Kementerian Perhubungan. Mendampingi Menteri Perhubungan dalam pembahasan berbagai kebijakan
- Anggota Oversight Committee untuk LRT Jabodebek dan LRT Palembang di Kementerian Perhubungan
- Panitia Seleksi Pejabat Eselon 1 dan 2 dari beberapa Kementerian dan Lembaga, seperti: Kementerian ATR/BPN, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Komunikasi dan Informasi, Kementerian Perhubungan (KNKT), Badan Restorasi Gambut dan Mangrove (BRGM), Ombudsman Republik Indonesia (ORI), Dewan Pengawas TVRI, Kementerian PUPR (LPJK), Komisi Penyiaran Indonesia (KPI) dan sebagainya.
- Anggota Tim Penasehat Senior Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI untuk Permasalahan Kebijakan
- Dewan Penasehat Program Perpuseru yang diusung oleh Yayasan Coca Cola Indonesia bersama Bill & Melinda Gates Foundation, USA
- Anggota Team Penasehat Direktur Utama PT KAI pada Pembinaan Total Pelayanan dan Transformasi PT Kereta Api Indonesia (KAI). Mendampingi Direktur Utama Kereta Api
- Anggota Dewan Penasehati, Masyarakat Transportasi Indonesia (MTI)
- Founder and Managing Partners PH&H *Public Policy Interest Group*. Terlibat langsung dalam beberapa lobby domestik dan International, seperti: Proses Pembebasan Pelarangan Terbang Maskapai Penerbangan Sipil Indonesia ke Uni Eropa, Kasus Rencana Penghentian Impor Cacao Indonesia oleh USA terkait produk coklat bermelamin M & M (Mars), ASEAN Open Sky

Policy, Pemboikotan produk sawit Indonesia oleh Uni Eropa, dan berbagai kebijakan publik dan penanganan krisis atau konflik di Indonesia.

- Melakukan advokasi – lobby ke pemerintah terkait dengan beberapa sektor industri barang dan jasa yang terhambat pertumbuhannya karena kurang baiknya paket peraturan perundangan dan kebijakan pemerintah RI.
- Advisory Board dari Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) Indonesia terkait dengan pembangunan Trans Jakarta
- Koordinator Koalisi LSM untuk pembahasan berbagai RUU
- Partner dan Direktur Utama PT Intermatrix Indonesia, Management and International Communication Consulting Group
- Wakil Ketua Pengurus Harian Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia (YLKI) dengan lingkup tugas sebagai *fund raiser* dan *spokeperson* organisasi yang terlibat langsung pada ratusan proses lobby, negosiasi, dan advokasi dengan berbagai badan dunia dan Pemerintah Indonesia
- Public Policy Volunteer Greenpeace International untuk Kawasan Asia Pasifik, di Washington DC, USA
- Dosen tamu di beberapa Perguruan Tinggi, seperti Paska Sarjana Komunikasi dan Paska Sarjana Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Swiss German University, Paska Sarjana Perkotaan Universitas Indonesia, MPKP FE UI, dll
- Pendiri beberapa LSM
- Kolumnis Kebijakan Publik dan Perlindungan Konsumen di Detik.com, Kompas, Investor Daily, Kumparan, Koran Tempo dan beberapa media penyiaran Nasional lainnya
- Host untuk beberapa acara TV terkait kebijakan publik, seperti UANG ANDA di Metro TV (2008 - 2009) dan Dinamika Publik di Jak TV (2007 - 2009)
- 5 Penulis tiga (3) buku terkait dengan kebijakan publik yang diterbitkan oleh Kelompok Gramedia dan Rakyat Merdeka

Karya-Karya Terbaik

# **KATEGORI LINGKUNGAN**





Artikel 1

## **Bilik Bijak: Wadah Penyaluran Tas Belanja Demi Penggunaannya yang Lebih Efektif**

**Karya: Ratna Ayu Lestari**

**(Mahasiswa Universitas Indonesia, Jakarta)**

**Email: ratna.ayu01@ui.ac.id**

*Artikel ini menjadi pemenang I, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, Kategori Lingkungan. Meraih Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*

### Pendahuluan

#### 1. Penggunaan kantong plastik di Indonesia

Berdasarkan data yang dihimpun oleh Making Oceans Plastic Free, diperkirakan terdapat 182,7 miliar kantong plastik yang digunakan masyarakat Indonesia tiap tahunnya (Making Ocean Plastic Free, 2017). Menanggapi hal tersebut, pemerintah melakukan berbagai upaya untuk membatasi penggunaan kantong plastik. Pada 2021, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyatakan terdapat 41 daerah yang melakukan pembatasan penggunaan kantong plastik. Akan tetapi, pembatasan tersebut masih menyasar toko retail modern saja sedangkan pasar tradisional masih luput dari pembatasan penggunaan kantong plastik (Liputan 6, 2021).

Berbagai kebijakan telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan sampah kantong plastik. Mulai dari kantong plastik berbayar, penggunaan *reusable bag*, hingga penggunaan bioplastik. Solusi-solusi tersebut—selain hanya menyasar toko retail modern—juga memiliki banyak kelemahan. Penggunaan kantong plastik berbayar dirasa kurang berpengaruh dalam mengurangi kantong plastik. Hal ini disebabkan harga kantong plastik yang sangat murah, hanya berkisar Rp 200—Rp 500 sehingga masyarakat masih memilih untuk membeli kantong

plastik tersebut (Larasati, 2022).

Sementara itu, kantong plastik ramah lingkungan merupakan inovasi yang sangat brilian dalam mengatasi permasalahan sampah plastik. Kantong plastik ramah lingkungan (biasa dikenal dengan istilah bioplastik) dibuat dengan bahan dasar pati sehingga mudah terurai di alam. Kantong plastik biasa membutuhkan ratusan tahun agar dapat terurai sedangkan bioplastik hanya membutuhkan 3—6 bulan. Selain itu, bioplastik juga rendah emisi karbon.

Akan tetapi, bioplastik membutuhkan biaya produksi yang cukup mahal sehingga kurang diminati oleh masyarakat (Kamsiati *et al*, 2017). Penggunaan kantong belanja kain, atau biasa disebut *reusable bag* merupakan solusi yang cukup baik dalam mengurangi penggunaan kantong plastik. *Reusable bag* terbuat dari material yang kokoh sehingga dapat menopang beban yang cukup berat, tidak seperti kantong plastik yang mudah robek. Selain itu, *reusable bag* memiliki desain yang lebih menarik jika dibandingkan dengan kantong plastik.

## 2. *Reusable bag* dan Permasalahan yang Muncul

Meskipun *reusable bag* dapat mengatasi permasalahan sampah kantong plastik, solusi ini bukanlah tanpa celah. *Reusable bag* yang awalnya digunakan untuk mengurangi sampah plastik justru membuat tumpukan sampah baru. Masyarakat yang belum terbiasa untuk membawa *reusable bag* tentu akan senantiasa membeli *reusable bag* ketika berbelanja (karena harga yang ditawarkan juga cukup terjangkau). Jasa pesan-antar makanan juga menyumbang tumpukan *reusable bag* yang digunakan saat pengiriman. Dengan demikian, penggunaan *reusable bag* juga bermuara pada permasalahan yang sama, yaitu tumpukan sampah.

## Pembahasan

### 1. Bilik Bijak: Wadah Penyaluran Tas Belanja Demi Penggunaannya yang Lebih Efektif

Menjawab persoalan sampah plastik, sekaligus persoalan tumpukan tas belanja, kami menghadirkan Bilik Bijak. Bilik Bijak merupakan

sarana untuk mengumpulkan dan memfasilitasi tas belanja kepada para pembeli di toserba, *minimarket*, warung, pasar modern, ataupun pasar tradisional. Bilik Bijak ditempatkan di dekat pintu masuk dan di dekat kasir. Masyarakat dapat bebas mengambil tas belanja sesuai kebutuhan (maksimal 3) dan dapat menyumbangkan tas belanja yang dimilikinya. Dengan demikian, penggunaan tas belanja dapat lebih efektif dan bermanfaat. Dalam skala yang lebih besar, Bilik Bijak dapat membantu dalam mengurangi jumlah sampah di Indonesia.



**Gambar 1.** Visualisasi Bilik Bijak

## 2. Alur Operasional Bilik Bijak

Slogan dari Bilik Bijak adalah “Dari dan Untuk Kami”, yang berarti bahwa Bilik Bijak membutuhkan banyak keterlibatan dari masyarakat. Selain itu, Bilik Bijak juga membutuhkan toserba, *minimarket*, warung, pasar tradisional, hingga pasar modern sebagai mitra untuk berkolaborasi. Bilik Bijak akan menempatkan wadah yang terbuat dari akrilik di dekat pintu masuk atau kasir dari mitra Bilik Bijak. Masyarakat dapat meletakkan

tas belanja yang mereka miliki di wadah akrilik tersebut serta dapat mengambil tas belanja dari wadah akrilik. Agar sejalan dengan misi Bilik Bijak, kami membatasi pengambilan tas belanja sebanyak tiga buah bagi setiap orang.

Karena proyek ini bersifat nonprofit, kami membutuhkan para relawan yang peduli terhadap lingkungan untuk menyediakan tas belanja di awal berdirinya Bilik Bijak. Selain itu, kami juga membutuhkan investor untuk mendanai wadah-wadah tas belanja yang akan kami sebar di toko-toko. Investor tersebut dapat berasal dari NGO, perusahaan, ataupun pemerintah setempat.

### 3. Bilik Bijak dan *Sustainable Development Goals*

Di kehidupan sehari-hari, manusia memiliki ketergantungan yang besar dengan plastik. Pada tahun 2021, Indonesia memiliki 11,6 juta ton sampah plastik. Sifatnya yang sulit terurai membuat sampah plastik menjadi tidak terkendali. Sampah plastik tidak dapat dimusnahkan dengan cara dibakar karena pembakaran plastik dapat melepaskan gas-gas berbahaya di udara yang berbahaya bagi kesehatan. Selain itu, membuang plastik ke laut juga bukan pilihan yang tepat karena plastik akan terurai menjadi mikroplastik. Mikroplastik tersebut dapat tertelan oleh biota-biota laut (The Ocean Portal Team, 2018). Manusia juga dapat terpapar oleh mikroplastik melalui makanan/minuman, pernapasan, dan infiltrasi kulit. Bahaya yang ditimbulkan dari mikroplastik mulai dari alergi hingga kanker. Oleh sebab itu, sampah plastik bukanlah permasalahan sepele (Yuan *et al*, 2022).

Bilik Bijak bertujuan agar tas belanja tidak lagi menumpuk sehingga dapat digunakan secara efektif. Oleh sebab itu, Bilik Bijak mendukung *Sustainable Development Goals* khususnya pada poin ke-12, yaitu konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab. Selain itu, secara tidak langsung, Bilik Bijak berkomitmen dalam mewujudkan SDGs poin ke-14, ke-15, dan ke-17. Dengan kolaborasi berbagai mitra, Bilik Bijak dapat turut serta menjaga ekosistem demi kehidupan yang lebih baik dan lingkungan yang lebih bersih.

### Penutup

Bilik Bijak merupakan sarana untuk mengumpulkan dan memfasilitasi tas belanja kepada para pembeli di toserba, *minimarket*, warung, pasar modern, ataupun pasar tradisional. Dengan slogan “Dari dan Untuk Kami”, Bilik Bijak melibatkan masyarakat dalam melaksanakan program ini. Masyarakat dapat memakai dan meletakkan tas belanja yang mereka miliki di Bilik Bijak. Tujuan dari Bilik Bijak adalah untuk meminimalisasi penumpukan tas-tas belanja di rumah. Dengan demikian, Bilik Bijak berkomitmen untuk mencapai *Sustainable Development Goals* pada poin ke-12, ke-14, ke-15, dan ke-17.

## Daftar Pustaka

- Larasati, I. 2022. *Kebijakan Plastik Berbayar: Solusi atau Bisnis yang Dibayar? Kumparan*. Diakses pada 28 Desember 2022, dari <https://kumparan.com/intan-larasati-1650355354757753099/kebijakan-plastik-berbayar-solusi-atau-bisnis-yang-dibayar-1xxIVQ4VClc>
- Kamsiati, Elmi & Herawati, Heny & Yuli Purwani, Endang. (2017). POTENSI PENGEMBANGAN PLASTIK BIODEGRADABLE BERBASIS PATI SAGU DAN UBIKAYU DI INDONESIA / The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36, 67—76.
- Liputan 6. 2021. *41 Daerah Sudah Terapkan Larangan Penggunaan Kantong Plastik*. Diakses pada 28 Desember 2022, dari <https://www.liputan6.com/bisnis/read/4454331/41-daerah-sudah-terapkan-larangan-penggunaan-kantong-plastik>
- Making Ocean Plastic Free. 2017. *The Hidden Cost of Plastic Bag Use and Pollution in Indonesia*. Diakses pada 28 Desember 2022, dari <https://makingoceansplasticfree.com/hidden-cost-plastic-bag-use-pollution-indonesia/>
- The Ocean Portal Team. 2018. *Marine Plastics*. Diakses pada 28 Desember 2022, dari <https://ocean.si.edu/conservation/pollution/marine-plastics>
- Yuan, Z., Rajat Nag, Enda Cummins. 2022. Human health concerns regarding microplastics in the aquatic environment - From marine to food systems, *Science of The Total Environment*, Volume 823, 1—19



Artikel 2

## **ECOMISION: Filter Udara Berbasis Adsorben Daun Trembesi Terintegrasi Teknologi Exhaust Fan sebagai Upaya Mereduksi Emisi Karbon di Udara**

Karya: Hafiz Okta Ramadhan  
(Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)  
Email: hafizoktarmdhn@student.ub.ac.id

*Artikel ini menjadi pemenang 2, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, Kategori Lingkungan. Meraih Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*

Emisi gas karbon adalah pelepasan karbon ke atmosfer. Asalnya dari proses pembakaran bahan bakar fosil yang secara langsung berhubungan dengan pelepasan level karbondioksida ke atmosfer (Zanra *et al.*, 2020). Salah satu sumber utama emisi gas karbon adalah dari polusi kendaraan bermotor. Ini adalah pencemaran udara yang membahayakan kesehatan dan lingkungan (Amin 2015). Jalan raya, terutama area lampu lalu lintas merupakan tempat yang paling banyak mengandung gas buang, karena kendaraan menumpuk di sana. Salah satu zat dari emisi gas buang kendaraan adalah karbon monoksida. Gas ini dapat terikat dengan hemoglobin darah lebih kuat dari oksigen membentuk karboksihemoglobin (COHb), sehingga menyebabkan terhambatnya pasokan oksigen ke jaringan tubuh. Konsentrasi CO yang tinggi dapat mempengaruhi kerja jantung (sistem kardiovaskuler), sistem syaraf pusat, janin, dan semua organ tubuh yang peka terhadap kekurangan oksigen. Jika jumlah CO sudah mencapai jumlah tertentu/jenuh di dalam tubuh, akan menyebabkan kematian (Suteja *et al.*, 2016).

Salah satu upaya untuk menurunkan emisi gas karbon adalah dengan memanfaatkan sifat alami pohon sebagai penyerap karbon. Pohon hidup dapat menyerap dan menyimpan cadangan karbon dengan jumlah yang semakin meningkat dari waktu ke waktu, seiring laju pertumbuhan biomasnya (Farmen, *et al.*, 2014). Namun, pohon jenis apakah yang dianggap paling efektif menyerap karbon? Salah satunya, adalah Trembesi. Namun, pohon Trembesi saja dianggap belum cukup efektif menghalau karbon.

Kini ada inovasi baru yang memadukan antara kemampuan teknologi dan daun Trembesi. Sebutannya Ecomission.

Daun trembesi mengandung tanin, flavonoid, saponin, steoid, cardiac glycosides, dan terpenoid. Kandungan yang terdapat pada daun trembesi dapat menyerap polutan karbon monoksida sehingga dapat dimanfaatkan sebagai penyerap emisi kendaraan (Sentiyaki *et al.*, 2018). Ekstrak daun trembesi berdasarkan skrining fitokimia yang dilakukan menunjukkan adanya senyawa flavonoid, tanin, steroid, saponin, terpenoid, dan glikosida kardiak dalam ekstrak daun trembesi (Suteja, dkk 2016).

Ecomision merupakan sebuah inovasi yang berupa alat filter udara berbasis adsorben daun trembesi yang terintegrasi dengan teknologi exhaust fan sebagai upaya mereduksi emisi karbon di udara guna menyokong SDG's 2030.

Ecomision dapat menjadi solusi dari permasalahan yang diakibatkan oleh emisi gas karbon di udara, terutama di daerah jalan raya yang merupakan tempat terjadinya penumpukan kendaraan.

Ecomision berbentuk persegi panjang dengan ukuran yang telah ditentukan, dan memiliki teknologi exhaust fan pada bagian bawah sebagai penyedot udara kotor, dan bagian dalam alatnya akan berisi adsorben sebagai pengadsorpsi udara kotor akibat emisi karbon, serta lubang ventilasi pada bagian atas sebagai jalan keluarnya udara yang telah dibersihkan. Ecomision akan menggunakan adsorben yang berbahan dasar daun trembesi yang dapat menyerap polutan dari karbon monoksida yang dihasilkan oleh kendaraan. Adsorben merupakan bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada

dinding dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu (Tandy *et al.*, 2012).

Mekanisme penyerapan karbon dari Ecomision ini yaitu udara yang banyak mengandung karbon monoksida akibat gas buangan dari kendaraan bermotor akan tersedot ke dalam alat melalui bagian bawah yang merupakan sebuah penyedot udara berupa kipas exhaust fan yang dapat digunakan pada lapangan terbuka seperti di jalan raya. Udara kotor yang masuk ke dalam alat, akan diadsorpsi oleh adsorben yang terbuat dari daun trembesi yang memiliki kandungan tanin, flavonoid, saponin, steoid, cardiac glycosides, dan terpenoid. Kandungan ini dapat menyerap emisi karbon monoksida pada udara (Sentiyaki *et al.*, 2018).

Adsorpsi oleh daun trembesi akan membersihkan udara. Dan udara yang telah bersih akan dikeluarkan melalui lubang ventilasi di bagian atas alat Ecomision.

Ecomision merupakan inovasi berupa filter udara yang memanfaatkan daun trembesi sebagai bahan utama pembuatan adsorben dan menggunakan teknologi exhaust fan sebagai alat bantu penyedot udara kotor untuk dibersihkan.

Daun trembesi tersedia cukup banyak di Indonesia. Tanaman ini pertumbuhannya cepat dan tersebar di banyak wilayah tanah air, sehingga bisa menjamin keberlanjutan inovasi Ecomision.

Teknologi ini akan membantu menjaga kesehatan masyarakat. Penurunan tingkat polusi udara dari gas karbon monoksida, dapat menjadi bagian untuk mewujudkan tujuan ke-7 dari SDG's 2030 yaitu Energi bersih dan terjangkau (*affordable and clean energy*). Penurunan tingkat polusi udara yang disebabkan oleh adanya inovasi Ecomision juga akan membuat lingkungan dan energi yang digunakan masyarakat menjadi semakin bersih dan terjangkau.

Ecomision dapat mewujudkan tujuan ke-13 dari SDG's 2030 yaitu Penanganan perubahan iklim (*climate action*). Polusi udara dan pengaruh efek rumah kaca akan berkurang, sehingga ikut menjaga iklim dunia tetap stabil.

### Daftar Pustaka

- Sentiyaki, S., Astuti, A.R.A., Fathurahman, I., Yani, S., Mandasini, M., Nurjannah, N. and Sabara, Z., 2018. Alat Penyaring Karbon Monoksida pada Knalpot Kendaraan Bermotor dengan Menggunakan Adsorben Alami Ekstrak Daun Trembesi. *Journal of Chemical Process Engineering*, 3(1), pp.38-42.
- Suteja Kadek Pater, Rita Wiwik Susannah dan Gunawan Wayan Gede. 2016. Identifikasi dan Uji Aktivitas Senyawa Flavonoid dari Ekstrak Daun Trembesi (*Albizia Saman* (Jacq.) Merr) sebagai Antibakteri *E. Coli*. *Jurnal Kimia* Vol. 10. No. 1. Hal : 141-148
- Prawita Amirudin, Suwignyo Kasan, Mochtar Juniar. 2013. Pemanfaatan Daun Trembesi (*Samanea Saman*) Dalam Mengadsorpsi Logam Berat Timbal. *Jurnal Berkalah Ilmiah Kimia Farmasi* Vol 2, No. 2
- Amin Muh dan Subri Muhammad. 2015. Pengaruh Penambahan Tembaga Terhadap Densitas Material Ceramic Matrix Composit (CMC) Untuk Aplikasi Filter Gas Emisi Kendaraan. *Jurnal Traksi* Vol. 15 No. 1, Hal 21-27
- H. Farmen, P. B. Panjaitan, dan Abdul Rahman Rusli, and A. Rahman Rusli, "Estimating Absorbed Carbon in the Soil Surface at Nusa Bangsa University's Area," *J. Nusa Sylva*, vol. 14, no. 1, pp. 10–19, 2014
- Zanra, S.W., Tanjung, A.R. and Silfi, A., 2020. PENGARUH MEKANISME GOOD CORPORATE GOVERNANCE, UKURAN PERUSAHAAN, LEVERAGE DAN PROFITABILITAS TERHADAP CARBON EMISSION DISCLOSURE DENGAN KINERJA LINGKUNGAN SEBAGAI VARIABEL MODERATING. *Bilancia: Jurnal Ilmiah Akuntansi*, 4(2), pp.148-164.
- Tandy, E., Hasibuan, I.F. and Harahap, H., 2012. Kemampuan adsorben limbah lateks karet alam terhadap minyak pelumas dalam air. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2), pp.34-38.

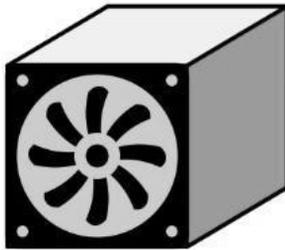
## Lampiran

### Lampiran 1. Interface / Prototype Product

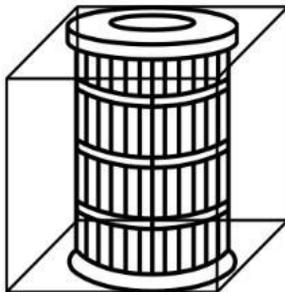
#### Gambar 1. Logo

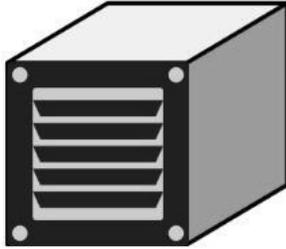


#### Gambar 2. Tampak Bawah



#### Gambar 3. Bagian Dalam



**Gambar 4. Tampak Atas****Lampiran 2. Alat dan Bahan****Tabel 1. Alat**

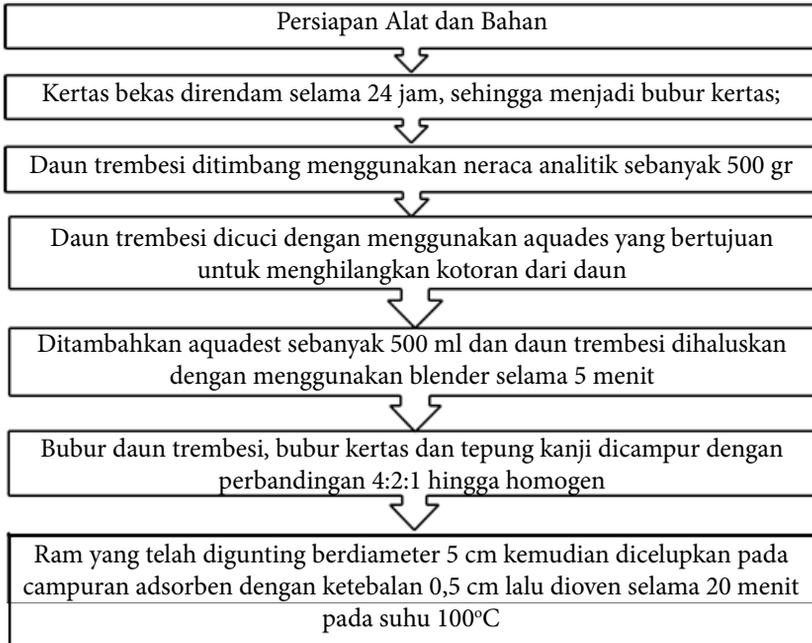
| No | Alat            | Fungsi                                 |
|----|-----------------|--|
| 1  | Jangka Sorong   | Untuk mengukur diameter                |
| 2  | Gelas Ukur      | Untuk mengukur bahan                   |
| 3  | Jam             | Untuk menghitung waktu yang diperlukan |
| 4  | Neraca Analitik | Untuk menimbang bahan                  |
| 5  | Blender         | Untuk menghaluskan bahan               |
| 6  | Oven            | Untuk mengeringkan bahan               |

**Tabel 2. Bahan**

| No | Bahan         | Fungsi                                    |
|----|---------------|---|
| 1  | Daun Trembesi | Sebagai bahan baku pembuatan adsorben     |
| 2  | Bubur Kertas  | Sebagai bahan tambahan pembuatan adsorben |
| 3  | Tepung Kanji  | Sebagai perekat adsorben                  |
| 4  | Aquades       | Sebagai pencampur bahan                   |

### Lampiran 3. Mekanisme Pembuatan

#### Diagram 1. Pembuatan Adsorben





Artikel 3

## **INOTS: Inovasi Teknologi Smart Biofilter Limbah Cair Domestik Guna Meminimalisir Kekeringan Sawah Di Madiun Pada Musim Kemarau**

Karya: Fyrdatul Umamah

(Mahasiswa Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember – ITS, Surabaya)

Email: fyrdaumamah499@gmail.com

*Artikel ini menjadi pemenang 3, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, Kategori Lingkungan. Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*

Kekeringan lahan pertanian merupakan salah satu kejadian bencana yang sering terjadi di Indonesia. Menurut M Zahrowi BPBD Kabupaten Madiun, Kabupaten Madiun masuk kategori indeks risiko bencana (IRB) tinggi. Seringnya kekurangan irigasi pertanian dan sumber air mengering. Untuk menanggulangnya diperlukan pasokan air bersih dari PDAM. Namun Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Madiun akan melibatkan instansi terkait. Di antaranya mengajukan bantuan kiriman air bersih dengan bekerja sama PDAM Kabupaten Madiun untuk menyuplai air bersih di lokasi rawan kering”. Akibat yang ditimbulkan dari bencana kekeringan tersebut adalah banyak lahan-lahan pertanian yang kekurangan sumber air untuk pengairan lahan yang menyebabkan banyak petani yang gagal panen. Oleh karena itu, membutuhkan ketersediaan air agar tidak terjadi kekeringan di Indonesia. Tetapi, air juga bisa menciptakan permasalahan salah satunya limbah air domestik. Jumlah penduduk yang semakin bertambah berdampak pada jumlah limbah cair domestik yang dihasilkan. Saat

ini, kurangnya pengolahan limbah cair rumah tangga di Indonesia membuat meningkatnya pencemaran lingkungan. Komposisi limbah cair rata-rata mengandung bahan organik dan senyawa mineral yang berasal dari sisa makanan, urin, dan sabun. Kuantitas air limbah domestik dapat diandalkan kesinambungannya karena secara alamiah akan diproduksi terus menerus. “Menurut A. Sutriadi dan T. Ginting tahun 2012 pada jurnal yang berjudul *Potential of Domestic Wastewater as Irrigation Water Supply In Highly Populated and Water Crisis Area*, kualitas limbah cair domestik mengandung unsur-unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman sehingga dapat memenuhi sebagian besar nutrisi yang dibutuhkan tanaman sehingga menghemat pemakaian pupuk”. Secara umum, teknologi yang dapat mengatasi kedua permasalahan tersebut sudah banyak dibuat. Berdasarkan pada penelitian Sirait tahun 2015 mengenai “Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Irigasi Pipa Lahan Sawah Berbasis Tenaga Surya” masih terdapat kekurangan seperti teknologi yang digunakan bekerja secara manual dan tidak ada *monitoring* proses filter air. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi yang dapat mengolah limbah cair rumah tangga yang dapat meminimalisir terjadinya kekeringan di musim kemarau yang terjadi dengan memanfaatkan limbah cair domestik yaitu INOTS. INOTS merupakan inovasi teknologi *monitoring* dan kontrol limbah cair rumah tangga secara otomatis yang terintegrasikan dengan Internet of Things (IoT). Metode Biofilter digunakan untuk memfilter air limbah. INOTS dilengkapi dengan sensor COD, sensor pH, sensor logam, sensor ultrasonik dan sensor BOD untuk mengukur tingkat pencemaran air.

### **Parameter Kondisi Air yang Optimal untuk Lahan Sawah**

Dikutip dari jurnal D Prodi, P Biologi, dan I. Ambon tahun 2015 dengan judul “BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah” mengatakan bahwa pada tabel di bawah ini adalah standar ketentuan dari BOD, COD dan ph yang bisa digunakan untuk irigrasi sawah antara lain sebagai berikut:

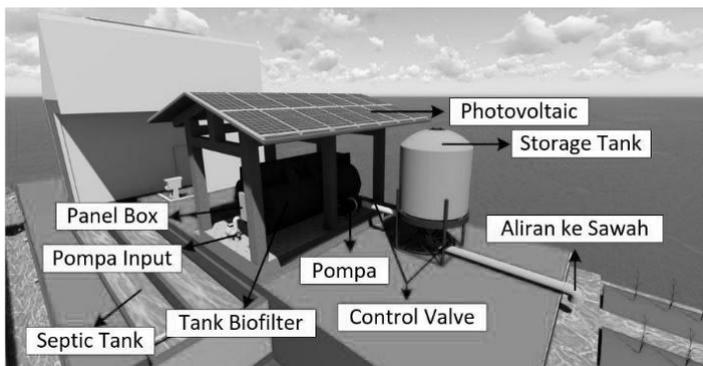
| No. | Parameter | Keterangan |
|-----|-----------|------------|
| 1.  | BOD       | <3 mg/L    |
| 2.  | COD       | <20 mg/L   |
| 3.  | pH        | 6-8,5      |
| 4.  | Logam     | 0,3 mg/L   |

Standar mutu berdasarkan Permenkes No.416/MENKES/PER/IX/1990 dari kekeruhan, salinitas, dan oksigen terlarut (DO) yang bisa digunakan untuk irigrasi sawah antara lain sebagai berikut:

| No. | Parameter             | Keterangan |
|-----|-----------------------|------------|
| 1.  | Kekeruhan             | 25 NTU     |
| 2.  | Salinitas             | 450 mg/L   |
| 3.  | Oksigen Terlarut (DO) | 2,2 mg/L   |

Dalam sistem INOTS juga dapat menghasilkan set point berdasarkan kriteria air yang baik bagi irigasi sawah untuk meminimalisir kekeringan sawah di musim kemarau.

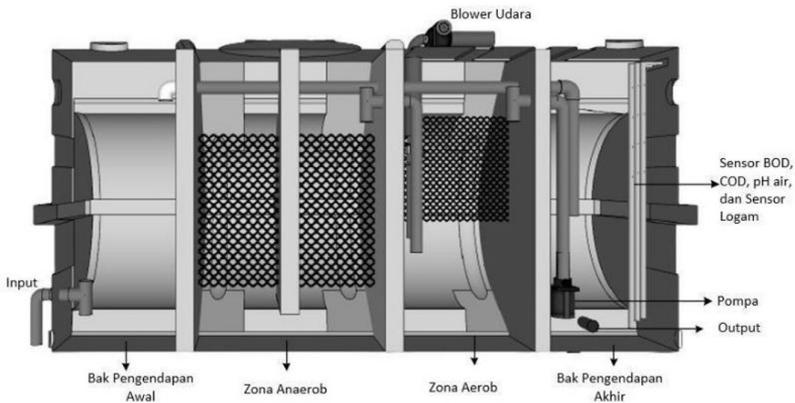
### Rancangan Alat



Desain 3D INOTS

INOTS adalah sistem filterisasi air limbah domestik rumah tangga dengan menggunakan biofilter. Pada gambar dijelaskan bahwa air limbah rumah tangga yang berupa air limbah rumah tangga akan dikumpulkan dan dialirkan menggunakan pipa PVC. Limbah yang diolah adalah

setiap air limbah yang dihasilkan oleh suatu rumah tangga, termasuk air bekas cucian, air limbah dapur, air limbah kamar mandi, dan limbah tinta akan di pompa ke dalam *septic tank*. Lalu air yang telah ditampung akan dipompa untuk kemudian dialirkan kedalam biofilter.



Air limbah masuk ke instalasi pengolahan melalui lubang masukan di bak pengendapan awal. Setelah itu, air limbah dari bak pengendapan awal dialirkan ke zona anaerob. Zona anaerob tersebut terdiri dari dua ruangan, air limbah mengalir dari atas ke bawah pada zona anaerob pertama, sedangkan air limbah mengalir dari bawah ke atas pada zona anaerob kedua. Selanjutnya air limbah dari zona anaerob kedua dialirkan melalui pipa ke zona aerob. Di dalam zona aerob tersebut air limbah dialirkan ke media plastik sarang tawon, dan diberikan oksigen melalui blower udara. Melalui pipa, air limbah dari zona aerob memasuki bak pengendapan akhir. Air limbah di bak pengendapan akhir akan di sensing oleh sensor COD, BOD, dan Ph air untuk di ambil keputusan apakah air sudah masuk kategori bersih atau belum, dengan set point nilai COD <20 mg/L, pH netral, dan kadar BOD <3 mg/L. Jika air belum sesuai dengan set point air akan disirkulasikan ke zona anaerob pertama, jika air sudah sesuai dengan set point air limpasan dari bak pengendapan akhir akan dipompa keluar melalui lubang pembuangan untuk di simpan ke dalam tank penampungan air bersih. Setelah proses berjalan selama dua sampai empat minggu pada

permukaan media sarang tawon akan tumbuh lapisan mikro-organisme, yang akan menguraikan senyawa pencemar yang ada dalam air limbah. INOTS berbasis IoT untuk memonitoring setiap elemen yang ada di INOTS seperti ketinggian air, pH, kandungan logam, COD, dan BOD. Data hasil monitoring yang didapatkan oleh INOTS akan disimpan di SQLite Database dan dapat diakses di smartphone sehingga petani dapat memastikan kebersihan air yang dibutuhkan untuk mengairi sawah di musim kemarau sesuai set point yang sudah ditentukan.



User Interface pada INOTS

Dalam *user interface* pada gambar terdapat pemilihan *equipment* yang akan dimonitoring lewat *user interface* tersebut. Terdapat *monitoring* dari *storage tank* untuk memantau hasil *monitoring sensor level* yang berada di *equipment* tanki a dan tanki b. Terdapat juga *monitoring* dari *biofilter* untuk memantau hasil *monitoring sensor level*, *sensor COD*, *sensor BOD*, *sensor logam* dan *sensor pH* yang berada di *equipment* *biofilter*. Lalu, terdapat *direct link* menuju *pengendalian* untuk

mengendalikan *ball valve* dan *pump*. Tujuan dari adanya pengendalian ini jika suatu saat terjadi masalah pada sistem tersebut pada mematikan secara manual melalui aplikasi INOTS yang sudah terhubung dengan *equipment* tersebut.

### **Keunggulan INOTS**

Adapun keunggulan yang dimiliki INOTS dijelaskan sebagai berikut.

1. INOTS merupakan teknologi yang mampu mengurangi limbah domestik rumah tangga.
2. Meminimalisir kerugian gagal panen akibat kekeringan.
3. Dapat bekerja secara otomatis dan berbasis IoT
4. Terdapat indikator kebersihan air setelah difilter sehingga dapat menjamin kebersihan air.
5. Mudah digunakan karena dapat dikontrol dan dimonitoring dari jarak jauh.

Sehingga sistem yang dinamakan INOTS ini akan berguna untuk membantu dan menjadi salah satu gagasan kreatif teknologi terapan untuk mengatasi kekeringan sawah serta meminimalisir pencemaran lingkungan. INOTS juga menggunakan energi yang ramah lingkungan dengan panel surya. Inovasi ini juga mendukung program pemerintah dalam Permen LHK No 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Serta, dapat meningkatkan inovasi dan kreativitas teknologi melalui sektor *agriculture* dan pengolahan limbah dalam mendukung program Sustainable Development poin 6 tentang akses air bersih dan sanitasi. Salah satu poin dalam tujuan pembangunan berkelanjutan (sustainable development goals/SDGs) pada sektor lingkungan hidup adalah memastikan ketersediaan dan manajemen air bersih yang berkelanjutan dan sanitasi bagi semua. \*\*\*



Artikel 4

## **MEGDI (Mask Biodegradation Device): Inovasi Teknologi Biodegradasi Limbah Masker dengan Pseudomonas Aeruginosa Terintegrasi IOT Sebagai Upaya Mendukung Pembangunan Nasional**

Karya: Eris Pransiscah Nainggolan  
(Mahasiswa Institut Teknologi Kalimantan – ITK), Jurusan Sains  
Teknologi Pangan dan Kemaritiman  
Email: erispransiscah@gmail.com

*Artikel ini menjadi pemenang 4, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, Kategori Lingkungan. Meraih Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*

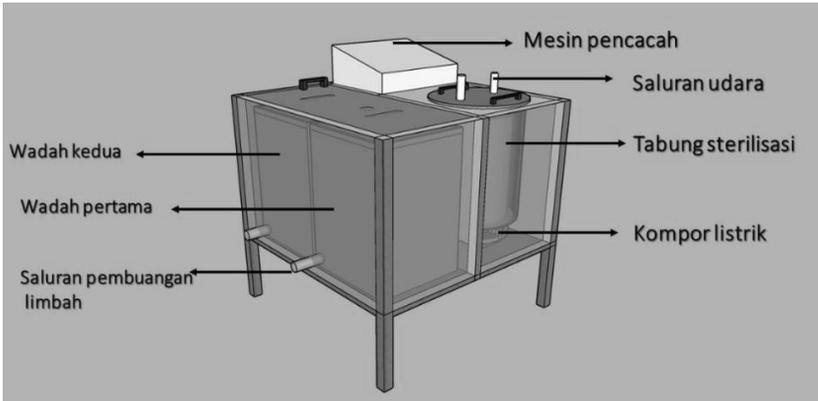
Pandemi COVID-19 telah menimbulkan ledakan sampah medis yang sangat tinggi. Penggunaan masker yang masif dan upaya pengolahan limbah masker yang minim membuat ledakan sampah masker. Diperkirakan masyarakat di Asia menggunakan 2,2 miliar masker perharinya dan di Indonesia sebesar 159,214,791 buah perhari nya (Sangkham, 2020). Data tersebut didukung dengan pernyataan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), jumlah limbah medis mencapai 1.662,75 ton dan salah satunya ialah masker medis. Anjuran untuk menggunakan masker di masa pandemi dengan jumlah penduduk yang tinggi mengakibatkan jumlah limbah masker akan selalu meningkat. Saat ini pengolahan limbah masker dilakukan dengan cara pembakaran dan pembuangan secara langsung yang mengakibatkan polusi lingkungan. Daur ulang sampah masker juga belum masif dilakukan karena ada potensi bahaya yang cukup tinggi, dapat ditimbulkan dari droplet yang lengket pada masker. Bahan masker medis yang membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk diuraikan juga dapat menyebabkan kerusakan lingkungan selama dan

pascapandemi (Sangkham, 2020). Oleh karena itu dibutuhkan inovasi untuk mengatasi permasalahan timbunan limbah masker medis pasca dan selama pandemi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis menggagas suatu inovasi untuk menanggulangi adanya limbah masker yaitu **MEGDI (Mask Biodegradation Device)** :

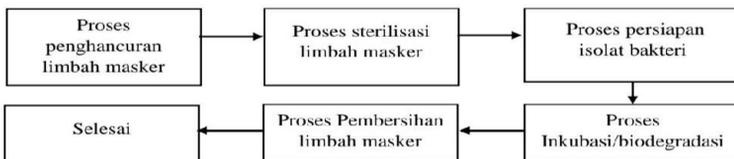
**Inovasi teknologi biodegradasi limbah masker berbasis Iot sebagai upaya menghadapi era new normal.** Alat ini digunakan sebagai pengolah limbah masker, sehingga masker dapat menjadi lebih mudah diuraikan oleh tanah dan bebas dari virus dan bakteri yang menempel. Alat ini juga memanfaatkan biodegradasi dengan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* untuk mempermudah penguraian limbah masker. Inovasi ini diharapkan dapat menjadi solusi pembangunan nasional yaitu menciptakan lingkungan bersih pasca pandemic COVID-19.

MEGDI terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian sterilisasi dan bagian biodegradasi. Bagian sterilisasi menggunakan konsep sistem kerja seperti *autoclave* yang berperan untuk mensterilkan limbah masker dari virus dan bakteri. Komponen yang digunakan adalah mesin pencacah, tabung penampungan, tabung strelisasi, saluran udara dan kompor listrik. Mesin pencacah berfungsi untuk memotong masker menjadi ukuran yang lebih kecil.



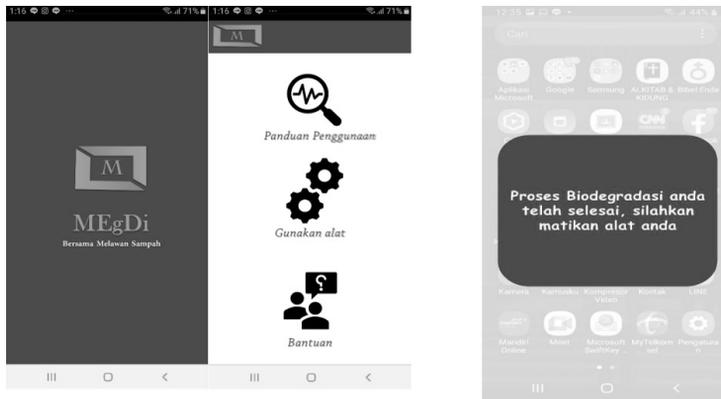
Gambar 1. Alat MEGDI

Tabung penampungan berfungsi untuk menampung masker yang telah berukuran kecil yang akan di sterilisasi. Proses sterilisasi masker dilakukan didalam tabung sterilisasi. Proses sterilisasi memanfaatkan pemanasan dan tekanan uap air. Panas berasal dari kompor listrik dan tekanan uap air dapat diatur melalui saluran udara. Bagian kedua memanfaatkan konsep biodegradasi dengan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sebagai bakteri pendegradasi limbah masker. Bagian ini terdiri dari dua wadah, saluran masuk dan saluran pembuangan limbah. Wadah pertama berfungsi sebagai tempat terjadi reaksi pengolahan dan wadah kedua sebagai tempat inkubasi limbah yang dilengkapi kontrol suhu dan kelembapan. Proses reaksi pengolahan yang terjadi yaitu perendaman aquades pertama selama 30 menit, perendaman klorin selama 1 jam dan perendaman aquades kedua selama 30 menit. Kemudian limbah masker diinokulasikan ke dalam tabung inkubasi yang berisi *Nutrient Agar* (NA) dan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*.



Gambar 2 Alur Kerja MEGDI

Penggunaan MEGDI memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) yang terhubung dengan aplikasi *mobile* untuk mempermudah proses pengoperasian nya. Integrasi IoT memanfaatkan platform Blynk yang dihubungkan ke aplikasi mobile. Perangkat keras yang digunakan adalah Wemos D1 mini, relay, dan buzzer. Aplikasi mobile dapat mengatur proses start dan stop pemanasan serta tekanan uap air. Selain itu dengan aplikasi *mobile*, pengguna dapat melakukan proses reaksi pengolahan limbah dan mengatur lama waktu dan keadaan selama inkubasi. MEGDI juga dapat dioperasikan tanpa aplikasi *mobile* atau secara manual juga pengguna memiliki aplikasi atau kendala teknis lainnya.



Gambar 3.Desain Aplikasi MEGDI

Langkah langkah penggunaan MEGDI sebagai berikut :

1. Pengguna memasukkan limbah masker ke dalam mesin pencacah sehingga menjadi potongan limbah masker.
2. Potongan limbah masker dimasukkan ke dalam tabung sterilisasi dan dilakukan proses sterilisasi selama 3 jam. Ketika proses sterilisasi selesai maka akan muncul alarm pengingat pada aplikasi mobile.
3. Potongan limbah dipindahkan ke dalam tabung reaksi untuk dilakukan perendaman aquades dan florin
4. Pengguna memilih menu perendaman dan mengatur waktu lama

- proses perendaman melalui aplikasi mobile.
5. Pengguna memilih menu persiapan isolat bakteri
  6. Pengguna memilih menu inkubasi bakteri dan mengatur lama waktu inkubasi. Ketika proses inkubasi telah selesai maka aplikasi mobile akan memberikan tanda pengingat.
  7. Pengguna memilih menu pembersihan dan waktu pembersihan limbah.
  8. Limbah masker dikeluarkan.

Biodegradasi merupakan suatu proses pemecahan polimer alam serta polimer sintetik dengan pelaku utamanya yakni mikroorganisme (Bahl et al., 2020) (Kaseem dkk., 2012). Mikroorganisme mendegradasi polipropilen, polietilen dan poliuretan untuk dimanfaatkan sebagai penghasil karbon untuk pertumbuhan mikroorganisme. Proses degradasi dimulai dengan polimer yang diubah menjadi monomer, yang kemudian monomer tersebut dimineralisasi. Adapun faktor yang memengaruhi adanya degradasi ialah faktor lingkungan, seperti kelembapan, suhu, pH, ketersediaan oksigen, struktur kimia plastik, serta pasokan nutrisi yang dimiliki oleh mikroorganisme pendegradasi. (Sangale, 2012). Pada ide gagasan ini, nutrisi yang digunakan ialah berupa karbon yang didapat dari limbah masker. Persentase kehilangan berat limbah masker dapat terjadi karena terdapat adanya reaksi yang dihasilkan oleh bakteri terhadap permukaan polimer. Keberhasilan proses biodegradasi ditandai dengan adanya pengikisan permukaan plastik. Pengikisan tersebut terjadi karena adanya serangan enzimatik pada substrat polimer dengan melalui proses hidrolisis, sehingga terjadi pengurangan ukuran polimer (Bikiaris, 2006).

*Pseudomonas aeruginosa* merupakan salah satu jenis bakteri yang memiliki kemampuan biodegradasi beberapa jenis plastik. Penelitian Lee et al (2020), menunjukkan bakteri jenis ini dapat mendegradasi plastik dengan jenis *polypropylene*.

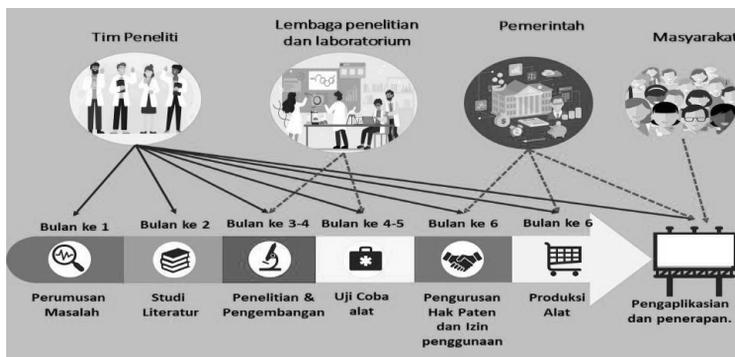
Hal tersebut didukung oleh penelitian selvakumar et al (2021) yang menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat merusak ikatan polimer *polypropylene*. Bakteri ini dapat membetuk biolm

yang menunjukkan terjadinya proses degradasi. Pada bagian polimer *polypropylene* yang menjadi substrat terdapat pembentukan dan perekatan biolm. Biolm yang padat dipermukaan polimer menyebabkan deduksi fraksional polimer. Selain itu proses biodegradasi dengan *Pseudomonas aeruginosa* dapat merusak permukaan polimer. Hasil biodegradasi polimer *polypropylene* menunjukkan terjadinya kerusakan permukaan polimer sehingga bagian dibawah polimer menjadi rentan untuk mengalami kerusakan atau degradasi. Ikatan kimia polimer yang terdegradasi juga mengalami dampak yang cukup signifikan. Penurunan yang cukup besar terjadi pada indeks karbonil akibat adanya inkubasi atau penetrasi dari enzim bakteri. Penurunan klorin yang cukup signifikan juga terjadi pada sampel yang terdegradasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Waktu inkubasi optimal yang disarankan adalah 30 hari dengan penurunan berat mencapai 33% dari berat awal (Selvakumar et al., 2021). Hasil ini sangat baik dibandingkan degradasi polimer masker secara alami yang membutuhkan waktu yang lama.

Alat MEGDI mengolah limbah masker bekas pakai mulai dari strelisasi dan pembersihan limbah, biodegradasi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sampai inkubasi selama 30 hari. Limbah masker yang telah mendapatkan treatment dari alat MEGDI dibersihkan sehingga kandungan bakterinya berkurang. Selanjutnya limbah masker akan dibuang di tempat pembuangan akhir (TPA) seperti sampah lainnya. Namun sampah masker ini akan menjadi jauh lebih mudah untuk didegradasi oleh tanah dikarenakan ikatan polimer dan permukaan yang telah rusak. Alat ini dapat mengurangi limbah masker serta potensi kerusakan lingkungan akibat limbah masker. Jumlah limbah masker yang tinggi saat atau setelah pandemi akan terus mengalami peningkatan jika tidak ada upaya penanganan. Hingga saat ini upaya efektif untuk mengatasi limbah masker adalah melalui upaya percepatan degradasi polimer. Dengan terwujudnya pengolahan limbah masker yang baik maka poin ke-16 pada SDGs dapat terwujud.

Penerapan MEGDI sebagai inovasi tepat guna dapat ditentukan dengan analisis harganya. Analisis harga untuk alat ini adalah Rp. 3.500.000 – 5.000.000 tergantung kapasitas penampungan limbah.

Tahapan pengembangan dan penerapan inovasi ini dapat terlihat pada gambar 3. Pengembangan dan penerapan alat ini cepat karena urgensi alat yang tinggi di masa pandemi saat ini. Penerapan pertama akan dilakukan di daerah Jawa Timur sebagai daerah pusat pengembangan MEGDI dan akan mencapai skala nasional. Penyebaran informasi penggunaan alat ini akan menggunakan media sosial dan media komunikasi. Target penerapan alat ini adalah lembaga kesehatan, kantor atau perusahaan, tempat umum dan TPA.



Gambar 4. Diagram penerapan MEGDI

Pandemi COVID-19 menyebabkan masyarakat untuk wajib menggunakan masker saat melakukan kegiatan diluar rumah. Peningkatan jumlah penggunaan masker akan mengakibatkan banyak nya jumlah limbah masker. Proses pengolahan limbah masker yang belum efektif menyebabkan beberapa dampak lingkungan. Melalui penerapan MEGDI diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengurangi jumlah limbah masker akibat pandemi COVID-19. Proses penguraian limbah masker yang awalnya membutuhkan waktu yang cukup lama dapat menjadi lebih cepat dengan penggunaan MEGDI. Pemanfaatan IoT juga dapat memudahkan pengguna dalam menjalankan alat. Oleh karena itu MEGDI merupakan salah satu teknologi tepat guna yang dibutuhkan di masa pandemi. Jumlah limbah yang berkurang akan mempengaruhi keadaan lingkungan dan mewujudkan salah satu pembangunan nasional yaitu Indonesia bebas sampah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bahl, S., Dolma, J., Singh, J. J., & Sehgal, S. (2021). Biodegradation of plastics: a state of the art review. *Materials Today: Proceedings*, 39, 31-34.
- Chellamani, K.P., D. Veerasubramanian, B. Vignesh. 2020. Surgical Face Masks: Manufacturing Methods and Classification. *Journal of Academica and Industrial Research*. 2(6):320-324.
- Dwirusman, C.G. 2020. Peran dan Efektivitas Masker dalam Pencegahan Penularan Corona Virus Disease 2019 (COVID19). *Jurnal Medika Utama*. 2(1):412-420.
- Juang, P.S.C. & Tsai P. 2020. N95 Respirator Cleaning and Reuse Methods Proposed by The Inventor of The N95 Mask Material. *The Journal of Emergency Medicine*. 58(5):817-820.
- Kaseem., M., K. Hamad, & F. Deri. 2012. Thermoplastic Starch Blends: A Review of Recent Works. *Polymer Science Series A*. 54:165-176.
- Long, Y., T. Hu, L. Liu, R. Chen, Q. Guo, L. Yang, Y. Cheng, J. Huang, L. Du. 2020. Effectiveness of N95 Respirators Versus Surgical Masks Against Influenza: A Systematic Review And Meta-analysis. *J Evid Based Med*. 13(2):93-101.
- Lotfi, M., M. Hamblin, N. Rezaei. 2020. COVID-19: Transmission, Prevention, and Potential Therapeutic Opportunities. *Clinica Chimica Acta*. 508:254-266.
- Sangkham, S. (2020). Face mask and medical waste disposal during the novel COVID-19 pandemic in Asia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2, 100052.
- Selvakumar, V., Gopalsamy, P., Muthusamy, K., Manivel, T., Chelliah, R., Sundarraj, D. K., ... & Oh, D. H. (2021). Biodegradation of Polypropylene By *Pseudomonas Aeruginosa* Isolated From Wastewater Associated Soil; A Potential Method To Eliminate The Plastic Pollution To Save Ecosystem.
- Shimao, M. 2001. Biodegradation of Plastics. *Current Opinion In Biotechnology*. 12:242- 247.
- Sriningsih, A. & M. Shovitri. 2015. Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas*

Sebagai Pendegradasi Plastik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(2):2337-3520.

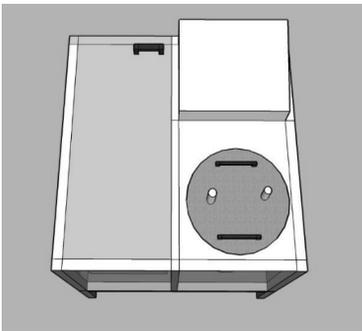
Susilo, A., C.M. Rumende, C.W. Pitoyo, W.D. Santoso, M. Yulianti, H. Herikurniawan, R. Sinto, G. Singh, L. Nainggolan, E.J. Nelwan, L.K. Chen, A. Widhani, E.

Wijaya, B. Wicaksana, M. Maksum, F. Annisa, C.O.M. Jasirwan, & Yuniastuti. 2020. Coronavirus Disease 2019: Tinjauan Literatur Terkini. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*. 7(1):45-67

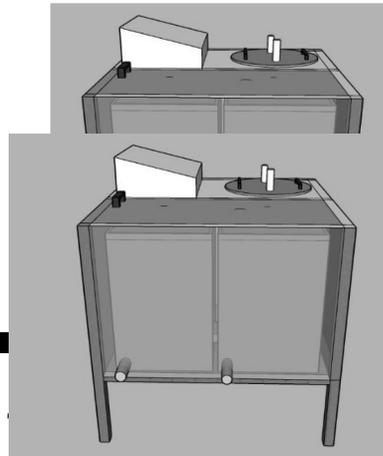
## Lampiran

### Lampiran 1 Desain Alat MEGDI

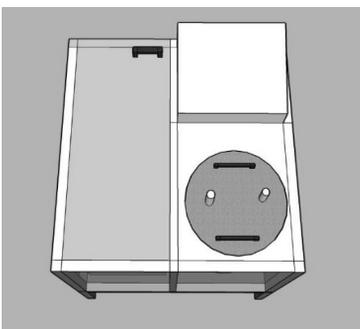
Tampak Depan

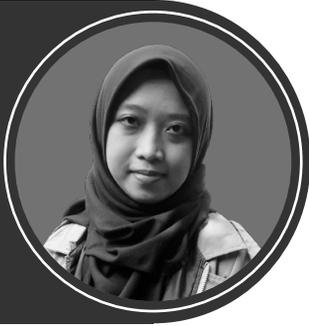


Tampak Belakang



Tampak Atas





Artikel 5

## **Bioinsektisida dan Kompos Biji Kelengkeng sebagai Solusi Waste Management yang Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan**

Karya: Annisa Puji Lestari (Mahasiswa Universitas Telkom, Bandung)  
Email: annisapujilestari7@gmail.com

*Artikel ini menjadi pemenang 5, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, Kategori Lingkungan. Meraih Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*

### **Pendahuluan**

Sampah merupakan salah satu masalah yang sangat besar dan perlu segera di tangani. Sampah terbagi menjadi dua, yakni sampah organik dan sampah anorganik. Kedua jenis sampah ini merupakan salah satu sumber pemasok *carbon market* di Indonesia. Hal ini selaras dengan pendapat Sunarto, dkk (2014) yang menyatakan bahwa proses dekomposisi sampah organik yang tertimbun di dalam tanah akan menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa biogas yang terdiri atas gas methana dan gas karbon dioksida. Dengan demikian, sampah organik menjadi salah satu masalah yang perlu diselesaikan agar emisi gas rumah kaca akibat gas methana dan gas karbon dioksida tidak semakin besar.

Salah satu sampah organik yang ada di Indonesia dan belum dimanfaatkan secara optimal adalah sampah biji kelengkeng. Biji Kelengkeng yang menjadi limbah organik ternyata mengandung saponin, flavonoid dan tannin. Menurut Harborne (1997), saponin adalah glikosida triterpena dan sterol dan telah terditeksi lebih 90 suatu tumbuhan. Saponin merupakan senyawa aktif permukaan dan bersifat

sabun, serta dapat dideteksi berdasarkan kemampuannya membentuk busa dan menghemolisis sel darah merah. Sementara flavonoid termasuk kelas fenolik bersifat insektisida alami yang kuat berupa isoflavon. Isoflavon memiliki efek pada reproduksi serangga yaitu antifertilasi. Tannin dapat bereaksi dengan protein dan membentuk kopolimer mantap yang tidak larut dalam air. Dalam tumbuhan, letak tannin terpisah dengan protein dan enzim sitoplasma. Bila hewan memakannya maka reaksi penyamakan dapat terjadi. Reaksi ini menyebabkan protein lebih sukar dicapai oleh cairan pencernaan hewan termasuk serangga. Gejala yang diperlihatkan dari hewan yang mengkonsumsi tannin adalah menurunnya laju pertumbuhan, kehilangan berat badan, dan gejala gangguan nutrisi.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kandungan yang terdapat dalam biji kelengkeng ternyata merupakan potensi sumber daya alam hayati yang belum termanfaatkan dalam sebuah produk inovasi pemanfaatan limbah dalam bidang pertanian berupa insektisida. Hal ini sesuai dengan pendapat Kardinan (2004) yang menyatakan bahwa senyawa-senyawa yang terkandung dalam tumbuhan dan bisa digunakan sebagai insektisida diantaranya adalah golongan sianida, saponin, tannin, flavonoid, alkaloid, minyak atsiri dan steroid. Dalam hal ini, bioinsektisida dibuat dari ekstrak biji kelengkeng, sedangkan residu dari ekstrak biji kelengkeng juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kompos mengingat semua bahan organik terutama dari tumbuhan sangat potensial sebagai bahan dasar pembuatan kompos. Hal ini dapat menjadi nilai tambah karena dapat menjadi solusi agar pengolahan biji kelengkeng tidak menimbulkan limbah. Dengan demikian, inovasi bioinsektisida dan kompos biji kelengkeng bisa menjadi salah satu solusi yang tepat untuk *waste management* yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## **Pembahasan**

### **A. Bioinsektisida**

Bioinsektisida atau insektisida nabati adalah insektisida yang berbahan baku tumbuhan yang mengandung senyawa aktif berupa

metabolit sekunder yang mampu memberikan satu atau lebih aktivitas biologi, baik pengaruh pada aspek fisiologis maupun tingkah laku dari hama tanaman serta memenuhi syarat untuk digunakan dalam pengendalian hama tanaman (Ambarningrum, 2012).

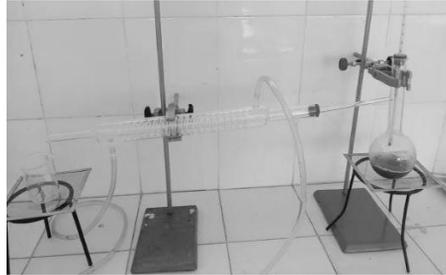
Pembuatan bioinsektisida diawali dengan metode ekstraksi. Ekstraksi adalah pemisahan suatu zat dari campurannya dengan pembagian sebuah zat terlarut antara dua pelarut yang tidak saling bercampur (Rahayu, 2008). Ekstraksi merupakan metode yang paling efektif dalam mengambil zat aktif. Hal ini sesuai yang disampaikan Winarno, dkk (1973) bahwa ekstraksi menarik komponen zat aktif suatu simplisia dengan pelarut tertentu secara efektif. Ekstraksi dilakukan terhadap biji kelengkeng yang sudah dipecah kulit luarnya. Pelarut yang digunakan sebagai ekstraktor berupa etanol. Hal ini karena Tiwan, dkk (2011) menyatakan bahwa etanol dapat melarutkan senyawa tannin, polifenol, poliasetilen, flavonoid, dan alkaloid. Jenis ekstraksi yang dilakukan berupa soxhletasi karena sifat senyawa yang memiliki kelarutan terbatas dalam suatu pelarut dan pengotor tidak larut dalam pelarut tersebut. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan perbandingan 4:5 antara jumlah biji kelengkeng dan etanol 70%.



Gambar 1. Proses Ekstraksi

Ekstrak biji kelengkeng selanjutnya didestilasi untuk menghilangkan kadar alkohol didalamnya, sedangkan residu digunakan untuk pembuatan kompos. Destilasi adalah salah satu metode tertua untuk memisahkan cairan atau zat cair (Halvorsen, 2000). Proses ini

didasarkan atas perbedaan titik didih, sehingga zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Dalam destilasi ini zat yang mudah menguap adalah alkohol dengan titik didih 78,29°C (Haynes, W.M., ed (2010-2011)). Cairan yang tertinggal di labu destilasi adalah ekstrak biji kelengkeng yang bebas etanol yang siap digunakan sebagai bioinsektisida.



Gambar 2. Proses Destilasi

Setelah ekstrak biji kelengkeng didapatkan, maka akan dilakukan uji coba skala laboratorium dan skala lapangan untuk menguji efektifitas bioinsektisida biji kelengkeng dalam membunuh hama serangga. Uji coba dilakukan dengan menggunakan insektisida pembanding untuk membandingkan efektifitas bioinsektisida yang dihasilkan. Hewan uji coba berupa jangkrik, ulat dan belalang diharapkan mewakili beberapa serangga atau hama yang ada di area pertanian. Uji coba dilakukan di laboratorium dengan kondisi yang sudah diatur agar hewan uji coba menerima semprotan bioinsektisida secara langsung pada mortar stemper. Sedangkan uji coba di lapangan dilakukan di area persawahan untuk menguji ketika di kondisi sebenarnya. Setelah uji coba dilakukan, didapatkan bahwa perbedaan waktu antara bioinsektisida dengan insektisida pembanding tidak berbeda jauh artinya memberikan efektifitas yang hampir sama. Adapun uji coba lapangan lebih lama karena pengkondisian yang lebih sulit ketika hewan uji di lapangan. Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bioinsektisida efektif mengatasi serangga uji coba.

Keefektivitasan bioinsektisida dikarenakan kandungan zat aktif yang ada dalam ekstrak biji kelengkeng. Menurut Fauziah (2015) uji

fitokimia ekstrak biji kelengkeng menunjukkan uji positif mengandung flavonoid, polifenol, tannin, saponin dan minyak atsiri. Kandungan senyawa-senyawa toksik yang ada di ekstrak biji kelengkeng sangat efektif sebagai bioinsektisida. Nilai lebih bioinsektisida ini adalah produk yang bersifat aman bagi lingkungan karena dapat terurai oleh alam mengingat bahan dasarnya dari limbah organik.

## **B. Kompos**

Kompos adalah hasil akhir suatu proses dekomposisi tumpukan sampah dan bahan organik lainnya. Bahan yang biasa digunakan adalah daun, sampah dapur dan lain-lain (Rahmi, 2010). Proses pembuatan kompos dilakukan dengan cara fermentasi. Fermentasi adalah suatu proses terjadinya perubahan struktur kimia dari bahan-bahan organik dengan memanfaatkan aktivitas agen-agen biologis terutama enzim sebagai biokatalis (Novitasari, 2013).

Kompos dibuat dari residu hasil ekstraksi biji kelengkeng. Kompos ini dibuat dengan metode fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan biodekomposer sebagai aktivator untuk mempercepat proses penguraian. Kompos dibuat menggunakan perbandingan 1:100 antara jumlah residu dan jumlah biodekomposer. 100 gram residu ekstraksi memerlukan 1 mL biodekomposer. Proses dilakukan selama 7 hari sampai dengan didapatkan kompos yang tekstur dan kenampakannya sesuai dengan kompos pembanding. Proses dilakukan dalam wadah tertutup koran agar kondisi proses bersifat aerofil. Hal ini dimaksud agar biodekomposer yang berisi mikroorganisme lokal dapat tumbuh optimal, baik yang bersifat aerob maupun anaerob. Kertas Koran memberikan pori yang kecil sehingga memungkinkan oksigen dapat masuk ke dalam wadah selama proses pembuatan kompos.



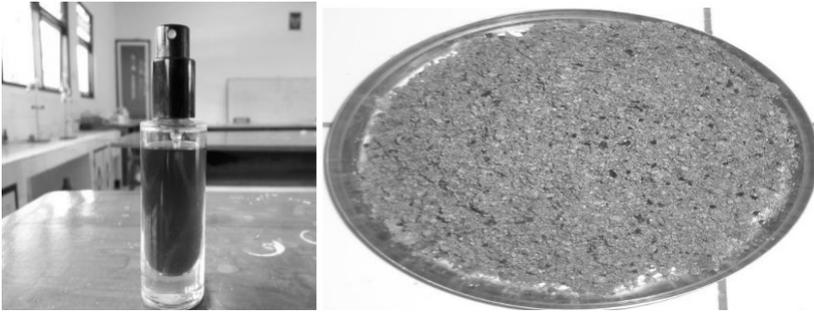
Gambar 3. Residu Biji Kelengkeng

Penggunaan kompos untuk uji coba diterapkan melalui media tanam pada tanaman krokot. Tanaman krokot merupakan salah satu tanaman yang memiliki masa tumbuh yang cepat sehingga dapat mempermudah dalam proses pengamatan uji keefektivitasan kompos.



Gambar 4. Tanaman Uji Coba

Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman uji coba didapatkan efektifitas kompos biji kelengkeng tidak memberikan hasil yang begitu jauh dari kompos pembanding. Kelebihan kompos dari biji kelengkeng karena bahan dasarnya berupa limbah dari proses lain sehingga benar-benar menjadi solusi agar dalam proses pengolahan suatu produk tidak menjadikan limbah baru. Harapannya semua bahan yang digunakan menjadi produk inovasi yang meningkatkan nilai ekonomi bahan baku.



Gambar 5. Produk Bioinsektisida dan Kompos Biji Kelengkeng

### **Kesimpulan**

Produk inovasi dari pengolahan limbah biji kelengkeng berupa bioinsektisida dan kompos. Pembuatan produk bioinsektisida melalui tahapan ekstraksi dan destilasi. Sedangkan kompos yang didapatkan dari residu ekstrak biji kelengkeng dibuat melalui proses dekomposisi menggunakan biodekomposer berupa mikroorganisme lokal. Efektifitas bioinsektisida dan kompos yang dihasilkan memberikan hasil yang efektif dengan perbedaan yang tidak begitu jauh dibandingkan bioinsektisida dan kompos pembanding. Keefektifitasan produk yang dihasilkan diharapkan mendorong masyarakat untuk membudidayakan tanaman kelengkeng dalam skala perkebunan yang lebih luas bukan sekadar tanaman pagar pekarangan rumah. Selain itu, nilai tambah yang diberikan oleh inovasi bioinsektisida dan kompos biji kelengkeng berupa produknya yang ramah lingkungan, tanpa menghasilkan limbah, dan bersifat berkelanjutan juga diharapkan dapat menjadi solusi *waste management* yang inovatif untuk mengatasi masalah emisi gas rumah kaca akibat *carbon market* yang terjadi di Indonesia.

### Daftar Pustaka

- Ambarningrum, Trisnowati Budi. 2012. *Pengendalian Serangga Hama Menggunakan Insektisida Nabati*. Purwokerto: Laboratorium Entomologi-Parasitologi Fakultas Biologi UNSOED.
- Fauziah, W.N. 2015. *Uji aktivitas antimikroba ekstrak etanol daun, kulit, dan biji kelengkeng (euphoria longan) terhadap pertumbuhan saccharomyces cerevisiae dan lactobacillus plantarum penyebab kerusakan nira siwalan (Barassus Flabellifer L)*. Skripsi. Malang : Jurusan Biologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Halvorsen, Ivar J. 2000. *Distillation Theory*. Norwegian University of Science and Technology Departement of Chemical Engineering 7491 Trondheim, Norway.
- Harborne, JB. 1997. *Metode Fitokimia. Penuntun Cara Modern. Menganalisa Tumbuhan, Terjemahan K.Padmawinata*. Bandung: ITB Press.
- Haynes, W.M., ed. (2010-2011), *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (edisi ke-91st), Boca Raton, FL: CRC Press Inc., hlm. 3-232
- Kardinan, A.. 2004. *Pestisida Nabati: Ramuan dan Aplikasi*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Novitasari, Vera Nika. 2013. *Pembuatan Yoghurt dari Biji Nangka dengan Starter Lactobachilus Bulgaricus dan Streptococud Thermophilus Menggunakan Fermentor dengan Variasi Sukrosa dan Starter*. Tesis. UNDIP.
- Rahayu, SS dan Purnavita, Sari. 2008. *Kimia Industri Jilid 2*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Rahmi, K. 2010. *Kompos*. Jurnal Penelitian Universitas Sumatera Utara.
- Sunarto, dkk. 2014. *Carbon Footprint of Solid Waste Processing At TPS Tlogomas Malang*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Tiwan, dkk. 2011. *Pestisida*. Jurnal Penelitian Universitas Sumatera Utara



Artikel 6

## **Carbonize: *Carbon Trading* Berbasis NFT, Platform Baru Untuk Pasar Karbon yang Efisien**

Karya: Bilal Adijaya

(Mahasiswa Universitas Gadjah Mada - UGM,  
Yogyakarta)

Email: [adijayabilal@gmail.com](mailto:adijayabilal@gmail.com)

Pasar karbon menjadi salah satu solusi pemanfaatan sektor lahan dalam mengurangi emisi bagi sektor-sektor yang membangun ekonomi. Perdagangan karbon (*carbon trading*) merupakan mekanisme berbasis pasar yang memungkinkan terjadinya negosiasi dan pertukaran hak emisi gas rumah kaca (Irama, 2020). Perdagangan karbon merupakan jembatan untuk mendanai aliran modal sosial dan lingkungan ke dalam proyek yang didirikan untuk mengurangi emisi karbon sekaligus membuka peluang ekonomi baru. Menurut KLHK (2016), nilai perdagangan karbon global pada tahun 2015 mencapai US\$ 50 milyar, dimana 70% dari total tersebut berasal dari aktivitas perdagangan emisi. Kredit karbon dapat menjadi cara pandang baru untuk membuat lahan berhutan menjadi lebih mahal dibanding dengan mengonversinya menjadi objek untuk aktivitas yang lain. Pasar karbon tidak hanya menjadi batu loncatan bagi sektor bisnis yang sulit melakukan transisi rendah emisi, tetapi juga memberikan kontribusi ekonomi bagi negara-negara yang menyediakan proyek hijau.

Namun, dibalik potensi dan peluang yang diberikan pasar karbon terdapat ancaman, yakni sistemnya yang tertutup. Asal muasal dan kualitas kredit karbon menjadi hal privat karena proses transaksinya yang tertutup yang dapat menyebabkan polarisasi informasi. Asimetri informasi merupakan konsekuensi dari rendahnya transparansi pada pasar karbon yang dapat menyebabkan ketidakpercayaan dan menyulitkan pengambilan keputusan pembeli atau investor terhadap pasar (Zhao dkk, 2017). Dalam hal ini proyek pengurangan emisi

memiliki parameter sendiri dalam melakukan verifikasi dan menentukan ukuran serta keuntungan dalam proses karbon *offset*. Sehingga, pembeli maupun investor harus bergantung pada kredibilitas proyek *offset* atau pada pembeli lain yang memvalidasi.

Penggunaan *Non Fungible Token* (NFT) dapat menciptakan platform pasar karbon yang transparan. Dengan menggunakan sistem *blockchain*, pasar karbon dapat menciptakan ekosistem transaksi yang aman dan tidak dapat diubah serta mudah dilacak (Hambiralovic, 2018). Setiap NFT memiliki perbedaan nilai pada *blockchain*, karenanya NFT dapat mewakili sertifikat kepemilikan atas suatu proyek *offset*. NFT merupakan aset yang tidak dapat ditiru karena memiliki metadata yang unik, sehingga cocok digunakan untuk merepresentasikan suatu item atau barang yang hanya bisa dimiliki oleh satu pengguna, walaupun visual yang disajikan sama (Ilmanudin, 2022).

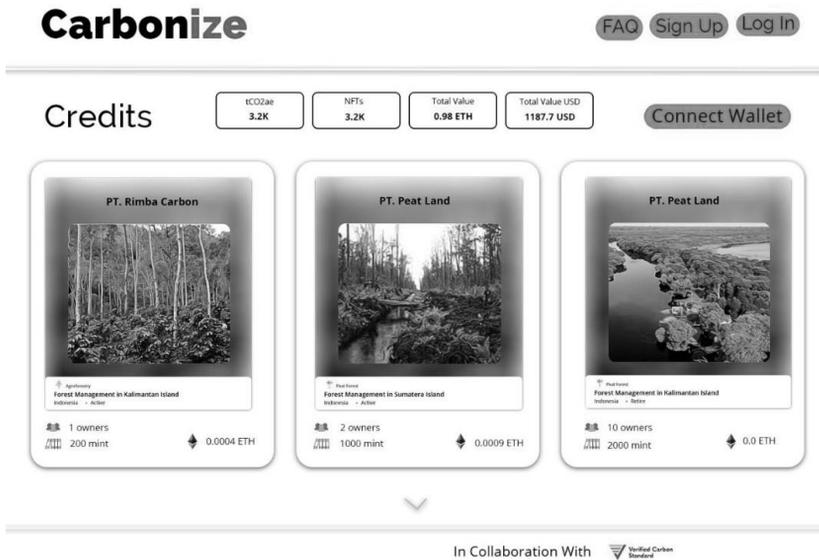
### **Carbonize**

Carbonize merupakan platform *marketplace* berbasis web 3.0 yang memungkinkan pemilik proyek *offset* mencetak aset *offset* (kredit karbon) mereka menjadi NFT. Carbonize bekerja sama dengan lembaga sertifikasi untuk memastikan dan melakukan verifikasi pada proyek *offset* yang terdaftar sehingga tidak ada pencantuman ganda pada kredit karbon yang sama. Selain itu, penggunaan *blockchain* pada Carbonize dapat membantu proses pengukuran dan verifikasi dengan menghubungkan *offset* ke *cryptocurrency* atau token berbasis *blockchain*. Token membantu memberi verifikasi insentif, sementara tokenisasi proyek *offset* dapat memastikan pengukuran yang akurat - satu token setara dengan *offset* 1 tCO<sub>2</sub>e (Carbon Credits, 2022). Sehingga, organisasi atau individu dapat mengetahui secara akurat berapa kompensasi yang harus dikeluarkan atas hasil aktivitasnya setiap tahun untuk dikalkulasi menjadi proyek *offset*.



Gambar 1. Visual NFT Proyek *Offset* Pada Carbonize

Pada Carbonize, satu NFT merepresentasikan satu petak lahan. Pemilik proyek *offset* harus terlebih dahulu menginput jumlah petak lahan yang dijadikan proyek *offset* dan deskripsi atas lahan berhutan tersebut seperti jenis tegakan dan tahun tanam atau umur tegakan. Atribut tersebut digunakan untuk mengetahui potensi serapan karbon tiap petak per tahun. Jumlah petak yang diinput oleh pemilik proyek menentukan jumlah *fraction* NFT yang akan dikeluarkan oleh Carbonize dengan nomor seri dan metadata yang unik sebagai sertifikat kepemilikan atas proyek *offset*.



Gambar 2. Laman Etalase Carbonize

Seperti halnya *marketplace* pada umumnya, Carbonize menampilkan NFT *offset* yang telah diinput oleh pemilik proyek dalam sebuah etalase profil digital. Pada tampilan NFT tersebut tertera atribut jumlah *owners*, jumlah *mint* (cetakan) dan harga dari setiap cetak NFT. Carbonize menggunakan mata uang kripto Ethereum sebagai alat pembayaran yang terkoneksi dengan *e-wallet* seperti MetaMask. Atribut *Active* dan *Retire* menunjukkan ketersediaan proyek *offset*.

Connect Wallet



The screenshot shows the NFT listing page for 'Forest Management in Kalimantan Island'. On the left is a preview card with a forest image, the title 'PT. Rimba Carbon', and details: '1 owners', '200 mint', and '0.0004 ETH'. The main content area includes the title 'Forest Management in Kalimantan Island', a status 'Active', a 'BUY' button, and ownership information '2 owners' and '200 mint'. Below this is a 'Properties' section with a table of attributes: ID (FM0202), Country (Indonesia), Project Type (Agroforestry), and Registry (Verra). At the bottom is an 'Item Activity' table showing transaction history.

| Event    | Quantity | From      | To        | Date        |
|----------|----------|-----------|-----------|-------------|
| Transfer | 5        | user5547  | user0099  | 1 day ago   |
| Transfer | 5        | CarbonFFP | user5547  | 3 days ago  |
| Minted   | 100      | Carbonize | CarbonFFP | 2 weeks ago |

Gambar 3. Laman Pembelian NFT Pada Carbonize

Pada detail profil, Carbonize menampilkan secara lebih rinci NFT yang diperjualbelikan atas suatu aset *offset*. Pembeli dapat menentukan berapa banyak *mint* NFT yang akan dibeli. Pembeli dapat mengajukan pembelian secara langsung pada pihak Carbonize maupun dapat membelinya pada pengguna lain yang melakukan *sale* atas *mint* NFT yang dimilikinya. Pada menu ini, pembeli dan pengguna yang tergabung dalam sistem dapat mengetahui dan melacak secara langsung keberadaan *mint* NFT yang diperjualbelikan. *Blockchain* menampilkan data kepemilikan, jumlah aset dan rekam jejak transaksi yang dilakukan pada suatu NFT pada laman pembelian. Sehingga menghilangkan peluang penipuan dan replikasi kredit karbon dalam konteks perdagangan karbon.

Dalam penerapannya, Carbonize juga bekerja sama dengan lembaga monitoring untuk melakukan audit berskala pada proyek *offset* yang disewakan. Hal ini bertujuan untuk memastikan proyek *offset*

dilaksanakan dengan baik sebagai pemenuhan aspek kredibilitas dan tanggung jawab yang wajib didapatkan oleh pembeli atau investor.

Carbonize pada dasarnya merupakan *marketplace* berbasis web 3.0 yang menggunakan NFT sebagai platform penjualannya. Teknologi *blockchain* atau *public ledger* menjadi kunci transparansi jual beli kredit karbon yang membuat ekosistem perdagangan karbon lebih transparan dan *traceable*. Pembeli maupun pengguna lain yang tergabung dalam sistem dapat secara *real-time* melacak rekam jejak transaksi kredit karbon yang dilakukan antara dua pihak berkat sistem pencatatan yang terdesentralisasi. Selain itu, penggunaan Carbonize merupakan solusi kreatif untuk menciptakan pasar karbon yang terverifikasi dan terukur. Sehingga, perdagangan karbon berbasis NFT akan membangun kepercayaan konsumen, menghindari *greenwashing*, melakukan pelacakan jejak karbon secara efektif, mempercepat perdagangan karbon, menghilangkan perhitungan ganda dan pada akhirnya akan meningkatkan penjualan kredit karbon (Badamsi, 2022).

## DAFTAR PUSTAKA

- Badamsi, H. (2022). 7 Ways in Which Blockchain Technology Can Improve Carbon Trading Transparency. Diakses pada 28 Desember 2022, dari <https://earth.org/blockchain-technology-carbon-trading/>
- Carbon Credits. (2022). Carbon Crypto Guide: KlimaDAO, Carbon NFTs, and Carbon Tokens. Diakses Pada 28 Desember 2022, dari <https://carboncredits.com/carbon-crypto-guide-klimadao-carbon-nfts-and-carbon-tokens/>
- Hambiralovic, M., & Karlsson, R. (2018). *Blockchain Accounting in a Triple-Entry System: Its Implications on the Firm and its Stakeholders, a Case Study on the Request Network* (Doctoral dissertation, BS thesis, Business Administration, Lund University, Lund, Sweden).
- Ilmanudin, Q. (2022). Apa itu NFT?. Diakses pada 30 Oktober 2022, dari <https://www.cryptomedia.id/cryptopedia/apa-itu-nft/>
- Irama, A. B., & SE, M. (2020). Perdagangan Karbon di Indonesia: Kajian Kelembagaan dan Keuangan Negara. *Info Artha*, 4(1), 83-102.
- KLHK. (2016). Implikasi Perdagangan Karbon Terhadap komitmen Indonesia Pasca 2020. Diakses Pada 28 Desember 2022, dari <http://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/3266/implikasi-perdagangan-karbon-terhadap-komitmen-indonesia-pasca-2020>
- Zhao, X. G., Wu, L., & Li, A. (2017). Research on the efficiency of carbon trading market in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1-8.



Artikel 7

## **Fluirum (Fluida Superkritis Skala Perumahan): Inovasi Sistem Pengolahan Limbah Plastik Berbasis Fluida Superkritis H<sub>2</sub>O Terintegrasi Internet of Things Pada Skala Perumahan Di Indonesia**

Karya: Yohanes Maruli Arga Septianus

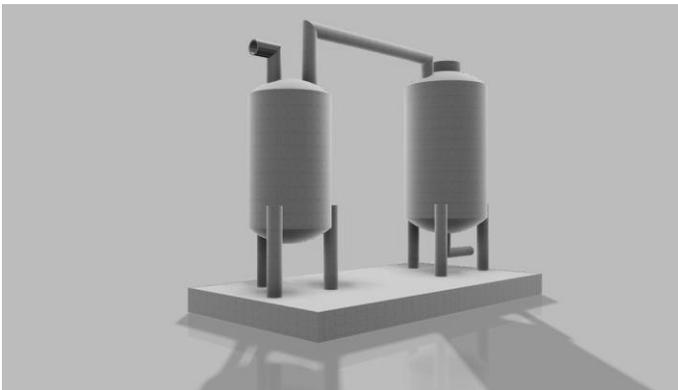
(Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember – ITS, Surabaya)

Permasalahan limbah plastik masih menjadi permasalahan yang cukup serius dan tak kunjung selesai di Indonesia. Dilansir dari laman Tempo, Indonesia menduduki peringkat tiga sebagai negara penghasil sampah plastik terbesar di dunia. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan, Indonesia menghasilkan 66 juta ton limbah plastik pada tahun 2021. Tak hanya di darat, limbah plastik sudah mulai mencemari perairan Indonesia. Data hasil penelitian dari University of Georgia menyatakan, Indonesia menempati peringkat ke-2 dalam pembuangan sampah plastik ke laut dengan total 187,2 juta ton limbah plastik. Parahnya lagi, limbah plastik yang ada berpotensi menjadi mikroplastik berukuran kurang dari 5 mm dengan proses degradasi. Mikroplastik dapat berupa limbah plastik yang rusak setelah tumpah, potongan spons dan ban, serat sintesis atau kapsul untuk bahan kimia. Bahkan, mikroplastik ini dapat mempertahankan aditif dalam produk aslinya saat memasuki rantai makanan, seperti makanan laut (Stewart, 2021). Menanggapi permasalahan ini, ada beberapa langkah yang ditempuh pemerintah, di antaranya melakukan pengolahan dengan metode insinerasi dan pirolisis. Teknologi insinerasi mampu mengurangi volume limbah hingga 90% pada suhu minimal 800°C. Akan tetapi, insinerator justru berpotensi menghasilkan limbah berbahaya (residu APC), terak, gas buang dengan volume besar (Margarida et al., 2011). Adapula metode bernama pirolisis, yaitu teknologi yang memecah

bahan organik tanpa menggunakan oksigen. Namun, proses ini masih menghasilkan berbagai polutan berbahaya, seperti hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), amonia ( $NH_3$ ),  $SO_x$ , dan  $NO_x$  (Ghosh, Sengupta and Singh, 2020). Bahkan ada beberapa sumber yang menyebutkan teknologi berbasis pirolisis tergolong mahal dibandingkan dengan metode pengolahan limbah komersial (Rajendran et al., 2019).

Berdasarkan permasalahan yang ada, lahir sebuah inovasi bernama Fluirum (Fluida Superkritis Skala Perumahan). Fluirum adalah teknologi pengolahan limbah plastik dengan memanfaatkan fasa fluida superkritis yang terintegrasi oleh *internet of things*. Inovasi ini menjadi teknologi yang tepat guna mengingat begitu banyak limbah plastik yang dihasilkan di Indonesia setiap tahunnya. Secara pemakaian, Fluirum difokuskan pada pengolahan skala perumahan guna menjangkau limbah-limbah plastik yang dihasilkan pada skala rumah tangga sehingga limbah plastik yang dihasilkan di tiap-tiap rumah tangga bisa tertangani dengan baik. Selain itu, skala perumahan sudah paling tepat untuk mengoptimalkan kinerja alat dalam mengolah limbah plastik yang ada.

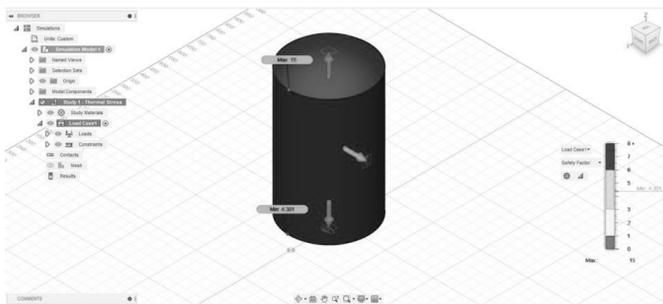
Dalam perancangan desain reaktor Fluirum, digunakan software Fusion untuk menggambarkan bentuk visual dari Fluirum. Dengan desain sedemikian rupa, Fluirum memiliki kapasitas pengolahan sebesar 100 liter atau mampu mengolah 68 kg limbah plastik dalam sekali proses.



**Gambar 1.** Desain reaktor Fluirum

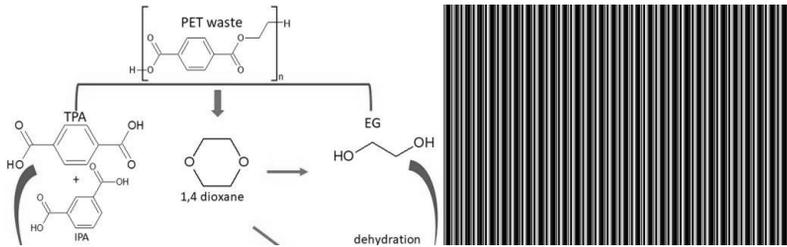
Pada desain, terdapat dua tabung dengan fungsi berbeda. Tabung pertama adalah tempat terjadinya reaksi antara fluida superkritis dengan limbah plastik, sedangkan tabung kedua adalah tempat penyimpanan hasil gas dari reaksi yang terjadi di tabung pertama. Material yang digunakan untuk reaktor Fluirum adalah beberapa lembar stainless steel 304 karena material tersebut memiliki ketahanan yang baik pada suhu dan tekanan yang tinggi, serta lebih ekonomis dibanding paduan-paduan lain yang biasanya digunakan untuk material reaktor. Untuk pipa, digunakan material berupa baja karbon API 5L GR X52 yang tak mudah korosi dan biasa digunakan untuk menyalurkan gas dengan temperatur dan tekanan yang tinggi.

Untuk memastikan ketahanan beberapa lembar stainless steel 304 sebagai material Fluirum, dilakukan simulasi menggunakan Fusion dengan konsep tekanan internal dan suhu tinggi. Dari desain yang telah diuji dengan tekanan 22,1 MPa dan temperatur 374,15°C diperoleh nilai *safety factor* sebesar 4,81-15 yang berarti stainless steel 304 aman digunakan sebagai material dari reaktor Fluirum.



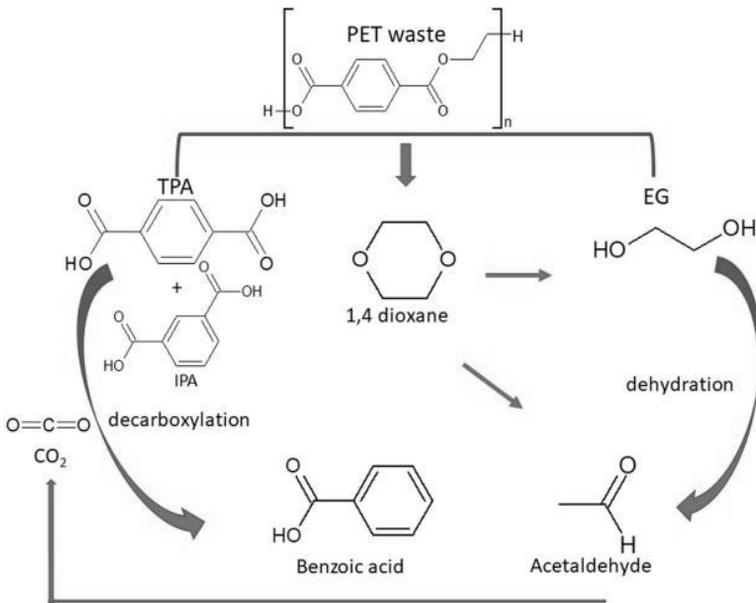
Gambar 2. *Safety factor* Fluirum

Fluirum bekerja dengan kondisi anaerobik pada suhu dan tekanan operasi sebesar 374.15°C dan 22.1 MPa (Supercritical Fluids State). Sebagai alat pengolah limbah plastik yang memanfaatkan fluida superkritis jenis H<sub>2</sub>O, Fluirum mampu mendekomposisi polimer plastik menjadi monomer-monomernya. Mekanisme kerja Fluirum adalah sebagai berikut



**Gambar 3.** Mekanisme kerja Fluirum

Sebelum limbah dimasukkan ke dalam reaktor, limbah harus dipilah untuk memisahkan limbah plastik dan non-plastik. Setelah melalui proses pemisahan, limbah plastik langsung dimasukkan ke dalam reaktor berisi H<sub>2</sub>O yang sudah mencapai fasa superkritis. Reaksi akan berlangsung selama beberapa menit dan dari reaksi tersebut terdapat hasil cair dan hasil gas (beberapa jenis plastik ada juga yang meninggalkan hasil padat).



**Gambar 4.** PET waste (bahan baku botol minuman) ketika bereaksi dengan fluida superkritis dan hasilnya.

Untuk perhitungan matematis, diperoleh konsumsi daya yang dibutuhkan Flusum dengan asumsi waktu operasi 5 jam perhari dan kapasitas 100 liter pada rentang suhu 30°C- 374,15°C adalah 8,0053 kWh

Sebagai bentuk memanfaatkan teknologi yang berkembang di era industri 4.0, Fluirum terintegrasi *internet of things* berbasis web server yang memungkinkan operator untuk mengontrol sistem operasi Fluirum *remotely*. Implementasi sistem ini digunakan untuk mengetahui kondisi dari Fluirum secara *realtime* serta untuk mengetahui jumlah limbah plastik yang telah diolah. Dengan menggunakan Arduino Atmega sebagai opensource microcontroller, sensor tekanan, dan sensor temperatur, diharapkan Fluirum dapat lebih mudah dalam pengontrolannya.

Dilihat dari segi ekonomi, Fluirum memiliki fisibilitas ekonomi yang baik. Analisis ekonomi terhadap Fluirum dilakukan menggunakan metode pendekatan perkiraan (*approximate estimates*). Diasumsikan sistem operasi pada kondisi optimal selama 1 tahun penuh (365 hari) adalah 1.825 jam operasi per tahun. Sistem Fluirum akan berkelanjutan selama 10 tahun operasi. Pengolahan limbah plastik akan dikenakan tarif sebesar Rp5,000.00/bulan untuk satu kartu keluarga (KK) dengan asumsi 1 rukun warga (RW) terdiri dari 400 KK.

Setelah dilakukan analisis dengan asumsi yang ada, Capital Expenditure (CapEx) sebesar Rp31.487.415,00; dan Operational Expenditure (OpEx) sebesar Rp10.979.172,27; terlihat jelas bahwa Fluirum memiliki fisibilitas ekonomi yang baik. Fluirum mencapai break even point (BEP) pada 2,418 tahun. Fluirum juga memiliki rasio BCR yang bagus ( $>1$ ) yaitu 1,08. Lalu, dengan mengasumsikan discount rate 10%, didapatkan nilai Net Present Value (NPV) sebesar Rp44.109.031,59. Nilai NPV  $> 0$ , artinya pengaplikasian Fluirum sebagai alat pengolah limbah plastik tergolong menguntungkan. Terakhir, didapatkan juga data Internal Rate of Return (IRR) yang bagus, yaitu 40%.

Dilihat dari segi ramah lingkungan, Fluirum menjadi teknologi yang lebih ramah lingkungan jika dibandingkan teknologi yang sudah ada, seperti insinerasi dan pirolisis. Insinerasi menghasilkan gas berupa

hidrokarbon, SO<sub>2</sub>, HCl, CO, NO<sub>x</sub>, dan gas-gas berbahaya lainnya. Tak jauh berbeda dengan insinerasi, gas yang dihasilkan pada proses pirolisis antara lain hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), amonia (NH<sub>3</sub>), SO<sub>x</sub>, dan NO<sub>x</sub>. Sedangkan gas yang dihasilkan pada Fluirum adalah hasil dekomposisi berupa monomer seperti CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CO, dan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

Berdasarkan permasalahan yang ada dan analisis yang telah diberikan, Fluirum memiliki peluang yang cukup tinggi guna signifikansi pengolahan limbah plastik, terutama pengolahan limbah plastik pada skala rumah tangga di Indonesia. Reaktor Fluirum telah didesain secara kompleks, serta telah dilakukan simulasi dengan perolehan nilai *safety factor* pada rentang 4,81-15 sehingga dapat dikategorikan aman dalam pengoperasiannya. Dengan demikian, Fluirum dapat membantu integrasi pengolahan limbah plastik ramah lingkungan pada skala rumah tangga, serta menjadi solusi pengolahan limbah plastik pada era industri 4.0 di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andryanto, S. D. (2021, October 26). *5 Negara Ini Penyumbang sampah Plastik Terbesar di Dunia, Indonesia urutan ke-3*. Tempo. Retrieved September 26, 2022, from [https://tekno.tempo.co/read/1521617/5-negara-ini-penyumbang sampah-plastik-terbesar-di-dunia-indonesia-urutan-ke-3](https://tekno.tempo.co/read/1521617/5-negara-ini-penyumbang-sampah-plastik-terbesar-di-dunia-indonesia-urutan-ke-3)
- Ghosh, P., Sengupta, S., Singh, L., & Sahay, A. (2020). Life cycle assessment of waste- to-bioenergy processes: A Review. *Bioreactors*, 105-122. doi:10.1016/b978-0-12-821264-6.00008-5
- Media Indonesia. (2017, April 9). *Indonesia Negara terbesar kedua pembuangan sampah plastik*. Media Indonesia. Retrieved September 26, 2022, from [https://mediaindonesia.com/humaniora/100109/indonesia-negara-terbesar kedua-pembuangan-sampah-plastik](https://mediaindonesia.com/humaniora/100109/indonesia-negara-terbesar-kedua-pembuangan-sampah-plastik)
- Merdeka. (2021, November 10). *Indonesia produksi 66 Juta Ton Limbah Plastik per Tahun, Apa Solusinya?* merdeka.com. Retrieved September 26, 2022, from [https://www.merdeka.com/uang/indonesia-produksi-66-juta-ton-limbah plastik-per-tahun-apa-solusinya.html](https://www.merdeka.com/uang/indonesia-produksi-66-juta-ton-limbah-plastik-per-tahun-apa-solusinya.html)
- Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. (2017). *Mikroplastik, Ancaman Tersembunyi bagi Tubuh dan Lingkungan*. Pusat Penelitian Oseanografi Lipi. Retrieved September 26, 2022, from <http://oseanografi.lipi.go.id/shownews/131>
- Quina, M., C.M., J., & M., R. (2011). Air Pollution Control in municipal solid waste incinerators. *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources*. <https://doi.org/10.5772/17650>
- Stewart, T. (2021, June 03). Japan's plastic footprint is larger than you may think. Retrieved September 26, 2022, from <https://www.tokyoweekender.com/2020/07/japans-plastic-footprint-larger-may-think/>

**Lampiran 1. CapEx, OpEx, dan Revenue dari Fluirum**

- **Capital Expenditure (CapEx)**

| <b>CapEx</b> |                               |            |                   |                      |
|--------------|-------------------------------|------------|-------------------|----------------------|
| <b>No</b>    | <b>Item</b>                   | <b>Qty</b> | <b>Price/Unit</b> | <b>Total</b>         |
| 1            | Stainless steel 304           | 2          | 10,372,600        | 20,745,200.00        |
| 2            | Komputer                      | 1          | 5,750,000.00      | 5,750,000.00         |
| 3            | Arduino Atmega328             | 1          | 474,000           | 474,000.00           |
| 4            | Sensor Tekanan                | 1          | 158,215           | 158,215.00           |
| 5            | Sensor temperatur             | 1          | 143,000           | 143,000.00           |
| 6            | Manufacturing cost and piping | 1          | 4,217,000         | 4,217,000.00         |
| <b>TOTAL</b> |                               |            |                   | <b>31,487,415.00</b> |

- **Operational Expenditure (OpEx)**

| <b>OpEx</b>  |  |            |                   |                      |
|--------------|--|------------|-------------------|----------------------|
| <b>No</b>    | <b>Item</b>                            | <b>Qty</b> | <b>Price/Unit</b> | <b>Total</b>         |
| 1            | Power Consumption (kWh)                | 2921.93    | 1,444.70          | 4,221,312.27         |
| 2            | Operation & Maintenance                | 12         | 400,000           | 4,800,000.00         |
| 3            | Raw Material (water) (m <sup>3</sup> ) | 163155     | 12                | 1,957,860.00         |
| <b>Total</b> |  |            |                   | <b>10,979,172.27</b> |

- **Revenue**

| REVENUE      |                         |           |             |               |
|--------------|-------------------------|-----------|-------------|---------------|
| No           | Item                    | Jumlah KK | Iuran/Tahun | Total         |
| 1            | Iuran pengolahan sampah | 400       | 60,000      | 24,000,000.00 |
| <b>Total</b> |                         |           |             | 24,000,000.00 |

- **Hasil Analisis Ekonomi**

| No | Parameter Ekonomi             | Nilai           |
|----|-------------------------------|-----------------|
| 1  | Break Even Point (BEP)        | 2,418 Tahun     |
| 2  | Net Present Value (NPV)       | Rp44.109.031,59 |
| 3  | Internal Rate of Return (IRR) | 40%             |
| 4  | Benefit Cost Ratio (BCR)      | 1,08            |

- **Perhitungan Daya yang Dibutuhkan**

Asumsi waktu operasi 5 jam perhari dan kapasitas 100 liter pada rentang suhu 30°C- 374,15°C

$$Q = m \cdot c \Delta T$$

$$Q = 0,1 \times 4187 \times (374,15 - 30)$$

$$Q = 144096 \text{ Joule}$$

Kemudian perhitungan dilanjutkan menggunakan formula berikut.

$$P = Q t$$

$$P = 144096 / 5 \times 3600$$

$$P = 8,0053 \text{ kWh}$$



Artikel 8

## **Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Sumber Hidrogen dengan Menggunakan Teknik Hyvolution Untuk Mewujudkan Energi Bersih Nasional: Studi Kasus Aceh**

Karya: Ahmad Muhar Apriansyah  
(Mahasiswa Universitas Syiah Kuala, Aceh)  
Email: ahmad.muhar20@gmail.com

Setiap tahun produksi minyak bumi di Indonesia semakin menurun, hal ini mengindikasikan penurunan cadangan bahan bakar fosil. Perlunya inovasi di bidang energi terbarukan untuk menggantikan bahan bakar fosil untuk menghadapi krisis energi.

Hidrogen ( $H_2$ ) merupakan pilihan yang tepat sebagai sumber energi baru dengan teknologi dan inovasi yang akan mengangkat topik distribusi energi sebagai alternatif pengganti energi fosil. Hidrogen nantinya akan menjadi energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan efisien dibandingkan jenis energi terbarukan lainnya. Selain itu, perlu dicatat bahwa Indonesia memiliki banyak industri yang berbeda. Salah satunya adalah industri tahu, namun industri tersebut mengalami kesulitan dalam penanganan limbah padat dan cair. Aceh, merupakan salah satu provinsi penghasil tahu terbesar di Indonesia, yang limbah cairnya belum dimanfaatkan sampai sekarang. Ampas tahu cair berbahaya bagi lingkungan karena mengandung BOD dan COD. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan limbah ini secara efisien dan kreatif yaitu dengan vektor energi. Pembawa energi adalah energi yang dapat mengangkut suatu zat dari satu tempat ke tempat lain. Hidrogen adalah salah satu zat yang dapat diangkut oleh pembawa energi. Dalam proses pengolahan limbah cair tahu dengan metode terpadu atau biasa dikenal dengan metode *HYVOLUTION*.

Metode ini mampu mengangkut gas hidrogen melalui 3 tahap yaitu pretreatment, fermentasi kuat atau fermentasi ringan dan peningkatan gas. Fermentasi tentunya membutuhkan bakteri yang akan digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen. Bakteri yang digunakan sudah ada pada limbah tahu cair sehingga tidak perlu menambahkan bakteri dari luar limbah. Berdasarkan pendekatan ini, akan menawarkan potensi besar untuk mengatasi keterbatasan energi fosil yang akan habis dan mengolah limbah industri tahu untuk menghasilkan energi terbarukan. Produksi hidrogen skala besar. skala dapat dikembangkan dengan menambahkan proses gas yang ditingkatkan untuk meningkatkan konsentrasi hidrogen dan jumlah hidrogen yang dihasilkan.

### **Pendahuluan**

Keadaan bumi saat ini semakin menipis energinya setiap tahun. Pertambahan penduduk di negara berkembang seperti Indonesia membuat keadaan ini berbanding terbalik dengan kebutuhan energi. Dapat dibuktikan bahwa saat ini energi yang paling banyak dikonsumsi masyarakat berasal dari energi tak terbarukan seperti bahan bakar fosil. Krisis energi dan eksploitasi minyak akan terjadi karena kebutuhan energi yang terus meningkat setiap tahunnya.

| Tahun | Jumlah Produksi Minyak (Barrels/hari) |
|-------|---------------------------------------|
| 2016  | 831.06                                |
| 2017  | 801.02                                |
| 2018  | 772.13                                |
| 2019  | 754.14                                |
| 2020  | 708.32                                |
| 2021  | 660.25                                |

Tabel 1. Data Produksi Minyak Bumi di Indonesia Berdasarkan ESDM

Berdasarkan data menunjukkan bahwa produksi minyak pada periode 2016-2021 mengalami penurunan. Indonesia tidak bisa selamanya bergantung pada sektor minyak, karena minyak yang semakin menipis akan menyebabkan krisis. Upaya ini membutuhkan

solusi yang memenuhi kebutuhan sumber energi terbarukan, mudah didaur ulang, dan ramah lingkungan. Salah satu solusi kreatif yang mungkin dilakukan adalah dengan menggunakan energi hidrogen untuk menghadapi keterbatasan krisis energi.

Selain itu, di Indonesia terdapat banyak industri yang berbeda. Industri tentu membutuhkan energi untuk mengoperasikan mesin-mesin. Industri tersebut juga menghasilkan limbah yang seringkali tidak diolah terlebih dahulu sehingga mencemari lingkungan. Salah satu industri yang berpotensi memanfaatkan limbah sebagai energi adalah industri tahu khususnya di Aceh. Aceh merupakan salah satu provinsi penghasil tahu di Indonesia yang pemanfaatan limbahnya belum dioptimalkan.

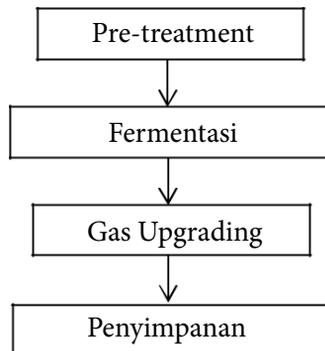
Industri tahu adalah industri penghasil makanan dari kedelai mentah dengan cara fermentasi. Tahu banyak dijual di pasaran dan banyak diminati masyarakat Indonesia karena murah dan memiliki kandungan protein yang tinggi. Namun, industri tahu memiliki masalah pembuangan limbah. Salah satu limbah tersebut berupa limbah cair karena masih banyak limbah yang diolah tanpa diolah terlebih dahulu, padahal berbahaya bagi lingkungan dan juga manusia. Oleh karena itu, diperlukan inovasi untuk mengolah limbah cair tahu, karena akan memberikan peluang untuk regenerasi energi dan mengatasi pencemaran lingkungan dari limbah.

Tentunya komposisi dasar air pada industri tahu sangat penting sehingga dalam prosesnya menghasilkan limbah cair yang mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Limbah cair tahu dicirikan sebagai cairan keruh dan berwarna kekuningan akibat penggumpalan yang tidak sempurna sehingga menimbulkan bau yang tidak sedap (Kaswinarni, 2007). Limbah cair tahu yang mengandung BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) apabila dibuang ke sumber air akan menyebabkan matinya organisme yang hidup di air dan mikroorganisme yang berperan dalam mengatur keseimbangan biologi air. Sebaliknya, konsentrasi COD yang tinggi menyebabkan air limbah tahu menghasilkan kandungan hidrogen yang tinggi.

Limbah cair tahu yang mengandung COD dan BOD merupakan tempat yang baik untuk pertumbuhan mikroba karena sifatnya yang mengandung air, protein, lemak dan karbohidrat. Aktivitas mikroba yang dapat menghasilkan hidrogen relatif jarang ditemukan secara alami di bumi. Hidrogen dari limbah cair tahu dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar. Menurut masyarakat awam, limbah cair tahu tidak memiliki nilai fungsional untuk membantu kehidupan. Memang, ampas tahu cair bisa diubah menjadi sumber energi karena mengandung hidrogen yang bisa diangkut oleh *energy carrier*.

*Energy Carrier* adalah objek energik yang mampu mengangkut zat yang mengandung energi dari satu tempat ke tempat lain. Penggunaan hidrogen dengan pembawa energi dapat digunakan sebagai penyeimbang. Saat ini, pembawa energi yang mengandung hidrogen menarik perhatian negara-negara maju karena hidrogen ramah lingkungan dan efisien, sehingga sangat cocok dipilih sebagai sumber energi terbarukan. Hidrogen ramah lingkungan karena energi yang dibawa oleh pembawa energi sangat bersih dan hanya menghasilkan uap air sebagai gas buang dalam prosesnya.

Fermentasi merupakan metode yang menjanjikan di antara proses produksi hidrogen lainnya. Isu pengurangan limbah dan keberlanjutan dalam produksi hidrogen yang dikenal dengan teknologi hijau telah menarik perhatian dalam beberapa tahun terakhir. Memang membutuhkan sedikit energi dan dapat dikombinasikan dengan metode *HYVOLUTION*.



Gambar 1. Flowchart metode *HYVOLUTION*

Gas hidrogen yang dihasilkan dengan metode *HYVOLUTION* melalui 4 tahap yaitu tahap pretreatment pertama pada proses ini adalah pengumpulan limbah cair tahu yang selanjutnya akan dipanaskan. Kedua, gunakan fermentasi gelap atau fermentasi ringan. Ketiga, secara khusus upgradation gas dilakukan untuk memisahkan hidrogen dan karbondioksida serta meningkatkan konsentrasi gas hidrogen. *Upgrade* gas dilakukan dalam skala industri karena gas upgrading berguna untuk meningkatkan konsentrasi dan kuantitas hidrogen dalam skala besar. Proses ini membutuhkan kondisi tekanan dan suhu yang sangat tinggi, sehingga hanya cocok untuk keperluan industri. Keempat, tahap penyimpanan di dalam tangki merupakan proses penyimpanan gas hidrogen dalam keadaan tunak untuk perlakuan tekanan. Dengan demikian, gas hidrogen yang terbentuk dengan metode *HYVOLUTION* dapat dimanfaatkan sebagai energi terbarukan.

Fermentasi ringan menggunakan bakteri yang menggunakan sinar matahari untuk membuat hidrogen dari air. Pada tahap ini terjadi reaksi hidrolisis yaitu pemutusan ikatan H<sub>2</sub>O. Bakteri memecah rantai panjang menjadi bagian-bagian yang lebih pendek dari karbohidrat, protein, dan lemak yang terdapat dalam ampas tahu cair. Berdasarkan hasil teoritis yang diperoleh, reaksi berikut menghasilkan gas hidrogen:



(Foglia et al, 2011)

Selain itu, metode fermentasi gelap menggunakan bakteri heterotrof seperti bakteri *Escherichia coli* yang selalu ada pada limbah tahu cair. Bakteri *Escherichia coli* dengan pertumbuhannya yang sangat cepat memberikan efek positif karena menghasilkan gas hidrogen selama fermentasi gelap (Hellenbeck, 2009). Konversi hidrogen dari fermentasi gelap dengan bakteri yang beroperasi pada suhu kamar menghasilkan hidrogen dalam jumlah yang lebih besar. Berdasarkan perbandingan proses fermentasi yang ada, metode fermentasi gelap paling cocok diterapkan pada metode *HYVOLUTION* limbah cair.

Hidrogen memiliki sifat tidak beracun, sehingga ketika digunakan sebagai bahan bakar tidak menimbulkan polutan, melainkan hanya menghasilkan produk tunggal berupa air. Membandingkan bahan bakar fosil dan hidrokarbon, bahan bakar fosil memiliki energi 2,75 kali lebih banyak (Mei Ling Chong et al, 2009). Kedua, hidrogen memiliki nilai efisiensi konversi  $H_2$  yang lebih tinggi dibandingkan metana, sehingga hidrogen memiliki keunggulan pembakaran yang lebih efisien pada mobil dibandingkan bensin. Hidrogen adalah pembawa energi masa depan dengan potensi besar untuk distribusi energi global. Rencana masa depan untuk memproduksi hidrogen sebagai bahan bakar transportasi akan memungkinkan efisiensi yang lebih besar.

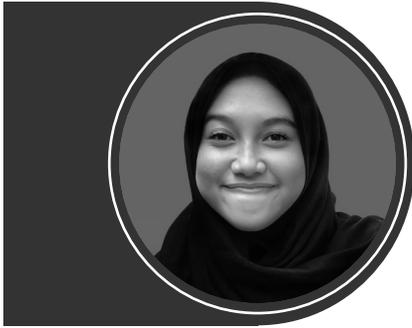
### **Penutup**

Energi hidrogen merupakan pembawa energi, artinya energi hidrogen memiliki kemampuan untuk mengangkut suatu zat dari satu tempat ke tempat lain sehingga hidrogen dapat diubah menjadi bahan bakar terbarukan. Hidrogen saat ini tidak digunakan secara luas, namun berpotensi menjadi sumber energi di masa depan. Produksi hidrogen skala besar menggunakan proses *HYVOLUTION* dapat ditingkatkan secara industri dengan menambahkan proses gas yang ditingkatkan.

Oleh karena itu, industri tahu dapat mempertimbangkan solusi ini untuk menghasilkan pembawa energi hidrogen dalam distribusi listrik di Indonesia dan mencegah pencemaran lingkungan. Mengingat kembali, Aceh sebagai salah satu provinsi penghasil tahu di Indonesia tentunya hal tersebut menjadikan pemanfaatan limbah tahu untuk menghasilkan energi hidrogen sangat besar. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah cair tahu untuk menghasilkan energi hidrogen merupakan solusi yang tepat dan perlu dikembangkan lebih lanjut agar energi terbarukan yang efisien dan ramah lingkungan dapat terwujud di masa mendatang.

## Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. 2021
- Foglia D., Wukovits W., Friedl A., Ljunggren M., Zacchi G., Urbaniec K. And Markowski M.. 2011. *Effects of feedstock on the process integration of biohydrogen production*. Clean Technologies and Environmental Policies Journal.
- Hallenbeck and Ghosh, 2009. *Ghosh Advances in fermentative biohydrogen production: the way forward Trends Biotechnol.*, 27, pp. 287–297.
- <https://www.esdm.go.id> (diakses pada tanggal 18 Desember 2022)
- Kaswinarni, F. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu*. Thesis. Semarang: Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Mei, O. J., Ling, K. C., & Piew, T. H. (2012). *The Antecedents of Green Purchase Intention Among*



Artikel 9

## ***Breaks The Silent Killer : Rancangan Desain Eco Wind- breaker Biokomposit Zeolit-Serat Bambu Sebagai Upaya Kendali Tari Asap Kota Industri***

Karya: Arifah Ramadhani Azzah  
(Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)  
Email: arfhrmdhn@gmail.com

*Siang itu, Bapak masih baik-baik saja. Menyeruput kopi yang asapnya mengepul berkejaran dengan asap salah satu parik industri besar dalam negeri. Bukan hal unik, begitulah keseharian kami. Namun malam itu, keseharian kami tak lagi sama. Canda tawa dengan Bapak, di depan TV sambil menonton sinetron bersama, kini hilang. “Udara itu, hak milik kami juga!”*

*(Dok. korban keracunan asap PT D Cikarang, November 2015)*

### **Kasus yang Tak Kunjung Usai**

Sebanyak 51 warga dilaporkan menderita sesak nafas, kejang, infeksi saluran nafas, sakit kepala hingga denyut jantung melemah secara mendadak akibat dugaan kebocoran asap pabrik sebuah perusahaan pada November 2015 (Dok. Liputan 6, 2015). Kasus ini menjadi salah satu bagian dari rangkaian panjang kasus keracunan asap pabrik di dalam negeri. Kejadian lain juga muncul di tahun-tahun berikutnya. Polusi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) bukan hanya akibat dari pabrik di kota-kota industri. Juga asap dari penggunaan kendaraan pribadi.

*Global Burden of Disease* mencatat polusi udara luar ruangan yang semakin memburuk telah merenggut hingga 9 juta nyawa di seluruh dunia per tahun. Dan angka ini sejak tahun 2015 terus meningkat. Bukan angka yang kecil! Polusi udara ternyata sudah merenggut nyawa.

Tari asap dari kegiatan di dalam negeri, melekat dari dasar pabrik atau mesin kendaraan, terbang dan menukik tajam ke udara lalu terdispersi ke berbagai penjuru kota. Membawa partikel debu dan kandungan CO<sub>2</sub> yang tinggi. Tanaman tak lagi mempan mengatasi polusi.

Mirisnya, CO<sub>2</sub>, emisi terbesar yang dihasilkan oleh asap pabrik dan kendaraan bermotor, berkontribusi sebanyak 80% pada efek rumah kaca. Selain itu, gas CO<sub>2</sub> di udara yang melebihi ambang batas akan membahayakan kesehatan. Terhadap lingkungan, dapat mengakibatkan hujan asam yang mencemari tanah hingga air [1].

Di beberapa kota, ada lanskap hijau yang memadai, pengaturan tata letak vegetasi pemecah angin seperti pohon cemara udang, angkana, beringin dan beberapa jenis pohon lain merupakan solusi alami yang sering digunakan [1]. Namun, di beberapa wilayah penyerapan CO<sub>2</sub> belum efektif, jika hanya mengandalkan pemecah angin atau *wind-breaker* sintetis tanpa adanya kemampuan untuk mereduksi CO<sub>2</sub>.

### ***Wind-Breaker* Sebagai Celah Solusi**

Teknologi *wind-breaker* banyak digunakan sebagai material tambahan saluran pembuangan asap, tembok pembatas antara wilayah pabrik dengan lingkungan penduduk, maupun pembatas jalan raya untuk meningkatkan kenyamanan berkendara dan pejalan kaki. Alih-alih hanya memegang satu peranan, bagaimana jika *wind-breaker* juga didesain untuk menyerap CO<sub>2</sub>?

Penempatan *wind-breaker* strategis karena berkontak dengan polusi udara yang tinggi, sehingga pengembangan material *wind-breaker* yang lebih multiguna merupakan suatu solusi yang patut dicoba. Pengembangan ini sangat '*worth to try*' dengan pemanfaatan bahan alam yang diolah untuk menjadi material adsorben penyerap karbon, sehingga meningkatkan nilai ekonomi dan fungsional dari *wind-breaker* agar bukan hanya sebagai 'dinding lubang' semata.

*Wind-breaker* konvensional umumnya terbuat dari bahan stainless steel dengan berbagai bentuk. Desain modular pada teknologi tersebut biasa disesuaikan dengan kebutuhan, namun tetap menitikberatkan

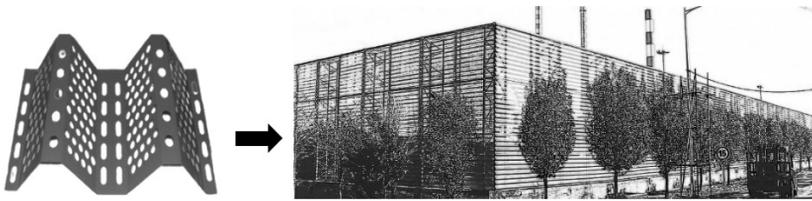
pada sifat mekanik dan durabilitas yang tinggi. Telah banyak penelitian yang mengembangkan biokomposit sebagai pengganti berbagai konstruksi berbahan logam seperti baja atau stainless steel. Biokomposit ini mengandalkan kandungan selulosa pada serat tanaman seperti pada tabel sebagai penguat dan matriks penyusun material, serta penentu dalam sifat mekaniknya [2].

| Jenis Serat    | Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> ) | Selulosa (%) | Hemiselulosa (%) | Lignin (%) | Kekuatan tarik (MPa) | Modulus Young (GPa) | Elongasi (%) | Keseimbangan kelembaban (%) | Diameter (µm) | Pustaka  |
|----------------|----------------------------------|--------------|------------------|------------|----------------------|---------------------|--------------|-----------------------------|---------------|--|
| Sisal          | 1,33-1,45                        | 47-78        | 10-24            | 7-11       | 468-700              | 9,4-38              | 1,9-15       | 11                          | 50            | Dicker dkk., 2014 ; Faruk dkk., 2012 ; Li dkk., 2007 ; Mwaikambo , 2006 ; Nirmal dkk., 2014; Rismawati, 2012 ; Siva dkk., 2015 ; Syaifisab dkk., 2010 ; Wijoyo dkk., 2012; Zsiros dkk., 2010 |
| Ganja (Hemp)   | 1,47                             | 57-77        | 14-22,4          | 3,7-13     | 550-900              | 70                  | 0,8-3,0      | 9                           | 25            |  |
| Pisang abaka   | 1,5                              | 56-63        | 15-17            | 7-9        | 345-2000             | 31,1-33,6           | 1,2-1,5      | 15                          | 800           |  |
| Lenan          | 1,5                              | 71           | 18,6-20,6        | 2,2        | 340-1600             | 12-85               | 1,1-3,3      | 7                           | 20            |  |
| Rami           | 1,4-1,5                          | 68,6         | 5-16,7           | 0,6-0,7    | 200-1000             | 41-130              | 1,5-4        | 9                           | 20-80         |  |
| Nenas          | 1,56                             | 81           | 8,87             | 9,13       | 413-1627             | 34,5-82,5           | 8,199        | 13                          | 98            |  |
| Serabut kelapa | 1,15-1,46                        | 43           | 1                | 45         | 131-220              | 4-6                 | 14-30        | 10                          | 10-460        |  |
| Bambu          | 1,5                              | 26-65        | 30               | 5-30       | 500-757              | 27-40               | 1,9-3,2      | 8,9                         | 100-400       |  |
| Yute           | 1,3-1,49                         | 45-71,5      | 13,6-21          | 12-26      | 393-800              | 13-30               | 1,4-2,1      | 12                          | 25            |  |
| Kapas          | 1,5-1,6                          | 90           | 6                | -          | 287-800              | 5,5-12,6            | 2,1-12,0     | 7,85-8,5                    | 12            |  |
| Kenaf          | 0,6-1,5                          | 31-57        | 13,6-21          | 15-19      | 223-1191             | 11-60               | 1,6-4,3      | 17                          | 40-90         |  |
| Kapuk          | 0,38                             | 64           | 29,63            | 20,73      | 93,3                 | 4                   | 1,2          | 10,9                        | 15-35         |  |
| Enceng Gondok  | 1,4                              | 25           | 33               | 10         | 6,35                 | 4,7                 | 0,8          |                             | 15-65         |  |

*Eco wind-breaker* menerapkan metode adsorpsi dalam teknologi materialnya, karena memiliki laju kinetika dan adsorpsi yang tinggi, sehingga adsorben-nya mudah diregenerasi dan memiliki stabilitas serta kapasitas yang tinggi terhadap CO<sub>2</sub>. Material berpori yang dapat digunakan dalam sebagai adsorben adalah zeolit. Alih-alih zeolit sintesis yang kurang biodegradable dan membutuhkan proses produksi yang kurang ramah lingkungan, zeolit alam menjadi opsi terbaik dengan memilah bahan berketersediaan tinggi dan kandungan silika yang melimpah sehingga mudah diaktivasi, salah satunya adalah sekam padi [3].

Material *eco wind-breaker* terbuat dari biokomposit serat bambu yang ditambahkan dengan bahan epoksi sebagai pengeras, serta filler berupa zeolit ampas tebu yang bersifat sebagai adsorben. Serat bambu dipilah dan disintesis menggunakan NaOH untuk melembutkan serat, kemudian dibentuk menjadi *fiber cellulose xanthate* dengan CS<sub>2</sub>. Sebagai

filler, bubuk zeolit alam disintesis dari abu sekam padi (larutan prekursor NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan dihaluskan untuk meningkatkan pengikatan zeolit pada serat bambu. Sintesis biokomposit dilakukan dengan menggabungkan antara serat bambu, filler zeolit dan epoksi selapis demi selapis. Pencetakan dilakukan berdasarkan desain pada gambar 1 dengan pembakaran pada suhu  $105^\circ\text{C}$  untuk memperkuat struktur [4].



Desain 3D *Eco Wind-breaker* dari serat bambu dan zeolit abu sekam padi

Sebagai tanaman yang mudah ditumbuhkan, serat bambu menawarkan sustainabilitas yang tinggi dalam ketersediaan bahan yang berkelanjutan untuk matriks *eco wind-breaker*. Kandungan selulosa yang tinggi dengan massa rendah menghasilkan struktur serat yang kuat namun mudah diolah dan dibentuk menjadi material baru. Sifat mekanik pada penggunaan serat alam sebagai matriks baik pada kuat tarik, elastisitas maupun kuat tekan secara umum akan meningkat seiring dengan peningkatan kandungan selulosa. Biokomposit serat bambu dapat menghasilkan kuat tekan dan tarik mencapai 18.7 dan 28.4 MPa dalam waktu pengerasan 24 jam [5]. Sementara uji konduktivitas sebagai salah satu uji keamanan menunjukkan biokomposit bambu dengan zeolit berperan sebagai insulator sehingga tidak berbahaya untuk manusia, terutama dalam penggunaannya di lingkungan industri dan jalan umum. Material mampu menahan hambatan hingga 44 joule dan konduktivitas termal 0.016 Kcal/m.s.c yang menunjukkan sifatnya sebagai insulator. Secara fisik, berat jenis berkisar pada  $1.58 \text{ g/cm}^3$  sehingga mudah dirakit dan digunakan pada banyak kebutuhan, baik untuk kebutuhan industri, umum maupun pribadi [4].

Fungsionalitas tertinggi dari material ini adalah pada kata *eco* yang bukan hanya menunjukkan bahan pembuatannya, namun dampak yang

akan ditimbulkan. Zeolit abu sekam padi sebagai filler yang dipadukan dengan serat bambu teraktivasi berperan dalam adsorbansi senyawa karbon dioksida sebagai hasil pembakaran bahan bakar maupun industri dengan angka serapan mencapai 31.59% dalam 3 jam simulasi menggunakan *experimental chamber*. Angka ini hampir 3 kali lipat lebih tinggi dibandingkan zeolit alam di pasaran yang hanya mencapai 11.35% [6].

Hasil pengujian ini menunjukkan potensi rancangan *eco wind-breaker* berbahan biokomposit serat bambu dan zeolit sekam padi mudah digunakan di berbagai kondisi konstruksi.

### **Inovasi Tidak Akan Pernah Menjadi Solusi, Tanpa Ada Realisasi**

Perwujudan *eco wind-breaker* tentu saja tidak bisa dilakukan sendiri. Pengembangan produk melalui riset laboratorium dan uji coba lapangan dilakukan bekerja sama dengan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Universitas Brawijaya. Perwujudan dalam lingkup terkecil, *eco wind-breaker* mengajak berbagai komunitas pecinta lingkungan dalam negeri seperti *Society of Renewable Energy* (SRE), Youth for Climate Change Indonesia (YFCC) dan Tunas Hijau, untuk menggiatkan edukasi dan penggunaan *eco wind-breaker* pada industri skala kecil dan menengah berbasis pembakaran seperti industri batu bata, pengolahan plastik dan kegiatan pembakaran sisa hasil pertanian. Sementara untuk perwujudan dalam lingkup yang lebih besar, kontribusi dari pemerintah terutama Pemerintah Daerah, Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dan Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup (KLH) akan berarti besar sebagai pemegang wewenang terbesar dalam mengatur regulasi pengaturan pengolahan limbah emisi gas CO<sub>2</sub> hasil proses industri dan juga tata ruang jalan umum masyarakat. Sehingga dengan berjalan bersama, permasalahan tarian asap tak terkendali di dalam negeri sendiri, mampu teruraikan dan menjadi salah satu titik terang dalam meningkatkan kesejahteraan bangsa yang besar, mengembalikan hak milik udara bersih bagi seluruh masyarakat Indonesia.

*“Perubahan tidak akan datang jika kita menunggu orang lain atau lain waktu. Kami adalah orang-orang yang kami tunggu. Kami adalah perubahan yang kami cari.”*

*-Barack Obama*

## REFERENSI

- [1] R. M. O. Adjam and E. Renoat, "Vegetasi Lanskap Jalan Sebagai Pereduksi Aliran Angin di Kota Kupang," *Jurnal Lanskap Indonesia*, vol. 9, no. 1, pp. 63-72, 2017.
- [2] R. Istinanada, Harlia and A. H. Alimuddin, "Sintesis dan Karakterisasi Komposit Zeolit-Selulosa dari Serat Daun Nanas (*Ananas comosus* Merr) Seagai Bahan Pengisi Cat Tembok Emulsi Akrilik," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol. 7, no. 3, pp. 1-9, 2018.
- [3] M. Rokbi, H. Osmani, A. Imad and N. Benseddiq, "Effect of Chemical treatment on Flexure Properties of Natural Fiber-reinforced Polyester Composite," *Procedia Engineering*, vol. 10, pp. 2092-2097, 2011.
- [4] D. R. Muhammad, K. T. Basuki, B. Wasito and Suroso, "Synthesis of Composite From Bamboo Fiber, Zeolite and Epoxy for Room Separation," *IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering*, no. 299, 2018.
- [5] S. Sreenivasulu and A. C. Reddy, "Mechanical Prperties Evaluation of Bamboo Fiber Reinforced Composites Material," *International Journal of ENgineering Research*, vol. 3, no. 1, pp. 187-194, 2014.
- [6] A. Pertiwiningrum, R. N. Besari, M. Wuri, A. W. Harto, N. A. Fitriyanto and A. A. Yanuari, "Rice husk-based biochar for carbon dioxide adsorption in biogas," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, no. 599, 2020.
- [7] S. Surisetty and A. C. Reddy, "Mechanical Properties Evaluation of Bamboo Fiber Reinforced Composite," *International Journal of Engineering Research*, vol. 1, no. 3, pp. 1-5, 2014.



Artikel 10

## **Skenario Upaya Reduksi Limbah Plastik Pada FIFA U-20 World Cup Indonesia 2023 Melalui Teknologi Gasifikasi PLTSa Benowo**

Karya: Emi Rahmawati

(Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember – ITS, Surabaya)

Email: emirahma2287@gmail.com

Perhelatan Piala Dunia FIFA™ di Qatar memmanifestasikan pengalaman sebuah turnamen olahraga yang unik dan transformatif. Mengusung strategi keberlanjutan yang telah menjadi inti dari Piala Dunia FIFA 2022™ sejak awal, Qatar berpegang pada gagasan bahwa generasi yang akan datang sejatinya harus menemukan cara bagaimana bumi menjadi tempat yang lebih hijau, lebih adil, bebas dari diskriminasi, dan penuh peluang untuk setiap manusia di dalamnya.

Berkolaborasi bersama penyelenggara turnamen, The Supreme Committee for Delivery & Legacy (SC) Qatar memiliki lima pilar untuk menyokong gagasan tersebut, yakni *environmental pillar*, *social pillar*, *human pillar*, *economic pillar*, dan *governance pillar*. Lima pilar ini digunakan untuk mempersiapkan proyek konstruksi besar-besaran Piala Dunia Qatar yang dipantau dan dikendalikan dengan hati-hati untuk meminimalkan dampak terhadap lingkungan.



**Gambar 1** PLTS Al-Kharsaah untuk Piala Dunia Qatar 2022

(Gambar diunduh dari : Qatar2022.qa. (2022). *Qatar's new solar power plant to help the country deliver a carbon-neutral FIFA World Cup™ | Qatar 2022™*.

[online] Available at: <https://www.qatar2022.qa/en/news/qatars-new-solar-power-plant-to-help-the-country-deliver-a-carbon-neutral-fifa-world-cup> [Accessed 28 Dec. 2022])

Semangat kontribusi Qatar terhadap *United Nations Sustainable Development Goals* dan *Qatar National Vision 2030* terwujud melalui beberapa strategi keberlanjutan mereka dalam pelaksanaan Piala Dunia FIFA™ 2022 ini. Pertama, kedelapan stadion dirancang dan dibangun berprinsip keberlanjutan dengan cara menggunakan sistem penerangan, sistem pendingin, dan pemantauan kualitas udara bertenaga surya. Hasilnya, Qatar sukses membangkitkan 800 MW

energi dari 10 kilometer persegi ladang surya Al-Kharsaah di Doha. Pembangkit ini terdiri dari sekitar 1,8 juta panel surya dan menyediakan sekitar 10% dari permintaan energi bersih untuk Piala Dunia Qatar yang diestimasikan dapat mengurangi emisi karbon dioksida negara tersebut sekitar 26 juta ton selama masa pakainya. Kedua, strategi keberlanjutan yang dibawa oleh Qatar adalah membuat *green space* berupa taman baru di sekitar stadion dan tempat latihan yang akan diiri menggunakan 100% air daur ulang. Berkat perencanaan konservasi tersebut, konsumsi air di stadion 40% lebih rendah dari persyaratan internasional. Terakhir, Qatar juga mengembangkan sistem transportasi umum sekaligus

mengalihkan 25% bus umum ke bus listrik pada tahun 2022 untuk digunakan selama turnamen. Teknologi ini akan mengurangi gas rumah kaca dan polusi udara.

### **Lantas Bagaimana dengan FIFA U-20 World Cup Indonesia 2023™ ?**

FIFA U-20 World Cup Indonesia 2023™ rencananya akan digelar pada tanggal 20 Mei-11 Juni 2023. Menteri Pemuda dan Olahraga Republik Indonesia (Menpora RI), Zainudin Amali, mengatakan bahwa terdapat enam stadion yang disiapkan untuk perhelatan tersebut. Keenam stadion ini, diantaranya Stadion Gelora Bung Karno di Jakarta, Stadion Jakabaring di Palembang, Stadion Si Jalak Harupat di Bandung, Stadion Manahan di Surakarta, Stadion Gelora Bung Tomo Stadium di Surabaya, dan Stadion Kapten I Wayan Dipta di Gianyar. Satu yang menjadi atensi, Gelora Bung Tomo. Terletak tidak sampai dua kilometer dari PLTSa Benowo, apakah terdapat potensi yang bisa dikembangkan selayaknya di Qatar?

PLTSa Benowo sebagai inovasi pengelolaan sampah menjadi pembangkit listrik oleh Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) Surabaya bisa difungsikan untuk membereskan persoalan tumpukan sampah usai pertandingan digelar. Posibilitas membludaknya limbah sampah plastik besar terjadi mengingat kapasitas Gelora Bung Tomo mencapai 55.000 penonton. Strategi panitia penyelenggara bersama dengan dukungan pemerintah perlu segera digagas. Dengan jadwal pertandingan selama 23 hari dikali dengan jumlah pertandingan dan total penonton yang hadir tentu tidak terbayang seberapa luar biasanya volume sampah yang akan dihasilkan. Dalam hal ini, perlu inovasi pengelolaan sampah untuk menciptakan perubahan dengan output yang lebih memiliki nilai guna yaitu dengan mengubahnya menjadi energi listrik.

### **Antara Energi dan Lingkungan**

Sistem *ticketing* pada pertandingan FIFA U-20 World Cup Indonesia 2023™ dapat menjadi salah satu terobosan yang bisa dikembangkan. Panitia dapat memberikan *charge* pada setiap kemasan plastik yang

masuk ke stadion dalam hitungan per gram. Kemudian sampah plastik yang telah dibuang dapat dihimpun untuk didistribusikan ke PLTSa Benowo. Terobosan ini sangat mungkin untuk diterapkan, meninjau kapasitas pengelolaan sampah PLTSa Benowo mencapai 1000 ton per hari dengan menggunakan dua sistem teknologi sekaligus yaitu *Landfill Gas Collection* dan Gasifikasi. Selain mengurangi emisi karbon yang dihasilkan, strategi tersebut dapat dikatakan sebagai *green finance* yang memiliki tujuan untuk membangun konsep proyek pertandingan sepakbola yang mendorong investasi ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan listrik yang dikelola oleh PLTSa Benowo nantinya akan dijual ke PLN. Alternatif yang lain ialah listrik yang dihasilkan dari sampah penonton tersebut dapat digunakan untuk sistem kelistrikan Gelora Bung Tomo selama laga diselenggarakan.

Benar bahwa inovasi untuk menciptakan sesuatu yang baru terkait *renewable energy* telah marak dan amat bervariasi. Namun, membuka perspektif untuk mengoptimalkan metode pengelolaan energi yang sudah ada juga tidak kalah penting. Terlebih lagi, jika inovasi tersebut mampu menjawab permasalahan yang sudah lama terjadi dan sangat mungkin untuk terus terjadi. Seperti bagaimana memaksimalkan teknologi pengolahan sampah PLTSa Benowo melalui turnamen internasional FIFA U-20 World Cup Indonesia 2023™ ini.

## REFERENSI

- FIFA Publications. (n.d.). *Sustainability: Renewable energy use*. [online] Available at: <https://publications.fifa.com/en/sustainability-report/environmental-pillar/greenhouse-gas-emissions/renewable-energy-use/>.
- FIFA World Cup Qatar 2022 TM. (n.d.). [online] Available at: <https://www.qatar2022.qa/sites/default/files/2022-08/FWC-2022-Sustainability-Strategy.pdf>.
- Qatar2022.qa. (2022). *Sustainability | Qatar 2022TM*. [online] Available at: <https://www.qatar2022.qa/en/sustainability> [Accessed 25 Dec. 2022].

Artikel 11

## **Langkah Awal Penerapan Gaya Hidup Peduli Lingkungan**

Karya: Alda Ranum Virgiawan

(Mahasiswa Politeknik Negeri Bandung)

Email: aldar anum06@gmail.com

Low carbon living yang artinya gaya hidup rendah carbon ini bisa dikatakan merupakan istilah lain untuk bersahabat dengan lingkungan. Gaya hidup ini pada prinsipnya adalah gaya hidup yang meminimalisir pengeluaran atau produksi karbon dioksida secara berlebihan. Tanpa disadari sepanjang kita beraktivitas mulai dari bangun pagi hingga kembali tidur, kita semua memproduksi gas karbon dioksida. Seperti mengendarai motor berbahan bakar minyak, menggunakan pendingin ruangan, bahkan dengan mengonsumsi daging sapi adalah salah satu bentuk produksi karbon jika kita melihat pada proses produksinya. Gas karbon dioksida ini dilepas ke atmosfer. Kita sebagai manusia harus berusaha menjaga keseimbangan alam, namun dengan adanya perkembangan teknologi yang begitu pesat dan dinamis membuat kita kesulitan menjaga hal ini. Kemajuan teknologi yang ada ini tidak diseimbangkan dengan akibat yang terjadi pada lingkungan. Menurut data Global Carbon Project (GCP) mengestimasi emisi karbon dioksida yang dihasilkan negara Indonesia adalah sebanyak 487 juta ton (MtCO<sub>2</sub>) per 2017 dan selalu meningkat setiap tahunnya.

Melihat kenyataan bahwa begitu besarnya peningkatan konsumsi per kapita di Indonesia, sudah seharusnya kita mengambil Langkah besar mengubah gaya hidup kita untuk lebih peduli terhadap efek gas rumah kaca. Langkah kecil bisa kita lakukan dari hal paling sederhana yang biasa kita lakukan setiap harinya. Dimulai dari berhenti menggunakan plastic single use, menghemat listrik dengan cara menggunakan lampu LED, berhenti membeli minuman kemasan dengan cara membawa minum menggunakan botol yang bisa digunakan berulang kali. Selain itu kita juga harus selalu memperhatikan cara produksi dari barang

yang kita gunakan. Produksi peralatan elektronik, wadah makanan, hingga kosmetik. Penerapan semua hal ini bisa memberi dampak besar terhadap jumlah produksi karbon. \*\*\*

Artikel 12

## **Silika Aerogel Berbasis Ampas Tebu Guna Penerapan Low Carbon Living**

Karya: Alfi Syahrin Ramadhan (Mahasiswa Universitas Sumatera Utara)  
Email: ralfisyahrin5@gmail.com

Dampak dari semua aktivitas manusia semenjak memasuki masa revolusi industri 4.0, seperti faktor ekonomi, transportasi, industri dan alam, menyebabkan perubahan iklim di Indonesia. Artinya kegiatan tersebut secara langsung atau tidak langsung memengaruhi kondisi iklim berupa gas rumah kaca. Modal alam yang berkualitas tinggi secara tidak langsung memengaruhi kesejahteraan manusia serta modal alam memainkan peran penting dalam produksi barang dan jasa yang berkelanjutan.

Dampak perubahan iklim global telah menjadi perhatian masyarakat dan negara-negara di dunia, termasuk Indonesia. Sebagai negara kepulauan dengan sumber daya alam yang melimpah dan keanekaragaman hayati, Indonesia berpeluang besar terkena dampak perubahan iklim, sekaligus memiliki potensi besar untuk melakukan mitigasi dan adaptasi terhadap dampak buruk perubahan iklim. Hal ini ditunjukkan dengan ditanda tangannya kesepakatan "*Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change*" dan juga UU Nomor 16 Tahun 2016.

Jejak karbon adalah gas emisi yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia pada kurun waktu tertentu, seperti penggunaan kendaraan berbahan bakar fosil.

Jejak karbon yang kita hasilkan akan memberikan dampak yang negatif bagi kehidupan kita di bumi, seperti kekeringan dan berkurangnya sumber air bersih, timbul cuaca ekstrim dan bencana alam, perubahan produksi rantai makanan, dan berbagai kerusakan alam lainnya. Indonesia merupakan negara dengan penduduk terpadat nomor 4 didunia dan dilansir dari detik.com bahwa jumlah kendaraan yang beredar di indonesia per januari 2022 mencapai 145 juta unit.

Menurut, IESR bahwa satu kendaraan bermotor dapat menghasilkan CO<sub>2</sub> sebanyak 14,8 gram per kilometer yang berarti Indonesia saat ini telah berada dalam masalah jejak karbon yang sangat tinggi. Proses penanganan konvensional dalam menyelesaikan permasalahan lingkungan dan perubahan iklim tersebut dilakukan dengan penanaman hutan kembali (reboisasi). Penelitian yang pernah dilakukan (Arvin Arif, 2019) dengan analisis tingkat keberhasilan tanaman reboisasi intensif dengan tingkat keberhasilan tanaman di peroleh rata-rata persentase tumbuh tanaman sebesar 72,4%. Hasil ini masih di bawah standar SNI untuk penghijauan dan penyerapan emisi gas CO<sub>2</sub>. Selain itu, sebagian besar masyarakat agraris seringkali membuka lahan, sehingga menyulitkan proses restorasi hutan karena sebagian lahan dan hutannya tandus dan berubah fungsi dari hutan penyangga alam menjadi perkebunan. Selain itu, banyak upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia seperti mengurangi penggunaan plastik, munculnya kendaraan listrik, dan sebagainya.

Indonesia merupakan negara dengan penduduk yang sangat banyak, artinya sangat sulit untuk menanamkan budaya baru di lingkungan masyarakat. Upaya-upaya seperti penghematan energi, mengurangi penggunaan plastik memang memberikan dampak kepada lingkungan, tetapi memiliki waktu yang cukup lama untuk penyetaraannya mengingat luasnya wilayah tanah air. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi-inovasi penanganan baru untuk menanggulangi masalah CO<sub>2</sub> dengan kapasitas penyerapan lebih tinggi dan mudah digunakan. *Silika aerogel* berkembang sangat pesat di pasar global. Aplikasi potensial lainnya dari aerogel adalah katalis dan pendukung katalis, filter gas dan bahan penyimpanan gas, isolasi akustik, bahan konduktor dan dielektrik, tetapi ini belum ada di pasaran.

Salah satu penelitian Nizar, 2016 menyatakan dalam sintesis *silika aerogel* ialah dengan menggunakan metode sol-gel untuk *silika aerogel* hidrofobik berwarna putih jernih dengan cara pengeringan pada tekanan ambien menggunakan bahan dengan kandungan silika 54,92%. Dari sini dapat dilihat bahwa sebenarnya produk ini dapat dikembangkan di Indonesia, dimana dalam memperoleh *silika aerogel* dibutuhkan

tanaman dengan kadar silika tinggi. Indonesia merupakan salah satu negara dengan gula menjadi salah satu kebutuhan pokok tertinggi dengan tebu sebagai bahan bakunya. Dalam proses produksinya menghasilkan limbah berupa ampas tebu. Limbah yang dihasilkan mencapai 32% per tahunnya, padahal dari limbah tersebut mengandung 68,5% silika yang artinya dapat dimanfaatkan kembali selain untuk mengurangi limbah yang terbuang juga dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub>.

Kadar silika yang tinggi dapat dimanfaatkan dalam pembuatan material berbasis silika. Silika merupakan senyawa anorganik dengan karakteristik memiliki kestabilan mekanik dan termal tinggi, sifat adsorpsi yang baik, dan mudah dimodifikasi dengan senyawa kimia tertentu. Dalam pemanfaatannya silika dapat digunakan sebagai adsorben. Oleh karena itu terdapat peluang yang dapat dioptimalkan untuk memanfaatkan limbah ampas tebu menjadi bahan dasar pembuatan *silika aerogel*. Dimana aplikasinya *silika aerogel* diharapkan mampu menyerap emisi CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan dari proses burning kendaraan bermotor. Kita sadar bahwa kendaraan dengan bahan bakar fosil masih banyak digunakan, dan dalam peralihan menuju kendaraan listrik pasti memerlukan waktu yang cukup lama. *Silika aerogel* dapat menjadi solusi dalam masalah ini, dimana *silika aerogel* dapat menyerap emisi CO<sub>2</sub> pada kendaraan bermotor, dan ketika kapasitas penyerapan tersebut penuh, maka cukup dilakukan pemanasan kembali untuk mengeluarkan gas yang diserap dalam fasa cair, kemudian silika aerogel dapat digunakan kembali.

*Silika aerogel* dapat dirancang untuk menjadi bagian dari knalpot kendaraan, karena knalpot merupakan jalur keluar gas CO<sub>2</sub> hasil pembakaran dan knalpot juga menghasilkan panas secara terus menerus selama pembakaran berlangsung. Artinya *silika aerogel* dapat terus menyerap gas CO<sub>2</sub> dan terus menerima panas dari knalpot untuk recovery *silika aerogel* tersebut, dengan gas CO<sub>2</sub> yang telah berfasa cair akan dikeluarkan dari knalpot. Diharapkan nantinya terobosan ini dapat menghasilkan teknologi *silika aerogel* terbaru dalam penyerapan emisi gas CO<sub>2</sub> yang lebih efisien dan ramah lingkungan. bersama sama berinovasi, kemudian berkontribusi untuk satu visi menjadikan Indonesia yang ramah lingkungan untuk mewujudkan *low carbon living*.

### Daftar Pustaka

<https://oto.detik.com/mobil/d-5902120/populasi-kendaraan-di-indonesia-tembus-145-juta-unit-paling-banyak-bukan-di-jakarta>

<https://ppsdmaparatur.esdm.go.id/>

Nizar, A. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Silika Aerogel Berbasis TEOS (*Tetraethylorthosilicate*) Menggunakan Metode Sol-Gel. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia. 5(1): 7-10.

Artikel 13

## **Great Farm Solution: Pemanfaatan Teknologi Granulator dalam Inovasi Pengembangan Pupuk Frass Ulat Tepung (*Tenebrio molitor*) untuk Menekan Emisi Gas Rumah Kaca**

Karya: Alfian Mubaraq (Mahasiswa Universitas Negeri Makassar)

Email: alfianmubaraq123@gmail.com

### **Pendahuluan**

Padi merupakan hasil pertanian yang banyak dikonsumsi oleh populasi manusia yang ada di dunia. Padi ditanam lebih dari 114 negara dengan luas sekitar 153 juta ha atau merupakan 11% dari lahan pertanian yang ada di dunia (Adrianto et al., 2016). Sebagai bahan pangan nasional sebagian masyarakat Indonesia terus meningkatkan produksi padi atau setidaknya tetap dalam kondisi stabil. Pengembangan dan pertumbuhan dari sektor pertanian ini di sisi lain berdampak pada masalah lingkungan hidup yaitu meningkatkannya emisi gas rumah kaca seperti gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>), gas metan (CH<sub>4</sub>), dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) yang banyak dihasilkan dari penanaman padi sawah (Mulyadi & Wihardjaka, 2014).

Efek gas rumah kaca dapat menghambat pelepasan panas dan menyebabkan penumpukan gas-gas rumah kaca di atmosfer sehingga menghambat pantulan radiasi matahari (inframerah) dari permukaan bumi ke luar angkasa yang berakibat terjadinya perubahan iklim yang tidak stabil. Hasil gas rumah kaca dari lahan sawah dilaporkan menyumbang efek pemanasan global mencapai 381.2 ppm atau sekitar 36% sehingga terjadi perubahan iklim (Pratiwi, 2016). Gas rumah kaca (GRK) merupakan sejumlah gas yang dapat menimbulkan efek rumah kaca yang terdapat di atmosfer bumi. Gas rumah kaca ini dapat bekerja seperti kaca yang meneruskan cahaya matahari tetapi menangkap energi panas yang ada dalamnya. Adapun menurut Konvensi PBB mengenai terjadinya Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change*-UNFCCC), terdapat 6 jenis gas yang digolongkan

sebagai GRK yaitu CO<sub>2</sub> (karbon dioksida), N<sub>2</sub>O (dinitrogen oksida), CH<sub>4</sub> (metana), HFC (hidro fluoro karbon), PFC (per fluoro karbon), dan SF<sub>6</sub> (sulfur heksa florida) (Samiaji, 2009).

Salah satu faktor yang mempengaruhi meningkatnya Gas Rumah Kaca (GRK) pada sektor pertanian yaitu pemberian pupuk urea (anorganik) pada tanaman. Pemupukan dapat meningkatkan hasil panen baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hal ini terjadi karena pemupukan dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara, kesehatan tanaman dan menekan perkembangan penyakit. Pupuk yang biasa digunakan untuk tanaman padi ialah pupuk organik maupun pupuk anorganik. Kandungan nitrogen pada pupuk urea yang cukup tinggi sangat dibutuhkan oleh tanaman. Nitrogen diperlukan tanaman untuk menunjang proses metabolisme tubuhnya. Namun, urea juga merupakan salah satu jenis pupuk yang mudah menguap dan mudah terlindi dalam tanah, sehingga diperlukan perlakuan khusus untuk mencegah terjadinya pencucian zat tersebut (Prahasta, 2009).

Pupuk urea secara temporer telah meningkatkan hasil pertanian, tetapi keuntungan hasil panen akhirnya berkurang banyak dengan adanya penggunaan pupuk ini secara berlebihan disebabkan adanya sesuatu yang timbul akibat adanya degradasi (pencemaran) lingkungan pada suatu lahan pertanian. Pupuk urea akan bereaksi menghasilkan amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ion hidroksil (OH<sup>-</sup>) dan bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dengan adanya air dan enzim urease. Serupa dengan reaksi tanah terhadap penambahan kapur, bikarbonat yang terbentuk berkembang menjadi CO<sub>2</sub> dan air (H<sub>2</sub>O). Jenis pupuk urea yang diaplikasikan pada tanah akan menyebabkan hilangnya gas CO<sub>2</sub> yang sebelumnya berada dalam pupuk. Sehingga gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari proses pemupukan diduga ikut menyumbang emisi gas rumah kaca. Untuk itu perlu mengaplikasikan pupuk organik pada tanah seperti memanfaatkan frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) dengan menggunakan teknologi granulator sebagai bentuk upaya penanganan pengurangan emisi gas rumah kaca di sektor pertanian.

Frass ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) memiliki potensi yang cukup besar untuk digunakan sebagai pupuk organik. Keistimewaan

frass ulat hongkong yaitu mengandung C-organik yang tinggi, protein, dan lemak yang merupakan energi penting bagi mikroba yang tinggal di tanah. Menurut penelitian Houben *et al*, (2020) menyatakan bahwa hasil karakterisasi kimia frass memiliki konsentrasi N, K dan P setinggi yang ditemukan pada kotoran peternakan. Selain itu, frass juga mengandung sejumlah kecil unsur hara mikro (yaitu Cu dan Zn). Frass dari ulat hongkong (*Tenebrio molitor* L) menunjukkan potensi besar untuk digunakan sebagai pengganti untuk pupuk NPK pada pertumbuhan tanaman sekaligus merangsang mikroba tanah dan aktivitas cacing tanah (Dulaurent *et al*, 2020).

Tujuan dalam penulisan kajian esai ini yaitu untuk mengetahui proses pembuatan pupuk organik frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) menggunakan teknologi granulator sebagai upaya mengurangi emisi gas rumah kaca. Manfaat yang dapat diambil dalam penulisan kajian esai ini yaitu bagi pemerintah dapat digunakan untuk meningkatkan hasil pertanian dan dapat menuntaskan masalah pemanasan global, sedangkan bagi petani dapat menjadi alternatif baru yang lebih mudah dan murah untuk menjadikan frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) sebagai pupuk di sektor pertanian.

## Pembahasan

Ulat tepung dikenal dengan sebutan *Meal Worm* atau *Yellow Meal Worm* dan merupakan larva dari *Tenebrio molitor*. Menurut Yusdira *et al* (2016), serangga ini berasal dari wilayah Mediterania yang kemudian menyebar hampir ke seluruh dunia melalui aktivitas perdagangan dan penjajahan. *Tenebrio molitor* L. memiliki taksonomi sebagai berikut :



**Gambar 2.1** *Tenebrio molitor* L.  
Sumber: Amanda (2017)

|         |                              |
|---------|------------------------------|
| Kingdom | : Animalia                   |
| Filum   | : Arthropoda                 |
| Kelas   | : Insecta                    |
| Ordo    | : Coleoptera                 |
| Famili  | : Tenebrionidae              |
| Genus   | : <i>Tenebrio</i>            |
| Spesies | : <i>Tenebrio molitor</i> L. |

*Tenebrio molitor* L. dapat dikenali berdasarkan morfologi pada fase kumbang dan larvanya. Kumbang *Tenebrio molitor* L. mempunyai rangka luar yang bertekstur keras karena memiliki lapisan kitin dan disatukan oleh dinding lentur. Kumbang dewasa memiliki warna coklat gelap dengan ukuran panjang sekitar 17-25 mm. *Tenebrio molitor* L. memiliki kaki sebanyak tiga pasang dan tubuh dibedakan menjadi tiga bagian yaitu kepala, dada, dan perut. Sesuai dengan klasifikasi ordonya Coleoptera yang berarti sayap terselubung, kumbang ini memiliki dua pasang sayap. Pasangan sayap pada bagian depan yang tebal dan keras yang mempunyai fungsi sebagai pelindung, sedangkan sepasang sayap belakang tipis berfungsi untuk terbang dan letaknya terlipat di bawah sayap depan saat fase istirahat (Amanda, 2017).

Frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) memiliki potensi yang cukup besar untuk digunakan sebagai pupuk organik di lahan pertanian. Keistimewaan yang terdapat pada larva *Tenebrio molitor* ini meliputi protein kasar 37,80%, lemak kasar 28,63%, kadar abu 13,36%, serat kasar 7,28%, dan bahan kering 84,31% (Purnamasari *et al.*, 2018).

Frass ulat tepung (*Tenebrio molitor* L) adalah residu butiran dan tidak berbau yang dapat digunakan sebagai pupuk organik. Menurut penelitian Houben *et al.*, (2020) menyatakan bahwa hasil karakterisasi kimia frass memiliki konsentrasi N, K dan P setinggi yang ditemukan pada kotoran peternakan. Selain itu, frass juga mengandung sejumlah kecil unsur hara mikro (yaitu Cu dan Zn). Frass dari ulat tepung (*Tenebrio molitor* L) menunjukkan potensi besar untuk digunakan sebagai pengganti untuk pupuk NPK mineral pada pertumbuhan tanaman sekaligus merangsang mikroba tanah dan aktivitas cacing tanah (Dulaurent *et al.*, 2020).

Pemanfaatan pupuk frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) dilakukan dengan menggunakan metode granulasi dengan teknologi granulator agar dapat membuat pupuk organik berbentuk granul atau bola kecil sehingga dapat memudahkan para petani saat pengaplikasian pupuk di lahan pertanian. Granulasi adalah proses pembuatan produk berukuran optimum, hampir membulat dari bubuk, lelehan atau campuran. Pada proses granulasi, pupuk frass ulat tepung mengalami pembesaran karena

partikel-partikel halus saling menempel membentuk butiran yang lebih besar. Pupuk yang saling melekat mengalami perputaran akibat gerakan dari piringan tempat pupuk. Perlu dilakukan pengadukan agar butiran yang dihasilkan tidak melebihi ukuran yang diinginkan. Jika waktu pengadukan tidak tepat, maka akan terjadi penggumpalan pada bagian bawah dan dinding-dinding piringan. Oleh sebab itu, perlu diketahui model gerak butiran pupuk pada proses granulasi untuk mengetahui waktu pengadukan yang tepat (Mardiansyah *et al.*, 2020).

Pada proses granulasi dilakukan penambahan lignosulfat yang berfungsi sebagai perekat agar dapat menghasilkan bentuk granul yang sempurna. Bentuk granul dapat membuat penyerapan nutrisi oleh tanaman secara lambat, sehingga nutrisi pada pupuk dapat diserap dalam jangka waktu yang panjang oleh tanaman. Oleh karena itu, pemanfaatan pupuk frass ulat tepung dalam bentuk granul menjadi solusi yang konkret dalam membantu pemerintah dan petani untuk melakukan kegiatan konservasi berupa pengurangan pencemaran lingkungan di Indonesia demi menjaga kestabilan ekosistem lingkungan dalam mewujudkan Indonesia emas 2045 (**gambar dapat dilihat pada lampiran**).

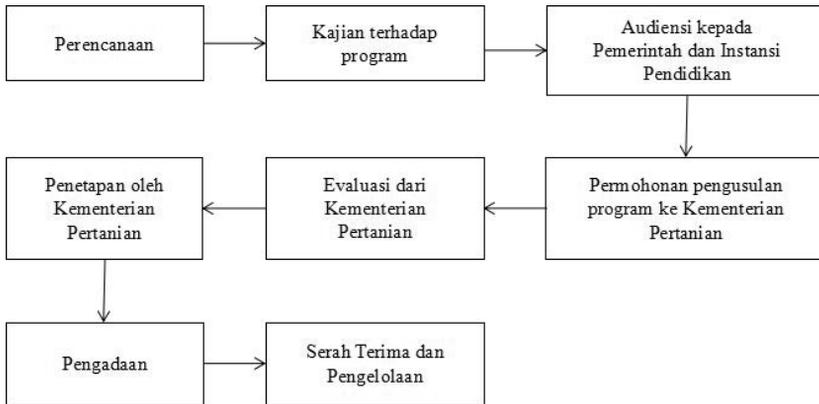
Adapun penjabaran analisis SWOT (*strength, weakness, opportunities, and threats*) pupuk frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*). Kekuatan (*strength*) yaitu petani mendapatkan pengetahuan mengenai penggunaan pupuk frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) menggunakan teknologi granulator. Kelemahan (*weakness*) yaitu masih kurangnya pemahaman pemanfaatan teknologi granulator di sector pertanian Indonesia. Peluang (*opportunities*) yaitu membantu petani mengurangi emisi gas rumah kaca di lahan pertanian serta dapat menjadi sumber perekonomian bagi petani.

Sedangkan tantangan (*threats*) yaitu kurangnya SDM dan pengetahuan petani mengenai teknologi granulator dan masih kurangnya tempat pemeliharaan ulat tepung (*Tenebrio molitor*) tersebut. Kunci keberhasilan pemanfaatan frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) menggunakan teknologi granulator ini dapat diterapkan melalui kerjasama antara pihak-pihak terkait, Adapun pihak-pihak yang terlibat dalam rencana gagasan ini adalah sebagai berikut:

| <b>Pihak yang terlibat</b>      | <b>Upaya yang dilakukan</b>   |
|---------------------------------|---|
| Pemerintah Pusat                | Dukungan dalam bentuk kebijakan untuk pengembangan teknologi granulator.  |
| Pemerintah Daerah               | Bertanggung jawab dalam perumusan kebijakan di bidang pengkajian, pembinaan, pelaksanaan, dan pengawasan serta pengadaan sarana dan prasarana |
| Kementerian Pertanian           | Membuat peraturan terkait pengembangan alat granulator dan pupuk frass ulat tepung, serta mendukung penuh program yang akan dikembangkan.     |
| Petani                          | Bertanggung jawab, mendukung serta berperan atas pengembangan alat granulator dan pupuk frass ulat tepung.                                    |
| Mahasiswa atau Perguruan Tinggi | Melakukan pengkajian dan riset lebih lanjut terkait analisis alat granulator dan pupuk frass ulat tepung yang akan diterapkan.                |
| Swasta atau Investor            | Bantuan dalam bentuk investasi dana agar pengembangan pupuk dapat berlangsung dengan maksimal.  |
| Media Massa                     | Mensosialisasikan kegiatan pengembangan alat granulator dan pupuk frass ulat tepung   |

## Langkah-langkah Strategis dalam Mengimplementasikan Pupuk Frass Ulat Tepung (*Tenebrio molitor*)

Strategi penerapan teknologi granulator dan pupuk frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) dijabarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir langkah-langkah tahapan program pupuk frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*)

### Penutup

Berdasarkan paparan diatas, pemanfaatan teknologi granulator dalam pengembangan inovasi pupuk frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) dilahan pertanian dapat memudahkan petani dalam pengaplikasiannya di lahan pertanian dan mampu mengurangi emisi gas rumah kaca akibat penggunaan pupuk kimia secara berlebihan. Diharapkan dengan penggunaan teknologi granulator dan pupuk frass ulat tepung (*Tenebrio molitor*) pada lahan pertanian dapat meningkatkan kesuburan tanah tanpa harus merusak lingkungan serta membantu pemerintah mengurangi atau tidak lagi mengimpor beras dari luar negeri. Peran masyarakat dan pemerintah dalam mendukung program ini sangat dibutuhkan agar terciptanya koordinasi dengan implementasi pelaksanaan yang baik. Bersama dengan tulisan ini, mari lebih ambisius mengurangi pencemaran lingkungan di Indonesia. \*\*\*

### Daftar Pustaka

- Adrianto, J., Harianto, & Hutagaol, M. P. (2016). Peningkatan Produksi Padi melalui Penerapan SRI Di Kabupaten Solok Selatan. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 4(2), 107.
- Amanda, S. P. 2017. *Perbandingan Fekunditas Kumbang Tenebrio Molitor (Coleoptera : Tenebrionidae) yang Diberi Tiga Jenis Pakan Berbeda*. FMIPA Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Dulaurent, A.-M., Daoulas, G., Faucon, M.P., & Houben, D. (2020). Earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) mediate the fertilizing effect of frass. *Agronomy* 10:783.
- Houben, D., Daoulas, G., Faucon, M., & Dulaurent, A. (2020). Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. *Scientific Reports* 10:46
- Mardiansyah, Y., Meldra, D., & Yulia, Y. (2020). Pemodelan Gerak Partikel Butiran pada Proses Granulasi pada Pembuatan Pupuk Granul. *Journal of Applied Sciences, Electrical Engineering and Computer Technology*, 1(2), 1-5.
- Mulyadi, & Wihardjaka, A. (2014). Emisi Gas Rumah Kaca dan Hasil Gabah dari Tiga Varietas Padi pada Lahan Sawah Tadah Hujan Bersurjan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 33(2), 116.
- Pratiwi, S. H. (2016). Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) on various planting pattern and addition of organic fertilizers. *Gontor AGROTECH Science Journal*, 2(2), 1–19.
- Purnamasari, D. K., Erwan, Syamsuhaidi, K.G., Wiryawan, & Nurmayana. (2018). Pertumbuhan dan Survival Rate Larva *Tenebrio molitor* yang Diberikan Media Pakan Berbeda. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*, 7(2).
- Yusdira, A., A. Haviar, & Tim Krotobond. 2016. *Budidaya Ulat Hongkong untuk Pakan Burung Kicauan, Semut Rangrang, Ikan Hias dan Umpan Pancing*. Jakarta : AgroMedia Pustaka.

## LAMPIRAN 1

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

#### Biodata Penulis 1

##### A. Identitas Diri

|   |                            |  |
|---|----------------------------|--|
| 1 | Nama Lengkap               | Alfian Mubaraq                             |
| 2 | NIM                        | 1814142033                                 |
| 3 | Program Studi atau Jurusan | Biologi                                    |
| 4 | Fakultas                   | MIPA                                       |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir   | Sidrap, 29 Mei 2000                        |
| 6 | Alamat                     | Kompleks Hartaco, Blok VC no. 18, Makassar |
| 7 | E-mail                     | alfianmubaraq123@gmail.com                 |
| 8 | Sosial Media               | IG : alfianmubaraq29                       |
| 9 | Nomor Telepon/HP           | 082193513230                               |

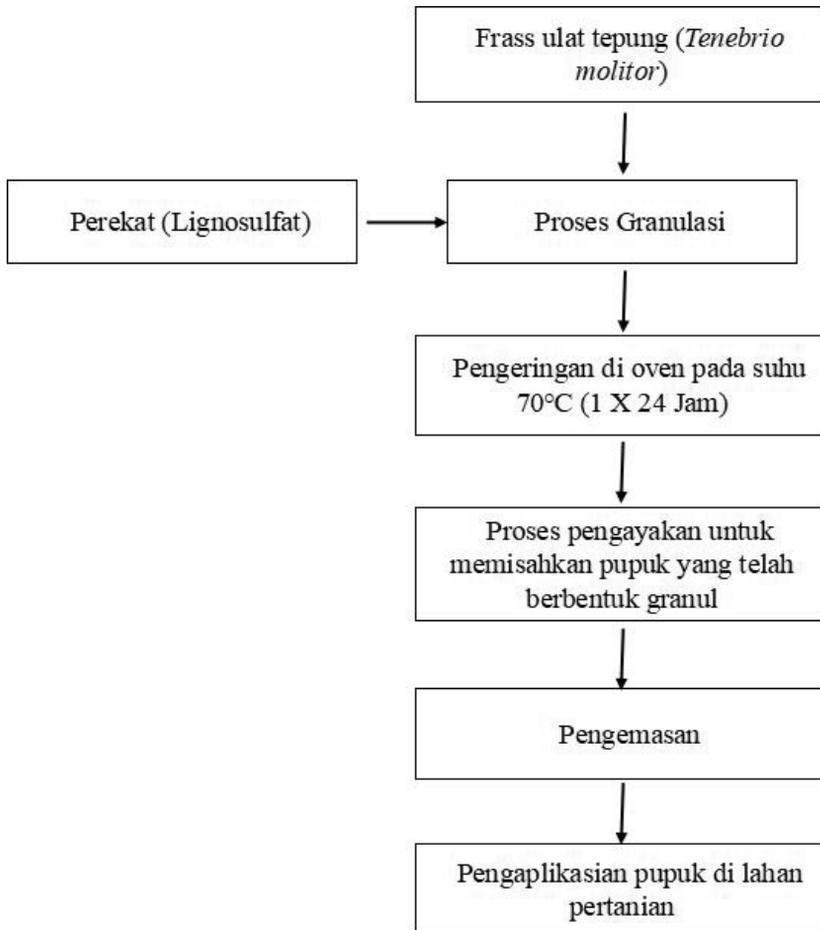
##### B. Penghargaan Kepenulisan Selama Menjadi Mahasiswa (dari Pemerintahan, Asosiasi, atau Institusi Lainnya)

| No | Jenis Penghargaan | Institusi Pemberi Penghargaan            | Judul Karya  | Tahun |
|----|-------------------|--|--|-------|
| 1  | Presenter Terbaik | Kementerian Pertanian Republik Indonesia | Identifikasi senyawa metabolit sekunder dan Pengaruh terhadap Aktivitas Mikroba dari ekstrak jahe Merah ( <i>Zingiber officinale</i> ) | 2020  |

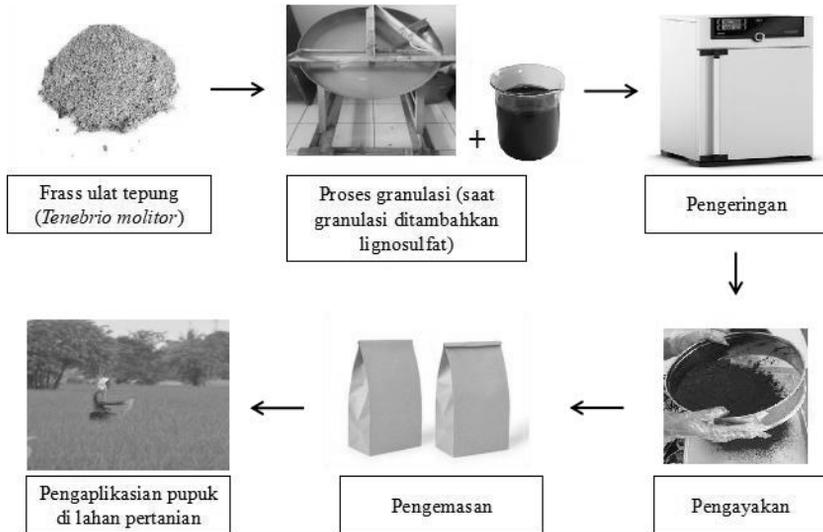
|   |              |                      |                                      |      |
|---|--------------|----------------------|--------------------------------------|------|
| 2 | Penulis Buku | Biologi FMIPA<br>UNM | Formulasi<br>Pembuatan<br>Pakan Ikan | 2022 |
|---|--------------|----------------------|--------------------------------------|------|

## LAMPIRAN 2

### A. Skema Pembuatan Pupuk Granul



## B. Proses Pembuatan Pupuk Frass Granul



Artikel 14

## **Pemanfaatan Limbah Ban Sebagai Alternatif Tambahannya Material Dalam Beton Agregat**

Karya: Dina Artha Ghina

(Mahasiswa Teknologi Industri, Politeknik Gajah Tunggal, Tangerang,  
Provinsi Banten)

Email: arthadina2@gmail.com

### **Pendahuluan**

Indonesia merupakan negara penghasil komoditi karet terbesar di dunia. Hal inilah mendorong sebuah industri untuk menciptakan sebuah produk yang dinamakan ban. Ban ialah bantalan yang melindungi velg. Sebuah kendaraan tidak terlepas dari ban dan semakin lama jalan lalu lintas dipadati oleh kendaraan sehingga membuat industry manufaktur ban berperan didalamnya.

Menurut Kementerian Perindustrian, total produksi kendaraan roda dua sebanyak 7,2 juta unit pada 2019 diperkirakan akan terus bertambah. Peningkatan permintaan ini juga berdampak pada peningkatan permintaan pasokan ban dalam negeri. Sebaliknya, banyaknya penggunaan ban di dalam negeri berdampak pada banyaknya ban bekas yang diproduksi oleh moda transportasi ini. End of Life Tire (ELT) adalah istilah yang tidak asing bagi produsen industri dan pengguna ban. ELT adalah ban bekas yang sudah tidak dapat digunakan lagi atau divulkanisir. Ban bekas ini dapat mencemari lingkungan jika tidak dirawat karena ban bekas tidak dapat terurai dengan sendirinya dan memerlukan perawatan lebih lanjut untuk menghancurkannya.



Figure 1. Tumpukan ban bekas (Sumber: cintamobil.com)

Ban karet adalah salah satu jenis polimer polistiren sintetik (polystyrene). Polystyrene tidak dapat dengan mudah didaur ulang, sehingga limbah polystyrene harus dikelola dengan baik agar tidak merusak lingkungan (Reska & Martini, 2009). Upaya-upaya yang dilakukan dalam mengelola atau mengurangi limbah ban sudah dilakukan diantaranya dengan melalui pembakaran, membuat kerajinan sehingga dapat digunakan lagi dan memiliki nilai tambah ekonomi, selain itu juga limbah ban dapat diolah menjadi sebuah bahan bakar dengan konsep pirolisis. Upaya yang dilakukan di atas mungkin cukup membantu akan tetapi juga perlu diperhatikan, mengurangi limbah ban dengan pembakaran ialah satu upaya yang harus dihindari karena proses pembakaran menghasilkan dampak yang cukup berbahaya bagi lingkungan sekitar dengan adanya polusi udara yang dihasilkan tersebut, apalagi jika pembakaran dilakukan di daerah perkotaan yang padat akan penduduk.

Sebuah inspirasi baru dari US Department of Transportation Federal Highway Administration Amerika dalam penelitiannya tentang penggunaan ban bekas sebagai bahan tambah (additive) dalam pembuatan aspal membuat gempar dalam menanggulangi limbah ban. Dengan kondisi jalan yang ada di Indonesia seperti sekarang ini dimana jalanan yang mudah rusak memungkinkan dalam pemanfaatan limbah ban dalam pembuatan aspal.

Berdasarkan data Agensi Perkembangan Badan Pusat Statistik (BPS) jumlah kendaraan bermotor semakin meningkat, sekitar tahun 2010 mencapai 76.907.127 dan mengalami peningkatan mencapai 138.556.669 pada tahun 2017. Evolusi jumlah kendaraan akan berdampak pada lintasan transportasi sehingga harus memiliki infrastruktur jalan yang standar. Jalan raya melayani hampir 80% transportasi barang dan orang (Sugiyanto, 2008), dengan demikian susunan jalan membutuhkan lapisan perkerasan yang cukup baik untuk meningkatkan kekuatan, tingkat kenyamanan dan operasi yang aman.

Melalui permasalahan tersebut berkembanglah ide dalam pembuatan aspal jalan dengan campuran karet melalui pendekatan ekonomi sirkular dalam menanggulangi limbah ban di Indonesia yang diharapkan dapat bermanfaat.

## Pembahasan

Daur ulang ban bekas dengan menggunakan prinsip *circular economy* untuk mendukung produk infrastruktur seperti aspal karet dimana hal tersebut terus dikembangkan oleh Departemen Kemenperin. Aspal karet sendiri merupakan campuran antara aspal dan karet, dimana karet berperan sebagai bahan tambahan dengan dosis yang relatif kecil yaitu sekitar 5-7% dari aspal.

Potensi penyerapan karet untuk aditif aspal karet cukup tinggi. Kebutuhan aspal untuk konstruksi jalan diperkirakan sekitar 1,6 juta ton, dengan potensi penyerapan karet alam sebesar 112.000 ton per tahun, dan karet diperkirakan sebesar 7% dari aspal. Proyek aspal karet ini dilaksanakan oleh Musi Banyuasin yang memiliki kapasitas produksi 10.000 ton per tahun. Perkembangan penggunaan ban bekas pada aspal karet memiliki nilai ekonomis yang besar, apalagi potensi kebutuhan aspal terus meningkat seiring dengan persebaran infrastruktur khususnya jalan komunikasi di berbagai wilayah Indonesia. Selain itu, dari segi kualitas, spesifikasi yang dibutuhkan akan lebih tinggi karena pengaruh lingkungan yang tidak dapat diprediksi.

Dr Mohammad Boroujeni mengatakan bahwa campuran karet dan puing-puing dapat memberikan manfaat terhadap lingkungan dan teknologi. Pada dasarnya jalan tradisional terbuat dari bahan-bahan asli yang tidak berkelanjutan yaitu dari batu galian dan pasir alami. Dengan menggunakan campuran daur ulang yaitu dari ban bekas dan limbah bangunan membuat jalan lebih susah mengalami keretakan dan berkinerja baik pada kriteria utama seperti fleksibilitas, kekuatan dan deformasi permanen.

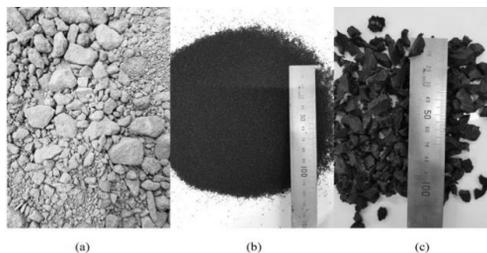


Figure 2 a. RCA, b. fine crumb rubber, c. coarse crumb  
(Saberian et al., Construction and Building Materials, 2020)

Setiap lapisan dari bahan dasar pembuatan jalan, harus cukup kuat untuk menahan tekanan kendaraan berat, sekaligus cukup fleksibel untuk memungkinkan jumlah gerakan yang tepat sehingga jalan tidak mudah retak. Di Australia, hanya 16% limbah yang didaur ulang secara lokal. Sekitar 3,15 juta ton puing konstruksi yang diproses - dikenal sebagai agregat beton daur ulang (RCA)- ditambahkan ke timbunan setiap tahun daripada digunakan kembali. RCA, yang merupakan kumpulan limbah konstruksi, dapat digunakan untuk tanah dasar jalan, namun penambahan limbah karet dapat meningkatkan produk jadi secara signifikan (Saberian et al., 2020). Pengerasan dengan RCA akan berdampak lebih kecil terhadap lingkungan daripada pengerasan yang dibangun dengan bahan alami. Dari semua bahan yang dibandingkan, konstruksi pengerasan menggunakan RCA mencapai manfaat lingkungan terbesar secara keseluruhan karena konsumsi energi paling sedikit dan menghasilkan gas rumah kaca paling sedikit.

RCA dapat menghasilkan keuntungan yang signifikan untuk aspek triple bottom line dari kapasitas yang berkelanjutan, tetapi di luar dari manfaat yang diperoleh dari fase RCA, penggunaan dan pemeliharannya juga harus diperhatikan lebih lanjut. Penggunaan RCA untuk pembangunan pengerasan jalan dapat memberikan sejumlah manfaat. Pertama, kurangi bergantung pada AF dan melestarikan sumber daya alam untuk digunakan di masa mendatang. Kedua, mengurangi kegiatan pertambangan, mengurangi emisi tambang dan biaya operasi tambang. Ketiga, mengurangi emisi gas dari mobilisasi FA, terutama ketika lokasi pembuangan RCA berada di pemukiman (Romadhon & Garside, 2021).

Dalam penelitian sebelumnya, tim dari RMIT School of Engineering telah menunjukkan bahwa campuran puing dan karet mereka bekerja dengan baik saat diuji ketahanannya terhadap tekanan, asam dan air, serta kekuatan dan deformasi, bentuk, dan sifat dinamis. Penyusutan rendah dan fleksibilitas yang baik mengurangi risiko retak. Tim mengidentifikasi perpaduan yang optimal 0,5% karet halus dan 99,5% RCA yang memberikan kekuatan geser sambil mempertahankan ikatan yang baik antara kedua bahan. Insinyur sipil Universitas RMIT Jie Li mengatakan bahwa solusi untuk banyak masalah sampah kita

tidak hanya datang dari mengurangi jumlah yang kita buang ke tempat pembuangan sampah tetapi meningkatkan jumlah yang kita daur ulang. Pengembangan penggunaan baru yang inovatif untuk bahan daur ulang sangat penting karena akan menciptakan lingkungan ekosistem yang seimbang dan juga bisa menerapkan kehidupan berkelanjutan.



*Figure 3. Jalan (sumber: rodanesia.com)*

Penambahan campuran karet juga dapat melindungi sinar matahari dimana hal tersebut membuat jalan rentan mengalami keretakan. Sampel menunjukkan bahwa kerentanan kerusakan akibat UV (panas matahari) jika terdapat penambahan karet lebih rendah dibandingkan aspal biasa. Namun, jika terlalu banyak diberi karet justru dapat mengurangi ketahanan jalan terhadap kerusakan mekanis (Jamal et al., 2022).

### **Penutup**

Limbah ban yang merupakan limbah industri membahayakan dapat memberikan banyak manfaat, salah satunya ialah sebagai campuran dalam pembuatan aspal beton. Limbah ban dicampur dengan limbah konstruksi akan menghasilkan RCA yang berperan sebagai agregat kasar dimana RCA akan diletakkan di paling dasar dalam pembuatan jalan. Limbah ban yang mengandung karet jika dimanfaatkan sebagai jalan akan menambah kekuatan dan dapat mengurangi keretakan karena karet memiliki sifat yang kuat dan lentur serta dapat melindungi paparan sinar matahari.

Daftar Pustaka

- Jamal, M., Lanotte, M., & Giustozzi, F. (2022). Exposure of crumb rubber modified bitumen to UV radiation: A waste-based sunscreen for roads. *Journal of Cleaner Production*, 348(December 2021), 131372. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131372>
- Romadhon, F., & Garside, A. K. (2021). Aplikasi Perkerasan Jalan Raya Berkelanjutan Dengan Pemanfaatan Daur Ulang Agregat Beton : Tinjauan Literatur. *Seminar Keinsinyuran*, 1(1), 1–12. <https://media.neliti.com/media/publications/191542-ID-none.pdf>
- Saberian, M., Li, J., Perera, S. T. A. M., Ren, G., Roychand, R., & Tokhi, H. (2020). An experimental study on the shear behaviour of recycled concrete aggregate incorporating recycled tyre waste. *Construction and Building Materials*, 264, 120266. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120266>
- Sugiyanto, G. (2008). Kajian Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt Akibat Penambahan Limbah Serbuk Ban Bekas. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, 8(2), 91–104. <https://www.ikons.id/campuran-ban-bekas-dan-puing-bangunan-dapat-membuat-jalan-yang-tahan-lama/>  
<https://www.ikons.id/campuran-ban-bekas-dan-aspal-bisa-memperkuat-jalan-hingga-dua-kali/>  
<http://ikft.kemenperin.go.id/industri-kimia-hilir-2/>

Artikel 15

## **Kebersihan Kota dan Pengelolaan Sampah sebagai Upaya *Waste Management* dalam Mendukung SDGs**

Karya: Lidia Pradista Putri Swastika

(Mahasiswa Universitas Airlangga, Surabaya)

Email: lidia.pradista.putri-2020@fst.unair.ac.id

Sampah merupakan isu global. Sampah yang tidak ditangani dengan benar dapat mengancam kesehatan manusia dan lingkungan. Hal ini secara langsung maupun tidak langsung berkaitan dengan cara produksi dan konsumsi masyarakat yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya populasi (sekitar 7,94 miliar per Juli 2022 menurut data PBB). Peningkatan produksi dan konsumsi menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan jika tidak dilakukan pengelolaan yang baik. Sebagai contoh, beberapa daerah masih belum memiliki tempat pengumpulan sampah sehingga kesehatan masyarakat, khususnya anak-anak di daerah tersebut dapat terganggu, pembakaran sampah menyebabkan emisi polutan organik partikulat dan persisten, mendorong penyakit kolera, demam berdarah, serta penyakit menular lainnya.

Wilayah metropolitan Napoli, di Italia, menjadi contoh kasus adanya isu kesehatan masyarakat (*public health*) yang disebabkan akibat banyaknya tumpukan sampah. Permasalahan limbah padat Napoli sudah lama menjadi sorotan sebab solusi pengolahan dan pembuangan limbah tidak ditemukan. Hal ini menyebabkan adanya krisis berkala di kota tersebut. Sampah dibiarkan menumpuk di jalanan sehingga menyebabkan vektor-vektor penyakit berkembangbiak. Krisis ini menjadi berita nasional maupun internasional pada tahun 1994, 1999, 2003, 2008, 2010, dan 2011, berdampak pada terjadinya gesekan substansial antara berbagai kelompok yaitu para pemangku kepentingan. Keadaan tersebut diperumit oleh adanya gerakan dari organisasi 'kriminal' yang terlibat dalam pengangkutan sampah di Napoli.

Pemerintah Napoli pada tahun 2011 menunjuk kepala badan pengelolaan limbah. Limbah di Napoli diangkut ke wilayah Italia serta

ke negara-negara Uni Eropa. Saat itu, pemerintah terus mencari solusi pengelolaan yang berkelanjutan bagi kota Napoli. Sebuah insinerator yang memiliki kapasitas pemrosesan 650.000 t/y di Accerra (wilayah dekat Kota Napoli) pada tahun 2013 mulai beroperasi. Keberadaan insinerator ini sangat memperingan situasi kota tersebut. Namun, masalah ini belum sepenuhnya terselesaikan sebab masih terdapat sekitar 8 juta ton limbah yang sementara terakumulasi di sekitar Napoli.

Dampak lingkungan juga pernah terjadi di *Love Canal* (Amerika Serikat) yang pada mulanya direncanakan sebagai pemukiman masyarakat. Kanal terdapat di bagian tengah yang menghubungkan antara Sungai Niagara dengan Air Terjun Niagara. Proyek terhenti saat kanal sudah digali sepanjang satu mil. Proyek kanal yang sudah tergali tersebut dijual ke *Hooker Chemical Company*. Kanal tersebut digunakan menjadi tempat pembuangan sampah kota dan bahan kimia. Pada 1920 hingga 1950, *Love Canal* disebut sebagai kanal 'mangkarak' (bahan kimia beracun terkumpul sekitar 20.000 ton yang dibuang selama bertahun-tahun). Tahun 1953, kanal telah mencapai kapasitas penuh sehingga ditutup dengan tanah dan kembali dijual. Pada tahun 60 hingga 70 masalah bau dan residu mulai bermunculan (dampaknya membuat air sekitar pemukiman naik dan membawa air tanah yang membuat permukaan tanah terkontaminasi).

Curah hujan tinggi (1978) berakibat pada adanya migrasi atau perpindahan air lindi terkontaminasi yang mengandung bahan kimia beracun (para peneliti menemukan 82 senyawa berbahaya, 11 di antaranya diduga sebagai senyawa yang karsinogen). ke pekarangan dan ruang bawah tanah rumah hingga mencemari udara. Tidak hanya itu, lebih dari 100 kasus penyakit di kalangan anak-anak juga marak dan berakibat pada kemarahan publik. Akibatnya, banyak bantuan keuangan darurat mulai berdatangan. Bantuan sebesar 10 juta USD untuk merelokasi beberapa keluarga dan undang-undang 'Superfund' (1980) mulai diberlakukan.

Pada abad ke-21, pengelolaan limbah atau '*waste management*' sudah menjadi layanan utilitas yang krusial bagi masyarakat. *Waste management* saat ini dianggap sebagai kebutuhan mendasar manusia dan seringkali disebut sebagai Hak Asasi Manusia. Sesuai dengan tiga 'pilar' atau 'domain' berkelanjutan dan terintegrasi dalam Tujuan

Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals* atau SDGs) dalam agenda Pembangunan Pasca-2015, limbah adalah isu lingkungan lintas sektoral di mana banyak sekali untaian yang berbeda berinteraksi. Negara maju telah membuat langkah besar dalam menanggapi adanya masalah sampah dan pengelolaannya, langkah tersebut dimulai sejak 'lingkungan' menjadi agenda internasional pada 1960-an.

Fokus awal adalah pada cara mengatasi, sedangkan saat ini perhatian beralih pada pencegahan, pengurangan, mengatasi masalah pada sumbernya melalui perancangan teknologi untuk pengolahan limbah, meminimalkan dan menggunakan kembali (*reuse*), serta mengurangi jumlah dan penggunaan bahan berbahaya. Tujuannya untuk menanamkan '*mindset*' dari 'pembuangan limbah' ke 'pengelolaan limbah' serta dari 'limbah' ke 'sumber daya' – maka, terminologi yang diperbarui yaitu 'pengelolaan limbah dan sumber daya' dan 'pengelolaan sumber daya' sebagai bagian dari ekonomi sirkular.

Negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah masih menghadapi tantangan besar dalam memastikan akses universal ke layanan pengumpulan limbah, menghilangkan pembuangan dan pembakaran yang tidak terkendali, dan bergerak menuju pengelolaan yang ramah lingkungan. Negara-negara tersebut masih perlu merancang dan menerapkan kebijakan praktik yang inovatif dan efektif untuk mempromosikan pencegahan limbah dan membendung peningkatan limbah per kapita seiring dengan berkembangnya ekonomi. Hal ini diperlukan karena pengelolaan sampah merupakan isu lintas sektor yang berdampak pada banyak aspek masyarakat dan ekonomi serta memiliki keterkaitan yang kuat dengan berbagai tantangan global lainnya seperti perubahan iklim, kesehatan, ketahanan pangan dan sumber daya, pengurangan kemiskinan, serta produksi dan konsumsi yang berkelanjutan.

Pada berbagai negara, tindakan diperkuat signifikan ketika pengelolaan sampah dipandang sebagai titik mengatasi berbagai masalah pembangunan berkelanjutan yang dirasa masih sulit untuk ditangani. Pengelolaan limbah padat menurut IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) telah menyumbang sekitar 3% dari emisi gas rumah kaca (GRK) global pada tahun 2010, sebagian besar disebabkan oleh

emisi metana dari lokasi TPA. Lebih dari 50% limbah padat perkotaan di seluruh dunia dihasilkan di negara-negara OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) yang sebagian besar telah dikelola dengan baik (gas TPA dikumpulkan dan dibakar atau digunakan dalam pemulihan energi). Beberapa negara telah berhasil mengalihkan persentase limbah dari TPA secara signifikan. Sebagai contoh, Jerman menghubungkan 24% dari total penghematan emisi GRK tahun 1990 hingga 2006 dengan pengelolaan limbah padat.

Tindakan mengatasi masalah pada sumbernya, seperti perancangan limbah, pencegahan, dan penggunaan kembali produk memiliki potensi penghematan karbon yang jauh lebih besar. Tindakan ini dapat menggantikan emisi GRK di

berbagai sektor. Selain itu, daur ulang dapat mengurangi penggunaan bahan dengan biaya karbon yang jauh lebih rendah sehingga emisi dapat berkurang. Fokus pada pengelolaan limbah dan sumber daya berpotensi untuk mencapai mitigasi perubahan iklim jangka pendek yang substansial (dapat mencapai 15-20% di sejumlah sektor).

Perwujudan 'kota bersih' memerlukan pengelolaan sampah yang baik. Kota bersih adalah kota yang dapat menunjang kesehatan dan kenyamanan penduduk sehingga bisnis, investasi, dan daya tarik wisatawan dapat meningkat. Pengelolaan sampah yang buruk dapat berakibat pada berkurangnya pendapatan. Kutipan *Global Waste Management Outlook*, kerugian yang dialami dapat lebih besar dibandingkan dengan biaya penerapan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Hal yang perlu mendapat perhatian besar adalah sistem pengelolaan sampah kota terkhusus pada masalah tata kelola kota, termasuk dalam inklusivitas pengguna (penjangkauan daerah yang sebelumnya tidak atau kurang terlayani, pelibatan warga dalam pengambilan keputusan, inklusivitas penyedia (mobilisasi layanan), keberlanjutan keuangan (biaya yang relevan, layanan terjangkau, peningkatan pendapatan, akses keuangan), dan penerapan kebijakan dan lembaga yang efektif baik di tingkat nasional maupun lokal (penegakan undang-undang, penetapan peran dan tanggung secara profesional, pelembagaan sistem informasi manajemen).

Kebersihan kota sebagai indikator proksi untuk tata pemerintahan yang baik merupakan tujuan utama dari program pembangunan dengan harapan manfaat positif bagi masyarakat dan perekonomian dapat dirasakan. Banyak potensi yang dapat digali untuk penciptaan lapangan kerja dalam ekonomi hijau, khususnya potensi sektor limbah dan sumber daya untuk menciptakan mata pencaharian yang berkelanjutan. Pengelolaan sampah yang telah tertanam dengan baik dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), dijabarkan baik secara eksplisit maupun implisit pada lebih dari setengah dari 17 tujuan. Oleh karena itu, kepentingan strategis pemantauan dan peningkatan pengelolaan sampah dengan penetapan harus terus dilakukan sehingga kontribusi yang signifikan untuk mencapai SDGs (target secara global) dapat diwujudkan. \*\*\*

Artikel 16

## **Prototipe Penurunan Kadar Logam Berat dan Organik Pada Air Lindi Menggunakan Metode Eceng Gondok dan Karbon Aktif Berbasis Penyaring Biodisc**

Karya: M Fazha Hanafi A (Mahasiswa Universitas Andalas, Padang)

Email: fazhajoha@gmail.com

Saat ini, di Indonesia sedang dibangun Ibukota Nusantara (IKN). Dirancang sebagai kota hutan hijau cerdas. IKN akan menerapkan pembangunan melalui teknologi hijau dan berbagai langkah untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan 5 cabang; mulai dari aspek regulasi, kelembagaan, keuangan, sosial budaya dan teknologi. Membangun sistem pengelolaan sampah yang baik menciptakan lingkungan yang lebih bersih, meningkatkan kesehatan masyarakat dan dapat meningkatkan pariwisata dan perekonomian masyarakat.

Salah satu standar pengelolaan sampah modern IKN adalah pengelolaan sampah modern yang lebih maju yang memenuhi konsep *zero-waste of life*, untuk mendekati konsep IKN sebagai smart, green forest city ([bsilhk.menlhk.go.id](http://bsilhk.menlhk.go.id)).

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Indonesia akan menghasilkan sampah hingga 18,2 juta ton pada tahun 2021, dengan komposisi sampah yang dikelola dengan baik sebesar 72,95% dan sampah yang tidak diolah sebesar 27,05%. Pasalnya, daya tampung TPA baik tempat pengolahan akhir (TPA) maupun tempat penampungan sementara (TPS) dibatasi oleh standar minimal pengelolaan sampah.

Dalam sebagian besar proses TPA, lindi dihasilkan oleh pencucian isi efluen dan dari sumber eksternal seperti air hujan, dan lain-lain, dengan membuang limbah. Lindi mengandung konsentrasi tinggi zat anorganik yang ditemukan di limbah, seperti logam berat. Namun, efek zat anorganik lebih berbahaya. Zat anorganik tersebut antara lain arsenik (As), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan merkuri (Hg) (Portal

Kesehatan Masyarakat Indonesia:2016). Arsenik (As) memiliki sifat yang sangat beracun. Arsenik sering digunakan sebagai racun tikus. Bila dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan mual, diare atau sembelit, sakit kuning, pendarahan ginjal dan kanker kulit. Kadmium (Cd) sangat beracun bagi manusia. Ketika tertelan, itu menyebabkan gejala gastrointestinal dan penyakit ginjal. Timbal (Pb) juga memiliki sifat yang sangat beracun. Keracunan Pb menyebabkan gejala seperti rasa logam di mulut dan muntah (Meila Anggriani et al., 2021).

Salah satu cara ramah lingkungan untuk mengurangi limbah adalah dengan ide membuat prototipe pengolahan lindi menggunakan metode phytorec dari eceng gondok lahan basah yang dibangun di permukaan bebas air dan karbon aktif berdasarkan bioplate.

Prototipe ini dirancang dengan sebuah kotak yang berfungsi sebagai sarana untuk menempatkan fitoremediator, karbon aktif, inlet dan outlet menggunakan bioplate. Arang aktif ditempatkan di bagian bawah kotak yang diisi dengan gabus atau pasir sebanyak 2/3 kotak agar arang menempel di dasar kotak. Setelah itu, pipa penghubung dengan bio-card sebagai bahan penyaring dipasang di kedua sisi kotak ini untuk mengalirkan air masuk atau keluar.

Penggunaan BioDisc pada sambungan pipa sangat ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia berbahaya atau energi listrik dalam proses penjernihan air. Mikroorganisme yang tumbuh pada bioplate secara alami mengurai zat-zat yang terlarut dalam air, sehingga tidak meninggalkan residu atau limbah yang mencemari lingkungan. Selain itu, papan organik tidak memerlukan penyimpanan atau pengangkutan bahan kimia sehingga tidak mencemari lingkungan.

BioDisc juga secara efektif menghilangkan zat organik seperti amonia dan partikel makanan dari air. Mikroorganisme yang tumbuh pada bioplate dapat mengurai bahan organik menjadi komponen yang lebih sederhana yang dapat dikembalikan ke lingkungan secara alami. Selain itu, bio-plate dalam kondisi lingkungan yang berbeda, seperti B. nilai pH, suhu dan kadar oksigen yang berbeda, bekerja secara efektif sehingga efektif menghilangkan polutan (Obaroh et al., 2016).

Filter lindi tetap berada di dalam kotak selama beberapa hari sebelum dapat dibuang ke TPA akhir. Penyaringan phytomediant eceng gondok dengan karbon aktif ini dapat menurunkan kadar logam berat, polutan organik dan kualitas oksigen dalam lindi sehingga meminimalisir pencemaran air.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sering dianggap sebagai hama karena tanaman ini dapat tumbuh dengan sangat cepat dan mudah menyebar di lingkungan yang tercemar logam berat. Eceng gondok juga dapat mengurangi oksigen di dalam air dan menyebabkan kematian ikan dan tanaman air lainnya. Namun, eceng gondok juga dapat digunakan sebagai agen pelindung tanaman dalam pengolahan deterjen yang terkontaminasi logam berat dan membantu mengurangi logam berat di lingkungan.

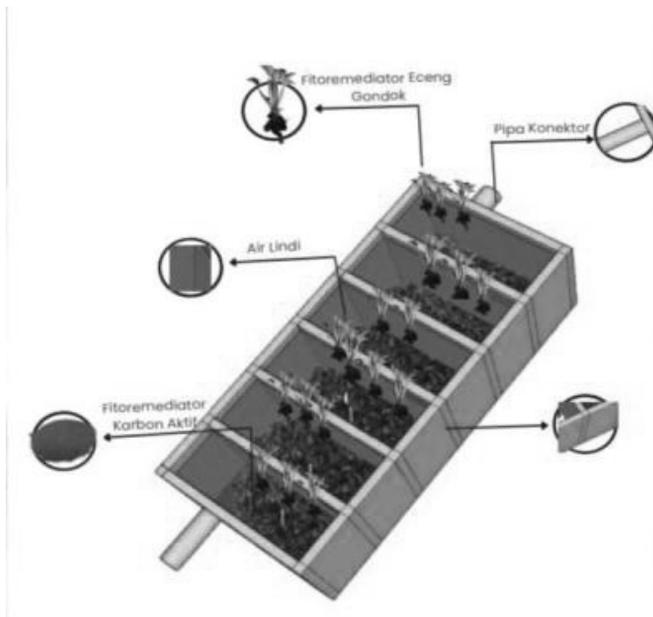
Menurut Lian Anggrain dan Marta Dinata (2020), hasil penelitian pencucian eceng gondok selama 30 hari menunjukkan bahwa media filter yang mengandung tanaman eceng gondok memberikan pengaruh yang signifikan terhadap reduksi logam berat, yang diamati dengan P3 (Podsolik Merah-Kuning). pengobatan. , ferrolit, eceng gondok, pelindian) dan P1 (podsol merah kuning, eceng gondok, pelindian), dengan efisiensi P3 logam berat Cr pada batang 0,1214%, logam berat P1 Fe pada batang 0,0944% (Anggraini & Dinata, 2020).

Agar tidak mencemari kualitas oksigen dengan eceng gondok yang terlalu banyak maka dilakukan upaya untuk meningkatkan kualitas oksigen yaitu teknik udara yang dapat meningkatkan kualitas oksigen dengan pompa oksigen. Setelah diangin-anginkan, untuk mengetahui kualitas oksigen air baik atau tidak, tempatkan ikan koi di kolam atau bak air yang telah diolah melalui langkah-langkah tersebut (Nusa et al., 2015).

Karbon aktif mengandung 85-95% karbon, terbuat dari bahan karbon yang telah diolah secara khusus untuk memberikan luas permukaan yang lebih besar. Permukaan karbon aktif bervariasi antara 300-3500 m<sup>2</sup>/gram, yang terkait dengan struktur pori internal, sehingga karbon aktif memiliki sifat adsorpsi (Sembiring dan Sinaga, 2003). Daya serap karbon aktif sangat tinggi yaitu 25-1000% berat karbon aktif (Meila Anggriani et al., 2021).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode pengolahan air limbah dengan menggunakan *free water surface constructed wetland* (FWSCW) eceng gondok dan karbon aktif berbasis penyaring biodisk merupakan salah satu solusi yang efektif untuk mengurangi tingkat polutan dalam air limbah. Metode ini dapat menghilangkan sekitar 50% hingga 70% zat organik dan 25% hingga 35% zat anorganik dari air limbah, sehingga memenuhi standar pembuangan air limbah yang telah ditetapkan. Selain itu, metode ini juga ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia yang berbahaya atau energi listrik dalam proses pengolahan air. Namun, metode ini juga memiliki beberapa kekurangan, seperti biaya instalasi yang tinggi dan memerlukan lokasi yang cukup luas. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan kembali kelayakan dan keefektifan metode ini untuk aplikasi pengolahan air limbah yang spesifik.

### Daftar Gambar



Gambar 1. Prototipe Bak Fitoremediasi



Gambar 2. Biodisc

Sumber (<https://images.app.goo.gl/WZyyVcBRYeYq7iCv9>)

### Daftar Pustaka

- Anggraini, L., & Dinata, M. (2020). *Akumulasi Logam Berat Pada Batang Eichornia crassipes Solms Pada Variasi Media Penyaring Selama Remediasi Air lindi*. Jurnal Pendidikan Biologi, Vol. 7(1).
- Gauss, Martin. 2008. *Constructed Wetlands: A Promising Wastewater Treatment System for Small Localities*. Gráfica Biblos: Peru
- Jenderal Industri Kecil Menengah Departemen Perindustrian, D. (2007). *Pengelolaan Limbah Industri Pangan*. Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Meila Anggriani, U., Hasan, A., Purnamasari, I., Teknik Kimia, J., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2021). *Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb)*. Jurnal Kinetika, Vol. 12(02), Hal 29-37.
- Nusa, O. :, Said, I., Dinda, D., Krishumartani, R., Pusat, H., & Lingkungan, T. (2015). *Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Biofilter Anaerob-aerob Dan Denitrifikasi*, Vol. 8(1).
- Obaroh, I. O., Haruna, M. A., Muhammed, A., & Akanji. (2016). *Effect of Biodis Exposure on Some Physico Chemical Parameters of Water from Three Different Sources*. European Journal of Pure and Applied Chemistry. Vol. 3(1).
- Putri, R. N. (2019). *Pengaruh Air Lindi Terhadap Air Tanah Di sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang*. Jurnal Azimut, Vol. 2(1), Hal 72-80.

Artikel 17

## **Budidaya *Moina* sp dan Mikroalga Melalui Pengolahan Limbah Biologis Industri Perikanan dan Peternakan Unggas Secara Sirkuler**

Karya: Muhammad Helmi Fauzan

(Mahasiswa Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta), Fakultas Biologi

Email: helmifauzanhf12@mail.ugm.ac.id

### **Limbah Industri Perikanan dan Peternakan Unggas**

Peningkatan kebutuhan konsumsi masyarakat terhadap produk hewani secara umum menyebabkan industri peternakan dan perikanan mengalami peningkatan produksi secara linier terhadap kebutuhan konsumen yang berimbas pada peningkatan limbah dari kedua industri tersebut berupa ekskreta atau kotoran dengan potensi pencemaran lingkungan. Artikel berjudul *Increased total nitrogen content of poultry manure by decreasing water content through composting processes* dalam jurnal *Soil Science and Plant Nutrition* menyebutkan bahwa nitrogen dalam ekskreta ayam tersimpan dalam bentuk asam urat sebanyak 40-70% dapat berubah bentuk menjadi amonia dalam wujud gas setelah melalui proses oksidasi oleh bakteri dengan laju konversinya ditentukan berdasarkan kadar air dalam ekskreta tersebut. Artikel lain dengan judul *Ammonia in Fish Ponds* menyebutkan bahwa amonia merupakan limbah utama dari industri perikanan sebagai hasil degradasi protein dalam pakan serta produk sisa metabolisme melalui yang diekskresikan melalui difusi langsung ke dalam air dengan perantara insang dan dikeluarkan dalam bentuk padatan berupa feses.

Limbah industri peternakan unggas dan budidaya perikanan dapat memicu munculnya bau tidak sedap, kematian organisme akuatik disebabkan oleh amonia terlarut, fenomena hujan asam disebabkan oleh lepasnya gas amonia ke atmosfer, serta membuka potensi pertumbuhan alga secara tidak terkontrol atau *algal bloom*. Meskipun demikian, ekskreta berupa feses dari kedua industri tersebut memiliki kandungan

bahan organik dengan potensi sebagai bahan baku utama pupuk serta budidaya organisme tertentu yang memiliki ketergantungan terhadap suplai berkelanjutan material organik sisa pencernaan dalam ekskreta.

### ***Moina sp.***

Kutu air atau *Moina sp* merupakan jenis krustasea planktonik yang hidup dengan memakan material organik serta mikroorganisme dalam air. Buku dengan judul *Physiology of the Cladocera* menyebutkan bahwa *Moina sp* termasuk dalam famili *Moinidae* yang termasuk dalam subkelas *Crustacea* dengan sebutan *Phyllopoda*. *Moina sp* umumnya digunakan sebagai pakan pada tahap awal perkembangan ikan dan/ atau udang karena kaya akan kandungan protein yang menunjang pertumbuhan krusial awal fase larva. Artikel dengan judul *Produktivitas dan Kualitas Moina Sp. yang Dipelihara dengan Berbagai Media Budidaya* menyebutkan bahwa *Moina macrocopa* dan *Moina micrura* memiliki kandungan asam amino esensial dan protein sebanyak 52,4% dari keseluruhan nutrisi pada *Moina macrocopa* dan *Moina micrura*. Artikel tersebut juga menyebutkan bahwa *Moina sp.* memiliki daya tahan terhadap kadar oksigen rendah dan konsentrasi amonia terlarut yang tinggi, serta memiliki laju pertumbuhan yang dapat dioptimalisasi menggunakan kombinasi media berbeda, seperti limbah *biofloc*, mikroalga, dan material organik lainnya.

Material organik yang digunakan sebagai sumber pakan dari *Moina sp* dapat diperoleh dari pengelolaan limbah budidaya peternakan unggas dan perikanan. Pemanfaatan limbah peternakan unggas berupa feses disebutkan dalam artikel dengan judul *Pengaruh Pemberian Dosis Kotoran Ayam Terhadap Pertumbuhan Kutu Air (Moina sp.)* yang menyebutkan bahwa dalam model skala kecil pemeliharaan, alokasi pemberian kotoran ayam sebanyak 110 gram/L dapat menghasilkan rerata populasi *Moina sp.* sebanyak 291 ekor dalam rentang waktu pemeliharaan selama 32 hari. Pemanfaatan limbah akuatik dalam artikel *Produktivitas dan Kualitas Moina Sp. yang Dipelihara dengan Berbagai Media Budidaya* menyebutkan bahwa pemberian limbah hasil *biofloc* dari budidaya kelompok ikan nila dan mujair menunjukkan hasil yang

signifikan terhadap kandungan protein dan asam amino yang dikandung oleh *Moina* sp. Meskipun demikian, artikel tersebut juga menyebutkan kombinasi dari limbah *biofloc*, material organik dari berbagai sumber berbeda, serta *Chlorella* menunjukkan kadar asam lemak dan protein yang berimbang.

### **Alur Model Budidaya**

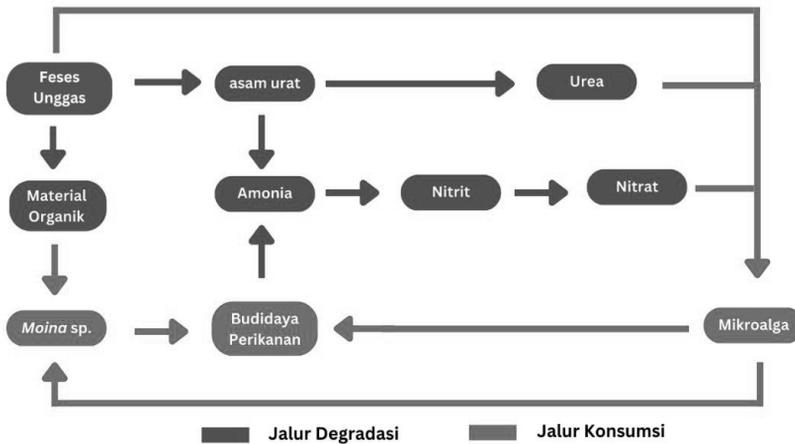
Perencanaan model budidaya *Moina* sp dapat didasarkan pada prinsip *biofloc* yang disesuaikan dengan model kebutuhan dan keberlanjutan dari pengolahan limbah industri peternakan unggas dan budidaya perikanan. Penggunaan limbah berupa feses unggas dengan simpanan nitrogen berupa asam urat dapat diubah menjadi amonia atau urea melalui peran mikrobia tertentu. Artikel dengan judul *The Decomposition of Uric Acid in Built Up Poultry Litter* menyebutkan bahwa proses degradasi asam urat terjadi secara aerobik oleh jenis bakteri *Nocardia*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, dan *Achromobacter* menghasilkan produk berupa urea dan amonia. Keberadaan amonia yang tinggi dapat menyebabkan perlambatan pertumbuhan *Moina* sp. dan kematian apabila melewati ambang batas karena sifatnya yang beracun bagi sel. Keberadaan urea terlarut sebagai zat dengan toksistas rendah mampu diubah menjadi nitrat oleh mikroorganisme nitrifikasi, sehingga dapat digunakan oleh mikroalga sebagai sumber nitrogen esensial tanpa menyebabkan akumulasi dalam air. Buku dengan judul *Sustainable Biofloc Systems for Marine Shrimp* menjelaskan bahwa keberadaan amonia dalam air dapat dioksidasi oleh bakteri *Nitrosomonas* spp., *Nitrosococcus* spp., *Nitrospira* spp., *Nitrosolobus* spp., dan *Nitrosovibrio* spp. yang dapat mengkatabolisme amonia menjadi nitrit, serta keberadaan bakteri *Nitrobacter* spp, *Nitrococcus* spp, *Nitrospira* spp, dan *Nitrospina* spp dengan kemampuan mengoksidasi nitrit menjadi nitrat.

Artikel berjudul *Pengaruh Pemberian Dosis Kotoran Ayam Terhadap Pertumbuhan Kutu Air (Moina sp.)* menyebutkan keberadaan material organik dalam feses ayam dapat menunjang perkembangbiakan *Moina* sp. secara optimal dengan faktor pembatas berupa keberadaan amonia

sebagai ekskreta dari *Moina* sp. serta molekul dengan kandungan nitrogen lain yang terlarut dalam air. Pemberian mikroorganisme yang mampu mengoksidasi amonia dan nitrit dengan produk akhir berupa nitrat dapat diinduksi dalam media perkembangbiakan untuk mencegah efek samping dari pemberian feses unggas terhadap pertumbuhan dan perkembangan *Moina* sp. Pemberian bakteri nitrifikasi memiliki peran lain berupa mengubah amonia yang diproduksi oleh *Moina* sp. menjadi nitrit dengan tingkat toksisitas lebih rendah daripada amonia. Nitrit dalam bekas media budidaya *Moina* sp. akan diubah menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi dan dapat dimanfaatkan sebagai penunjang pertumbuhan mikroalga sebagai tindak lanjut pasca panen *Moina* sp.

Artikel dengan judul *Nutrients Extracted from Chicken Manure Accelerate Growth of Microalga Scenedesmus obliquus HTB1* menyebutkan bahwa keberadaan zat besi, mangan, magnesium, sulfur, zink, fosfat, kalium, dan nitrogen dalam limbah industri peternakan ayam dan model agroindustri lainnya dapat menunjang pertumbuhan mikroalga jenis *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmusobliquus*, serta *Spirulina platensis* dengan baik. Pemanfaatan medium bekas pertumbuhan dalam budidaya perikanan serta pemberian feses unggas dapat memacu pertumbuhan mikroalga yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan *Moina* sp.

Model budidaya *Moina* sp. dan mikroalga melalui pengolahan limbah industri peternakan unggas dan budidaya perikanan dengan pendekatan sirkuler bertujuan untuk memaksimalkan potensi dari limbah dan meminimalisir efek merugikan pada lingkungan. Alur mekanisme dan model perencanaan berkelanjutan *Moina* sp. dan mikroalga secara berkelanjutan diilustrasikan pada gambar berikut:



Gambar 1. Skema budidaya berkelanjutan *Moina sp* dan mikroalga

Gagasan tersebut memerlukan pengujian lapangan dan analisis lebih lanjut sebelum dapat diaplikasikan secara langsung dengan skala besar. Meskipun demikian, pemanfaatan limbah industri peternakan unggas dan budidaya perikanan sebagai bahan baku utama dalam budidaya *Moina sp.* dan mikroalga membuka peluang baru terhadap pemanfaatan limbah biologis secara berkelanjutan dengan model sederhana, serta memungkinkan model pengelolaan berbasis sosial-ekonomi masyarakat yang mandiri dan berbasis gotong royong.

Artikel 18

## Multiusaha Kehutanan Bio-Based Circular Carbon Economy dalam Mencapai FOLU NET Sink 2030 dan NZE

Karya: Muhammad Nabiil

(Mahasiswa Institut Pertanian Bogor – IPB)

Email: mhnabiil@apps.ipb.ac.id

Hutan memiliki potensi sumber daya alam yang sangat berlimpah. Sumber daya tersebut dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik dan sesuai dengan kapasitas dan kemampuan ekologisnya. Namun, pengelolaan hutan terdahulu cenderung memaksimalkan nilai ekonominya saja sehingga mendorong terjadinya kerusakan hutan. Hal ini membuat sektor kehutanan menjadi sektor yang cenderung dipandang sebelah mata, padahal hutan memiliki peranan penting bagi iklim dunia. Empat peran utama hutan adalah menyimpan karbon padat, menyerap karbon dioksida GRK dan mengubahnya menjadi biomassa, menghasilkan *green product*, dan juga sebagai sumber emisi GRK. Emisi karbon dioksida dari hutan bersumber dari pembakaran hutan, dekomposisi serasah, dan juga deforstrasi dan degradasi hutan.

### Paradigma Baru Pemanfaatan Sumber Daya Hutan dengan Konsep Multiusaha Kehutanan

| Penyedia<br>( <i>Provisioning</i> )      | Pengaturan<br>( <i>Regulating</i> )        | Budaya ( <i>Cultural</i> )         | Pendukung<br>( <i>Supporting</i> )  |
|--|--|------------------------------------|-------------------------------------|
| - Penyedia pangan                        | - Pengatur kualitas udara                  | - Budaya estetika                  | - Habitat dan keanekaragaman hayati |
| - Penyedia air                           | - Pengatur iklim                           | - Budaya rekreasi                  | - Pembentukan dan regenerasi tanah  |
| - Penyedia bahan bakar dan material lain | - Pencegahan dan perlindungan bencana alam | - Kegiatan parawisata dan rekreasi | - Produksi primer                   |
| - Penyedia sumberdaya genetik            | - Pengaturan air                           | - Warisan budaya dan identitas     | - Siklus hara                       |
|  | - Pemurnian air dan pengolahan limbah      |                                    |                                     |
|  | - Pengatur penyerbukan alami               |                                    |                                     |
|  | - Pengendalian hama                        |                                    |                                     |

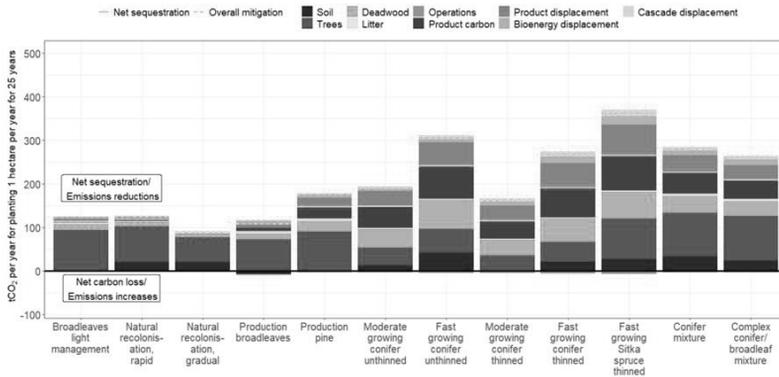
Tabel 1. Aspek pemanfaatan sumber daya hutan (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Ruang lingkup pemanfaatan hutan terdiri dari 3 fungsi, yaitu produksi kayu, produksi HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu), dan produksi jasa lingkungan.

Paradigma sekarang dan masa depan akan memandang hutan dari segi input dan diversifikasi output yang lebih luas aspeknya melalui pengelolaan secara lanskap. Keluaran dari masukan hutan terdiri dari 4 aspek yaitu, *provisioning*, *regulating*, *cultural*, dan *supporting*. Dengan memasukan 4 aspek tersebut sebagai luaran dari hutan, nilai ekonomi riil sektor kehutanan akan lebih tinggi dibandingkan dengan hanya memanfaatkan biomassa berupa kayu saja.

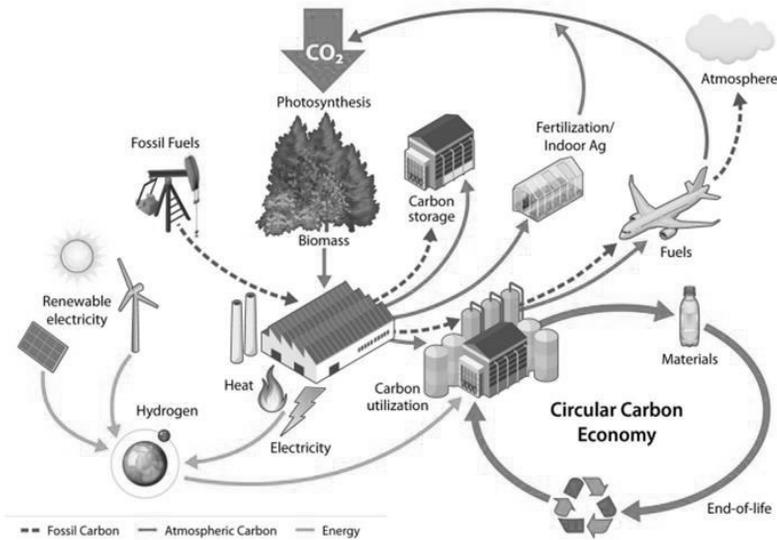
Multiusaha kehutanan dapat dilakukan dalam bentuk Multiusaha Karbon, Multiusaha Agroforestri, Multiusaha Silvopastura, dan Multiusaha Kebun Energi. Jenis multiusaha yang dapat dilakukan pada agroforestri adalah agroforestri jenis kayu pertukangan dan energi dengan tanaman seperti, jagung, singkong, porang, dan sejenisnya melalui kerjasama dengan para investor. Jenis multiusaha silvopastura dapat dilakukan dengan pembiakan dan penggembalaan ternak sapi dan pemanfaatan pupuk kandang. Jenis multiusaha kebun energi dapat dilakukan dengan budidaya jenis bambu dan sorgum untuk PLTBm dan juga tanaman penghasil biomassa energi seperti Gamal (*Gliricidia sepium*). Jenis multiusaha karbon dapat dilakukan dengan penyerapan dan penyimpanan karbon, pemanfaatan HHBK, dan jasa lingkungan. Skema multiusaha tersebut merupakan skema yang dapat meningkatkan produktivitas lahan sekaligus pemanfaatan secara optimal.

## Bio-Based Circular Carbon Economy dalam mencapai Net Zero Emission



Gambar 1. Penyerapan CO<sub>2</sub> tahunan estimasi selama periode 2022 hingga 2100 untuk 12 opsi hutan dengan asumsi 1 hektar hutan ditanam per tahun selama 25 tahun, mulai tahun 2022 (Sumber: Forest Research UK 2022)

Hasil penelitian Forest Research Inggris menunjukkan untuk periode 2022 sampai 2100, besarnya estimasi total mitigasi GRK (serapan karbon) pada program membangun 1 hektar hutan jenis daun jarum yang dikelola per tahun selama 25 tahun perkiraannya akan menyerap karbon antara 161 hingga 364 tCO<sub>2</sub> tahun<sup>-1</sup>. Laju penyerapan karbon dan perkembangannya dari waktu ke waktu bergantung pada faktor-faktor tertentu yang terkait dengan bagaimana hutan dibuat di lokasi yang berbeda dan bagaimana hutan dikelola setelah dibangun. Laju dan pola penyerapan karbon yang berbeda pada tiap tipe hutan memberikan kita opsi perencanaan untuk tujuan yang lebih luas dengan diversifikasi pengelolaan hutan (misalnya rekreasi dan kesejahteraan, keanekaragaman hayati, perlindungan air, pasokan kayu dan biomassa), di samping hanya memberikan keseluruhan manfaat karbon jangka panjang saja.



Gambar 2. Skema bio-based circular carbon economy (Sumber: Tan dan Lamers 2021)

Penangkapan karbon atmosfer melalui pertumbuhan tanaman lebih hemat energi dari pada penangkapan dan pemanfaatan karbon atmosfer melalui penangkapan udara langsung yang mungkin membutuhkan 10-25 kali lebih banyak tenaga listrik (Tan dan Lamers, 2021). Asumsi dalam kasus ini adalah praktik produksi biomassa yang berkelanjutan, termasuk mencegah potensi efek samping merugikan dari pemanfaatan biomassa primer (yang ditumbuhkan dengan tujuan tertentu) yang tanpa memperhatikan keberlanjutan biomassa tersebut. Jika hal ini dapat diimplementasikan dengan baik, ekonomi karbon sirkular berbasis bio dapat secara berkelanjutan menghasilkan makanan, pakan, bahan kimia, bahan bakar, dan bahan untuk sejumlah besar industri.

### **FOLU Net Sink 2030 dan Hubungannya dengan Konsep Multiusaha Kehutanan**

Dalam dokumen Rencana Operasional Indonesia's FOLU Net Sink 2030, masalah pendanaan menjadi masalah krusial bagi Indonesia untuk pengendalian perubahan iklim sektor lahan. Skema pendanaan pembayaran berbasis hasil (RBP-REDD+) menjadi peluang menjanjikan

untuk pendanaan dalam rangka pelaksanaan FOLU Net Sink 2030. Investasi dengan tujuan pemulihan kini menjadi jasa yang bisa diperdagangkan di pasar karbon. Dengan memulihkan hutan, pemilik konsesi bisa mendapatkan kompensasi berupa perdagangan tiap unit serapan emisi karbon. Hal yang menjadi kendala terkait peminjaman modal berbasis keuangan berkelanjutan dan skema perdagangan karbon ini adalah monitoring dan evaluasi kegiatan usaha yang dilakukan suatu perusahaan di dalam hutan. Salah satu solusinya adalah dengan bekerja sama dengan para ahli dan konsultan lokal untuk mendapatkan informasi publik secara lokal melalui citra satelit, inventarisasi secara langsung, dan menilai dokumen tentang kegiatan perusahaan.

### Contoh Skema Usaha Sektor Kehutanan dalam Mencapai FOLU Net Sink 2030 dan Net Zero



Gambar 3 Pola tanam multiusaha pada kawasan hutan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Usaha pemanfaatan kawasan hutan dengan skema multiusaha dapat dilakukan dengan usaha pemanfaatan kayu, hasil hutan bukan kayu, pemanfaatan air, pemanfaatan energi air, pemanfaatan jasa wisata alam, dan pemanfaatan penyimpanan dan penyerapan karbon. Penerapan multiusaha kehutanan ini dapat dilakukan di hutan tanaman, hutan rakyat, dan juga kawasan hutan alam yang telah memiliki Perizinan

Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH). Pola tanam untuk multiusaha berbasis karbon dapat ditanam dengan pembagian, yaitu 50% untuk agroforestri dan tanaman pokok hutan, 30% untuk serapan karbon, dan 20% untuk biomassa energi (Gambar 3).

Contoh model penanaman yang dapat dilakukan pada luasan lahan 1 hektar adalah 50% tanaman kehutanan dengan tujuan produksi, seperti jati dan mahoni untuk hasil hutan kayu serta akasia dan pinus untuk pulp dan kertas. Hasil hutan bukan kayu nya juga dapat dimanfaatkan sekaligus diselingi dengan penanaman agroforestri yang dapat berupa kopi, alpukat, jagung, singkong, porang, dan sejenisnya. Selanjutnya, kita dapat menanam 20% tanaman untuk persediaan biomassa bahan baku energi seperti tanaman gamal (*Gliricidia sepium*) yang rantingnya dapat digunakan sebagai bahan baku biomassa energi dan juga daunnya dapat digunakan sebagai pakan ternak. Terakhir adalah penanaman tanaman yang berfungsi sebagai serapan karbon dan menyimpan karbon secara permanen dengan jumlah tanaman 30% dari luas 1 hektar tersebut. Berdasarkan skema yang telah disebutkan, kita dapat menghasilkan berbagai macam produk kehutanan hanya dalam luasan 1 hektar, yaitu produksi hasil hutan kayu, hasil hutan bukan kayu, perdagangan karbon, penyedia bahan baku bioenergi, dan agroforestri.

Skema bisnis ini tentunya memajukan sektor kehutanan Indonesia sehingga dapat mencapai target yang telah dimandatkan oleh regulasi internasional yaitu capaian *Nationally Determined Contribution* (NDC) bahkan hingga mencapai Indonesia Net Zero Emission.

### Daftar Pustaka

- Tan, ECD., and Lamers, P. (2020). Circular bioeconomy concepts - a prespective. *Front. Sustain.* 2, 2–8. doi: 10.3389/frsus.2021.701509.
- The Research Agency of the Forestry Commission GOV UK. (2022). Quantifying the sustainable forestry carbon cycle: summary report. [https://cdn.forestresearch.gov.uk/2022/07/QFORC\\_Summary\\_Report\\_rv1e\\_final.pdf](https://cdn.forestresearch.gov.uk/2022/07/QFORC_Summary_Report_rv1e_final.pdf)

Artikel 19

## **Greencosmetic Hair Care Aluve: Enkapsulasi Gel Lidah Buaya (Aloe Vera L) Dengan Aerogel Silika dan Silk Fibroin Ulat (Bombyx Mori) Sebagai Upaya Mewujudkan Low Carbon Living**

Karya: Nurul Khorina Ilmi (Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Email: nurulilmi.khorina@gmail.com

Dewasa ini, industri kecantikan memiliki nilai bisnis sebesar 532 miliar dollar yang diperkirakan akan tumbuh lebih jauh dari waktu ke waktu. Namun, tidak dipungkiri bahwa industri kecantikan dan kosmetik sangat berdampak pada emisi karbon global dan akibatnya sangat berbahaya bagi lingkungan (Zafar, 2021). Diperkirakan sekitar 70% limbah industri kecantikan berasal dari kemasannya. BBC menyebutkan industri kosmetik merupakan salah satu penyumbang terbesar pencemaran lingkungan, terutama mikroplastik atau microbeads yang digunakan dalam shampoo dan lulur, serta wadah-wadahnya yang kebanyakan terbuat dari plastik sekali pakai (BBC, 2016).

Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Pengetahuan Indonesia memperkirakan bahwa pada 2050 jumlah sampah plastik akan melebihi jumlah tangkapan ikan di perairan Indonesia. Secara global, diperkirakan 8 juta ton jumlah plastik yang terbuang ke lautan dan mengganggu kehidupan biota biota laut (P2OLUPI, 2019). Oleh karena itu, suatu suatu packaging dengan material khusus ramah lingkungan yang mampu mempertahankan kualitas produk alami 100% tanpa penambahan bahan kimia berbahaya.

Di Sidoarjo, fenomena lumpur lapindo dan volumenya yang terus bertambah secara cepat mengkhawatirkan berbagai pihak meski berbagai upaya yang dilancarkan oleh pemerintah dan pihak perusahaan (Salam, 2017). Cara mengurangi dampak yang diakibatkan oleh luapan lumpur adalah dengan mengetahui dengan baik sifat dan karakter lumpur serta

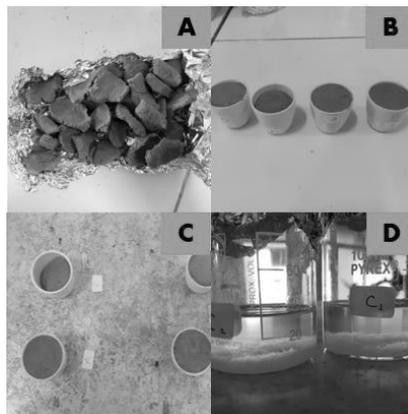
memanfaatkannya dengan baik. Kandungan lumpur lapindo antara lain terdiri dari 53,08% SiO<sub>2</sub>, 18,27% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5,60% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan 0,57% TiO<sub>2</sub> (Dananjaya, et al., 2016). Kandungan silika yang besar ini menyebabkan lumpur Lapindo memiliki potensi yang besar jika dimanfaatkan untuk pembuatan aerogel silika. Silika aerogel merupakan *smart material* dengan sifat fisika yaitu nanopore, struktur internal cross linked sehingga memiliki luas 1000 m<sup>2</sup>/g, konduktivitas termal rendah (~ 0,05 W/m), massa jenis rendah 50 g·cm<sup>-3</sup>, dan digunakan secara luas dalam aplikasi sains dan teknik (Hrubesh, 1998). Aerogel silika juga dapat dimodifikasi secara kimia sesuai dengan penggunaan yang spesifik, serta mampu menambah masa simpan suatu produk. Pada tahun 2013, Haris Zaemy telah berhasil melakukan penelitian dengan memanfaatkan lumpur lapindo untuk memproduksi silica aerogel yang memiliki kualitas hampir sama dengan komersil. Aerogel silika dari lumpur Lapindo dapat disintesis dengan metode pengeringan pada tekanan ambient. Analisa gugus fungsi menggunakan spektrofotometer IR menunjukkan bahwa permukaan aerogel silika berhasil dimodifikasi yaitu ditunjukkan adanya puncak pada bilangan gelombang 848,62; 1379,01; dan 2962,46 cm<sup>-1</sup>. Aerogel silika yang diperoleh berbentuk bongkahan. Akan tetapi, aerogel silika merupakan material yang cukup rapuh saat digunakan dan menghasilkan partikel debu (NASA, 2014; Akhinov, dkk., 2014). Oleh karena itu, kelebihan aerogel silika yaitu sifat ultra ringan dan ketahanan panasnya harus dikombinasikan dengan material lain yang biodegradable, kuat serta fleksibel.

Ulat sutra *Bombyx mori* telah banyak dimanfaatkan dalam aplikasi berteknologi tinggi (Kwak, et al., 2017). Penambahan silk fibroin *Bombyx mori* oleh Olivia Hallisey (2016) pada penelitiannya mampu membuat reagen ELISA harus disimpan di suhu es, bisa bertahan pada suhu ruang dengan masa simpan selama satu minggu. Pada proses ekstraksi, dilakukan beberapa modifikasi pada metode dan bahan. Prosedur oleh Nandagesta Aurelia & Nasim Mubarak (2019) memiliki kelebihan yakni, lebih murni dari sericin, lebih halus, membutuhkan waktu dan energi yang lebih sedikit, dan lebih murah dari aspek lama penggunaan alat laboratorium dan bahan modifikasi. Larutan silk fibroin yang

dihasilkan agak kental. Penambahan senyawa silika juga berperan dalam penambahan lama simpan produk, dimana penambahan bionanosilika maupun nanosilika komersial mampu menambahkan lama simpan reagen ELISA menjadi kurang lebih 28 hari.

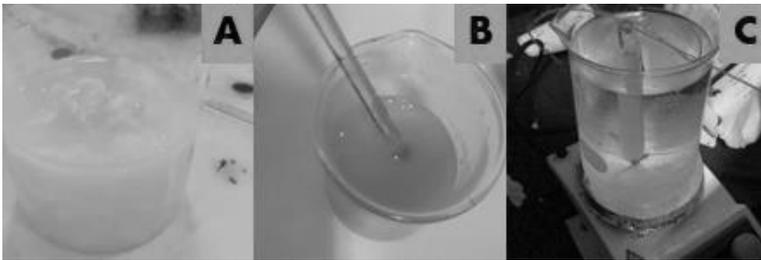
ALUVE merupakan produk dengan kemasan aerogel silika dari lumpur lapindo yang ditambahkan dengan Silk Fibroin (SF) yang diambil dari kokon ulat sutra *Bombyx mori* yang didapat dengan prosedur sesuai dengan penelitian oleh Nandagesta Aurelia & Nasim Mubarak (2019) sebagai pembungkus gel lidah buaya sebagai produk perawatan rambut yang alami bagi wanita Indonesia. Digunakan teknologi enkapsulasi untuk melindungi kandungan senyawa aktif yang melimpah dari gel lidah buaya. Enkapsulasi dapat melindungi bahan aktif dari pengaruh lingkungan yang merugikan seperti kerusakan akibat oksidasi, hidrolisis, penguapan atau degradasi panas sehingga bahan aktif akan mempunyai masa simpan yang lebih panjang serta mempunyai kestabilan proses yang lebih baik (Nasrullah, 2010).

Pengembangan ALUVE dimulai dengan ekstraksi silika dari lumpur Lapindo. Sampel lumpur lapindo diambil dari Desa Jatirejo dan Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Dilakukan tahap yaitu dikeringkan dengan oven (A), dihaluskan (B), dikalsinasi dengan furnace (C) kemudian diekstraksi dengan NaOH dan HCl (D).



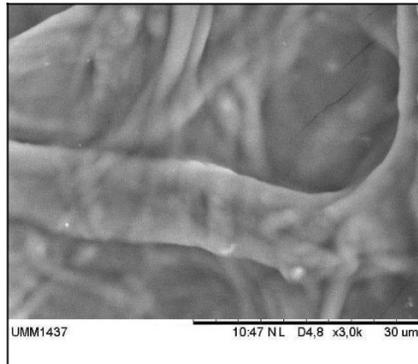
Gambar 1. Ekstraksi Silika (Dokumentasi pribadi)

Selanjutnya dilakukan pembuatan larutan SF dari kokon ulat sutra *Bombyx mori*. Kokon ulat sutra *Bombyx mori* didapat dari peternakan ulat sutra lokal yang berlokasi di Kota Bogor, Jawa Barat. Preparasi yang perlu dilakukan untuk sampel kokon merupakan memisahkan kokon dengan kotoran yang masih menempel serta pemotongan kokon hingga berukuran kecil. Untuk mendapatkan larutan silk fibroin, sericin harus dihilangkan dari kokon ulat sutra melalui proses yang dinamakan *degumming*. Proses *degumming* dilakukan dengan merebus sebanyak 5 gr kokon ulat sutra *Bombyx mori* dengan 0,02 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan 1 liter akuades selama 2 x 60 menit (A – B). Selanjutnya dilakukan proses urifikasi untuk menghasilkan larutan silk fibroin yang lebih murni dengan dialisis (C), kemudian dengan sentrifugasi dengan kecepatan 9000 rpm selama 20 menit.



Gambar 2. Pembuatan Larutan SF (Dokumentasi pribadi)

Dilakukan pengujian menggunakan SEM untuk mengetahui struktur dari larutan silk fibroin. Dapat dilihat bahwa silk fibroin membentuk jaring jaring yang terdiri dari banyak serat yang saling mengikat, melindungi lidah buaya dari udara luar sehingga bisa menghambat aktivitas biologis aktif yang ada di dalam lidah buaya. Hal ini menyebabkan penghambatan kepada proses degradasi lidah buaya sehingga menjaga kualitas produk hingga sampai ke tangan konsumen.



Gambar 3. Hasil Uji SEM (Dokumentasi pribadi)

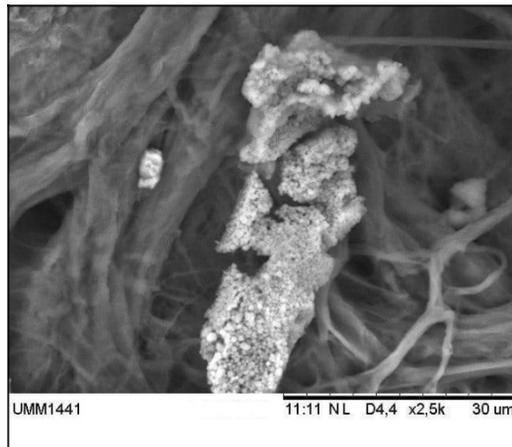
Dilakukan pengujian komposisi silika aerogel dengan larutan silk fibroin yang telah dipurifikasi untuk menentukan perbandingan yang paling optimal sebagai pembungkus ALUVE. Berdasarkan penelitian oleh Abdullah, *et al* (2016) bentuk dan warna yang ada dalam kemasan merupakan faktor yang menentukan ketertarikan konsumen. ALUVE dibentuk bola bola karena bentuk tersebut dinilai unik dan cantik oleh konsumen khususnya dari kalangan wanita. Bentuk bola dibuat menggunakan cetakan silikon dengan diameter 30 mm, terdapat lubang kecil pada bagian atas sebagai tempat untuk menyuntikkan gel lidah buaya dalam cetakan.



Gambar 4. Prototype ALUVE (Dokumentasi pribadi)

Terdapat beberapa uji yang dilakukan untuk menentukan kelayakan ALUVE, meliputi karakterisasi SF dan silika aerogel dengan SEM, daya

tahan lidah buaya dalam kemasan SF dan silika aerogel, dan lain lain. Dari citra SEM dapat dilihat bahwa struktur silika berikatan dengan silk fibroin, mengisi rongga rongga sehingga menghalangi kontak senyawa aktif lidah buaya dengan udara luar sehingga mampu memperlambat oksidasi.



Gambar 5. SEM ALUVE (Dokumentasi pribadi)

Dilakukan uji daya tahan lidah buaya murni dengan kemasan ALUVE pada suhu ruang dengan indikator secara fisik yaitu perubahan bau, bentuk serta warna. serta secara kimiawi, dimana dianalisis kandungan lidah buaya yang ada di dalam kemasan dan dibandingkan dengan kandungan lidah buaya murni. Hasil observasi ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Daya Tahan Lidah Buaya

| Sampel | Waktu Observasi |     |     |     |     |     |     |     |
|--------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|        | H+1             | H+2 | H+3 | H+4 | H+5 | H+6 | H+7 | H+8 |
| A-1    | +               | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| A-2    | +               | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |
| A-3    | +               | +   | +   | +   | +   | +   | +   | +   |

Keterangan :

- ( + ) = kondisi lidah buaya masih segar tanpa adanya perubahan secara fisik
- ( - ) = kondisi lidah buaya menunjukkan perubahan secara fisik

ALUVE menunjukkan potensi yang sangat baik serta membuka potensi bagi dunia industri untuk menggunakan kemasan bio-preservatif yang ramah lingkungan yang bisa diimplementasikan ke dalam banyak aspek dalam kehidupan. Kedepannya, prototyping dan pengembangan produk ALUVE dapat berkolaborasi dengan masyarakat lokal daerah Lumpur Lapindo dan budidaya lidah buaya dalam memperoleh bahan baku, serta Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Universitas Brawijaya dalam pengujian laboratorium. Perwujudan dalam lingkup kecil, ALUVE dapat menggandeng komunitas remaja dengan ketertarikan pada lingkungan dan industri kecantikan, serta berkolaborasi secara lingkup yang lebih besar dengan Pemerintah Daerah, Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup (KLH) dan Dinas Perindustrian, Koperasi dan Usaha Kecil dan Menengah. Selain itu, dengan kemasan dan produk ramah lingkungan, ALUVE merupakan produk yang tepat dalam mewujudkan *Low Carbon and Sustainable Living* di Indonesia.

## Daftar Pustaka

- Akhinov A.J. and Hati D.P.** SINTESIS SILIKA AEROGEL BERBASIS ABU BAGASSE DENGAN PENGERINGAN PADA TEKANAN AMBIENT [Journal]. - Surabaya : Intitut Teknologi Sepuluh November, 2010.
- BBC** Why are microbeads controversial? [Online] // BBC News. - BBC, August 24, 2016. - April 16, 2020.
- Hallisey Olivia** Temperature-Independent, Portable, and Rapid Field Detection of Antigens [Patent] : 9846153. - USA, 2017.
- Kwak H.W. [et al.]** Sericin Promotes Fibroin Silk I Stabilization Across a Phase-Separation [Journal]. - [s.l.] : Biomacromolecules, 2017. - Vol. 18.
- Mubarok N and Wagmi N.A.S.** Pantyliner Deteksi Dini Kapsid Human Papilloma Virus Tipe 16 dan 18 Melalui HPV Strip [Journal]. - Malang : [s.n.], 2019.
- Nasrullah F.** Pengaruh Komposisi Bahan Pengkapsul Terhadap Kualitas Mikrokapsul Oleoresin Lada Hitam (*Piper nigrum* L.) [Journal]. - Bogor : Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, 2010.
- P2OLUPI** Studi Monitoring Bulanan Sampah [Report]. - Jakarta : P2OLUPI, 2019. **Zaemy H., Tjahjanto R.T. and Darjito** SINTESIS AEROGEL SILIKA DARI LUMPUR LAPINDO DENGAN PENAMBAHAN TRIMETILKLOSILAN (TMCS) [Journal]. - Malang : KIMIA STUDENT JOURNAL, 2013. - 2 : Vol. 1.

Artikel 20

## **INHULIR: Integrasi Hulu-Hilir Pengolahan Limbah Plastik PET di Indonesia sebagai Upaya Penerapan Ekonomi Sirkular dan Pemenuhan Sustainable Development Goals Berbasis Internet of Things (IoT)**

Karya: Sarah Auliyasyifa (Mahasiswa Universitas Indonesia, Jakarta)

Email: sarah.auliyasyifa@ui.ac.id

### **Latar Belakang**

Seiring berjalannya waktu, material-material baru banyak ditemukan, salah satunya penemuan material *Polyethylene terephthalate* (PET) yang saat ini masif digunakan sebagai bahan baku pembuatan botol-botol minuman kemasan. Akibatnya, sampah yang dihasilkan dari kemasan sekali pakai itupun menjadi menumpuk. Berdasarkan data dari *website* Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, limbah plastik menyumbang sebesar 17,43% dari total jenis sampah Indonesia yang mana mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Bahkan, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat produksi sampah plastik Indonesia mencapai 66 juta ton per tahunnya.

Maraknya penggunaan PET membuat lingkungan menjadi tercemar dengan limbah-limbahnya yang dipercayai “tidak dapat” didaur ulang. Akan tetapi, menurut Awaja Firas dan Pavel Dumitru dalam *European Polymer Journal* yang dipublikasi pada tahun 2005, mereka menjelaskan proses daur ulang PET. Hal ini berarti limbah PET sebenarnya dapat didaur ulang. Didukung oleh riset dari Sustainable Waste Indonesia (SWI) yang dilakukan pada tahun 2021, mengatakan bahwa tingkat daur ulang plastik PET merupakan yang paling tinggi dibanding jenis plastik lainnya dengan tingkat daur ulang botol PET sebesar 74% dan galon PET sebesar 93%.

Melansir dari *website* [enfrecycling.com](http://enfrecycling.com), terdapat 20 *plastic recycling plants* yang tersebar di Indonesia yang dimiliki beberapa perusahaan daur ulang, antara lain Langgeng Jaya Group, PT. Mega Harphi Supindo, PT.

Production Recycling Indonesia, dsb. Namun proses daur ulang limbah plastik PET tersebut berakhir pada pembuatan *pellet* kembali yang selanjutnya dijadikan bahan baku pembuatan produk yang sama. Biasanya, *recycled* PET yang digunakan hanya berkisar 30-50% pada produk baru yang dibuat sehingga tentunya efisiensi menjadi pertimbangan dalam usaha daur ulang PET. Maka dari itu, diperlukan upaya hilirisasi yang dapat meningkatkan nilai tambah dengan memanfaatkan 100% *recycled* PET.

### **Inovasi**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, untuk dapat mengatasi permasalahan lingkungan berupa limbah plastik yang kian bertambah setiap harinya, tentunya diperlukan kontribusi dari setiap elemen bangsa. Melihat hal itu, saya menawarkan solusi, sebuah sistem yang dapat dilakukan oleh masing-masing elemen bangsa Indonesia, mulai dari pemerintah, masyarakat, hingga pelaku-pelaku usaha terkait sehingga usaha daur ulang limbah plastik dapat dilakukan secara masif dan berkelanjutan. Inovasi solusi tersebut saya beri nama “INHULIR: Integrasi Hulu-Hilir Pengelolaan Limbah Plastik PET di Indonesia”

Solusi sistem usaha daur ulang limbah plastik tersebut berskala nasional yang diawali dengan pembuatan peraturan pemerintah agar semua masyarakat diwajibkan memilah sampahnya, terutama sampah plastik berbahan PET. Nantinya, warga akan diedukasi terkait jenis sampah plastik tersebut melalui media-media sosial, iklan, maupun pencerdasan secara langsung. Edukasi yang diberikan juga dapat dilakukan untuk menarik masyarakat memilah sampahnya dengan memberi informasi mengenai keuntungannya dan produk yang dapat dibuat dari usaha memilah dan mendaur ulang limbah plastik PET tersebut. Selanjutnya, pengumpulan dari sampah plastik tersebut dilakukan dengan metode *Internet of Things* (IoT), dimana masyarakat dapat mengunduh aplikasi yang terhubung dengan mesin pengumpul sampah yang tersedia di setiap kecamatan. Akan tetapi, sebelum dimasukkan ke dalam mesin sampah, masyarakat diminta untuk mencacah sampahnya. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi konsumsi energi pada saat limbah plastik masuk

ke tahap pengolahan. Upaya tersebut juga merupakan salah satu cara pengefisienan dan peningkatan produktivitas proses produksi. Nantinya, setiap akan membuang sampah plastik PET yang telah dipilah dan dicacah, masyarakat diminta melakukan *scan barcode* sehingga pada akun yang dimiliki akan otomatis *ter-update* terkait berat sampah total yang telah dikumpulkan untuk selanjutnya dapat dikonversi menjadi poin yang dapat ditukarkan di *merchant* mitra ataupun masyarakat dapat memilih untuk mendapatkan produk hasil daur ulang plastik yang mereka kumpulkan. Aplikasi yang diunduh tersebut juga terintegrasi dengan akun pelaku-pelaku usaha daur ulang plastik yang bermitra. Ketika mesin sampah sudah penuh, pada akun perusahaan akan otomatis *ter-update* dan siap untuk diambil dan masuk ke tahap pengolahan.

Bekerja sama dengan beberapa perusahaan daur ulang plastik, limbah plastik PET kemudian masuk ke tahap pengolahan. Tahapannya diawali dengan pencucian limbah PET untuk menghilangkan kotoran ataupun cairan yang masih menempel. Pencucian dilakukan dengan *detergent* dan cairan asam pada suhu sekitar 50-70°C. Setelah itu, dilakukan pencacahan kembali limbah PET menggunakan *shredder* atau *grinder*. Karena sudah tercacah sebagian, konsumsi energi yang digunakan dapat dikurangi dan proses produksi pun menjadi lebih cepat. Selanjutnya masuk ke proses ekstruksi, dimana limbah plastic PET yang telah dicacah kecil-kecil akan dipanaskan hingga meleleh di dalam *barrel* dengan *gays* gesekan dari *screw* dan panas dari *thermocouple*. Pada cetakannya, dibuat bentuk rongga-rongga sehingga ketika keluar, lelehan PET akan berbentuk menyerupai mie berwujud semi-padat. Lelehan PET kemudian dilakukan *skrilling* atau *roll drawing* menggunakan mesin *skriller* untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan, serta mengurangi *residual stress*. Setelah melewati tahap tersebut dan dikeringkan, lelehan PET akan berubah menjadi serat-serat (*polyester-like*) yang siap untuk dipintal menjadi kain pakaian.

Berbeda dengan proses daur ulang yang telah dilakukan beberapa perusahaan hingga saat ini yang hanya berupa pembuatan *pellet* kembali, setelah melewati proses ekstrusi, dilakukan hilirisasi dengan membuat produk dari serat PET. Produk yang dihasilkan dapat berupa kaus, *jersey*, dan kain-kain lainnya. Hilirisasi ini dilakukan dengan melibatkan

masyarakat-masyarakat di daerah 3T untuk diberdayakan sehingga dapat meningkatkan taraf hidup dan perekonomian di daerah tersebut. Produk kain yang dihasilkan nantinya akan dijual ataupun dijadikan *reward* bagi masyarakat yang telah berkontribusi menyumbang, memilah, dan mencacah sampah di awal proses. Penjualan dan pembelian dapat dilakukan di aplikasi yang sama sehingga memudahkan keseluruhan pihak dalam mengakses informasi dan memantau *update* terkait pengolahan limbah plastik PET ini.

Dari sistem yang dijalankan tersebut dimungkinkan adanya kendala-kendala, seperti pengadaan mesin pengumpul sampah yang tidak merata, kesulitan meningkatkan *awareness* masyarakat, serta tingginya biaya transportasi. Akan tetapi, terlepas dari kendala-kendala tersebut, manfaat yang didapatkan jauh lebih banyak dan akan dapat terus dirasakan, seperti:

1. Mengurangi limbah plastik yang selama ini menjadi perhatian dan fokus hangat,
2. Mengubah pandangan buruk masyarakat terhadap plastik yang tidak dapat didaur ulang,
3. Menarik minat masyarakat terhadap sirkular ekonomi,
4. *Energy savings*, dimana konsumsi energi pembuatan kain dari *recycled* PET ~45% lebih rendah daripada membuat serat polyester murni,
5. Pelestarian lingkungan dan mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> yang sangat besar saat proses pembuatan serat polyester murni, serta
6. Melakukan hilirisasi untuk meningkatkan taraf hidup dan perekonomian masyarakat di daerah 3T.

Melalui inovasi sistem yang saya bawa, saya berharap inovasi ini dapat menjadi salah satu upaya dalam memenuhi poin ke-12 dan 13 dari SDGs (*Sustainable Development Goals*), yakni poin terkait *responsible consumption and production* dan poin mengenai *climate action*. Selain itu, melalui hilirisasi *recycled* PET juga diharap dapat berkontribusi dalam pemenuhan poin ke-8 mengenai *decent work and economic growth* melalui peningkatan efisiensi dan produktivitas produksi sekaligus menunjang revolusi industri 5.0.

## Referensi

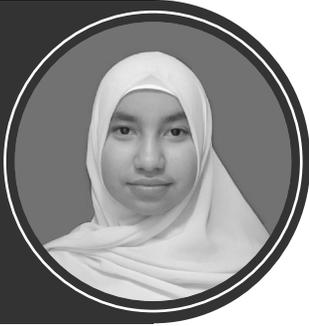
- Awaja, F., & Pavel, D. (2005). Review - Recycling of PET. *European Polymer Journal*, 1453-1477.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Limbah Plastik Indonesia*.
- ENF Recycling. (n.d.). *Plastic Recycling Plants in Indonesia*. Retrieved from enfrecycling.com: <https://www.enfrecycling.com/directory/plastic-plant/Indonesia>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (n.d.). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. KLHK RI.
- SustainYourStyle. (n.d.). *Recycled Polyester*. Retrieved from [sustainyourstyle.org: https://www.sustainyourstyle.org/en/recycled-polyester](https://www.sustainyourstyle.org/en/recycled-polyester)
- TENCATE. (2021, November 23). *The Rise of Recycled Polyester Fibres in the Production of Sustainable Protective Clothing*. Retrieved from [eu.tencatefabrics.com: https://eu.tencatefabrics.com/blog/pros-and-cons-of-recycled-polyester-in-workwear-fabric](https://eu.tencatefabrics.com/blog/pros-and-cons-of-recycled-polyester-in-workwear-fabric)
- United Nations, Economic and Social Council. (2022). *Progress towards the Sustainable Development Goals: Report of the Secretary-General*. United Nations.



Karya-Karya Terbaik Siswa  
Sekolah Menengah Atas

# KATEGORI LINGKUNGAN





Artikel 21

## ***Caulerpa Lentillifera*: Upaya Menekan Mitigasi Gas Metana Dari Sektor Peternakan**

Karya: Izza Lutfiah (Siswa SMA Negeri 1, Sumenep)

Email: izzacikncak@gmail.com

Salah satu faktor penyebab pemanasan global adalah gas metana. Gas ini merupakan hidrokarbon yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik dengan bantuan bakteri pembentuk metana. Gas metana dengan kadar tinggi dapat menyebabkan kebakaran, ledakan, dan berkurangnya kadar oksigen hingga 19,5% pada atmosfer bumi, yang mana hal tersebut berdampak pada terjadinya pemanasan global.

Kegiatan peternakan terutama ternak ruminansia setidaknya menyumbang 24,1% dari total emisi gas metana melalui aktivitas pencernaan dan pengelolaan feses ternak yang dampaknya setara dengan 21 kali lebih berbahaya dibandingkan dengan CO<sub>2</sub> (Gustiar, 2014). Kualitas pakan merupakan faktor yang mempengaruhi produksi gas metana selama proses pencernaan pakan.

Semakin tinggi kandungan serat maka nilai kecernaannya semakin rendah, namun semakin banyak gas metana yang dihasilkan (Yeni Widiawati, 2017). Sumber bahan pakan ruminansia dihasilkan dari sektor pertanian. Namun umumnya hasil samping pertanian memiliki kualitas yang rendah dengan ciri-ciri kandungan serat yang tinggi dan kandungan protein yang rendah (Maryono, 2009). Dengan ketersediaan hijauan berkualitas untuk ternak ruminansia yang terbatas, kondisi ini menyebabkan sektor peternakan menyumbang lebih banyak gas metana.

Selain itu gas metana pada ternak ruminansia juga dihasilkan oleh bakteri methanogen. Protozoa pada rumen merupakan inang bagi bakteri methanogen yang memanfaatkan gas H<sub>2</sub> yang diproduksi oleh

protozoa dan dikonversi menjadi CH<sub>4</sub> dengan bantuan CO<sub>2</sub> (Wahyuni, 2014). Sehingga penekanan jumlah protozoa diharapkan dapat mengoptimalkan jumlah bakteri rumen dan menjadi solusi mitasi gas metana yang dihasilkan oleh ternak ruminansia.

*Caulerpa Lentillifera* mengandung mengandung zat bioaktif yang terdiri dari flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, fenol, dan steroid/triterpenoid (Saputri, 2019). Saponin dan tanin pada *Caulerpa lentillifera* dapat digunakan sebagai agen defaunasi yang dapat menekan jumlah protozoa (Wahyuni, Penentuan Dosis Tanin dan Saponin untuk Defaunasi, 2014). Tanin akan membentuk ikatan kompleks dengan protein, karbohidrat, mineral, vitamin, dan enzim mikroba rumen (Widyobroto, 1995). Sedangkan saponin akan merusak integritas membran sel pada protozoa, dan menghambat proses methanogenesis, dan membuat produktivitas ternak menjadi lebih efisien (Wang, 2011). Kombinasi saponin dan tannin sebagai agen defaunasi diharapkan dapat lebih optimal dalam upaya mitasi gas metana dalam rumen ternak ruminansia.

Oleh karena itu, kami tertarik untuk memanfaatkan kandungan yang terdapat pada *Caulerpa lentillifera* sebagai upaya menekan jumlah gas metana yang dihasilkan oleh ternak ruminansia melalui manipulasi rumen menggunakan metode defaunasi. Melalui penelitian ini, diharapkan ditemukannya alternatif untuk mengurangi jumlah gas metana, pengoptimalan pemanfaatan kandungan pada *Caulerpa lentillifera*, dan meningkatkan jumlah energi pakan ternak sehingga produksinya juga dapat mengalami peningkatan. Dengan adanya penelitian ini juga diharapkan dapat menekan emisi gas metana dari sektor peternakan melalui penggunaan pakan ternak berbahan ekstrak *Caulerpa lentillifera* dengan memanfaatkan tanin dan saponin yang terkandung dalam *Caulepa lentillifera*.

Literatur yang melaporkan penambahan sumber kaya saponin di berbagai tingkatan dan emisi CH<sub>4</sub> rumen in vitro merupakan sumber data yang digunakan. Studi yang berbeda diperlakukan sebagai efek acak, sedangkan tingkat saponin penambahan sumber yang kaya atau sumber saponin yang berbeda dianggap sebagai efek tetap. Sumber

kaya saponin memiliki keunggulan komparatif dibandingkan dengan sumber kaya tannin dalam mitigasi CH<sub>4</sub> emisi dari ruminansia. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa meskipun kadar tannin yang lebih tinggi mengurangi emisi CH<sub>4</sub>, penurunan nyata dalam total produksi gas dan OMD diamati (Jayanegara, 2012), sementara ini sepertinya tidak terjadi pada sumber kaya saponin. Parameter produksi total SCFA menunjukkan tidak ada penurunan SCFA total dengan meningkatkan sumber kaya saponin. Sebaliknya, SCFA total meningkat.

Uji coba pada sapi perah laktasi awal dengan penambahan *Yucca schidigera* atau *Quillaja saponaria* bubuk dengan takaran 10g/kg DM ke dalam ransum campuran total membuktikan bahwa pemberian saponin tidak mempengaruhi emisi CH<sub>4</sub> menurut Holtshausen et al. (2009). Sebaliknya, penambahan saponin teh 3 g/hari pada pakan secara signifikan menurunkan emisi CH<sub>4</sub> dari 26,2 hingga 19,0 L/kg DMI serta aktivitas protozoa rumen yang dibandingkan dengan diet kontrol (Mao, 2010).

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan 1 gram saponin teh dapat menurunkan sebesar 2,4 L/kg DMI emisi CH<sub>4</sub>. Penambahan quillaja atau teh yucca menurunkan emisi CH<sub>4</sub> rumen (dalam mL/g DM) masing-masing sebesar 7,9%, 13,0%, atau 22,3% dibandingkan dengan kontrol. Ketika CH<sub>4</sub> unit disajikan sebagai mL/100 mL total gas, penambahan quillaja atau teh yucca menurunkan emisi masing-masing sebesar 9,5%, 13,2%, atau 23,3% dibandingkan kontrol. Angka-angka tersebut menunjukkan bahwa saponin steroid mungkin lebih efektif dalam mengurangi rumen CH<sub>4</sub> dibandingkan dengan saponin triterpenoid (Anuraga Jayanegara, 2014).



Sifat anti-protozoa saponin menyebabkan perubahan permeabilitas membran sel dengan membentuk kompleks dengan kolesterol pada membran sel protozoa dan memicu lisis sel (Pen, 2008). Secara hipotesis, interaksi hidrofobik antara saponin steroid dengan kolesterol membran tersebut tampaknya lebih efektif dalam menyebabkan lisis protozoa daripada saponin triterpenoid. Namun, hipotesis tersebut masih belum bisa dibuktikan secara langsung sehingga dibutuhkan penelitian lanjutan untuk memberikan penjelasan yang tepat mengenai mekanisme pengaruh struktur saponin terhadap aktivitas dan metabolisme sel protozoa.

Kesimpulan yang didapat melalui penelitian ini adalah bahwa sumber kaya saponin memiliki keunggulan komparatif dibandingkan dengan sumber kaya tannin dalam mitigasi emisi CH<sub>4</sub> dari ruminansia. Meski demikian, pemanfaatan tannin melalui pakan ternak dalam menekan emisi CH<sub>4</sub> juga memiliki perannya meski dapat dikatakan bahwa saponin memiliki keunggulan yang komparatif dibanding tannin. Selain itu juga disimpulkan bahwa saponin steroid bekerja lebih baik dalam menurunkan emisi CH<sub>4</sub> dibandingkan dengan saponin triterpenoid.

Alternatif *Caulerpa lentillifera* melalui pakan ternak dalam menekan emisi CH<sub>4</sub> ini diharapkan dapat terealisasi sehingga inovasi ini tidak hanya berakhir menjadi gagasan tertulis saja namun juga memberikan kontribusi kepada dunia dalam menjaga kondisi kesehatan dunia dengan mencegah terjadinya pemanasan global menjadi semakin buruk.

“Alam yang kita nikmati saat ini manfaatnya, kekayaannya, dan keindahannya bukanlah sesuatu yang akan kita wariskan pada anak cucu kita nanti. Tetapi adalah sesuatu yang kita pinjam dari anak cucu kita nanti. Tentu kita tau etika meminjam”

### Daftar Pustaka

- Anuraga Jayanegara, E. W. (2014). Meta-Analisis Tentang Sifat Mitigasi Metana Dari Sumber yang Kaya Saponin Dalam Rumen : Pengaruh Tingkat Penambahan Dan Sumber Tumbuhan . *Australia Asia, J. Anim. Sains*, 1432.
- Gustiar, d. (2014). Reduksi Gas Metana (CH<sub>4</sub>) Dengan Meningkatkan Komposisi Konsentrat Dalam Pakan Ternak Sapi. *Peternakan Sriwijaya*, 14-24.
- Jayanegara, A. F. (2012). Meta-analisis dari hubungan antara tingkat tanin diet dan pembentukan metana dari ruminansia dari in vivo dan in vitro eksperimen. *Jurnal Anim. Fisik. Animasi. Nutr* , 365-375.
- Mao, H. J. (2010). Pengaruh Penambahan Saponin Teh dan Minyak Kedelai Terhadap Produksi Metana, Fermentasi dan Populasi Mikroba Dalam Rumen Domba Yang Sedang Tumbuh. *Hidup Sains*, 56-62.
- Maryono, N. K. (2009). Pemanfaatan dan Keterbatasan Hasil Ikutan Pertanian Serta Strategi Pemberian Pakan Berbasis Limbah Pertanian Untuk Sapi Potong. *Wartazoa*, 31- 42.
- Pen, B. C. (2008). Pengaruh Quillaja saponaria Ekstrak Sendiri atau Dalam Kombinasi Dengan Yucca schidigera ekstrak dan fermentasi rumen dan metanogenesis in vitro. *Animasi Sains J*, 193-199.
- Saputri, P. L. (2019). AKTIVITAS ANTIBAKTERI ANGGUR LAUT (Caulerpa lentillifera) TERHADAP Staphylococcus aureus dan Escherichia coli. *Jurnal Ilmu dab Teknologi Perikanan*, 16.
- Wahyuni, d. (2014). Penentuan Dosis Tanin dan Saponin Untuk Defaunasi. *Jurnal UNDIP*, 133-140.

- Wahyuni, d. (2014). PENENTUAN DOSIS TANIN DAN SAPONIN UNTUK DEFAUNASI . *Jurnal UNDIP*, 133-140.
- Wang, d. (2011). Effects Of Tea Saponins On Rumen Microbiota, Rumen Fermentation, Methane Production And Growth. 697-706.
- Widyobroto. (1995). Degradasi Protein Dalam Rumen Dan Kecernaan Protein Dalam Intestinum. *Jurnal UGM*.
- Yeni Widiawati, W. P. (2017). Profile Gas Metana Dari Bahan Baku Pakan Ruminansia. *Journals and Proceedings Fakultas Peternakan UNSOED*, 203.



Artikel 22

## **Tentang Pemilahan Sampah, Jangan Lagi Organik – An Organik**

Karya: Muhammad Ikhya Satari (Siswa Kelas 12,  
Jurusan Animasi, Program Keahlian Seni Rupa,  
SMKN 14 Bandung)

Email: muhammadikhyasatari@gmail.com

### **Pendahuluan**

Saya alumni SMPN 8 Bandung angkatan tahun 2017. Ketika membaca tentang tema perlombaan esai ini, saya langsung teringat pada masa-masa SMP saya dulu. Dulu semasa SMP, sekolah saya sering mengadakan kegiatan lomba antar kelas untuk mengisi jeda pembelajaran, usai ujian semester, sebelum pembagian raport. Salah satu perlombaan yang pernah saya ikuti adalah lomba kreasi tong sampah kelas, yaitu lomba untuk membuat ciri-ciri unik pada tong sampah kelas masing-masing dengan cat dan pernak-pernik lainnya agar siswa mudah membedakan tong sampah organik mereka dengan tong sampah yang anorganik.

Ternyata, selain menyenangkan, dapat memupuk kebersamaan dan dapat mengasah kreatifitas siswa. Lomba kreasi tong sampah kelas ini juga mampu menumbuhkan jiwa memiliki pada tong sampah kelas serta memupuk tanggungjawab dalam diri siswa. Terbukti setelah mengikuti lomba ini, teman-teman saya jadi lebih peduli dan lebih termotivasi untuk membuang sampah mereka pada tempat sampah yang sesuai dengan peruntukannya. Sampah organik dimasukan ke tong sampah organik. Sampah non-organik dimasukan ke tempat sampah non-organik.

Dalam upaya pemeliharaan lingkungan, selain mengadakan lomba kreasi tong sampah, SMP saya juga membuat program “*watcher*” dimana dari setiap kelas dipilih seorang siswa sebagai petugas yang akan memonitor teman-temannya kala membuang sampah pada jam istirahat, untuk memastikan bahwa teman-teman sekelasnya itu telah

memisahkan sampah organik dan sampah non-organik mereka ke tempat sampah yang sesuai. Kebetulan dari kelas saya, sayalah yang ditugaskan untuk menjadi “*the watcher*” tersebut.

Di kota Bandung sendiri, pemisahan tempat sampah kedalam kategori organik dan anorganik seperti yang terjadi di SMPN 8 Bandung, sudah dilakukan sejak lama, sehingga kita dapat dengan mudahnya menemukan tempat sampah dengan pembagian seperti itu di berbagai lokasi publik kota Bandung, dari mulai taman kota hingga di dalam kompleks perumahan.



Gambar 1

Keterangan foto: Pemisahan tempat sampah di depan rumah warga di Kompleks Panghegar Permai Ujung Berung Bandung berupa jenis organik, dan an organik.

Sumber: Foto merupakan koleksi pribadi milik penulis

Diambil: 27 Desember 2022 pukul 18.00 WIB

Dalam perkembangannya, ternyata pemisahan tempat sampah, berdasarkan jenis sampah organik (hijau) dan anorganik (kuning) saja tidak cukup, karena ada juga jenis sampah yang sebenarnya merupakan organik, namun kemasannya merupakan anorganik.

Untuk menghindari kebingungan, maka pembagian tong sampah pun mengalami perubahan dengan ditambahkan jenis tong sampah residu (abu-abu) yang diperuntukan bagi sampah yang tidak termasuk kategori sampah organik murni, maupun an-organik murni.

Seiring waktu, pengerucutan jenis peruntukan tong sampah pun semakin bertambah spesifik. Sehingga, di SMKN 14 Bandung saja, tempat saya menimba ilmu sekarang, pembagian jenis tong sampahnya bahkan bukan lagi hanya organik, an-organik, dan residu, melainkan juga ditambah dengan tong sampah khusus jenis sampah B3 (bahan beracun dan berbahaya) yang berwarna merah. Dan yang terbaru, kini pembagian jenis tong sampah bahkan sudah mencapai 5 kategori, yaitu ditambah dengan tong sampah biru yang dikhususkan untuk sampah jenis kertas.



Gambar 2

(Foto tong sampah di SMKN 14 Bandung)

Keterangan foto: Pemisahan tempat sampah di SMKN 14 Bandung menjadi 4 jenis, berupa sampah jenis organik, anorganik, daur ulang dan B3

Foto merupakan koleksi pribadi milik penulis

Membedakan warna tong sampah, sesuai dengan peruntukan jenis sampahnya, merupakan hal yang baik. Karena hal tersebut secara langsung mengarahkan masyarakat untuk turut melakukan pengelolaan sampah, juga mendorong masyarakat untuk lebih peduli terhadap lingkungan.

Sayangnya, meskipun proses pemisahan sampah mulai dari tong sampah ini seharusnya merupakan suatu proses yang berkelanjutan, ternyata pemisahan sampah oleh masyarakat ini tidak lantas ditindak lanjuti secara terpisah oleh dinas kebersihan terkait. Melainkan semua jenis sampah yang sudah capek-capek di pos-poskan warga tersebut, lantas hanya akan diangkut secara bersamaan dengan menggunakan armada sampah yang sama, lalu dibuang ke tempat pembuangan sampah yang sama. Sehingga, tentunya semua sampah yang telah sebegitu detailnya dipilah warga kedalam masing-masing jenis tong sampah beraneka warna tersebut jadinya malah tercampur kembali.



Gambar 3

Keterangan foto : Proses pengambilan sampah dari depan rumah warga oleh petugas kebersihan setempat, terlihat bahwa sampah dari kedua jenis tong sampah, organik dan anorganik, digabungkan ketika diangkut  
Foto merupakan koleksi pribadi milik penulis

Foto diambil pada 26 Desember 2022 pukul 08:01 WIB

Diakui atau tidak, begitulah kenyataan yang terjadi, khususnya di sebagian besar wilayah kota Bandung. Pengecualian terjadi pada beberapa kelurahan tempat percontohan Zero Waste. Namun secara umum, proses pengolahan sampah di kota Bandung hingga kini masih menggunakan metode lama kumpul – angkut – buang.

Temuan ini bukanlah suatu hal yang baru, bahkan bahwa penanganan sampah dengan cara mengangkut sampah ke TPA masih sangat dominan di kota Bandung juga diakui terang-terangan oleh Dr. Ir. I Made Wahyu Widyarsana, S.T., M.T., peneliti Laboratorium Buangan Padat dan B3 ITB. Dimana beliau mengungkapkan bahwa alur pengelolaan sampah di kota Bandung masih berupa pewadahan oleh penghasil sampah, lalu pengumpulan oleh petugas kebersihan, kemudian dipindahkan ke TPS atau TPS 3R yang telah disediakan pemerintah. (<https://www.kabaralam.com/berita/pr-5934679826/pengelolaan-sampah-di-kota-bandung-belum-optimal-peneliti-itb-ubah-paradigma> tersedia: 12 September 2022 pukul 09:58 WIB).

Di satu sisi, bila cara pengangkutan sampahnya saja masih tetap digabungkan seperti ini, maka masyarakat yang melihat, bukan tidak mungkin akan kecewa dan menganggap bahwa aneka warna yang diterapkan pada tong sampah umum selama ini hanyalah hiasan tak berarti yang tak usah di hiraukan, *orang* nantinya juga *toh* akan disatukan kembali. Sehingga masyarakat tetap saja membuang sampah mereka secara sembarangan, tanpa menyesuaikan jenis sampah mereka dengan jenis tong sampahnya. Karena mereka melihat, pemisahan jenis sampah itu sebagai hal yang nantinya akan sia-sia belaka. Jadi sebenarnya, untuk apa tong sampah lima warna itu dipasang? Tanya masyarakat dalam hati.

Di sisi lain, ternyata masyarakat Indonesia juga masih banyak yang belum terlalu menghargai peran dari masing-masing jenis tong sampah berwarna tersebut, sehingga meskipun tong sampah-tong sampah itu sudah dibedakan warnanya dan sudah diberikan keterangan yang begitu jelas dan spesifik pada bodinya, tetap saja, banyak masyarakat yang membuang sampah mereka semauanya, ke tong sampah jenis apapun asal yang paling *effortless* bagi mereka, tanpa menghiraukan adanya peruntukan khusus bagi tiap-tiap tong sampah tersebut. Sehingga antara judul pada tong sampah dengan isi yang terdapat didalam tong sampah itu, jadi tidak nyambung. Judulnya B3 isinya kulit pisang, kira-kira begitu. Kalau memang seperti ini keadaannya, untuk apa dinas kebersihan terkait sengaja membeda-bedakan pengangkutan sampah

berdasarkan jenis tong sampah, *toh* jenis sampah didalam berbagai jenis tong sampah tersebut juga, isinya sudah merupakan campuran. Jadi kira-kira, siapa *dong* yang duluan salah?

Bila saling ping-pong masalah ini terus dikejar, lantas kapan selesainya? Padahal bangsa ini sekarang sudah betul-betul dikejar target. Tahun 2025 sudah didepan mata. Janji Indonesia Bersih Sampah 2025 sudah berada tepat di depan pintu kita. Maka bukan lagi saatnya bagi siapapun untuk tetap berkuat tentang “paradigma” atau “*mindset*” atau kesadaran masyarakat, atau “implementasi” kebijakan pemerintah, dan lain sebagainya.

Stop lempar batu sembunyi tangannya. Berhenti mencari-cari siapa yang paling bersalahnya. Mari kita langsung saja fokus bergotongroyong dalam melakukan upaya nyata. Bersatu sebagai sebuah bangsa. Bersihkan hati, pikiran, dan lingkungan kita. Mari kita bersama-sama menyelesaikan permasalahan sampah ini, sekarang.

### **Ada Apa Dengan Tong Sampah?**

Hingga kini, di Indonesia telah dikenal pembagian jenis tong sampah kedalam lima jenis warna, yaitu hijau untuk organik, kuning untuk anorganik, abu-abu untuk residu, merah untuk B3 dan biru untuk kertas. Warna-warna inipun bukan dipilih secara sembarangan, melainkan telah mengalami pengajian keefektifan dampak masing-masing warna tersebut terhadap psikologis masyarakat. (<https://tekno.tempo.co/read/1445558/warna-warni-tempat-sampah-ada-artinya-tahukah>)

Lebih jauh, kode warna pada tempat sampah ini juga telah banyak digeneralisasi dan diterapkan di berbagai negara maju. Sehingga bila masih terdapat tempat sampah yang warnanya tidak sesuai dengan peruntukannya, maka upaya penyeragaman sebaiknya dilakukan.

Masalahnya, sudahkan kita benar-benar mengkaji, Apakah penyediaan lima jenis tong sampah ini, sesuai untuk diterapkan di Indonesia?, Mengingat lima jenis tong sampah itu, sepertinya terlalu detail bukan?

Sebenarnya sudah lama benak saya tergelitik dengan pertanyaan ini, sejak saya SMP. Dulu SMP saya terletak begitu dekat dengan alun-alun, juga pasar tradisional, jadi saya terbiasa untuk melalui banyak tempat sampah, serta tumpukan sampah. Pengalaman itu lalu saya bandingkan dengan pengalaman saya di SMK saya sekarang. Keduanya memiliki persamaan, yaitu bahwa tampaknya karakteristik tempat berpengaruh terhadap jenis timbulan sampah yang ada di tempat itu.

Pada lokasi sekolah, jenis sampah yang paling banyak adalah sampah bekas kemasan makanan dan minuman bekas jajan siswa. Yaitu berupa kemasan aluminium makanan ringan, plastik halus yang masih ada sisa-sisa minyak atau saosnya, kresek berminyak, kertas gorengan, botol dan gelas plastik bekas minuman, dan sejenisnya. Sementara jenis sampah yang murni organik hanya sedikit, paling sisa tangkai cabe rawit, tisu atau makanan tak habis yang sudah dikeluarkan dari dalam bungkusnya, tapi itu pun jarang. Jenis sampah B3 apalagi, nyaris tidak ada.

Sementara, pada lokasi pasar, pastinya sudah dapat diterka, timbulan sampah yang paling banyak dihasilkan disana adalah sampah organik. Hingga menumpuk malah. Anorganik dan residunya tidak begitu banyak, apalagi B3-nya.

Sedangkan di lokasi perumahan, jenis sampah yang paling mendominasi adalah organik dan anorganik. Sebelum masa pandemi, sampah rumah tangga terbanyak merupakan sampah dapur (organik), namun setelah pandemi, jumlah sampah organik dan sampah anorganik jadi seimbang. Bukan karena organiknya turun, namun karena jumlah sampah anorganik di kota Bandung nya yang mengalami peningkatan. Diduga karena masyarakat kini juga banyak membuang sampah dari sisa kemasan paket online juga kemasan makanan siap antar. Tidak dapat dipungkiri, gaya hidup online juga berkontribusi terhadap timbulan sampah.

Selain sampah organik dan anorganik, lokasi perumahan juga menghasilkan sampah B3 berupa sampah bekas popok dan pembalut sekali pakai yang mengandung cairan tubuh manusia dan berpotensi untuk menyebarkan penyakit. Sehingga seharusnya sampah ini

diperlakukan layaknya sampah medis, yaitu dibakar pada suhu diatas 800°C.

Kembali ke pertanyaan yang sejak SMP kerap menggelitik saya, Bila beda lokasi, beda juga jenis timbulan sampahnya, lalu mengapa disemua tempat, pembagian jenis tong sampahnya malah dibuat sama? Ada apa dengan tong sampah?

Lebih jauh, berdasarkan temuan lapangan di SMKN 14 Bandung, saya menemukan bahwa tong sampah yang paling cepat penuh di sekolah ini adalah tong sampah jenis anorganik dan residu, sedangkan tong sampah jenis organik, dan B3-nya, malah diisi oleh kelebihan sampah anorganik dan residu.

Berdasarkan pengalaman, sebenarnya salah satu penyebab mengapa masyarakat membuang sampah mereka ke tempat sampah yang tidak sesuai dengan peruntukannya, adalah karena; Tong sampah yang sesuai dengan peruntukannya itu, sudah penuh. Sehingga, dari pada buang sampah sembarangan, orang yang terbiasa membuang sampah pada tempatnya, akan lebih memilih untuk membuang sampah mereka ke tong sampah terdekat yang belum penuh. Karena, meskipun salah, namun setidaknya membuang sampah ke tong sampah, yang salah, akan tetap lebih baik dari pada jika kita membuang sampah kita tersebut ke jalanan.

Maka kembali timbul pertanyaan,; Bila di lokasi sekolah, jenis sampah yang paling banyaknya adalah anorganik dan residu, dan yang paling sedikitnya adalah B3 dan organik, mengapa ukuran setiap jenis tong sampahnya malah dibuat sama? Lebih jauh, haruskah kita tetap mempertahankan tong sampah dari jenis organik dan B3 itu di sekolah? mengingat keberadaan tong sampah organik dan B3 di lokasi ini, malah difungsikan sebagai tempat penampungan ekstra bagi sampah jenis nonorganik dan residu. Ada apa dengan tong sampah?

Tidak dapat dipungkiri kalau sampai sekarang, masyarakat Indonesia masih banyak yang menyampah di jalanan. Hal ini sangat menyedihkan, dan sangat disayangkan. Namun bukan berarti tidak ada harapan. Ibu Risma, Menteri Sosial kita pernah berujar: “Jika ada gedung dan pusat perbelanjaan yang bersih, hal tersebut akan membuat

masyarakat enggan untuk membuang sampah sembarangan” (<https://m.liputan6.com/surabaya/read/4032181/strategi-risma-agar-masyarakat-surabaya-tak-buang-sampah-sembarangan> )

Belajar dari perkataan Ibu Risma, maka bila kita ingin menumbuhkan rasa enggan untuk menyampah, terlebih dahulu kita harus menciptakan lingkungan yang bersih dari sampah. Tapi bagaimana lingkungannya akan tetap terjaga bersih, bila orang-orangnya tetap kembali menyampah?

Saya kembali teringat dengan kegiatan lomba kreasi tong sampah di SMP saya dulu. Sebenarnya lomba itu adalah edukasi, yang dikemas secara *fun*. Baiknya lagi, lomba tersebut nyatanya cukup efektif untuk menumbuhkan kesadaran lingkungan dalam diri siswa, sehingga teman-teman saya jadi mau membuang sampah ke tong sampah yang sesuai, tanpa harus melulu saya pelototi.

Saya pun tergelitik lagi. Lalu bagaimana caranya untuk mengemas kegiatan membuang sampah agar menjadi sesuatu yang *fun*? Dapatkah kita merancang suatu bentuk tong sampah yang bisa membuat warga menjadi tertarik bahkan ketagihan untuk membuang sampah pada tempatnya? Karena yang juga harus diperhitungkan adalah, beda lokasi, beda juga karakteristik penyampahnya.

### **Menuju Ekonomi Sirkular**

Lebih jauh, apa yang sebaiknya dilakukan terhadap setiap jenis sampah yang sedang berdiam manis didalam masing-masing “rumahnya” tersebut. Karena, mereka kan tidak mungkin tetap berada disana selamanya. Pengolahan seperti apa yang paling tepat untuk dikenakan pada masing-masing jenis sampah tersebut. Mengingat sedari tadi kita masih baru membahas tentang sampah dan cara yang tepat untuk membuangnya, bukannya cara untuk memanfaatkannya.

Masalahnya, sebenarnya kan pemisahan sampah pada beberapa jenis tong sampah ini bertujuan untuk menyelamatkan jenis-jenis sampah tertentu, yang masih memiliki nilai, agar tidak tercampur aduk dengan bahan sampah lainnya. Sehingga sampah yang masih bernilai tersebut akan lebih mudah dimanfaatkan kembali, tidak rusak, dan

tidak lantas terbangun sia-sia menumpuk sebagai limbah pencemar lingkungan di TPA.

Sehingga yang benar-benar harus dilakukan terhadap sampah tersebut adalah menyelamatkannya, karena sampah itu bernilai. Jangan dibiarkan terbangun, karena selain akan mencemari lingkungan, pembuangan sampah ke TPA juga berarti penghamburan uang pengelolaan sampah oleh pemerintah.

Tidak dipungkiri bahwa pandangan sampah sebagai suatu yang bernilai, bukanlah suatu hal yang baru. Sudah banyak orang yang melihat sampah sebagai *treasure*. Buktinya, dalam dunia industri, ekspor-impor sampah sudah bukan hal yang aneh lagi. Karena dalam ekonomi sirkular, sampah berfungsi sebagai bahan baku produksi yang harganya murah. Dalam konteks keberlanjutan produk plastik, konsep sirkular ekonomi dapat diterapkan melalui beberapa cara misalnya recycling plastik, upcycling plastik sebagai campuran aspal, mengubah plastik bernilai ekonomi rendah menjadi bahan bakar atau energi dan sebagainya. (<https://id.wikipedia.org/wiki/Ekonomi-sirkular> )

Salah satu pelaku sistem ekonomi sirkular yang biasa kita lihat sehari-hari adalah tukang rongsok. Mereka berperan sebagai pengumpul sumber daya untuk digunakan kembali dalam proses *recycling* maupun *upcycling*, dengan cara mengumpulkan lalu menjual sampah mereka pada pengepul, yang kemudian akan mengolahnya lebih lanjut.

Namun, seringkali kita malah asik sendiri, berinovasi membuat ini itu dan lain sebagainya yang malah hasil akhirnya akan tetap menjadi sampah juga, padahal *all you have todo is just to give it all away* ke tukang rongsok, dan membiarkan mereka yang mengurusnya, mulai dari mengumpulkan, membersihkan, mengolah, hingga menjual, agar untungnya buat mereka, untuk menghidupi keluarga mereka. Mengapa tidak?

Mengapa tidak? Karena sebenarnya, permasalahan sampah di Indonesia merupakan tugas dan tanggungjawab seluruh warga negara Indonesia, baik individu, maupun kelompok. Di Indonesia selama ini terdapat tiga komponen pengelolaan sampah, yaitu sektor formal, semi formal, dan non formal. Selain itu, kini juga ada sektor swasta. Sektor

formal, dilakukan dengan cara pengumpulan dan pemindahan TPS, sektor semi formal, yang dilakukan oleh masyarakat, dan yang oleh pemerintah kota. Upaya yang dilakukan adalah pengurangan sampah di sumber, TPS 3R, bank sampah, dan biodigester. Sektor non formal dilakukan oleh tukang loak, pemulung TPS, dan pemulung non TPS. Keberadaan sektor non formal membantu pengelolaan sampah yang bernilai tinggi, khususnya.

Bila kita mau permasalahan sampah ini cepat selesai, maka sebaiknya semua sektor tersebut dibukakan pintu yang sebesar-besarnya pada pengelolaan sampah. Karena semakin banyak dan semakin besar kontribusi segala sektor terhadap penyelesaian permasalahan sampah di Indonesia, maka semakin mudah dan cepat masalah sampah di Indonesia bisa teratasi.

Selama ini kita juga suka seperti asik sendiri, kerap terpaku untuk terus menerus mencari inovasi alternatif demi *me-reuse* dan *recycle* sampah plastik kita. diantaranya dengan cara menyulap sampah plastik itu menjadi berbagai kerajinan, bata, hingga bank sampah. Tapi, kalau ini tentang lingkungan, maka keberadaan tukang rongsok akan membuat semua sampah rongsok di lingkungan kita menjadi sumber daya yang termanfaatkan kembali oleh manusia. Jadi bukan berakhir sebagai limbah pencemar. Jadi kita tidak usah lagi mencari dan mengambilnya lagi di alam. Kalau ini tentang kita, masyarakat biasa, pada umumnya, keberadaan tukang rongsok akan menjaga rumah kita senantiasa bersih dari sampah rongsok, membuat kita tidak merasa bersalah karena telah mengotori bumi dengan aneka macam rongsokan kita, dan membuat kita bahagia karena sampah yang kita buang itu akan tetap bisa berguna bagi lingkungan dan membantu orang lain, meskipun kita tidak membuatnya menjadi sebuah kerajinan tangan.

Mungkin ada selentingan, bahwa dengan begini kita malah menyuburkan keberadaan gelandangan dan pengemis. Justru tidak, malah gelandangan dan pengemisnya di suruh membantu mengambil sampah. Merekanya jadi tidak lagi mengemis, karena sudah bekerja sebagai pemulung.

Jangan dipandang sebelah mata, Malah pemulung itu harus disejahterakan juga, misalnya di tiap pengepul, disediakan kamar mandi dan tempat mencuci yang memadai serta dilengkapi dengan sabun mandi dan sabun cuci, sehingga tidak terlihat kucel, dan kebersihan badannya terjaga. Jangan diskreditkan mereka, karena kita sebangsa. Dan yang mereka lakukan itu jauh lebih baik, dan bukan kejahatan.

### **Evolusi**

Berdasarkan berbagai hal yang telah saya tuliskan diatas, sejujurnya saya berpendapat bahwa Indonesia membutuhkan tong sampah baru. Tong sampah *custom* yang khusus disesuaikan dengan karakteristik lokasi keberadaannya juga karakteristik penyampahnya. Tong sampah yang berbeda dari tong sampah yang umumnya ada sekarang. Tong sampah yang mampu mempermudah tukang rongsok untuk melakukan pekerjaan mereka. Maka marilah kita berevolusi.

### **Jenis Tong Sampah**

Berdasarkan jenis isi sampahnya, tong sampah akan dibuat menjadi empat jenis saja, dan bukannya lima jenis, karena sampah kertas akan disatukan dengan sampah anorganik kedalam tong sampah rongsok. Tong sampah organik juga akan diubah namanya menjadi tong sampah pupuk. Sedangkan tong sampah residu, dan tong sampah B3, tetap.

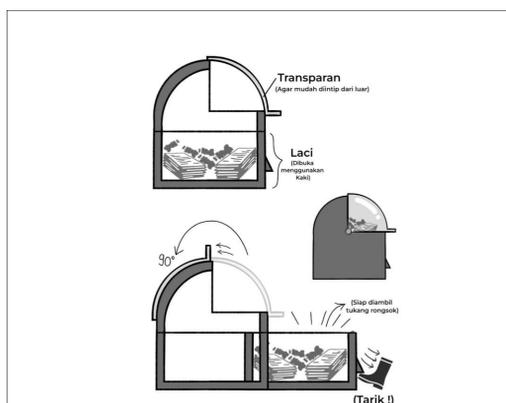
Keempat jenis tong sampah tersebut, kemudian akan dirakit sesuai dengan karakteritik tempat serta karakteristik penyampahnya. Dimana berdasarkan lokasinya, tong sampah tersebut akan dikelompokan menjadi tempat sampah pada pemukiman warga, serta tempat sampah pada tempat umum sekolah, perkantoran, dan pedestrian. Adapun sampah yang dimaksud disini adalah sampah yang secara umum dibuang orang, bukan sampah khusus

### **Tong Sampah Rongsok**

Ciri :

1. Berisi gabungan sampah anorganik dan kertas yang masih bisa dimanfaatkan tukang rongsok.

2. Tidak lagi berupa tabung yang memanjang ke bawah, melainkan melebar kebelakang (tergantung posisi), untuk memudahkan tukang rongsok dalam memilih dan mengambil sampah rongsok yang dia butuhkan.
3. Memiliki penutup transparan, yang akan memudahkan tukang rongsok untuk mengintip sambil lalu kedalam tong sampah. Memiliki penutup transparan yang mudah dibuka secara lebar, untuk memudahkan tukang rongsok dalam memilih dan mengambil sampah rongsok yang dia butuhkan, dari atas.
4. Dalamnya berwarna putih agar isinya mudah terlihat oleh tukang rongsok.
5. Dilengkapi dengan alat *presser* yang berfungsi untuk (1) mengeluarkan air sisa yang masih berada didalam kemasan bekas (2) menggepengkan berbagai bekas kemasan makanan dan minuman yang terbuat dari bahan anorganik yang tebal, seperti bekas botol, gelas, dan kaleng minuman, sehingga bentuknya menjadi ringkas/ tidak memakan tempat/tidak cepat penuh (3) untuk menarik minat masyarakat umum yang senang menggepeng-gepengkan botol, agar senang membuang sampah pada tempat yang tepat (4) mendukung pemerintah dalam edukasi masyarakat untuk senantiasa meringkaskan sampah. Ukurannya lebih besar dari tong sampah jenis lainnya.



Gambar merupakan hasil karya sendiri

### **Tong Sampah Pupuk**

Ciri: namanya disesuaikan, untuk memudahkan masyarakat. Bentuknya seperti tabung yang terbuka pada bagian atasnya. Pada bagian bawahnya, terdapat tanah. Bagian bawahnya bolong-bolong seperti pot. Bagian bawahnya juga menyentuh tanah/tidak menggantung. Tidak untuk dipindah-pindahkan. Disekelilingnya terdapat tanaman yang berfungsi untuk (1) keindahan. (2) menyerap unsur hara dari sampah organik yang terurai. (3) agar masyarakat mudah membedakan/tidak salah membuang sampah jenis lain kedalam tempat sampah organik. (4) agar masyarakat senang berkontribusi dalam menyuburkan tanaman kota, (5) agar masyarakat exited untuk membuat pupuk. Tidak untuk diangkut oleh dinas kebersihan. Melainkan kalau sudah penuh, kompos akan diambil secara terpisah. Secara berkala isinya dibalik. Atasnya ditutup untuk menjaga temperatur.

### **Tong Sampah Residu**

Ciri: Bentuknya seperti tempat sampah pada umumnya yang sekarang sudah ada. Tanpa ada keistimewaan khusus. Ukurannya sedang. Tidak menempel ke tanah. Mudah untuk dipindahkan isinya. Tong sampahnya bawahnya bolong2 kaya pot, agar sampahnya tetap tiris meski bila ada air yang masuk situ. Menggantung/tidak menempel ke tanah

### **Tong Sampah B3**

Ciri: tertutup sempurna, agar tidak mencemari lingkungan, ukurannya kecil. Dilapisi keresek tebal. Sampah B3 jarang ada yang buang di tempat umum, yang ada, malah karena B3 nya masih kosong, sementara tong sampah lainya udah penuh, maka masyarakat menggunakan tong sampah B3 tersebut sebagai tempat jenis sampah yang lain. Maka ukuran sampah B3 cukup kecil saja.

### **Tempat Sampah Di Daerah Pemukiman Warga**

Karakteristik tong sampah pada daerah pemukiman warga, tong sampah yang disediakan di depan rumah, adalah tong sampah rongsok,

tong sampah residu, serta tong sampah B3. Tanpa tong sampah organik/pupuk. Karena warga diharuskan untuk membuat sampah organik mereka langsung menjadi kompos. Dimana setiap RT memiliki tempat pembuatan pupuk kompos sendiri. Dan itu sangat mungkin untuk dilakukan, mengingat warga juga selama ini diberdayakan untuk menanam tanaman ketahanan pangan. Keberadaan kegiatan pembuatan kompos oleh warga, turut mendukung upaya urban farming.



Kegiatan urban farming oleh warga  
Foto merupakan dokumen pribadi



Proses pembuatan kompos oleh saya, menggunakan cairan Biodegradable WC

### **Tempat Sampah Di Daerah Umum**

Karakteristik tempat sampah di sekolah dan tempat umum,

1. Terdiri dari dua jenis, yaitu tong sampah rongsok dan umum
2. Bergambar, dengan tema menyesuaikan karakteristik penyampah

### **Peran Pemerintah**

Pemerintah disisi lain, harus terus berupaya untuk mengusahakan agar semua plastik bisa terserap tukang rongsok, termasuk plastik bekas kemasan sachet dan pouch. Di Indonesia sendiri PT unilever telah berinovasi membuat sampah plastik mereka bisa dimanfaatkan, sebagai bentuk tanggungjawab terhadap lingkungan. Juga telah membuat produk green love and planet, Masalahnya pabrik itu baru ada satu. Tugas pemerintah untuk mendorong swasta mendirikan beberap pabrik lagi, agar plastik kemasan bisa terserap, dan ekonomi sirkular bisa terwujud. Tidak usah dibahas mengenai dampak negatif landfill, cukup, pemerintah hentikan saja. Demi 2025 bebas sampah

### **Penutup**

Tidak dipungkiri, kemasan plastik hasil daur ulang tidak akan sebaik plastik baru. Namun, pemanfaatan kembali sumber daya sampah plasti itu penting, karena banyaknya dampak negatif sampah serta kunci untuk menjawab tantangan Indonesia zero waste 2025. Kegiatan ini juga sangat sejalan dengan prinsip pembangunan Indonesia dalam RPJM yaitu pro jobs, dan pro poor. Maka bila ini bisa dilakukan, maka kita bukan saja dapat melihat masa depan yang lebih baik, namun kita dapat mencapainya.

### **Kesimpulan**

Disukai atau tidak, kita sudah ada di jaman dimana pemaksaan *is a big no no*. Toleransi adalah yang utama. Karena kita ingin membuat masyarakat kita semuanya bahagia, bukannya terpaksa. Karena kecerdasan yang paling tinggi adalah mau untuk hidup berdampingan. Maka kita tidak bisa terus memaksa orang untuk melakukan sesuatu. Melainkan keinginan itu harus datang dari diri sendiri. Karena

manfaatnya disadari. Maka kita juga harus mencari upaya agar masyarakat mau disiplin membuang sampah, karena mereka bisa merasakan manfaatnya secara langsung.

### **Saran**

Namun yang juga perlu dipahami adalah bahwa langkah-langkah ini ditempuh agar Indonesia zero waste. Fakta bahwa Indonesia merupakan negara penyumbang sampah plastik terbesar di dunia, harus tetap dilihat dari dua sisi, yaitu bahwa sampah plastik di Indonesia tidak diolah secara baik, sehingga hanya berakhir sebagai sampah yang tidak termanfaatkan, dan malah mencemari lingkungan karena sulit terurai, ini yang sedang kita upayakan. Namun disisi lain, kenyataan itu juga bisa sebagai indikator kalau Indonesia teralu banyak memakai plastik untuk hal yang tidak perlu, maka perampingan, atau diet plastik oleh warga +62 juga mesti terus di galakan, seperti penggunaan tumbler dan misting alih-alih gelas sekali pakai.



Artikel 23

**SAKUTAWAKU *Recycle Machine* Sebagai Solusi Alternatif Pemilahan Sampah Wadah Minuman Di Era Revolusi Industri 4.0 dan Era Society 5.0 Dengan Mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan Global Menuju Indonesia *Zero Waste***

Karya: Muhammad Ilham Rizky Maulana (Siswa SMA Negeri 1 Sangatta Utara, Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur)

Email: ardinuhhaidar@gmail.com

*“Teknologi pengolahan sampah itu sebenarnya banyak sekali, dari mulai yang paling murah sampai yang paling mahal. Yang sulit adalah mengubah perilaku manusianya. Nah, yang ini bukan tugas ITB”*

**-Dr. Enri Damanhuri-**

Sampah berbanding lurus dengan aktivitas manusia, semakin banyak aktivitas manusia maka semakin banyak sampah yang dihasilkan. Saat ini negara-negara di dunia, seperti Indonesia, sedang berusaha memperbaiki peradaban dunia melalui 17 *Sustainable Development Goals* (SDGs) atau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB). TPB/SDGs sebagai kesepakatan dunia untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat global dengan memantapkan capaian-capaian MDGs sebelumnya.

Lokasi Ibu Kota Negara Baru (IKN) di Kalimantan Timur nantinya akan menjadi tempat migrasi penduduk. Jumlah sampah di Kalimantan Timur juga diperkirakan akan meningkat. Peneliti Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Dini Suryani mengungkapkan, saat ini produksi sampah di Kalimantan Timur mengalami peningkatan

dari tahun 2018 hingga 2021 sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Daerah perkotaan merupakan daerah sampah terbesar salah satunya Kota Samarinda (Nurrahman, 2022).

Untuk mengurangi permasalahan tersebut, diperlukan gagasan pemanfaatan teknologi inovatif yang mendukung edukasi untuk mewujudkan impian bebas sampah menuju *clean and smart city* di Kota Samarinda dan kesiapan memasuki era Society 5.0. Seluruh lapisan masyarakat dan Pemerintah Kota Samarinda diharapkan dapat bekerja sama untuk mengatasi masalah peningkatan volume sampah guna mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan SDGs yaitu (9) *Industry, Innovation and Infrastructure*, (12) *Sustainable Cities And Communities*, (8) *Decent Work And Economic Growth* untuk semua orang.

SAKUTAWAKU *Recycle Machine* memiliki kepanjangan “Sampahku Tanggung jawabku” adalah mesin pengolahan dan pemilahan sampah wadah minuman yang dapat ditukar dengan saldo rupiah kepada penggunanya. Fungsi utama dari perancangan SAKUTAWAKU *Recycle Machine* adalah untuk memanfaatkan botol plastik, botol kaca, dan botol kaleng sehingga mengurangi pekerjaan petugas kebersihan dalam memilah sampah. Produk ini menggunakan panel surya sebagai sumber tenaga utamanya dan menerapkan modul *Internet of Things* dengan perancangan sistem pemindai *barcode* yang terhubung dengan akun SAKUTAWAKU *Apps*, yaitu aplikasi yang memudahkan pengguna untuk mengetahui jumlah saldo dan sampah botol yang sudah ditukarnya. Tampilan SAKUTAWAKU *Apps* terdapat pada lampiran 1. Selain itu, aplikasi ini bekerja sama dengan dompet digital sehingga saldo yang dikumpulkan dapat di *konvert* ke saldo dompet digital. Inovasi ini bekerja sama dengan bank sampah lokal Kota Samarinda, yaitu Bank Sampah Ramli Graha Indah.

Operasional pengguna dalam menggunakan SAKUTAWAKU *Recycle Machine* sebagai berikut. Sebelumnya, pengguna akan mengunduh dan *login* di SAKUTAWAKU untuk dapat memindai *QR code* yang disediakan di SAKUTAWAKU *Recycle Machine*. Pengguna dapat memasuki jenis botol seperti botol plastik, kaca dan logam. Terdapat layer *LCD* yang memberikan instruksi penggunaan dan

menampilkan berapa botol yang telah ditukarkan serta total saldo yang didapat. Modul *Internet of Things* akan memberikan imbalan berupa saldo melalui SAKUTAWAKU di *handphone* pengguna. Peta konsep SAKUTAWAKU *Recycle Money Machine* terdapat pada lampiran 2.

Alur kerja SAKUTAWAKU *Recycle Machine*, Ketika *QR barcode* di *scan*, mesin otomatis akan bersiap dan layar *LCD* akan menunjukkan identitas pengguna serta instruksi penggunaan mesin. Terdapat satu lubang untuk memasukan botol dan memiliki beragam sensor dalam mesin tersebut dari sensor *infrared*, sensor kapasitif, sensor induksi hingga sensor ultrasonik. Ketika botol dimasukkan, botol otomatis terpisah sesuai jenis berdasarkan sensor karena terdapat jalur *belt* yang akan memisahkan jenis penampungan botol sesuai jenisnya. Kemudian botol akan dihancurkan dan dihaluskan menggunakan mesin pencacah yang berada di mesin tersebut.

Komputasi SAKUTAWAKU *Recycle Machine* dapat dilihat pada lampiran 3. Komputasi. Perangkat keras yang digunakan untuk perancangan *Recycle by SAKUTAWAKU* ini adalah: Modul mikrokontroler Arduino 2560 R3, Modul Sensor IR, Liquid Crystal Display (LCD), Solar Panel (Panel Surya) dan Accu. Prototipe SAKUTAWAKU *Recycle Machine* menggunakan mikrokontroler yang terdiri dari sensor induktif dan kapasitif *proximity* yang digunakan untuk mendeteksi jenis bahan sampah, sensor ultrasonik untuk mendeteksi isi penampungan, semuanya terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno R3. Pemilahan sampah secara manual tidak mudah, maka perlu membuat pemilah sampah secara otomatis untuk memilah dan mendeteksi sampah logam, plastik dan kaca, dengan sensor *capacitive proximity*, *capacitive inductive* dan Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler. Untuk botol plastik dihargai Rp200,-, untuk botol kaca dan kaleng dihargai Rp500,-.

SAKUTAWAKU *Recycle Machine* memiliki ukuran 5m x 3,5m x 2,6m dengan 5200 liter. Menggunakan material baja ringan ketebalan 3mm dengan mur dan baut sebagai rangka utama. Material Atap dari bahan UPVC (*Unplasticized Polyvinyl Chloride*) dengan ukuran 5m x 3,5m ketebalan 0,02m. Pelapis dalam menggunakan bahan *vetch* peredam suara

dan panas. Menggunakan panel surya 2x mono 100 wp dengan ukuran 2,92m x 1,25m ini yang akan menghasilkan tenaga sebesar 2000 watt dalam pengisian 10 jam dengan menggunakan 2 baterai *MTC Baterai VRLA GEL 12V 150 AH*. Panel surya ini memiliki efisiensi konversi sinar matahari menjadi energi listrik dari 15% hingga 20%, mempunyai performa yang lebih baik sehingga sangat tepat bila digunakan pada daerah yang sering mendung/hujan. Prototype *SAKUTAWAKU Recycle Money Machine* terdapat pada gambar 1 dan lampiran 4.



**Gambar 1. Prototipe *SAKUTAWAKU Recycle Money Machine***

Rekapitulasi Anggaran untuk pembangunan inovasi *SAKUTAWAKU Recycle Machine* sebesar Rp58.904.500,00. Rincian anggaran terdapat pada lampiran 5.

Untuk Indonesia menuju *Zero Waste* dibutuhkan inovasi pengolahan dan pemilahan sampah berbasis *Internet of Things* seperti *SAKUTAWAKU Recycle Machine* ini. Kedepannya akan dilakukan peningkatan jumlah mesin dan ditempatkan pada titik strategis seperti tempat wisata, *street food* dan tempat keramaian lainnya. *SAKUTAWAKU Recycle Machine* ini akan terus menambah kerjasama dengan berbagai

bank sampah lokal di berbagai daerah sehingga akan membangkitkan bank sampah lokal tersebut.

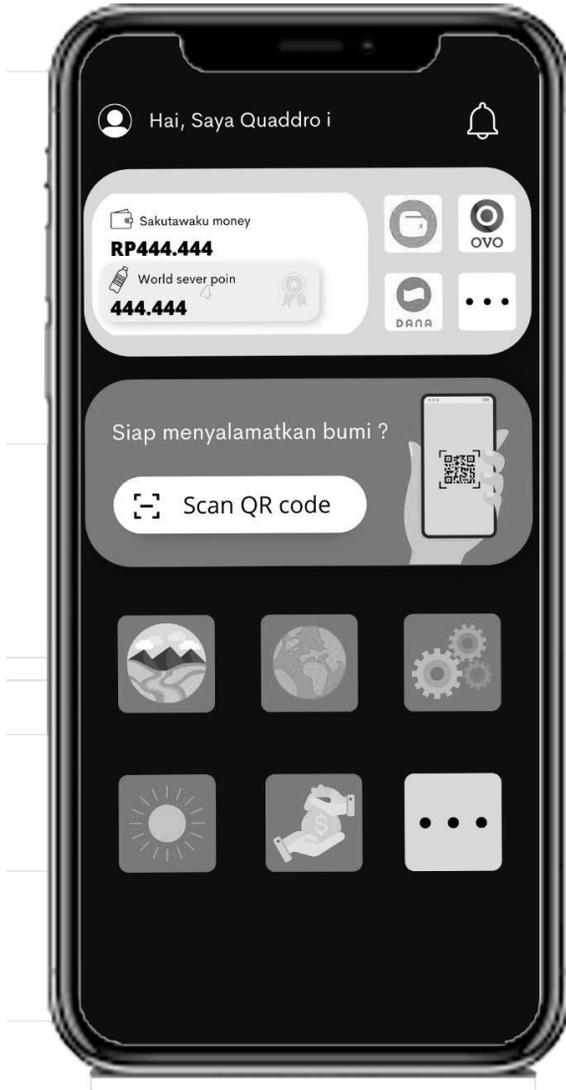
Diharapkan inovasi mesin ini dapat dijadikan media pembelajaran untuk pelajar, pelajar dapat memahami bagaimana pentingnya 5R (*Reuse, Reduce, Recycle, Replace dan Replant*), dapat memahami bahwa ada inovasi berbasis *Internet of Things* untuk mengatasi permasalahan sampah di daerah sekitar terutama kota berkembang. Pelajar juga dapat memahami instrumen dan komputasi dalam inovasi tersebut dari awal memasukan botol hingga ditukar menjadi saldo rupiah. “Limbah bukan hanya sekedar dibuang, dibalik limbah banyak potensi yang bisa dimanfaatkan”

### Daftar Pustaka

- Nazar, N. A., Putri, S. A., & Nurhidayat, M. (2020). PERANCANGAN REVERSE VENDING MACHINE KHUSUS SAMPAH . *e-Proceeding of Art & Design*, 5451.
- Nurrahman, A. (2022). *Volume Sampah Kaltim Diprediksi Meningkat*. Dipetik Desember 25, 2022, dari <https://www.validnews.id/nasional/volume-sampah-kaltim-diprediksi-meningkat>
- Pasha, M. N., Supriyadi, T., & Hanifatunnisa, R. (2022). Digitalisasi sistem monitoring sampah rumahan berbasis . *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, 25-34.
- Samarinda IDN Times. (2020). *Waduh! Setiap Hari Warga Samarinda Bisa Hasilkan 601 Ton Sampah*. Dipetik Desember 25, 2022, dari <https://kaltim.idntimes.com/news/kaltim/yuda-almerio-pratama-lebang/waduh-setiap-hari-warga-samarinda-bisa-hasilkan-601-ton-sampah?page=all>
- B. N. Widarti, N. Ramadhani, and I. Meicahayanti. (2017). “Efektivitas Dalam Mengurangi Sampah dan Nilai Ekonomi Pengelolaan Sampah Di Bank Sampah,” *INFO TEKNIK*, vol. 18, no. 2, pp. 171-178.

## Lampiran

### Lampiran 1. Tampilan Aplikasi SAKUTAWAKU APPS

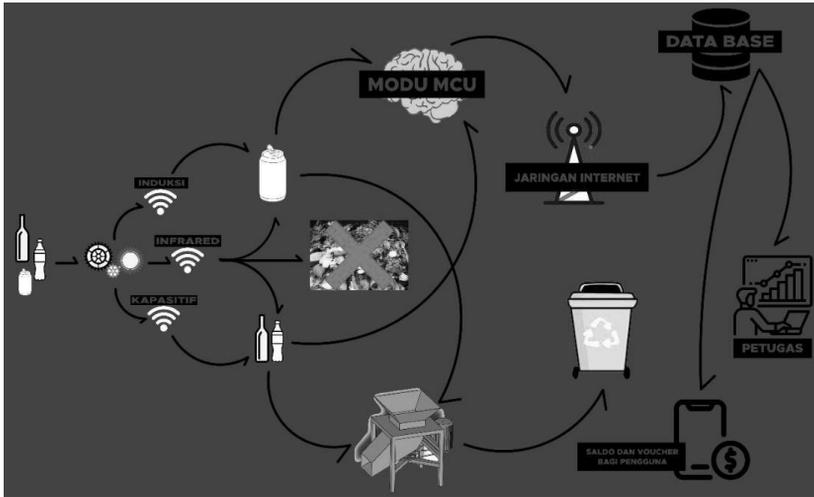


Gambar 2. Tampilan Aplikasi



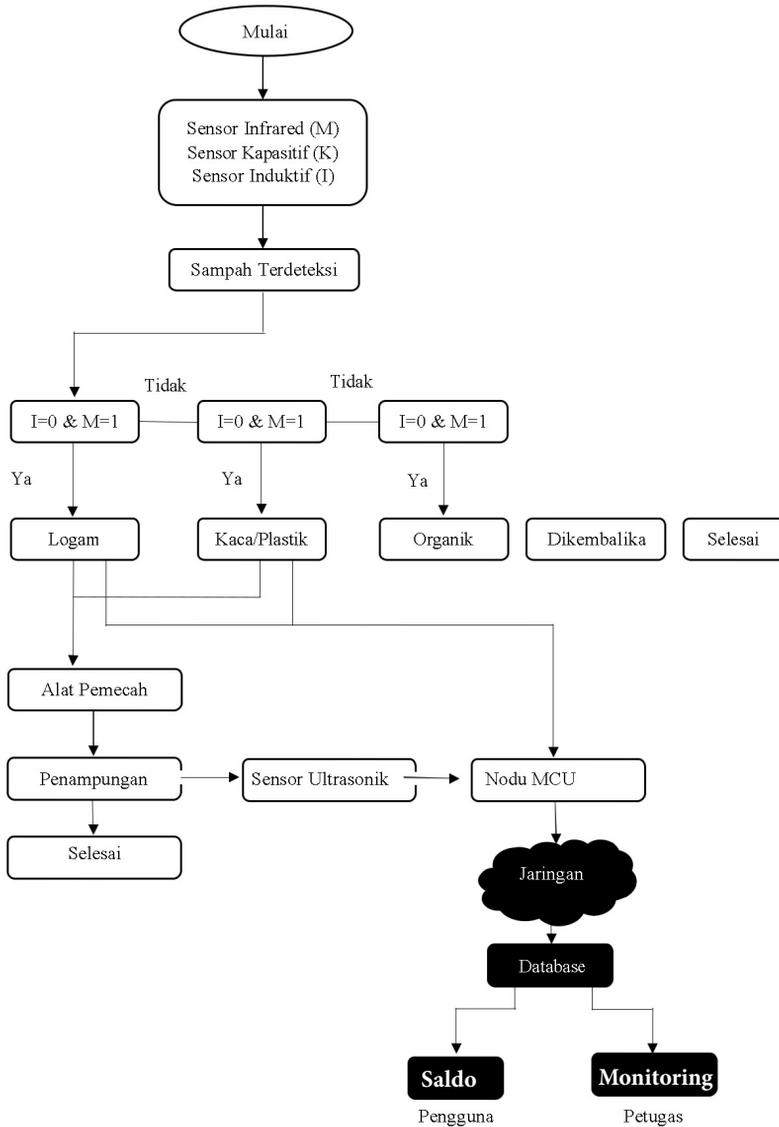
Gambar 3. Tampilan *Game*

**Lampiran 2. Peta Konsep SAKUTAWAKU *Recycle Money Machine***

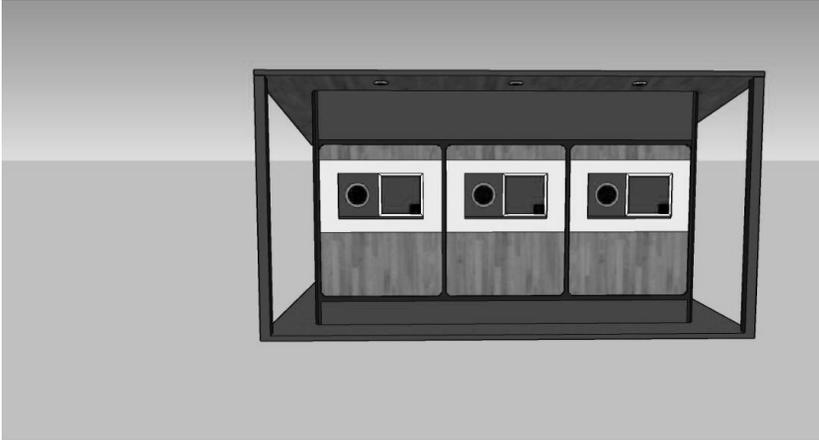


**Gambar 4. Peta Konsep**

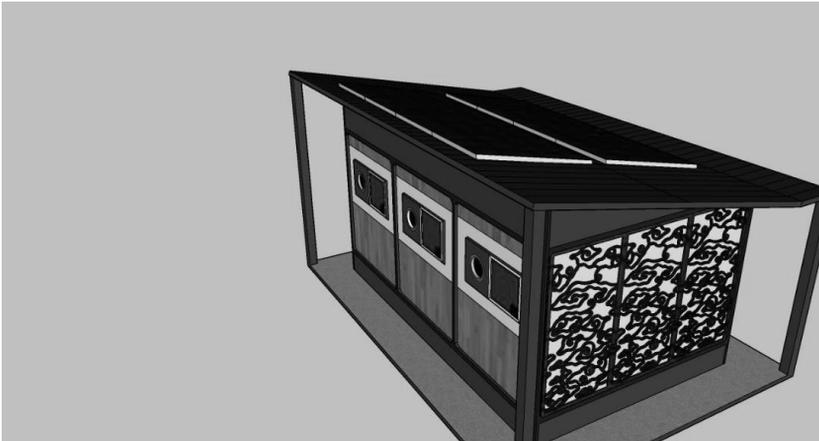
### Lampiran 3. Komputasi



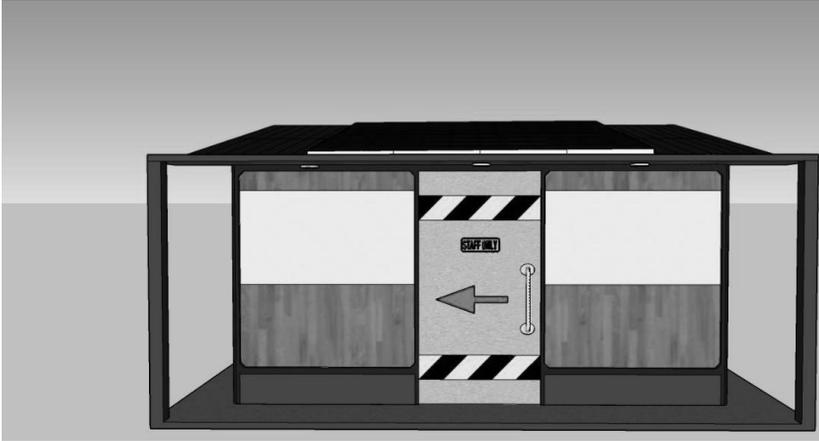
**Lampiran 4. Prototype SAKUTAWAKU *Recycle Machine***



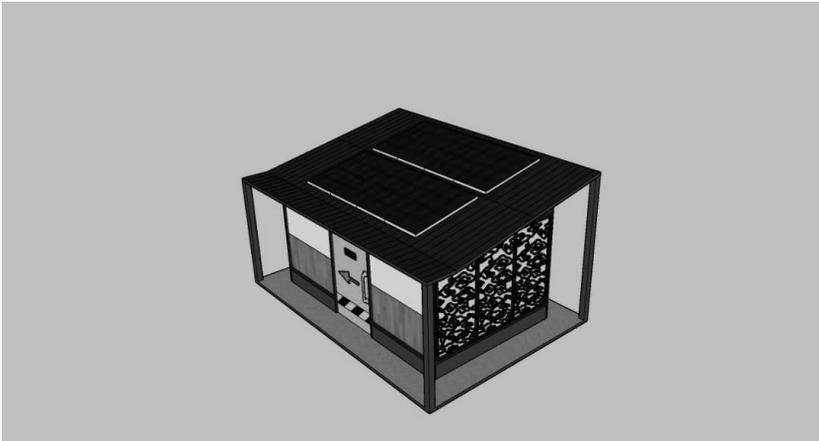
**Gambar 5. Tampak Depan**



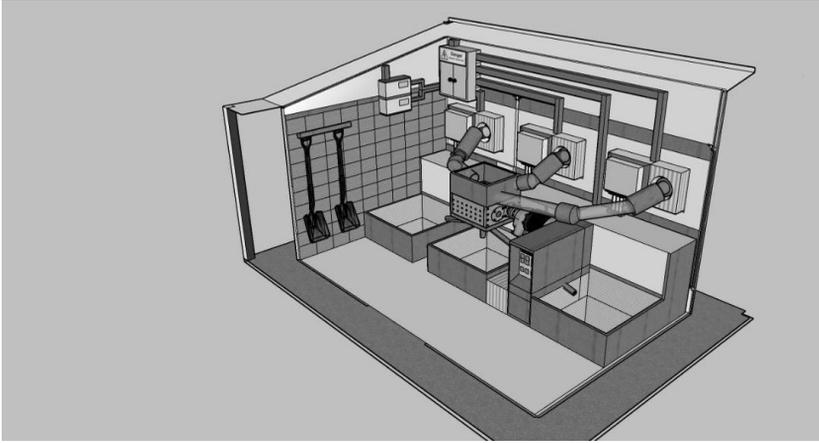
**Gambar 6. Tampak Samping Kiri**



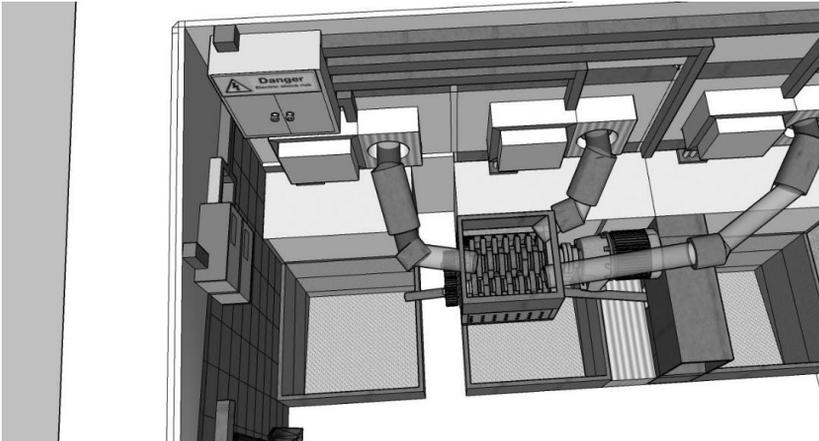
**Gambar 7. Tampak Belakang**



**Gambar 8. Tampak Atas**



**Gambar 9. Tampak Dalam Mesin (1)**



**Gambar 10. Tampak Dalam Mesin (2)**

**Lampiran 5. Rekapitulasi Anggaran**

| Pembangunan Mesin   | Harga                  |
|---|------------------------|
| Rangka mesin (baja ringan)  | Rp500.000,00           |
| Dinding mesin (baja ringan) 4 x 2,5 x 2,46 m  | Rp6.290.000,00         |
| Pintu geser (besi) 1 x 1,9 m  | Rp2.700.000,00         |
| Atap upvc 5 x 3,56 x 0,02 m   | Rp1.000.000,00         |
| Tiang depan (baja hollow) 0,10 x 0,10 x 2,55 m (X2)<br>Tiang belakang (baja hollow) 0,10 x 0,10 x 1,95 m (X2) | Rp380.000,00           |
| Sisi luar mesin (Plastik ABS)   | Rp480.000,00           |
| Pelapis dinding dalam (vtech)   | Rp600.000,00           |
| Ornamen dinding mesin   | Rp500.000,00           |
| <b>Total Pembangunan</b>  | <b>Rp12.450.000,00</b> |

| Komponen Mesin  | Harga          |
|---|----------------|
| Monitor 15 inch (X3)  | Rp3.600.000,00 |
| Sensor ultrasonik (X3)<br>-Tegangan: 5 VDC<br>-Level output: 5 V-OV<br>-Sudut sensor: < 15 derajat<br>-Jarak deteksi:2 cm-450 cm<br>-Tingkat keakuratan: up to 0,3cm (3 mm)                         | Rp37.500,00    |
| Sensor induktif (X3)<br>-Tegangan: DC 6-36 V<br>-Arus keluaran: 300 mA<br>-Jarak deteksi: 4 mm<br>-Polaritas: NPN<br>-Objek deteksi: Konduktor<br>-Jenis kawat: 3 jenis kawat (coklat, biru, hitam) | Rp120.000,00   |
| Mesin pencacah  | Rp27.000,00    |

|   |                        |
|---|------------------------|
| Panel Surya mono 100WP 2,92 x 1,25 m (X2)               | Rp30.000.000,00        |
| Baterai panel surya 12V 150AH 0,48 x 0,17 x 0,24 m (X2) | Rp1.200.000,00         |
| Perkabelan mesin  | Rp6.000.000,00         |
| Box panel lengkap                                       | Rp560.000,00           |
| Penampung 1100 liter 1 x 1 x 1 m (X3)                   | Rp2.300.000,00         |
| Lampu downlight 5 Watt (X8)                             | Rp450.000,00           |
| Pipa-pipa   | Rp160.000,00           |
| <b>Total Komponen</b>                                   | <b>Rp46.454.500,00</b> |

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| Total Pembangunan | Rp12.450.000,00 |
| Total Komponen    | Rp46.454.500,00 |
| Total Anggaran    | Rp58.904.500,00 |

Artikel 24

## **Smart Spraying: Implementasi Kecerdasan Buatan Dalam Menangani “Tanaman Tak Diundang”**

Karya: Rania Aqila

(Siswa SMA Al Wildan Islamic School 1, Provinsi Banten)

Email: rania.aqila@gmail.com

*Agriculture* merupakan seni penerapan *science* dalam membudidayakan tanaman dan ternak. Sekitar 2 miliar populasi dunia menggantungkan kelangsungan hidupnya dengan bertani. Sekitar 7,8 miliar populasi dunia juga menggantungkan kelangsungan hidupnya pada hasil pertanian. Populasi global pada tahun 2050 diperkirakan akan mencapai 9 miliar dan permintaan pertanian diperkirakan akan berlipat ganda. Kelipatan dalam tersebut juga berartikan bahwa terjadi kelipatan pada salah satu sisi negatif pertanian, seperti keberadaan gulma. Lalu, apa yang akan terjadi pada tahun 2050 kelak jika kita membiarkan fenomena tersebut terjadi?

Beberapa waktu lalu, masyarakat digemparkan dengan berita bahwa bumi ini hanya memiliki sisa waktu hingga 2025. Berdasarkan Panel Antarpemerintah Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Perubahan Iklim (*U.N. Intergovernmental Panel on Climate Change*), kita harus mengurangi emisi global sebanyak 43% pada dekade terakhir ini agar kita dapat mencapai *neutral climate* pada tahun 2050 dan memiliki planet yang lebih sehat dan bersih. Secara tidak sadar, berbagai aktivitas manusia seperti penggunaan listrik, kendaraan, bahkan kegiatan sederhana untuk memenuhi kebutuhan pokok kita yang disebut sebagai bertani juga mempengaruhi lingkungan ini.

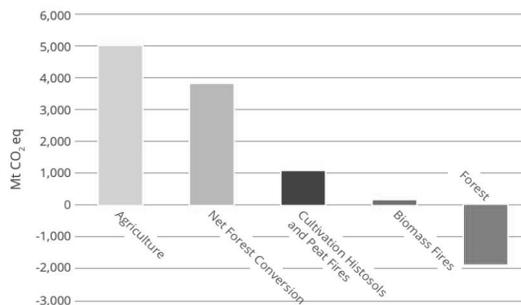
Berdasarkan UU Nomor 19 Tahun 2013 mengenai Perlindungan dan Pemberdayaan Petani, Pertanian didefinisikan sebagai kegiatan mengelola sumber daya alam hayati dengan bantuan teknologi, modal, tenaga kerja, dan manajemen untuk menghasilkan Komoditas Pertanian yang mencakup tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan/atau peternakan dalam suatu agroekosistem. Namun demikian,

juga ditemukan beberapa keadaan yang tidak diharapkan dari aktivitas pertanian, seperti tumbuhnya gulma atau tanaman liar.

Gulma merupakan hal yang lumrah dijumpai di lingkungan yang tidak menguntungkan, termasuk pertanian, hingga para petani telah mengupayakan penanggulangannya selama ratusan tahun. Pada akhirnya mereka memutuskan untuk menerapkan herbisida.

Semenjak Perang Dunia II, herbisida telah digunakan dalam industri pertanian. Berkat penelitian yang dilaksanakan pada masa tersebut, herbisida dikembangkan pada akhir tahun 1940-an, yang mengantarkan pada periode pembunuhan gulma “ajaib”. Lebih dari 100 senyawa baru dikembangkan, dibuat, dan digunakan hanya dalam waktu 20 tahun. Hingga hari ini, para petani masih sangat mengandalkan herbisida.

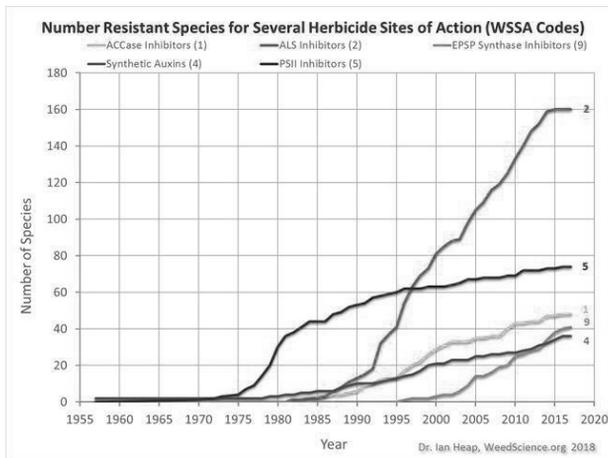
Penggunaan herbisida memiliki efek menguntungkan dan negatif, sebagaimana layaknya aspek kehidupan lainnya. Efek utama perubahan iklim adalah peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> dan suhu, dan penelitian telah mengindikasikan bahwa pertanian, yang mencakup penggunaan pestisida dan herbisida, menyumbang 50% dari emisi CO<sub>2</sub> AFOLU (*Agriculture, Forestry, and other Land Use*) (gambar 1).



<Grafik kontribusi konsentrasi CO<sub>2</sub> Pertanian dari keseluruhan emisi karbon dioksida AFOLU. Tubiello, F. N, Salvatore, M., Condor Golec, R.D., Ferrara, A., Rossi, S., Biancalani, R., Federici, S., Jacobs, H., Flammini, A., (2014). *Agriculture, Forestry, and other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks.* <https://www.fao.org/3/i3671e/i3671e.pdf>

Nyatanya, penggunaan herbisida bukanlah jalan terakhir atas permasalahan tersebut. Pengendalian gulma menggunakan herbisida

dalam jangka waktu yang panjang tanpa perotasian dengan herbisida lain menyebabkan resistensi terhadap herbisida (Aditiya, 2021). Sehingga gulma tetap dapat hidup dan berkembang biak secara baik walaupun telah disemprotkan herbisida. Persentase fenomena tersebut pun kian menaik setiap tahunnya, mengingktat masyarakat tidak mengimplementasikan solusi baru dalam menangani masalah tersebut (gambar 2).



Grafik resistensi tanaman terhadap herbisida Pada tahun 1995-2020. Herbicide-resistant weeds. (2021). Extension.umn.edu.  
<https://extension.umn.edu/herbicide-resistance-management/herbicide-resistant-weeds#herbicide-factors-that-increase-selection-intensity-928961>

Berbagai cara telah dilakukan dalam menangani gulma, seperti pencabutan gulma secara berkala, serta pencampuran beberapa bahan alami. Namun, tidak dapat kita pungkiri bahwa herbisida merupakan medium yang paling efektif dalam menangani gulma sehingga dibutuhkan tindakan lebih lanjut dalam penggunaan herbisida dalam meminimalisir dampak negatifnya.

Seiring dengan berjalannya waktu, berbagai aspek dalam kehidupan kita berubah, maka bagaimana kita menyelesaikan suatu masalah seharusnya juga berubah. Dengan adanya perubahan zaman telah muncul berbagai inovasi teknologi yang dapat kita

implementasikan dalam menangani permasalahan ini, salah satunya adalah *artificial intelligence*. *Artificial Intelligence* atau yang kita kenal sebagai kecerdasan buatan merupakan sebuah sistem yang mengimitasi kecerdasan manusia untuk melaksanakan tugas-tugas yang diprogram. Ia telah diimplementasikan dalam berbagai ranah kehidupan seperti pendidikan, kesehatan, hingga pertanian.

Inovasi teknologi tersebut dalam kita implementasikan sebagai media untuk meningkatkan efisiensi penanganan gulma menggunakan herbisida. Penggunaan algoritma dan *computer vision* pada perangkat tersebut mendeteksi keberadaan gulma sehingga herbisida hanya disemprotkan pada gulma, tidak pertanian secara menyeluruh. Sehingga para petani dapat meminimalisir penggunaan herbisida yang tidak guna.

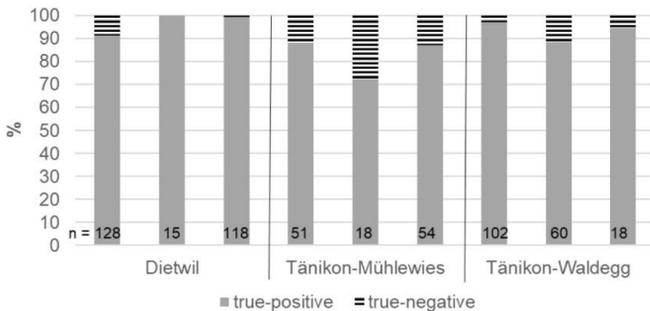


Courtesy <https://ecorobotix.com/en/ara/>

Sebuah alat yang dikenal sebagai ARA merupakan salah satu bentuk implementasi *artificial intelligence* pada bidang pertanian. Hasil pengembangan dari Ecorobotix tersebut membuktikan bahwa terdapat jalan keluar atas permasalahan yang kerap para petani hadapi. Pada setiap unit dipasangkan dua buah kamera RGB untuk menangkap gambar gulma yang nantinya dianalisa oleh perangkat lunak komputer yang dikembangkan khusus berdasarkan warna, bentuk, ukuran, serta karakteristik morfologi lainnya. Informasi gambar yang diproses dikirim ke chip elektronik pengontrol servo yang digunakan untuk memutar nosel semprot untuk menyalurkan arah semprotan dengan

lokasi geografis masing-masing gulma. Sistem semprotan spot ini memberikan kontrol total atas jumlah pestisida yang digunakan per tekanan.

Efektivitas ARA tidak hanya omong kosong belaka, sebuah penelitian yang dilakukan tiga lokasi di Swiss yakni Dietwil, Tanikon–Muhlewies, serta Tanikon–Waldegg, menyatakan hasil yang sangat positif. Penelitian tersebut juga membandingkan penyemprotan herbisida menggunakan Ecorobotix ARA dengan penyemprotan konvensional. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa Ecorobotix ARA berhasil mendeteksi sekitar 90% (gambar 3) serta ketepatan penyemprotan sebesar 89%.



Tabel efektivitas ARA pada tiga kota di Swiss, yakni Dietwil, Tanikon–Muhlewies, serta Tanikon–Waldegg. ARA : The most precise sprayer on the market. (n.d.).

Ecorobotix. <https://ecorobotix.com/en/ara/>

Pemborosan adalah komponen penting lainnya dari deteksi dan penyemprotan yang tepat. Faktanya, 90% dari seluruh herbisida yang digunakan secara global terbuang sia-sia. Hal tersebut menandakan bahwa lebih dari 1 juta ton, atau \$30 miliar, terbuang sia-sia setiap tahunnya. Namun, pemborosan telah jauh menurun dengan penggunaan smart spraying, seperti ARA yakni sebanyak 2,5% sementara penyemprotan konvensional adalah 4%. Meskipun angka tersebut terkesan kecil, namun tidak diragukan lagi, hal ini memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan planet kita di masa depan.

## Daftar Pustaka

- Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel dan J.C. Minx 2014. 'Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change', *IPCC (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
- RI, S. D. (n.d.). J.D.I.H. - Dewan Perwakilan Rakyat. [Www.dpr.go.id](http://www.dpr.go.id). <https://www.dpr.go.id/jdih/index/id/365>
- Herbicide | History, Types, Application, & Facts. (2019). In *Encyclopædia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/herbicide>
- IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Portner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM\\_Updated-Jan20.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf)
- Global Agriculture. (2016). *Industrial Agriculture and Small-scale Farming*. [Globalagriculture.org](https://www.globalagriculture.org/report-topics/industrial-agriculture-and-small-scale-farming.html). <https://www.globalagriculture.org/report-topics/industrial-agriculture-and-small-scale-farming.html>
- Chauhan, B.S. (2020) Grand Challenges in Weed Management. *Front. Agron.* 1(3). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fagro.2019.00003/full#B6>
- Chauhan BS, Matloob A, Mahajan G, Aslam F, Florentine SK and Jha P (2017) Emerging Challenges and Opportunities for Education and Research in Weed Science. *Front. Plant Sci.* 8(1537). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01537/full>

- Californians for Pesticide Reform. (2019). Climate Change & Pesticides |Californians for Pesticide Reform. Pesticidereform.org. <https://www.pesticidereform.org/climate-change/>
- Aditiya, D. R. (2021). Herbisida : Resiko terhadap lingkungan dan efek menguntungkan, *Saintekno1*, 19(1). <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/saintekno1/article/view/28371>
- Herbicide-resistant weeds. (2021). Extension.umn.edu.<https://extension.umn.edu/herbicide-resistance-management/herbicide-resistant-weeds#herbicide-factors-that-increase-selection-intensity-92891>  
<https://www.weedscience.org/Home.aspx>
- Slaughter, D., C., Giles, D., K., Downey, D. (2007). Autonomous robotic weed control system : A review, *Computer and Electronics in Agriculture*. 61(2008). <http://ask-force.org/web/Precision-Biotechnology/Slaughter-Autonomous-robotic-Weed-2008.pdf>
- Rana, A., & Derr, J. F. (2014). Computer Vision : A Promising Tool for Weed Management. *Precision Agriculture*. [https://www.researchgate.net/publication/324174493\\_Computer\\_vision\\_A\\_promising\\_tool\\_for\\_weed\\_management](https://www.researchgate.net/publication/324174493_Computer_vision_A_promising_tool_for_weed_management)
- Kovarik, L. (2021), How to save the world from 1M tons of herbicides, *Bohemian.ai*.<https://bohemian.ai/blog/how-save-world-1m-tons-herbicides/>
- ARA : The most precise sprayer on the market. (n.d.). Ecorobotix. <https://ecorobotix.com/en/ara/>
- Anken, T., & Latsch, A. (n.d.). Detection rate and spraying accuracy of Ecorobotix ARA. [https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/38417/GIL2022\\_Anken\\_45-50.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/38417/GIL2022_Anken_45-50.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tubiello, F., N, Salvatore, M., Condor Golec, R.D., Ferrara, A., Rossi, S., Biancalani, R., Federici, S., Jacobs, H., Flammini, A., (2014). Agriculture, Forestry, and other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks. <https://www.fao.org/3/i3671e/i3671e.pdf>

Artikel 25

## **Pembuatan Batako Polimer dari Limbah Masker Disposable, Plastik Polipropilen, dan Cangkang Rajungan Sumenep sebagai Solusi Penanganan Limbah dan Mitigasi Banjir di Pemukiman Padat Penduduk**

Karya: Shinta Dewi Nurul Izza

(Siswi SMA Negeri 1 Sumenep, Madura)

Email: shintadewinurulizza@gmail.com

Masker sekali pakai (disposable mask) telah menjadi norma sosial baru di Indonesia tak terkecuali di Kabupaten Sumenep. Kepala Dinas Kesehatan Sumenep (dr A Fatoni 2021) mengatakan, dari jumlah puskesmas sebanyak 30, tidak satupun yang memiliki pengelolaan limbah medis. Oleh karena itu mereka harus memiliki rasa tanggung jawab terhadap lingkungan. Terlebih lagi masker tidak dapat terurai, mengalir ke jalan perkotaan dan memblokir pipa pembuangan kotoran.

Permasalahan sampah di Kabupaten Sumenep juga memprihatinkan. Disampaikan oleh Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sumenep, saat ini sampah yang dihasilkan di Kabupaten Sumenep yang diangkut ke TPA Batuan dengan jumlah sampah perharinya sebanyak 20 ton. Mayoritas sampah berasal dari sampah rumah tangga yang terdiri dari sampah plastik, sampah petani dan sampah non organik. Hal ini menimbulkan dampak kerusakan luar biasa pada kehidupan laut khususnya di Kabupaten Sumenep. Misalnya saja sampah plastik. Plastik adalah polimer organik sintetis. Karakter plastik yang ringan, kuat dan tahan lama membuat plastik banyak digunakan untuk pembuatan berbagai macam produk, terutama produk kemasan (Hadi, 2019).

Disamping itu pada tahun 2010 produksi rajungan di Kabupaten Sumenep sendiri sebesar 3.462 ton sedangkan limbah cangkang rajungan yang dihasilkan mencapai 1.731 ton, sedangkan pada tahun 2017 mencapai 395,15 ton (Multazam, 2012).

Dari permasalahan diatas peneliti ingin memanfaatkan komposisi 3 limbah tersebut serta penambahan agregat pasir untuk dijadikan batako polimer sehingga dapat menjadi solusi dalam mengatasi masalah peningkatan jumlah limbah di Kabupaten Sumenep dengan menciptakan produk unggulan berupa batako polimer yang didesain berpori namun tetap kuat dan stabil durabilitasnya dalam jangka waktu lama.

Pada pembuatan ini peneliti menggunakan alat yaitu cetok, loyang, timbangan, gelas ukur, sendok, ember, alu, *alat marshall*, gunting, dan sendok yang masing-masing berjumlah 1 buah. Sedangkan bahan meliputi kulit rajungan (5kg), plastik polipropilen (1kg), limbah masker disposable (1kg), pasir putih (5kg), pasir hitam (5kg), pasir cokelat (5kg), semen (5kg), air (secukupnya), dan cetakan silinder atau paralon 2cm×4cm (90 buah).

Setelah menentukan alat dan bahan, berikut proses pembuatan batako polimer, yaitu: (1) Ketiga limbah dicuci-dijemur-dipotong-ditumbuk. (2) Cetakan silinder dari pipa paralon dengan ukuran diameter 2 cm dan panjang 4 cm, cetakan tersebut dibuat sebanyak 90 buah cetakan. (3) Pasir, semen, 3 limbah dimasukkan pada cetakan silinder sesuai dengan kesembilan jenis perbandingan komposisinya masing-masing. Sampel batako dengan komposisi semen saja juga dibuat sebagai kontrol. Cetakan dilepas setelah campuran kering. (4) Terdapat 9 variasi × 9 jenis pengujian, dan sampel batako kontrol juga dibuat sebanyak 9 buah. 81 sampel tersebut akan dibandingkan dengan 9 hasil uji sampel batako kontrol, total 90 data hasil uji.

Selanjutnya peneliti membandingkan 3 jenis pasir (hitam, putih, coklat) dengan 3 komposisi limbah dilabeli sebagai perlakuan 1 sampai 9 sebagaimana yang dibahas dalam metode. Penelitian dari Sumbawaty (2018) menyebutkan bahwa beton disebut ringan apabila beratnya kurang dari 1800 kg/m<sup>3</sup> (Sumbawaty, 2018).

Dari segi jenis, penelitian Winarno menyatakan bahwa terdapat dua jenis batako, yaitu berlubang atau jenis hallow dan padat atau jenis solid (Winarno, 2015). Inovasi komposisi batako dalam penelitian ini termasuk dalam batako hollow. Densitas tertinggi secara signifikan

dimiliki oleh perlakuan 10 atau perlakuan control yang tersusun dari semen solid. Densitas terendah dimiliki oleh perlakuan 6 yaitu dengan 3 kali lipat kandungan pasir putih dan 3 limbah, namun nilai ini tidak signifikan berbeda dibandingkan 8 perlakuan lainnya.

Densitas pasir terbesar dimiliki oleh sampel kontrol (semen) diikuti oleh pasir putih, dilanjutkan oleh pasir coklat dan densitas terkecil oleh pasir hitam.

Dalam perbandingan antar komposisi rajungan di kelompok pasir coklat, densitas paling tinggi dimiliki oleh konsentrasi 3 kali lipat dan densitas paling rendah dimiliki oleh konsentrasi 2 kali lipat. Dalam perbandingan antar komposisi rajungan di kelompok pasir putih, densitas paling tinggi dimiliki oleh konsentrasi 1 kali lipat dan densitas paling rendah secara signifikan dimiliki oleh konsentrasi 3 kali lipat.

Dalam perbandingan antar komposisi rajungan di kelompok pasir hitam, densitas paling tinggi secara signifikan dimiliki oleh konsentrasi 2 kali lipat dan densitas paling rendah dimiliki oleh konsentrasi 3 kali lipat.

Perbandingan uji kuat tarik dan kuat tekan batako. Umumnya, kekuatan tarik relatif lebih rendah, dengan kekuatan tarik 10-15% dari kuat tekan batako (Pangloly dkk., 2018). Kekuatan tarik pada penelitian ini ditentukan menggunakan percobaan tarik silinder dengan ukuran silinder diameter 23,2 mm dan tinggi 40 mm.

Hasil uji kuat tarik terbaik ditunjukkan oleh perlakuan control semen dengan nilai kuat tarik sebesar 0.762. Sementara perbandingan hasil uji kuat tarik batako dengan formulasi substitusi semen menggunakan pasir, dan 3 limbah menunjukkan ketiga sampel ini memiliki kesamaan yakni perbandingan rajungan tertinggi diantara formulasi yang lain. Hal ini menunjukkan peningkatan perbandingan rajungan pada komposisi batako mampu meningkatkan nilai kuat tarik pada batako.

Kandungan kalsium dalam cangkang rajungan dapat mencapai hingga 38% (Siregar, 2009). Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Vitalis (2012) yang menunjukkan penambahan cangkang sebanyak 38.45% mampu meningkatkan kuat tarik dibandingkan beton tanpa adanya penambahan cangkang. Hasil uji kuat tarik terbaik selanjutnya

adalah pada sampel nomor 4 dan 5 dengan kuat tarik maksimum masing-masing sebesar  $0,266 \pm 0,0181$  Mpa dan  $0,264 \pm 0,0280$  Mpa.

Kedua nomor ini merupakan formulasi batako dengan penggunaan pasir jenis pasir putih. Semakin besar perbandingan pasir putih yang digunakan, hasil uji kuat tarik yang didapatkan semakin baik.

Uji Marshall yang ditargetkan untuk dilakukan meliputi pemenuhan parameter yang meliputi stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA dan MQ. Untuk mendapatkan parameter tersebut, peneliti akan melakukan uji perbandingan presentase rongga, perbandingan volume rongga, perbandingan volume rongga yang terisi, rasio stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan sebagai indikator kekuatan pada partikel campuran.

Perwujudan batako polimer ini tentu saja tidak bisa dilakukan sendiri. RSUD Anwar Sumenep sebagai penyumbang limbah masker, TPA Batuan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sumenep sebagai penyumbang limbah plastik polypropylene, gudang transpot rajungan Kecamatan Bluto terlibat sebagai penyumbang limbah rajungan.

Pengembangan produk melalui riset dan uji coba bekerja sama dengan Laboratorium Kimia SMAN 1 Sumenep, Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Malang, Laboratorium Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.

Pengimplementasian tingkat lanjut dilakukan dengan upaya memperkenalkan inovasi tersebut kepada pihak-pihak terkait menengah keatas seperti masyarakat umum, Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah di daerah setempat kemudian dapat dilanjutkan dengan memperkenalkannya di jenjang yang lebih tinggi seperti Kementerian PUPR dan semacamnya.

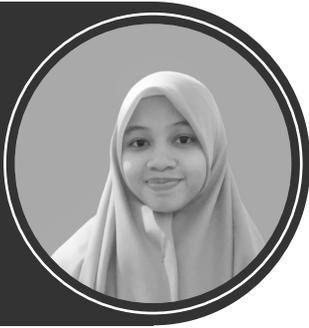
## Referensi

- Anita Rahmawati. 2021. Perbandingan penggunaan polypropilene (pp) dan high densitypolyethylene (hdpe) pada campuran laston\_wc
- Azwanda, Samsun, Helba Destha Rangga. 2021. pengaruh substitusi bahan anorganik plastik terhadap kuattekan beton normal
- Azwanda, Samsunan, dan Helba Destha Rangga. 2017. Pengaruh substitusi bahan anorganik plastik terhadap kuattekan beton normal
- Dedy Hariadi sebuah, Sofyan M. Saleh B, R. Anwar Yamin C, Sri Aprilia. 2021. Pemanfaatan limbah plastik LDPE terhadap kualitas minyak pirolisis sebagai alternatif pelarut aspal
- Guzlena, G. Sakale, S. Certoks, L. Grase. 2021. Jumlah partikel ukuran pasir mempengaruhi kualitas bata penuhi sifat teknis
- Joelle C. Y. Lai, Peter K. L. Ng, Peter J. F. Davie. 2021. A revision of the portunus pelagicus (linnaeus, 1758) species complex (crustacea: brachyura: portunidae), with the recognition of four species
- Maocai Shen, Zhuotong Zeng, Biao Song, Huan Yi, Tong Hu, Yaxin Zhang, Guangming Zeng, Rong Xiao. 2021.
- Polusi mikroplastik yang terabaikan dalam COVID-19 global: Masker bedah sekali pakai.
- Melkamu Birlie Genet, Zenamarkos Bantie Sendekie, Addis Lemessa Jembere. 2021. Investigasi dan optimalisasi limbah plastik LDPE sebagai pengubah campuran aspal untuk aspal jalan raya: Kasus jalan Ethiopia
- Muslimin. 2021. Uji kualitas batako dari beberapa jenis pasir Pane, F.P., Tanudjaja, H., Windah, R.S. 2015. Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton dengan Variasi Kuat Tekan Beton. Jurnal Sipil Statik, 3(5):313-321

Karya-Karya Terbaik

# KATEGORI ENERGI





Artikel 1

## **Solar And Rainwater Energy Harvesting Hybrid System: Solusi Penyediaan Energi Listrik Bersih dan Berkelanjutan di Pedesaan**

Karya: Salsah Sahrani Syam

(Mahasiswa Universitas Hasanuddin, Makassar)

Email: salsahrani.s@sre.co.id

*Artikel ini menjadi pemenang I, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023 dan meraih Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI*

Indonesia dijuluki sebagai salah satu negara kepulauan. Memiliki 17.499 pulau yang tersebar dari Sabang sampai Merauke. Namun sangat disayangkan, kondisi ini justru menyebabkan permasalahan terkait pemerataan pembangunan, salah satunya masalah elektrifikasi pedesaan. Data Statistik Ketenagalistrikan tahun 2020 menunjukkan rasio elektrifikasi nasional Indonesia berada di angka 99.20% yang mana 0.8% kurangnya disebabkan karena masih ada 433 desa yang belum berlistrik (Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2020). Desa-desa ini belum mendapatkan suplai listrik karena akses wilayahnya yang sulit. Untuk itu, membangun transmisi listrik ke desa dari sistem transmisi yang sudah ada memerlukan biaya yang sangat mahal. Selain itu, beban listrik desa yang tidak sama dengan kapasitas transmisi yang sudah ada memperkuat alasan mengapa membangun saluran transmisi ke desa bukanlah sebuah solusi yang tepat.

Langkah elektrifikasi pedesaan yang telah dilakukan oleh pemerintah saat ini ialah dengan membangun pembangkit listrik mandiri yang terpisah dari jaringan listrik utama atau disebut dengan sistem *off-grid* (lepas jaringan). Namun, sebagian besar sistem *off-grid* untuk elektrifikasi pedesaan masih dipasok oleh generator diesel. Alasannya, karena generator diesel ini familiar bagi masyarakat serta kapasitas daya

listrik yang dihasilkannya cukup besar (Masrianto dkk., 2021). Namun, solusi ini juga tidak cocok diterapkan untuk daerah dengan akses yang sulit karena perlu dilakukan pengiriman bahan bakar setiap saat. Selain itu, solusi ini tidak dapat digunakan sebagai solusi berkelanjutan untuk elektrifikasi pedesaan karena bahan bakar diesel adalah sumber daya yang dapat habis dan juga menghasilkan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, terpikirkan solusi untuk memanfaatkan potensi energi baru terbarukan yang dimiliki pedesaan untuk menghasilkan energi listrik.

Solusi pemanfaatan energi terbarukan *off-grid* untuk elektrifikasi pedesaan yang berkelanjutan merupakan solusi yang sangat tepat di Indonesia (Taufiqurrohman, 2017). Salah satu energi terbarukan yang tersedia di semua wilayah Indonesia dan dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik ialah energi surya.

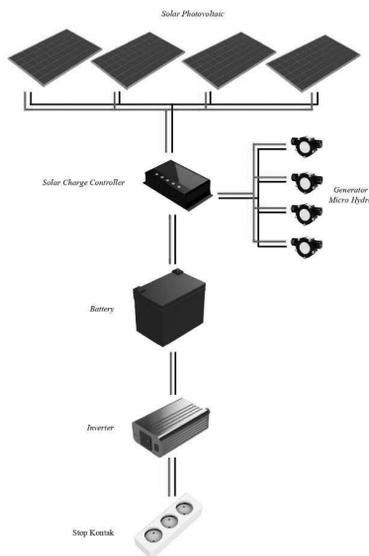
BPPT (2021) menyatakan bahwa potensi energi surya yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik di Indonesia cukup besar, yakni sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Hanya saja, intensitas energi matahari di Indonesia tidak setiap saat cukup untuk dikonversi menjadi energi listrik. Iklim tropis menyebabkan Indonesia memiliki dua musim, yakni musim kemarau dan musim hujan. Hasil penelitian menunjukkan, Indonesia selalu menerima hujan sepanjang tahun dengan curah hujan tergolong tinggi, yakni sebesar 2000-3000 mm per tahun (Kharisna, 2017). Turunnya hujan mengakibatkan intensitas energi matahari menurun dan tidak optimal untuk digunakan sebagai satu-satunya sumber energi listrik.

Berangkat dari permasalahan di atas, lahirlah ide untuk turut memanfaatkan curah hujan yang cukup tinggi di Indonesia bersama dengan energi matahari untuk menjadi energi listrik. Hal ini dapat dilakukan dengan implementasi teknologi Solar and Rainwater Energy Harvesting Hybrid System atau singkatnya kita sebut SREH2S.

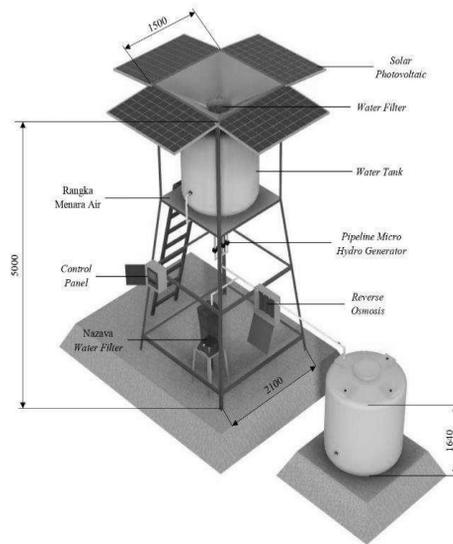
### **SREH2S Sebagai Penyedia Energi Listrik**

Solar and Rainwater Energy Harvesting Hybrid System merupakan inovasi teknologi yang menggabungkan sistem konversi energi listrik dari PLTS dan modifikasi PLTMH. Selain itu, SREH2S juga menerapkan

proses *harvesting* atau penampung air hujan yang akan diolah lebih lanjut untuk menghasilkan air bersih. SREH2S dirancang untuk ditempatkan pada daerah terbuka yang terkena sinar matahari di sekitar perumahan penduduk atau tempat lainnya yang membutuhkan sumber listrik dan air. Pada saat sinar matahari mengenai panel surya, maka panel surya akan menghasilkan listrik yang kemudian disimpan pada baterai. Sementara pada saat turun hujan, air akan masuk ke *water tank* dengan melewati *water filter* terlebih dahulu untuk menyaring kotoran yang ikut turun bersama air hujan. Listrik yang dihasilkan oleh generator akan menjadi back up dari panel surya yang tidak terkena sinar matahari dan disalurkan pada baterai melalui charge controller. Air yang dialirkan dari pipa diteruskan menuju *water tank* bawah melalui reverse osmosis sehingga dapat menjadi sumber air bersih untuk kebutuhan cuci tangan, sanitasi dan keperluan lainnya. Air yang dialirkan dari pipa juga dapat diteruskan menuju filter nazava untuk mengubah air hujan menjadi air siap minum. Sementara itu, Listrik yang disimpan pada baterai dapat disalurkan ke rumah tangga atau tempat lainnya yang membutuhkan.



Gambar 1. Skema Sistem Hybrid pada SREH2S



Gambar 2. Desain Solar and Rainwater Energy Harvesting Hybrid System

Satu unit SREH2S ini dapat menghasilkan energi listrik 6,480kWh dengan desain standar yang terdiri dari empat panel 250Wp dan delapan buah *pipeline micro hydro generator* 10W dalam 5 jam produksi. Sehingga, untuk satu unit SREH2S bisa digunakan untuk menyuplai listrik dua hingga empat rumah penduduk dan dapat ditingkatkan dengan menggunakan panel dan generator dengan kapasitas yang lebih tinggi. Penggunaan SREH2S sebagai alternatif penyediaan listrik di pedesaan memiliki banyak keunggulan, yakni (1) Menhasilkan energi listrik yang bersih dan berkelanjutan, (2) Mudah direalisasikan di pedesaan-pedesaan bahkan di daerah terpencil, (3) Dibandingkan dengan membangun saluran transmisi, teknologi ini juga lebih hemat biaya dan mudah dipahami untuk pengaplikasiannya, (4) Sistem hibrid menyebabkan inovasi ini dapat menyediakan energi listrik yang lebih optimal dibanding hanya sistem PLTS saja, (5) keunggulan tambahan dari inovasi ini ialah dapat dihasilkannya air bersih untuk keperluan sanitasi dan konsumsi masyarakat, hal ini bisa menghemat penggunaan listrik untuk pemompaan air tanah. Dengan beberapa

keunggulan ini, SREH2S berpotensi tinggi menarik minat masyarakat dalam mendukung pemenuhan target energi bersih Indonesia sekaligus menyelesaikan permasalahan kebutuhan listrik di pedesaan.

Dari uraian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa inovasi Solar and Rainwater Energy Harvester Hybrid System (SREH2S) ini dapat menjadi solusi tepat untuk penyediaan energi listrik di pedesaan. Semakin banyak masyarakat yang menggunakan SREH2S maka perolehan energi listrik yang bersih dan terbarukan di Indonesia akan semakin besar pula serta rasio elektrifikasi dapat meningkat bahkan hingga 100%. Apabila gagasan ini berhasil diimplementasikan dalam skala nasional maka akan sangat berguna bagi perkembangan sumber energi di Indonesia. Namun, tentu saja diperlukan kerja sama dari berbagai pihak agar inovasi ini dapat terealisasikan. Inovasi Solar and Rainwater Energy Harvester Hybrid System penulis gagas sebagai alternatif solusi untuk mendorong tercapainya elektrifikasi pedesaan dengan energi listrik yang bersih dan berkelanjutan.

### Daftar Pustaka

- BPPT. 2021. *Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station*. Jakarta. Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, Badan Pengkajian dan Penerapan Energi.
- Kharisna, N., Widyastuti, S., Priyatno, D., & Kamaliyah, N. 2017. Power Plant Microhydro at Home Solusi Pemenuhan Listrik Daerah Curah Hujan Tinggi. *Journal of Creativity Student*. 2 (1):34–41.
- Masrianto, dkk. 2021. *Studi Tentang Proses Pembangkitan Listrik Tenaga Diesel Pt. Pln (Persero) Wilayah Sulselrabar Sektor Tello Makassar*. Makassar: Universitas Negeri Makassar
- Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. 2020. *Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2020*. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Taufiqurrohman, I. 2017. “Off-grid Renewable Energy Program for Sustainable Rural Electrification in Indonesia”. *Proceedings of the 1st Faculty of Industrial Technology International Congress*. Bandung, Indonesia, October 9-11.



Artikel 2

## **Inovasi Teknologi Hibrida Berbasis Panel Surya Terapung dan Savonius Darrieus Turbine Microhydropower Sebagai Aplikasi Renewable Energy Dalam Upaya Terwujudnya Green Electricity di Desa Gondang, Kabupaten Banjarnegara**

Karya: Sasa Aulia

(Mahasiswa Universitas Gadjah Mada – UGM, Yogyakarta)

Email: sasaaulia@mail.ugm.ac.id

*Artikel ini menjadi pemenang 2, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023*

*Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI*

### Latar Belakang

Tingkat karbon dioksida di atmosfer mencapai rekor baru pada tahun 2019 dengan kadar sebesar 410,5 part per million (ppm) merujuk data World Meteorological Organization (WMO) 2020. Sumber dominan berasal dari hasil pembakaran bahan bakar fosil. Manusia saat ini masih sangat bergantung kepada bahan bakar fosil baik dalam skala nasional maupun internasional.

Sekitar 80,3% pasokan energi primer dunia berasal dari minyak bumi, gas bumi, dan batubara (OECD/IEA, 2006). Keberadaan sumber energi terbarukan sangat penting dieksplorasi dan dikembangkan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Emisi gas rumah kaca di Indonesia sendiri telah mencapai angka 1,150,772 ktCO<sub>2</sub>e pada tahun 2017 (BPS, 2019). Berdasarkan kebijakan yang telah diterapkan, emisi gas rumah kaca Indonesia diperkirakan akan meningkat hingga 1,573 dan 1,751 MtCO<sub>2</sub>e pada tahun 2030 (di luar sektor kehutanan) (Climate Transparency,

2018). Indonesia telah memiliki target untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 29% sampai 41% dari business as usual dengan baseline 2,87 GtonCO<sub>2</sub>e untuk semua sektor ([ditjenppi.menlhk.go.id](http://ditjenppi.menlhk.go.id)). Untuk mewujudkan target tersebut diperlukan pengembangan dan penerapan secara masif, inovasi energi ramah lingkungan yang ada di Indonesia.

Air termasuk kebutuhan pokok manusia. Ketersediaan air bersih adalah kebutuhan primer untuk menunjang kehidupan dan perkembangan manusia. Potensi ketersediaan air di Indonesia pada tahun 2020 diperkirakan tinggal 1200m<sup>3</sup>/kapita/tahun dan hanya 35% yang layak dikelola, sehingga potensinya tinggal 400 m<sup>3</sup> /kapita/tahun. (Herlambang, 2006).

Ketersediaan air bersih masih jadi kendala di beberapa daerah Indonesia. Pada tahun 2019 krisis air bersih melanda lebih dari 200.000-an warga Banjarnegara, Jawa Tengah (Inews.id, 2019). Salah satunya Desa Gondang, Kelurahan Talunamba, Kecamatan Madukara, Kabupaten Banjarnegara. Problem di wilayah itu, distribusi air bersih ke rumah-rumah warga sering macet dan aliran airnya keruh saat hujan.

Usulan inovasi yang bisa jadi solusi dari permasalahan itu adalah membangun sistem pembangkit mikro dan pengolahan air bersih berbasis *underwater savonius-darrieus water turbine*. Metoda ini bukan hanya menyelesaikan problem penyediaan air bersih saja. Tapi bisa sekaligus menyediakan listrik alternatif untuk masyarakat sekitarnya.

Bentuk yang dipilih adalah *hybrid turbine* sebagai *microhydropower*. Banjarnegara punya potensi besar di sektor produksi energi tenaga air yang bisa mendukung sebesar 42.05 GWh. Rancangan disainnya, tak memerlukan lahan besar. Dan bisa dipindahkan secara temporal. Sesuai kebutuhan energi listriknya.

Konsep inovasi ini, secara jangka panjang diharapkan dapat memberikan dampak eksponensial yang lebih baik pada aspek ketersediaan air bersih dan kelistrikan. Serta mendukung SDGs poin 6 (Air bersih dan sanitasi layak) dan poin 7 (Energi bersih dan terjangkau). Inovasi ini juga diharapkan mampu menjadi penyokong tercapainya target penurunan emisi gas rumah kaca Indonesia.

### Tujuan

- a. Memperoleh desain dan rancangan dari inovasi pembangkit mikro dan pengolahan air bersih berbasis *underwater savonius-darrieus water turbine*.
- b. Mengetahui kapasitas pengolahan air bersih dan daya keluaran dari sistem pembangkit mikro berbasis *underwater savonius-darrieus water turbine*
- c. Mengetahui emisi karbon yang dapat dihemat oleh pengoperasian dari sistem pembangkit mikro berbasis *underwater savonius-darrieus water turbine*

### Manfaat

- a. Terwujudnya desain dan rancangan dari inovasi pembangkit mikro dan pengolahan air bersih berbasis *underwater savonius-darrieus water turbine* sebagai solusi atas permasalahan air bersih dan penyediaan energi hijau pada Desa Gondang, Kabupaten Banjarnegara
- b. Terwujudnya kapasitas pengelolaan air bersih yang memadai berbasis energi ramah lingkungan pada pada Desa Gondang, Kabupaten Banjarnegara.
- c. Terwujudnya sistem energi terbarukan sebagai suplai energi dalam pengelolaan ai bersih yang rendah emisi karbon.

### **Sistem Microhydropower**

*Hydropower* adalah implementasi dari energi terbarukan dengan prinsip konversi energi melalui pemanfaatan gerak dari air, untuk mendorong turbin. Hasilnya adalah produksi listrik dari gerak rotasional turbin.

Prinsip tersebut memberikan keuntungan karena kebutuhannya hanya pada sumber air dan bersifat independen terhadap faktor cuaca. Produksi energi yang dihasilkan pun konstan. *Hydropower* juga ditujukan untuk kontrol sistem irigasi dan kebutuhan air.

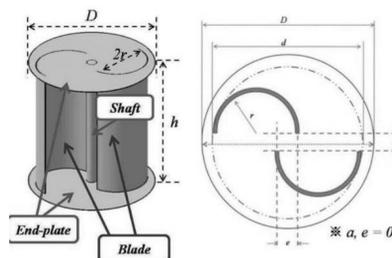
Konsep dari *hydropower* terbagi menjadi beberapa jenis, salah satunya *microhydropower*. *Microhydropower* bekerja dengan prinsip

yang sama, namun pada skala lebih kecil, sehingga mampu diterapkan pada berbagai lokasi tanpa proses infrastruktur yang masif (Pasalli & Rehiara, 2014).

Berdasarkan informasi dari Litbang ESDM, istilah mikrohidro biasanya digunakan untuk pembangkit listrik secara kecil yang menghasilkan output antara 5kW hingga 1MW per unit (Nugroho & Sallata, 2015). Prinsip dari PLTMH yaitu memanfaatkan tinggi jatuh air dan debit air per detik di suatu sungai ataupun bendungan, kemudian aliran air tersebut dapat memutar turbin dan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik turbin kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Pada PLTMH proses perubahan energi kinetik berupa (kecepatan dan tekanan air), yang digunakan untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik hingga menghasilkan energi listrik (Notosudjono D, 2002).

### ***Savonius-Darrieus Water Turbine***

Hingga saat ini, pengembangan turbin yang berporos vertikal masih terfokus pada turbin Savonius, turbin Darrieus, dan turbin Gorlof. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu (Gorban, 2016), turbin Darrieus memiliki efisiensi yang lebih baik dari pada turbin Savonius dan lebih rendah dari pada turbin Gorlov. Meskipun demikian, Geometri dari *savonius* memberikan keuntungan pada hasil torsi yang tinggi dan *selfstart system* yang memanfaatkan *drag forcess* dari fluida (Atom, 2018). Turbin Darrieus memiliki konstruksi yang lebih mudah untuk dikembangkan. Sedangkan, rotor H-Darrieus memberikan nilai efisiensi yang lebih baik, meskipun dengan torsi yang lebih rendah (Gorban, 2016).



**Gambar 1.** *Savonius Turbine* (Gorban, 2016)

### **Kondisi Geografis Kecamatan Madukara, Kabupaten Banjarnegara**

Kampung Gondang terletak di Desa Talunamba, Kecamatan Madukara, yaitu pada kordinat diantara  $7^{\circ}$  –  $12^{\circ}$  Lintang Utara dan  $7^{\circ}$  –  $12^{\circ}$  Lintang Selatan,  $7^{\circ}$  –  $12^{\circ}$  Bujur Barat dan  $7^{\circ}$  –  $12^{\circ}$  Bujur Timur. Luas wilayah Kecamatan Madukara sekitar 71,91 Km<sup>2</sup>. Terdiri dari 18 Desa dan 2 Kelurahan. Jenis tanah Regosol Podsolik merah kekuningan dan Latosol. Sebagian tanahnya adalah bergelombang dan berbukit. Sebagian besar merupakan tanah kering, sehingga daerah ini cocok untuk perkebunan dan tanaman kayu- kayuan.

Luas wilayahnya kurang lebih 4.820.151 Ha. Terdiri dari tanah sawah (799.685 Ha) dan tanah kering (4.200.466 Ha). Kecamatan ini termasuk wilayah yang memiliki daerah pegunungan di sebelah utara, dan daerah dataran di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu. Dikutip dalam laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Banjarnegara (SLHD) tahun 2007, pemanfaatan air sungai di Banjarnegara untuk keperluan mandi/cuci sebesar 24,04%, air minum/masak sebesar 1,91%, dan bahan baku air minum sebesar 1,09%.

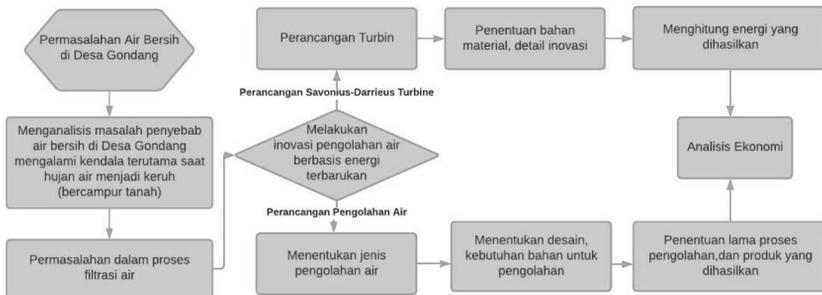
#### **2.4 Slow Sand Filter**

Filtrasi dengan metode *Slow Sand Filter* merupakan penyaringan partikel yang tidak didahului oleh proses pengolahan kimiawi (koagulasi). Kecepatan aliran dalam media pasir ini kecil karena ukuran media pasir lebih kecil. Saringan pasir lambat lebih menyerupai penyaringan air secara alami. Filter pasir lambat adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat. Kecepatan filtrasi pada filter lambat sekitar 20 – 50 kali lebih lambat, yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/ jam. Kecepatan yang lebih lambat ini disebabkan ukuran media pasir juga lebih kecil (effective size = 0,15 – 0,35 mm). Filter lambat digunakan untuk menghilangkan kandungan organik dan organism patogen dari air baku. Filter pasir lambat ini efektif digunakan dengan kekeruhan relatif rendah yaitu dibawah 50 NTU tergantung distribusi ukuran partikel pasir, ratio luas permukaan filter terhadap kedalaman dan kecepatan filtrasi. Keuntungan dari filter lambat yaitu: Biaya kontruksi yang murah ,rancangan dan operasinya sederhana, tidak perlu tambahan

bahan kimia, dan tidak perlu banyak air untuk pencucian karena hanya dilakukan di bagian atas media tanpa *backwash*.

### Metode Inovasi

Metode pengumpulan data yang digunakan menggunakan metode studi pustaka, yaitu penulisan berdasarkan sumber-sumber yang kemudian ditelaah, dikaji, dianalisis, diinterpretasikan dan dituangkan dalam bentuk tulisan. Adapun hasil atau data yang dihasilkan didapatkan dari hasil perhitungan secara teoritis, dan data sekunder yang diperoleh dari buku, skripsi, jurnal, artikel dan internet baik data kuantitatif maupun data kualitatif. Adapun alur berpikir penelitian adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.** Diagram Alir Metode Inovasi

Inovasi ini diawali oleh salah satu permasalahan tersebut terjadi pada Desa Gondang, Kelurahan Talunamba, Kecamatan Madukara, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah dengan masalah berupa distribusi air bersih ke rumah-rumah warga yang sering mengalami kendala seperti aliran macet dan air keruh saat hujan. Adapun inovasi yang dirancang adalah sistem pembangkit mikro dan pengolahan air bersih berbasis *underwater savonius-darrieus water turbine*. Pengolahan air sungai menjadi air bersih dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi water treatment. Metode yang digunakan dalam pengolahan air adalah mengidentifikasi tingkat kekeruhan sungai tersebut dan merancang bak penampung serta metode pengolahan air. Metode pengolahan air yang digunakan secara umum yang akan digunakan

adalah melalui proses screening, sedimentasi, dan diakhiri dengan proses filtrasi menggunakan *slow sand filter*.

Energi yang digunakan dalam proses pengolahan ini menggunakan energi yang dihasilkan oleh *underwater savonius-darrieus water turbine* kapasitas wastewater treatment diprediksi memiliki kapasitas 5000 L dengan lama produksi total 8 jam, sehingga per hari dapat dihasilkan 15000 L air bersih.

Pemilihan bentuk *hybrid turbine* sebagai *microhydropower* didasari dari potensi Banjarnegara di sektor produksi energi tenaga air yang mendukung sebesar 42.05 GWh. Rancangan desain dari sistem turbin melibatkan turbin savonius dan darrieus dengan savonius diletakkan di tengah turbin darrieus pada sumbu poros yang sama. Konsiderasi bentuk gabungan turbin ditujukan untuk memperoleh kelebihan masing masing bentuk yaitu savonius memudahkan *pada self start* sistem dan darrieus yang menghasilkan torsi lebih rendah dan bekerja sebagai *main device*, sehingga dapat adaptif di kondisi aliran air yang umumnya pelan dengan nilai efisiensi mencapai 66.76%.

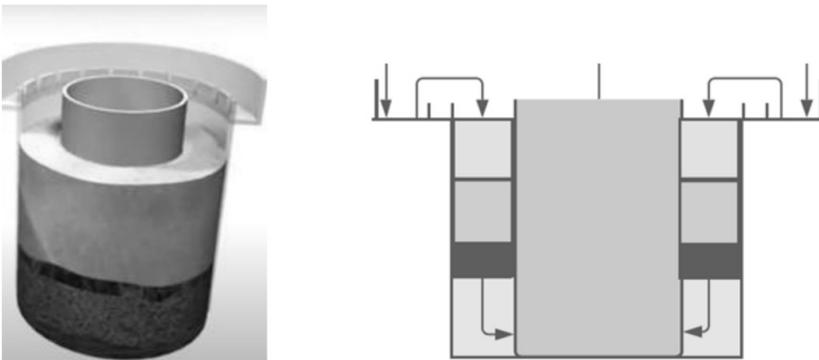
Mekanisme dari sistem diawali dengan aliran air sungai menggerakkan turbin yang tertanam di dalam air, menghasilkan produk listrik yang disalurkan untuk kebutuhan listrik dan menyalakan pompa air. Air di sungai kemudian dipompa oleh pompa air menuju ke bak pengolahan dan penampungan air. Air bersih yang dihasilkan dapat langsung didistribusikan ke rumah-rumah setempat. Bentuk hydropower mikro tersebut memungkinkan untuk diinstalasi tanpa kebutuhan lahan yang besar seperti hydropower lainnya dan dapat dipindahkan sewaktu-waktu sesuai kebutuhan listrik. Ditambah, sistem dapat bekerja secara seharian penuh tanpa pengaruh dari faktor cuaca.

Aktualisasi konsep inovasi secara jangka panjang dapat memberikan dampak eksponensial yang lebih baik pada aspek ketersediaan air bersih dan kelistrikan pada Desa Gondang dengan aplikasi kelistrikan selain untuk keperluan pengolahan air bersih, juga digunakan untuk penerangan lampu jalan di desa setempat.

## Pembahasan

### Detail Pengolahan Air dan Perancangannya

Dari peta yang diambil dari google maps (Lampiran 1), diestimasikan jumlah rumah dalam Desa Gondang terdapat sekitar 50 rumah, dengan asumsi tiap rumah terdapat 5 orang, asumsi kebutuhan air bersih per orang adalah 60 L/hari. Sehingga kebutuhan air bersih total per-hari yang diperlukan adalah 15000L. Pengolahan air sungai menjadi air bersih, menggunakan sistem filtrasi dengan menggunakan gaya gravitasi, sehingga pengolahan ini bersifat ramah lingkungan atau zero energi, tradisional, dan mudah diaplikasikan. Jenis filtrasi berbasis gravitasi yang digunakan adalah slow sand filter. Slow sand filter yang digunakan memiliki lama proses sedimentasi pada bak pengendapan selama 4 jam (Bintek SDA, 2018), lalu proses filtrasi selama 4 jam (0,5m/jam) (Crittenden et.al, 2012) sehingga untuk memenuhi kebutuhan, slow sand filter didesain dengan kapasitas 5000L dengan gambar desain seperti berikut:



**Gambar 2** (a). Desain Tangki Slow Sand Filter (b). Diagram Alir Silinder Tangki (Wahyudi, 2019).

Adapun untuk media filtrasi terdiri dari beberapa bahan yang mudah didapatkan, sehingga masyarakat akan mudah untuk merawatnya. Media filtrasi untuk kapasitas 1000L terdiri dari kerikil kecil ukuran 1cm dengan tebal minimum 10 cm, ijuk minimal tebal 5 cm, dan pasir

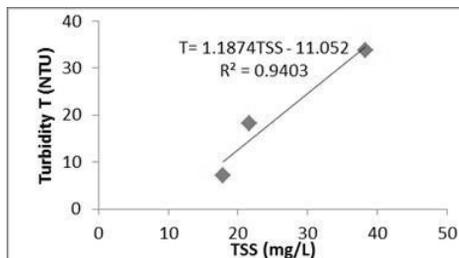
sungai minimal tebal 10 cm (Bintek SDA, 2018). Maka untuk kapasitas 5000L dapat naikan sesuai kapasitas menjadi seperti berikut:

**Tabel 1. Media Filter**

| Media Filter            | Tebal | Referensi   |
|-------------------------|-------|---|
| Kerikil (diameter 1 cm) | 50 cm | Tebal minimal 10 cm(Kapasitas 1000L) (Bintek SDA,2018)  |
| Ijuk                    | 25 cm | Tebal 5 cm (Kapaitas 1000L) (Bintek SDA, 2018)          |
| Pasir sungai            | 50 cm | Tebal minimal 10 cm (Kapasitas 1000L) (Bintek SDA,2018) |

Berdasarkan jenisnya, slow sand filter dapat digunakan untuk air yang memiliki maksimal Nephelometric Turbidity Unit (NTU) sebesar 50 (Crittenden et.al, 2012). Berdasarkan laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Banjarnegara (SLHD) tahun 2007, Sungai Serayu (Desa Rejasa) memiliki kandungan TSS (Total Suspended Solid) sebesar 11. Adapun aliran sungai yang ada pada Desa Gondang tidak memiliki data tertentu, namun aliran sungai kecil Desa Gondang akan menuju Sungai Serayu, sehingga data tersebut dapat diasumsikan merepresentasikan terkait kondisi air sungai di Desa Gondang.

Menurut Sefa-Ntri etall (2014), korelasi antara TSS dan NTU dapat dilihat dari grafik berikut:



**Gambar 4.** Korelasi antara NTU dan TSS (Sefa-Ntri etall, 2014).

Sehingga, pada air sungai di Desa Gondang dengan nilai TSS sebesar 11, dengan korelasi diatas didapatkan nilai NTU sebesar 2,01 sehingga jenis filtrasi ini cocok untuk diadaptasi. Permasalahan yang ada pada Desa Gondang adalah air yang sering keruh ketika musim hujan, dapat diasumsikan bahwa aliran sungai bergerak cepat sehingga turbulensi meningkat yang mengakibatkan tanah dalam dasar sungai ikut naik dan terdistribusi ke sistem air rumahan sehingga air menjadi keruh. Dengan adanya slow sand filter air yang dikeluarkan akan tetap jernih karena melalui proses penyaringan.

Proses pengolahan air sungai dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu proses screening yang bertujuan untuk memisahkan kotoran besar seperti sampah sebelum memasuki tahap selanjutnya. Setelah proses screening, air ditampung dibak pengendapan, tujuannya agar kandungan tanah yang ada pada air diendapkan terlebih dahulu, sehingga air yang memasuki sand filter akan lebih bersih dan memudahkan perawatan. Bak pengendapan didesain dengan adanya saluran pipa didasar air yang dihubungkan langsung dengan sungai, dengan tujuan bak pengendapan dapat dibersihkan ketika jumlah endapan sudah banyak. Selanjutnya proses filtrasi, proses ini air akan difiltrasi dengan bahan-bahan media yang sudah disebutkan diatas, lalu air bersih akan tertampung pada bak tengah silinder tangki dan air bersih akan disedot menuju bak penampungan dan didistribusikan ke masyarakat sekitar. Energi listrik yang digunakan untuk pompa menggunakan hasil energi turbin air. Process Flow Diagram (PDF) dari pengolahan air ini dapat dilihat di lampiran 2.

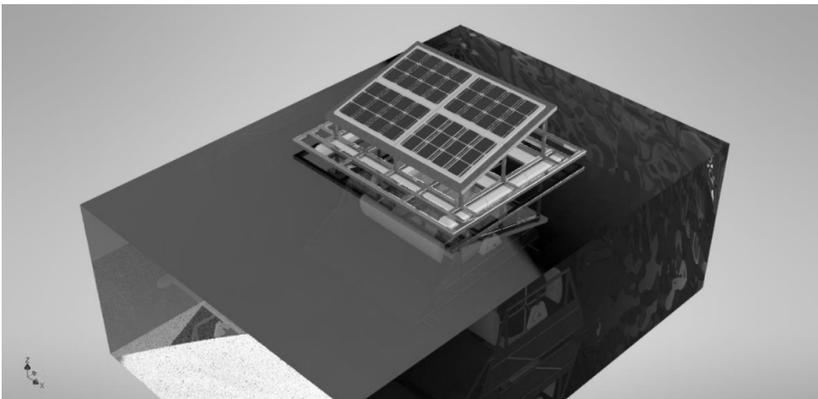
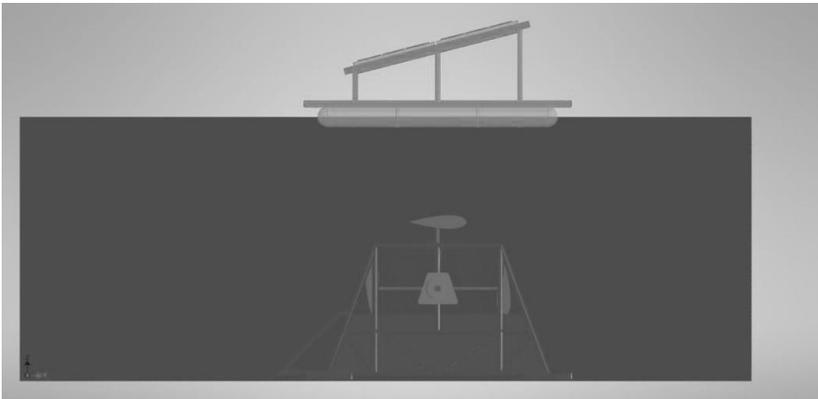
**Tabel 2.** Spesifikasi Desain Pengolahan Air

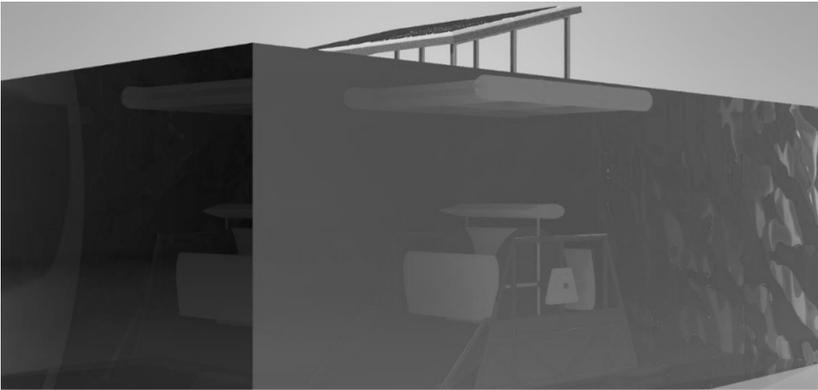
| No | Nama Unit        | Volume | Ukuran (panjang x lebar x tinggi) (meter) |
|----|------------------|--------|---|
| 1  | <i>Screening</i> | 200 L  | 0,4 m x 0,5 m x 1 m                       |
| 2  | Bak Pengendapan  | 5000L  | 2,5 m x 2 m x 1 m                         |
| 3  | Tangki Filtrasi  | 5000L  | diameter dalam: 1,8 m, tinggi 2 m         |
|    |                  |        | diameter luar : 2,8 m, tinggi 2 m         |

**Tabel 3.** Spesifikasi Media Filtrasi

| No. | Nama Media | Luas Permukaan        | Tebal  | Volume  | Massa Jenis (kg/L) | Massa (kg) |
|-----|------------|-----------------------|--------|---------|--------------------|------------|
| 1   | Kerikil    | 14,444 m <sup>3</sup> | 0,5 m  | 144,4 L | 1,8 kg/L           | 259,92 kg  |
| 2   | Ijuk       | 14,444 m <sup>3</sup> | 0,25 m | 72,22 L | 1,13 kg/L          | 81,61 kg   |
| 3   | Pasir      | 14,444 m <sup>3</sup> | 0,5 m  | 144,4 L | 1,4kg/L            | 202,16 kg  |

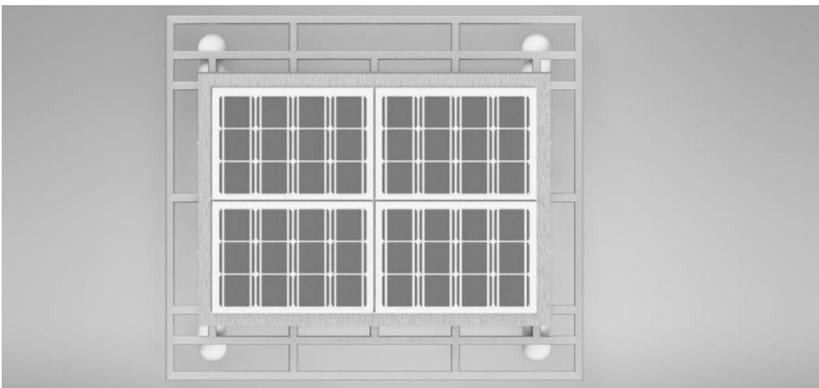
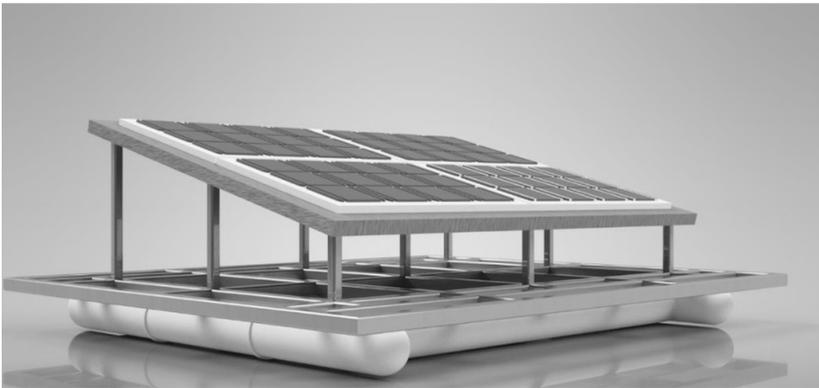
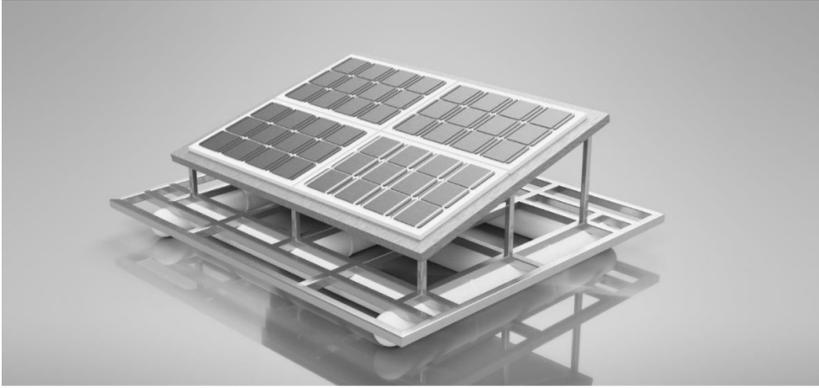
#### 4.2 Skema Hybrid Savonius-Darrieus Turbine Microhydropower





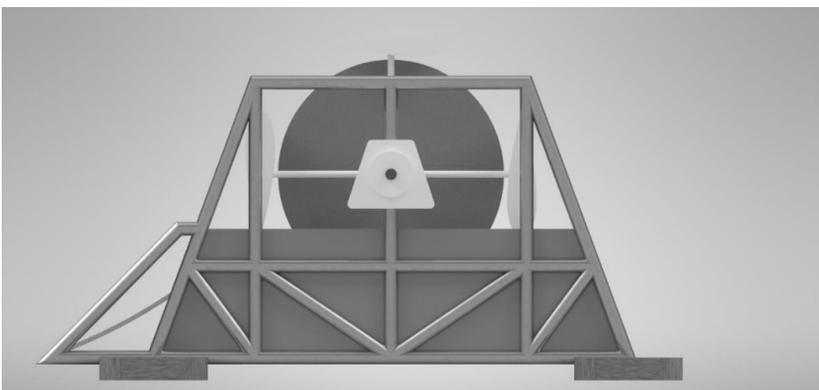
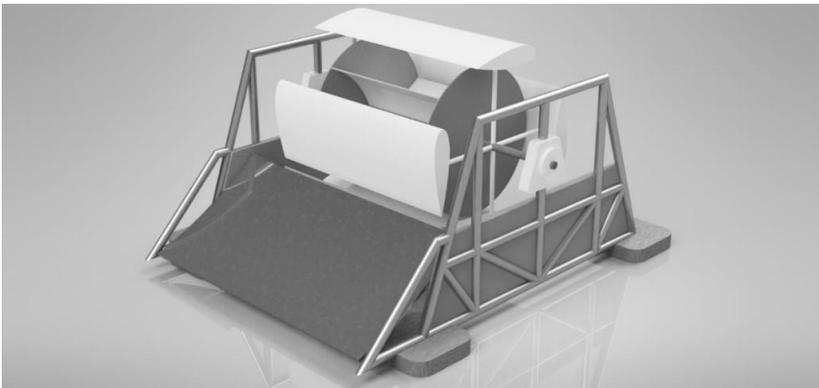
**Gambar 5.** Perancangan Inovasi.

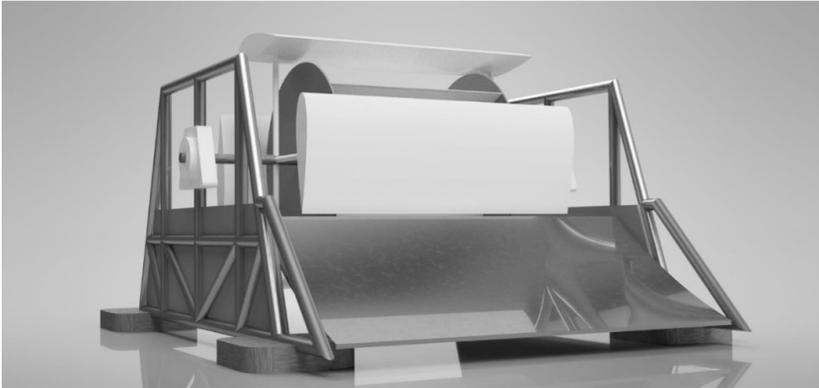
Konsiderasi bentuk turbin perlu dipertimbangkan dalam menyeimbangkan nilai efisiensi turbin dan power outcome. Rancangan desain mengacu pada bentuk turbin yang umumnya digunakan pada *Vertical Axis Wind Turbine*, yaitu savonius dan darrieus. Model savonius menggunakan rotor yang terhubung dengan poros ditengah membentuk huruf *S*. Menurut Alom et al., (2018), geometri dari savonius memberikan keuntungan pada hasil torsi yang tinggi dan self start system yang memanfaatkan drag forces dari fluida. Dorongan dari fluida menyebabkan turbin untuk berotasi secara otomatis. Bentuk yang sederhana untuk dikonstruksi juga menjadi advantages, sehingga biaya yang diperlukan cukup murah (Jamanun, et al., 2017). Putaran turbin melalui pemanfaatan gaya angkat ditemukan pada model darrieus. Karena menggunakan gaya angkat, turbin darrieus menghasilkan nilai torsi yang lebih rendah, tetapi mampu berputar pada kecepatan tinggi. Keuntungan yang diperoleh dari penggunaan turbin air mikro bisa ditingkatkan melalui penggabungan kedua jenis turbin savonius dan darrieus menjadi bentuk hybrid. Sistem *hybrid turbine* mampu memberikan nilai koefisiensi daya lebih baik sebesar 9.9% dibanding turbin tunggal (Saini, 2020).



**Gambar 6.** *Floating Photovoltaic (Panel Surya)*

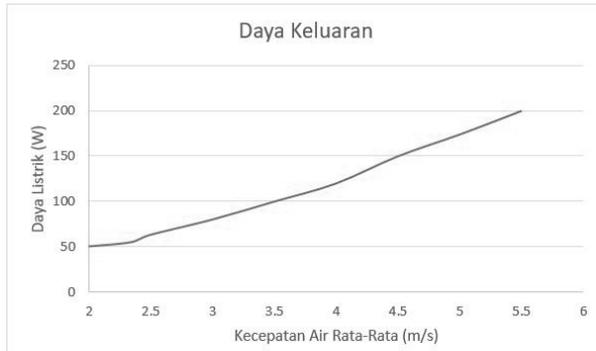
Secara keseluruhan, rancangan desain mengimplementasikan bentuk *hybrid* dan memiliki dimensi panjang 200 cm, lebar 110 cm, dan tinggi 125 cm. Desain dari turbin savonius menggunakan nilai aspect ratio sebesar 1, end plate ratio 1 dan tebal 8mm. Nilai aspect ratio dikalkulasikan melalui pembagian antara lintang rotor berdiameter 60 cm dengan tinggi sebesar 60 cm, ditujukan untuk memperoleh efisiensi sepadan. Jumlah sudu adalah 3 dan nilai *angle of curvature* sebesar 700. Pertimbangan tersebut diperhitungkan untuk sistem self start dengan nilai torsi yang tinggi. Parameter pada model darrieus yang ditentukan adalah 4 buah sudu dengan bentuk airfoil NACA 0024 dan chord length 20 cm. Turbin darrieus kemudian diletakkan di sumbu yang sama dan mengelilingi turbin savonius.





**Gambar 7.** Bentuk dan bagian-bagian *microhydropower*

Komponen pada *microhydropower* terdiri dari beberapa bagian: 1) *Hybrid turbine*, Deflektro, dan 3) *Body* utama. Pada bagian turbin, poros diletakkan di tengah dengan diameter 50 mm. Mekanisme kerja dari pembangkit diawali dari fluida mendorong turbin, diikuti putaran pada poros. Poros kemudian mentransmisikan listrik ke generator yang dikopel oleh kopling. Fungsi kopling adalah sebagai penghubung antar poros turbin ke poros rotor generator. Hasil akhir adalah energi listrik yang selanjutnya diteruskan untuk persebaran listrik ke daerah. Keseluruhan sistem pembangkit dikontrol pada power houses. Deflektor juga disertakan untuk memfokuskan aliran agar tepat mengenai turbin dengan sudut 45°. Rangka deflektor terbuat dari rangka baja sirkular 40x40 mm. Proses manufaktur dimulai dengan menggabungkan poros dan turbin melalui pengelasan. Rangka deflektor juga melalui proses pengelasan yang serupa. Berbasis pada beberapa rumusan perhitungan diperoleh bahwa rancangan satu sistem hybrid dapat menghasilkan keluaran daya 2-3 kWh pada kecepatan aliran air berkisar 2.34 – 3 m/s. Perhitungan juga dihitung menggunakan metode Sahim et al., (2014) dan diperoleh nilai koefisiensi daya pada puncaknya sebesar 0.130 dan torsi 35% lebih besar daripada *single turbine*.



**Gambar 6.** Variasi daya turbin terhadap kecepatan air rata-rata.

Penggunaan konsep rancangan pembangkit yang dikombinasikan sistem filtrasi air tidak hanya membantu dalam penyelesaian permasalahan air bersih di khalayak masyarakat. tetapi dalam jumlah instalasi masal bisa menghadirkan produksi listrik yang lebih hijau. Selain itu, lahan untuk pemasangan microhydropower dan filtrasi air tidak membutuhkan lahan yang memakan banyak tempat dan bersifat portable (Bhandari et al., 2018). Sistem microhydropower yang berbasis *hybrid turbine* juga memungkinkan untuk mudah dilakukan maintenance secara berkala karena lokasi aliran sungai yang cenderung pelan. Dengan hasil produksi listrik berkisar 2.5-3 kWh, maka pembangkit listrik memiliki potensi mampu menghidupi lampu warga di Desa Gondang dengan asumsi jumlah lampu sebanyak 50 lampu dan satu lampu membutuhkan 20 W listrik. Sisa listrik yang tidak terpakai dialokasikan untuk sumber listrik pompa.

**Analisis Ekonomi****Tabel 4. Analisis Ekonomi**

| <b>Biaya Manufaktur Pengolahan Air</b> |                  |                 |                  |               |
|--|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Unit                                   | Luas Volume (L)  | Biaya Per 1160L | Biaya Konstruksi |               |
| Screening                              | 200              | Rp 1.500.000    | Rp 258.621       |               |
| Tangki Pengendapan                     | 5000             | Rp 1.500.000    | Rp 6.465.517     |               |
| Tangki dalam Filtrasi                  | 5000             | Rp 1.500.000    | Rp 6.465.517     |               |
| Tangki luar Filtrasi                   | 12309            | Rp 1.500.000    | Rp 15.916.552    |               |
| Total                                  |                  |                 | Rp 29.106.207    |               |
| <b>Biaya Media Filtrasi</b>            |                  |                 |                  |               |
| Nama Media                             | Massa (kg)       | Harga           | Unit (kg)        | Harga Total   |
| Kerikil                                | 259,92           | Rp 1.600.000    | 2200             | Rp 189.033    |
| Ijuk                                   | 81,61            | Rp 25.000       | 5                | Rp 408.050    |
| Pasir Sungai                           | 202,16           | Rp 1.800.000    | 2200             | Rp 165.404    |
| Total                                  |                  |                 |                  | Rp 762.486    |
| <b>Biaya Lain</b>                      |                  |                 |                  |               |
| Nama Alat                              | Harga per satuan | Unit            | Harga Total      |               |
| Pompa Air                              | Rp 960.000       | 2               | Rp 1.920.000     |               |
| Torren (5000L)                         | Rp 7.629.000     | 1               | Rp 7.629.000     |               |
| Total                                  |                  |                 | Rp 9.549.000     |               |
| <b>Manufaktur Hydropower</b>           |                  |                 |                  |               |
| Turbin dan Manufaktur                  | Rp 10.000.000    |                 |                  |               |
| Generator                              | Rp 5.000.000     |                 |                  |               |
| <b>Biaya Total</b>                     |                  |                 |                  | Rp 54.417.693 |

## Kesimpulan

Bentuk *hybrid turbine savonius-darrieus* mampu menghasilkan kisaran daya 100-200 W per buah dengan variasi kecepatan rata-rata air 2-5 m/s. Ditambah, bentuk hybrid mampu memperoleh nilai koefisiensi daya pada puncak sebesar 0,130 dan torsi 35% lebih besar dari turbin savonius atau darrieus tunggal.

Daya keluaran yang dihasilkan dapat mencapai 1000 W dengan jumlah turbin yang diinstalasi sebanyak 5 buah dan mampu mencukupi kebutuhan lampu 20 W/buah dan pompa 500 W.

Pengoperasian dari pembangkit mikro berbasis *underwater savonius-darrieus water turbine* dapat menghemat emisi karbon sebesar 1776 gCO<sub>2</sub>.

Besarnya Air yang dapat diolah per hari adalah 15000 L dengan kapasitas 5000L dan waktu operasi 8 jam.

## DAFTAR PUSTAKA

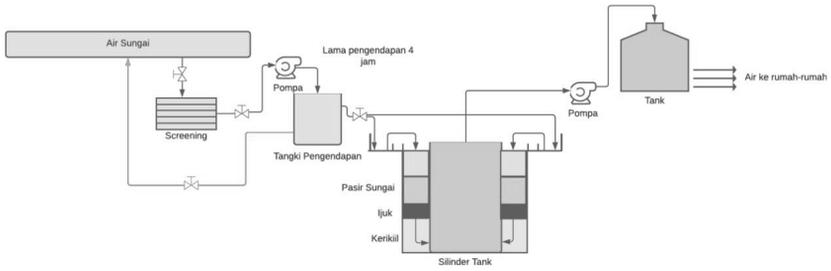
- Chintan Kadam, Hemit Akolia, Chirag Patil, Jaydeep Lalaiya, Chirag R. (2018). Design & Analysis of Rotor which Produce the Electricity. IJJSRD - International Journal for Scientific Research & Development| Vol. 6, Issue 02, 2018 | ISSN (online): 2321-0613. (n.d.). 6(02), 5.
- Desai, R., Shah, R., Mahfooz, A., & Patel, V. (2019). Design and Development of Savonius Rotor Which Produce Electricity with Help of Water. 2(10), 4.
- Gorban, A.N., Gorlov, A.M. & Silantyev, V.M., 2016. Limits of the Turbine Efficiency for Free Fluid Flow. , 123(December 2001), pp.311–317.
- Nugroho, H. Y. S. H., & Sallata, M. K. 2015. PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro): Panduan Lengkap Membuat Sumber Energi Terbarukan Secara Swadaya. Penerbit Andi.
- Notosudjono, D. 2002. Perencanaan PLTMH di Indonesia. BPPT. Jakarta.
- Sahim, K., Ihtisan, K., Santoso, D., & Sipahutar, R. (2014). Experimental

- Study of Darrieus- Savonius Water Turbine with Deflector: Effect of Deflector on the Performance. *International Journal of Rotating Machinery*, 2014, 1–6.
- Santoso, D. (2015). Darrieus Water Turbine Performance Configuration of Blade.5.
- Sefa-Ntiri, Baah & Kwakye-Awuah, Bright & Williams, Craig. (2014). Effect of zeolite types LTX and LTA on Physicochemical Parameters of Drinking Water Samples in Ghana, Assisted by Light Transmission Experiment. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. 3. 1-7. 10.15623/ijret.2014.0303126.
- Wahyudi, B., Wirawan, W., Sarjiyana, S., Hartono, Moh., & Adiwidodo, S. (2019). The Experimental Study of Hydrokinetic Cross Flow Savonius Horizontal Axis Turbine (CROSSHAT TURBINE). *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 966–971.
- Wenehenubun, F., Saputra, A., & Sutanto, H. (2015). An Experimental Study on the Performance of Savonius Wind Turbines Related With The Number Of Blades. *Energy Procedia*, 68, 297–304.
- World Meteorological Organization., 2020. Carbon dioxide levels continue at record levels, despite COVID-19 lockdown.

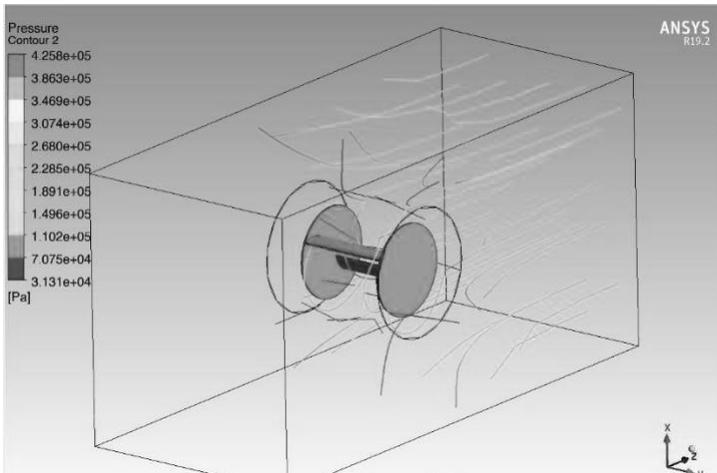
## LAMPIRAN



**Lampiran 1.** Letak Rumah Desa Gondang



Lampiran 2. Process Flow Diagram Watertreatment



Lampiran 3. Simulasi kecepatan dan konsentrasi tekanan pada savonius turbine dengan Ansys CFX



Artikel 3

## **Pemanfaatan Biohidrogen Dari POME Industri Sawit Kaltim Sebagai Sumber Energi IKN**

Karya: Ravi Aditya Ghassany (Mahasiswa UPN Veteran, Yogyakarta, Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral)  
Email: ravighassany@gmail.com

*Artikel ini menjadi pemenang 3, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023  
Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI*

### **Pendahuluan**

Pemerintah telah berencana memindahkan ibu kota negara dari Jakarta ke sekitar wilayah Penajem Paser Utara, Kalimantan Timur. Tentunya, perlu banyak pembenahan. Salah satunya adalah aspek energi untuk ibu kota itu sendiri. Diperkirakan, kebutuhan energi akan mencapai 23% pada tahun 2050 dengan target pengembangan difokuskan oleh EBT sebesar 31%. Berdasarkan rencana pemerintah, ibu kota baru nanti memiliki konsep *smart forest city* yaitu kota dengan teknologi mutakhir yang tetap melestarikan ekosistem hutan Kalimantan. Ruang terbuka hijau akan mencakup minimal 50% dari wilayah ibu kota dengan pasokan energi utama dari 100% energi terbarukan.

Sumber daya alam melimpah di Kalimantan. Berdasarkan laporan dari *United States Department of Agriculture 2019*, Indonesia merupakan penghasil sawit terbesar dunia, yaitu 42,50 juta metrik ton muatan besar minyak kelapa sawit yang berkontribusi atas 58% dari produksi minyak sawit dunia. Mengutip data Dinas perkebunan provinsi Kalimantan Timur, hingga tahun 2020 luas areal perkebunan kelapa sawit di wilayah itu mencapai 1.374.543 Ha yang selanjutnya akan diolah menjadi minyak sawit sebagai komoditas ekspor dimana produksi TBS (Tandan Buah Segar) yang diolah sebagai minyak kelapa

sawit sebanyak 17.721.970 Ton atau setara dengan 3,8 Juta Ton CPO (*Crude palm oil*).

Pengolahan sawit akan menghasilkan limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) yakni biomassa sawit berfasa cair. POME sudah seharusnya dimanfaatkan yaitu sebagai salah satu sumber energi alternatif, berupa biohidrogen dengan pengolahan menggunakan bioreaktor yang memanfaatkan mikroorganisme serta metode elektrolisis. Sehingga menghasilkan energi hidrogen ramah lingkungan tanpa emisi buangan dengan estimasi sumber daya energi yang dihasilkan sebesar 152 kWh per tahun.

Dengan melimpahnya potensi POME dari pengolahan minyak kelapa sawit di provinsi Kalimantan timur diharapkan dapat menjadi nilai tambah dalam memasok kebutuhan energi sekaligus meminimalisir penumpukan limbah industri kelapa sawit sebagai program pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*). Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini akan dibahas lebih lanjut bagaimana pemanfaatan POME sebagai biohidrogen yang akan digunakan menjadi sumber energi listrik, hal ini juga meliputi penerapan dan distribusinya di Ibu Kota Baru Indonesia yang berkonsep *smart forest city* sebagai solusi sumber energi terbarukan.

### **Ibu Kota Baru**

Berdasarkan arahan Presiden Jokowi, pemindahan ibu kota dalam proses pelaksanaan. Lokasi ibu kota baru yang diberi nama Ibu Kota Negara (IKN) berada di Provinsi Kalimantan Timur lebih tepatnya sebelah utara Kota Balikpapan dan sebelah selatan Kota Samarinda dengan luas wilayah darat kurang lebih 256.142 hektar dan luas wilayah perairan laut kurang lebih 68.189 hektar. Secara administratif, saat ini wilayah IKN terletak diantara dua kabupaten, yaitu Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Kutai Kartanegara. Alasan pemilihan lokasi tersebut karena faktor minimnya risiko bencana dan Lokasi yang strategis dan berada di tengah-tengah Indonesia. Konsep dari Ibu Kota Nusantara adalah *smart forest city* dengan memanfaatkan 100% energi terbarukan.

### **Biomassa Sawit**

Biomassa merupakan sumber daya energi terbarukan yang berasal dari senyawa organik nabati, meliputi tanaman, pepohonan, dan vegetasi hutan tropika. Salah satunya adalah Biomassa sawit atau biasa dikenal sebagai POME (*Palm Oil Mill Effluent*). Biomassa sawit bisa diubah menjadi listrik atau panas dengan proses teknologi yang kompleks. Potensi kelapa sawit di Indonesia sangat sebesar yaitu 42,50 juta metrik ton, muatan membuat limbah dari kelapa sawit di Indonesia juga besar. Pemanfaatan limbah kelapa sawit untuk dijadikan energi biomassa menjadi pilihan bagi Indonesia untuk menciptakan energi bersih dengan total pemanfaatan sebesar 12,654 MW.

### **Biohidrogen**

Biohidrogen adalah hidrogen yang dihasilkan oleh siklus alami dari bahan yang berkelanjutan, seperti biomassa dan bahan organik lainnya. Gas hidrogen ( $H_2$ ) mempunyai gravimetrik densitas energi yang paling tinggi diantara beberapa bahan bakar dan cocok terhadap proses pembakaran untuk konversi energi tanpa menghasilkan emisi karbon yang telah memberikan kontribusi pada polusi lingkungan dan perubahan iklim. Energi biohidrogen memiliki target sebesar 32.654 MW sedangkan kapasitas yang terpasang baru 1.671 MW atau sekitar 5% dari target yang diharapkan sehingga diperlukan pemanfaatan lebih lanjut.

### **Fuel Cell**

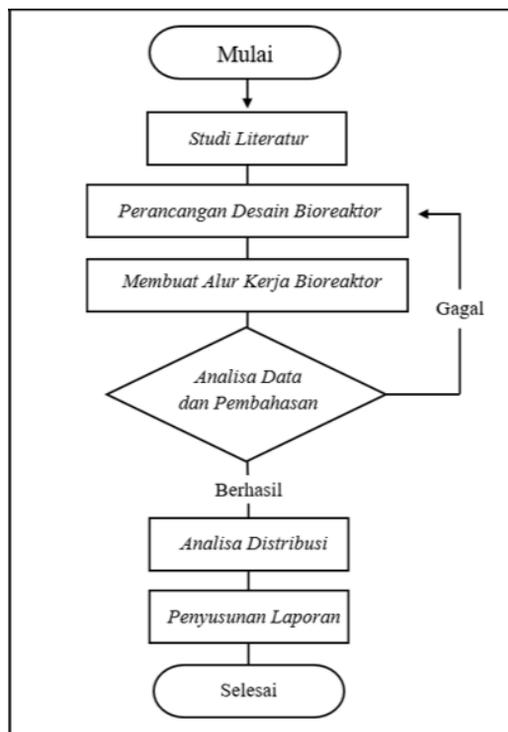
*Fuel cell* adalah pembangkit yang berupa sel bahan bakar yang menghasilkan listrik melalui proses elektrokimia dengan mengkombinasikan gas hidrogen ( $H_2$ ) dan oksigen ( $O_2$ ). Prinsip kerja *fuel cell* merupakan kebalikan proses elektrolisa, dimana hidrogen direaksikan dengan oksigen dan menghasilkan listrik.

### **Metode Penelitian**

Jenis metode penelitian yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah *Systematic Review*. Menurut Pablo, et al (2018) *Systematic Review*

adalah metode yang bertujuan untuk membantu menemukan hasil terbaik yang bisa didapatkan dengan cara survei literatur secara sistematis kemudian membaca semua literatur yang didapat dan menganalisis data tersebut sehingga dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab suatu permasalahan secara efisien, jelas dan relevan. Adapun *systematic review* ini berfokus dengan pendekatan meta analisis yang menggunakan angka-angka dan analisa statistik dari beberapa hasil penelitian yang telah ada. Dilakukan juga metode perancangan dan desain dengan *software Sketch-up* dan *CorelDraw X8*. Demikian pula, penulis meriset studi penulisan untuk menemukan sumber data dan sumber informasi dari berbagai jurnal dan media yang valid serta dapat dipercaya.

Adapun prosedur penelitian *Systematic Review* memiliki beberapa tahapan yang harus dilalui mulai dari studi literatur hingga pembuatan hasil analisis data sebagai berikut :



Gambar 1. *Flowchart* Metode Penelitian

## Implementasi BioHidrogen di Ibukota Baru

Penetapan Kalimantan Timur sebagai Ibu Kota Negara (IKN) baru berdampak pada peningkatan kebutuhan energi. Hal ini menjadi momentum pembangunan IKN dalam sistem penyediaan energi Kalimantan secara luas. Pembangunan ibu kota negara baru ini diperkirakan akan menghabiskan dana sebesar Rp466 triliun, yang akan digunakan untuk pembangunan gedung pemerintahan, sarana kesehatan, fasilitas umum, hingga penyediaan sumber energi.

Dengan asumsi jumlah penduduk ibu kota negara yang baru sebanyak 1.5 juta jiwa maka akan dibutuhkan energi sekitar 3.75 TWh/tahun – 4.5 TWh/tahun (BAPPENAS, 2021). Sehingga pemanfaatan biohidrogen dari POME ini dapat membantu menyediakan elektrifikasi bagi gedung perkantoran, perumahan, dan sarana umum di ibu kota baru Indonesia.

Terlebih lagi dengan adanya konsep *smart forest city* di Ibu Kota baru maka akan menjadi sangat penting bagi pemerintah untuk memanfaatkan 100% energi terbarukan. Biohidrogen tergolong energi terbarukan karena tidak menghasilkan emisi buangan sama sekali serta menggunakan POME dari industri kelapa sawit lokal di Kalimantan Timur. Hal ini sejalan dengan kerangka kerja ibu kota baru dari Kementerian PPN pada tahun 2020 dimana pemerintah berkomitmen untuk mendukung pengembangan energi terbarukan menggunakan sumber daya lokal di daerah Kalimantan terutama sumber daya kelapa sawit yang sangat melimpah.



Gambar 2. Gambaran Ibu Kota Baru, PUPR

### Konsep Penghasil Energi Biohidrogen

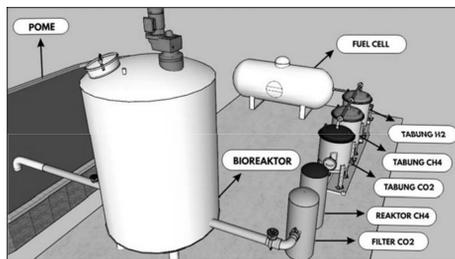
Energi hidrogen merupakan energi bersih dengan memanfaatkan limbah POME dari kelapa sawit. Energi hidrogen yang telah didapat kemudian dikonversi menjadi listrik menggunakan *fuel cell*. Jika ditinjau melalui prosesnya, pada awalnya limbah kelapa sawit yang telah terkumpul diurai dalam kolam limbah dan dibiarkan membusuk secara alami. Proses pembusukan biomassa ini akan menghasilkan biogas dengan kandungan utama (62%) gas methana ( $\text{CH}_4$ ). Selanjutnya POME akan difermentasi menjadi biohidrogen ( $\text{H}_2$ ) dengan penambahan bakteri melalui proses *dark fermentation* dalam bioreaktor.



Gambar 3. Skema Penghasil Energi Biohidrogen

Proses selanjutnya adalah pengkonversian hidrogen ke listrik melalui proses elektrokimia dalam *fuel cell* dengan mengkombinasikan hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan oksigen ( $\text{O}_2$ ). Prinsip kerja *fuel cell* merupakan kebalikan proses elektrolisis, dimana hidrogen direaksikan dengan oksigen sehingga energi listrik dapat terbentuk.

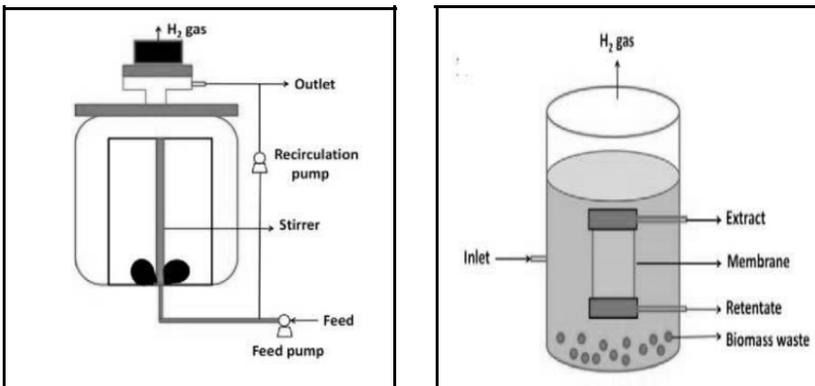
### Analisa Desain dan Alur Kerja Bioreaktor



Gambar 4. Desain Rancangan Bioreaktor

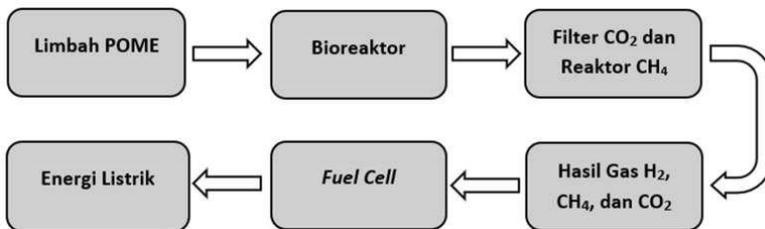
Pada rancangan bioreaktor di atas, komponennya terdiri atas POME, Bioreaktor, Filter CO<sub>2</sub>, Reaktor CH<sub>4</sub>, Tabung CO<sub>2</sub>, Tabung CH<sub>4</sub>, Tabung H<sub>2</sub>, dan *Fuel Cell*. Proses yang digunakan adalah *Dark-Fermentation*, dimana penghasilan hidrogen menggunakan bahan organik, seperti limbah kelapa sawit yang dalam prosesnya dilakukan dengan tanpa cahaya, dengan menggunakan organisme anaerob. *Dark-Fermentation* dianggap sebagai alternatif yang menjanjikan untuk metode produksi hidrogen yang simpel, karena perkiraan biaya produksi yang rendah. Bakteri penghasil hidrogen yang digunakan adalah *clostridium thermocellum*, *methanobacterium sp* dan *syntrophomonas sp* sebagai bakteri anaerob yang dianggap bakteri paling efisien dalam produksi hidrogen untuk limbah kelapa sawit.

Dalam pemilihan reaktor yang digunakan dipilihlah *Continuous stirred tank reactor* (CSTR). Reaktor CSTR ini sangat efisien digunakan untuk *Dark-Fermentation*, tangki diaduk terus menerus pada reaktor biasanya dan sering digunakan untuk produksi biohidrogen karena simpel, murah dan pengoperasian yang mudah. CSTR berarti bejana yang diaduk di mana terus menerus terjadi penambahan dan penghilangan material. Dalam CSTR, penambahan substrat terus menerus terjadi dan penarikan produk terjadi terus menerus bersama dengan agitasi untuk memberikan pencampuran lengkap dalam reaktor.



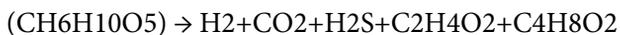
Gambar 5. Skema Bioreaktor Penghasil Hidrogen

Bioreaktor bekerja dengan cara memfermentasi limbah POME menjadi biohydrogen dengan adanya penambahan bakteri berupa *clostridium thermocellum*, *methanobacterium sp* dan *sytrrophomonas sp* melalui proses *dark fermentation* pada bioreaktor. Substrat limbah yang mengandung asam asetat dan asam butirat hasil proses produksi biohidrogen akan digunakan kembali pada bioreaktor untuk mendapatkan gas metana yang dapat dimanfaatkan menjadi biogas. Alir kerja Pengkonversian Biohidrogen dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Alir Kerja Pengkonversian Biohidrogen

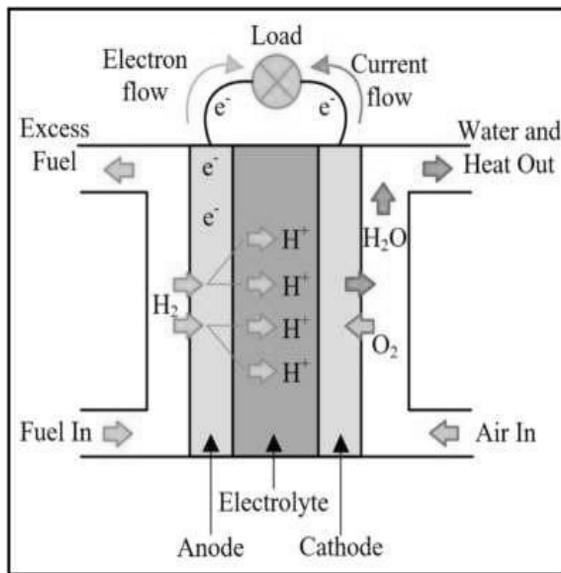
Pada proses fermentasi limbah POME, dilakukan *pre-treatment* kimiawi menggunakan NaOH 10% yang dipanaskan pada temperatur 80°C selama 1 jam. Hal ini bertujuan untuk mengurangi bakteri agar mendapatkan jumlah hidrogen maksimal. Kemudian dilakukan proses hidrolisis untuk mengubah karbohidrat menjadi biohidrogen pada proses asidifikasi. Adapun reaksi yang terbentuk adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut terjadi dalam bioreaktor dengan suhu 60°C dan pH 5,5 selama 2 hari. Setelah proses reaksi berlangsung akan dihasilkan gas dari bioreaktor sebesar 61% H<sub>2</sub>, 85 ppm H<sub>2</sub>S, gas CO<sub>2</sub> dan sisa substrat yang akan diproses menjadi biogas. Gas H<sub>2</sub> yang didapatkan dari proses pertama kemudian dilakukan pemurnian untuk menghilangkan sulfur dengan biodesulfurisasi menggunakan tekanan 1 atm dengan bakteri *Thioalkalivibrio* dan *Thioalkalimicrobium*. Kemudian dilakukan filtrasi CO<sub>2</sub> menggunakan tabung filtrasi. Filtrasi dilakukan untuk

mendapatkan kadar hidrogen 99%. Filter berbahan zeolit dipilih sebagai adsorben karena memiliki daya adsorpsi CO<sub>2</sub> yang baik. Setelah didapatkan hidrogen dengan kemurnian 99% kemudian diolah menjadi listrik dengan *fuel cell* yang akan disalurkan untuk masyarakat.

### Konversi listrik Melalui *Fuel Cell*



Gambar 7. Skema *Fuel Cell*

Hasil dari analisa *fuel cell* yang menggunakan konsep elektrolisis untuk memproduksi hidrogen dengan kemurnian yang tinggi menggunakan metode *steam-carbon*. Dalam pengaturan pemurnian hidrogen, hidrogen yang masih mengandung karbon disimpan secara fisik dan kimia terpisah dari aliran katoda oleh elektrolit oksida padat, menghasilkan aliran hidrogen bebas karbon murni. Sistem beroperasi secara teratur sebagai pengolah hidrogen dalam kondisi tertentu, memproduksi hidrogen dan kerja listrik secara bersamaan. Kemudian hasil dari proses tersebut akan disalurkan ke masyarakat di ibukota baru.

### Perhitungan Potensi Listrik

Fermentasi dilakukan dengan jenis fermentasi anaerobik pada lingkungan termofilik dengan suhu 60°C dan pH 5.5. Biohidrogen yang dihasilkan yaitu 0,6 L. Dengan kapasitas 20 L, maka perhitungan bahan yang dibutuhkan dirincikan sebagai berikut:

$$\frac{0,61}{20} \quad \frac{10}{20} \quad \frac{1}{20} \quad \frac{0}{20} \quad \frac{e}{20}$$

Hasil Biohidrogen  $0,61 \times 20 = 12,2$  L Sehingga asumsi gas hidrogen selama 1 tahun yaitu :

$$12,2 \text{ L} \times 8760 \text{ Jam} = 106,872 \text{ Liter}$$

Sedangkan kebutuhan POME dalam 1 tahun yaitu:

$$\times 8760 \text{ jam} = 175.200 \text{ Liter}$$

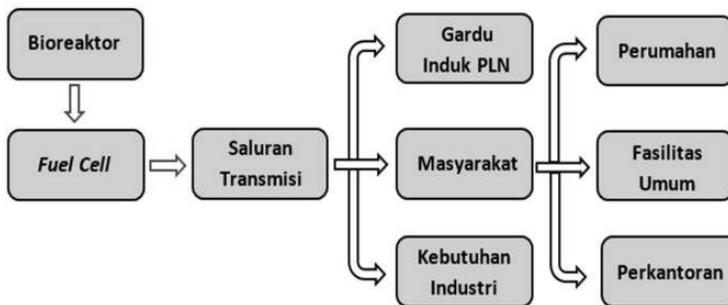
$$175.200 \times 0,908 = 159.081,6 \text{ Kg}$$

Adapun estimasi energi listrik yang dapat dihasilkan dari Biohidrogen dapat dikalkulasikan dengan asumsi sistem beroperasi pada kondisi optimal selama 1 tahun penuh, 365 hari, 8760 jam operasi per tahun. Reaktor dapat menghasilkan 12,2 Liter gas hidrogen murni per jam sehingga *fuel cell* dapat menghasilkan listrik 1000 Wh dengan konsumsi hidrogen 0,7 liter per jam. Sistem ini berkelanjutan selama 10 tahun operasi dengan harga 1445/kWh. Kebutuhan hidrogen dalam menghasilkan 1000 Wh listrik adalah 0,7 liter sehingga dalam setahun menghasilkan listrik dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Listrik yang dihasilkan} &= \frac{12.2 \times 8760 \text{ j}}{0.7} \\ &= 152.674,28 \text{ kWh} \end{aligned}$$

### Analisa Distribusi Energi Biohidrogen di Ibukota Baru

Distribusi biohidrogen dapat menjadi alternatif bagi IKN dengan cara menggerakkan turbin listrik pada transmisi melalui *fuel Cell* bertenaga hidrogen sehingga mampu menghasilkan daya tambahan untuk pemerataan sumberdaya listrik di wilayah ibu kota yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN.



Gambar 8. Skema Distribusi Energi Biohidrogen

### KESIMPULAN

Berdasarkan materi yang telah diberikan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) yang terdapat di provinsi Kalimantan timur dapat menjadi sebuah opsi sumber daya energi terbarukan Biohidrogen untuk ibu kota baru.
2. Prinsip kerja dalam mengubah limbah POME Kelapa sawit menjadi Biohidrogen menggunakan konsep *Dark-Fermentation* dalam bioreaktor CTSR dan metode elektrolisis pada *fuel cell*.
3. POME yang dibutuhkan selama setahun untuk menghasilkan Biohidrogen sebesar 106,872 Liter adalah 159.081,6 Kg yang akan menghasilkan listrik sebesar 152.674,28 kWh.
4. Hasil dari pemanfaatan Biohidrogen akan disalurkan ke masyarakat, kebutuhan industri dan PLN di ibukota baru.

## SARAN

Pengembangan lebih lanjut terkait pengelolaan energi biohidrogen harus terus dilakukan mengingat besarnya produksi kelapa sawit indonesia terutama di lokasi ibu kota baru yang menghasilkan limbah POME. Pengembangan teknologi yang lebih besar dalam mengelola biohidrogen sangat diperlukan untuk menghasilkan listrik ramah lingkungan yang rendah karbon.

## Daftar Pustaka

- A. Ahmad et al., “produksi biohidrogen dari pome (*palm oil mill effluent*) menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Variasi Waktu Retensi Hidrolik,” pp. 14–15, 2020.
- B. cohen ,2012, “*petunjuk mewujudkan smart city menurut diagram cohen*”.
- Cardullo et al , 2019, “*the right to the smart city*”, emerald publishing limited. Dikutip dari <https://www.perlego.com/book/863698/the-right-to-the-smart-city-pdf>. Pada 9 maret 2022.
- Eniya l. Dewi, mahyudin a. Rahman, agus hadi santosa w, 2009, “*natural resources for electrical production using fuel cell technology*”, proc. The 1st faps polymer congress, 21d06, pp. 116, nagoya japan, 20-23 october 2009.
- Eniya l. Dewi, 2011, “potensi hidrogen sebagai bahan bakar untuk kelistrikan nasional”. Pengembangan teknologi kimia untuk pengolahan sumber daya alam indonesia, UPN “veteran” yogyakarta *institutional repository*, yogyakarta, 22 february, 2011.
- Irena , 2020 , “*green hydrogen: a guide to policy making*”, international renewable energy agency, Abu Dhabi
- Mahyudin a. Rahman, eniya l. Dewi, 2009, “*biohydrogen for fuel cell applications*”, proc. 2nd *international conferences on fuel cell and hydrogen technology* (2nd cfcht), isbn 978-602-95555-1-6, h-04-is, pp. 6-12.

- P.james , 2021, “*what is green hydrogen, how is it made and will it be the fuel of our future generation in the next 100 years ?*”, abc science, dikutip dari <https://www.abc.net.au/news/science/2021-01-23/green-hydrogen-renewable-energy-climate-emissions-explainer/> pada 10 maret 2022.
- Tim sekretaris jenderal dewan energi nasional, 2019, “*indonesia energy out look*”, j. Chem. Inf. Model., vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- United nations, “*the sustainable development goals in indonesia*,” 2021. Dikutip dari <https://indonesia.un.org/en/sdgs>. Pada 14 maret 2022.
- United states department of agriculture* (2019), dikutip dari [https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityview.aspx?cropid=4243000&sel\\_year=2019](https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityview.aspx?cropid=4243000&sel_year=2019). Diakses pada 10 maret 2022.



Artikel 4

## **Optimalisasi Produksi Ikan Nelayan Pulau Pagerungan Kecil Gunakan Teknologi Hybrid Renewable Energy**

Karya: Alia Damar Adiningsih  
(Mahasiswa Universitas Paramadina, Jakarta)  
Email: aliadamar8@gmail.com

*Artikel ini menjadi pemenang 4, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023  
Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI*

Nelayan adalah mata pencaharian utama masyarakat yang hidup di pinggir pantai atau masyarakat yang hidup di daerah kepulauan kecil atau yang kita kenal sebagai daerah 3T (Terdepan, Terluar, Tertinggal). Hal itulah yang terjadi di Pulau Pagerungan Kecil Kabupaten Sumenep, Madura, Jawa Timur. Sebagian besar penduduknya adalah nelayan. Koperasi Nusantara Jaya Abadi (NJA) merupakan satu-satunya koperasi yang berada di Pulau Pagerungan Kecil, berfungsi sebagai penampung atau distributor dari para nelayan. Koperasi ini dikelola masyarakat dengan anggota resmi 20 orang. Nelayan menjual ikan hasil tangkapan mereka ke koperasi tersebut. Lalu, Koperasi akan menjual ikan kepada agen yang lebih besar dari Banyuwangi, Surabaya, dan daerah lain. Sehingga para nelayan memiliki jaminan bahwa ikan yang didapatnya bisa terjual langsung. Pendapatan rata-rata bulanan para nelayan adalah sekitar Rp 4 – 5 juta, hal ini tentunya relatif kecil jika dibandingkan banyaknya dan jenis ikan yang mereka tangkap.



**Gambar 1.** Aktivitas Nelayan Pulau Pagerungan Kecil

(Sumber: [1])

Menurut keterangan Kepala Koperasi NJA, bahwa koperasi mampu mengumpulkan ikan sebanyak 600-700 kilogram per empat hari namun hanya mampu menjual kurang lebih 400 kilogram ke agen-agen besar. Sisa ikan yang tidak terjual harus dikeringkan dan dijadikan ikan asin sehingga harga jual semakin menurun.



**Gambar 2.** Ikan Hasil Tangkapan Nelayan yang disimpan di Cooling Box

(Sumber: [1])

Hal ini terjadi karena penyimpanan dan pengawetan ikan masih menggunakan cooling box yang diisi es batu, sebab Pulau Pagerungan Kecil belum teraliri listrik selama 24 jam. Listrik hanya hanya 2-4 jam

perhari, sehingga tidak memungkinkan menggunakan freezer sebagai tempat penyimpanan ikan. Listrik di pulau pagerungan kecil disuplai oleh dua pembangkit listrik yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Solar (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). PLTS dengan kapasitas 50 KVA dikelola oleh PLN hanya mampu memasok listrik selama empat jam di musim kemarau dan dua jam selama musim penghujan, bergiliran untuk dua dusun dalam satu hari. Sedangkan PLTD dengan kapasitas 350 KVA dikelola oleh Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) menjadi pemasok listrik utama. Satu jaringan transmisi listrik harus dibagi ke lima rumah dikarenakan hanya tersedia satu KWH meter untuk setiap lima rumah. PLTD hanya mampu memasok listrik selama 4 jam dengan tarif flat Rp 430.000 perbulan, biaya tersebut tentunya sangatlah besar bagi masyarakat Pulau Pagerungan Kecil.



**Gambar 3.** Kondisi Rumah Penduduk ketika Malam Hari  
(Sumber: [1])

Kelangkaan solar yang disebabkan oleh kenaikan harga dan tingginya tarif PLTD mengakibatkan BUMDes mengalami kerugian, karena banyak masyarakat yang menunggak imbas dari tidak mampu membayar. Sehingga saat ini PLTD harus dimatikan oleh petugas desa dan masyarakat tidak dapat menikmati listrik yang bersumber dari diesel, akibatnya masyarakat setiap hari harus mengalami kondisi gelap tanpa adanya listrik di malam hari.



**Gambar 4.** Demo Masyarakat Pagerungan Kecil Menuntut Kemandirian Energi Listrik Berkelanjutan (Sumber: [1])

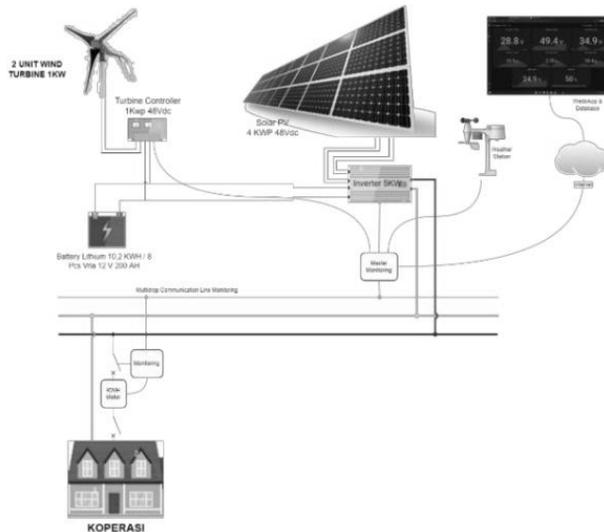
Masyarakat setempat geram karena di dekat desanya ada eksploitasi pengeboran minyak oleh salah satu perusahaan swasta yang telah dilakukan selama lebih dari 30 tahun di laut dekat Pulau Pagerungan Kecil. Perusahaan ini disinyalir tidak menurunkan dana CSR untuk mengaliri listrik disana. CSR-nya hanya sekadar penyuluhan lingkungan seperti reboisasi dan pengolahan sampah. Ironis, sebab Pulau Pagerungan Kecil sampai sekarang masih dikategorikan sebagai pulau miskin ekstrim. Masyarakat menuntut pemerintah dan pihak swasta untuk memberikan akses listrik yang lebih memadai dan pembangunan fasilitas umum, seperti Puskesmas, Koperasi, dan Pasar.

### **Pembahasan**

Berdasarkan latar belakang dan masalah yang dihadapi, saya sebagai mahasiswa dan juga praktisi renewable energy dengan background engineering yang saat ini sedang menempuh studi magister manajemen bisnis, berupaya menghadirkan solusi untuk menciptakan sustainable

consumption and production di Pulau Pagerungan Kecil, yaitu dengan menciptakan sistem hybrid PLTB dan PLTS sehingga Koperasi NJA bisa mendapatkan akses listrik 24 jam untuk freezer sebagai penyimpanan ikan berkapasitas besar, juga untuk memenuhi kebutuhan listrik lain seperti penerangan, kipas angin, televisi, dan lain-lain. Alasan penerapan sistem hybrid dikarenakan kedua sumber pembangkit ini saling melengkapi satu sama lain.

Secara teknis, wind turbine bisa berputar 24 jam apabila ada angin yang cukup untuk menggerakkan bilahnya. PLTB (wind turbine) menjadi back up yang sangat bagus untuk PLTS (solar panel) dimana ketika malam hari solar panel tidak mendapat sinar matahari sehingga tidak menghasilkan listrik untuk charging ke baterai. Kemudian ketika pagi hingga sore hari solar panel lebih dominan karena intensitas matahari yang tinggi dan dapat terserap sempurna. Inilah yang menjadi landasan bahwa sistem hybrid akan sangat sempurna untuk kemandirian energi listrik dalam rangka meningkatkan penghasilan dan pemberdayaan nelayan di Pulau Pagerungan Kecil.



**Gambar 5.** Teknis Sistem Hybrid PLTS dan PLTB untuk Kemandirian Listrik Koperasi NJA (Sumber: Desain Sistem Pribadi [2])

Kami juga berinisiasi untuk melakukan pemberdayaan agar masyarakat bisa mengolah ikan-ikan hasil tangkapan untuk dijadikan olahan ikan kemasan yang bisa dijual ke seluruh daerah di Indonesia. Pemberdayaan masyarakat yang dilakukan meliputi penyimpanan ikan, cara pengolahan ikan menjadi berbagai macam olahan dan rasa, sealing and packaging, serta cara melakukan pemasaran online.



**Gambar 6.** Contoh Produk UMKM Olahan Ikan Hasil Pemberdayaan Masyarakat

(Sumber: [3])

Keuntungan dari penjualan olahan ikan aneka rasa mencapai hampir 20 kali lipat dibandingkan dengan penjualan ikan yang dikeringkan menjadi ikan asin berkapasitas 200 kilogram ikan per empat hari, dengan perhitungan sederhana seperti yang tertuang pada tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1.** Perbandingan Keuntungan antara Penjualan Ikan Asin dengan Olahan Ikan Kemasan (Sumber: [2])

|                               | Ikan Asin | Olahan Ikan Kemasan |
|-------------------------------|-----------|---------------------|
| Berat setelah penyusutan (kg) | 80        | 180                 |

|                 |                             |   |
|-----------------|-----------------------------|---|
| Bahan pendukung | Rp 160,000<br>(40 kg garam) | Rp 15,750,000<br>(minyak, gas, bumbu dapur, packaging, dan lain-lain sebesar 30% dari pendapatan kotor) |
| Harga Jual (Rp) | 25,000/kg                   | 35,000/120 gram   |
| Keuntungan (Rp) | 1,840,000                   | 36,750,000  |

Menurut keterangan Ketua Koperasi NJA, kebutuhan es batu dalam satu hari adalah sekitar 40 balok dengan harga Rp 25,000 per balok. Ketika freezer sudah dapat digunakan untuk penyimpanan ikan, maka koperasi dapat menekan biaya operasional sekitar Rp 30 juta per bulan. Jika sistem ini diterapkan maka peningkatan penghasilan koperasi diperkirakan akan naik Rp 36,750,000 dari pengolahan ikan, serta Rp 30 juta dari operasional pembelian es batu. Sehingga total peningkatan pendapatan adalah Rp 66,750,000 per bulan. Untuk menjaga dan merawat peralatan renewable energy agar memiliki umur panjang, maka para pihak harus berkomitmen untuk mengalokasikan sekitar setengah dari peningkatan pendapatan untuk keperluan maintenance, juga untuk mengembangkan kapasitas sistem yang lebih besar lagi, sehingga freezer bisa diperbanyak dan semakin banyak lagi masyarakat yang menerima manfaat dari menjual ikan hasil tangkapan mereka ke koperasi.

### **Kesimpulan**

Selain menjadi sumber akses listrik, hadirnya inisiasi pemasangan hybrid renewable energy juga bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat agar bisa segera keluar dari zona miskin ekstrim, serta menumbuhkan sustainable consumption and production untuk negeri dari alam nan indah Pulau Pangerungan Kecil.

## **Referensi**

1. Sumber Pribadi
  - Abdur Rahim (Ketua Koperasi Nusantara Jaya Abadi) <sup>[1]</sup>
  - Alia Damar Adiningsih (PT Alana Green Electric) <sup>[2]</sup>
2. Website: eatsambel <sup>[3]</sup>



Artikel 5

## **Desain Integrasi Sistem PLTB Hybrid & Offshore Platform di Laut Timor untuk Capai NZE 2060**

Karya: Aflah Fikri Mahmud

(Mahasiswa Universitas Hasanuddin,  
Makassar)

Email: aflah.mahmud12@gmail.com

*Artikel ini menjadi pemenang 5, dalam National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023*

*Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral*

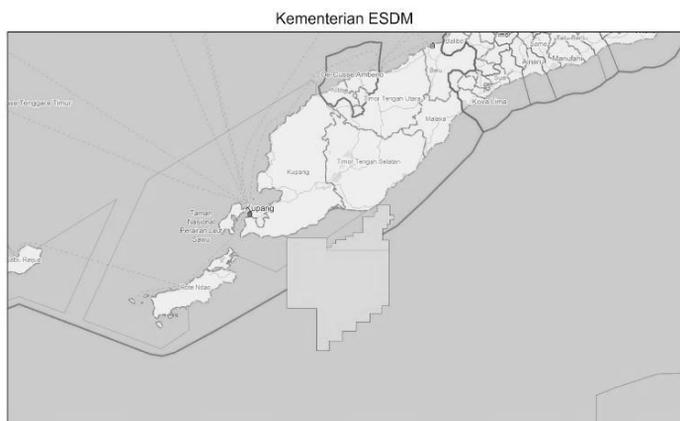
Saat ini, seluruh negara di dunia menghadapi ancaman serius terhadap isu perubahan iklim dunia, tak terkecuali Indonesia. Menurut laporan *Indonesia Profile - Climate Transparency* oleh IESR, rencana Indonesia untuk menekan kenaikan suhu rata-rata dunia berada di luar jalur 1.5°C dunia. Salah satu sektor penyumbang emisi yang cukup besar adalah sektor migas, salah satunya pada *offshore oil platform*.

Data menunjukkan bahwa salah satu *oil platform* yang ada di Madura memiliki potensi untuk menghasilkan *carbon footprint* sebesar 1232 kg CO<sub>2</sub>eq/GJ (Iswara *et al*, 2022). Di Indonesia, terdapat kurang lebih 500 bangunan lepas pantai yang beroperasi untuk melakukan eksplorasi migas sehingga merupakan suatu keniscayaan jika infrastruktur ini memiliki kontribusi yang signifikan terhadap karbonisasi.

Anjungan lepas pantai (*offshore platform*) merupakan suatu struktur atau bangunan buatan dan digunakan untuk mendukung serta memfasilitasi proses eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi di lepas pantai. Anjungan Lepas Pantai setidaknya membutuhkan energi listrik mulai dari 10 MW hingga beberapa ratus MW. Pada umumnya, untuk memenuhi kebutuhan tersebut, digunakan turbin gas dan mesin diesel yang terhubung pada generator listrik dengan gas alam sebagai bahan bakar, atau kadang solar juga digunakan. Sayangnya,

penggunaan turbin gas ini memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Pembakaran bahan bakar menyebabkan adanya emisi gas berupa CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> yang bisa merusak kualitas udara. Bahkan pada salah satu contoh kasus, penggunaan turbin gas ini menyumbang 82% polusi karbondioksida pada Norwegian Continental Shelf (NCS) pada tahun 2016 (Oliveira-Pinto et al., 2019)

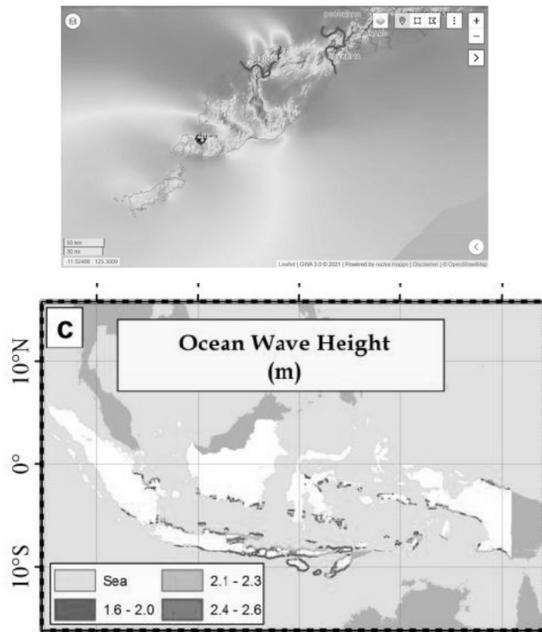
Alternatif terbaik untuk mengatasi polusi udara yang diakibatkan oleh penggunaan turbin gas pada *offshore platforms* ini adalah dengan menggunakan energi baru terbarukan. Potensi energi terbarukan di perairan terbilang sangat besar, khususnya tenaga angin dan gelombang laut. Hal ini disebabkan oleh wilayah lautan merupakan wilayah terbuka yang memungkinkan angin berhembus maksimal dan laut bergelombang besar tanpa di halangi suatu objek. Selain itu, negara kepulauan dengan 62% luas wilayah Indonesia adalah perairan. Selanjutnya adalah menemukan lokasi yang tepat dimana terdapat energi angin dan gelombang laut yang maksimal serta keterdapatannya minyak dan gas bumi yang nantinya akan di eksplorasi dan eksploitasi.



Gambar 1. Kawasan Kerja Migas Konvensional Laut Timor (Sumber: KESDM)

Laut Timor merupakan sebuah perairan perpanjangan dari Samudera Hindia yaitu antara Pulau Timor yang mana teritorial lautnya terbagi ke dalam tiga negara, yaitu Indonesia, Timor Leste, dan

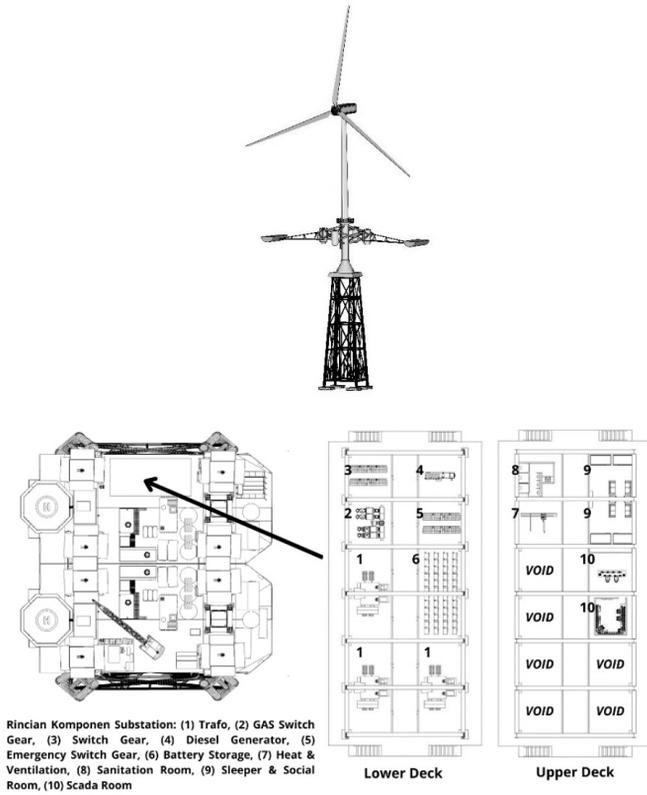
Australia. Laut Timor menjadi wilayah yang sangat potensial terhadap keberadaan minyak dan gas bumi yang jumlahnya diperkirakan mencapai 5,13 triliun kaki kubik dan potensi omzet mencapai 50 miliar USD (Sebayang, 2019). Potensi energi baru terbarukan di Laut Timor juga terbilang sangat besar, meliputi tenaga angin dan gelombang laut. Merujuk pada peta yang dikeluarkan oleh ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program), kecepatan angin di wilayah Laut Timor mencapai 6,5 m/s seperti terlihat pada gambar 2, dimana warna kuning menuju merah menunjukkan kecepatan 6,5 m/s hingga 9 m/s. Selain itu, gelombang laut di wilayah Laut Timor ini juga potensial untuk pembangkitan energi listrik. Ketinggian gelombang minimum untuk bisa menghasilkan daya listrik yang signifikan, gelombang air laut harus memiliki ketinggian minimal 1.6 m (Purba *et al*, 2015). Kabar baiknya, hasil penelitian menunjukkan bahwa Laut Timor memiliki ketinggian gelombang yang signifikan, berikisar 2.4 – 2.6 meter.



Gambar 2. Potensi Kecepatan Angin (Atas) dan Gelombang Laut (Bawah) pada Wilayah Laut Tumor (Sumber : ESMAP (Atas) dan Purba *et al* (Bawah)

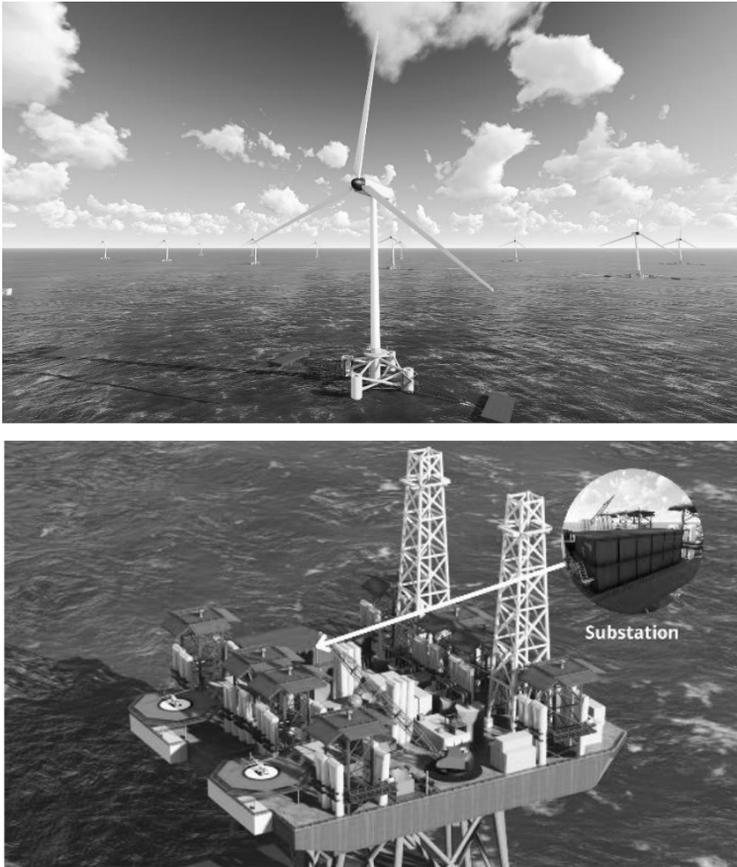
Berangkat dari permasalahan di atas, integrasi PLTB *offshore* dengan *offshore platform* menjadi salah satu inovasi yang dapat direalisasikan. Integrasi ini akan melibatkan infrastruktur *offshore O&G platform* dan *substation* pada transmisi HVDC. Dari sisi *offshore platform*, tipe struktur bangunan lepas pantai yang akan digunakan adalah tipe *fixed jacket platform*. Dengan tipe struktur ini, bangunan lepas pantai akan dibangun di atas penopang baja (*jacket leg*) yang terpancang di dasar laut. Secara ekonomis, tipe struktur *fixed jacket platform* sangat cocok di instalasi pada Laut Timor yang memiliki kedalaman rata-rata kurang dari 200 meter. Tipe struktur ini dirancang khusus untuk beroperasi dalam waktu yang lama hingga 50 tahun sehingga dapat mendukung proses eksploitasi potensi minyak dan gas Laut Timor yang sangat besar. Pada *deck oil platform*, akan diinstalasi *substation* yang merupakan gardu induk dari sistem PLTB *hybrid*.

Dalam desain PLTB *hybrid*, energi angin dan energi gelombang laut akan digunakan untuk dikonversi menjadi energi listrik sehingga pembangkit *hybrid* ini akan menyatukan desain PLTB dan pembangkit tenaga gelombang laut dalam satu infrastruktur. Karena kecepatan angin di wilayah ini termasuk kategori sedang, tipe turbin angin yang cocok untuk diimplementasikan di daerah seperti ini adalah turbin angin dengan *cut-in* dan *rated wind speed* rendah (Langer *et al*, 2022). Dengan mempertimbangkan hal ini, turbin angin Haliade 150-6MW yang diproduksi oleh GE cocok untuk diimplementasikan dengan *cut-in speed* 3 m/s.



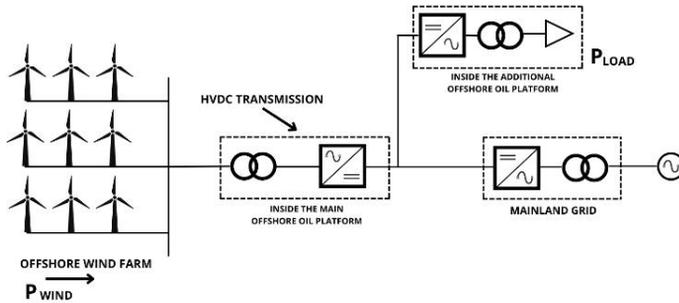
Gambar 5. Rancangan PLTB Hybrid (Atas) dan Denah serta Rincian Substation Pada Oil Platform Untuk Implementasi Daerah Laut Timor (Bawah) (Sumber: Dokumen Pribadi Penulis)

Tipe pondasi PLTB yang digunakan adalah tipe *fixed jacket platform*. Pada bagian pondasi, pembangkit gelombang laut akan terpasang untuk memanen energi gelombang laut untuk diubah menjadi energi listrik. Teknologi hybrid ini akan melibatkan dua buah buoy yang dapat berisolasi naik dan turun sebagai akibat adanya gelombang laut dan nantinya energi potensial ini akan diubah menjadi energi listrik. Tekonologi ini diperkirakan dapat membangkitkan daya *output* sebesar 1 MW.



Gambar 6. *Offshore PLTB Hybrid* (Atas) dan *Integrated Offshore Oil Platform* (Bawah)  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi Penulis)

*PLTB hybrid* ini akan menyuplai kelistrikan ke *oil platform* di kawasan Laut Timor nantinya untuk menggantikan pembangkit turbin gas yang tidak ramah lingkungan. Hal ini akan menurunkan emisi gas yang dihasilkan oleh mesin diesel sebagai penyuplai utama kelistrikan di anjungan lepas pantai. Tak hanya itu, *PLTB hybrid* ini juga dapat menyuplai listrik ke daratan untuk memenuhi kelistrikan konsumen rumahan atau industri. Kedua hal tadi dapat dilakukan dengan menggunakan transmisi arus searah (HVDC) untuk menggapai *wind farm* yang terletak jauh di lepas pantai Laut Timor.



Gambar 7. *Single Line Diagram* Gagasan (Sumber: Dokumen Pribadi Penulis)

Melalui realisasi ide ini, Indonesia dapat mencapai target yang telah dimandatkan oleh regulasi internasional melalui capaian Nationally Determined Contribution (NDC) yang akan menurunkan emisi Greenhouse Gas (GHG) dan juga mencapai target nasional bauran energi terbarukan sebesar 23% di tahun 2022. Tak hanya itu, melalui gagasan ini, Indonesia dapat mencapai target Net Zero Emission 2060.

## Daftar Pustaka

- ESMAP, 2020. *Offshore Wind Technical Potential In Indonesia*. [https://esmap.org/esmap\\_offshorewind\\_techpotential\\_analysis\\_maps](https://esmap.org/esmap_offshorewind_techpotential_analysis_maps). (Diakses 9 Desember 2022).
- IESR, 2021. *Climate Transparency Report 2021*. <https://iesr.or.id/pustaka/laporan-climate-transparency#unlock>. (diakses 9 Desember 2022).
- Iswara, A.P., Farahdiba, A.U., Boedisantoso, R., dan Rosyid, A. 2022. Carbon Footprint of Offshore Platform in Indonesia Using Life Cycle Approach. *Environment, Development, and Sustainability*. Hlm 1-22.
- Langer, J., Simanjuntak, S., Pfenninger, S., Quist, J., Rahayu, H., & Blok, K. (2022). How offshore wind could become economically attractive in low-resource regions like Indonesia. *iScience*, 25(9), 1-20.
- Oliveira-Pinto, S., Rosa-Santos, P., dan Taveira-Pinto, F., 2019. Electricity Supply to Offshore Oil and Gas Platforms from Renewable Ocean Wave Energy: Overview and Case Study Analysis. *Energy Conversion and Management*, Volume 186, hlm. 556-569.
- Purba, N. P., Kelvin, J., Sandro, R., Gibran, S., permata, R. A.I., Maulida, F., & Martasuganda, M. K. (2015). Suitable Locations of Ocean Renewable Energy (ORE) in Indonesia Region – GIS Approached. *Energy Procedia*, 65, 230-238.
- Sebayang, R., 2019. *Blok Gas Greater Sunrise & Kisah Diplomasi Minyak* 3  
*Negara*. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20190731151611-4-88890/blok-gas-greater-sunrise-kisah-diplomasi-minyak-3-negara> (diakses 9 Desember 2022).



Artikel 6

## Potensi Terpendam Lithium Geothermal Brine, Kunci Desentralisasi EBT & Kendaraan Listrik Di Indonesia

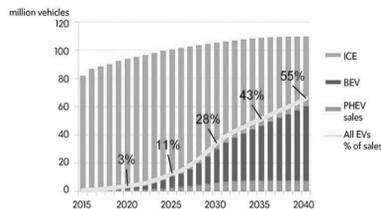
Karya: Kevin Chandra Wijaya

(Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)

Email: kevinchandra@student.ub.ac.id

Energi dunia sampai saat ini masih didominasi bahan bakar fosil. Tingginya permintaan tersebut sejalan dengan peningkatan emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer. Pada 2019 misalnya, total emisi CO<sub>2</sub> mencapai 35.513,3 juta Mt, dengan 25% berasal dari transportasi (IEA, 2020). Sehingga masyarakat dunia diharuskan beralih dari ketergantungan fosil menuju energi terbarukan, salah satunya transformasi sektor transportasi berbasis fosil menuju energi listrik.

Pernahkah terpikir besarnya potensi *geothermal* untuk kendaraan listrik masa depan di Indonesia? Cikal bakal tercetusnya kendaraan listrik dimulai ketika krisis minyak dunia menghantam California pada tahun 1970. Sejak saat itu, perkembangan kendaraan listrik terus tumbuh hingga 2020, pertumbuhan kendaraan listrik dunia tumbuh secara signifikan. Sejalan dengan itu, IEA (*International Energy Agency*) mencanangkan ketersediaan 245 juta kendaraan listrik pada tahun 2030 (IEA, 2020). Wacana tersebut juga sejalan dengan visi Presiden Jokowi yang ingin menjadikan Indonesia sebagai pusat kendaraan listrik dunia. Lantas, apakah Indonesia memiliki sumber dayanya?



Gambar 1. Proyeksi Kendaraan Listrik Dunia (IEA, 2020)

Indonesia dianugerahi sumber daya alam yang melimpah ruah. Potensi dan keuntungan ini harus dikembangkan. Salah satunya *geothermal*. Indonesia yang dilalui jalur *ring of fire* memiliki potensi *geothermal* yang sangat besar dan menduduki peringkat dua dunia yaitu 28,617 MW atau 40% total potensi *geothermal* dunia (Regina, 2018). Dengan potensi tersebut, pemanfaatan energi *geothermal* di Indonesia difokuskan sebagai pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) dengan kapasitas terpasang mencapai 1,341 MW. Proses pembangkitan listrik dimulai dengan penyuntikan air ke dalam perut bumi dan akan mengalami pemanasan hingga sebagian berubah menjadi uap betekanan. Uap dan air yang keluar dari sumur produksi dipisahkan menggunakan separator. Uap hasil separasi digunakan untuk menggerakkan turbin generator untuk menghasilkan listrik. Selain listrik, dihasilkan pula *brine* (fluida panas) yang merupakan air limbah separasi dan tidak termanfaatkan. Tingginya *brine* yang dihasilkan selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal penelitian menunjukkan bahwa *geothermal brine* mengandung mineral berharga utama berupa Lithium yang berpotensi untuk diekstraksi.



**Gambar 2.** Kolam Berisi *Geothermal Brine* (Baken, 2019)

Lithium (Li) merupakan logam yang memiliki konduktivitas listrik yang sangat baik dan paling elektronegatif. Lithium merupakan logam penting disamping nikel (Ni) dan kobalt (Co) yang merupakan

bahan utama dalam pembuatan baterai, khususnya untuk kendaraan listrik, dimana 40-50% komponen kendaraan listrik ada pada baterai. Berkaitan dengan hal tersebut, IEA mengungkapkan bahwa pasar kendaraan listrik dunia akan didominasi oleh baterai lithium hingga tahun 2030. Sehingga eksploitasi lithium perlu dijadikan agenda prioritas pemerintah untuk mendukung hal tersebut.

Sejumlah kecil lithium ditemukan dalam *brine geothermal* di beberapa daerah, salah satunya pada *brine geothermal* dari panas bumi Salton Sea, AS mengandung lithium sekitar 200 mg/L dengan estimasi ekstraksi hingga 70% (Garrett, 2018). Fakta ini menunjukkan bahwa energi *geothermal* memiliki potensi terpendam yang cukup besar selain untuk pembangkit listrik. Lantas bagaimana dengan potensinya di Indonesia? Berdasarkan riset, kandungan lithium pada sistem *geothermal* yang sudah dieksploitasi di Indonesia cukup tinggi sebesar 70 mg/L, sedangkan pada *greenfield* (belum dieksploitasi) mencapai 10-25 mg/L. PLTP Dieng misalnya, memiliki konsentrasi lithium dari sumur panas bumi paling tinggi mencapai 99,4 mg/L (Salafudin, 2021). Tabel berikut menunjukkan kandungan lithium di beberapa lapangan panas bumi di Indonesia,

| No | Jenis Deposit            | Areal         | Li Konsentrasi (PPM) | Debit (Liter/detik) | Capasitas Li (tons/tahun) |
|----|--------------------------|---------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| 1  | Bittern                  | All Indonesia | 1100                 | 0,232865            | 7967                      |
| 2  | hot spring water         | Ciater        | 0,84                 | 50,00               | 1306                      |
| 3  | hot spring water         | Batukapur2    | 7,03                 | 3,00                | 656                       |
| 4  | hot spring water         | Batukapur1    | 5,4                  | 3,00                | 504                       |
| 5  | Brine from Silencer PLTP | PLTP Dieng    | 99,4                 | 0,126972            | 393                       |
| 6  | hot spring water         | Kancah1       | 0,94                 | 10,00               | 292                       |
| 7  | hot spring water         | Ciracas2      | 8,8                  | 1,00                | 274                       |
| 8  | hot spring water         | Maribaya1     | 1,73                 | 5,00                | 269                       |
| 9  | hot spring water         | Kancah2       | 0,63                 | 10,00               | 196                       |
| 10 | hot spring water         | Batugede7     | 3,13                 | 1,50                | 146                       |
| 11 | hot spring water         | Ciracas1      | 3,44                 | 1,00                | 107                       |

**Gambar 3.** Kapasitas Lithium PLTP Indonesia (Salafudin, 2021)

Sementara itu, untuk lapangan panas bumi yang belum dieksploitasi, menunjukkan kandungan lithium yang meskipun tidak setinggi sistem eksploitasi. Hal ini disebabkan pada *greenfields* terdapat pengenceran dengan air tanah, sehingga konsentrasinya lebih kecil. Jika dibandingkan dengan lapangan panas bumi di dunia, kandungan

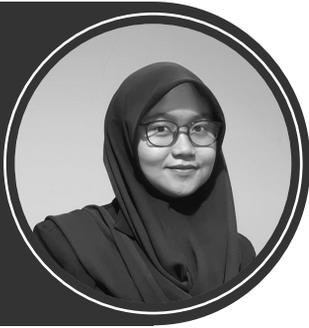
lithium di Indonesia memang lebih kecil. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi geologi, tipe sistem *geothermal*, tipe batuan reservoir, dan data hasil riset. Sehingga masih banyak ruang untuk riset dan mengungkap potensi *lithium brine geothermal* di Indonesia.

Mengingat kebutuhan akan lithium untuk kendaraan listrik terus mengalami perkembangan, maka lithium *brine geothermal* di Indonesia menjadi potensi yang menjanjikan. Akan tetapi, sampai saat ini, metode ekstraksi *lithium brine* hingga menjadi litium murni yang kemudian digunakan untuk baterai masih menjadi hambatan. Ekstraksi lithium perlu menjadi perhatian dan dilakukan serangkaian riset mendalam. Saat ini, terdapat 3 metode ekstraksi yang sudah diterapkan yaitu LDH (*lithium layered hydroxide*) dengan adsorpsi, DLE (*Direct Lithium Extraction*) dengan teknik pertukaran ion, dan elektrodialisis dengan memanfaatkan potensial listrik (Fukuda, 2019).

Dengan potensi yang ada dan melihat permintaan pasar dunia akan lithium yang mencapai harga jual \$13.500/ton tentu menjadi potensi yang luar biasa (BMI, 2021). Selain berdampak pada sektor ekonomi, produksi *lithium brine geothermal* juga dapat menunjang pengembangan energi *geothermal* di Indonesia dengan nilai 40% total panas bumi dunia. Potensi lithium dari *brine geothermal* di Indonesia cukup menjanjikan dalam mendukung pengembangan kendaraan listrik yang menjadi trend di masa depan serta meningkatkan nilai tambah panas bumi selain untuk energi listrik. Apalagi dengan pembangunan pabrik baterai kendaraan listrik di Morowali 2019 lalu merupakan langkah awal bagi pemerintah dalam mewujudkan Indonesia sebagai pusat kendaraan listrik dunia.

## REFERENSI

- Baken, A. (2019) 'Eutectic Freeze Crystallization (Efc): a Cool Solution for Processing Geothermal Waste Brines?', (June), pp. 11–14.
- Fukuda, H. (2019) 'Lithium Extraction From Brine', (July). doi: 10.14288/1.0379929
- Garrett, D.E. (2018): Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride, their deposits, processing, uses, and properties. Elsevier Academic Press, 476.
- IEA (2020), Global EV Outlook 2020, IEA, Paris, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- Regina, Handayanti. (2018). 'Panas Bumi Sebagai Harta Karun Untuk Menuju Ketahanan Energi', *Jurnal Ketahanan Nasional*, 7(2). pp. 217-237
- Salafudin, S. (2021). 'Sumberdaya Alam Lithium Indonesia', *Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 5(2). pp. 178-187.



Artikel 7

## **Teknologi Microbubble Biosurfaktan Konsorsium Bakteri Untuk Pemulihan Sumur Tua Wonocolo, Bojonegoro**

Karya: Twistka Talitha Pangestu

(Mahasiswa Universitas Brawijaya, Malang)

Email: talithapangestu@gmail.com

Industri perminyakan modern dimulai ratusan tahun yang lalu dengan pengeboran sumur minyak setinggi 21 m oleh Edwin Drake pada tahun 1859 dan berkembang pesat hingga banyaknya pengeboran sumur minyak bumi di tiap belahan dunia tiap tahunnya. Sementara umur rata-rata sumur minyak atau gas alam adalah 20 sampai 30 tahun. Sehingga dengan masa produksi yang terbatas, memunculkan banyak sumur tua yang telah ditinggalkan.



(Laila, 2016)

Gambar 1. Pertambangan minyak bumi Wonocolo, Bojonegoro

Tak terkecuali di bumi Nusantara, sekitar 400 sumur minyak bumi tua di Wonocolo, Bojonegoro pada gambar 1 menjadi sumber penghasilan mayoritas masyarakat lokal dan banyak diantaranya

yang sudah tidak aktif. Meskipun dengan metode konvensional, minyak bumi dapat terambil sekitar 70% dari volume minyak awal, menyisakan 30% minyak bumi terperangkap dalam pori-pori batuan (Yernazarova, et al., 2018). Dilain sisi, telah disebutkan oleh BP Global Company pada tahun 2018, bahwasannya untuk menutupi kekurangan angka kebutuhan minyak bumi, Indonesia mengimpor minyak bumi sebesar 30% dari kebutuhan masyarakat sehingga meningkatkan angka pemenuhan kebutuhan minyak bumi dalam negeri hingga 1.444.000 barel per hari. Namun kebutuhan masyarakat terhadap minyak bumi belum sepenuhnya terpenuhi.

Metode MEOR (*Microbial Enhanced Oil Recovery*) yang menggunakan metabolit dari mikroorganisme perolehan minyak bumi dapat ditingkatkan hingga 70%. (Yernazarova, et al., 2018). Bakteri yang hidup di lingkungan sumur minyak

bumi memiliki kemampuan untuk menghasilkan bioproduct dengan ketahanan suhu yang tinggi. Terlebih lagi jika bakteri tersebut membentuk konsorsium, yang akan membentuk beragam jenis bioproduct (Gaytan, 2015).

Akan tetapi medium konsorsium bakteri penghasil biosurfaktan mahal, mampu menguras biaya hingga 50% total biaya produksi biosurfaktan. Masih banyak surfaktan sintetik yang harga produknya jauh lebih rendah dari biosurfaktan untuk MEOR ini, tetapi konsekuensi negatif yang merusak lingkungan pasti didapat. Rodrigues pada tahun 2006 menggunakan molase yang merupakan limbah dari industri gula sebagai media pertumbuhan bakteri penghasil biosurfaktan *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus* sp. Hal ini tentu saja lebih menghemat biaya untuk proses sintesis biosurfaktan terutama pada skala industri.

Injeksi konsorsium bakteri pada sumur tua dengan kedalaman rendah rata-rata 3 meter seperti kondisi sumur tua yang tersebar di Wonocolo, Kabupaten Bojonegoro tentu relatif lebih mudah dalam hal prosedural dan lebih optimal hasilnya dibanding sumur tua yang memiliki kedalaman ratusan meter. Namun apabila hanya sekedar menginjeksikan konsorsium bakteri beserta mediumnya ke dalam sumur

tentu hal tersebut kurang dapat menjangkau pori batu-batuan, dimana pori-pori mengandung minyak yang sangat banyak namun berlokasi jauh masuk kedalam menelusuri ke arah samping dari lubang utama seperti serabut-serabut akar. *Microbubble*, teknologi *bubble* berukuran mikro banyak digunakan dalam aerasi pertanian, maupun sirkulasi udara dalam perikanan. *Microbubble* pada medium molase yang berisi konsorsium bakteri dapat menjangkau ceruk-ceruk bebatuan reservoir. Adanya kandungan biosurfaktan dalam molase memperkuat kestabilan *microbubble* karena peningkatan viskositas larutan, viskoelastisitas, kekuatan mekanik. pH yang cukup tinggi dalam molase akibat aktivitas konsorsium bakteri lebih memperkuat kestabilan dari mikro bubble (Xu, et al, 2012). *Microbubble* ini meningkatkan luas permukaan dari konsorsium bakteri untuk bersentuhan langsung dengan pori batuan reservoir yang mengandung minyak, meningkatkan kadar oksigen dalam medium molase, dan meningkatkan kecepatan swarming bakteri dalam persebaran pembentukan koloni baru akibat dari peningkatan laju pergerakan cairan dalam molase dan mempercepat proses transfer molekul sinyal quorum sensing antar bakteri sehingga berimplikasi pada peningkatan laju produksi biosurfaktan.

Sampling dilakukan pada salah satu sumur tua di Wonocolo dengan dilakukan pengambilan sampel tanah dan kemudian pada sampel tanah, isolasi bakteri dilakukan. Bakteri terkait teridentifikasi sebagai *Pseudomonas mendocina* (1.5), *Ochrobactrum pituitosum* (3.24), dan *Ochrobactrum pseudogrignonense*

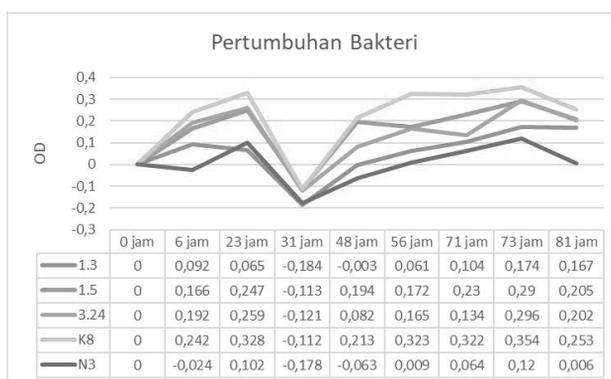
(1.3), *Pseudomonas aeruginosa* (K8) dan *Pseudomonas aeruginosa* (N3) seperti pada gambar 2.



(Dokumen pribadi, 2022)

Gambar 2. Pertumbuhan kelima bakteri dalam media 3% molase

Bakteri kemudian dikultur dalam media 3% molase, dan diukur densitasnya tiap 12 jam sehingga diperoleh kurva pertumbuhan tiap bakteri dalam medium molase. Pengujian menunjukkan hasil bakteri mampu bertahan hidup dalam media molase secara cukup adaptif. Kemudian, juga dilakukan pengujian pada variasi suhu 25°C, 30°C, 40°C, 50°C, dan 60°C. Pengukuran densitas bakteri menunjukkan isolat bakteri mampu bertahan hidup dengan baik dalam suhu 50°C, meskipun terdapat adaptasi pada jam 31 seperti pada gambar 3.



(Dokumen pribadi, 2022)

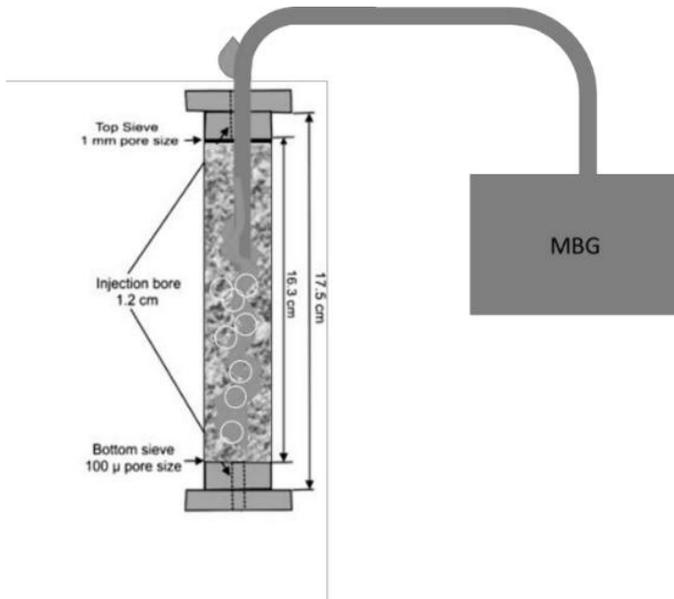
Gambar 3. Kurva pertumbuhan tiap bakteri

Selanjutnya, konsorsium bakteri dibentuk dengan mengkombinasikan 2 hingga 5 isolat bakteri dalam satu konsorsium. Pertumbuhan tiap konsorsium diamati dalam waktu 72 jam, sehingga hasil mengungkap sinergitas antar bakteri dalam suatu konsorsium. Diperoleh konsorsium dengan pertumbuhan paling pesat terdiri dari gabungan bakteri *Pseudomonas mendocina* (1.5), *Ochrobactrum pituitosum* (3.24), *Ochrobactrum pseudogrignonense* (1.3), dan *Pseudomonas aeruginosa* (K8). Uji emulsifikasi seperti pada gambar 4 selanjutnya dilakukan untuk mengetahui kemampuan emulsi tiap konsorsium, yang ditunjukkan bahwa tiap konsorsium dapat mengemulsikan dengan baik.



Dokumen pribadi, 2022)

Gambar 4. Uji emulsifikasi



(Dokumen pribadi, 2022)

Gambar 5. Simulasi pengujian *recovery* minyak bumi

Pada tahap akhir dilakukan simulasi sumur minyak bumi seperti pada gambar 5 dalam suhu 50°C menggunakan batuan yang disaturasi oleh minyak bumi, dan kemudian direndam oleh konsorsium bakteri dan ditambahkan *microbubble*.

| Konsorsium | Konsorsium-Microbubble(%OOIP) | Konsorsium (%OOIP) | Perbedaan (KM-K) |
|------------|-------------------------------|--------------------|------------------|
| DE         | 47.8                          | 29.41              | 18.39            |
| ABE        | 40                            | 37.5               | 2.5              |
| ABCD       | 33.91                         | 31.25              | 2.66             |
| E          | 32.5                          | 29.91              | 2.59             |
| BD         | 31.57                         | 25                 | 6.57             |

Gambar 6. Hasil pengukuran *recovery* minyak bumi menggunakan simulasi sumur minyak bumi

Pengujian ini menghasilkan dengan penambahan microbubbles didapatkan perolehan minyak bumi mencapai 47,8% jika dibandingkan dengan tanpa penambahan microbubble yang mencapai 29,41%, maka

perolehan minyak bumi dapat meningkat hingga sekitar 18,39% sesuai dengan gambar 6.

Inovasi ini diciptakan salah satunya sebagai pemberdayaan masyarakat Wonocolo, Bojonegoro untuk dapat meningkatkan perolehan minyak bumi dengan konsorsium bakteri dan juga penambahkan teknologi *microbubble* sehingga mampu mendorong kebutuhan ekonomi warga lokal secara mandiri dan berkelanjutan. Inovasi berikut ditujukan untuk badan usaha milik desa (BUMD) masyarakat desa, dan dalam aplikasinya dapat bekerja sama dengan pihak pertambangan minyak bumi swasta dan negeri. Dalam menyediakan bahan molase dapat dilakukan kerjasama dengan pihak industri gula seperti PT Kebon Agung, kultur bakteri dari laboratorium mikrobiologi, jurusan biologi, Universitas Brawijaya, serta teknologi *microbubble* dengan pihak yang sudah mengembangkan teknologi ini, seperti Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Selain itu, diperlukan juga kerjasama dalam bidang riset untuk mengembangkan gagasan ini ke teknologi yang lebih unggul, salah satunya dengan mengembangkan *microbubble* menjadi *nanobubble*.

Melalui adanya inovasi ini, peningkatan perolehan minyak bumi diharapkan dapat meningkat, sehingga pendapatan lokal dan pembangunan ekonomi dapat turut ditingkatkan. Selain itu, medium molase yang digunakan dalam inovasi ini merupakan materi limbah dari industri gula sehingga mudah didapat dan murah. Inovasi ini dapat menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan perolehan minyak bumi yang lebih murah dan ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gaytán, I., Mejía, M., Hernández-Gama, R., Torres, L., Escalante, C., & Muñoz-Colunga, A. 2015. *Effects of indigenous microbial consortia for enhanced oil recovery in a fragmented calcite rocks system*. (128). Mexico City.
- Rodrigues, L., Teixeira, J., & Oliveira, R. 2006. *Low-cost fermentative medium for biosurfactant production by probiotic bacteria*. 32. Braga.
- Xu, Q., Nakajima, M., Liu, Z., & Shiina, T. 2012. *Biosurfactants for Microbubble Preparation and Application*. Japan.
- Yernazarova, A., Kayirmanova, G., Baebukova, A., & Zhubanova, A. 2016. *Microbial Enhanced Oil Recovery. Introduction, Chapter 5*. Almaty Department of Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University.



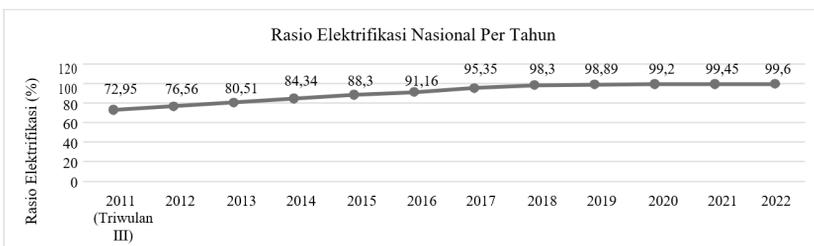
Artikel 8  
**I-GREFIMS (Integrated Green Electrification Monitoring System): Pemanfaatan Potensi Generasi Muda Bangsa dengan Tujuan Elektrifikasi Nasional**

Karya: Priscilla Tiffany (Mahasiswa Universitas Indonesia, Jakarta)

Email: priscilla.tiffany11@ui.ac.id

### Pendahuluan

Salah satu poin di *Sustainable Development Goals* (SDG) adalah terjaminnya akses energi bersih yang terjangkau oleh seluruh bagian di dunia. Poin SDGs inilah yang kemudian turut menjadi tujuan nasional Indonesia. Salah satu bentuk usaha pencapaiannya melalui realisasi 100% rasio elektrifikasi nasional. Namun, hingga kini Indonesia nyatanya belum dapat mencapai tujuan tersebut. Hal ini dapat dilihat dari data bahwa hingga triwulan III 2022, rasio elektrifikasi baru mencapai 99,6%.



**Grafik 1.** Rasio Elektrifikasi Nasional Pertahun

Sumber: (Kementerian ESDM, 2022)

Pada **Grafik 1**, dapat dilihat bahwa sejak tahun 2018 hingga 2022, penambahan rasio elektrifikasi nasional stagnan dengan pertumbuhan

pertahun tidak mencapai 0,5%. Zulkifli Zaini, mantan Direktur PT PLN mengatakan bahwa alasan stagnansi sekaligus tantangan terbesar untuk menaikkan rasio elektrifikasi dari 99% ke 100% adalah karena 1% wilayah yang belum berlistrik ini berada di wilayah pelosok yang sangat sulit dicapai dan belum teridentifikasi energi primernya (CNN Indonesia, 2021). Belum tercapainya target elektrifikasi ini ternyata selaras dengan belum tercapainya juga 15,7% target porsi EBT dalam bauran energi primer (Dirjen EBTKE, 2022) yang baru tercapai sebesar 12,8% hingga Juni 2022 (CNBC Indonesia, 2022). Hal ini berarti harus ada langkah strategis yang dilakukan demi tercapainya tujuan akses energi bersih dan terjangkau yang telah ditargetkan tersebut. Salah satu gagasan percepatan pencapaian target bauran EBT sebenarnya telah dicanangkan dan didukung langsung oleh Kementerian Ristek/BRIN, yaitu melalui perwujudan ekonomi sirkular dengan dukungan riset dan inovasi. Dukungan juga datang dari Anggota Pemangku Kepentingan (APK) Dewan Energi Nasional (DEN) pada Forum Kehumasan yang membahas target bauran energi nasional tahun 2025 yang menyatakan bahwa Indonesia memiliki banyak potensi pengembangan EBT yang tidak terbatas di tenaga surya dan angin saja. Oleh karena itu, merupakan suatu hal yang krusial untuk mendukung dunia riset Indonesia, khususnya dalam rangka mencapai target akses energi bersih dan terjangkau.

Bicara tentang riset, data menunjukkan bahwa kualitas riset Indonesia masih kalah dari negara-negara di Asia Tenggara. Hal ini ditunjukkan dari data indeks daya saing global tahun 2019, khususnya di bagian kapabilitas inovasi.

| Negara<br>(dari 141) | Komponen<br>Kapabilitas Inovasi | Sub-Komponen Kapabilitas Inovasi |                          |                |
|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------|
|                      |                                 | Interaksi dan<br>Keragaman       | Penyelenggaraan<br>Riset | Komersialisasi |
| Singapura            | 13                              | 1                                | 21                       | 10             |
| Malaysia             | 30                              | 24                               | 39                       | 40             |
| Thailand             | 50                              | 47                               | 56                       | 52             |
| Brunei Darussalam    | 51                              | 48                               | 40                       | 90             |
| Filipina             | 72                              | 40                               | 87                       | 87             |
| <b>Indonesia</b>     | <b>74</b>                       | <b>42</b>                        | <b>83</b>                | <b>91</b>      |
| Vietnam              | 76                              | 79                               | 72                       | 69             |
| Kamboja              | 102                             | 91                               | 121                      | 101            |
| Laos                 | 119                             | 71                               | 122                      | 134            |

**Gambar 1.** Peringkat Indeks Daya Saing Global Indonesia dan Negara-negara Asia Tenggara Dari Komponen Kapabilitas Inovasi

Sumber: (Pradana, et al., 2021)

Pada publikasi yang sama, disebutkan bahwa salah satu cara untuk mengejar ketertinggalan ini adalah dengan menciptakan wadah keilmuan yang representatif, inklusif, dan kredibel dengan fungsi yang optimal dan berkelanjutan. Selain itu, pemerintah juga harus memperkuat komitmen terkait pendanaan dunia riset (Pradana, et al., 2021).

## Isi

Berdasarkan data dari Dukcapil Kemendagri, sekitar 69% penduduk Indonesia masuk dalam kategori usia produktif (15-64 tahun). Hal ini berarti Indonesia mulai memasuki era bonus demografi sehingga potensi generasi muda Indonesia semakin besar untuk dapat berkontribusi pada kemajuan bangsa. Keuntungan ini seharusnya dipandang sebagai peluang untuk pengembangan negara di berbagai sektor, termasuk terkait perwujudan target elektrifikasi nasional dan bauran EBT. Melihat adanya tantangan tersebut dan hubungannya dengan potensi generasi muda khususnya di dunia riset, lahir gagasan I-GREFIMS. I-GREFIMS diproyeksikan menjadi suatu rangkaian sistem yang bertujuan untuk mewadahi potensi generasi muda khususnya yang

terkait dengan pencapaian tujuan akses energi bersih dan terjangkau di seluruh Indonesia.

### **I-GREFIMS: Penjaringan Generasi Muda Untuk Dikirim Langsung ke Daerah**

Rangkaian pertama dari I-GREFIMS adalah pengiriman agen energi atau yang disebut dengan “GEN-G” ke daerah-daerah yang masih belum terelektifikasi. Nama “GEN-G” sendiri dipilih karena memiliki kemiripan dengan istilah “Gen Z”, yaitu sebutan untuk salah satu kelompok umur generasi muda yang dapat berperan penting untuk masa depan bangsa kedepannya.

Pengiriman GEN-G ke daerah-daerah di Indonesia memiliki mekanisme tersendiri. Para GEN-G pertama-tama diseleksi secara ketat sehingga didapatkan orang-orang berkompeten dengan antusias dan komitmen yang tinggi untuk dapat menjalankan perannya di pelosok nanti. Kompetensi berarti kemampuan calon GEN-G untuk dapat memahami secara komprehensif mengenai segala hal seputar elektrifikasi dan EBT serta dapat berpikir kreatif dan solutif terhadap kondisi di daerah tujuan yang mungkin tidak sesuai dengan ekspektasi. GEN-G akan dikirim selama periode yang bervariasi, menyesuaikan dengan linimasa atau *milestone* dari rencana realisasi di setiap daerah secara spesifik. Selama masa ini, GEN-G di setiap daerah wajib untuk memberikan kabar berkala melalui *website* I-GREFIMS.

### **I-GREFIMS: Wadah Kontribusi Generasi Muda di Dunia Riset Indonesia**

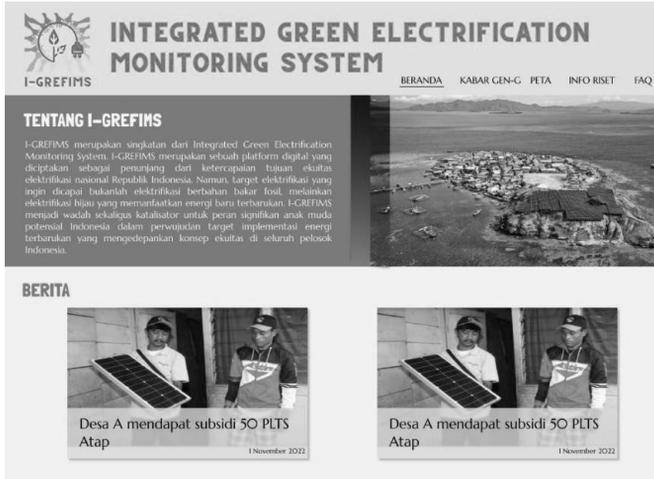
Dengan jumlah usia produktif yang besar, seharusnya potensi munculnya generasi muda berkualitas untuk memperkaya karya riset dan inovasi juga besar, apalagi mengingat akses pendidikan yang semakin tidak terbatas di era globalisasi. I-GREFIMS muncul dari keinginan yang besar untuk dapat mewedahi potensi tersebut secara inklusif. Selama ini, wadah pengembangan potensi yang inklusif dan berkelanjutan dirasa minim. Lembaga-lembaga riset umumnya hanya menampung ide dari kaum akademisi dan profesional, padahal faktanya

banyak ide penelitian yang juga lahir dari siswa atau mahasiswa yang dapat menjadi suatu inovasi besar jika mendapat pendampingan yang memadai. Selain itu, wadah inovasi yang berbentuk kompetisi juga dinilai tidak berkelanjutan sehingga muncul kecenderungan bahwa suatu inovasi diciptakan dengan tujuan hanya untuk memenangkan lomba semata, sementara ide inovasi tersebut tidak terealisasi bagi pengembangan Indonesia. Melalui I-GREFIMS, terbuka kesempatan untuk setiap generasi muda menyalurkan inovasinya yang berpeluang dikembangkan dan diwujudkan untuk mencapai target realisasi satu atau beberapa daerah sesuai dengan relevansinya.

### **I-GREFIMS: Pusat Informasi Terintegrasi yang Dapat Diakses Dengan Mudah**

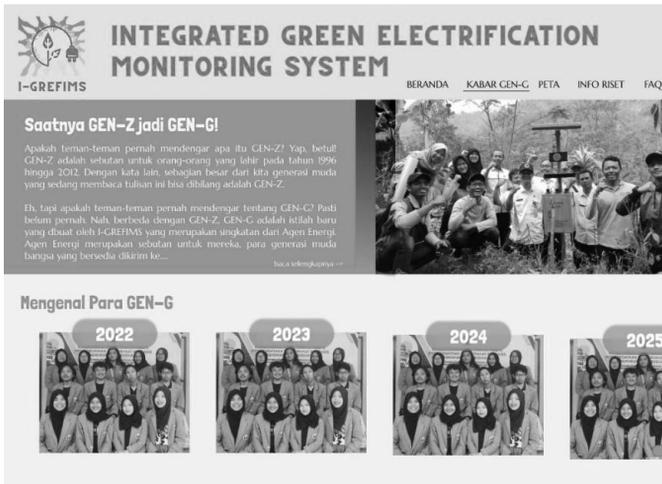
Konsep inklusivitas sejatinya juga berlaku dalam hal publikasi dan akses informasi. Selama ini, informasi terkait progress realisasi elektrifikasi nasional dan bauran EBT khususnya untuk daerah-daerah pelosok terbilang sulit ditemukan dan tidak terintegrasi dengan baik. Oleh karena itu, selain mewujudkan inklusivitas dalam hal wadah inovasi, I-GREFIMS juga berperan sebagai pusat informasi yang inklusif sehingga lebih banyak masyarakat yang peka terhadap kabar pengembangan energi di Indonesia.

I-GREFIMS merupakan suatu produk yang terdiri atas berbagai fitur hasil pengembangan kolaborasi anak bangsa yang berbentuk *website* dan dapat diakses menggunakan *browser* yang kerap digunakan masyarakat secara umum. Tampilan pertama yang muncul saat I-GREFIMS dibuka adalah “Beranda” yang berisi pengenalan I-GREFIMS dan fitur “Berita”. Pada fitur ini, tersedia informasi berupa artikel dan berita seputar pengembangan energi di Indonesia yang diperbarui secara rutin.

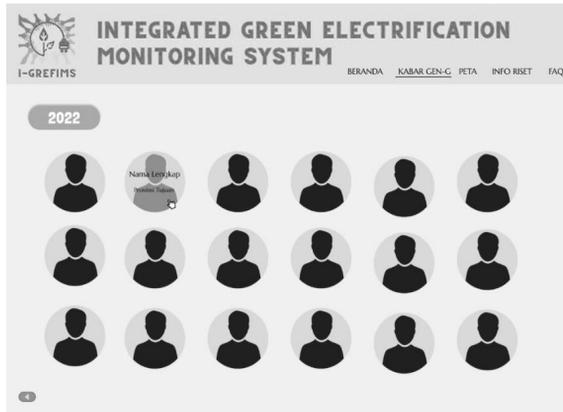


Gambar 2. Tampilan “Beranda” I-GREFIMS

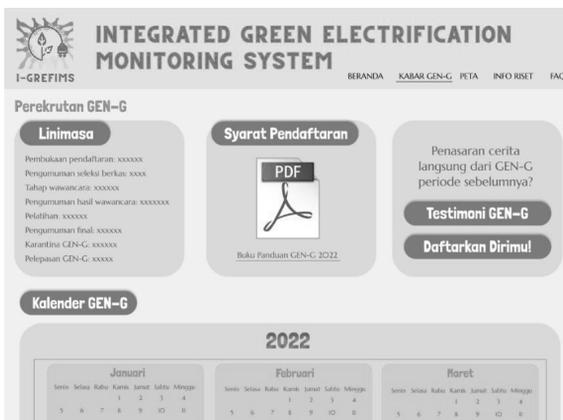
Pada *Tab* selanjutnya, “Kabar GEN-G”, terdapat informasi mengenai definisi serta pengenalan individu GEN-G setiap tahunnya. *Tab* ini juga akan menampilkan informasi seputar perekrutan GEN-G beserta linimasa aktivitas GEN-G.



Gambar 3. Tampilan “Kabar GEN-G”



Gambar 4. Tampilan Pengenalan Per-Individu GEN-G



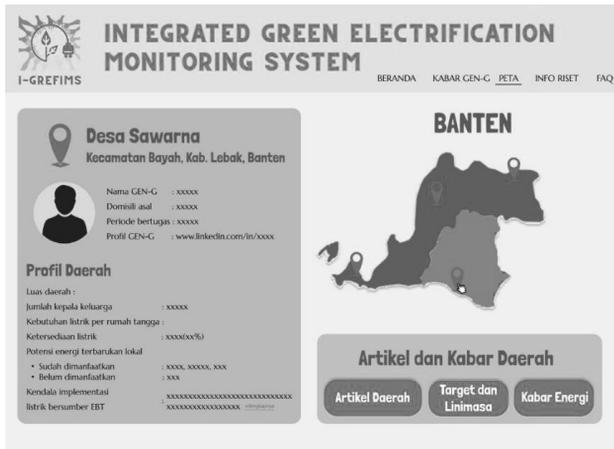
Gambar 5. Tampilan selanjutnya “Kabar GEN-G”

Berikutnya, terdapat *Tab* “Peta” yang bertujuan untuk memberikan informasi secara interaktif dan menarik. Pada *Tab* ini, disediakan informasi detail mengenai daerah yang masih dalam proses realisasi, daerah yang telah mencapai target realisasi, maupun daerah yang proses realisasinya tertunda. Status dan kondisi dari setiap daerah akan diinformasikan secara jelas melalui berbagai fitur. Fitur “Artikel Daerah” akan berisi artikel mengenai berbagai keadaan daerah setempat yang ditulis oleh GEN-G yang bertugas. Selanjutnya, “Target dan Linimasa” akan menampilkan rencana realisasi setiap daerah berdasarkan

proyeksi waktu, sedangkan “Kabar Energi” akan berisi artikel seputar pengembangan energi yang sedang berlangsung di daerah tersebut.



Gambar 6. Tampilan “Peta”



Gambar 7. Tampilan “Peta” setelah di-klik daerah tertentu

Tab terakhir dari I-GREFIMS, “Info Riset”, menampilkan berbagai informasi terkait fungsi I-GREFIMS sebagai wadah inovasi anak bangsa yang inklusif.



Gambar 8. Tampilan “Info Riset”

## Penutup

Belum tercapainya target elektrifikasi nasional dan bauran EBT di tahun 2022 bukan berarti akhir dari terwujudnya cita-cita nasional terkait akses energi bersih yang terjangkau dan menyeluruh. Setiap elemen masyarakat Indonesia seharusnya peka bahwa

Indonesia memiliki potensi generasi muda yang sangat besar, tinggal bagaimana memanfaatkan potensi ini secara optimal. Oleh karena itu, I-GREFIMS hadir dengan menjunjung tinggi nilai inovasi, integrasi, inklusivitas, serta efektivitas yang berkelanjutan. \*\*\*

### Daftar Pustaka

- CNBC Indonesia. (2022). *Capaian Bauran Energi Hijau Juni 2022 Baru 12,8%*. Jakarta: Universitas Pertamina.
- CNN Indonesia. (2021). *Bos PLN Ungkap Kendala Capai Target Elektrifikasi 100 Persen*. Jakarta: CNN Indonesia.
- Dirjen EBTKE. (2022, Januari 17). *Ini Capaian Kinerja Tahun 2021 dan Rencana Kerja 2022 Subsektor EBTKE*. Retrieved from Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi E n e r g i : <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/01/17/3055/ini.capaian.kinerja.tahun.2021.dan.rencana.kerja.2022.subsektor.ebtke>
- Kementerian ESDM. (2022). *Download Index Statistik*. Retrieved from Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan: [https://gatrik.esdm.go.id/frontend/download\\_index/?kode\\_category=statistik](https://gatrik.esdm.go.id/frontend/download_index/?kode_category=statistik)
- Pradana, A. W., Sevatita, A., Asmara, A. Y., Yusuf, A. A., Pantjadarma, D., Hidayat, D., .. . Nugroho, Y. (2021). *Cetak Biru Ekosistem Pengetahuan dan Inovasi*. Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah V Yogyakarta.



Artikel 9

## **Listrik AC Untuk Masyarakat Daerah 3T: Inovasi Multilevel Inverter Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dusun Buttue, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan**

Karya: Abdul Hakim Azis

(Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya)

Email: hakimazisrampe@gmail.com

### Latar belakang

Menurut catatan PT PLN (Persero) Tbk, terdapat 4.700 Desa di wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, dan Terluar) Indonesia yang belum teraliri listrik (**Setiawan, 2022**).<sup>[1]</sup> Salah satunya adalah Dusun Buttue, Desa Kanaungan, Kecamatan Labakkang, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep), Provinsi Sulawesi Selatan. Dusun Buttue merupakan perkampungan yang dihuni sekitar 178 penduduk yang bermata pencaharian sebagai nelayan. Jarak dari dusun tersebut ke jaringan distribusi listrik PLN terdekat adalah sekitar 10 km. Lokasi yang terpencil serta sulitnya akses transportasi ke dusun ini membuat instalasi jaringan listrik sangat sulit dilakukan. Hingga saat ini, hampir semua penduduk Dusun Buttue belum bisa menikmati listrik secara maksimal.

Menurut masyarakat setempat, sebenarnya telah ada upaya dari pemerintah untuk memberikan bantuan panel surya bagi masyarakat setempat. Namun, panel surya tersebut tidak berfungsi secara maksimal untuk memenuhi kebutuhan penduduk Dusun Buttue (**Nirwana, 2022**).

<sup>[2]</sup> Listrik yang dihasilkan panel tersebut hanya bisa menyuplai beban-beban DC, seperti *charger handphone* dan senter. Namun, beban AC untuk keperluan rumah tangga seperti lampu, televisi, ataupun lemari pendingin, belum mampu untuk disuplai oleh panel surya tersebut.

Hal ini dikarenakan panel surya tersebut belum dilengkapi dengan teknologi inverter yang mampu mengubah listrik DC menjadi listrik AC. Salah satu alasan ketiadaan kelengkapan inverter pada bantuan panel surya Dusun Buttue adalah dikarenakan harga inverter yang masih relatif mahal. Salah satu hal yang membuat harga inverter mahal adalah banyaknya jumlah komponen yang digunakan, khususnya untuk jenis *Multilevel Inverter*.

Berangkat dari permasalahan kurang optimalnya bantuan panel surya dari pemerintah ke masyarakat Dusun Buttue, maka penulis membuat suatu Inovasi *Packed U Cell (PUC) Multilevel Inverter 7 Level* dengan komponen minimalis dan dilengkapi dengan *Fuzzy Logic Controller* untuk mengoptimalkan tegangan keluaran sehingga penggunaan bantuan panel surya dari pemerintah setempat lebih maksimal.

## Pembahasan

### 1. *Packed U Cell (PUC) Multilevel Inverter*

*Multilevel inverter* merupakan inverter yang dapat mengonversi tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC dengan beberapa level tingkatan yang diinginkan (Krishna, A. R., & Suresh, L. P., 2016).<sup>[3]</sup> Semakin tinggi level yang dihasilkan, maka semakin bagus kualitas dayanya. PUC merupakan jenis topologi *multilevel inverter* terbaru yang mampu menghasilkan tegangan 7 level dengan jumlah komponen yang minimal. Komponen *switching* dirangkai menyerupai *H-bridge*, dimana di setiap selnya terdapat sebuah *DC link*, yaitu sebuah sumber DC dan *flying-capacitor* (Ounejjar, Y. K., dkk., 2011).<sup>[4]</sup> Untuk sumber tegangan DC yang digunakan, dapat diperoleh dari sumber *renewable energy* seperti panel surya. Untuk *flying-capacitor*, harus dikontrol pada  $\frac{1}{3}$  tegangan DC agar dapat mencapai tegangan level 7.

Setiap sel *PUC multilevel inverter* terdiri dari satu kapasitor dan dua komponen *switch*. Jika terdapat sejumlah n-sel, maka inverter akan terdiri dari 2 *switch*. Sehingga, dibutuhkan 6 *switch* untuk 3 sel inverter. *PUC multilevel inverter* bekerja dengan prinsip *complementary switching* (Ounejjar, Y. K., dkk., 2011).<sup>[5]</sup> Dua *switch* dari satu sel yang sama

harus dikontrol dengan cara yang saling melengkapi/*complementary*, yaitu jika *switch* di kaki kanan *on state*, maka *switch* pada kaki kiri harus *off state*.

Kelebihan PUC adalah penggunaan komponen yang sedikit untuk menghasilkan level tegangan yang tinggi. Untuk tegangan output 7 level, PUC hanya membutuhkan 6 *switch*, 1 sumber DC (panel surya), dan 1 kapasitor. Jika dibandingkan dengan topologi konvensional, maka akan membutuhkan jauh lebih banyak *switch* dan kapasitor untuk memperoleh tegangan dengan level yang lebih tinggi (Giribabu, D., & Kumar, K. J., 2020).<sup>[6]</sup>

**Tabel 1.** Perbandingan jumlah komponen topologi *multilevel inverter* level 7 (Iqbal, A. M., dkk, 2019) <sup>[7]</sup>

| Komponen  | Jenis Topologi <i>Multilevel Inverter</i> |                         |                                |                       |                        |                         |                            |
|-----------|---|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
|           | <i>Neutral Point Diode Clamped</i>        | <i>Flying Capacitor</i> | <i>Cascaded H-Bridge (CHB)</i> | <i>CHB based MLDC</i> | <i>T-type Inverter</i> | <i>Switch capacitor</i> | <i>Packed U Cell (PUC)</i> |
| Switch    | 24  | 24                      | 12                             | 10                    | 8                      | 10                      | <b>6</b>                   |
| Kapasitor | 6   | 30                      | 3                              | 3                     | 3                      | 3                       | <b>1</b>                   |
| Dioda     | 20  | 0                       | 0                              | 0                     | 0                      | 0                       | <b>0</b>                   |

Dari Tabel 1, terlihat bahwa untuk level tegangan yang sama, yaitu 7 level tegangan, *PUC multilevel inverter* membutuhkan lebih sedikit komponen, yaitu 6 buah *switch* dan sebuah kapasitor. *Multilevel inverter* konvensional yang paling banyak digunakan saat ini seperti: *Neutral Point Diode Clamped* (NPC), membutuhkan 24 komponen *switch*, 6 kapasitor, dan 20 dioda klamping; *Cascaded H-Bridge* (CHB) membutuhkan 12 komponen *switch* dan 3 kapasitor; dan *Flying Capacitor* (FC) membutuhkan 24 *switch* dan 30 kapasitor.

2. Optimalisasi keluaran panel surya dengan *Fuzzy Logic Controller*  
Keluaran panel surya sangatlah bergantung pada cahaya matahari

di suatu wilayah. Ketika intensitas cahaya matahari yang tertangkap panel surya kecil, misalnya ketika cuaca mendung, maka daya listrik keluaran panel surya akan menurun pula. Di Kabupaten Pangkep sendiri yang terdiri dari dua musim, yaitu kemarau dan penghujan, membuat panel surya tidak bekerja secara optimal. Menurut Pengamatan Unsur Iklim pada tahun 2020 seperti pada data tabel 2, dapat diketahui bahwa Kabupaten Pangkep per tahun 2020 tidak mendapatkan sinar matahari secara penuh. Persentase penyinaran matahari relatif kecil, sedangkan jumlah curah hujannya cukup tinggi.

**Tabel 2.** Data suhu udara, curah hujan, dan intensitas cahaya matahari Kota Pangkep (BPS Pangkep, 2020) <sup>[8]</sup>

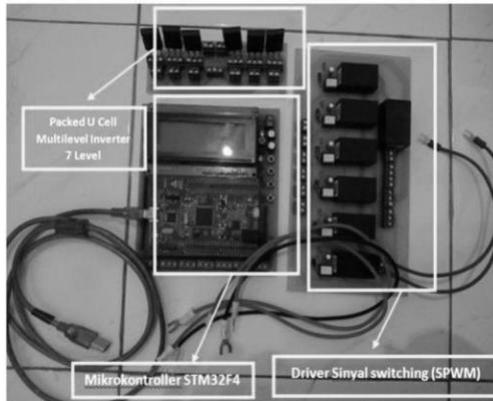
| Bulan     | Pengamatan Unsur Iklim Menurut Bulan di Kabupaten Pangkep |                               |                                |                               |
|-----------|---|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|           | Suhu Rata-Rata<br>(derajat celcius)<br>2020               | Jumlah<br>Curah Hujan<br>(mm) | Jumlah<br>Hari Hujan<br>(hari) | Penyinaran<br>Matahari<br>(%) |
| Januari   | 27.3  | 551.0                         | 18.0                           | 57.0                          |
| Februari  | 27.0  | 434.0                         | 17.0                           | 42.0                          |
| Maret     | 26.9  | 237.0                         | 18.0                           | 10.0                          |
| April     | 27.7  | 163.0                         | 14.0                           | 70.0                          |
| Mei       | 28.1  | 152.0                         | 9.0                            | 52.0                          |
| Juni      | 27.5  | 51.0                          | 8.0                            | 69.0                          |
| Juli      | 27.1  | 84.0                          | 10.0                           | 74.0                          |
| Agustus   | 28.0  | 20.0                          | 3.0                            | 90.0                          |
| September | 28.3  | 8.0                           | 4.0                            | 80.0                          |
| Oktober   | 28.3  | 163.0                         | 10.0                           | 81.0                          |

|          |      |       |      |      |
|----------|------|-------|------|------|
| November | 27.6 | 452.0 | 19.0 | 62.0 |
| Desember | 26.4 | 966.0 | 27.0 | 27.0 |

Sehingga, untuk membuat sistem panel surya bekerja secara maksimal, maka penulis melengkapi *PUC multilevel inverter* dengan controller *fuzzy logic*. Tujuannya adalah agar keluaran tegangan inverter konstan di nilai nominal meskipun dengan masukan panel surya yang fluktuatif.

### 3. Cara Kerja Sistem

Panel surya yang telah terpasang pada perumahan warga Dusun Buttue akan menghasilkan tegangan listrik DC yang akan menjadi input *PUC multilevel inverter*. *Multilevel inverter* ini akan bekerja dengan skema *switching complimentary* seperti pada penjelasan sebelumnya untuk memperoleh level tegangan yang diinginkan, yaitu tegangan level 7. Sensor tegangan AC akan membaca nilai tegangan *output AC multilevel inverter* yang selanjutnya diteruskan ke mikrokontroler STM32F407VG. Data hasil pembacaan sensor tegangan tadi akan dikelola oleh mikrokontroler untuk memaksimalkan tegangan keluaran inverter dengan metode *Fuzzy Logic Controller*. Sehingga, meskipun dengan intensitas cahaya matahari yang kurang maksimal, dikarenakan musim penghujan misalnya, tegangan keluaran panel surya tetap dapat dimaksimalkan. Keluaran *multilevel inverter* ini berupa tegangan dan arus level 7 yang mana lebih mendekati daya AC murni tanpa penggunaan filter yang dapat menambah jumlah komponen yang digunakan. Gambar 1 menunjukkan prototipe *PUC Multilevel Inverter* yang dibuat.



Gambar 1. Prototipe *PUC Multilevel Inverter* (gambar kepemilikan pribadi)

### Kesimpulan

Dengan penggunaan teknologi *PUC Multilevel Inverter* pada bantuan panel surya pemerintah setempat, kita mampu menyuplai masyarakat Dusun Buttue dengan listrik AC. Selain itu, dikarenakan kondisi iklim Kabupaten Pangkep yang tidak mendapatkan sinar matahari secara maksimal setiap harinya, maka *Fuzzy Logic Controller pada PUC Multilevel Inverter* ini akan sangat membantu dalam memaksimalkan daya keluaran panel surya masyarakat Dusun Buttue.

## DAFTAR PUSTAKA

- Verda Nano Setiawan. (2022, 15 Juni). 4.700 Desa Belum Teraliri Listrik, Begini Jurus PLN, diakses pada 25 November 2022, dari <https://www.cnbcindonesia.com/news/20220615172612-4-347429/4700-desa-belum-teraliri-listrik-begini-jurus-pln> Wawancara pribadi, 2 November, 2022.
- A. Krishna R and L. P. Suresh, "A brief review on multilevel inverter topologies," *2016 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCPCT.2016.7530373.
- Y. Ounejjar, K. Al-Haddad and L. -A. Gregoire, "Packed U Cells Multilevel Converter Topology: Theoretical Study and Experimental Validation," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, no. 4, pp. 1294-1306, April 2011, doi: 10.1109/TIE.2010.2050412.
- Y. Ounejjar, K. Al-Haddad and L. -A. Gregoire, "Packed U Cells Multilevel Converter Topology: Theoretical Study and Experimental Validation," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, no. 4, pp. 1294-1306, April 2011, doi: 10.1109/TIE.2010.2050412.
- D. Giribabu and K. Kumar J., "Single Phase Packed-U-Cell Five Level Solar Inverter With Dual Operation Using Fuzzy Logic Controller," *2020 First IEEE International Conference on Measurement, Instrumentation, Control and Automation (ICMICA)*, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICMICA48462.2020.9242669.
- A. Iqbal, M. Meraj, M. Tariq, K. A. Lodi, A. I. Maswood and S. Rahman, "Experimental Investigation and Comparative Evaluation of Standard Level Shifted Multi-Carrier Modulation Schemes with a Constraint GA Based SHE Techniques for a Seven-Level PUC Inverter," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 100605-100617, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2928693.
- Website Resmi Badan Pusat Statistika Kabupaten Pangkajene Kepulauan, 2020, Diakses pada 26 Desember 2022, dari <https://pangkepkab.bps.go.id/indicator/151/81/1/pengamatan-unsur-iklim-menurut-bulan-di-kabupaten-pangkajene-dan-kepulauan.html>



Artikel 10

## **Perencanaan Pengembangan Panel Surya Berbasis Teknologi SIG pada Kawasan Rural NTB**

Karya: Hanif Hidayat (Mahasiswa Universitas Indonesia)

Email: hanifhidayat755@gmail.com

Krisis iklim menjadi perbincangan hangat komunitas internasional. Indonesia sebagai salah satu bagian dari komunitas internasional juga berbagi masalah yang sama dengan negara lain, salah satunya dengan apa yang dilakukan oleh Indonesia dalam G-20 beberapa waktu yang lalu. Berdasarkan pertemuan G-20 yang diadakan di Nusa Dua, Bali, pemerintah menyampaikan keprihatinannya terhadap perubahan iklim yang terjadi di Indonesia. Jika Indonesia belum berupaya konkrit mengatasi peningkatan emisi, maka gelombang panas di Indonesia akan berlangsung hampir 8.000% lebih lama pada tahun 2050, yang berdampak pada tenaga kerja Indonesia dan merusak sektor pertanian negara. Lebih jauh, hal tersebut juga berdampak pada kenaikan suhu laut yang mengakibatkan penurunan stok sehingga berdampak pada kerugian ekonomi hingga Rp 66 triliun <sup>1</sup>.

Maka dari itu, Pemerintah Indonesia menegaskan komitmen kuatnya dalam menggunakan energi bersih untuk meningkatkan pasokan energi melalui peningkatan proyek energi terbarukan yang bertujuan untuk mengurangi emisi karbon yang berpotensi merugikan Indonesia pada masa yang akan datang. Komitmen tersebut tercermin dari kebijakan Pemerintah Indonesia, dimana dalam memenuhi kebutuhan energi nasional, Indonesia menargetkan energi terbarukan berkontribusi 23 % dari bauran energi pada tahun 2025 dan pengurangan emisi sebesar 29 % pada tahun 2030. <sup>2</sup>Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukannya langkah konkrit dalam merealisasikan target tersebut. Maka dari itu, berdasarkan hal tersebut, kita mulai bertanya-tanya sejauh mana kita berlari untuk mencapai target tersebut? Atau kita hanya berjalan saja?

Dan bagaimana cara kita mencapainya?. Tulisan ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan tersebut melalui pengembangan panel surya berbasis teknologi SIG (Sistem Informasi Geografis) di Provinsi Nusa Tenggara Barat.



**Gambar 1.** Potensi Listrik Fotovoltaik Indonesia (solargis.com)

1. *Indonesia*. G20 Climate Risk Atlas. (2021, October 28). Retrieved December 28, 2022, from <https://www.g20climaterisks.org/indonesia/>

2 *Minister affirms Indonesia's commitment in renewable energy at IEA Summit*. (n.d.). Retrieved December 28, 2022, from <https://setkab.go.id/en/minister-affirms-indonesias-commitment-in-renewable-energy-at-iea-summit/>

## 1. Penerapan Teknologi GIS Dalam Analisis Potensi Instalasi Panel Surya

Analisis spasial mengenai radiasi matahari yang dikembangkan dapat menguntungkan semua orang mulai dari pemilik rumah dan pemasang panel surya hingga pengembang dan pemodal proyek listrik skala besar, pakar industri, dan pemerintah (Gastli & Charabi, 2010). Selain itu, dengan krisis ekonomi yang terjadi di seluruh dunia saat ini, analisis spasial energi surya yang tepat menjadi semakin penting karena investor mencari jaminan bahwa proyek energi terbarukan akan benar-benar menguntungkan (Gastli & Charabi, 2010). Informasi yang lebih baik berarti keputusan yang lebih cepat dan dapat menghemat uang, serta membawa sumber daya energi terbarukan ke dalam produksi lebih

cepat (Gastli & Charabi, 2010). Disisi lain, dengan kebijakan mengenai perubahan iklim semakin konkrit, ada kebutuhan yang meningkat untuk memasang pembangkit listrik menggunakan energi matahari. Maka perlu dilakukannya analisis spasial dalam memilih lokasi yang sesuai untuk memaksimalkan pembangkitan listrik dan meminimalkan kerusakan yang mungkin terjadi (Choi et al., 2019). Hasil analisis lokasi ini dapat membantu perusahaan panel surya, perusahaan energi, dan pembuat kebijakan memilih lokasi potensial untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga surya .

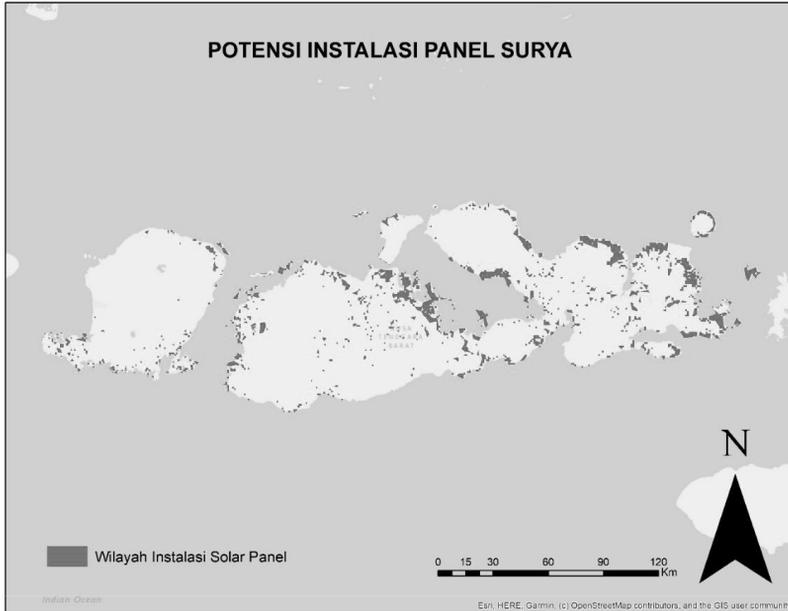
## 2. Teknik Analisis

Dalam menentukan lokasi instalasi panel surya, dalam tulisan ini menggunakan metode *The Boolean Overlay* dengan memperhatikan beberapa variabel, seperti jaringan jalan, penggunaan lahan, radiasi matahari, dan kawasan konservasi. *Boolean Overlay* hanya menentukan apakah suatu kondisi terpenuhi, dan menganalisis area yang sesuai yang memenuhi semua kondisi berdasarkan faktor-faktor yang telah dimasukkan sebelumnya (Choi et al., 2019). Dalam *Boolean Overlay* ini setiap faktor memiliki bobot yang sama sehingga hal ini berbeda dengan metode *weighted overlay* dimana antara faktor yang satu dengan faktor yang lain memiliki bobot yang berbeda (Choi et al., 2019).

**Tabel 1.** Faktor Penentu Lokasi Instalasi Panel Surya

| Faktor                          | Interpretasi  | Indikator  |
|---------------------------------|---|--|
| Jaringan Jalan                  | Dalam penentuan lokasi panel surya harus memperhatikan keberadaan jaringan jalan karena jaringan jalan berfungsi untuk pendistribusian panel surya serta berguna untuk akses masyarakat lokal ketika ingin melakukan pemeliharaan (Choi et al., 2019). Data ini didapatkan dari Badan Informasi Geospasial Indonesia  | Buffer jalan sejauh 5 Km   |
| Fotovoltaik (Radiasi Matahari)  | Faktor terpenting dalam instalasi panel surya adalah tingkat radiasi matahari di wilayah kajian (Choi et al., 2019). Data didapatkan dari <i>Solar GIS</i> .  | Tingkat Fotovoltaik  |
| Penutupan Lahan                 | Tulisan ini bertujuan untuk melakukan analisis potensi lokasi panle surya di kawasan rural, maka faktor penutupan lahan berguna untuk mengecualikan kawasan pertanian karena kawasan pertanian merupakan kawasan penting sebagai sumber penghidupan masyarakat rural/desa (Choi et al., 2019).. Selain itu, faktor penutupan lahan juga digunakan untuk mengecualikan lahan terbangun yang identik dengan kawasan urban. Data ini didapatkan dari <i>Sentinel-2 10m land cover time series</i> oleh <i>Esri</i> | Kelas Tutupan lahan yang mencakup :<br>A. Savana,<br>Belukar, Tanah Terbuka (3)<br>B. Rawa (2)<br>C. Hutan (1) |
| Kawasan Lindung atau Konservasi | Kawasan lindung atau konservasi merupakan kawasan yang dikecualikan dalam penentuan lokasi instalasi panel surya. Hal tersebut dikarenakan kawasan tersebut merupakan tempat hidup flora-fauna yang dilindungi, sehingga kawasan tersebut dilarang untuk dibangun panel surya (Choi et al., 2019).. Data ini didapatkan dari Badan Informasi Geospasial Indonesia   | Kawasan yang dikecualikan dalam penentuan lokasi instalasi panel surya.  |

### 3. Hasil



**Gambar 1.** Lokasi Potensial Instalasi Panel Surya Provinsi NTB

Berdasarkan empat faktor tadi yang sudah dijelaskan kemudian dilakukan metode analisis overlay melalui metode *Boolean Overlay* melalui *software* SIG, dimana faktor-faktor tersebut memiliki bobot yang sama. Berdasarkan hasil peta diatas ditemukan bahwa luas kawasan potensi instalasi panel surya lebih besar di Pulau Sumbawa dibandingkan dengan Pulau Lombok, dimana kawasan instalasi potensial di Pulau Lombok sebesar 16.579 Ha. Sedangkan untuk di Pulau Sumbawa dan pulau-pulau kecil disekitarnya memiliki luas potensi instalasi sebesar 151.579 Ha. Fakta tersebut sangat sesuai dimana kawasan Pulau Sumbawa memiliki karakteristik kawasan yang lebih rural seperti yang sudah dijelaskan pada bagian penutupan lahan dan jaringan lahan pada bagian sebelumnya.

#### 4. Diskusi dan Konklusi



Gambar 2. Potensi Pemanfaatan Panel Surya

Berdasarkan temuan hasil analisis yang ada di **3. Hasil** menunjukkan bahwa total luas wilayah potensial instalasi panel surya adalah sebesar 168.158 Ha. Lebih jauh, asumsi mengenai pemakaian daya listrik satu rumah adalah sebesar 109 kWh (Moles et al., 2008). Berdasarkan hal tersebut, jika diasumsikan pada tulisan ini bahwa tingkat fotovoltaik optimis sebesar 4.867 kWh/m<sup>2</sup> (Choi, 2019), serta asumsi luas sebuah rumah adalah sebesar 45 m<sup>2</sup>, maka potensi instalasi panel surya Provinsi Nusa Tenggara Barat adalah sebesar 166.855 rumah yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Dari temuan tersebut, jika diasumsikan bahwa satu rumah memiliki 4 anggota keluarga (Kurnianti et al., 2015), maka apabila dikaitkan dengan tulisan ini maka potensi instalasi panel surya tersebut dapat dirasakan manfaatnya oleh 667.420 penduduk di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lebih jauh, jika dilihat **Gambar 2.** menunjukkan bahwa luas wilayah yang dapat dimanfaatkan untuk instalasi panel surya adalah sebesar 8 % dari luas keseluruhan Provinsi Nusa Tenggara Barat. Disisi lain, penduduk yang berpotensi terdampak kebermanfaatannya dari panel surya ini adalah sebanyak 13 % dari seluruh total penduduk di Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Pada dasarnya perencanaan pengembangan panel surya perlu memperhatikan berbagai aspek, mulai dari aspek kebijakan politik, budaya, ekonomi, sosial, dan kondisi fisik wilayah. Dari 5 aspek tersebut, teknologi SIG hanya memfasilitasi aspek sosial dan fisik, faktor-faktor lain seperti potensi ekonomi, kebijakan politik, dan budaya perlu dikaji lebih mendalam sehingga perencanaan penentuan lokasi instalasi panel surya di Provinsi Nusa Tenggara Barat menjadi lebih konkrit

### Daftar Pustaka

- Choi, Y., Suh, J., & Kim, S. M. (2019). GIS-based solar radiation mapping, site evaluation, and potential assessment: A review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/app9091960>
- Gastli, A., & Charabi, Y. (2010). Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 790–797. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.08.018>
- Kurnianti, D. N., Rustiadi, E., & Baskoro, D. P. T. (2015). Land use projection for spatial plan consistency in Jabodetabek. *Indonesian Journal of Geography*, 47(2), 124–131. <https://doi.org/10.22146/ijg.9249>
- Moles, R., Foley, W., Morrissey, J., & O'Regan, B. (2008). Practical appraisal of sustainable development-Methodologies for sustainability measurement at settlement level. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(2–3), 144–165. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2007.06.003>

Artikel 11

## **Masa Depan Dunia Kerja Dibalik Masifnya Perkembangan Energi Baru Terbarukan**

Karya: Arya Wisnu Dwipangga

(Mahasiswa Universitas Sebelas Maret – UNS, Surakarta)

Email: aryapangga630@gmail.com

Penggunaan bahan bakar fosil telah banyak menyebabkan kerusakan baik itu untuk lingkungan, ekosistem alam, maupun iklim. Kita telah melihat dampak dari penggunaan bahan bakar fosil telah menyebabkan kerugian yang sangat besar di berbagai aspek kehidupan manusia. Eksploitasi berlebihan dengan kegiatan penambangan dan penyulingan dari berbagai bahan mineral pada kenyataannya memang memberikan lapangan pekerjaan yang besar untuk berbagai sektor. Dilema ini menyebabkan polarisasi yang saling bergantung antar aspek, yang menyebabkan penggunaan bahan bakar fosil masih masih digunakan. Dari berbagai kerugian yang di timbulkan akibat penggunaan bahan bakar fosil inilah kita dapat menguatkan argumen kita mengenai pentingnya transisi energi ke Energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan sebuah keniscayaan yang tidak dapat dihindari. Banyak artikel dan jurnal yang mengulas berbagai dampak dari penggunaan energi terbarukan. Salah satunya mengenai masa depan pekerjaan di balik masifnya tren energi terbarukan.

Berdasarkan Annual Review tahun 2021 yang berjudul “Renewable Energy and Jobs”, yang di terbitkan oleh International Renewable Energy Agency (IRENA) dan berkolaborasi dengan International Labour Organization (ILO), menunjukkan bahwa pandemi COVID-19 pada tahun 2020 tidak dapat memperlambat kemajuan energi terbarukan. Pada tahun tersebut pekerjaan di sektor energi terbarukan tumbuh menjadi 12 juta. Tantangan perubahan iklim yang meningkat pesat menjadi alasan yang memperkuat kebutuhan akan transisi energi yang adil dan inklusif menuju pasokan energi yang bersih, andal, dan ramah lingkungan. Masih menurut IRENA dalam World Energy Transitions

Outlook, akan terdapat 122 juta pekerjaan di sektor energi secara global pada tahun 2050, dimana 43 juta di antaranya akan berada dalam sektor energi terbarukan. Pada tahun 2050, Panel Surya Fotovoltaik akan menyediakan pekerjaan dengan porsi paling banyak sebesar 20 juta, kemudian diikuti oleh bioenergy, tenaga angin dan hydropower.

Pekerjaan energi terbarukan telah meningkat sejak laporan pekerjaan pertama IRENA pada tahun 2012 sampai saat ini. Panel Surya Fotovoltaik telah memimpin lapangan pekerjaan di sektor energi terbarukan ini dan menyumbang sekitar 4 juta pekerjaan pada saat Annual Report tersebut terbit. Bioenergi, tenaga air, dan energi angin masing-masing memperkejakan sekitar 3,5 juta orang untuk bioenergi, 2,2 juta orang untuk hydropower, dan 1,25 juta orang untuk energi angin. Tenaga kerja di sektor energi terbarukan ini masih di dominasi oleh laki-laki. Namun terdapat sekitar 32% didominasi oleh perempuan yang menunjukkan keseimbangan gender yang lebih baik di dibandingkan dengan industri minyak dan gas tradisional. Walaupun demikian, masih banyak yang harus di lakukan untuk memastikan bahwa industri ini dapat berjalan dengan keseimbangan gender yang baik.

Berdasarkan data base IRENA, China memimpin daftar pekerjaan paling banyak di bidang energi terbarukan berdasarkan tempat, kemudian diikuti oleh Uni Eropa, Brazil, Amerika Serikat, dan India. Dari berbagai data di atas, akan ada 4 sektor utama yang menjadi tulang punggung kemajuan perkembangan energi terbarukan khususnya untuk menopang kebutuhan tenaga kerja dimasa depan di industri energi yaitu Panel surya Fotovoltaik, bioenergi, tenaga angin, dan hydropower. Dari 4 sektor tersebut, Panel surya Fotovoltaik merupakan penyumbang terbesar bagi kebutuhan pekerja untuk saat ini di bidang energi terbarukan. Saat ini kita perlu mengoptimalkan berbagai sektor di energi terbarukan ini supaya terjadi polarisasi yang baik dan berkesinambungan supaya terjadi supermasi energi khususnya di bidang energi terbarukan ini.

Kesimpulan yang dapat di tarik dari masa depan pekerjaan di bidang energi terbarukan ini adalah bahwasannya kita tidak perlu khawatir dari potensi tumbuhnya bidang energi terbarukan ini dengan kebutuhan

pekerja, karena dengan bertumbuhnya bidang energi terbarukan ini akan berbanding lurus juga dengan tumbuhnya kebutuhan pekerjaan di bidang tersebut. Walaupun begitu kita juga perlu mengoptimalkan hal lain seperti regulasi, dukungan pemerintah, dukungan masyarakat dan berbagai industry pendukung lainnya, supaya terjadi optimalisasi dan keserasian antar sektor industri dan antar society. \*\*\*

Artikel 12

## **Dashter: Aplikasi Berbasis Smart Alarm System dan Machine Learning Untuk Deteksi Anomali Konsumsi Listrik dan Estimasi Potensial Sebagai Akselerasi Dalam Pencapaian Net Zero Emission Di Indonesia Tahun 2050**

Karya: Darell Liu Hermawan

(Mahasiswa Universitas Airlangga, Surabaya)

Email: iam2dael2@gmail.com

Hidup tanpa listrik sulit untuk dilakukan karena sebagian besar teknologi yang ditawarkan bergantung pada energi listrik. Listrik telah menawarkan berbagai kemudahan bagi manusia, seperti makanan, minuman, pencahayaan, transportasi, energi, hiburan, dan komunikasi. Masyarakat Indonesia memiliki kebutuhan yang sangat tinggi akan listrik. Hal ini dibuktikan oleh konsumsi listrik di Indonesia pada tahun 2021 sebesar 168,375 juta barel setara minyak (BOE), serta peningkatan konsumsi listrik di Indonesia sebesar 5,82%, jika dibandingkan pada tahun 2020 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2021). Data yang serupa memaparkan konsumsi listrik di Indonesia yang cenderung meningkat antara tahun 2011 hingga 2021. PT. PLN mengaku adanya tagihan listrik yang naik karena konsumsi listrik rumah tangga yang tinggi, sementara harga tarif listrik tidak meningkat. Pada kuartal pertama tahun 2020, PT. PLN mengalami kerugian yang besar hingga Rp38,8 triliun (Liputan6.com, 2020).

Berdasarkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2008), Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan yang sangat besar, diantaranya: *mini/micro hydro* sebesar 450 MW, biomassa 50 GW, energi surya 4,80 kWh/ <sup>2</sup>/hari, energi angin 3-6 /detik, dan energi nuklir 3 GW. Ironisnya, produksi energi listrik masih bergantung pada perusahaan asing. Hingga saat ini, sebagian besar produksi listrik masih bergantung pada batu bara, yang dibuktikan dengan PLTU sebagai kontributor pembangkitan listrik terbesar di Indonesia, yaitu sebesar 36,98 GW

(51,6%) (Katadata, 2022). Hal ini juga berakibat peningkatan emisi gas rumah kaca secara signifikan yang dapat memacu perubahan iklim. Selain itu, minat negara Indonesia terhadap teknologi berbasis sumber energi terbarukan sangat rendah karena teknologi tersebut relatif mahal dan dipakai di negara maju, seperti Timur Tengah dan Eropa. Masalah yang telah disebutkan menimbulkan keraguan masyarakat terhadap komitmen pemerintah Indonesia dalam mencapai SDG (*Sustainable Development Goals*) pada poin ke-7, yaitu “Menjamin Akses Energi yang Terjangkau, Andal, Berkelanjutan, dan Modern untuk Semua” (Katadata, 2022).

Beberapa solusi telah dikembangkan di Indonesia untuk menekan pengeluaran yang berlebihan dan mempercepat peralihan menuju penggunaan sumber energi terbarukan. Sebagai contoh, PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB) mengembangkan proyek berupa sistem yang diberi nama REMDO (*remote engineering, monitoring, diagnostic, and optimization*). Hal ini memungkinkan seluruh komponen pembangkit listrik terhubung secara *online* dan dapat menganalisis potensi masalah yang terjadi (PT. Pembangkitan Jawa Bali, 2019). Selain itu, PT. PLN mengimplementasikan *Digital Procurement* atau *e-Proc* untuk meningkatkan proses pengadaan yang semakin efektif dan efisien. Melalui fitur *machine learning* dan kecerdasan buatan, sarana *e-Proc* PLN meliputi lima fitur, yaitu *Market Intelligence*, *Demand Forecast*, *Spend Analytics*, *Cost Estimation*, dan *Tender Analytics* (Antara NTB, 2022).

Untuk mencapai visi *Net Zero Emission* di Indonesia tahun 2050, pemerintah harus lebih berusaha untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan secara masif (Handayani, dkk., 2022). Hingga saat ini, Indonesia belum menerapkan estimasi potensial untuk memaksimalkan penggunaan sumber energi terbarukan di Indonesia. Selain itu, diperlukan optimalisasi anggaran untuk konstruksi dan pengembangan teknologi berbasis sumber energi terbarukan (Lubis, 2007). Berdasarkan permasalahan di atas, penulis berinisiatif untuk memberikan solusi berupa aplikasi android berbasis *smart alarm system* dan *machine learning* yang dimanfaatkan untuk mendeteksi anomali pemakaian energi listrik dan estimasi potensial secara *real-time*. *Smart alarm system* memungkinkan pengguna mengendalikan

dan memonitor listrik yang dihasilkan pada bangunan dari jarak jauh melalui internet (Salman, dkk., 2019). Lebih lanjut, pengguna dapat mengaktifkan mode alarm dan mendapat notifikasi melalui aplikasi. Kemudian, fitur *machine learning* dimanfaatkan untuk merumuskan keputusan perusahaan yang berguna untuk optimalisasi biaya, tenaga, dan waktu (Ganapathi, dkk., 2009). Oleh karena itu, penulis mengusung gagasan yang berjudul DASHTER: Aplikasi Berbasis *Smart Alarm System* dan *Machine Learning* untuk Deteksi Anomali Konsumsi Listrik dan Energi Potensial sebagai Akselerasi dalam Pencapaian *Net Zero Emission* di Indonesia Tahun 2050.

DASHTER menyajikan dua fitur unggulan, antara lain *electricity-demand anomaly detection* dan *potential estimation*. Fitur *electricity-demand anomaly detection* digunakan untuk memonitor konsumsi listrik pada bangunan di Indonesia dan memberi notifikasi dan alarm kepada pengguna apabila konsumsi listrik dalam selang waktu tertentu tidak normal. Untuk merealisasikan fitur ini, dibutuhkan data jumlah listrik yang dihasilkan (dalam satuan kWh) pada beberapa bangunan. Realisasi fitur dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu strategi *supervised* dan strategi *unsupervised*. Dengan strategi *supervised*, data tersebut dikelompokkan terlebih dahulu berdasarkan bulan dan diolah menjadi data gambar berbasis *heatmap* menggunakan pemrosesan citra. Hasil olah data citra berbasis *heatmap* berupa jumlah listrik yang dihasilkan dapat dilihat pada Lampiran I. Kemudian, perancang model menggunakan *Convolutional Neural Network*, model jaringan saraf tiruan yang digunakan dalam klasifikasi gambar secara akurat, untuk membuat prediksi apakah gambar tersebut menunjukkan adanya abnormalitas pada energi yang dihasilkan di bangunan atau tidak (Wei, dkk., 2015). Melalui strategi ini, tenaga ahli bidang energi sangat dibutuhkan untuk memberi label pada gambar *heatmap* yang ditelaah diproses. Dengan demikian, strategi ini akan memberi prediksi apakah listrik yang dihasilkan pada bangunan tersebut normal atau tidak. Apabila produksi listrik tidak normal, maka dibutuhkan penanganan lebih lanjut pada lokasi.

Dengan strategi *unsupervised*, data mentah ditransformasikan

menggunakan *Fourier Transform* untuk memperoleh hasil ekstraksi fitur *time series*, lalu memproyeksikan fitur-fitur yang ada pada 2 dimensi menggunakan algoritma *Principal Component Analysis*, dan mengelompokkan beberapa bangunan berdasarkan tingkat abnormalitas pada energi yang dihasilkan dengan teknik *clustering* DBSCAN (Oprea, dkk., 2021). Pada strategi ini, tenaga *data scientist* dibutuhkan untuk memberikan visualisasi data dari hasil pemrosesan data menggunakan model, serta tenaga ahli bidang energi berperan untuk melakukan analisis terhadap hasil visualisasi data yang diproses oleh *data scientist*. Selanjutnya, teknisi akan memecahkan permasalahan yang ada pada suatu bangunan berdasarkan pengelompokkan bangunan menggunakan teknik *clustering* DBSCAN. Alur dari mekanisme fitur *electricity-demand anomaly detection* strategi *unsupervised* dapat dilihat pada Lampiran II. Algoritma DBSCAN mengelompokkan data berdasarkan ketetangaan dari radius yang diberikan sehingga optimalisasi dilakukan secara cepat dan optimal (Jordi, dkk., 2018). Hasil output dari algoritma DBSCAN dapat dilihat pada Lampiran III.

Fitur kedua dari aplikasi DASHTER adalah *potential estimation*. Pada fitur ini, dibutuhkan daftar variabel yang diperlukan untuk prediksi model. Sebagai contoh, variabel yang digunakan untuk estimasi potensial energi surya meliputi radiasi matahari, karakteristik geometri pada atap bangunan, penggunaan *shading*, dan lain-lain (Farooq dan Kumar, 2013). Kemudian, data pada setiap variabel dan informasi terkait pada beberapa wilayah akan dikumpulkan. Dari data dan informasi tersebut, peneliti melakukan ekstraksi contoh dan menambahkan label pada setiap contoh, serta menentukan fitur yang berguna untuk prediksi model. Selanjutnya, teknisi *machine learning* membuat model *Random Forest* untuk proses pelatihan dan pengujian dengan harapan dapat memprediksi potensial setiap variabel pada wilayah yang tidak diketahui. Algoritma *Random Forest* digunakan untuk ekstrapolasi data berdasarkan fitur yang dipakai, seperti data meteorologi dan koordinat titik wilayah, secara akurat, cepat, dan efektif (Wang, dkk., 2018). Langkah tersebut juga dapat digunakan untuk estimasi potensial geotermal, energi angin, energi air, dan energi biomassa di wilayah Indonesia.

Inisiasi pemerintah untuk mengurangi kadar  $\rho$  sangat signifikan, salah satunya adalah melalui penggunaan sumber energi terbarukan secara maksimal. Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan yang sangat baik, tetapi pemerintah memilih untuk mengimpor energi dari perusahaan asing. Permintaan listrik yang abnormal mempengaruhi biaya tarif listrik yang tinggi, yang mana dapat digunakan untuk investasi pemanfaatan sumber energi terbarukan di Indonesia. Maka dari itu, DASHTER hadir sebagai aplikasi android berbasis *smart alarm system* dan *machine learning* dengan fitur *electricity-demand anomaly detection* dan *potential estimation* yang dapat digunakan untuk mencapai *Net Zero Emission* di Indonesia tahun 2050. Pemerintah diharapkan dapat memberi perhatian lebih terhadap *big data* dan *artificial intelligence* untuk merumuskan keputusan secara bijak sekaligus membuka potensi lapangan pekerjaan di Indonesia secara luas.

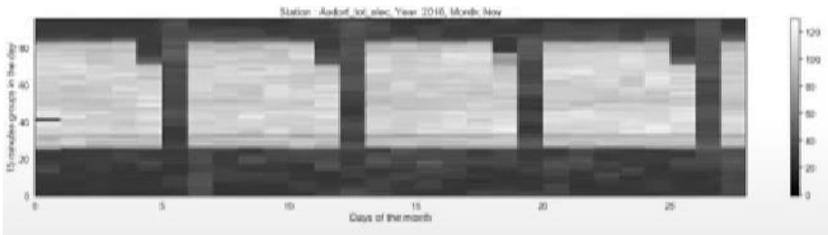
### Daftar Pustaka

- Antara NTB. Tingkatkan Efisiensi dan Transparansi, PLN Akselerasi Digitalisasi Pengadaan. 2 Februari 2022. Diakses dari <https://mataram.antaranews.com/berita/184753/tingkatkan-efisiensi-dan-transparansi-pln-akselerasi-digitalisasi-pengadaan>
- DataIndonesia.id. Berapa Konsumsi Listrik Indonesia pada 2021?, 26 September 2022. Diakses dari <https://dataindonesia.id/sector-riil/detail/berapa-konsumsi-listrik-indonesia-pada-2021>.
- Farooq, M. K., & Kumar, S. (2013). An assessment of renewable energy potential for electricity generation in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 240-254.
- Ganapathi, A., Datta, K., Fox, A., & Patterson, D. (2009, March). A case for machine learning to optimize multicore performance. In *First USENIX Workshop on Hot Topics in Parallelism (HotPar'09)*.
- Handayani, K., Anugrah, P., Goembira, F., Overland, I., Suryadi, B., & Swandaru, A. (2022). Moving beyond the NDCs: ASEAN

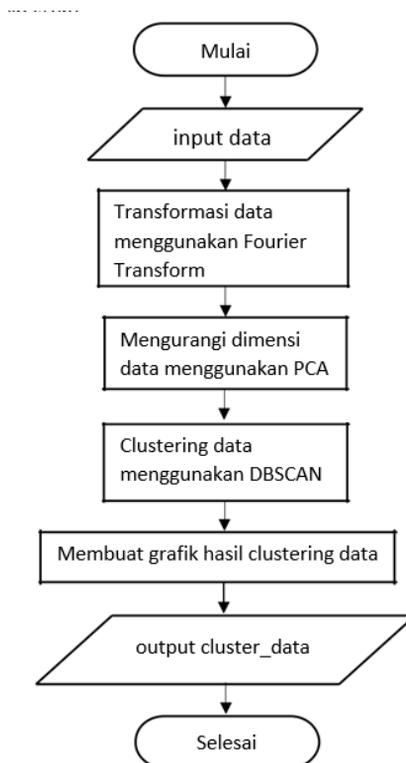
- pathways to a net-zero emissions power sector in 2050. *Applied Energy*, 311, 118580.
- Yulianto, J. D., Arianto, R., & Siswipraptini, P. C. (2018). *Deteksi Anomali Data Pemakaian Listrik Pelanggan PT. PLN (Persero) Area Tanjung Karang Menggunakan Metode DBSCAN* (Doctoral dissertation, INSTITUT TEKNOLOGI PLN).
- Katadata. Emisi Gas Rumah Kaca RI Paling Banyak dari Sektor Energi. 11 Agustus 2022. Diakses dari <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/08/11/emisi-gas-rumah-kaca-ri-paling-banyak-dari-sektor-energi>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2009). Master Plan Pembangunan Ketenaga Listrik.
- Liputan6.com, PLN Beberkan Penyebab Utama Tagihan Listrik Membengkak 16 Juni 2020. Diakses dari <https://www.liputan6.com/bisnis/read/4280720/pln-beberkan-penyebab-utama-tagihan-listrik-membengkak>.
- Lubis, A. (2007). Energi terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(2).
- Oprea, S. V., Bâra, A., Puican, F. C., & Radu, I. C. (2021). Anomaly detection with machine learning algorithms and big data in electricity consumption. *Sustainability*, 13(19), 10963.
- PT. Pembangunan Jawa dan Bali. (2019). iCore: Keandalan dan Efisiensi Berbasis Industri 4.0 (Ed. 113). Surabaya: Info PJB. Diakses dari <https://www.ptpjb.com/wp-content/uploads/2019/08/Edisi113.pdf>
- Salman, A. D., Khalaf, O. I., & Abdulsahib, G. M. (2019). An adaptive intelligent alarm system for wireless sensor network. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 15(1), 142-147.
- Wang, Z., Wang, Y., Zeng, R., Srinivasan, R. S., & Ahrentzen, S. (2018). Random Forest based hourly building energy prediction. *Energy and Buildings*, 171, 11-25.
- Wei, D., Zhou, B., Torrabla, A., & Freeman, W., 2015, Understanding intra-class knowledge inside CNN.

## LAMPIRAN

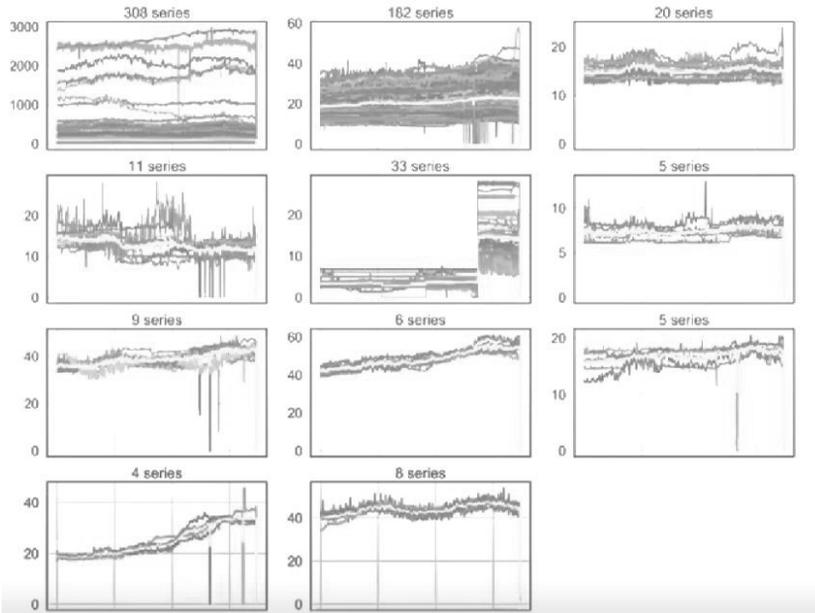
**Lampiran I.** Contoh data pemrosesan citra berupa jumlah listrik yang digunakan.



**Lampiran II.** *Flowchart* mekanisme fitur *electricity-demand anomaly detection* strategi *unsupervised*.



**Lampiran III.** Hasil output dari algoritma *clustering* jumlah listrik yang dihasilkan menggunakan DBSCAN.



Artikel 13

## **Inovasi Biofotovoltaik Berbasis Mikroalga Untuk Gedung Operasional Industri PT Djarum Demi Mewujudkan Net Zero Carbon Energy Di Kabupaten Kudus**

Karya: Fitra Ari Aditya

(Mahasiswa Universitas Diponegoro, Semarang)

Email: ariaditya826@gmail.com

### **Pendahuluan**

Indonesia adalah salah satu negara ekonomi yang bertumpu pada sektor industri. Sektor industri besar maupun UMKM milik Indonesia telah banyak menyumbang hampir 80% pendapatan negara. Menurut data Kementerian Perindustrian RI (2022), sektor industri Indonesia pada tahun ini naik 4,83%. Data pertumbuhan terbesar sektor industri ini adalah Industri logam sebanyak 20,16%; mesin dan perlengkapan sebanyak 17,67%; peralatan listrik sebanyak 12,56%; angkutan umum sebanyak 10,26%; dan manufaktur sebanyak 5,72%. Berbagai sektor Industri besar Indonesia ini sebagian terpusat di Pulau Jawa yang memiliki kantor utama berupa gedung-gedung tinggi. Beberapa provinsi di Pulau Jawa yang memiliki perkantoran pusat industri dengan gedung-gedung tinggi salah satunya yaitu Jawa Tengah. Sektor industri pengolahan menjadi mesin utama penyokong perindustrian di Jawa Tengah dengan presentase pertumbuhan 34,31%. Industri-industri ini memiliki ruang-ruang kantor pusat yang digunakan sebagai tempat utama pengoperasian dan pengaturan. Gedung-gedung ini tersebar di setiap daerah yang ada di Jawa Tengah (Yesiana dkk., 2022). Salah satunya kabupaten yang memiliki gedung dan kantor sentral sektor Industri di Jawa Tengah adalah Kabupaten Kudus.

Kabupaten Kudus adalah salah satu daerah sentral perindustrian yang memiliki letak strategis perdagangan nasional sehingga banyak berdiri gedung-gedung perkantoran pengoperasian industri. Terdapat lebih dari 4000 ruangan kantor pengoperasian industri di Kabupaten

Kudus. Gedung-gedung sentra industri ini menggunakan listrik tenaga fosil yang dialirkan melalui pembangkit listrik PLN (Purbasari, 2017). Ada 92,6% gedung pengoperasian industri yang menggunakan tenaga fosil dengan rincian rata-rata pengeluaran biaya listrik per bulan sebanyak 17.800.000. Penggunaan listrik berbahan bakar fosil untuk gedung pengoperasian industri banyak mengeluarkan karbon dari sistem pengoperasian mesin seperti eskalator dan penerangan (Mulyani & Hartono, 2018). Menurut Veromita & Aminata (2019), hampir 77,4%-80,5% daya listrik yang digunakan dalam kantor sentral industri di Kabupaten Kudus untuk menggerakkan mesin dan menhidupkan penerangan. Penggunaan bahan bakar fosil untuk gedung pengoperasian industri dapat mencemari lingkungan dan berdampak buruk untuk masa depan.

Penggunaan listrik berbahan bakar fosil meningkat untuk kebutuhan gedung pengoperasian industri menjadi faktor yang mempercepat kelangkaan sumber daya fosil di alam. Menurut Xu dkk. (2020), untuk penggunaan gedung operasional industri atau kantor sentral rata-rata menggunakan unit batubara dengan nilai kalori 5752 kKal/kg dengan unit operasi beban maksimal 419 MW dengan spesifikasi konsumsi 0,3996 kg/kWh. Unit batubara tersebut banyak menggunakan batubara jenis *Sub Bituminous* dan *Bituminous*. Hal ini menyebabkan eksplorasi yang berlebihan terhadap keberadaan batubara yang juga menyebabkan permasalahan kerusakan lingkungan secara fisik dan kimiawi serta habisnya bahan bakar fosil di bumi (Finkelman dkk., 2021).

Dampak yang dapat ditimbulkan dari penggunaan listrik berbahan bakar fosil untuk sektor industri sangat berbahaya bagi lingkungan. Penggunaan energi fosil untuk bidang industri dapat menghasilkan 3 kali lipat lebih banyak karbondioksida daripada penggunaan listrik dalam pemakaian wajar di dalam rumah. Gas karbon yang dikeluarkan oleh gedung pengoperasian industri dapat menyebabkan gas rumah kaca yang lebih cepat (Hunt dkk., 2020). Menurut Ali dkk. (2020), gedung-gedung tinggi seperti pabrik dan perkantoran menjadi faktor utama pengumpulan emisi karbon lebih cepat ke udara sehingga menyebabkan terjadinya efek rumah kaca. Tinggi gedung yang menjulang ke atas

menyebabkan jarak antara atmosfer dengan gedung menjadi lebih dekat sehingga banyak emisi karbon yang naik ke atas atmosfer daripada menuju ke bumi. Menurut Renneth dkk. (2022), kenaikan emisi karbon di atmosfer menyebabkan bertambahnya konsentrasi karbondioksida sebanyak 378 ppm pada tahun 2005. Beberapa dampak yang pernah dirasakan oleh Kabupaten Kudus akibat efek rumah kaca dan global warming yaitu gagal panen padi pada tahun 2018 karena suhu di daerah persawahan naik yang menyebabkan beberapa sumber mata air mengering. Dampak lain akibat akumulasi karbondioksida di Kabupaten Kudus pada tahun 2019 yang menyebabkan penyerapan oksigen di perairan terganggu sehingga banyak ikan air tawar di sungai dan budidaya tambak mati (Haryanti dkk., 2022).

Salah satu solusi yang pernah dilakukan oleh pemerintah Kabupaten Kudus untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan pembentukan peraturan pembentukan ruang hijau terbuka kantor dan pabrik serta penghijauan di beberapa tempat. Pembentukan aturan mengenai ruang hijau perkantoran, pabrik, dan lainnya menjadi salah satu solusi yang dapat mengurangi emisi karbon yang ditimbulkan oleh sistem operasional listrik. Namun, solusi ini memiliki kendala karena tidak semua kantor operasional industri memiliki lahan yang luas untuk membentuk ruang hijau terbuka. Selain itu, belum ada gerakan secara masif untuk mengubah listrik dari fosil ke EBT sehingga masih banyak gedung-gedung operasional yang menghasilkan gas emisi karbon saat penggunaan energi listrik (Yesiana dkk., 2022). Untuk itu dibutuhkan inovasi energi listrik baru yang dapat menghasilkan listrik dan mengurangi emisi karbon.

Berdasarkan permasalahan di atas dibutuhkan solusi EBT yang dapat menjadi sumber energi listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi karbon untuk mewujudkan net zero emission di Indonesia. Oleh karena itu, saya sebagai pemuda yang berkontribusi pada misi tersebut menawarkan gagasan "Inovasi Biofotovoltaik Berbasis Mikroalga Untuk Gedung Operasional Industri PT. Djarum Demi Mewujudkan *Net Zero Carbon Energy* di Kabupaten Kudus". Biofotovoltaik berbasis mikroalga adalah salah satu solusi inovatif untuk menghasilkan listrik berbasis

CSUS dan mengurangi emisi karbon. Penggunaan mikroalga sebagai biofotovoltaik memanfaatkan tempat gedung operasional PT. Djarum sebagai tempat pembuatan, percobaan, dan pengaplikasian. Desain gedung operasional utama dan belakang PT. Djarum dapat dilihat pada **Gambar**

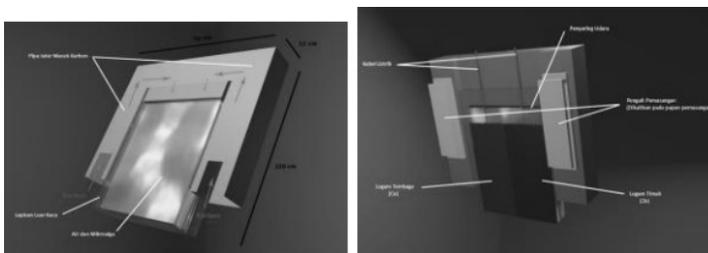
Alasan dipilihnya gedung operasional PT. Djarum karena memiliki halaman dan gedung yang cukup luas dan tinggi sehingga mikroalga dalam mendapat cahaya matahari untuk berfotosintesis.



Gambar 1. Gagasan Pembuatan Biofotovoltaik PT. Djarum

## ISI

Keberlangsungan pengaplikasian biofotovoltaik mikroalga di PT. Djarum dibutuhkan desain posisi arah dan peletakan biofotovoltaik terhadap cahaya, konsep bentuk fotobioreaktor, serta pembeda jalur elektron dan hasil metabolit mikroalga untuk mendukung efisiensi energi. Desain pendukung dapat dilihat pada **Lampiran 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 2. Desain Fotobioreaktor dan Jalur Pembeda

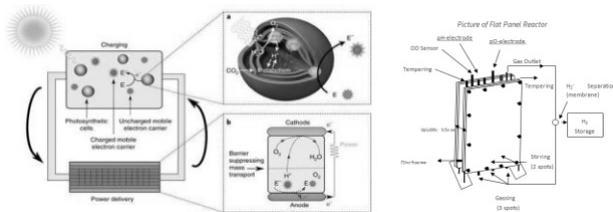
Konsep pembuatan biofotovoltaik mikroalga di PT. Djarum dibedakan menjadi beberapa tahapan yaitu tahapan persiapan (*prepare*), peninjauan lapangan (*field review*), pembuatan (*manufacture*), perakitan (*assembly*), pengujian dan pemeriksaan (*testing and inspection*), pengaplikasian (*implementation*), dan pengelolaan (*management*). Konsep pembuatan ini mengintegrasikan dengan teknologi modern yang dikendalikan oleh *Internet of Things* (IoT) dan *green environment* atau teknologi minim emisi.

Proses persiapan (*prepare*) dan peninjauan lapangan (*field review*) memiliki beberapa kegiatan untuk mendukung keberlangsungan kegiatan selanjutnya. Proses persiapan dilakukan dengan menyiapkan proposal perizinan dan pengajuan dana kepada pemerintah dan PT. Djarum untuk disetujui. Proses persiapan juga memberikan ruang gerak dalam menyiapkan bahan yang dibutuhkan untuk membuat biofotovoltaik mikroalga. Tahap peninjauan lapangan digunakan untuk mengetahui kondisi, struktur, dan topografi bangunan gedung operasional PT. Djarum sehingga mengetahui kemungkinan pembuatan dan peletakan fotobioreaktor.

Proses pembuatan (*manufacture*) dan perakitan (*assembly*) struktur panel mikroalga dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu bagian luar dan bagian dalam.

Bagian luar terdiri dari lapisan pelindung yang terbuat dari kaca sehingga memungkinkan masuknya cahaya matahari ke dalam panel mikroalga. Jenis kaca yang digunakan dalam panel ini yaitu toughened glass karena tingkat ketahanannya yang tinggi terhadap kerusakan akibat pecah dan cuaca ekstrim. Diantara kedua sisi lapisan pelindung, terdapat saluran yang tersambung ke sisi bagian atas panel sebagai jalur masuknya karbon. Gas karbon yang masuk kemudian akan melalui proses penyaringan oleh penyaring atau filter yang terpasang pada bagian sisi atas panel dengan ukuran mesh 100 untuk menghindari terjadinya kontaminasi terhadap bagian dalam panel. Bagian dalam panel terdiri dari air, mikroalga, dan logam yang menempel pada alas bagian dalam panel. Berdasarkan prinsip elektrolisis, elektron yang dihasilkan dapat membentuk energi listrik apabila direaksikan dengan

logam mulia, sehingga digunakan logam jenis tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang merupakan logam elektroda terkuat. Prinsip elektrolisis pada biofotovoltaik mikroalga dapat dilihat pada **Gambar 3**. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan menuju listrik rumah melalui kabel yang tersambung dari logam menuju energy storage yang kemudian disalurkan menuju alat-alat elektronik untuk dapat langsung digunakan.



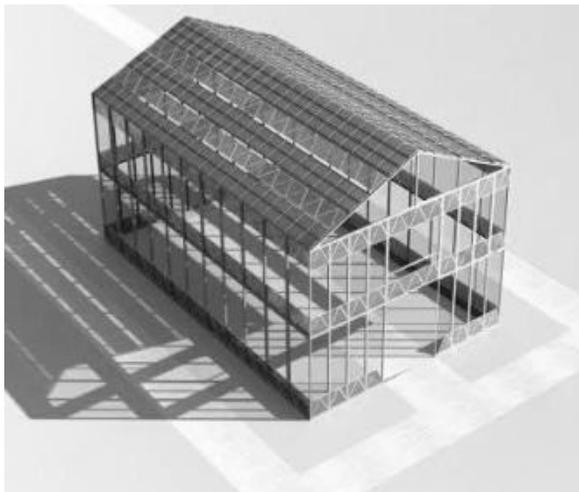
Gambar 3. Prinsip Elektrolisis pada Biofotovoltaik Mikroalga

Tahapan pengujian dan pemeriksaan fotobioreaktor mikroalga sebagai CSUS biofotovoltaik dilakukan dengan menguji hasil kerja dan efisiensi energi listrik yang dihasilkan oleh mikroalga. Menurut Fong dkk. (2020), efisiensi energi listrik BPV yang menggunakan mikroalga di dalam botol kaca dapat bertambah apabila dalam lempeng anoda diselipkan besi orbital PDMS yang mengatur jalur transfer elektron dari air di fotobioreaktor dengan *circuit system* penyalur energi listrik. Sementara itu, menurut Bombelli dkk. (2012), penggunaan PDMS pada BPVS (*Bio-Fotovoltaic System*) mikroalga dalam tabung reaksi dapat meningkatkan akurasi efisiensi energi listrik sebesar 88,6%-92%.

Hasil biofotovoltaik mikroalga menggunakan fotobioreaktor dengan sumber bahan yang direduksi emisi karbon di atmosfer sehingga dihasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas karbon. Hasil penelitian Iglina dkk. (2022), bahwa dalam satu petak kolam alga bervolume 1m<sup>3</sup> dapat menyerap CO<sub>2</sub> di lingkungan sebesar 6%-12% dalam 21 hari. Menurut Fong dkk. (2020), biofotovoltaik mikroalga botol bervolume 8 cm<sup>3</sup> dapat menghasilkan tegangan 1,1-1,3 voltase listrik dalam 5-10 menit. Kapasitas energi listrik yang dihasilkan oleh biofotovoltaik mikroalga berdasarkan tinjauan pustaka dapat dilihat

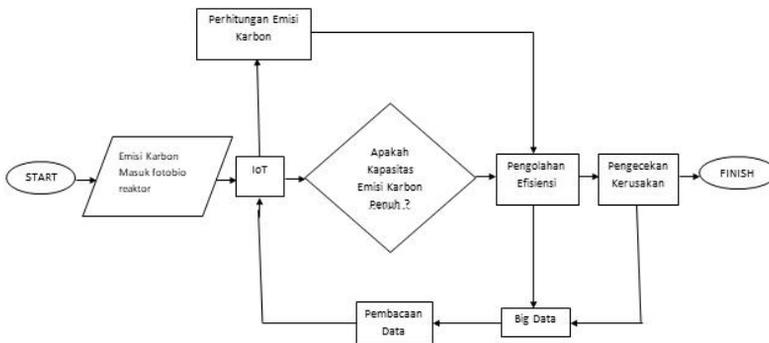
pada **Lampiran 2**. Biofotovoltaik mikroalga yang berada di gedung operasional PT. Djarum dengan ketinggian lebih 15 meter akan dapat menyerap karbondioksida di atmosfer dan dikonversikan menjadi energi listrik yang ramah lingkungan dan bebas karbon melalui jalur fotosintesis. Pengujian dan hasil yang diperoleh tetap, maka dapat diaplikasikan dan dikelola secara langsung.

Tahapan pengaplikasian (*implementation*) dan pengelolaan (*management*) biofotovoltaik alga harus sesuai dengan arah datangnya matahari dan efisiensi energi listrik. Pengaplikasian biofotovoltaik mikroalga di dinding kaca gedung operasional PT. Djarum dapat menerapkan aturan pemasangan tegak lurus dengan bidang dan disusun memutar di seluruh gedung. Pemasangan pada bagian atap dapat dilakukan sisi kanan dan kiri atap untuk mendapatkan energi listrik yang cukup besar. Pemasangan ini dapat dilihat pada **Gambar 4**. Untuk pengelolaan biofotovoltaik mikroalga didasarkan pada kepentingan dan kebutuhan pihak PT. Djarum dalam upaya menyongsong misi net zero carbon sehingga dibutuhkan *continuity* dan *sustainability*.



Gambar 4. Design Pemasangan Biofotovoltaik Mikroalga pada Gedung Operasional PT. Djarum

Bagian terpenting dari pengelolaan biofotovoltaik mikroalga di gedung operasional PT. Djarum ini adalah *continuity* dan *sustainability*. Artinya sistem biofotovoltaik yang diintegrasikan dengan *Internet of Things* (IoT) memastikan bahwa mikroalga dapat menghasilkan listrik secara tetap dan konstan agar menjaga efisiensi tenaga listrik yang dihasilkan per hari. *Internet of Things* juga akan memantau serapan emisi karbon yang masuk ke dalam fotobioreaktor dalam setiap waktu yang diatur secara berkala. Hal ini memungkinkan untuk mengestimasi pembentukan tenaga listrik terhadap penyerapan emisi gas karbon beserta dampak positif pemakaian terhadap lingkungan dan suplai listrik.



Gambar 5. Flowchart Continuity dan Sustainability Biofotovoltaik Mikroalga

Pengolahan *big data* biofotovoltaik mikroalga yang dihasilkan juga menggunakan konsep *Internet of Things* (IoT). Pengolahan big data ini terdiri dari pendataan karbon, kapasitas tenaga listrik, kontrol biofotovoltaik, dan *output* keadaan mikroalga setiap harinya. IoT ini akan diintegrasikan dengan *Big Data* untuk dianalisis secara statistik dengan parameter yang ada setiap harinya apakah efisiensi energi listrik yang dihasilkan oleh biofotovoltaik mampu memberikan kontribusi suplai listrik dan apakah perlu perbaikan kerusakan. Untuk sistem kerja IoT lebih detail dapat dilihat pada **Lampiran 3**.



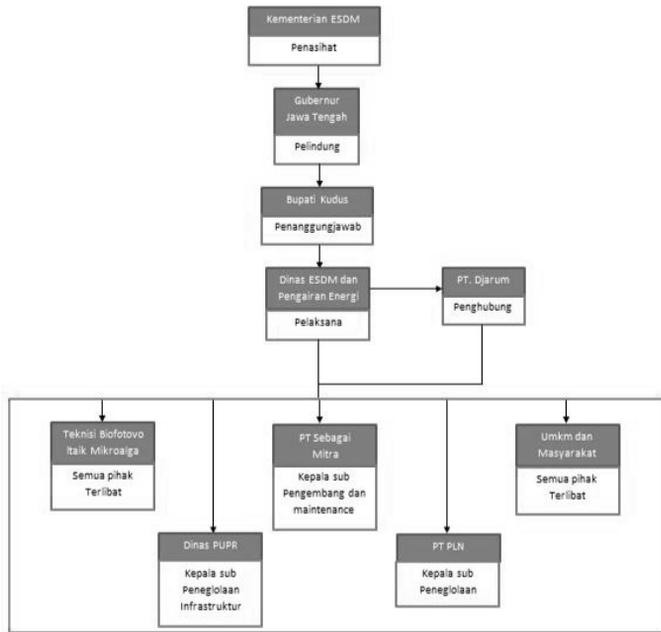
Gambar 6. IoT pada Biofotovoltaik Mikroalga di Gedung

#### Operasional PT. Djarum

Berdasarkan analisis *Strength, Weakness, Opportunity, dan Threats* (SWOT) pada **Lampiran 4** bahwa biofotovoltaik memiliki kekuatan, kelemahan, peluang, dan kesempatan yang bisa dimanfaatkan dan diperbaiki. Kekuatan dan peluang terbesar yang didapatkan dengan menggunakan biofotovoltaik mikroalga yaitu dapat digunakan sumber listrik yang tidak pernah habis dan bebas karbon serta membuka peluang pekerjaan. Kelemahan dan ancaman dapat diatasi dengan sosialisasi publik, pelatihan teknisi, dan pendekatan regulasi pemerintah dengan industri secara cepat dan tepat.

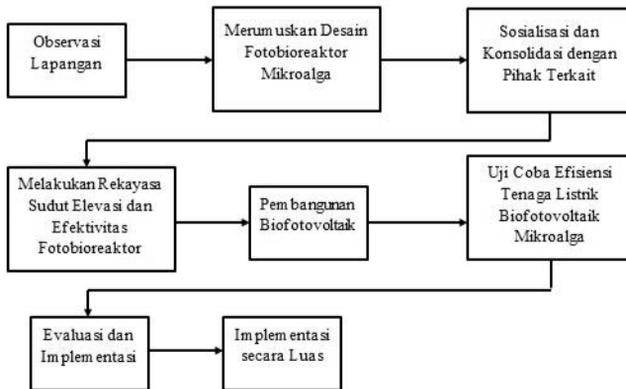
Berdasarkan analisis **Lampiran 5** biaya investasi awal yang dibutuhkan untuk membuat biofotovoltaik mikroalga di gedung operasional PT. Djarum terdiri dari biaya investasi awal dan operasional. Biaya investasi awal terdiri dari satu set infrastruktur dasar, infrastruktur utama, truk pengangkut, pengadaan set design, dan pengadaan perangkat IoT dengan total biaya Rp. 6.110.000. Biaya operasional terdiri dari gaji teknisi, pengembangan sistem, maintenance truk, dan aktivitas komunikasi dengan total biaya Rp. 49.250.000. Total semua biaya yang dibutuhkan untuk membuat biofotovoltaik mikroalga yang diletakkan di gedung operasional PT. Djarum sebesar Rp. 55.360.000.

Implementasi biofotovoltaik mikroalga secara luas pada gedung-gedung lain di sektor industri Kabupaten Kudus dapat dilakukan dengan kolaborasi antara *stakeholder* yang ada. *Stakeholder* untuk implementasi gagasan ini yaitu pemerintah daerah, PT. Djarum, industri mitra, dan teknisi yang cocok untuk menangani biofotovoltaik mikroalga.



Gambar 7. Stakeholder Penerapan Biofotovoltaik Mikroalga

Implementasi biofotovoltaik mikroalga secara luas juga memiliki strategi. Strategi ini digunakan untuk mewujudkan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan bebas karbon secara luas dan tepat. Strategi ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Strategi Implementasi Biofotovoltaik Secara Luas

Apabila gagasan ini tercapai maka akan memberikan dampak sistemik positif secara luas yaitu berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi mengenai pemanfaatan alga sebagai biofotovoltaik listrik alami yang dapat mengurangi emisi karbon dengan mengkonversi emisi tersebut menjadi listrik. Secara teknis biofotovoltaik mikroalga dapat memberikan dampak positif yang luas bagi bidang-bidang lain. Secara ekonomi, biofotovoltaik mikroalga dapat mengurangi beban pembiayaan listrik berbahan bakar fosil yang diperkirakan harganya naik di setiap pergantian tahun. Analisis kehematan penggunaan biofotovoltaik mikroalga dapat menekan pengeluaran 4 kali lipat daripada listrik yang berbahan bakar fosil.

Biofotovoltaik berbasis mikroalga dapat diimplementasikan dengan baik dalam 15 tahun apabila mendapat dukungan penuh oleh pemerintah pusat dan pemerintah daerah dalam hal pembuatan kebijakan, perizinan, maupun pembuatan rencana; adanya komitmen perusahaan pengembang, peneliti dan teknisi yang membantu dalam penganggaran dana, penelitian dan pengembangan proyek; menghimpun dukungan dari masyarakat luas untuk ikut serta berpartisipasi dalam gagasan ini. Gagasan ini perlu evaluasi dan monitoring secara berkelanjutan demi perbaikan program yang telah dijalankan.

## PENUTUP

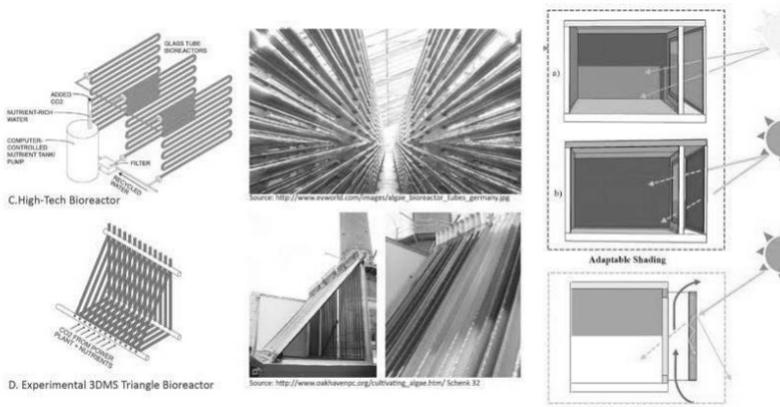
Biofotovoltaik berbasis mikroalga dapat menjadi terobosan baru bagi PT. Djarum, pemerintah, dan masyarakat untuk memperoleh energi terbarukan yang murah dan ramah lingkungan. Selain itu, biofotovoltaik berbasis mikroalga menggunakan sumber emisi karbon di atmosfer yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui proses fotosintesis yang menghasilkan proton dan elektron. Cara ini dapat mengurangi emisi karbon di atmosfer sehingga dapat memperbaiki keadaan lingkungan bumi dan iklim untuk mencapai *Net Zero Emission*. Inovasi ini diharapkan dapat digunakan secara luas oleh masyarakat dan mendapat dukungan dari pemerintah sehingga pembangunan berkelanjutan dengan misi energi rendah karbon dapat tercapai di tahun 2030.

## DAFTAR PUSTAKA

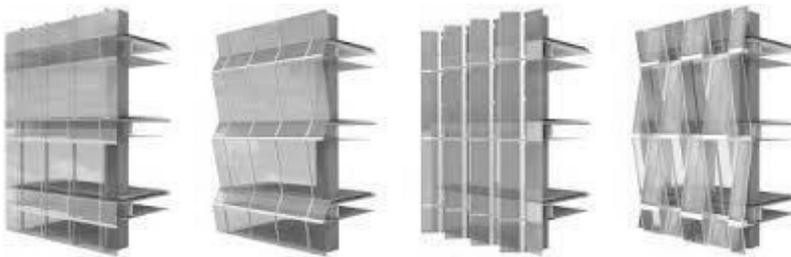
- Ali, K. A., Ahmad, M. I., & Yusup, Y. (2020). Issues, Impacts, and Mitigations of Carbon Dioxide Emissions in the Building Sector. *Environmental Technology Division*, 12(18): 1-11.
- Bombelli, P., Zorruouti, M., Thorne, R. J., Schneider, K.,..., & Cormick, A. J. (2012). Surface Morphology and Surface Energy of Anode Materials Influence Power Outputs in a Multi-Channel Mediatorless Bio-Photovoltaic (BPV) System. *Physics Chemistry*, 14: 12221-12229.
- Finkelman, B. R., Wolfe, A., & Hendryx, M. S. (2021). The Future Environmental and Health Impacts of Coal. *Energy Geoscience*, 2: 99-112.
- Fong, L. N., Phang, S. M., Iwamoto, M., Manaka, T., Thong, C. H.,..., & Fisher, A. C. (2020). Algal Biophotovoltaic Devices: Surface Potential Studies. *Sustainable Chemistry Engineering*, 1: 1-10.
- Haryanti, N., Tohawi, A., & Purnomo, M. W. (2022). Dampak Global Warming Terhadap Perekonomian Petani Kabupaten Kudus. *Jurnal Dinamika Ekonomi Syariah*, 9(2): 168-183.

- Hunt, N. D., Liebman, M., Takrar, S. K., & Hill, J. D. (2020). Fossil Energy Use, Climate Change Impacts, and Air Quality-Related Human Health Damages of Conventional and Diversified Cropping Systems. *Environmental Science Technology*, 54(18): 11002-11014.
- Iglina, T., Iglin, P., & Pashchenko, D. (2022). Industrial CO<sub>2</sub> Capture by Algae: A Review and Recent Advances. *Sustainability*, 14: 1-26.
- Mulyani, D., & Hartono, D. (2018). Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial terhadap Permintaan Listrik di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 11(1): 1-7.
- Purbasari, I. (2017). Dinamika Pembangunan Masyarakat Kudus Berkonteks Sejarah Industri dan Budaya Lokal. *Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 11(1): 68-79.
- Renneth, K., Errickson, F., Prest, B. C., Rennels, L., Newell, R. G.,..., & Anthoff, D. (2022). Comprehensive Evidence Implies a Higher Social Cost of CO<sub>2</sub>. *Nature*, 610: 687-700.
- Veromita & Aminata, J. (2019). Analisis Permintaan Listrik di Jawa Tengah 2014-2016. *Diponegoro Journal of Economics*, 1(1): 95-107.
- Xu, Y., Yang, K., Zhou, J., & Zhao, G. (2020). Coal-Biomass Co-Firing Power Generation Technology: Current Status, Challenges and Policy Implications. *Sustainability*, 12: 1-18.
- Yesiana, R., Astuti, K. D., Setyowati, N., Pardcipta, J. S., Lillah, I. R. I., & Pradana, G. A. (2022). Peranan Investasi terhadap Penyerapan Tenaga Kerja di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 16(1), 7-14.

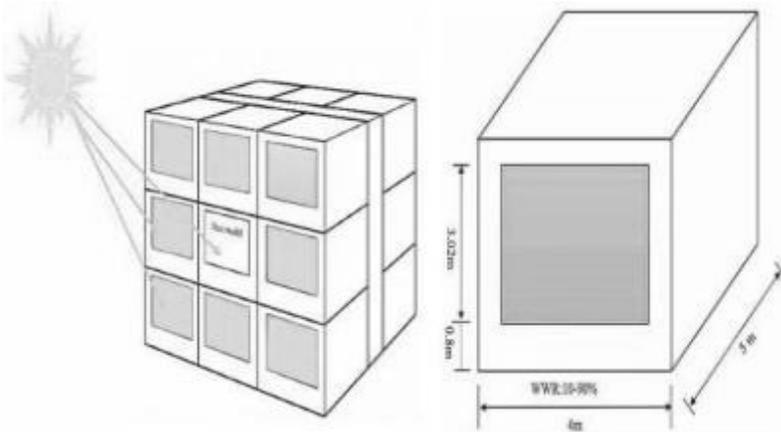
## Lampiran 1. Desain Pendukung Biofotovoltaik Mikroalga



Gambaran arah dan posisi fotobioreaktor



Gambaran tipe peletakan fotobioreaktor



Gambaran konsep ukuran biofotovoltaik mikroalga

## Lampiran 2. Estimasi Kapasitas Listrik yang Dihasilkan Biofotovoltaik

Perhitungan kapasitas listrik didasarkan pada estimasi terhadap literatur Fong dkk. (2020) yaitu:

2.1 Volume yang digunakan penelitian yaitu botol dengan kapasitas  $8\text{cm}^3$

- Karbon masuk : 0,04 ppm
- Emisi lainnya (metana) : 0,002 ppm
- Total emisi : 0,042 ppm

Asumsi emisi lainnya dijelaskan bahwa selain karbondioksida yang masuk terdapat senyawa gas turunan karbon. Jadi dalam  $1\text{ cm}^3$  volume karbon yang masuk 0,00525 ppm.

2.2 Potensi energi listrik yang dapat dihasilkan oleh  $8\text{cm}^3$  mikroalga dalam botol diestimasi dengan perhitungan elektron yang dihasilkan oleh klorofil

- Rumus perhitungan

$$E = h\nu$$

$$= \frac{hc}{\lambda}$$

E = energi foton  
 h = konstanta plank  
 v = frekuensi lama penyinaran  
 c = kecepatan cahaya

- Hasil perhitungan

$$E = hv$$
$$E = 6,626 \times 10^{-34} \times 300$$
$$E = 1987,6 \times 10^{-34} \text{ Js}$$
$$E = 1,2134 \text{ mV}$$

Konstanta plank  $6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} = 4,136 \times 10^{-34} \text{ eVs}$  yang disinari cahaya matahari selama 5 menit atau 300 detik dihasilkan 1,2 V (pembulatan), Kapasitas listrik akan selalu naik secara bertahap yang diikuti dengan regenerasi jumlah mikroalga semakin banyak. Perangkat BPV naik 100 mV dalam hari ke-1 percobaan, Hari ke-2 sebesar 280 mV, dan stabil pada hari ke-3, ke-4, dan ke-5 yaitu 250 mV.

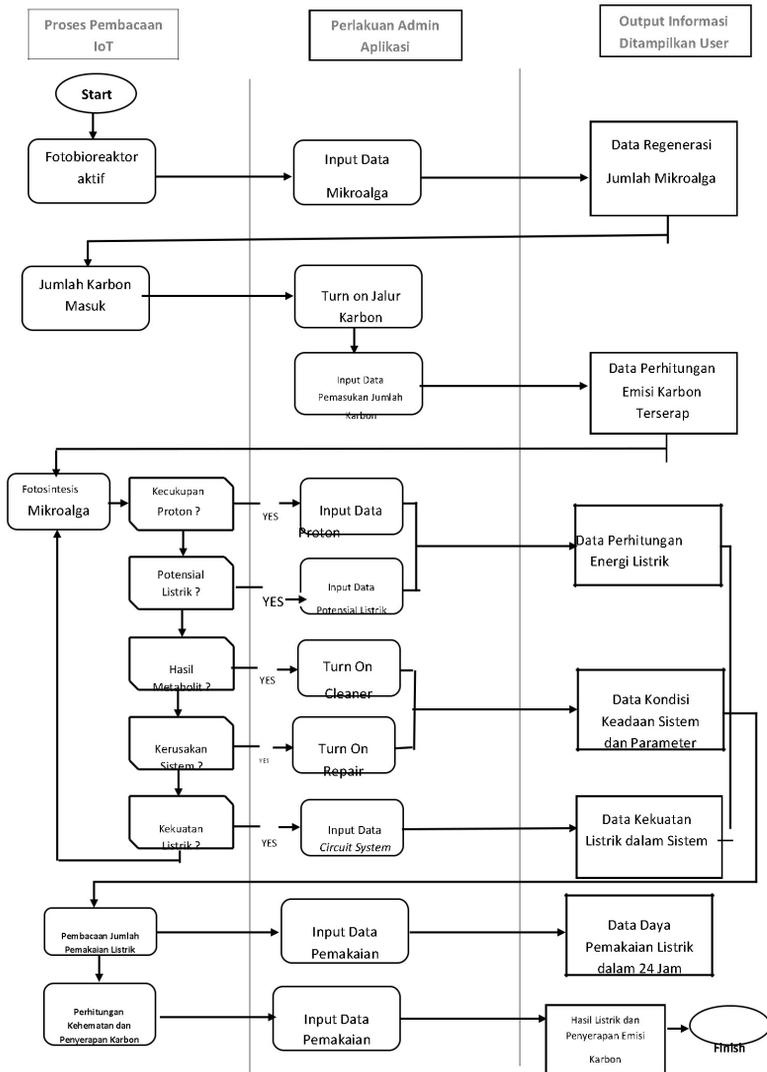
### 2.3 Estimasi energi listrik yang dihasilkan oleh Biofotovoltaik berbasis fotobioreaktor mikroalga melalui pendekatan literatur

- Berdasarkan gagasan ukuran satu fotobioreaktor berbentuk persegi panjang 3 m  $\times$  0,05m  $\times$  2,02m yang dapat menampung 0,303 m<sup>3</sup> atau 303.000 cm<sup>3</sup> mikroalga.
- Estimasi emisi karbon yang masuk ke dalam satu fotobioreaktor yaitu 1,59075 ppm
- Penarikan estimasi literatur bahwa dalam 1 cm<sup>3</sup> mikroalga dapat menghasilkan 0,151675 mV, maka perhitungan estimasi potensi listrik gagasan satu biofotovoltaik mikroalga milik PT. Djarum dengan fotobioreaktor dalam 5 menit yaitu

$$E = \text{volume alga} \times \text{satuan potensi per } 1\text{cm}^3$$
$$E = 303.000 \times 0,151675$$
$$E = 45,957 \text{ mV}$$

Jadi estimasi perhitungan potensi listrik yang dihasilkan oleh satu biofotovoltaik mikroalga kemungkinan sebesar 45,957 mV atau 46 mV (pembulatan) dalam waktu 5 menit pemakaian.

### Lampiran 3. Mekanisme IoT



**Lampiran 4. Analisis SWOT Biofotovoltaik Mikroalga**

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <p><i>Strenghts</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Digunakan sebagai sumber listrik yang tidak pernah habis</li> <li>- Dapat memperbanyak diri atau regenerasi (terbaharukan)</li> <li>- Menyerap emisi karbon dan bebas dari gas buang</li> <li>- Independen dari PLN atau genset</li> <li>- Murah, tahan lama</li> <li>- Jaringan mudah dirangkai</li> <li>- Tidak memerlukan tempat yang luas</li> </ul>   | <p><i>Weakness</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teknologinya masih berkembang</li> <li>- Memerlukan teknisi khusus</li> <li>- Banyak masyarakat yang masih awam</li> <li>- Minim dukungan pemerintah</li> </ul>   |
| <p><i>Opportunity</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hemat biaya dan kuantitas energi mencukupi</li> <li>- Lebih murah dari migas</li> <li>- Power lebih besar daripada EBT lain</li> <li>- Dapat membuka lapangan pekerjaan</li> </ul> <p><i>Threats</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terbatas didaerah sub-tropis</li> <li>- Kompetisi pasar masih kurang</li> <li>- Belum ada regulasi pemerintah</li> </ul> | <p><i>SO Strategy</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengembangkan efisiensi biofotovoltaik menjadi lebih besar untuk menciptakan tenaga yang lebih besar</li> <li>- Memanfaatkan pengembangan kedepannya dengan IoT yang lebih lengkap</li> </ul> <p><i>ST Strategy</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan pendekatan secara masif dan terarah kepada pemerintah</li> <li>- Mengembangkan ide-ide baru terkait listrik dari mikroalga diberbagai tempat</li> </ul> | <p><i>WO Strategy</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan kerjasama dengan pihak-pihak terkait non pemerintah</li> <li>- Sosialisasi publik secara masif dan konstan</li> </ul> <p><i>ST Strategy</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan pendekatan secara masif dan terarah kepada pemerintah</li> <li>- Mengembangkan ide-ide baru terkait listrik dari mikroalga diberbagai tempat</li> </ul> |

**Lampiran 5. Analisis Biaya Biofotovoltaik Mikroalga**

## Investasi Awal

| Pengadaan                      | Harga Per Unit (Rp) | Jumlah | Total (Rp)       |
|--------------------------------|---------------------|--------|------------------|
| Satu set infrastruktur dasar   | 1.000.000           | 1      | 1.000.000        |
| Infrastruktur utama            | 1.500.000           | 1      | 1.500.000        |
| Truk pengangkut alat dan bahan | 105.000             | 2      | 210.000          |
| Pengadaan set design           | 1.200.000           | 1      | 1.200.000        |
| Pengadaan perangkat IoT        | 2.200.000           | 1      | 2.200.000        |
| <b>Total</b>                   |                     |        | <b>6.110.000</b> |

## Biaya Operasional

| Pengadaan                            | Harga per Unit (Rp) | Jumlah | Total (Rp)        |
|--------------------------------------|---------------------|--------|-------------------|
| Gaji Teknisi                         | 1.300.000           | 20     | 26.000.000        |
| Pengembangan IoT                     | 1.750.000           | 3      | 5.250.000         |
| Pengembangan Design                  | 1.625.000           | 2      | 3.250.000         |
| Maintenance set Truk dan alat bahan  | 1.200.000           | 1      | 1.200.000         |
| Pengembangan sistem perangkat        | 2.450.000           | 3      | 7.350.000         |
| Aktivitas komunikasi dan sosialisasi | 1.240.000           | 5      | 6.200.000         |
| <b>Total</b>                         |                     |        | <b>49.250.000</b> |

## Lampiran 6. Cek Plagiasi Via Turnitin

The screenshot shows the Turnitin Match Overview interface for a document titled "INOVASI BIOFOTOVOLTAIK BER...". The overall match rate is 3%. The interface includes a sidebar with navigation icons and a main content area displaying the document's title, author (Fitra Ari Aditya), and a list of sources with their respective match percentages.

| Rank | Source                                     | Match Percentage |
|------|--|------------------|
| 1    | kkn.undip.ac.id<br>Internet Source         | 1%               |
| 2    | jurnal.poliupg.ac.id<br>Internet Source    | <1%              |
| 3    | dedepermana.blogspot...<br>Internet Source | <1%              |
| 4    | ferirozak.wordpress.com<br>Internet Source | <1%              |
| 5    | kontekstual.com<br>Internet Source         | <1%              |
| 6    | media.neliti.com<br>Internet Source        | <1%              |
| 7    | wargamuda.com<br>Internet Source           | <1%              |

The document preview on the right shows the title "INOVASI BIOFOTOVOLTAIK BERBASIS MIKROALGA UNTUK GEDUNG OPERASIONAL INDUSTRI PT. SUDARMO DEMAM MEMPOTIFIKAN NPT 2020" and the author "Fitra Ari Aditya". It also displays the logo of Universitas Diponegoro Semarang.

Artikel 14

## **Pembuatan Briket Dari Limbah Tanaman Kopi Desa Sempajaya, Kabupaten Karo**

Karya: Intan Permata Sari Purba & Fauzan Erlangga

(Mahasiswa Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara)

Email: permatasariurbaintan6@gmail.com

### **Latar Belakang**

Bahan bakar berasal dari fosil terus mengalami penurunan, sehingga mempengaruhi ketersediaan bahan bakar fosil di seluruh dunia. WEO (*World Energy Outlook*) 2021 menyatakan bahwa kebutuhan energi dunia mengalami peningkatan sebesar 4% setelah keadaan kembali normal, akibat reaksi dari aktivitas yang telah seperti normal (*pre-pandemic activity*). Kebutuhan energi akan mengalami peningkatan hingga 2030 (*World Energy Outlook*, 2021).

Salah satu bahan bakar alternatif yang banyak diperbincangkan yaitu yang berasal dari biomassa, salah satunya adalah briket atau biasa disebutkan dengan bioarang. Menurut data dari Data Indonesia Energi *Outlook* (2002) bahwa cadangan yang dimiliki biomassa berkisar 434.000 Giga Watt, setara 255 juta *barrel* minyak bumi (Wahyu, 2018).

Briket adalah arang, tetapi tidak seperti arang pada umumnya yang hanya terbuat dari kayu, briket terbuat dari bahan organik yang diarangkan. Pengertian dari briket sendiri adalah bahan bakar alternatif berupa arang tetapi berasal dari bahan kayu.

Bahan pengikat (*binder*) dibutuhkan dengan tujuan pembentukan ikatan antara partikel. Penambahan bahan pengikat dapat meningkatkan kekuatan dari briket sendiri, beberapa macam pengikat yang umumnya digunakan dalam pembuatan briket yakni pengikat organik dan anorganik, beberapa klasifikasi yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan *binder* yang akan digunakan sebagai pengikat, yakni adalah kesesuaian antara *binder* dengan bahan yang akan diikat, kemampuan *binder* untuk meningkatkan sifat dari briket, kemudahan untuk memperoleh *binder*, dan biaya dari *binder*.

Pembuatan briket merupakan salah satu langkah dalam rangkaian proses penanganan limbah yang meliputi pengumpulan, penyimpanan, dan pengangkutan, juga termasuk hal penyortiran, penggilingan serta pengeringan (Asri dan Ragil, 2018).

Desa Sempajaya merupakan sebuah desa kecil di pinggiran Kota Berastagi yang didiami kurang lebih 700 keluarga dan berjarak  $\pm$  2 Km dari Kota Berastagi. Sebagian masyarakat desa ini berprofesi sebagai petani. Hasil alam dari desa ini berupa tanaman muda dengan usia panen kurang dari 45 hari.

Limbah organik hasil pertanian maupun perkebunan di Desa Sempajaya sangatlah berlimpah dan belum dikelola dengan maksimal. Dengan demikian, limbah organik memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan bakar berupa briket atau bioarang. Pemanfaatan briket sangatlah banyak, salah satunya yaitu dapat digunakan untuk membuat pembangkit listrik tenaga uap. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan atau pemanfaatan briket sangatlah penting dalam dunia industri maupun pada kehidupan sehari-hari.

Limbah organik adalah limbah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat *biodegradable*. Berdasarkan kadar airnya, jenis limbah organik dapat dibagi menjadi dua macam yaitu limbah organik basah dan limbah organik kering. Limbah organik basah dimaksudkan limbah yang mempunyai kandungan air yang cukup tinggi, contohnya kulit buah dan sisa sayuran. Limbah organik basah mudah mengalami kebusukan. Sedangkan, limbah organik kering adalah limbah yang mempunyai kandungan air rendah, contohnya kayu, ranting dan daun kering. Limbah organik kering lebih memiliki jangka waktu yang lama untuk mengalami kebusukan.

Berdasarkan uraian diatas, briket yang terbuat dari limbah organik menjadi salah satu potensi unggul yang dapat dikembangkan guna meningkatkan perekonomian masyarakat desa khususnya Desa Sempajaya agar menjadi desa yang mandiri dan maju secara ekonomi. Selain itu, dengan komoditas seperti briket ini, membantu masyarakat dalam mengatasi krisis energi sehingga diperlukan energi alternatif untuk dapat mensubstitusi bahan bakar fosil seperti batubara. Dengan

demikian, masyarakat Desa Sempajaya mampu menjadi salah satu desa yang dapat melakukan pengolahan limbah organik menjadi bahan bakar berupa bioarang/briket.

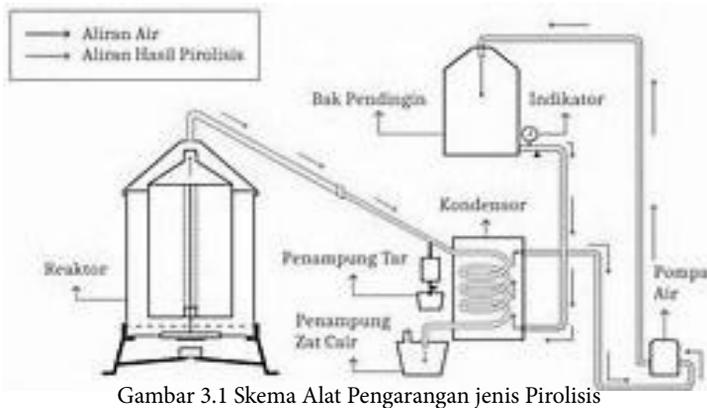
Tabel 1. Penelitian Terdahulu

| No. | Nama Peneliti  | Judul Penelitian   | Metode Penelitian/<br>Kondisi Operasi                    | Hasil penelitian yang diperoleh  |
|-----|--|--|--|--|
| 1.  | Masthura, Abdul Halim Daulay, Haryu Wanda Desgira.     | Pengaruh Variasi Perekat Terhadap Nilai Kalor Briket dari Serbuk Daun Teh          | Metode Karbonisasi dengan suhu 200 C dengan waktu 1 jam. | Diperoleh briket dengan komposisi 70% serbuk daun teh dan 30% perekat <i>molasses</i> dengan nilai kalor terbaik untuk skala rumah tangga mendekati SNI sebesar 112,86 kal/gram. |
| 2.  | Safira Fausta Ramadhani, Muhammad Jundi Utama, Ariani. | Pembuatan Biobriket dari Limbah Kopi dan Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif | Metode Karbonisasi dengan suhu 500 C.                    | Hasil terbaik diperoleh dengan komposisi 50% Ampas kopi dan 50% sekam padi, dengan pernyataan semakin besar komposisi kopi semakin naik nilai kalor.                             |

|    |                                     |  |  |   |
|----|-------------------------------------|--|--|---|
| 3. | Agung Sugiharto, Indah Dwi Lestari  | Briket Campuran Ampas Tebu dan Sekam Padi Menggunakan Karbonisasi Konvensional Sebagai Energi Alternatif | Metode Karbonisasi, pengeringan pada suhu 100 C dengan waktu 30 menit.   | Briket ampas tebu dengan variasi massa bahan 2:3 memiliki nilai kalor terbaik sebesar 6844,396 kal/gram.  |
| 4. | Hidro Andriyono, Prantasi Tjahjanti | Analisa Nilai Kalor Briket dari Campuran Ampas Tebu dan Biji Buah Kepuh                                  | Metode pembakaran, dengan memvariasikan komposisi ampas tebu : biji buah kepuh yaitu 100 gr : 30 gr, 100 gr : 40 gr, 100 gr : 50 gr, dengan pembakaran selama 10 menit | Nilai kalor tertinggi 5528 kal/gr untuk komposisi 100 gr : 50 gr, termal yang tertinggi selama pembakaran 10 menit adalah pada jenis B50 yaitu 742°C, briket jenis B50 merupakan hasil yang terbaik dan dilakukan pengujian proximate diperoleh persentase kadar air 4,94 %, kadar zat yang menguap 52,23 %, kadar abu 8,73%, dan fixed karbon 34,10% |

|    |   |   |  |   |
|----|---|---|--|---|
| 5. | Unggul<br>Raya<br>Pratama,<br>Suwandi,<br>Ahmad<br>Qurthobi | Pengaruh Suhu Sintesis Terhadap Nilai Kalor Briket Ampas Kopi | Metode Karbonisasi, sampel ampas kopi tanpa suhu sintesis dan 80% sisanya akan dijadikan sampel ampas kopi dengan pemberian suhu sintesis. Variasi suhu sintesis yang diberikan pada sampel ampas kopi adalah 100°C, 150°C, 200°C dan 250°C. Proses pemberian suhu sintesis berlangsung selama 60 menit. | Diperoleh perlakuan terbaik pada suhu sintesis 250°C menghasilkan nilai kalor sebesar 6603 kal/g pada pengujian kalorimeter bom. Sedangkan dari kelima jenis kondisi bahan baku briket ampas kopi pada pengujian kompor gasifikasi, hasil terbaik diperoleh pada perlakuan suhu sintesis 250°C menghasilkan nilai kalor sebesar 2683 kal/g. |
|----|---|---|--|---|

|           |  |   |  |  |
|-----------|--|---|--|--|
| <p>6.</p> | <p>Erza Anggara Verbiawan, Erwan Adi Saputro</p> | <p>Briket Dari Limbah Organik Wortel Sebagai Upaya Pengolahan Limbah Industri Desa Giripurno, Kecamatan Bumiaji</p> | <p>Pengolahan dan pembuatan briket dilakukan dengan menghaluskan limbah wortel dan dijemur untuk pengeringan dibawah sinar matahari kurang lebih 2-3 hari kemudian dilakukan pemanasan dengan metode sangrai hingga berubah menjadi arang. Kemudian arang wortel yang masih kasar dilakukan proses screening dengan ayakan untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam dan dilakukan pengukuran massa arang wortel. Setelah itu, dilakukan pemanasan campuran tepung tapioka dengan air sebagai bahan perekat lalu dicampurkan dengan arang wortel dengan komposisi arang dan bahan perekat sebesar 4:1</p> | <p>Hasil uji dari proses kegiatan pembuatan briket wortel ini menunjukkan bahwa briket wortel memiliki kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat secara keseluruhan masih dibawah standar SNI briket arang sehingga diperlukan treatment dan percobaan lebih lanjut untuk mendapatkan hasil briket yang lebih optimal dan dapat memenuhi standar SNI.</p> |
|-----------|--|---|--|--|



Gambar 3.1 Skema Alat Pengarangan jenis Pirolisis

Prosedur pembuatan briket menggunakan bahan baku limbah organik berupa kayu, ranting kopi, dan daun kering adalah sebagai berikut.

Bahan baku yang disiapkan adalah limbah organik yang berasal dari Desa Sempajaya yang kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama  $\pm 3$  hari hingga benar-benar kering. Sebelum dilakukan pengarangan, limbah organik yang sudah kering dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil. Hal ini bertujuan agar mempercepat proses pengarangan, mudah dihaluskan, dan menghasilkan volume pengarangan yang lebih banyak.

Proses pengarangan dilakukan dengan pembakaran pada variasi temperatur  $250^{\circ}\text{C}$ ,  $300^{\circ}\text{C}$  dan  $350^{\circ}\text{C}$  dan variasi waktu selama 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Bara arang yang telah jadi dituangkan di atas permukaan plat, kemudian dibiarkan hingga asap dan panas menghilang. Selanjutnya, arang dihaluskan dengan penggiling sampai halus dan diayak menggunakan ayakan  $150\text{ mesh}$  agar mendapatkan ukuran serbuk yang halus.

Hasil ayakan kemudian dicampur dengan perekat. Setelah dilakukan pencampuran antara bahan baku dan perekat, lalu dicetak menggunakan pencetak briket. Kemudian ditimbang agar mendapatkan berat awal dari briket dan dikeringkan ke dalam oven dengan temperatur

100-110°C selama beberapa waktu hingga beratnya konstan. Hal ini bertujuan agar didapatkan kadar air sesuai SNI yaitu 8%. Sehingga ketika briket dinyalakan, didapatkan api yang bagus, cepat menyala dan tidak berasap.

### **Prosedur Pengujian Briket**

Sebanyak  $\pm 1$  gram sampel ditimbang dalam cawan yang sebelumnya telah dikeringkan dengan suhu 100-110°C selama 30 menit agar cawan benar-benar dalam keadaan kering. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam oven, lalu dipanaskan pada suhu 100-110°C selama  $\pm 1$  jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang, serta dilakukan pengeringan hingga berat sampel konstan dengan maksimal 0,002 gram.

Briket yang sudah ditimbang  $\pm 1$  gram dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut sebagai bom dan dibenamkan ke dalam air. Prinsip kerja *Bomb calorimeter* adalah membakar sampel biomassa dan mengukur efek pembakarannya. Pada metode ini oksigen diatur serta dialirkan ke bejana secara kontinu pada debit tertentu selama proses pembakaran dengan menjaga tekanan tetap konstan sehingga perubahan energi di dalamnya sama dengan perubahan entalpinya.

Kerapatan pada umumnya dinyatakan dalam perbandingan berat dan volume, yaitu dengan cara menimbang dan mengukur volume dalam keadaan udara kering.

Laju pembakaran briket dihitung dengan cara berat briket yang telah dinyalakan dibagi dengan waktu pembakaran sampai briket habis terbakar atau menjadi abu.

Pengukuran kuat tekan mekanik dilakukan dengan menggunakan alat *Force gauge*.

Perhitungan persentase kadar abu (*ash content*) briket bioarang menggunakan standar ASTM D-3174-12 .

Perhitungan persentase kadar zat yang menguap (*volatile matter*) yang terkandung di dalam briket menggunakan standar ASTM D-3175-11. \*\*\*

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriyono, H., & Tjahjanti, P. H. 2016. *Analisa Nilai Kalor Briket dari Campuran Ampas Tebu dan Biji Buah Kepuh*. Research Report, 483-490.
- Arifin, Z., dkk. 2018. *Pengaruh Perikat Pembuatan Briket Limbah Kayu Sengon Terhadap Kerapatan, Kadar Air, dan Nilai Kalor*. Madiun: Universitas Merdeka Madiun
- Asri, Sarwi, and Ragil T. Indrawati. 2018. *Pengaruh Bentuk Briket Terhadap Efektivitas Laju Pembakaran*. Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ 5.3: 338-341.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Briket Arang Kayu*, Jakarta: Dewan Standarisasi Nasional.
- Bazenet, R.A, dkk. 2021. *Pengaruh Kadar Perikat Terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Kayu Karet (Hevea brasiliensis Muell. Arg)*. Lampung: UNILA.
- Ernanda, Yovie., dkk. 2021. *Pengolahan Limbah Organik Menjadi Arang Untuk Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Kelurahan Kwala Bekala Kecamatan Medan Johor*. Medan: Jurnal Liaison Academia and Society (J-LAS).
- H. Nurlaeli. 2019. *Pengenalan Pupuk Organik Cair Limbah Pasar Tradisional Sebagai Media Tumbuh Rumpun Setaria (Setaria sphacelata) di Kelurahan Mersi, Purwokerto Utara J*. Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat, vol. 8, no. 1, pp. 29-34.
- Kusumawati, S., Puspita S., Vidhiastutik Y., & Elly Rustanty. *Hubungan Mengkonsumsi Kopi dengan Hipertensi pada Pralansia di Desa Tambar Kecamatan Tanjogoroto Kabupaten Jombang*. Media Pendidikan Keperawatan, 1(3), pp. 55-65.
- Masthura, M., Daulay, A. H., & Desgira, H. W. 2022. *Pengaruh Variasi Perikat Terhadap Nilai Kalor Briket Dari Serbuk Daun Teh*. JISTech (Journal of Islamic Science and Technology), 7(1).
- Manyuchi, M., dkk. 2018. *Value Addition of Coal Fines and Sawdust to Briquettes Using Molasses as a Binder*. Johannesburg: University of Johannesburg.

- N. Fitri. 2017. *Pembuatan Briket dari Campuran Kulit Kopi (Coffee Arabica) dan Serbuk Gergaji dengan Menggunakan Getah Pinus (Pinus Merkusii) sebagai Perekat*. Skripsi, UIN Alauddin Makassar.
- Nurhilal, O dan Sri Suryaningsih. 2018. *Pengaruh Komposisi Campuran Sabut dan Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kalor Biobriket dengan Perekat Molasses*. Bandung: Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika (JIIF).
- Nuwa dan Prihanika. 2018. *Tepung Tapioka Sebagai Perekat dalam Pembuatan Arang Briket*. Palangka Raya: Universitas Palangka Raya.
- Pratama, U. R., Suwandi, S., & Qurthobi, A. 2021. *Pengaruh Suhu Sintesis Terhadap Nilai Kalor Briket Ampas Kopi*. eProceedings of Engineering, 8(2).
- Ramadhani, S. F., Utama, M. J., & Ariani, A. 2021. *Pembuatan Biobriket Dari Limbah Kopi Dan Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Distilat: Jurnal Teknologi Separasi, 7(2), 210-217.
- Rahayu, D dan Yudi Sukmomo. 2013. *Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Organik Pasar Berdasarkan Karakteristiknya*. Gunung Kelua: Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan.
- Santoso, D., Yanto J., Ali F., dan Ihsan Riady. *Pembuatan Biobriket Sebagai Bahan Bakar Alternatif Untuk Pengolahan Limbah Tanaman Kopi di Desa Karang Tanding Kecamatan Jarai Kabupaten Lahat*. Palembang: Jurnal Sunnat Pengabdian Community, 3(2), 47-53.
- Septiani, S dan Eka Septiani. 2015. *Peningkatan Mutu Briket dari Sampah Organik dengan Penambahan Minyak Jelantah dan Plastik High Density Polyethylene (HDPE)*. Jakarta: Jurnal Kimia Valensi.
- Sugiharto, A dan Indah D.L. 2021. *Briket Campuran Ampas Tebu dan Sekam Padi Menggunakan Karbonisasi Secara Konvensional Sebagai Energi Alternatif*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Turiel, A. 2022. *The energy crisis in the world today: analysis of the World Energy Outlook 2021*.

- Verbiawan, E. A., & Saputro, E. A. 2022. *Briket Dari Limbah Organik Wortel Sebagai Upaya Pengolahan Limbah Industri Desa Giripurno, Kecamatan Bumiaji*. Komatika: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 2(1), 17-22.
- Wahyu, H. 2018. *Karakteristik Biobriket Cangkang Biji Karet (Havea Brasiliensis) Menggunakan Variasi Jenis Bahan Perekat*. (Doctoral dissertation, Teknik Pertanian).

Artikel 15

## **Target Net Zero Emission: Perlunya Kebijakan Yang Didukung Oleh Komitmen Politik dan Dukungan Institusi Keuangan**

Karya: Ketut Redita

(Mahasiswa Accounting, Universitas Prasetiya Mulya, Jakarta)

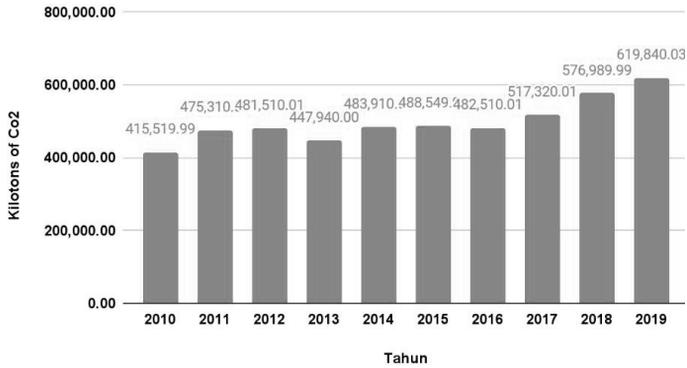
Email: ketutredita87@gmail.com

### Latar Belakang

Perubahan iklim mempengaruhi kehidupan di bumi. Dampak negatif dari perubahan iklim mulai dirasakan oleh masyarakat. Contohnya petani di Gunung Slamet, Jawa Tengah gagal melakukan panen sayur karena kenaikan suhu (Fajar, 2016). Sedangkan petani cabai di Riau dan petani kopi di Bengkulu gagal panen karena terendam banjir akibat intensitas hujan yang terlalu tinggi (SPI, 2017). Hal ini menunjukkan iklim mempengaruhi produksi pangan (Julismin, 2013). Selain itu, nelayan di Surabaya menyatakan bahwa kondisi cuaca yang tidak menentu membuat tangkapan ikannya berkurang (Riski, 2017). Fenomena cuaca yang tidak menentu ini akibat perubahan iklim yang mulai dirasakan oleh masyarakat Indonesia bahkan juga dunia. Lebih lanjut perubahan iklim dan polusi udara juga mempengaruhi kesehatan anak dan perempuan hamil. Perubahan iklim ekstrim dan polusi udara akan menyebabkan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan janin, bayi, dan anak seperti penyakit alergi, kardiovaskular, dermatologist, gangguan kekebalan, infeksi, malnutrisi dan stunting, kesehatan mental, penyakit metabolik dan ginjal, gangguan perkembangan saraf, penyakit pernafasan, dan trauma (Perera & Nadeau, 2022).

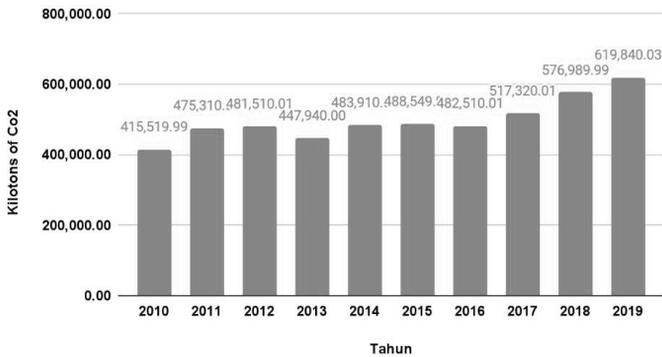
Perubahan iklim dan polusi udara disebabkan oleh emisi gas rumah kaca seperti gas karbon dioksida yang merupakan penghasil emisi tertinggi. Indonesia sedang mengalami masalah perubahan iklim dan polusi udara yang serius mengingat terjadi peningkatan pada emisi gas rumah kaca dan emisi karbon (CO<sub>2</sub>). Berikut ini adalah grafik yang memperlihatkan perkembangan emisi gas rumah dan emisi karbon di Indonesia.

**Grafik 1. 2 Perkembangan Emisi Karbon di Indonesia**



Sumber : macrotrends.

**Grafik 1. 2 Perkembangan Emisi Karbon di Indonesia**



Sumber : macrotrends

Pada kedua grafik di atas terlihat bahwa baik emisi gas rumah kaca dan emisi karbon di Indonesia meningkat dari waktu ke waktu. Tahun 2019 emisi gas rumah kaca di Indonesia tembus menjadi 1.002.370 kilotons CO2 equivalent. Sebagai unsur utama penyumbang emisi gas rumah kaca, emisi karbon di tahun 2019 meningkat menjadi 619.840,03 kilotons. Intensitas karbon di Indonesia juga masih tinggi yaitu 623 GCO2eq/KWh tahun 2021 (Ember Climate, 2022). Untuk mengatasi

masalah ini, kita perlu memetakan sektor yang menyumbang emisi gas rumah kaca terbanyak. Berdasarkan sumbernya, sektor energi menjadi penyumbang emisi gas rumah kaca tertinggi mencapai 638,8 juta ton CO<sub>2</sub> equivalent pada tahun 2019 menurut Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK), dan Monitoring, Pelaporan, dan Verifikasi (MPV) oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Kondisi ini tidak lepas dari penggunaan batu bara yang masih tinggi. Indonesia menempati urutan keempat dari negara anggota G20 sebagai negara pengguna batu bara sebagai penghasil listrik dimana batubara menyumbang 61,5 % sebagai sumber listrik di Indonesia tahun 2021 (Ember Climate, 2022).

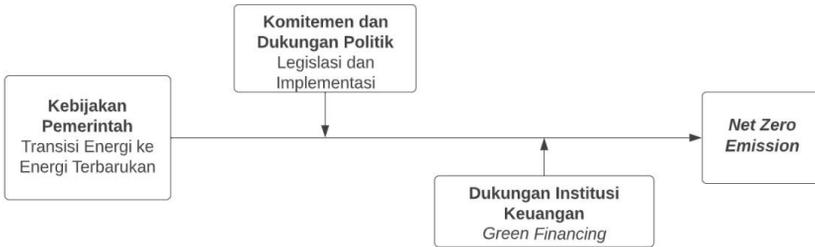
Sebagai negara yang memiliki komitmen untuk mengurangi emisi karbon untuk mencapai *net zero emission* dan mempertimbangkan dampak yang serius bagi kehidupan yang ditimbulkan dari emisi karbon maka pemerintah perlu mengambil langkah yang agresif untuk mencapai target *net zero emission*. Terlebih menurut hasil simulasi yang dilakukan van Soest et al. (2021) untuk negara-negara penghasil emisi karbon terbesar di dunia menemukan bahwa Indonesia menjadi salah satu negara yang mencapai *net zero emission* lebih lambat dari rata-rata global. Maka dari itu, penulis melalui esai ini memberikan pemikiran teoritis mengenai kebijakan yang perlu diambil oleh Pemerintah Indonesia yang disertai dengan komitmen politik dan dukungan *green financing* dari institusi keuangan untuk mencapai target *net zero emission*.

### Metodologi

Dalam penyusunan esai ini, studi literatur diterapkan oleh penulis untuk mengumpulkan informasi dari jurnal penelitian, media berita online, dan situs resmi pemerintah dan lembaga pemerhati krisis iklim serta dari sumber lainnya yang relevan dengan isu perubahan iklim dan emisi karbon. Setelah mengumpulkan informasi, penulis kemudian menyusun gagasan teoritis dari penelitian terdahulu terkait kebijakan yang perlu diambil oleh Pemerintah Indonesia untuk mengurangi emisi karbon melalui transisi penggunaan energi yang bersih atau energi terbarukan. Tentunya kebijakan ini memerlukan komitmen politik dan

dukungan institusi keuangan melalui *green financing* agar target *net zero emission* bisa cepat tercapai. Adapun kerangka teoritis yang digunakan penulis adalah sebagai berikut.

Bagan 1. 1 Kerangka Teoritis



## Pembahasan

Penggunaan energi berbahan bakar fosil seperti batubara masih tinggi di Indonesia yang pada tahun 2021 mencapai 61.5% untuk produksi listrik. Padahal penyumbang emisi karbon terbanyak adalah dari sektor energi yang masih bersumber dari bahan bakar fosil. Sesuai dengan penelitian Hartono et al. (2020) yang membandingkan dampak investasi energi fosil dan energi terbarukan di Indonesia menemukan bahwa emisi yang dihasilkan batu bara 10 kali lipat dari energi baru dan terbarukan. Maka dari itu, diperlukan pengelolaan transisi penggunaan batu bara (Claeys et al., 2019). Pemerintah Indonesia hendaknya membuat kebijakan untuk mengurangi bahan bakar fosil, meningkatkan teknologi ramah lingkungan dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan (Husada & Joesoef, 2022). Kebijakan ini diperlukan untuk mencapai target net zero emission. Terlebih Pemerintah menaikkan target pengurangan emisi karbon di tahun 2030 menjadi 32% atau 912 juta ton CO<sub>2</sub> yang sebelumnya menargetkan pengurangan emisi karbon sebesar 29% atau 835 juta ton CO<sub>2</sub> (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022). Salah satu strategi penting Pemerintah adalah berkomitmen mengurangi penggunaan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara. Komitmen yang disampaikan ini harus direalisasikan jangan sampai hanya jadi pembicaraan semata tapi tidak pernah dieksekusi. Penulis akan memberikan gambaran kebijakan

yang dapat dilakukan oleh Pemerintah Indonesia untuk mempercepat transisi energi ke energi terbarukan. Dan mendeskripsikan pentingnya komitmen politik dan dukungan *green financing* untuk mencapai target pengurangan emisi karbon dan *net zero emission*.

### Kebijakan Transisi Energi ke Energi Terbarukan

Pemerintah Indonesia berjanji akan mengurangi emisi karbon. Terlepas dari kebijakan yang telah dibuat, penulis menyarankan agar Pemerintah Indonesia dalam mendorong percepatan transisi energi maka diperlukan aturan yang menguntungkan bagi perusahaan yang mengembangkan teknologi hijau energi terbarukan. Kebijakan yang berpihak pada perusahaan pengembang energi terbarukan seperti insentif pajak, subsidi dari negara, pembebasan bea masuk atas impor peralatan pengembangan energi terbarukan, dan pembebasan biaya sewa lahan untuk di awal pengembangan. Kebijakan insentif pajak misalnya pajak perusahaan/badan dikurangi 45% sampai tahun kesepuluh kemudian mulai tahun ke sebelas dikurangi 10%. Begitu juga dengan kebijakan subsidi akan mulai dikurangi setelah 10 tahun beroperasi. Pengenaan bea masuk dan sewa lahan misalnya diperlakukan lagi setelah tahun ke sepuluh. Skema seperti ini akan mendorong banyak investor yang mau berinvestasi dalam proyek pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

Di sisi lain, Pemerintah Indonesia perlu mengenakan pajak yang lebih tinggi dan mengurangi subsidi kepada perusahaan yang bergerak di industri energi fosil. Karena tersedianya energi alternatif maka diharapkan perusahaan yang bergerak di sektor energi yang memanfaatkan bahan bakar fosil mulai beralih ke energi terbarukan.

### Pentingnya Komitmen dan Dukungan Politik

Beberapa negara di dunia sudah mulai menggunakan energi bersih karena komitmennya untuk mengatasi perubahan iklim melalui pengurangan emisi karbon. Jika hanya masyarakat atau organisasi yang peduli terhadap isu emisi karbon yang bergerak maka masalah emisi karbon ini sulit tercapai khususnya dalam hal transisi ke energi

terbarukan tanpa adanya komitmen dan dukungan politik dari lembaga pemerintah maupun lembaga legislatif. Di Swedia energi listrik dari biomassa dapat terus bertumbuh karena adanya dukungan atau komitmen politik yang berkelanjutan (Milot et al., 2020). Dukungan politik yang berkelanjutan dari badan legislatif dan pemerintah akan mempermudah transisi ini. Mulai dari pembuatan aturan di legislatif yang berpihak pada pengembangan pembangkit listrik energi terbarukan. Jangan membuat undang-undang yang melanggengkan bisnis batu bara tapi mempersulit pengembangan energi terbarukan. Seperti skema *Feed-in tariff Net Zero Energy Building* di Indonesia sudah mendatangkan dilema pada tingkat legislasi seperti tidak adanya kebijakan insentif (Latief et al., 2017). Dukungan politik dari orang yang duduk di lembaga legislatif bisa mendorong pemerintah untuk memberikan insentif pajak, subsidi, dan pembebasan bea impor untuk pembelian peralatan atau bahan baku dalam pengembangan energi terbarukan.

Konsisten atas dukungan terhadap kebijakan yang mendorong percepatan pengembangan energi terbarukan akan meningkatkan kepercayaan investor bahkan agar bisa menarik lebih banyak investor untuk berinvestasi dalam proyek pengembangan energi terbarukan di Indonesia. Selain dukungan politik terhadap perusahaan yang mengembangkan teknologi energi terbarukan, badan legislatif bersama pemerintah perlu menunjukkan keseriusannya dalam hal praktik bisnis yang sehat seperti tidak adanya korupsi yang akan merugikan investor dalam negeri maupun asing. Dengan dukungan dan komitmen politik tersebut, akan memperkuat kedudukan kebijakan yang telah dibuat untuk mempercepat pengembangan energi terbarukan untuk mencapai target *net zero emission*.

#### Dukungan Institusi Keuangan

Selain kebijakan pemerintah dan lembaga legislatif serta dukungan politik dari lembaga itu sendiri, diperlukan juga dukungan dari institusi keuangan untuk pengembangan teknologi pembangkit listrik dari energi terbarukan melalui skema pembiayaan atau kredit. Tanggung

jawab utama terletak pada Bank Indonesia. Bank Sentral memiliki tanggung jawab untuk menjaga stabilitas keuangan dan ekonomi makro sehingga harus ikut berperan serta dalam menangani terkait iklim dan lingkungan (Dikau & Volz, 2018). Salah satu dampak perubahan iklim yang diakibatkan peningkatan emisi karbon adalah cuaca ekstrim (kekeringan atau intensitas hujan yang tinggi). Jika kondisi ini dibiarkan maka akan mempengaruhi produksi pangan. Gagal panen yang dialami petani akan mengakibatkan kelangkaan terhadap bahan kebutuhan pokok dan bahan baku untuk industri tertentu. Efek lanjut dari situasi ini akan menyebabkan kondisi ekonomi tidak stabil dan akan mengalami inflasi atau bahkan resesi. Maka dari itu, Bank Indonesia perlu ikut peran serta dalam pengurangan emisi karbon.

Dalam hal transisi ke energi terbarukan, Bank Indonesia dapat mendorong perbankan di Indonesia untuk memberikan skema pembiayaan hijau (*green financing*) bagi perusahaan yang mengembangkan teknologi pembangkit listrik energi terbarukan. Pembiayaan melalui kredit hijau diharapkan memberikan bunga yang rendah sehingga dapat mengurangi biaya bunga yang ditanggung oleh perusahaan. Bunga yang rendah juga semestinya diberikan kepada perusahaan yang memiliki komitmen dan terbukti berhasil mengurangi emisi karbon dari aktivitas operasionalnya.

Chen & Chen (2021) menemukan bahwa *green financing* terbukti secara signifikan mengurangi emisi karbon tidak hanya daerah setempat tapi juga daerah yang berdekatan. Sebab keuangan hijau dapat mendorong perkembangan teknologi hijau (Ronaldo & Suranto, 2022). Maka dari itu perbankan perlu meningkatkan penyaluran kredit hijau namun harus tetap memperhatikan prinsip-prinsip kehati-hatian dalam pemberian kredit/pinjaman. Peran besar penyaluran kredit hijau seharusnya dapat dilakukan oleh Himbara (Himpunan bank milik negara). Bank BUMN atau Himbara dapat bekerja sama dengan Pemerintah Indonesia untuk menyukseskan transisi energi ke energi terbarukan. Lebih lanjut penyaluran *green financing* disarankan dilakukan secara online karena dapat mengurangi emisi karbon (Islam et al., 2014). Dengan dukungan pembiayaan hijau (*green financing*)

oleh institusi keuangan akan memperkuat posisi pemerintah dalam mensukseskan kebijakan pengembangan energi terbarukan sehingga target *net zero emission* dapat tercapai.

### Kesimpulan

Indonesia sebagai negara yang memiliki komitmen mengurangi emisi karbon untuk mencapai *net zero emission* dan mempertimbangkan dampak yang serius bagi kehidupan yang ditimbulkan dari emisi karbon maka pemerintah perlu mengambil langkah yang agresif untuk mencapai target *net zero emission*. Terlebih menurut hasil simulasi yang dilakukan van Soest et al. (2021) untuk negara-negara penghasil emisi karbon terbesar di dunia menemukan bahwa Indonesia menjadi salah satu negara yang mencapai *net zero emission* lebih lambat dari rata-rata global. Sektor energi menjadi penyumbang emisi gas rumah kaca tertinggi mencapai 638,8 juta ton CO<sub>2</sub> equivalent pada tahun 2019. Penulis melalui esai ini memberikan pemikiran teoritis mengenai kebijakan yang perlu diambil oleh Pemerintah Indonesia yang disertai dengan komitmen politik dan dukungan *green financing* dari institusi keuangan untuk mencapai target *net zero emission*.

## Daftar Pustaka

- Chen, X., & Chen, Z. (2021). Can Green Finance Development Reduce Carbon Emissions? Empirical Evidence from 30 Chinese Provinces. *Sustainability*, 13(21), 12137. <https://doi.org/10.3390/su132112137>
- Claeys, G., Tagliapietra, S., & Zachmann, G. (2019). How to make the European Green Deal work. Retrieved from JSTOR website: [https://www.jstor.org/stable/resrep28626#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/resrep28626#metadata_info_tab_contents)
- Dikau, S., & Volz, U. (2018). Central Banking, Climate Change, and Green Finance. In *www.adb.org*. Asian Development Bank. Retrieved from <https://www.adb.org/publications/central-banking-climate-change-and-green-finance>
- Ember Climate. (2022, March 28). G20 | Electricity Transition. Retrieved December 28, 2022, from Ember website: <https://ember-climate.org/countries-and-regions/regions/g20/>
- Fajar, J. (2016, May 26). Suhu Lingkungan Meningkatkan, Banyak Petani Sayur Gagal Panen. Ini Dampak Perubahan Iklim? Retrieved December 28, 2022, from Mongabay.co.id website: <https://www.mongabay.co.id/2016/05/26/suhu-lingkungan-meningkat-banyak-petani-sayur-gagal-panen-dampak-perubahan-iklim/>
- Hartono, D., Hastuti, S. H., Halimatussadiyah, A., Saraswati, A., Mita, A. F., & Indriani, V. (2020). Comparing the impacts of fossil and renewable energy investments in Indonesia: A simple general equilibrium analysis. *Heliyon*, 6(6), e04120. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04120>
- Husada, V. S., & Joesoef, I. E. (2022). Legal Policy of the Indonesian Government to Achieve Net Zero Emissions. *Journal Research of Social, Science, Economics, and Management*, 2(1), 128–133. <https://doi.org/10.36418/jrssem.v2i1.248>
- Islam, M. A., Yousuf, S., Hossain, K. F., & Islam, M. R. (2014). Green financing in Bangladesh: challenges and opportunities - a

- descriptive approach. *International Journal of Green Economics*, 8(1), 74–91. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/ids/ijgrec/v8y2014i1p74-91.html>
- Julismin Julismin. (2012). Dampak dan Perubahan Iklim di Indonesia. *JURNAL GEOGRAFI*, 5(1), 39–46. <https://doi.org/10.24114/jg.v5i1.8083>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022). Tekan Emisi Karbon, Indonesia Naikkan Target E-NDC Jadi 32 Persen. Retrieved from migas.esdm.go.id website: <https://migas.esdm.go.id/post/read/tekan-emisi-karbon-indonesia-naikkan-target-e-ndc-jadi-32-persen#:~:text=Jakarta%2C%20Indonesia%20berkomitmen%20mengurangi%20emisi>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK), dan Monitoring, Pelaporan, dan Verifikasi (MPV). Retrieved from [http://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/adminppi/dokumen/igrk/LAP\\_igrk2020.pdf](http://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/adminppi/dokumen/igrk/LAP_igrk2020.pdf)
- Latief, Y., Berawi, M. A., Supriadi, L., Koesalamwardi, A. B., Petroceany, J., & Herzanita, A. (2017). Integration of net zero energy building with smart grid to improve regional electrification ratio towards sustainable development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 109, 012041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/109/1/012041>
- macro trends. (2022). Indonesia Carbon (CO<sub>2</sub>) Emissions 1990-2022. Retrieved from [www.macrotrends.net](http://www.macrotrends.net) website: <https://www.macrotrends.net/countries/IDN/indonesia/carbon-co2-emissions>
- Millot, A., Krook-Riekkola, A., & Maïzi, N. (2020). Guiding the future energy transition to net-zero emissions: Lessons from exploring the differences between France and Sweden. *Energy Policy*, 139, 111358. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111358>
- Perera, F., & Nadeau, K. (2022). Climate Change, Fossil-Fuel Pollution, and Children's Health. *New England Journal of Medicine*, 386(24), 2303–2314. Retrieved from <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra2117706>

- Riski, P. (2017, February 14). Cuaca Tak Menentu, Kehidupan Nelayan Ikut Terganggu. Retrieved December 28, 2022, from Mongabay.co.id website: <https://www.mongabay.co.id/2017/02/14/cuaca-tak-menentu-kehidupan-nelayan-ikut-terganggu>
- Ronaldo, R., & Suryanto, T. (2022). Green finance and sustainability development goals in Indonesian Fund Village. *Resources Policy*, 78, 102839. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102839>
- SPI. (2017, May 3). Perubahan Iklim Ekstrim, Petani SPI Gagal Panen! Retrieved December 28, 2022, from Serikat Petani Indonesia website: <https://spi.or.id/perubahan-iklim-ekstrim-petani-spi-gagal-panen/>
- van Soest, H. L., den Elzen, M. G. J., & van Vuuren, D. P. (2021). Net-zero emission targets for major emitting countries consistent with the Paris Agreement. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22294-x>

Artikel 16

## ***Carbon Nanotubes: Material Masa Depan Sel Surya Organik dalam Upaya Konservasi Energi Baru dan Terbarukan?***

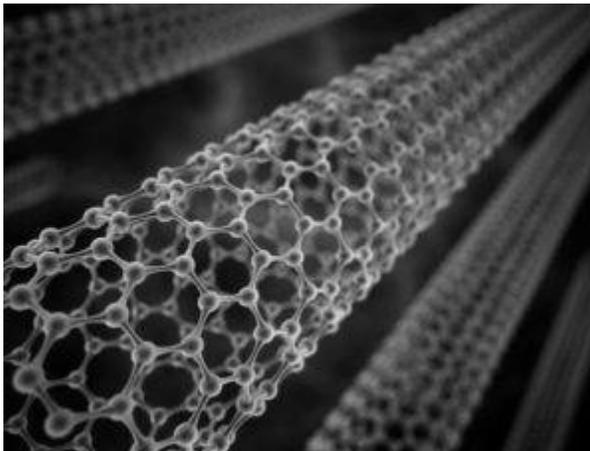
Karya: Muhammad Robith Al Anam  
(Mahasiswa Universitas Diponegoro, Semarang)  
Email: robith.mra@gmail.com

Sumber energi fosil khususnya batu bara masih menjadi suplai andalan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia. Pada tahun 2021, batu bara menjadi sumber daya mineral terbanyak yang disuplai ke pembangkit listrik, yaitu sebesar 470,96 juta *Barrels Oil Equivalent* (BOE) (Kementerian ESDM, 2021). Selain itu, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utama, berkontribusi sebesar 50% dari total pembangkitan listrik di Indonesia. Pasokan listrik memang masih sangat bergantung pada PLTU karena efisiensinya tinggi yaitu sebesar 25–50%, biaya bahan bakarnya murah, dan usia pakainya relatif lama.

Padahal ketergantungan terhadap batu bara dapat menguras ketersediaan fosil sehingga dapat mengakibatkan terjadinya krisis energi. Penggunaan fosil yang berlebihan juga dapat berdampak buruk bagi lingkungan. Sejauh ini, sektor energi menjadi kontributor terbesar emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Indonesia. Pada tahun 2019, sub sektor pembangkitan listrik bertanggung jawab terhadap 35% emisi GRK. Hal ini tentunya dapat memicu terjadinya pemanasan global (IESR, 2021). Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, bauran Energi Baru dan Terbarukan (EBT) perlu ditingkatkan.

Dalam rangka memanfaatkan potensi EBT, Kementerian ESDM telah menetapkan agenda pembangunan dalam rencana strategi 2020–2024 berupa pengembangan industri pendukung EBT. Salah satunya adalah pembangunan PLTS di berbagai wilayah di Indonesia. PLTS merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan panel surya, yaitu sekumpulan

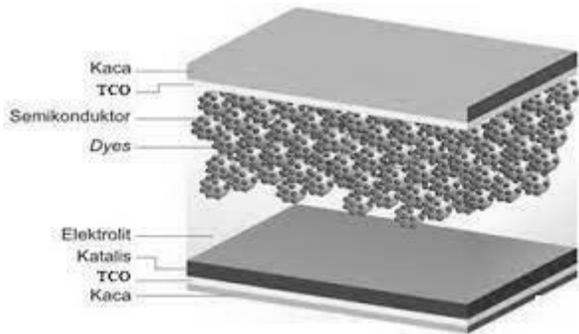
sel surya yang mampu mengonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Hingga saat ini, sel surya yang paling umum digunakan adalah sel surya dengan bahan semikonduktor berupa silikon fotovoltaik. Sel surya jenis ini memiliki keunggulan pada efisiensi yang tinggi mencapai lebih dari 26% (Andreani dkk., 2018). Akan tetapi, biaya produksinya cukup tinggi karena proses pembentukannya yang cukup sulit. Selain itu, sel surya jenis ini bersifat kurang ramah lingkungan karena menghasilkan kontaminan berbahaya yang dapat menyebabkan polusi air dan polusi udara (Talwabehe dkk, 2021). Sel surya organik menjadi pilihan alternatif sebagai sel surya yang lebih ramah lingkungan. Salah satu jenisnya yaitu *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang menggunakan sistem organik fotovoltaik dengan memanfaatkan zat pewarna organik (*dye*) sehingga lebih ramah lingkungan. Akan tetapi, efisiensinya masih belum lebih baik daripada sel surya dengan silikon fotovoltaik. Sejauh ini, efisiensi sel surya organik tertinggi hanya mencapai angka 25% (PV-Magazine, 2020).



Gambar 1. *Carbon Nanotubes* (Sumber: cheaptubes.com)

Efisiensi DSSC dapat ditingkatkan dengan berbagai cara, mulai dari pemilihan larutan pewarna yang tepat, besarnya konsentrasi *dye*, hingga pemilihan material pada setiap komponen DSSC. Meninjau komposisi DSSC, *carbon nanotubes* (CNT) menjadi salah satu jenis material

yang memiliki kesesuaian dengan karakteristik setiap komponen pada DSSC. CNT merupakan material berukuran nanometer yang tersusun dari jutaan atom karbon berupa lembaran grafit yang digulung hingga berbentuk tabung lalu ditutup dengan *fullerene* pada kedua ujungnya. CNT bersifat kuat dan kaku, memiliki konduktivitas listrik yang baik, luas permukaan yang besar, dan densitas yang rendah. Secara elektrik, CNT dapat berperan sebagai logam maupun semikonduktor (Callister, 2015). Pemanfaatan CNT pada komponen sel surya organik DSSC memang belum banyak dikomersialisasi. Meski begitu, penelitian dari tahun ke tahun menunjukkan bahwa pemakaian CNT terbukti dapat meningkatkan efisiensi DSSC.



Gambar 2. Struktur DSSC (Sumber: openlibrary.telkomuniversity.ac.id)

DSSC memiliki struktur menyerupai *sandwich* dimana terdapat elektroda pada bagian paling atas dan paling bawah. Pada umumnya, material yang digunakan pada lapisan ini adalah *Indium Tin Oxide* (ITO) karena memiliki transparansi optik dan konduktivitas listrik yang baik untuk menangkap cahaya matahari dan membawa muatan. Akan tetapi, ITO bersifat rapuh dan sensitif terhadap lingkungan asam dan basa, sehingga rawan menyebabkan kerusakan. Selain itu, proses produksi ITO cukup rumit dan mahal karena bahan bakunya merupakan logam tanah yang sulit dicari dan beracun (Muchuweni dkk., 2022). Di antara banyaknya variasi material pengganti ITO, CNT menjadi yang paling menarik karena dengan fungsi kerja yang sebanding dengan ITO, CNT bersifat lebih stabil, fleksibel, murah, mudah didapatkan, dan lebih

mudah diproduksi. Berbeda dengan logam indium yang toksik, bahan baku CNT yang secara alami memang melimpah menjadikan sel surya memiliki nilai keberlanjutan yang lebih baik dan ramah lingkungan. CNT juga dapat dikombinasikan dengan material lain untuk membentuk komposit yang digunakan sebagai elektroda. Salah satu contohnya, kombinasi CNT dengan logam sulfida (CNT/NiS) menghasilkan luaran berupa efisiensi paling baik (sebesar 6,41 %) diantara elektroda paduan komposit sulfida lainnya (Muralee Gopi dkk, 2017).

Di antara dua elektroda, terdapat lapisan semikonduktor, larutan elektrolit, dan katalis. Tiga lapisan ini merupakan komponen penting dalam proses transportasi muatan dan dihasilkannya arus listrik pada DSSC. Permasalahan yang biasa ditemukan di sini yaitu terjadinya peristiwa rekombinasi muatan. Peristiwa ini memperlambat pergerakan elektron sehingga memengaruhi turunnya nilai efisiensi DSSC. Untuk meningkatkan efisiensi, rekombinasi muatan perlu dikurangi dan pergerakan elektron perlu dipercepat. Upaya yang bisa dilakukan yaitu dengan memodifikasi lapisan semikonduktor yang berperan sebagai fotoanoda. Penambahan sedikit CNT pada komponen ini terbukti dapat meningkatkan efisiensi. DSSC dengan struktur anoda berbahan  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan CNT berkonsentrasi optimum (0,03%) dapat memiliki efisiensi 0,21% lebih tinggi daripada anoda  $\text{TiO}_2$  tanpa CNT (Mehmood dkk., 2015). Selain itu, komponen anoda ini memerlukan zat pewarna untuk sensitisasi karena zat pewarna inilah yang berperan mengubah energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik yang kemudian bisa dimanfaatkan. Pada DSSC dengan anoda berbahan  $\text{TiO}_2$ , besarnya luas permukaan pada nanopori  $\text{TiO}_2$  akan meningkatkan daya serap molekul zat pewarna. Secara prinsip, daya serap yang baik terhadap zat pewarna akan meningkatkan daya serap terhadap cahaya matahari yang masuk, sehingga akan banyak energi input yang masuk dari cahaya matahari, namun keadaan ini justru mengakibatkan pergerakan elektron menurun. Salah satu upaya mempercepat pergerakan elektron di sini yaitu dengan menambahkan CNT pada komponen semikonduktor fotoanoda DSSC mengingat CNT memiliki konduktivitas listrik yang baik. Dengan komposisi zat

pewarna serta paduan CNT dan material anoda yang optimal, dapat dihasilkan efisiensi DSSC yang tinggi (Kabir dkk., 2019). Di bawah lapisan semikonduktor, terdapat elektrolit dan katalis yang berfungsi mempercepat reaksi. Pada umumnya, bahan yang digunakan adalah platina karena memiliki konduktivitas listrik dan aktivitas katalitik yang tinggi, namun lebih mahal dan jumlahnya terbatas di alam, sehingga perlu dilakukan penyesuaian dalam penggunaannya. Dengan sifat konduktivitas listrik yang hampir sama, CNT dapat menjadi alternatif pengganti atau campuran bagi platina sebagai katalis karena bahannya yang lebih mudah didapatkan. Terbukti bahwa efisiensi DSSC dapat meningkat sebesar 0,0118% atau lebih dengan penggunaan platina yang dikompositkan dengan CNT (Fatiatun dan Swasti, 2022).

Melihat potensi CNT yang cukup menjanjikan dan kondisi Indonesia yang sesuai untuk konservasi energi surya, perlu dilakukan optimalisasi dan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan komposisi sel surya yang paling optimal, sehingga Indonesia dapat menjawab tantangan efisiensi pada sel surya dan melakukan komersialisasi pemanfaatan CNT pada sel surya organik. Hal ini tentunya dapat mempercepat transisi energi untuk memenuhi target peningkatan bauran EBT dan netral karbon pada tahun 2060 mendatang.

## Daftar Pustaka

- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. 2015. *Fundamentals of materials science and engineering: an integrated approach*. John Wiley & Sons.
- Kabir, F., Sakib, S. N., Uddin, S. S., Efaz, E. T., & Himel, M. T. F. 2019. Enhance cell performance of DSSC by dye mixture, carbon nanotube and post TiCl<sub>4</sub> treatment along with degradation study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 35, 298-307.
- Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia. 2021. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Jakarta.
- Muchuweni, E., Mombeshora, E. T., Martincigh, B. S., & Nyamori, V. O. 2022. Recent applications of carbon nanotubes in organic solar cells. *Frontiers in Chemistry*, 9, 733552.
- Muralee Gopi, C. V., Ravi, S., Rao, S. S., Eswar Reddy, A., & Kim, H. J. 2017. Carbon nanotube/metal-sulfide composite flexible electrodes for high-performance quantum dot-sensitized solar cells and supercapacitors. *Scientific reports*, 7(1), 1-12.
- PV Magazine. 2020. *An organic solar cell with 25% efficiency - pv magazine International*. PV Magazine. Diakses December 27, 2022, dari <https://www.pv-magazine.com/2020/03/24/an-organic-solar-cell-with-25-efficiency/>
- Swasti, I. M. Efisiensi Counter Electrode Dengan Pengurangan Pemakaian Platina Menggunakan Komposit Bahan Ramah Lingkungan Grafin Dan Carbon Nanotubes Untuk Aplikasi Dye Sensitized Solar Cells. *INDONESIAN JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, 12(2), 266-278.
- Tawalbeh, M., Al-Othman, A., Kafiah, F., Abdelsalam, E., Almomani, F., & Alkasrawi, M. 2021. Environmental impacts of solar photovoltaic systems: A critical review of recent progress and future outlook. *Science of The Total Environment*, 759, 143528.

Artikel 17

## ***Smart Parking Area: Wireless Charging Mobil Listrik pada Area Parkir dengan Sumber Listrik yang Memanfaatkan Getaran Kendaraan di Jalan Raya sebagai Upaya Mewujudkan Net Zero Emission***

Karya: Salwa Dzanur Royana

(Mahasiswa Institut Teknologi 10 Nopember – ITS, Surabaya)

Email: salwadzanurroyana@gmail.com

Mobil listrik hadir sebagai jawaban atas keresahan tentang semakin menipisnya bahan bakar fosil. Pada umumnya, kendaraan menggunakan sumber energi berupa bahan bakar minyak. Minyak bumi apabila dipakai secara terus-menerus akan habis sehingga tidak ada lagi yang dapat digunakan. Selain itu, penggunaan energi fosil khususnya bahan bakar minyak dapat menghadirkan dampak buruk terhadap lingkungan. Polutan yang dihasilkan pada pembakaran fosil merupakan faktor terbesar terjadinya asap, pemanasan global dan perubahan iklim pada lingkungan (Astra, 2010). Oleh karena itu, para stakeholder memberikan keputusan untuk meluncurkan dan mulai memasarkan kendaraan listrik sebagai upaya untuk menghemat bahan bakar fosil dan juga untuk menjaga agar lingkungan senantiasa bersih dari pencemaran.

Permasalahan tidak berhenti sampai disini. Ketika semua masyarakat memilih menggunakan mobil listrik maka kebutuhan listrik tentu akan semakin meningkat. Sayangnya, listrik yang dipakai di Indonesia saat ini sebagian besar bersumber dari energi bahan bakar fosil. Lagi-lagi permasalahan belum terselesaikan bahkan malah menghadirkan permasalahan baru yang harus ditangani. Jika pemerintah mengencakan penggunaan mobil listrik dan menyosialisasikan agar seluruh masyarakat beralih pada mobil listrik dengan harapan dapat mengkampanyekan energi tak terbarukan, akan terjadi permasalahan baru yaitu, kebutuhan listrik yang meningkat. Dan listrik dihasilkan dari pembangkit yang Sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil.

Mobil listrik adalah inovasi transportasi yang sudah lama digagas. Inovasi ini pertama kali muncul pada tahun 1832 oleh Robert Anderson yang berasal dari Inggris. Dia mengembangkan mobil dengan roda tiga, menggunakan baterai listrik. Temuan ini dicatat sebagai mobil bertenaga listrik pertama. Konsumsi listrik dari mobil listrik sendiri dengan kapasitas baterai 16kWh dengan jalan datar tanpa menyalakan AC dapat menempuh jarak 160 Km dalam sekali pengecasan. Akan tetapi, jika jalan menanjak dan AC dinyalakan maka jarak tempuh mobil listrik dalam sekali pengecasan semakin berkurang. Pada kondisi baterai 98% dapat menempuh perjalanan sejauh 44,8 km selama 66 menit (Dwi & Dawami, 2020). Proses pengisian baterainya sendiri membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai penuh.

Dari permasalahan-permasalahan yang telah dipaparkan, oleh karena itu, hadirilah inovasi yaitu pemanfaatan tempat-tempat yang umumnya digunakan untuk parkir mobil listrik berupa charger wireless di dasar permukaan tempat parkir sehingga saat mobil terparkir di tempat umum maka dengan waktu yang bersamaan mobil listrik akan terisi (pengecasan) dengan memanfaatkan sumber energi listrik dari getaran.

Wireless charging adalah sistem pengisian mobil listrik tanpa melibatkan kabel yang berhubungan langsung dengan sistem kendaraan. Prinsip pengisian daya menggunakan sistem wireless charging pada mobil listrik sama dengan prinsip kerja transformator. Pengisian daya dengan prinsip wireless charging memiliki dua sisi yaitu sisi pemancar (transmitter) dan sisi penerima (receiver). Terdapat juga belitan (koil) pemancar dan belitan penerima. Transmitter dipasang di bawah tanah sedangkan receiver dipasang di bawah kendaraan. Wireless charging mobil listrik mengubah parameter arus bolak-balik (AC) dari frekuensi rendah menjadi frekuensi yang tinggi. Setelah AC memiliki frekuensi tinggi, selanjutnya daya tersebut ke belitan (koil) pemancar, kemudian berbentuk medan magnet bolak-balik. Medan ini kemudian menginduksi belitan (koil) penerima sehingga muncul tegangan pada belitan penerima. Tegangan inilah yang dipakai untuk mengisi daya pada baterai kendaraan (Kiranmai Momidi, 2019).

Sumber listrik untuk pengisian daya mobil listrik memanfaatkan energi dari getaran yang ditimbulkan di jalan raya. Getaran tersebut akan dikonversikan menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk mengisi daya pada mobil listrik. Pemanenan energi dari getaran dapat menggunakan material piezoelektrik yang dapat menghasilkan listrik ketika mengalami defleksi. Pemanfaatan piezoelektrik dapat didesain pada polisi tidur dengan system kantilever (Mowaviq et al., 2019). Sistem kantilever piezoelektrik merupakan system dengan cara menjepit salah satu ujung piezoelektrik. Jika ujung bebas piezoelektrik diberi gaya, terjadi getaran dan piezoelektrik akan bergerak naik turun (Kasum et al., 2018). Terbangkitkannya energi listrik pada piezoelektrik akibat dari adanya tekanan mekanik yang disebut dengan efek piezoelektrik. Efek piezoelektrik terbagi menjadi dua, yaitu yang secara langsung mengubah tekanan menjadi listrik dan mengubah bentuk bahan piezoelektrik dengan memberikan tegangan listrik (Mowaviq et al., 2019). Listrik yang dihasilkan kemudian akan disimpan.

Power supply yang berisi energi listrik berasal dari konversi energi getaran. Getaran didapatkan dari rancangan polisi tidur pada jalan raya oleh kendaraan yang berlalu lalang. Wireless power akan dipasang di tempat parkir pada beberapa titik sehingga Ketika mobil diam (berhenti), baterai mobil dapat terisi. Dengan adanya inovasi ini tentu akan menjadi solusi atas permasalahan yang telah dipaparkan.

Banyaknya tempat yang dapat dijadikan sebagai sumber pengisian daya untuk mobil listrik tentu akan mendorong masyarakat untuk tidak perlu meresahkan kebingungan untuk mencari tempat dan efisiensi pengisian daya pada mobil listrik, selain itu, sumber energi listrik yang memanfaatkan getaran tentu akan mengurangi gas emisi dan juga akan menghemat sumber energi listrik tak terbarukan. \*\*\*

## DAFTAR PUSTAKA

- Astra, I. M. (2010). Energi Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 11(2), 127–135. <https://doi.org/10.31172/jmg.v11i2.72>
- Dwi, M., & Dawami, N. (2020). 345594-Kajian-Tentang-Uji-Jalan-Kendaraan-Listr-C426Ef05. 11(2), 64–71.
- Kasum, K., Mulyana, F., & Gamayel, A. (2018). Piezoelektrik Sebagai Pemanen Energi Dengan Penambahan Bluff Body Segitiga. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(2), 747–752. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i2.2291>
- Kiranmai Momidi. (2019). *Wireless Electric Vehicle Charging System (WEVCS)*. Circuitdigest.Com.
- Mowaviq, M. I., Junaidi, A., & Purwanto, S. (2019). Lantai Permanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik. *Energi & Kelistrikan*, 10(2), 112–118. <https://doi.org/10.33322/energi.v10i2.219>

Artikel 18

## **Potensi Alam Indonesia dalam Mewujudkan Desentralisasi Energi yang Berkelanjutan dengan Adicita Indonesia Net Zero Emission Carbon 2060**

Karya: Syaifuddin (Mahasiswa Universitas Negeri Malang)

Email: [syaifuddin.zidnie@gmail.com](mailto:syaifuddin.zidnie@gmail.com)

Indonesia memiliki potensi sumber daya energi yang melimpah baik fosil maupun nonfosil. Namun, menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2016, pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia masih didominasi oleh sumber energi fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara. Hal tersebut dapat menyebabkan kerentanan terhadap ketahanan energi nasional yang seiring waktu meningkat penggunaannya dan menipis ketersediaannya disebabkan karakteristik sumber energi fosil yang tidak dapat diperbaharui. Dengan demikian, selama belum ditemukan cadangan energi fosil baru, ketimpangan antara *supply* dan *demand* energi yang tinggi akan terus terjadi. Penggunaan serta kebergantungan terhadap energi fosil secara terus-menerus dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan seperti pemanasan global, pencemaran lingkungan, dan perubahan iklim.

Dalam upaya transisi penggunaan energi fosil menuju energi baru dan energi baru terbarukan, pemerintah Indonesia sudah mencanangkan program *Net Zero Emission Carbon* dengan terbitnya Perpres Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik. Peraturan tersebut menandai keseriusan pemerintah dalam membangun pembangkit listrik rendah emisi dan ramah lingkungan serta melarang pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) baru. Seperti yang kita ketahui, PLTU memiliki prinsip kerja mengkonversi energi fosil menjadi energi listrik namun dalam prosesnya terjadi pembakaran sumber energi sehingga menimbulkan emisi berupa karbon. Jika dibiarkan, emisi karbon dapat berdampak negatif bagi iklim dan ekosistem berupa pemanasan global

atau efek rumah kaca. Oleh karena itu, pembangunan PLTU akan diberhentikan dan diganti dengan pembangkit listrik energi baru, salah satunya nuklir.

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Indonesia direncanakan akan berdiri pada tahun 2049 mendatang. PLTN pertama di Indonesia ditargetkan mampu menghasilkan listrik sebesar 35 GW pada tahun 2060. Untuk membangun dan mengoperasikan PLTN dibutuhkan lima tahapan perizinan, antara lain izin lokasi, sertifikasi desain, konstruksi, komisioning, dan operasi. Hingga kini, kesiapan infrastruktur pembangunan PLTN di Indonesia sudah mencapai sebesar 16 butir dari 19 butir menuju fase kedua mengacu pada *The Integrated Nuclear Infrastructure Review (INIR) Mission to Review The Status of Indonesia's National Nuclear Infrastructure* oleh IAEA. Perencanaan pembentukan PLTN di Indonesia sangatlah berpotensi sebab Indonesia memiliki ketersediaan sekitar 90 ribu ton Uranium dan sekitar 140 ribu ton Thorium yang merupakan bahan bakar nuklir. Selain itu, penggunaan nuklir sebagai pembangkit listrik memiliki kelebihan dalam menghasilkan listrik yang stabil dengan menggunakan jumlah bahan bakar yang kecil serta tidak menimbulkan emisi pada lingkungan.

Selain menggunakan nuklir sebagai sumber energi baru, pemerintah juga memaksimalkan penggunaan energi baru terbarukan seperti energi angin dan energi matahari. Sebagaimana yang tertulis dalam Rencana Umum Energi Nasional pemanfaatan tenaga angin sebagai pembangkit listrik di Indonesia sudah ditargetkan sekitar 1,8 GW pada tahun 2025 dan sekitar 28 GW pada tahun 2050 setara dengan 46% dari potensi angin sebesar 60,6 GW. Sedangkan untuk pemanfaatan energi surya sebagai pembangkit listrik ditargetkan mencapai 6,5 GW pada tahun 2025 dan 45 GW pada tahun 2050 atau setara dengan 22% dari potensi tenaga surya sebesar 207,9 GW. Hal tersebut nampaknya harus segera direalisasikan agar target penggunaan EBT sebesar 23% di tahun 2025 dapat dicapai. Selain itu, pemerintah juga mendorong masyarakat agar dapat berkontribusi dengan memasang pembangkit listrik tenaga surya pada atap rumah masing-masing melalui kebijakan desentralisasi energi

sehingga visi Indonesia dalam menggapai *Net Zero Emission Carbon* pada tahun 2060 dapat tercapai.

Berbicara tentang PLTS, negara Jerman sudah memiliki teknologi yang memanfaatkan *organic photovoltaic* untuk menangkap cahaya matahari dan dikonversi menjadi energi listrik yang diberi nama *Solar Curtain*. *Solar Curtain*, memiliki prinsip kerja serta instalasi yang sama seperti pengoperasian bilah gorden jenis *vertical blind*. Bedanya, *Solar Curtain* menggunakan *organic photovoltaic* semi transparan sebagai permukaan pada tiap bilah gorden untuk mengonversi energi matahari menjadi energi listrik. Proses konversi energi matahari menjadi energi listrik dalam *Solar Curtain* pada dasarnya sama seperti PLTS pada umumnya.

Selain berfungsi sebagai PLTS, *Solar Curtain* juga memberikan keuntungan lain bagi penggunanya. Pertama, mengurangi efek dari radiasi matahari yang masuk pada ruangan secara intens. Kedua, membuat suasana lebih “tenang” karena menggunakan *organic photovoltaic* semi transparan sehingga cahaya yang masuk tidak terlalu terang. Ketiga, desain pada bilah gorden dapat disesuaikan berdasarkan keinginan dan kebutuhan konsumen

Pemanfaatan teknologi seperti *Solar Curtain* merupakan salah satu inovasi dalam mewujudkan program *Net Zero Emission Carbon*. Penerapan teknologi seperti itu mungkin dapat direalisasikan pada pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) melihat potensi tenaga surya di Kalimantan Timur sekitar 13 GW.

Meninjau potensi sumber daya energi di Indonesia yang cukup melimpah, program *Net Zero Emission Carbon* pada tahun 2060 sangatlah mungkin direalisasikan. Hal tersebut didukung oleh akan adanya kolaborasi yang memadai antara sumber daya energi baru dan sumber daya energi baru terbarukan sehingga penggunaan energi fosil yang menyebabkan emisi karbon dapat terhentikan. Semua sektor dan pihak yang ahli dibidangnya diharapkan turut berpartisipasi dan berkontribusi dalam program ini sehingga kualitas hidup rakyat Indonesia dimasa mendatang dapat lebih baik dari masa kini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan Dan Konservasi Energi. 2016. *Statistik EBTKE 2016*. (Online). Diakses pada tanggal 28 Desember 2022.
- Komisi VII Dewan Perwakilan Rakyat Indonesia. 2021. *Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang tentang Energi Baru dan Terbarukan*. (Online). Diakses pada tanggal 28 Desember 2022.
- Badan Riset dan Inovasi Nasional. 2022. *BRIN: Indonesia Miliki Potensi Bahan Galian Nuklir yang Cukup untuk Dieksplorasi*. URL : <https://www.brin.go.id/news/111068/brin-indonesia-miliki-potensi-bahan-galian-nuklir-yang-cukup-untuk-dieksplorasi>. Diakses pada tanggal 28 Desember 2022.
- Humas Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. 2022. *Fase Pengembangan Nuklir Sebagai Sumber Energi Terbarukan Indonesia*. URL : [https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/10/25/3303/fase.pengembangan.nuklir.sebagai\\_sumber.energi.terbarukan.indonesia](https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/10/25/3303/fase.pengembangan.nuklir.sebagai_sumber.energi.terbarukan.indonesia). Diakses pada tanggal 28 Desember 2022.
- Humas Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. 2022. *Rencana Pengembangan Pembangkit Listrik Menuju Target Net Zero Emission*. URL : <https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/02/07/3075/rencana.pengembangan.pembangkit.listrik.menuju.target.net.zero.emission?lang=en>. Diakses pada tanggal 28 Desember 2022.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konversi Energi. 2022. *Informasi tentang PLTS*. URL : <https://p3tkebt.esdm.go.id/esmart/artikel>. Diakses tanggal 27 Desember 2022.
- Rina Sunarya, G. 2022. *PLTN dan “Net Zero” Emisi Karbon*. URL : <https://news.detik.com/kolom/d-6451444/pltn-dan-net-zero-emisi-karbon>. Diakses tanggal 28 Desember 2022.
- SunCurtain. 2020. *This Is Suncurtain*. URL : <https://www.suncurtain.solar/en/the-product/>. Diakses tanggal 27 Desember 2022.
- Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional.

Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional.

Peraturan Menteri ESDM Nomor 50 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik.

Peraturan Presiden RI Nomor 112 Tahun 2022 Tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik.

Artikel 19

## **Optimalisasi Konversi Energi dari Limbah Plastik secara Pirolisis Menggunakan Katalis ZnO Limbah Baterai**

Karya: Wulida Rayhani

(Mahasiswa Universitas Sebelas Maret – UNS, Surakarta), Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Email: wulidarayhani@student.uns.ac.id

Laporan dunia 2010 menyatakan bahwa konsumsi petroleum dan gas alam terus meningkat dengan pertumbuhan mencapai 1% dan 1,5% per tahun, Apabila penggunaan minyak dan gas terus dilakukan tanpa upaya konservasi dengan penggantian sumber energi alternatif, maka minyak dan gas hanya akan tersedia hingga 43 dan 167 tahun mendatang (Herliati dkk., 2019). Tak hanya itu, plastik juga meningkatkan polusi dan pemanasan global karena permasalahan limbahnya (Kale dkk., 2015). Diperlukan energi alternatif terbarukan yang mampu menggantikan peran minyak dan gas sebagai sumber energi. Konversi suatu komponen menjadi energi perlu memperhatikan aspek keberlanjutan dan keefektifan. Salah satu sumber dengan keberlanjutan dan keefektifan tinggi dalam konversi energi adalah polimer organik.

Plastik telah menjadi material penting dewasa ini. Plastik termasuk polimer organik sintesis atau semi-sintesis yang menjadi komponen sulit tergantikan sebab kelebihanannya yang berupa ringan, kuat, fleksibel, praktis, murah, tahan lama, dan tahan terhadap panas (Syamsiro, 2015). Kelebihan tersebut membuat plastik menjadi bagian tidak terpisahkan dalam kehidupan manusia lebih dari 50 tahun. Sekitar 360 juta ton plastik telah diproduksi pada 2018 dimana 50,1% berasal dari Asia, termasuk Indonesia (Filho dkk., 2021).

Produksi plastik secara global diperkirakan akan terus meningkat dari 300 juta ton di 2015 menjadi 1800 juta ton di 2050 (Jang dkk., 2020). Secara global hanya 18% sampah plastik yang didaur ulang, 24% dibakar, dan sisanya 58% tertimbun atau masuk ke ekosistem. Satu

botol plastik memerlukan waktu 70-450 tahun, bahkan beberapa media melaporkan bahwa ada plastik yang tidak terdegradasi sama sekali (Chamas dkk., 2020). Hal tersebut diperparah dengan bahan bakar fosil yang dijadikan sebagai bahan bakar utama dalam mobilitas penduduk di Indonesia. Oleh karena itu diperlukan upaya mengurangi limbah plastik dengan mendaur ulang salah satunya dengan mengubahnya menjadi energi alternatif pengganti bahan bakar minyak.

Plastik merupakan produk turunan minyak bumi, sehingga memiliki kandungan energi tinggi seperti bahan bakar pada umumnya. Berbagai jenis plastik seperti polipropilen, polietilen, dan polistiren memiliki nilai kalor yang setara dengan bahan bakar minyak bumi yang ditunjukkan pada Tabel 1 (Syamsiro, 2015). Sampah plastik berpotensi tinggi dalam konversi bakar minyak. Pemanfaatan sampah plastik ini diharap mampu menggantikan peran bahan bakar minyak sebagai sumber energi utama masyarakat dengan pertimbangan nilai ekonomis, serta membantu mengurangi dampak lingkungan dan pemanasan global yang disebabkan sampah plastik. Metode pengolahan yang telah terbukti efektif diterapkan pada bahan polimer organik adalah pirolisis.

Tabel 1. Nilai Kalor Plastik dan Bahan Bakar Minyak (Syamsiro, 2015)

| <b>Jenis Bahan</b> | <b>Nilai Kalor (MJ/kg)</b> |
|--------------------|----------------------------|
| Polietilen         | 43,3 – 46,5                |
| Polipropilen       | 46,50                      |
| Polistiren         | 41,90                      |
| Minyak tanah       | 46,50                      |
| Solar              | 45,20                      |
| Minyak berat       | 42,50                      |
| Minyak bumi        | 42,30                      |

Pirolisis merupakan proses degradasi termal material-material polimer organik tanpa melibatkan oksigen. Pirolisis berdasarkan pada pemutusan rantai senyawa kimia, sehingga akan dihasilkan senyawa baru dengan rantai ikatan yang lebih pendek (Pratiwi dan Dahani, 2015). Proses ini berlangsung pada suhu 500-800°C dengan produk berupa fraksi gas, cair, dan residu padatan. Pada suhu pirolisi, plastik akan meleleh lalu berubah menjadi gas. Rantai hidrokarbon pada plastik akan terpotong menjadi rantai pendek yang ketika proses pendinginan dilakukan, gas tersebut berubah menjadi cairan melalui kondensasi. Cairan itulah yang menjadi bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak (Syamsiro, 2015).

Reaksi yang terjadi pada proses pirolisis dikelompokkan menjadi tiga tahap yaitu permulaan, perambatan, dan penghentian (Pratiwi dan Dahani, 2015). Keuntungan pirolisis yaitu mengurangi volume limbah plastik di lingkungan dengan mengubahnya menjadi bahan bakar minyak sebagai sumber energi. Fraksi cair, padat, dan gas yang dihasilkan dapat dipakai sebagai bahan bakar dan bahan kimia sebagai *chemical feed stock*, sehingga mampu mengurangi permasalahan lingkungan (Naimah dan Aidha, 2017).

Karakteristik degradasi termal adalah reaksi yang berjalan lebih cepat dengan adanya katalis (Pratiwi dan Dahani, 2015). Kelebihan digunakan katalis yaitu mampu menurunkan fraksi cair dan meningkatkan fraksi gas yang akan dikondensasi menjadi minyak. Katalis berfungsi menurunkan temperatur reaksi, mempercepat reaksi, dan menghasilkan produk dengan atom karbon yang lebih spesifik dengan rantai hidrokarbon yang lebih ringan (Naimah dan Aidha, 2017). Berbagai katalis telah diterapkan pada pirolisis. Katalis nanopartikel ZnO memiliki hasil pirolisis produk cair mencapai 82,93% (Asmara dan Kholidah, 2019).

Keterbaruan inovasi yang diajukan adalah pada inovasi katalis nanopartikel ZnO yang disintesis dari limbah baterai berdasarkan *green concept*. Setidaknya terdapat 16% Zn dalam baterai bekas berdasarkan penelitian yang dilakukan Aziz dan Abdul pada 2021. Selain itu, limbah tersebut termasuk limbah berbahaya dan beracun bagi makhluk hidup

dan lingkungannya (Ratman dan Syafrudin, 2010). Sehingga, baterai perlu perlakuan khusus dalam pengelolaan limbah agar tidak mencemari lingkungan hidup. Pemanfaatan ZnO dari limbah baterai ini diharapkan dapat mengurangi dampak limbah berbahaya dan beracun, khususnya pada baterai.

ZnO merupakan material semikonduktor yang dapat disintesis dari limbah baterai primer 1,5 volt. Lempeng Zn yang telah dipisahkan dari komponen baterai lainnya, dibersihkan dari zat pengotor yang kemudian dipotong-potong untuk memperluas permukaan bidang sentuh. Selanjutnya lempeng Zn dilarutkan dengan HCl pekat sehingga dihasilkan larutan ZnCl<sub>2</sub> kemudian diendapkan dengan NaOH sehingga terbentuk ZnO setelah proses kalsinasi dilakukan. Proses pengambilan ZnO dari baterai tersebut dilakukan dengan metode presipitasi. Dipilih metode presipitasi sebab rendemen produk yang dihasilkan mencapai 92,18% (Shihab dkk., 2022).

Inovasi pirolisis limbah plastik menggunakan katalis ZnO limbah baterai bekas dianggap memberikan dampak positif terhadap penyelesaian masalah melimpahnya sampah plastik yang kurang diimbangi dengan pengolahan dan daur ulang. Dengan mengurangnya sampah plastik, dampak pemanasan global dan pencemaran akibat sampah plastik dapat menurun. Konversi plastik menjadi bahan bakar minyak diharapkan merupakan suatu perubahan dalam penggantian energi bahan bakar fosil menjadi bahan bakar yang lebih berkelanjutan. Pemanfaatan baterai bekas sebagai katalis pirolisis mempercepat proses dan mengurangi sampah baterai yang kurang diperhatikan. Diharapkan melalui inovasi ini, energi bersih dan terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan dapat semakin dekat untuk menjadi nyata dengan menjadikannya sebagai transisi pergantian bahan bakar minyak menjadi hidrogen.

## Daftar Pustaka

- Asmara, W. dan Kholidah, N. 2019. Pengaruh Jumlah Katalis Zn terhadap Hasil Pirolisis Limbah *Styrofoam* menjadi Bahan Bakar Cair. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2(1): 1-9.
- Aziz dan Abdul, R. 2021. Sintesis Nanopartikel Zinc Ferrite ( $ZnFe_2O_4$ ) dari Limbah Baterai melalui Metode Kopresipitasi untuk Mendegradasi Metilena Biru. *Sarjana Thesis. UIN Sunan Gunung Djati*: Bandung.
- Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., Abu-Omar, M., Scott, S. L., dan Suh, S. 2020. Degradation Rates of Plastic in the Environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8: 3494-3511.
- Filho, W. L., Salvia, A. L., Bonoli, A., Saari, U. A., Voronova, V., Kloga, M., Kumbhar, S. S., Olszewski, K., de Quevedo, D. M., dan Barbir, J. 2021. An Assessment of Attitudes Towards Plastics and Bioplastic in Europe. *Scientific of the Total Environment*, 755: 142732.
- Herliati, Prasetyo, S. B., dan Verinaldy, Y. 2019. Potensi Limbah Plastik dan Biomassa sebagai Sumber ENergi Terbarikan dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Teknologi*, 6(2): 85-98.
- Jang, Y. C., Lee, G., Kwon, Y., Lim, J. H., dan Jeong, J. J. 2020. Recycling and Management Practices of Plastic Packagin Waste Towards a Circular Economy in South Korea. *Resources, Conservation & Recycling*, 158: 104798.
- Kale, A. K., Deshmukh, A. G., Dudhare, M. S., dan Patil, V. B. 2015. Microbial Degradation of Plastic: A Review. *Journal Biochem Technology*, 6(2): 952-961.
- Naimah, S. dan Aidha, N. N. 2017. Karakteristik Gas Hasil Proses Pirolisis Limbah Plastik Polietilena (PE) dengan menggunakan Katalis *Residue Catalytic Cracking* (RCC). *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 39(1): 31-38.

- Pratiwi, R. dan Dahani, W. 2015. Pengaruh Penggunaan Katalis Zeolit Alam dalam Pirolisis Limbah Plastik Jenis HDPE menjadi Bahan Bakar Cair Setara Bensin. *Prosiding Semnastek*.
- Ratman, C. R. dan Syafrudin. 2010. Penerapan Pengelolaan Limbah B3 di PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 7(2): 62-70.
- Shihab, F., Hadisantoso, E. P., dan Setiadi, S. 2022. Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit ZnO?NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dari Limbah Baterai menggunakan Metode *Solid State* sebagai Fotokatalis Zat Warna Metilen Biru. *Gunung Djati Conference Series*, 15: 23-32.
- Syamsiro, M. 2015. Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis terhadap Kualitas Produk Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. *Jurnal Teknik*, 5(1): 47-56.

Artikel 20

## **Demokrasi Energi untuk Karbon Netral 2060: Pelibatan Masyarakat Dalam Kebijakan Transisi Energi di Indonesia**

Karya: Yassriani Almatshyva

(Mahasiswa Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta)

Email: yassriani@mail.ugm.ac.id

Energi merupakan salah satu sektor yang sangat krusial untuk ditransformasikan mengingat kontribusinya yang signifikan terhadap emisi global. PBB mencatat bahwa energi fosil yang terdiri dari batu bara, minyak, dan gas menyumbang lebih dari 75% emisi gas rumah kaca global dan hampir 90 persen dari seluruh emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Emisi gas rumah kaca yang menyelimuti bumi mengakibatkan pemanasan global dan perubahan iklim. Temperatur bumi yang meningkat secara eksponensial menyebabkan perubahan iklim yang semakin parah seharusnya menjadi desakan bagi negara-negara untuk segera beralih ke energi terbarukan dan mempercepat penurunan emisi karbon untuk menyukseskan Perjanjian Iklim Paris yang bertujuan untuk membatasi pemanasan global hingga di bawah 2-1,5 derajat celsius di atas (UNFCCC, 2015).

Sebagai negara tropis dengan kondisi geografis yang didominasi oleh perairan dan menjadi rumah bagi gunung api aktif terbanyak di dunia, Indonesia memiliki potensi besar untuk bertransisi ke energi terbarukan. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya (ESDM), potensi energi terbarukan di Indonesia mencapai 417,8 gigawatt (GW) dengan rincian: 17,9 GW dari arus laut samudera, 23,9 GW dari panas bumi, 32,6 GW dari bioenergi, 60,6 GW dari angin, 75 GW dari air, dan dari energi matahari sebesar 207,8 GW. Meskipun demikian, Indonesia masih memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap penggunaan bahan bakar fosil. Sektor energi menjadi kontributor emisi terbesar kedua setelah pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya (Kementerian Investasi RI, 2022). Energi fosil berkontribusi sebanyak

5% untuk PDB Indonesia pada tahun 2019 dan masih menjadi sumber utama (sekitar 88%) kapasitas listrik nasional (Huang, 2022).

Sementara itu, berdasarkan laporan PLN pada bulan Juni 2022, proporsi energi terbarukan di Indonesia baru mencapai 12.8% (Setiawan, 2022). Yang mana, persentase tersebut merefleksikan bahwa perkembangan energi terbarukan masih cenderung stagnan dan relatif jauh dari komitmen Indonesia. Merujuk pada Rencana Umum Energi Nasional, Indonesia menargetkan penggunaan EBT di bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Indonesia juga berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 29% secara independen dan 41% dengan bantuan internasional pada tahun 2030, serta mencapai netral karbon pada 2060.

Untuk mewujudkan komitmen ambisius tersebut, tentu transisi energi sangat dibutuhkan. Transisi energi berperan penting guna mengubah model produksi dan pasokan energi yang didominasi oleh energi fosil menjadi energi terbarukan melalui peningkatan konservasi energi dan energi efisiensi, serta menyesuaikan struktur industri (Lin & Cheng, 2022). Namun sejauh ini perkembangan energi terbarukan untuk mendorong transisi energi di Indonesia masih menemui hambatan. Ialnazov dan Keeley (2020) mengidentifikasi bahwa terdapat enam kategori hambatan dalam proses transisi energi di Indonesia, yaitu: 1) akses keuangan yang tidak memadai; biaya energi terbarukan yang mahal; 3) kurangnya tenaga kerja terampil; 4) infrastruktur fisik yang kurang berkembang; 5) kekuatan petahana dalam melobi untuk menolak transisi energi; dan 6) dukungan kebijakan yang tidak memadai. Karena beberapa faktor tersebut, ketahanan energi, akses energi, dan manfaat pembangunan ekonomi cenderung menjadi fokus orientasi pembuat kebijakan alih-alih pada mitigasi dampak perubahan iklim.

Lantas, bagaimana pemerintah dapat mengakselerasi upaya transisi energi dalam rangka mencapai karbon netral pada tahun 2060? Tulisan ini berargumen bahwa Indonesia dapat mengakselerasi upaya pengurangan emisi karbon dengan mengikutsertakan masyarakat dalam penyusunan dan implementasi kebijakan transisi energi.

Adapun langkah yang dapat dilakukan oleh pemerintah adalah dengan: 1) meningkatkan wawasan dan kesadaran masyarakat tentang energi berkelanjutan dan urgensi transisi energi; dan 2) memberikan dukungan dan kesempatan bagi masyarakat untuk memiliki kontrol atas pengembangan sumber energi. Argumen tersebut didasarkan pada konsep demokrasi energi yang mengacu pada seruan politik dan pelembagaan bentuk-bentuk penyediaan dan tata kelola energi yang lebih partisipatif (Becker & Naumann, 2017). Hal ini penting karena transisi energi bukanlah hal teknis semata. Melainkan juga terkait dengan rekonfigurasi sistem produksi, transportasi, dan distribusi energi yang harus mempertimbangkan aspek sosial dan lingkungan (Lin & Cheng, 2022).

Pertama-tama, untuk mendorong partisipasi publik dalam transisi energi, diseminasi pengetahuan sangatlah dibutuhkan. Pemerintah perlu untuk mengedukasi masyarakat akan isu energi terbarukan dan pentingnya transisi energi untuk mengatasi krisis iklim, misalnya dengan berkolaborasi bersama lembaga swadaya masyarakat (LSM), wadah pemikir, dan perguruan tinggi untuk menyelenggarakan sosialisasi dan kuliah umum, ataupun memasukan materi tersebut ke dalam kurikulum sekolah. Dengan berbekal pengetahuan yang cukup, maka masyarakat, terutama generasi muda, kiranya dapat semakin menyadari pentingnya energi terbarukan dan mengetahui peran mereka untuk terlibat dalam mewujudkan tujuan bersama.

Terlebih lagi, dengan Indonesia yang baru saja mendapat dukungan pembiayaan senilai AS\$500 juta AS dan lebih dari AS\$20 miliar AS untuk melakukan transisi energi melalui Mekanisme Transisi Energi (ETM) dan Kerja Sama Transisi Energi yang Adil (JETP) yang baru diperkenalkan pada saat penyelenggaraan G20 di Bali, maka konsep demokrasi energi menjadi relevan. Melalui demokrasi energi, proses transisi energi berfokus pada hak atas partisipasi publik yang lebih luas baik dalam aspek politik maupun ekonomi, dan mendorong pergeseran kepemilikan energi yang dapat dikontrol oleh publik (Kunze & Becker, 2014). Dalam hal ini, pemerintah Indonesia perlu memberikan ruang bagi publik dari berbagai latar belakang seperti peneliti, organisasi, dan

kelompok marjinal untuk menyuarakan kepentingan rakyat bersama agar keadilan prosedural dapat dipenuhi.

Dengan adanya partisipasi publik, masyarakat memiliki kesempatan untuk dapat mendorong pengelolaan energi mereka sendiri. Yang artinya juga dapat mengubah mode tradisional menjadi mode produksi listrik mandiri untuk mendorong pertumbuhan penggunaan energi terbarukan yang tak terbatas. Secara langsung maupun tidak langsung, hal tersebut akan mampu mendorong penciptaan nilai dan lapangan kerja yang kemudian dapat memberdayakan masyarakat dan perekonomian negara. Sebagai contoh konkret adalah inisiasi untuk mendorong produksi listrik yang diupayakan oleh organisasi kepemudaan di bidang energi terbarukan, yaitu *Society of Renewable Energy* (SRE) Indonesia. Beberapa proyek yang telah dijalankan adalah: 1) Pembangunan sistem agrofotovoltaik 1650 Wp untuk membantu petani di Garut dalam menyediakan akses listrik dekat sawah dengan sistem pompa air tenaga surya dengan baterai; 2) Pemasangan panel surya atap di Bekasi untuk menunjang produktivitas sistem hidroponik; dan 3) Pembuatan pohon *photovoltaics* surya untuk membantu warga desa di Mojokerto (SRE, 2021). Selain mendorong penggunaan energi hijau, proyek-proyek tersebut juga dapat memberdayakan masyarakat dan menunjang produktivitas ekonomi.

Sehingga, dengan adanya potensi energi terbarukan yang besar dan tersedianya dukungan pembiayaan yang memadai kiranya dapat menjadi modalitas untuk menerapkan konsep demokrasi energi di Indonesia. PLN perlu segera meninggalkan bahan bakar fosil dan beralih ke energi terbarukan alih-alih menambah pembangunan PLTU batu bara yang menurut peneliti di *Trend Asia* diproyeksi akan menghasilkan 107 juta ton emisi CO<sub>2</sub> per tahun (Jong, 2021). PLN dapat berkolaborasi dengan berbagai organisasi dan institusi dalam upaya proses transisi energi agar energi terbarukan dapat menjangkau rakyat luas dan tersebar secara merata. Yang pada akhirnya, langkah-langkah tersebut dapat mendorong upaya akselerasi dekarbonisasi yang lebih ambisius untuk mencapai netral karbon pada 2060.

## Daftar Pustaka

- Becker, S., & Naumann, M. (2017). Energy democracy: Mapping the debate on energy alternatives. *Geography Compass*, 11(8), e12321.
- Energi Terbarukan: Energi untuk Kini dan Nanti*. Institute for Essential Services Reform. (2017, May). Retrieved November 23, 2022, from [https://www.iesr.or.id/wp-content/uploads/2018/11/COMS-PUB-0001\\_Briefing-Paper-1\\_Energi-Terbarukan.pdf](https://www.iesr.or.id/wp-content/uploads/2018/11/COMS-PUB-0001_Briefing-Paper-1_Energi-Terbarukan.pdf)
- Harnessing Renewable Energy Investment Sector in Indonesia*. Kementerian Investasi RI. (2022). Retrieved November 16, 2022, from <https://www.bkpm.go.id/en/publication/detail/news/harnessing-renewable-energy-investment-sector-in-indonesia>
- Huang, J.-A. (2022, April 14). *Turning nickel into EV batteries: Indonesia wants to take its mining industry to the next level*. CNBC. Retrieved November 16, 2022, from <https://www.cnbc.com/2022/04/14/indonesia-wants-to-stop-exporting-minerals-make-value-added-products.html>
- Ialnazov, D., & Keeley, A. (2020, July). Motivations, Enabling Factors and Barriers to the Energy Transition in Indonesia and Vietnam. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 505, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.
- Jong, H. N. (2021, June 8). *Indonesia to retire coal-fired power plants while also adding more*. Mongabay Environmental News. Retrieved November 18, 2022, from <https://news.mongabay.com/2021/06/indonesia-to-retire-coal-fired-power-plants-while-also-adding-more/>
- Kunze, C., & Becker, S. (2014). *Energy democracy in Europe*. Rosa Luxemburg Foundation, Brussels.
- Lin, T. L., & Cheng, F. T. (2022). Energy Democracy and Energy Transition in Taiwan. *Energy Transition and Energy Democracy in East Asia*, 67.
- Moodley, P., & Trois, C. (2021). Lignocellulosic biorefineries: the path forward. In *Sustainable Biofuels* (pp. 21-42). Academic Press.

- Ritchie, H., & Roser, M. (2020, May 11). *Emissions by sector*. Our World in Data. Retrieved November 16, 2022, from <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
- Setiawan, V. N. (2022, July 1). *Capaian Bauran energi hijau Juni 2022 baru 12,8%*. CNBC Indonesia. Retrieved November 16, 2022, from <https://www.cnbcindonesia.com/news/20220701174802-4-352304/capaian-bauran-energi-hijau-juni-2022-baru-128>
- Society of Renewable Energy: Our Projects*. Society of Renewable Energy | Our Projects. (2021). Retrieved November 21, 2022, from <https://www.sre.co.id/projects>
- The Paris Agreement*. UNFCCC. (2015). Retrieved November 16, 2022, from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> United Nations. (n.d.). *Causes and effects of climate change*. United Nations. Retrieved November 21, 2022, from <https://www.un.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change#:~:text=Fossil%20fuels%20%E2%80%93%20coal%2C%20oil%20and,of%20all%20carbon%20dioxide%20emissions>



Karya-Karya Terbaik Siswa  
Sekolah Menengah Atas

# KATEGORI ENERGI



Artikel 21

## Teknologi Biodrying: Harapan Indonesia Menuju Net Zero Emission

Karya: Akmal Zuhdi

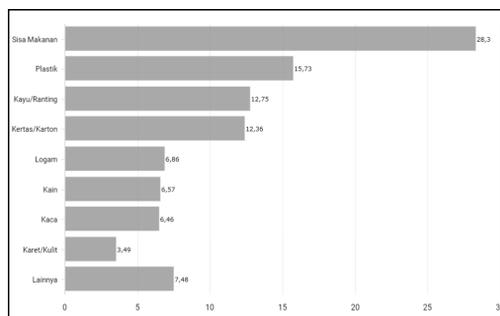
(Siswa SMA Islam PB Soedirman, Bekasi)

Email: akmalzuhdi135@gmail.com

*“Aku tinggalkan Kekayaan alam Indonesia, biar semua negara besar dunia iri dengan Indonesia, dan aku tinggalkan hingga bangsa Indonesia sendiri yang mengolahnya.” -Ir. Soekarno*

Indonesia, negara dengan jumlah penduduk terbanyak keempat, sekitar 274 juta. Tingginya jumlah penduduk tersebut membuat produksi sampah nasional mencapai 175.000 ton per hari. Sampai sekarang ini, persoalan sampah di Indonesia belum menemukan titik terang untuk penanganannya, hal ini menyebabkan terancamnya target nol emisi.

Sebanyak 67,2 juta ton sampah masih menumpuk setiap tahunnya, 9 persennya masuk ke sungai, danau, dan laut berdasarkan data dari Indonesia National Plastic Action Partnership pada tahun 2020 (Kompas, 2021). Ironisnya, penumpukan sampah-sampah tersebut akan naik dua kali lipat pada tahun 2050. Di sisi lain, ini menjadi potensi besar sebagai sumber daya seperti sumber energi dan bahan yang dapat di daur ulang.



Grafik Komposisi Sampah di Indonesia Tahun 2021 (Dihni, 2022)

Komposisi sampah nasional didominasi oleh sampah organik (sampah makanan, kayu ranting daun) dengan persentase sekitar 28,3% dari total produksi sampah nasional pada tahun 2021 (Dihni, 2022). Pengelolaan limbah selain sampah sisa makanan dapat didaur ulang, seperti plastik, kertas, logam, dan kaca yang dilakukan dengan cara penyortiran mekanik atau manual. Tetapi sampah sisa makanan tidak dapat disortir atau didaur ulang menjadi barang baru, hal ini dikarenakan sampah sisa makanan mengandung kadar air yang sangat tinggi sebesar 74,5% yang dapat menimbulkan pencemaran pada lingkungan (Purwono, et al., 2016).

Dengan menggunakan teknologi biodrying, sampah sisa makanan dapat didaur ulang menjadi bahan bakar industri. Singkatnya biodrying merupakan teknologi untuk menurunkan kadar air pada material organik dengan bantuan mikroorganisme yang meningkatkan suhu pada proses penguraian secara alami. Dengan proses ini, kadar air dapat diturunkan dari 60% hingga kurang dari 20% dalam jangka waktu kurang dari sebulan, berbeda dengan teknologi komposting konvensional yang membutuhkan waktu sekitar dua sampai tiga bulan (Ramadan, n.d.).

Tahap pertama dari proses biodrying adalah memisahkan sampah yang tercampur dari material inert seperti kaca, kayu, karet, plastik, dan B3. Kemudian, sampah dialirkan ke ruang pencacahan dan diperangkap dalam ruang tertutup dan ditiupkan oksigen secara terus menerus dengan debit tertentu untuk mendukung proses aerobik selama 14-21 hari. Suhu dalam ruangan biodrying dapat menyentuh 70°C yang merupakan efek eksotermal dari proses pengolahan sampah secara aerobik (C.A. Velis, 2009). Hasil dari proses ini adalah bahan bakar yang biasa disebut refuse derived fuel (RDF). RDF merupakan material yang sering digunakan sebagai bahan bakar boiler di industri. Potensi energi dari RDF dengan bahan baku sampah kota adalah 15 MJ/kg atau hampir sama dengan batu bara yaitu sebesar 26,47 MJ/kg (Ramadan, n.d.). Di Indonesia, teknologi biodrying telah diuji cobakan oleh produsen Semen Tiga Roda, PT Indocement Tungal Prakasa (ITP) Tbk, Citeureup, Kabupaten Bogor, di Tempat Pembuangan Sampah Terpadu Nambo (Kusmayadi, 2015).

Hingga saat ini, Indonesia masih belum banyak yang memanfaatkan dan menerapkan teknologi biodrying secara optimal. Kesulitan dalam menyortir sampah menjadi salah satu faktor yang menghambat penerapan teknologi biodrying di Indonesia. Masalah itu merupakan hal yang wajar di Indonesia, mengingat kebiasaan masyarakat yang membuang sampah tidak pada tempatnya dan kurangnya tempat sampah dengan label khusus (organik, anorganik, dan B3) di tempat umum. Mengatasi masalah tersebut, sebaiknya pihak yang berwenang mengembangkan dan memperbanyak tempat sampah dengan teknologi pengambilan gambar yang akan membantu proses pengelompokan sampah secara otomatis. Sebelum itu, perlu memasukan gambar-gambar dari berbagai macam sampah dalam sistem komputer agar dapat mengenali jenis-jenis sampah berdasarkan pola gambarnya. Ketika sampah berhasil terdeteksi, tempat sampah akan merespons untuk membuka salah satu jenis tutup sampah. Penggunaan tempat sampah ini akan memudahkan dan mempersingkat waktu dalam memilah sampah yang akan digunakan dalam teknologi biodrying.

Teknologi biodrying terbukti ampuh dalam mengatasi permasalahan sampah di Indonesia. Penggunaan teknologi biodrying akan lebih efektif dan efisien bagi industri karena tidak perlu menggunakan bahan bakar fosil yang biayanya mahal namun menggunakan energi yang bahan bakunya mudah didapat. Di sisi lain, penerapan teknologi biodrying juga akan mengurangi ketergantungan industri di Indonesia pada bahan bakar fosil seperti batu bara dan turut membantu program target nol emisi.

Dukungan dan kerja sama antara pemerintah, pengelola industri, dan masyarakat diperlukan untuk menyukseskan penerapan teknologi biodrying sebagai solusi dari permasalahan sampah di Indonesia, sehingga kita dapat menjadi bangsa yang terbebas dari sampah dan bahan bakar fosil.

## References

- C.A. Velis, P. L. G. D. R. S. S. P., 2009. Biodrying for mechanical-biological treatment of wastes: A review of process science and engineering. *Bioresource Technology*, 100(11), pp. 2747-2761.
- Dihni, V. A., 2022. *Komposisi Sampah di Indonesia Mayoritas Sisa Makanan*. [Online] Available at: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/08/komposisi-sampah-di-indonesia-mayoritas-sisa-makanan> [Accessed 17 November 2022].
- Kompas, 2021. *Masalah Sampah Indonesia Ancam Target Nol Emisi, Kok Bisa?*. [Online] Available at: <https://www.kompas.com/sains/read/2021/10/29/130000623/masalah-sampah-indonesia-ancam-target-nol-emisi-kok-bisa-?page=all> [Accessed 16 November 2022].
- Kusmayadi, I., 2015. *Teknologi biodrying dianggap solusi masalah sampah Jakarta*. [Online] Available at: <https://www.merdeka.com/peristiwa/teknologi-biodrying-dianggap-solusi-masalah-sampah-jakarta.html> [Accessed 16 December 2022].
- Pranita, E., 2021. *Masalah Sampah Indonesia Ancam Target Nol Emisi, Kok Bisa?*. [Online] Available at: <https://www.kompas.com/sains/read/2021/10/29/130000623/masalah-sampah-indonesia-ancam-target-nol-emisi-kok-bisa-?page=all>
- Purwono, Hadiwidodo, M. & Rezagama, A., 2016. PENERAPAN TEKNOLOGI BIODRYINGDALAM PENGOLAHAN SAMPAH HIGH WATER CONTENTMENUJU ZERO LEACHATE. *Jurnal Presitipasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, Volume 13, p. 6.
- Ramadan, B. S., n.d. *Mengubah Sampah Perkotaan Menjadi Energi dengan Teknologi Biodrying*. [Online] Available at: <https://warstek.com/biodrying/> [Accessed 16 December 2022].



Artikel 22

## Efektifitas Alat Press Hidrolik Manual Pencetak Briket Terhadap Mutu Fisik Biobriket Kulit Buah Nipah

Karya: Ardi

(Siswa SMK Negeri 1 Suak Tapeh, Banyuasin, Sumatera Selatan)

Email: ardi270707@gmail.com



Gambar 1. Habitat dan Spesies Tanaman Buah Nipah (*Nyfa fruticans*)

(Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2022)

Kawasan hutan *mangrove* di kawasan pesisir Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan secara ekologis telah mengalami kerusakan dengan mengalami penyusutan hampir 40% dalam tiga puluh tahun terakhir (Basuki, dan Putri, 2019). Salah satu penyebab kerusakan vegetasinya adalah penebangan liar kayu hutan *mangrove* untuk bahan bakar rumah tangga dan industri skala rumah tangga (Paramita, 2019). Sangat disayangkan ‘pembiaran’ kerusakan hutan untuk komersil. selain menyebabkan hilangnya ekosistem hutan *mangrove* juga dapat meningkatkan resiko bencana alam dan mengancam kepunahan masal

hutan *mangrove* dari muka bumi mengingat hutan *mangrove* adalah ekosistem yang langka di dunia yang luasnya 'hanya' 2% dari permukaan bumi (Janwar, 2015).

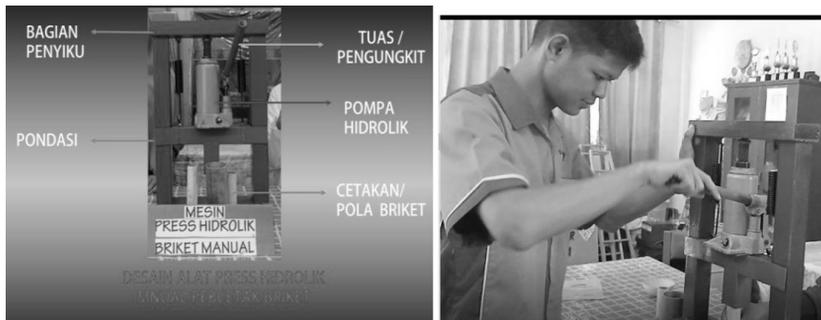
Tim Peneliti SMK Negeri 1 Suak Tapeh memberikan solusi efektif melalui inovasi rancang bangun Alat *Press* Hidrolik Manual pencetak Briket. Alat ini dimanfaatkan untuk mencetak biobriket dari limbah kulit Buah Nipah (*Nypa fruitican*). Buah Nipah merupakan tanaman asli hutan *mangrove* sebagai tanaman palem yang tumbuh di rawa-rawa *mangrove*. Biobriket sebagai biomassa dapat menjadi pengganti kayu bakar untuk memasak skala rumah tangga masyarakat kawasan pesisir. Biobriket kulit Buah Nipah sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan, ketersediaan bahan bakunya berkelanjutan (dapat diperbarui), murah, dan berbahan baku 'non kayu' sehingga tidak merusak vegetasi hutan *mangrove*.

Pemilihan kulit Buah Nipah sebagai bahan baku briket dikarenakan (1) komposisi kimianya yakni selulosa 42% dan lignin 27%, hampir sama dengan tempurung kelapa yang dikenal baik untuk dijadikan briket (Mulyadi dkk, 2013). (2) Ketersediaan kulit Buah Nipah juga melimpah mengingat 10 % dari komposisi hutan *mangrove* kawasan pesisir Kabupaten Banyuasin adalah Tanaman Nipah (Sari dkk, 2019). (3) Kulit Buah Nipah jumlahnya melimpah dan belum dimanfaatkan secara komersial karena buahnya yang dimakan dan kulitnya dibuang begitu saja.

Proses pembuatan briket *biomassa* dibutuhkan alat *press* untuk mencetak briket. Briket yang dibuat harus padat dan strukturnya rapat. Hal ini selain berpengaruh besar terhadap kepadatan dan struktur briket, juga berpengaruh terhadap kualitas briket sebagai bahan bakar (Aisyah dkk, 2017). Alat *press* hidrolik pencetak briket yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki kelebihan seperti: (1) teknologi untuk membuatnya sederhana sehingga mudah direkayasa, (2) operasional alat mudah tidak memerlukan keahlian khusus, (3) mudah perawatan, (4) Alat ini dioperasikan secara manual (bukan listrik atau diesel), hal ini lebih diterima masyarakat karena daerah pesisir masih kekurangan pasokan listrik, (5) Biaya pembuatan alat murah, dan (6) Alat mudah

dibawa (*portable*) karena desain minimalis dan tidak terlalu berat. Berbagai kelebihannya diharapkan bisa diterapkan ke masyarakat luas sebagai teknologi tepat guna (TTG) untuk skala industri kecil dan rumah tangga dengan harapan terwujudnya kemandirian energi berbasis masyarakat.

Rancang bangun alat *press* hidrolik pencetak briket yang dikembangkan pada penelitian ini, terbuat dari besi balok dan siku sebagai kaki dan pondasi alat, pompa hidrolik kapasitas angkut 3 ton, baut dan sekrup serta tuas pengungkit sebanyak 2 buah dan dilengkapi alat pencetak berupa pipa pralon dengan diameter 5,5 centimeter dan tinggi 6 centimeter. Alat pengepress manual dibuat dengan ukuran lebar 50 centimeter dan tinggi 70 centimeter serta berat 8 kilogram Besar tekanan sekitar  $200 \text{ kg/cm}^2$  -  $300 \text{ kg/cm}^2$  Proses penekanan dengan tenaga manusia (operator) sehingga tekanan yang dipergunakan untuk pengepress briket tidak konstan dan kepadatan struktur briket juga tidak seragam seperti pada gambar 2.



**Gambar 2. Alat Press Hidrolik Manual Pencetak Briket  
(Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2022)**

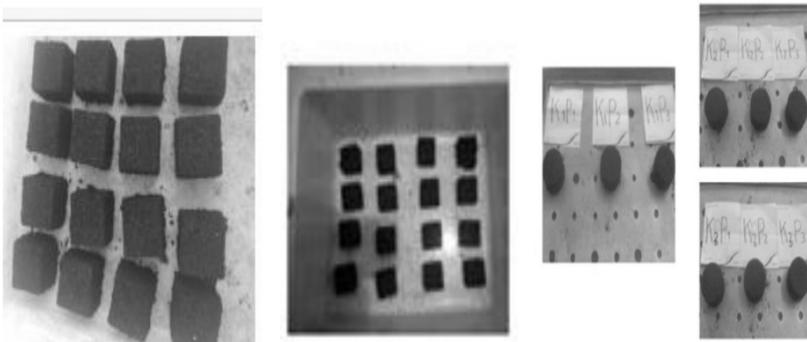
Pengujian alat press hidrolik saat pembuatan biobriket kulit Buah Nipah dilakukan untuk mengetahui apakah perancangan memenuhi kriteria atau tidak. Hasil pengujian dalam pembuatan biobriket dari mulai memasukkan adonan sampai mengambil briket yang sudah jadi membutuhkan waktu 2 menit 20 detik, alokasi waktu dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Alokasi Waktu Percetakan Briket Tiap Komponen**

| Proses   | Waktu            |
|--|------------------|
| Menaikan penekan   | 6 detik          |
| Memasang cetakan pada tempatnya                                    | 4 detik          |
| Memasukkan adonan ke cetakan                                       | 30 detik         |
| Menurunkan penekan dan melakukan pengepresan dengan pompa hidrolis | 35 detik         |
| Mengeluarkan briket dan diletakkan pada wadah                      | 50 detik         |
| Membersihkan cetakan   | 5 detik          |
| Perispan untuk melakukan percetakan lagi                           | 10 detik         |
| <b>Total</b>   | <b>140 detik</b> |

**Data diolah**

Karakter fisik biobriket kulit Buah Nipah dihasilkan berwarna hitam, berat berkisar 20 - 30 gram dengan dua macam model cetakan lingkaran (diameter 3 cm) dan persegi (sisi 2 centimeter) Sebagaimana terlihat pada gambar 3.

**Gambar 3. Tampilan Fisik Biobriket Kulit Buah Nipah**

(Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2022)

Efektifitas alat press hidrolik pencetak biobriket dianalisis berdasarkan mutu fisik biobriket dari kulit Buah Nipah dibandingkan standar biobriket biomassa sebagai bahan bakar (SNI 01-6235-2000). Hasilnya Kadar air yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 3,45-5,56%. Biobriket yang dihasilkan telah sesuai dengan SNI dimana kadar air briket arang menurut SNI 01-6235-2000 yaitu maksimal 8%. Kadar abu yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu berkisar antara 7,48 -7,94%. Biobriket yang dihasilkan telah sesuai dengan SNI dimana kadar air briket arang menurut SNI 01-6235-2000 yaitu maksimal 8%. Nilai kalor briket kulit buah nipah adalah 5400 kal /g dan sudah sesuai dengan SNI-01-6235-2000 yakni sebesar 5000 kal / g. Pengujian Laju pembakaran biobriket seberat 10 - 20 gram dari awal pembakaran sampai menjadi abu adalah 0.5 jam - 0,7 jam. Warna nyala merah bercampur kuning belum berwarna biru ditandai dengan asap yang cukup banyak dan nilai kalor yang tidak terlalu tinggi.

Kelayakan alat Press Hidrolik Manual Pencetak Briket untuk dikembangkan ditinjau dari biaya pembuatan sebagaimana ditampilkan pada tabel 2.

**Tabel 2. Estimasi Biaya Pembuatan Alat Press Hidrolik Pencetak Briket**

| <b>No</b>    | <b>Nama Barang</b>           | <b>Harga</b>         |
|--------------|------------------------------|----------------------|
| 1            | Dongkrak pompa hidrolik      | Rp 207.000,00        |
| 2            | Besi siku 4 cm x 4 cm x 6 cm | Rp 120.000,00        |
| 3            | Pegas untuk penekan          | Rp 20.000,00         |
| 4            | Pipa pralon untuk pencetak   | Rp 10.000,00         |
| 5            | Biaya pengelasan             | Rp 40.000,00         |
| 6            | Cat 2 warna                  | Rp 20.000,00         |
| <b>Total</b> |                              | <b>Rp 417.000,00</b> |

Berdasarkan tabel 2 biaya pembuatan alat press hidrolik Rp 417.000, 00 harga ini jauh lebih murah dari alat sejenis buatan pabrik yang harganya bisa mencapai 20 jutaan. Berdasarkan kajian di atas juga dapat dinyatakan efektifitas Alat Press Hidrolik Manual Pencetak Briket baik, berdasar harga pembuatan murah dan berdasarkan mutu briket sudah memenuhi SNI briket sebagai bahan bakar (SNI 01-6235-2000). Beberapa kegiatan saat penelitian ditampilkan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Kegiatan Penelitian (Sumbr: Dokumentasi Peneliti, 2022)

### Daftar Pustaka

- Aisyah., Saifullah., Satya. (2017). *Proses Desain dan Pengujian Mesin Press Hidrolik Briket Limbah Bambu*. Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA): 1-6
- Basuki., dan Putri. (2019). *Inovasi Masyarakat Lokal terhadap Pemanfaatan Hutan Mangrove di Tanjung Api-Api Kecamatan Banyuasin II Kabupaten Banyuasin*. Jurnal Geografi Vol 8 No 2 Tahun 2019: 71-77.
- Janwar., (2015). *Biodiversitas Mangrove di Desa Bontolebang Kabupaten Kepulauan Selayar*. Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam negeri Alaudin Makasar.
- Paramita., (2019). *Pemanfaatan Berbagai Jenis Buah Mangrove Sebagai Sumber Pangan Berkarbohidrat Tinggi*. Seminar Nasional 2019 Jurusan PTBB FT UNY:1-10.
- Sari., Safe'i., dan Iswandanu., (2019). *Biodiversitas sebagai Salah Satu Indikator Kesehatan Hutan Mangrove*. Jurnal Parenial Tahun 2019 Vol 15 No 2: 62-66.

Artikel 23

## **Transformasi Bangsa Menuju SDGs 2030 Melalui Kontribusi Kepemudaan Dalam Implementasi Kebijakan *Net Zero Emission***

Karya: Aurisa Putri Hawin Yusima  
(Siswa SMA Negeri 1 Sragen, Jawa Tengah)  
Email: aurisaputri738@gmail.com

### Pendahuluan

Masyarakat kerap mengeluhkan cuaca yang panas dan iklim yang kian hari kian tak menentu. Anak-anak yang kesehatannya terdampak pun turut mengaduh, serta petani yang mengalami gagal panen ikut menyampaikan keresahannya pada pemerintah. Kerugian-kerugian yang dialami oleh rakyat Indonesia serta adanya potensi kerugian lebih lanjut yang disebabkan oleh fenomena pemanasan global mendorong Indonesia untuk mengukuhkan komitmen *Net Zero Emission*. *Net Zero Emission* sendiri merujuk pada kondisi dimana jumlah emisi karbon yang dilepaskan ke atmosfer tidak melebihi jumlah emisi yang mampu diserap oleh bumi (PPSDMA KESDM, 2022). Hal tersebut tentu saja menuntut transisi total dari setiap sektor pembangunan, pemerintah diminta untuk memfokuskan setiap daya dan upaya yang ada untuk mewujudkan komitmen tersebut. Tentu saja dengan terbatasnya sumber daya manusia dari pemerintah untuk mengimplementasikan hal tersebut maka sudah sewajarnya generasi muda Indonesia sebagai roda penggerak kemajuan Bangsa mulai mengalirkan visi cerdasnya dan berkontribusi dalam implementasi kebijakan *Net Zero Emission*. Masa depan yang lebih baik akan berada dalam genggaman apabila para pemuda Indonesia turut andil dalam pembangunan bangsanya.

### Pembahasan

Keberadaan *Net Zero Emission* dalam kancah internasional telah didengungkan sejak terlahirnya *Paris Agreement*, pada Perjanjian Paris pasal 4.1 telah ditetapkan bahwasanya “Para pihak berketetapan

untuk mencapai puncak emisi gas rumah kaca global secepat mungkin... sehingga mencapai keseimbangan antara emisi dari sumber antropogenik dan serapan dari rosot gas rumah kaca pada pertengahan kedua abad ini..." (Lang, 2022). Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh Indonesia sendiri sebanyak 1,86 miliar ton karbon dioksida ekuivalen (CO<sub>2</sub>e) pada tahun 2019 (Ahdiat, 2022). Hal ini tentu saja perlu secepatnya dikurangi menilik hanya dengan jumlah penduduk yang diproyeksikan mencapai 267 juta jiwa telah menghasilkan sebanyak 1,86 miliar ton emisi gas rumah kaca, apabila jumlah emisi gas rumah kaca tidak segera dipangkas pada tahun-tahun selanjutnya maka dapat berakibat pada meningkatnya pemanasan global dan memperparah fenomena perubahan iklim. Hal ini dapat dilihat sebagai katalis bagi Indonesia untuk merumuskan sebuah kebijakan yang selain dapat mendatangkan keuntungan bagi negara juga mampu turut andil dalam gerakan pengurangan emisi global.

Pemerintah telah mencanangkan berbagai kebijakan yang menyangkut *Net Zero Emission*, diantaranya ialah adanya transisi energi bersih, regulasi pasar karbon, dan pembangunan rendah karbon (PPID KLHK, 2021). Kontribusi yang dilakukan oleh pemuda pemudi Indonesia terhadap kebijakan-kebijakan tersebut dapat memberikan hasil yang signifikan, menilik masifnya generasi muda Indonesia saat ini dengan persentase 24% dari jumlah penduduk Indonesia (BPS, 2022). Menengok dari kemampuan pemuda Indonesia masa ini dalam memanfaatkan teknologi untuk berbagai aspek kehidupan serta kecenderungan untuk memilih sistem yang dinilai efektif dan efisien sehingga dapat memudahkan kehidupan sehari-harinya maka dapat ditinjau bahwa apabila kebijakan-kebijakan yang telah dibuat oleh pemerintah berdasarkan pada komitmennya dalam mengurangi emisi gas rumah kaca maka di

tangan generasi muda implementasinya akan mengandung percikan-percikan efektivitas dan efisiensi sebagai hasil dari buah interpretasi mereka. Sebagai generasi yang tumbuh dalam lingkup lingkungan global, maka tidak dapat dipungkiri apabila penggunaan teknologi yang ekstensif dapat memudahkan muda mudi Indonesia

dalam menerapkan dan melaksanakan kebijakan yang telah dibuat, seperti transisi energi bersih yang sumber energinya berasal dari sinar matahari, pemuda Indonesia dapat dengan mudah beradaptasi dan mempersuasi orang lain untuk turut menggunakannya. Regulasi pasar karbon dengan kebijakan *carbon pricing*nya dapat dimanfaatkan oleh start-up anak bangsa untuk digunakan sebagai model usaha.

Generasi muda yang kental akan modernitas akan memanfaatkan setiap kemudahan yang ada dalam setiap kebijakan dan turut memberikan kontribusinya dalam bentuk kepatuhan kebijakan dan implementasi yang lebih luas lagi dari sebelumnya. Masa depan yang lebih baik lagi dengan stabilnya emisi global dan mungkin saja sebuah inovasi yang tercipta dari tangan-tangan generasi muda. Sebuah lingkungan futuristic yang mengedepankan efektivitas dan efisiensi dari sistem kerja yang ada dan kecenderungan untuk berinovasi terus menerus untuk sebuah hasil yang lebih baik lagi.

#### Penutup

Generasi muda yang telah tersentuh oleh teknologi sejak masa kecilnya memiliki kemungkinan terbesar untuk membawa masa depan ke sebuah garis waktu yang dipenuhi dengan inovasi. Teknologi yang semakin maju di masa depan yang tentu akan memudahkan umat manusia akan berasal dari tangan-tangan para generasi penggerak pembangunan. Sektor pembangunan yang ramah lingkungan akan tercipta dari tangan-tangan mereka. \*\*\*

## Daftar Pustaka

- Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Aparatur Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2022. "Berkenalan Dengan Net Zero Emission." Diakses pada 28 Desember 2022. <https://ppsdmaparatur.esdm.go.id/seputar-ppsdma/berkenalan-dengan-net-zero-emission>
- Lang, John. 2022. "Net Zero: A short history." Energy & Climate Intelligence Unit. Diakses pada 28 Desember 2022. <https://eciu.net/analysis/infographics/net-zero-history>
- Ahdiat, Adi. 2022. "Emisi Gas Rumah Kaca RI Paling Banyak dari Sektor Energi." Databoks Katadata, 11 Agustus. Diakses pada 28 Desember 2022. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/08/11/emisi-gas-rumah-kaca-ri-paling-banyak-dari-sektor-energi>
- Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. "Perpres Nilai Ekonomi Karbon Dukung Pencapaian NDC Indonesia." Diakses pada 28 Desember 2022. <http://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/6269/perpres-nilai-ekonomi-karbon-dukung-pencapaian-ndc-indonesia>
- Badan Pusat Statistik, 2022. "Statistik Pemuda Indonesia 2022." Diakses pada 28 Desember 2022. <https://www.bps.go.id/publication/2022/12/27/6791d20b0b4cadae9de70a4d/statistik-pemuda-indonesia-2022.html>



Artikel 24

## **Inovasi Kurikulum Hijau dan Peran Pemerintah Terhadap Kontribusi para Pemuda dalam Perwujudan Green Era**

Karya: Chelsea Alivia

(Siswa SMA Negeri 1 Palembang)

Email: celsiolivia535@gmail.com

Tahun 2022 telah usai, dan usia bumi semakin menua. Namun masih banyak beredar isu-isu lingkungan, krisis, perubahan iklim, energi terbarukan yang belum juga terselesaikan. Pergerakan aksi peduli lingkungan pun masih sedikit dan terlihat pasif, baik di media maupun di kehidupan langsung. Walaupun pada bulan April yang lalu, media telah digemparkan oleh sebuah video viral yang menunjukkan aksi demo yang telah dilakukan oleh para ilmuwan NASA, yang menyampaikan betapa parahnya kondisi bumi saat ini. Mereka menyatakan bahwa manusia hanya memiliki waktu sisa 3 tahun untuk menyelamatkan bumi setelah menyaksikan krisis dan dampak perubahan iklim yang terjadi secara besar dan berkala di beberapa dekade akhir.

Terlihat salah satu ilmuwan NASA bernama Peter Kalmus menjelaskan kondisi bumi saat ini menurut laporan IPCC yang baru, disebutkan bahwa emisi dari infrastruktur energi fosil saat ini dan yang direncanakan sudah lebih dari dua kali lipat jumlah yang akan mendorong planet ini mengalami pemanasan global lebih dari 1,5 derajat Celsius. Hal itu tentu akan menyebabkan tingkat pemanasan yang dimana dapat membawa lebih banyak dampak yang lebih parah lagi dari dampak sebelumnya.

Mengetahui dari Peter, bahwa manusia hanya memiliki sisa waktu 3 tahun untuk menyelamatkan bumi, yang apabila dalam kurun waktu tersebut belum juga ada perubahan maka hal mengerikan dan perubahan iklim ekstrim dapat terjadi di tahun 2025 nanti. Maka sudah demikian, bahwa betapa pentingnya isu ini untuk terus dibahas dan betapa penting

dan gentingnya untuk segera dilakukan aksi pergerakan terhadap isu ini.

Lantas apa penyebab dari masih banyaknya beredar isu-isu lingkungan, krisis, perubahan iklim, energi terbarukan yang belum kunjung terselesaikan dan pergerakan aksi peduli lingkungan yang masih sedikit dan terlihat pasif ini?

Penyebabnya adalah karena masih kurangnya pemahaman dan sikap kritis terhadap dampak yang terjadi akibat perubahan iklim. Sehingga munculnya sikap ketidakpedulian dalam menghadapi isu lingkungan dan perubahan iklim. Kurangnya pemahaman dan kurang tumbuhnya sikap kritis, diakibatkan oleh faktor pendidikan. Faktor pendidikan berupa akibat dari kurangnya akses, lemahnya dan ketidakefektifannya program pendidikan dalam melakukan sosialisasi dan pengajaran.

Kurangnya akses program pendidikan terhadap ketidakpedulian pada lingkungan dapat dibuktikan dari contoh pada daerah pemukiman kumuh. Pada daerah pemukiman kumuh, yang rata-rata penduduknya tidak bersekolah atau lulusan pendidikan tingkat rendah seperti SD-SMP.

Contohnya pada daerah tempat tinggalku sendiri, yaitu di daerah Seberang Ulu kota Palembang. Pada daerah yang mengarah/dekat dengan sungai, terlihat kondisi lingkungannya yang kotor, sampah berserakan di pinggir jalan, sampah beragam jenis tercemar di sungai dan anak sungai sampai airnya berwarna coklat hingga hitam, dan penggunaan bahan plastik kresek yang masih beredar, padahal sudah ada seruan dari pemerintah untuk tidak lagi menggunakan barang berbahan plastik kresek.

Lemahnya dan ketidakefektifannya program pendidikan dalam melakukan sosialisasi dan pengajaran terhadap isu lingkungan juga dapat dibuktikan dari contoh pada para pelajar di sekolah yang masih tidak patuh dalam membuang sampah di lingkungan sekolahnya.

Selain itu dapat juga dilihat dari ada atau tidaknya sikap kritis yang timbul selama proses belajar. Indonesia banyak memiliki siswa siswi yang pintar dan berprestasi, hal ini dapat dibuktikan dari munculnya berita-berita pencapaian prestasi dari para pelajar dan mahasiswa Indonesia di media sosial ataupun TV. Namun, dari sekian banyaknya berita pencapaian prestasi, masih sedikitnya berita tentang inovasi-inovasi

yang diciptakan oleh para pelajar maupun mahasiswa di Indonesia. Hal ini membuktikan bahwa masih kurangnya sikap kritis para pelajar dan mahasiswa di Indonesia. Tentu, masih cukup banyak berita tentang inovasi para pemuda tersebar di internet dan berita TV. Namun itupun masih sedikit dan juga masih kurangnya perkembangan IPTEK dan sumber daya manusia untuk mengembangkan ide-ide inovasi tersebut

Selain dari itu, dapat juga dibuktikan dari tanggapan anak-anak zaman sekarang yang cenderung bersekolah dengan tujuan untuk mendapat pekerjaan yang layak dan bergaji tinggi. Dan masih sedikitnya anak-anak yang bersekolah dengan tujuan untuk memajukan bangsa dan negara, terutama dengan tujuan untuk mengembangkan solusi inovatif dalam penanganan isu lingkungan dan perubahan iklim. Tidak perlu dilihat jauh-jauh, pandangan anak muda terhadap pekerjaan petani saja dianggap itu pekerjaan gagal.

Padahal pekerjaan petani itu dapat menjadi wadah para anak muda untuk berinovasi mengembangkan sistem pertanian dan agrikultur agar lebih maju secara ekonomis maupun secara lingkungan yang berprinsip ramah lingkungan.

Peran para pelajar dan mahasiswa sendiri, para pemuda-pemudi bangsa sebagaimana dijelaskan di website resmi Kementerian Keuangan Republik Indonesia tentang betapa pentingnya peran pemuda masa kini, yaitu dikarenakan generasi muda memiliki fisik yang kuat, pengetahuan yang baru, inovatif dan juga memiliki tingkat kreatifitas yang tinggi. Peran penting para pemuda juga sudah dapat dibuktikan dari zaman proklamasi. Dimulai dari terbentuknya organisasi Boedi Oetomo,

Jadi apa inovasi yang dapat kita kembangkan untuk meningkatkan peran pemuda dan pemudi dalam kontribusi usaha perwujudan kehidupan masa depan yang ramah lingkungan hijau atau Green Era.

Adapun inovasi yang dapat kita kembangkan yaitu inovasi pendidikan. Bentuk inovasi pendidikan yang akan dikembangkan haruslah yang bertujuan untuk meningkatkan dan mengembangkan skill berpikir kritis, kreatif, inovatif, sikap nasionalisme, dan sikap cinta serta peduli terhadap lingkungan. Inovasi yang dikembangkan dapat dilakukan pada kurikulum dan program kerja tiap-tiap sekolah.

Inovasi pendidikan pada kurikulum dengan menyusun kurikulum yang berbasis lingkungan hijau, yaitu Kurikulum Hijau. Materi dan mata pelajaran yang diajarkan di Kurikulum Hijau ini tetap seperti mata pelajaran di kurikulum sebelumnya. Perbedaannya hanya terletak pada materi pembelajaran yang dimana adanya inovasi terhadap materi yang diajarkan. Setiap materi pada mata pelajaran yang diajarkan akan dikaitkan dengan isu-isu lingkungan. Jadi materinya berupa gabungan antara materi umum dan materi tentang isu-isu lingkungan. Untuk metode pembelajarannya sendiri akan berupa project based learning, pembelajaran kontekstual, dan self directed learning. Dengan digunakannya ketiga metode pembelajaran tersebut, maka siswa dapat meningkatkan dan mengembangkan skill berpikir kritis, kreatif, inovatif, sikap nasionalisme, dan sikap cinta serta pedulinya terhadap lingkungan.

Dari adanya sikap kritis, kreatif, dan inovatif yang berkembang dalam diri tiap siswa, maka tiap siswa diharapkan dapat berkontribusi dalam perwujudan Green Era melalui inovasi IPTEK. Dengan menciptakan berbagai macam inovasi teknologi ramah lingkungan yang dapat berguna dalam net zero emission, energy efficiency and conservation, future mobility, rural electrification, dan sumber energi terbarukan.

Contohnya seperti pada negara Singapura yang berhasil menciptakan inovasi teknologi ramah lingkungan yakni pabrik pembakar sampah ramah lingkungan, yang dimana asap dari hasil pembakaran akan difiltrasi oleh suatu inovasi teknologi menjadi udara yang dapat kita hirup dengan bebas tanpa takut pencemaran lingkungan.

Masih banyak contoh inovasi-inovasi teknologi dan program pemerintah dari negara-negara maju lainnya yang menunjukkan bahwa ternyata betapa penting dan berpengaruhnya peran pendidikan dan IPTEK dalam usaha penanganan isu-isu lingkungan dan perubahan iklim untuk mewujudkan kehidupan masa depan yang ramah lingkungan hijau atau Green Era.

Selain dari pentingnya inovasi pendidikan terhadap kontribusi para pemuda dalam perwujudan Green Era, adapun peran pemerintah yang sama pentingnya juga terhadap kontribusi para pemuda dalam perwujudan Green Era. Pemerintah menurut website resmi BPS Provinsi

Jawa Timur, adalah organisasi yang memiliki kekuasaan untuk membuat dan menerapkan hukum serta undang-undang di wilayah tertentu. Hal ini mengartikan bahwa pemerintah memiliki peran yang sangat penting dan sangat berpengaruh bagi keberlangsungan suatu negara.

Jadi peran pemerintah disini, yang terhadap kontribusi para pemuda dalam perwujudan Green Era adalah sebagai lembaga untuk membuat program-program yang bertujuan dalam usaha penanganan isu-isu lingkungan, perubahan iklim, dan perwujudan kehidupan masa depan yang ramah lingkungan hijau atau Green Era.

Adapun yang dapat dilakukan oleh pemerintah dalam menjalankan perannya terhadap kontribusi para pemuda dalam perwujudan Green Era yakni dengan menyediakan lebih banyak sarana prasarana serta fasilitas dan lembaga-lembaga yang akan bisa bantu dalam menunjang, memfasilitasi, mendanai, mengembangkan dan mendukung suara-suara, gagasan, dan ide-ide inovatif dari kalangan pemuda. Sehingga dapat tersalurkan dengan baik ke pemerintah sebagai masukan dalam membuat suatu program pemerintahan. Selain itu juga dapat mendukung kemajuan pendidikan dan IPTEK di Indonesia, karena ide-ide inovasi teknologi dari kalangan pemuda dapat berkembang dengan mudah dengan adanya dukungan dan fasilitas dari pemerintah. Dengan semakin berkembangnya inovasi teknologi maka bisa dijamin juga kemajuan net zero emission, energy efficiency and conservation, future mobility, rural electrification, dan sumber daya energi terbarukan

Selain dari itu, pemerintah juga punya peran untuk membuat program pemerintah yang bertujuan untuk mewujudkan Green Era yakni :

Pertama, program penghijauan lingkungan. Yaitu program penanaman pohon dengan menentukan jumlah minimal maksimal pohon yang ada pada setiap suatu luas daerah tertentu. Dengan hal ini, setiap daerah akan mempunyai pohon dan lingkungan yang asri. Serta dapat mendukung net zero emission.

Kedua, program Green House. Yaitu program peraturan dalam membangun rumah dengan menentukan maksimal luas lahan rumah. Jika sudah terlanjur terbikin, maka di rumah tersebut diwajibkan

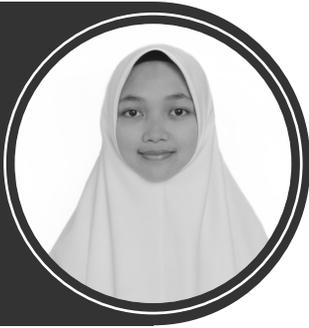
menanam minimal dua pohon. Hal ini bertujuan untuk mengatasi isu terkait pengalihan lahan hutan menjadi perumahan, agar tidak boros dalam penggunaan lahan.

Ketiga, program pemanfaatan transportasi umum. Yaitu program untuk meningkatkan pemanfaatan transportasi umum dengan memperbaiki fasilitas transportasi umum dan dengan menaikan harga bensin dan harga transportasi. Hal ini bertujuan untuk mengurangi produksi bensin dan polusi udara yang disebabkan oleh transportasi berbensin.

Isu-isu lingkungan dan perubahan iklim akan terus terjadi apabila kita tidak melakukan apa-apa. Pendidikan dan IPTEK dalam menumbuhkan sikap kritis dan kepedulian kita terhadap kondisi lingkungan akan membawa kita dalam memunculkan ide-ide inovasi teknologi yang akan berguna dalam net zero emission, energy efficiency dan conservation, future mobility, rural electrification, dan sumber energi terbarukan. Dengan berkembangnya inovasi pendidikan dan IPTEK serta peran pemerintah yang dijalankan dengan baik maka hal ini akan mewujudkan adanya kerja sama antara pemerintah, para pemuda, dan masyarakat. Dengan terwujudnya kerja sama, maka akan terciptanya keseimbangan sehingga tujuan untuk mewujudkan kehidupan masa depan yang ramah lingkungan hijau atau Green Era bisa terwujud dengan mudah. Jika tidak sekarang, maka kapan? Jika bukan dari kita, maka mau nunggu dari siapa lagi? Inilah saatnya kita para pemuda untuk mulai fokus belajar, asah skill berpikir kritis dan kreativitas kita. Inilah saatnya untuk perubahan menuju Green Era. \*\*\*

### Daftar Pustaka

- (Daily, How Singapore Cleans, 2019)  
 (Winastya, Viral Video Ilmuwan NASA Sebut Bumi Tak Bisa Dihuni  
 Pada 2025, Akibat Emisi Karbon, 2019)  
 (Azizah, 2021)



Artikel 25

**OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion):  
Solusi Pemenuhan Kebutuhan Listrik Bersih Masa Depan Masyarakat Di Kepulauan Yapen, Papua**

Karya: Zulfa Siti Zakia

(Siswa Madrasah Aliyah Putri PUI Talaga, Majalengka, Jawa Barat)

Email: zulfa.st.zakia@gmail.com

**Abstrak**

Dalam penelitian ini telah dianalisis mekanisme sistem pembangkit listrik tenaga panas laut berbasis OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*) di Perairan Kepulauan Yapen, Papua. Analisis data hasil penelitian meliputi analisis praimplementasi, implementasi, dan pascaimplementasi. Pada analisis praimplementasi, telah dikaji karakteristik perairan laut Kepulauan Yapen dan perhitungan efisiensi OTEC. Berdasarkan karakteristik suhu permukaan laut, didapatkan bahwa nilai suhu permukaan laut tertinggi dicapai pada bulan Oktober yaitu sebesar  $30,03^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan nilai suhu permukaan laut terendah dicapai pada bulan Februari yaitu sebesar  $28,85^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan perhitungan efisiensi, didapatkan nilai efisiensi rata – rata OTEC adalah 6,81%. Pada analisis implementasi, telah dikaji mekanisme pembangkitan energi listrik oleh OTEC. Sebagai batasan masalah, digunakan OTEC sistem terbuka dengan air laut sebagai fluida kerja. Jika efisiensi generator adalah 90%, maka daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh satu stasiun OTEC di perairan laut Kepulauan Yapen adalah 7,56 MW. Pada tahap pascaimplementasi, telah dikaji dampak lingkungan dari pembangunan OTEC. Berdasarkan analisis ekologi, didapatkan bahwa salah satu dampak negatif pembangunan OTEC adalah pembuangan air laut yang kaya nutrisi dalam volume besar

berpotensi menimbulkan fenomena ganggang mekar sehingga dapat menyebabkan kematian masal bagi ikan dan biota laut lainnya.

## **Pendahuluan**

Papua merupakan salah satu provinsi yang memiliki rasio elektrifikasi rendah. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencatat sekitar 346 desa di Papua belum teraliri listrik secara optimal. Berdasarkan Statistik Ketenagalistrikan tahun 2018, rasio elektrifikasi di Provinsi Papua hanya sebesar 61,42% yang merupakan terendah kedua dari rasio elektrifikasi seluruh Indonesia. Hal ini berdampak pada berbagai aspek, salah satunya terhambatnya pertumbuhan ekonomi. Berdasarkan data, pada tahun 2019 Papua mengalami pertumbuhan ekonomi yang minus yaitu sebesar -7,4% akibat kurangnya energi listrik. Ketersediaan sumber energi yang cukup dan terjangkau adalah syarat utama untuk menggerakkan ekonomi suatu wilayah. Pemenuhan kebutuhan listrik menjadi salah satu prioritas pembangunan Kementerian ESDM hingga tahun 2024 mendatang.

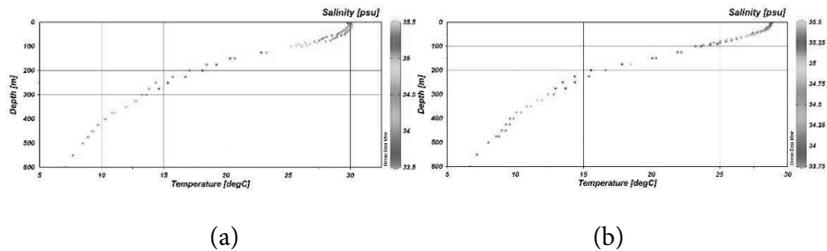
Sebagai negara maritim, Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang bersumber dari laut dengan potensi daya listrik yang dihasilkan mencapai 240 GW. Sebagai upaya untuk mengelola besarnya potensi tersebut adalah dengan membangun sistem konversi energi panas laut atau dikenal sebagai OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*). OTEC bekerja seperti mesin kalor dengan memanfaatkan perbedaan suhu permukaan laut dan suhu pada kedalaman tertentu kemudian dikonversi menjadi energi listrik. Berbagai penelitian mengenai potensi OTEC di Indonesia terus dilakukan diantaranya oleh Andayani dkk (2020), Hammad dkk (2020), Julianto (2020), Aprilia dkk (2019), dan berbagai penelitian didalamnya. Sebagai pengembangan, dalam penelitian ini akan dianalisis mekanisme sistem pembangkit listrik tenaga panas laut berbasis OTEC di perairan laut Kepulauan Yapen, Papua. Dikutip dari Kompas.id (2021), baru 24,36% rumah tangga di Kepulauan Yapen yang menggunakan penerangan bersumber dari listrik PLN. Dengan adanya OTEC diharapkan dapat menjadi

solusi untuk meningkatkan ketersediaan pasokan energi listrik bersih masa depan di Kepulauan Yapen, Papua.

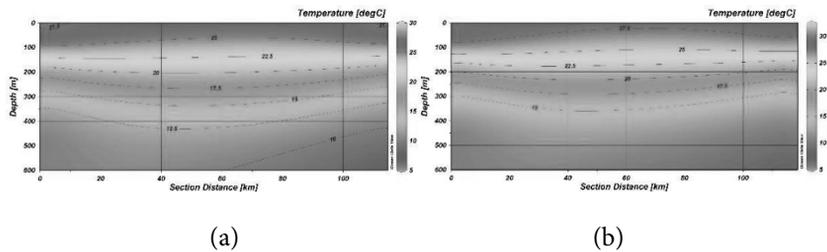
### Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini digunakan data sekunder berupa suhu permukaan laut dan suhu pada kedalaman 475 meter yang didapatkan dari WOA (*World Ocean Atlas*) 2018. Pengambilan data dilakukan pada stasiun 21829 yang terletak di Kepulauan Yapen, Papua dengan koordinat 135,5°E/1,5°S. Data penelitian kemudian diolah menggunakan aplikasi ODV (*Ocean Data View*).

Pembahasan meliputi analisis praimplementasi, implementasi, dan pascaimplementasi. Pada analisis praimplementasi, dikaji karakteristik suhu permukaan laut (SPL) dan efisiensi OTEC. Nilai SPL tertinggi dicapai pada musim timur dan musim peralihan II, tepatnya pada bulan Oktober yaitu sebesar 30,03°C. Sedangkan nilai SPL terendah dicapai pada musim barat dan musim peralihan I, tepatnya pada bulan Februari yaitu sebesar 28,85°C. Berikut disajikan profil sebaran menegak dan melintang suhu terhadap kedalaman pada bulan Oktober dan Februari.



Gambar 2.1 Profil menegak suhu dan kedalaman: (a) Oktober, (b) Februari.



**Gambar 2.2** Profil melintang suhu dan kedalaman: (a) Oktober, (b) Februari.

Sumber gambar: Pengolahan data dengan *Ocean Data View* (2022).

Tingginya suhu permukaan laut pada musim timur dan musim peralihan II disebabkan oleh posisi matahari yang bergerak mendekati wilayah ekuator sehingga radiasi matahari yang diterima oleh perairan laut Kepulauan Yapen akan lebih besar bila dibandingkan dengan musim barat dan musim peralihan I.

Pada analisis implementasi, dikaji mekanisme pembangkitan energi listrik oleh OTEC. OTEC bekerja seperti mesin panas dengan memanfaatkan perbedaan suhu permukaan laut dan suhu pada kedalaman tertentu. Dalam penelitian ini dipilih kedalaman 475 meter untuk mendapatkan nilai perbedaan suhu optimal yang lebih dari  $20^{\circ}\text{C}$  sebagai syarat pembangkitan energi listrik oleh OTEC. Nilai rata-rata tahunan SPL dan suhu pada kedalaman 475 meter di perairan laut Kepulauan Yapen masing-masing adalah  $29,37^{\circ}\text{C}$  dan  $8,75^{\circ}\text{C}$ . Dengan demikian didapatkan nilai efisiensi rata-rata OTEC sebesar 6,81%. Pembangkitan energi listrik dilakukan menggunakan sistem terbuka dengan air laut sebagai fluida kerja. OTEC siklus terbuka terdiri dari evaporator, turbin, kondensor, dan generator. Pertama, air laut hangat dipompa ke dalam evaporator. Pada evaporator, air laut dikonversi menjadi uap jenuh bertekanan rendah dibawah nilai saturasi sesuai dengan suhunya yang kemudian dilewatkan melalui turbin. Uap jenuh bertekanan rendah dari evaporator akan masuk ke turbin. Energi mekanik dari pergerakan sudut turbin diteruskan ke generator arus bolak-balik (AC) untuk membangkitkan energi listrik. Jika efisiensi generator 90%, maka daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh OTEC adalah 7.560 kW. Jika rata-rata konsumsi listrik rumah tangga sebesar 1000 watt, maka sebuah pembangkit listrik tenaga OTEC dapat digunakan oleh 7.560 rumah tangga. Setelah melewati turbin, air laut hangat akan diteruskan menuju kondensor. Dalam kondensor, air laut hangat akan bertemu dengan air laut dingin sehingga mengalami proses kondensasi. Hasil dari kondensasi berupa air yang sudah terdesalinasi dan dapat

dimanfaatkan sebagai air minum, irigasi, dan keperluan pertanian.

Pada tahap pascaimplementasi, dikaji dampak lingkungan dari pembangunan OTEC. Berdasarkan analisis ekologi, didapatkan bahwa salah satu dampak negatif pembangunan OTEC adalah pembuangan air laut yang kaya nutrisi dalam volume besar berpotensi menimbulkan fenomena ganggang mekar sehingga dapat menyebabkan kematian masal bagi ikan dan biota laut lainnya.

### **Kesimpulan**

Sistem pembangkit listrik OTEC di Perairan laut Kepulauan Yapen memiliki nilai efisiensi 6,81% dan berpotensi menghasilkan daya listrik sebesar 7,56 MW yang dapat digunakan untuk 7.560 rumah tangga. Dengan demikian, OTEC diharapkan dapat menjadi solusi pemenuhan kebutuhan listrik bersih masa depan masyarakat di Kepulauan Yapen, Papua.

### **Daftar Pustaka**

- Andayani N.K.S., dkk. 2020. *Indonesian Journal of Oceanography*. Vol.2, No.04.
- Aprilia E., dkk. 2019. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* Vol. 6 No. 2.
- Kompas. 2021. Menyuarakan Minoritas Publik Tanpa Listrik. URL: <https://www.kompas.id/>
- Hammad F.K., dkk. 2020. *Indonesian Journal of Oceanography*, Vol.02, No.02. Julianto C. 2020. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”, Yogyakarta. World Ocean Atlas. 2018. <https://odv.awi.de/data/ocean/world-ocean-atlas-2018/>

**Lampiran 1. Perhitungan Efisiensi OTEC**

Efisiensi ( $\eta$ ) dapat dihitung dengan rumus:  $\eta = \frac{\Delta T}{T_p} \times 100\%$  dimana,  
 $\Delta T$  : Selisih antara suhu di permukaan dengan suhu pada kedalaman  
 475 meter

$T_p$  : Suhu permukaan laut

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data efisiensi OTEC untuk stasiun 21829

| Bulan       | T (K)  |        | $\Delta T$<br>(K) | $\eta$<br>(%) |
|-------------|--------|--------|-------------------|---------------|
|             | 0 m    | 475 m  |                   |               |
| Januari     | 301,88 | 281,56 | 20,32             | 6,73          |
| Februari    | 301,85 | 281,79 | 20,06             | 6,65          |
| Maret       | 301,85 | 281,93 | 19,92             | 6,60          |
| April       | 302,18 | 282,05 | 20,13             | 6,66          |
| Mei         | 302,75 | 281,78 | 20,97             | 6,93          |
| Juni        | 302,4  | 281,82 | 20,58             | 6,81          |
| Juli        | 302,8  | 281,7  | 21,1              | 6,97          |
| Agustus     | 302,19 | 281,51 | 20,68             | 6,84          |
| September   | 302,38 | 281,53 | 20,85             | 6,90          |
| Oktober     | 303,03 | 281,87 | 21,16             | 6,98          |
| November    | 302,76 | 281,8  | 20,96             | 6,92          |
| Desember    | 302,45 | 281,75 | 20,7              | 6,84          |
| Rata - rata | 302,37 | 281,75 | 20,62             | 6,81          |

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan suhu rata – rata di permukaan perairan laut Kepulauan Yapen adalah 302,37 K (29,37°C). Lebih lanjut, didapatkan nilai efisiensi rata – rata OTEC yaitu sebesar 6,81%.

## Lampiran 2. Perhitungan Parameter Pembangkit Listrik

Perhitungan untuk mendapatkan parameter pembangkit listrik dapat diuraikan sebagai berikut:

### 1. Perhitungan efisiensi siklus Rankine

Dalam siklus terbuka, fluida kerja yang digunakan adalah air laut. Sebagai langkah pertama, air laut dengan volume  $V = 0,001004 \text{ m}^3/\text{kg}$ , suhu permukaan  $T_1 = 29,37^\circ\text{C}$ , dan tekanan  $P_1 = 1 \text{ atm} = 0,1013 \text{ MPa}$  dipompa ke dalam evaporator hingga mencapai tekanan  $P_2 = 1,088 \text{ MPa}$ . Dengan demikian, dapat ditentukan besar energi pada pompa sebagai berikut

$$\begin{aligned} W_{PS} &= (P_2 - P_1) \times V \\ &= (1,088 - 0,1013) \times 10^3 \times 0,001004 \\ &= 0,99 \text{ kJ/kg}. \end{aligned}$$

Jika efisiensi *flash* evaporator  $\eta_1 = 80\%$  merujuk pada penelitian Riyanto (2017), maka untuk menggerakkan *flash* evaporator dibutuhkan energi sebesar

$$W_P = \frac{W_{PS}}{\eta_1} = \frac{0,99}{0,8} = 1,24 \text{ kJ/kg}.$$

Jika entalpi di permukaan laut adalah  $H_a = 121,65 \text{ kJ/kg}$ , maka entalpi air laut sebelum dipompa ke dalam evaporator adalah

$$H_1 = H_a + W_{PS} = 121,65 + 0,99 = 122,64 \text{ kJ/kg}.$$

Entalpi fluida setelah dipompa ke dalam evaporator adalah

$$H_2 = H_1 + W_P = 122,64 + 1,24 = 123,88 \text{ kJ/kg}.$$

Jika diasumsikan bahwa  $1 \text{ kg}$  massa air laut memiliki kalor jenis  $c = 4,186 \text{ kJ/kg}$ , maka suhu air laut sebelum masuk ke dalam evaporator adalah

$$T_2 = T_1 + \frac{W_P - W_{PS}}{mc} = 29,37 + \frac{1,24 - 0,99}{1 \times 4,186} = 29,42^\circ\text{C}$$

Jika entalpi air laut pada suhu  $T_2 = 29,42^\circ\text{C}$  dan tekanan  $P_2 = 1,088 \text{ MPa}$  adalah  $H_b = 2.547,2 \text{ kJ/kg}$ , maka energi panas yang dipindahkan ke evaporator per satuan berat adalah

$$Q_b = H_b - H_2 = 2.547,2 - 123,88 = 2.423,32 \text{ kJ/kg}$$

Didefinisikan kapasitas panas spesifik  $C_a = 8,5588 \text{ kJ/kg K}$ ,  $C_f = 0,2101 \text{ kJ/kg K}$ , dan  $C_{fg} = 8,5952 \text{ kJ/kg K}$ , sehingga didapatkan

$$C_x = \frac{C_a - C_f}{C_{fg}} = \frac{8,5588 - 0,2101}{8,5952} = 0,97,$$

dimana  $C_a, C_f, C_{fg}$ , masing – masing mendeskripsikan kapasitas panas spesifik fluida di permukaan, kapasitas panas spesifik fluida pada keadaan jenuh, dan perbedaan kapasitas panas spesifik antara uap jenuh dan fluida jenuh. Selanjutnya, didefinisikan entalpi fluida pada keadaan jenuh  $H_f = 54,6 \text{ kJ/kg}$ , serta perbedaan entalpi antara uap jenuh dan fluida jenuh  $H_{fg} = 2.470,7 \text{ kJ/kg}$  yang memenuhi

$$H_x = H_f + C_x H_{fg} = 54,6 + 0,97 \times 2.470,7 = 2.451,179 \text{ kJ/kg}$$

Kerja yang dihasilkan oleh turbin adalah

$$W_{ts} = H_b - H_x = 2.547,2 - 2.451,179 = 96,02 \text{ kJ/kg}$$

Jika efisiensi turbin adalah  $\eta_2 = 85\%$  merujuk pada penelitian Riyanto (2017), maka didapatkan

$$W_t = \eta_2 \times W_{ts} = 0,85 \times 96,02 = 81,62 \text{ kJ/kg}$$

dan

$$H_c = H_b - W_t = 2.547,2 - 81,62 = 2.465,58 \text{ kJ/kg}$$

Terakhir, didapatkan efisiensi siklus Rankine

$$\eta_3 = \frac{W_t - W_p}{Q_b} = \frac{81,62 - 1,24}{2.423,32} = 0,033 = 3,3\%$$

## 2. Menghitung efisiensi turbin uap

Perubahan entalpi air laut akan dikonversi menjadi tenaga untuk menggerakkan turbin dengan kecepatan

$$v_t = 44,72 \times \sqrt{H_b - H_c} = 44,72 \times \sqrt{2.547,2 - 2.465,58} = 403,82 \text{ m/s}$$

Sudut *nozzle* turbin yang dipilih adalah  $\theta = 15^\circ$ . Dengan demikian, untuk mendapatkan efisiensi maksimal, kecepatan sudut turbin adalah

$$v_s = v_t \cos 15^\circ = 390,06 \text{ m/s}$$

dan setengah kecepatan sudut turbin adalah

$$v'_s = \frac{1}{2} v_t \cos 15^\circ = 195,03 \text{ m/s.}$$

Efisiensi turbin uap dapat dihitung dengan rumus

$$\eta_4 = \frac{2 \times v_s \times v'_s}{v_t^2} = \frac{152.146,8}{163.070,6} = 0,93 = 93\%.$$

### 3. Menghitung daya turbin

Merujuk pada penelitian terdahulu oleh Aprillia (2019) dan Morales dkk (2014), jika diasumsikan jarak antar pembangkit OTEC 100 MW yang dibangun adalah 10 km, maka estimasi potensi daya listrik ( $P$ ) yang dapat dibangkitkan oleh OTEC adalah sebesar  $P = \eta_{OTEC} \times JS \times \frac{100 \text{ MW}}{10 \text{ km}}$ . Berdasarkan Tabel 1 didapatkan nilai efisiensi rata – rata OTEC di perairan laut Pulau Yapen Papua  $\eta_{OTEC} = 6,81\%$ . Jika direncanakan bahwa OTEC dibangun pada jarak stasiun  $JS = 10 \text{ km}$  dari garis pantai, maka estimasi potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan adalah  $P = 6,81 \text{ MW} = 6.810 \text{ kW}$ . Untuk membangkitkan energi listrik tersebut, digunakan generator arus bolak balik (AC). Jika efisiensi generator adalah  $\eta_5 = 90\%$ , maka daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh OTEC adalah

$$P' = \frac{P}{\eta_5} = \frac{6,81 \text{ MW}}{0,9} = 7,56 \text{ MW} = 7.560 \text{ kW}.$$

Jika rata – rata konsumsi listrik rumah tangga sebesar 1000 watt, maka sebuah pembangkit listrik tenaga OTEC dapat digunakan oleh 7.560 rumah tangga. Massa uap jenuh yang dibutuhkan per satuan waktu untuk mentransfer energi dari turbin adalah sebesar

$$M_t = \frac{P'}{\eta_4 \times (W_t - W_p)} = \frac{7.560}{0,93 \times (81,62 - 1,24)} = 101,137 \text{ kg/s}$$

Daya poros turbin dapat dihitung dengan rumus

$$P_t = \eta_4 \times W_t \times M_t = 0,93 \times 81,62 \times 101,137 = 7.676,96 \text{ kW}.$$

Jika turbin berputar dengan frekuensi 50 Hz, dan jari – jari turbin 2,4 m, didapatkan kecepatan turbin

$$v_{rpm} = \frac{v_s}{\pi D} \times 60 = \frac{390,06}{3,14 \times 4,8} \times 60 = 1.552,79 \text{ rpm}$$

Terakhir, dihitung jumlah pasangan kutub generator dengan rumus

$$n = \frac{120f}{v_{rpm}} = \frac{120 \times 50}{1.552,79} = 3,86 \sim 4 \text{ pasang.}$$

#### 4. Menghitung kapasitas evaporator dan kondensor

Energi panas yang diperlukan oleh evaporator untuk mencapai uap jenuh adalah

$$Q_{in} = Q_b \times M_t = 2.423,32 \times 101,137 = 245.087,31 \text{ kJ/s.}$$

Diasumsikan bahwa perbedaan suhu air laut yang masuk dan keluar dari evaporator adalah  $2,5^{\circ}\text{C}$ . Kapasitas evaporator didefinisikan sebagai massa air panas yang dibutuhkan oleh evaporator, dapat dihitung dengan rumus

$$m_{in} = \frac{Q_{in}}{c\Delta T} = \frac{245.087,31}{4,186 \times 2,5} = 23.419,71 \text{ kg}$$

Energi panas yang harus dilepaskan dalam kondensor untuk mencapai titik semula adalah sebesar

$$Q_c = H_c - H_1 = 2.465,58 - 122,64 = 2.342,94 \text{ kJ/s.}$$

Energi panas yang harus dilepaskan oleh evaporator per satuan waktu ke dalam kondensor sebesar

$$Q_{out} = Q_c \times M_t = 2.342,94 \times 101,137 = 236.957,92 \text{ kJ/s.}$$

Kapasitas kondensor didefinisikan sebagai massa air dingin yang dibutuhkan oleh kondensor, dapat dihitung dengan rumus

$$m_{out} = \frac{Q_{out}}{c\Delta T} = \frac{236.957,92}{4,186 \times 2,5} = 22.642,89 \text{ kg}$$

#### 5. Menghitung daya pompa air laut

##### a. Pompa air laut hangat

Pada pompa air laut hangat digunakan panjang pipa  $l = 15 \text{ m}$  merujuk pada Riyanto (2017). Jika air laut hangat dengan masa jenis  $\rho = 1.026 \text{ kg/m}^3$  dan memiliki debit  $\frac{Q_{in}}{t} = \frac{m_{in}}{\rho} = \frac{23.419,71}{1.026} = 22,82 \text{ m}^3/\text{s}$ , mengalir dengan kecepatan  $v_p = 1,004 \text{ m/s}$  di dalam pipa berdiameter  $D = 5 \text{ m}$ , dengan faktor gesekan  $f = 0,05$ , maka dapat dihitung daya

$$l_{P_{in}} = \frac{Q_{in} \times f \times l \times v_p^3}{2D} = \frac{22,82 \times 0,05 \times 15 \times 1,004^3}{10} = 1,72 \text{ kW}$$

##### b. Pompa air laut dingin

Pada pompa air laut dingin digunakan panjang pipa  $l = 900 \text{ m}$  merujuk pada Riyanto (2017). Jika air laut dingin dengan masa jenis  $\rho = 1.026 \text{ kg/m}^3$  dan memiliki debit

$\frac{Q_{out}}{\tau} = \frac{m_{out}}{\rho} = \frac{22.642,89}{1.026} = 22,06 \text{ m}^3/\text{s}$ , mengalir dengan kecepatan  $v_p = 1,004 \text{ m/s}$  di dalam pipa berdiameter  $D = 5 \text{ m}$ , dengan faktor gesekan  $f = 0,05$ , maka dapat dihitung daya pompa air laut dingin

$$P_{out} = \frac{\frac{Q_{out}}{\tau} \times f \times l \times v_p^3}{2D} = \frac{22,06 \times 0,05 \times 900 \times 1,004^3}{10} = 100,06 \text{ kW}$$

Daya total pompa air laut didefinisikan sebagai jumlah dari daya total pompa air laut hangat ( $P_{in}$ ) dan pompa air laut dingin ( $P_{out}$ ) adalah

$$P_{total} = P_{in} + P_{out} = 1,72 + 100,06 = 101,78 \text{ kW}$$

## 6. Menghitung efisiensi pompa

Untuk menghitung efisiensi pompa, pertama dihitung terlebih dahulu daya pompa hampa udara. Daya pompa hampa udara bernilai 10% dari daya listrik yang akan dibangkitkan, sehingga didapatkan

$$P_h = 10\% \times P = 10\% \times 6,81 \text{ MW} = 0,681 \text{ MW} = 681 \text{ kW}$$

Daya total yang dibutuhkan untuk menjalankan (*starting*) pembangkit listrik adalah  $P_{st} = P_{total} + P_h = 101,78 + 681 = 782,78 \text{ kW}$ .

Efisiensi pompa adalah

$$\eta_6 = \frac{P}{P+P_{st}} \times 100\% = \frac{6810}{6810+782,78} \times 100\% = 89,69\%$$

Hasil perhitungan parameter pembangkit listrik dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Parameter pembangkit energi listrik oleh sistem OTEC siklus terbuka

| No. | Parameter                         | Nilai      |
|-----|-----------------------------------|------------|
| 1.  | Efisiensi siklus Rankine (%)      | 3,3        |
| 2.  | Efisiensi sudut turbin (%)        | 93         |
| 3.  | Efisiensi generator (%)           | 90         |
| 4.  | Efisiensi pompa (%)               | 89,69      |
| 5.  | Energi panas di evaporator (kJ/s) | 245.087,31 |

|     |                                  |            |
|-----|----------------------------------|------------|
| 6.  | Kapasitas evaporator (kg)        | 23.419,71  |
| 7.  | Energi panas di kondensor (kJ/s) | 236.957,92 |
| 8.  | Kapasitas kondensor (kg)         | 22.642,89  |
| 9.  | Daya pompa air laut hangat (kW)  | 1,72       |
| 10. | Daya pompa air laut dingin (kW)  | 100,06     |
| 11. | Daya pompa hampa udara (kW)      | 681        |
| 12. | Daya total <i>starting</i> (kW)  | 782,78     |

### Lampiran 3. Biodata Peneliti

Nama Lengkap : Zulfa Siti Zakia  
 NISN : 0051764351  
  
 Kelas : XII IPA  
 Jenis Kelamin : Perempuan  
 Tempat Lahir : Majalengka  
 Tanggal Lahir : 30 Juli 2005  
 Nomor Ponsel : 081298186210  
 Nama Madrasah : Madrasah Aliyah Putri PUI Talaga  
 Alamat : Jl. Raya Desa Sukadana, Kec. Malausma,  
 Kab. Majalengka, Jawa Barat  
 Provinsi : Jawa Barat  
 Email : zulfa.st.zakia@gmail.com

- Prestasi :
1. Finalis Regeneron ISEF (*International Science and Engineering Fair*) oleh *Society for Science* Tahun 2022
  2. Juara 1 LKIR bidang Ilmu Pengetahuan Teknik oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Tahun 2021
  3. Juara 1 LKTIN Pelajar Indonesia oleh Kementerian Perindustrian Tahun 2022
  4. Juara 2 Essay *Indonesian Solar Boat Competitions* oleh Universitas Indonesia Tahun 2022
  5. Juara 3 *Young Scientists Competition* oleh *Center for Young Scientists (CYS)* dan *Pudak Scientific* Tahun 2022
  6. Bronze Medal of *National Science Fair for Indonesian Adolescents* oleh *Indonesian Scientific Society* Tahun 2022
  7. Semifinalis *Madrasah Young Researchers Supercamp (MYRES)* Kementerian Agama Tahun 2022
  8. Semifinalis Lomba Karya Tulis Ilmiah oleh Universitas Soedirman Tahun 2022
  9. Peserta *American Mathematics Competition* Tahun 2021
  10. Peserta *International Kangaroo Mathematics Contest* Tahun 2021

# **Green Bootcamp Leader**



## **Green Bootcamp Leader**

Green Bootcamp Leader adalah program leadership yang disiapkan oleh Rakyat Merdeka dan Society of Renewable Energy.

Selama 2 hari, yaitu 10 dan 11 Februari, 100 mahasiswa, penulis artikel terbaik National Energy Climate and Sustainability Competition (NECSC) 2023 mengikuti Green Boothcamp Leader di Makara, Kampus Universitas Indonesia, Jakarta.

Seratus mahasiswa dibagi dalam tiga kelompok dan mengerjakan proyek renewable energy, studi kasus dari perusahaan kolaborator. Dalam hal ini, ada tiga perusahaan yang mengirimkan case project-nya yaitu: PT Pertamina (Persero), GoTo Indonesia dan PT Adaro Energy Indonesia.

Berikut ini adalah hasil Green Boot Camp Leader tersebut.

### Studi Kasus I

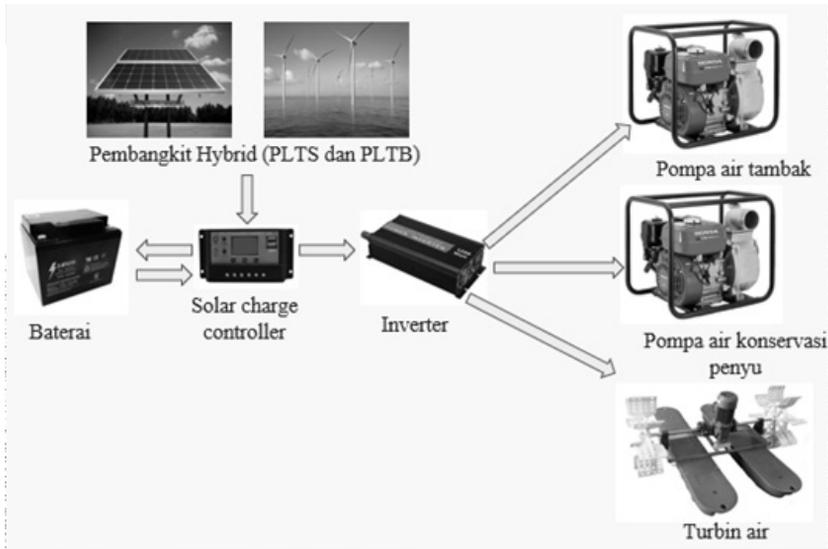
#### **Rainbow Project: Elektrifikasi Tambak dan Pusat Konservasi Penyu Pantai Pelangi Bantul**

Case Study Project: PT Pertamina (Persero)  
SRE UI (Kelompok: Ernest Swinton)

Pusat konservasi penyu yang ada di pantai pelangi Bantul mengandalkan genset yang menggunakan bahan bakar solar sebagai sumber energi untuk menyuplai air tambak udang dan kolam tukik. Permasalahan muncul akibat penggunaan genset yaitu harga bahan bakar solar yang lebih mahal dan juga emisi karbon yang dihasilkan oleh genset akan mempegaruhi lingkungan. Selain permasalahan sumber energi, terdapat juga permasalahan hasil penjualan tambak yang kurang optimal.

PLTB dan PLTS dapat mengatasi permasalahan sumber energi yang digunakan oleh pusat konservasi penyu di pantai pelangi Bantul. Gabungan dari 2 jenis pembangkit ini mampu menggantikan pompa air yang menggunakan diesel dan dapat menggerakkan turbin air. Perbandingan cost bahan bakar solar dengan listrik PLTS untuk kincir

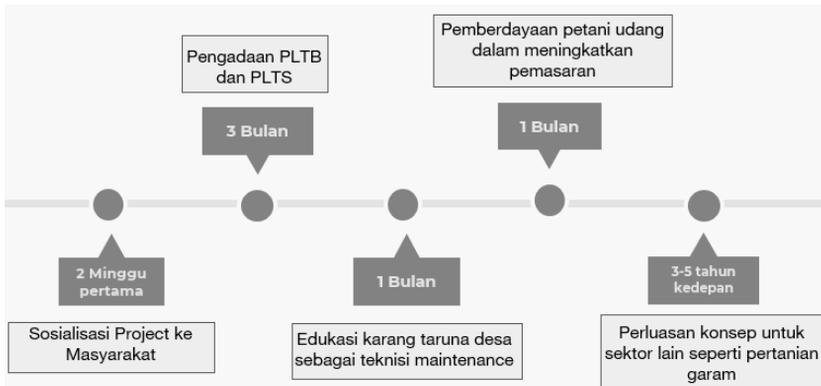
air, biaya solar per 1 bulan: 7.56 liter x Rp 6800 x 30 hari = Rp 1,542,240. Berdasarkan situs E-Smart Kementerian ESDM, perkiraan tagihan listrik dengan PLTS dengan daya 1,573 kWh adalah Rp 15.531 per bulan, maka harga listrik per 1 bulan: Rp 15,531 x 30 hari= Rp 465,930. Penghematan harga untuk kebutuhan energi yang dibutuhkan adalah sekitar 65%.



Gambar 1 Diagram sistem PLTS dan PLTB

Selain pembangunan pembangkit listrik, *maintanance* juga perlu diperhatikan sebagai salah satu keberlanjutan program. Teknisi *maintanance* melibatkan Karang Taruna dengan usia 17 tahun keatas dan pemberian uang reward ke teknisi *maintanance*. Tahapan *training* untuk pemuda yaitu pengenalan energi baru terbarukan, K3, instalasi dan pengoperasian PLTS dan PLTB, proteksi, dan *maintanance* baterai.

*Training* Wirausaha peteni udang juga dilakukan untuk mengoptimalkan penjualan hasil dari tabak udang. *Training* dilakukan dengan pendorong perlunya *sustainability* dari peningkatan produktivitas udang. Selain itu peningkatan pendapatan dan perluasan pasar bagi petani udang. Hasil yang diharapkan adalah pendekatan optimalisasi profit.



Gambar 2 Timeline program elektrifikasi

Keberhasilan dan keberlangsungan program dalam 5 tahun menjadi penting untuk mengukur tingkat keberhasilan program. Dari segi lingkungan penurunan emisi karbon akibat penggunaan PLTS dan PLTB dan juga konservasi penyusutan yang dilakukan oleh masyarakat daerah setempat. Selain lingkungan masyarakat juga bisa merasakan dampak dari segi ekonomi yaitu meningkatnya produktivitas tambak udang dengan luasnya pemasaran udang dan juga memberi peluang lapangan kerja baru. Selain itu tingkat kesadaran masyarakat terhadap *green energy* juga semakin meningkat.

*Rainbow project* elektrifikasi mampu menjadi *project* yang *sustainable* dalam mewujudkan *green energy* sebagaimana yang ada pada SDGs goals nomor 7. Selain itu, *project* ini merupakan perwujudan dari *statement* bahwa *renewable energy* mampu mendorong dalam mencapai SDGs goals lain seperti SDGs goals nomor 8, 13, dan 14.

## Studi Kasus II

**Pemanfaatan Hybrid Micro Hydro-Solar System Untuk Peningkatan Suplai Listrik Di Kalimantan Utara**

Case study partner : PT Adaro Energy Indonesia

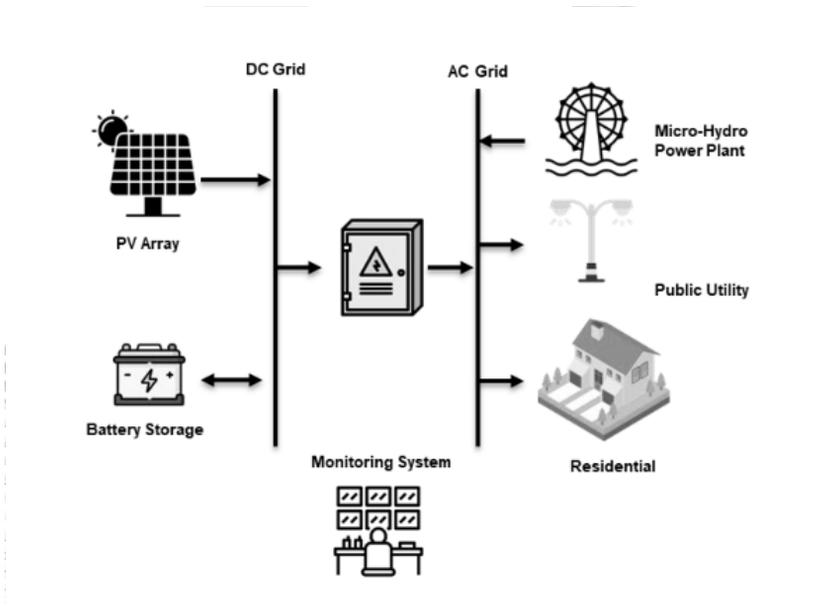
Nabila Adawi (Kelompok: Galileo Galilei)

Kondisi kelistrikan di Kalimantan Utara sangat memprihatinkan. Seringkali pemadaman listrik dilakukan sehingga mengganggu aktifitas warga, selain itu beberapa daerah juga terisolir dari jangkauan listrik. Menurut data rasio elektrifikasi di Kalimantan utara hanya 71,98%, dengan kabupaten nunukan memiliki rasio elektrifikasi yang paling rendah sebesar 58,34%. Kalimantan utara juga merupakan daerah yang dilewati garis Khatulistiwa sehingga memiliki potensi energi matahari yang baik. Selain potensi energi matahari Kalimantan utara juga memiliki potensi aliran air sungai. Peluang PLTS dan PLTMH menggantikan sumber utama PLTD menjadi semakin baik didukung dengan potensi energi matahari yang besar dan aliran sungai yang mendukung dibangunnya PLTMH. PLTD juga membutuhkan solar yang saat ini memiliki pasokan yang sulit dan memerlukan distribusi yang cukup Panjang sehingga penggunaan PLTS dan PLTMH menjadi semakin potensial. Penggunaan PLTS juga mendukung 3 tujuan SDGs yaitu energi bersih, industri yang berkelanjutan, dan penanganan perubahan iklim. PLTS dan PLTMH juga dinilai cukup untuk mencukupi kebutuhan dasar beban rumah tangga yang ada di Kalimantan utara.

**Lokasi: Kalimantan Utara**

Gambar 3 Peta Kalimantan Utara

Potensi energi matahari sebesar 1.817 kWh/m<sup>2</sup>/year dan potensi elevasi aliran sungai setinggi 2.915 m menyebabkan diperlukannya system penyimpanan (baterai). Energi yang didapat pada siang hari oleh PLTS bisa digunakan dan didukung juga dari PLTMH sehingga penggunaan *Hybrid* diharapkan bisa memenuhi kebutuhan dasar warga. Hasil listrik dapat digunakan untuk kebutuhan dasar masyarakat dan juga penerangan baik penerangan jalan maupun perumahan. Ketersediaan energi dari PLTS yang bisa digunakan 24 jam akan meningkatkan produktifitas, kesehatan, dan ekonomi dari masyarakat.



Gambar 4 Diagram sistem hybrid

Pembangkit *Hybrid* ini rencananya dapat digunakan pada daerah Long Lebusan, Kalimantan Utara. Daerah ini terdiri dari 130 rumah dengan pembangkit PLTS yang menjadi sumber utamanya. Penggunaan PLTS menyebabkan biaya *cost of energy* yang didapat sekitar Rp 4200/kWh. Dengan pembangkit *hybrid* diharapkan dapat menurunkan biaya *cost of energy*.

Program *Hybrid* ini juga berpotensi untuk membantu masyarakat yang tidak memiliki akses listrik 24 jam dan membutuhkan penerangan di malam hari. Upaya pemerintah untuk mengurangi kesenjangan antar wilayah di Indonesia juga dinilai kurang cepat dan tanggap. Kedua jenis pembangkit ini mendukung program dari pemerintah dalam mencapai target bauran energi baru terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025. Keunggulan *hybrid system* ini utamanya dapat digunakan 24 jam pada beban beban dasar seperti penerangan, Selain itu system hybrid dapat menghasilkan listrik tanpa menghasilkan emisi karbon, dan pembangkit EBT sendiri memiliki perawatan yang sangat mudah sehingga dapat menghemat biaya maintenance dan juga memperkecil *cost of electricity*.

Program hybrid 2 jenis pembangkit ini akan berdampak pada lingkungan yaitu pasokan listrik akan dipenuhi oleh ke 2 jenis pembangkit ini sehingga penggunaan BBM solar semakin berkurang. Selain itu dengan penggunaan system hybrid dengan listrik yang menyala 24 jam masyarakat dapat meningkatkan produktifitasnya untuk belajar dan memungkinkan untuk adanya akses internet sehingga dapat meningkatkan pendapatan masyarakat. Pada sisi maintenance dan pembangunan juga dapat masuk kedalam kesetaraan gender, karena semua bisa berpartisipasi. Sektor Pendidikan juga sangat terbantu listrik 24 jam berpotensi meningkatkan prestasi pemuda dengan menyediakan penerangan pada malam hari sehingga bisa belajar tanpa perlu mengkhawatirkan kondisi listrik.

Studi Kasus III

**Electrum New Device: Piezoelectric Energy Harvester For Motorcycle to Accelerate The Electric Vehicle Ecosystem**

Case Study Partner: GoTo Indonesia

Nabila Putri (Kelompok: Michael Faraday)

Sebanyak 61% masyarakat Indonesia tidak berminat untuk membeli kendaraan listrik. Beberapa alasan yaitu harga kendaraan listrik belum terjangkau dan permasalahan infrastruktur yang mendukung penggunaan kendaraan listrik. Menurut *Managing Director* Electrum Patrick Adhiatmaja alasan masyarakat belum mau berpindah dari kendaraan konvensional yaitu infrastruktur, suplai produk, dan fasilitator. Saat ini masyarakat khususnya Ojek Online membutuhkan jarak tempuh rata-rata 100km.

Permasalahan juga dirasakan oleh Pak Akbar (Mitra Gojek) yang mengaku dalam sehari bisa mengganti baterai hingga 2x untuk menempuh jarak 100km. Sementara jarak perhari yang biasa di capai oleh Pak Akbar kurang lebih 130 – 160 km. Untuk menukar baterai di stasiun penukaran baterai (SPBKLU) membutuhkan biaya yang cukup murah yaitu Rp 10.000 – Rp 45.000.

Solusi yang ditawarkan adalah *Electrum New Device : Piezoelectric Energy Harvester For Motorcycle*. Dengan menggunakan alat ini diharapkan bisa mendapatkan 6,4 watt/transduser. Sementara komponen yang diperlukan yaitu *Piezo electric transducer, Piezo energy harvesting (nanopower), Connected wires, Lithium ion battery/ Nimh battery*. Dengan penambahan alat ini dapat meningkatkan awareness masyarakat untuk adopsi kendaraan listrik dan mempercepat ekosistem kendaraan listrik.



Gambar 5 Diagram umum sistem energy harvester



Gambar 6 Piezoelektrik didalam ban

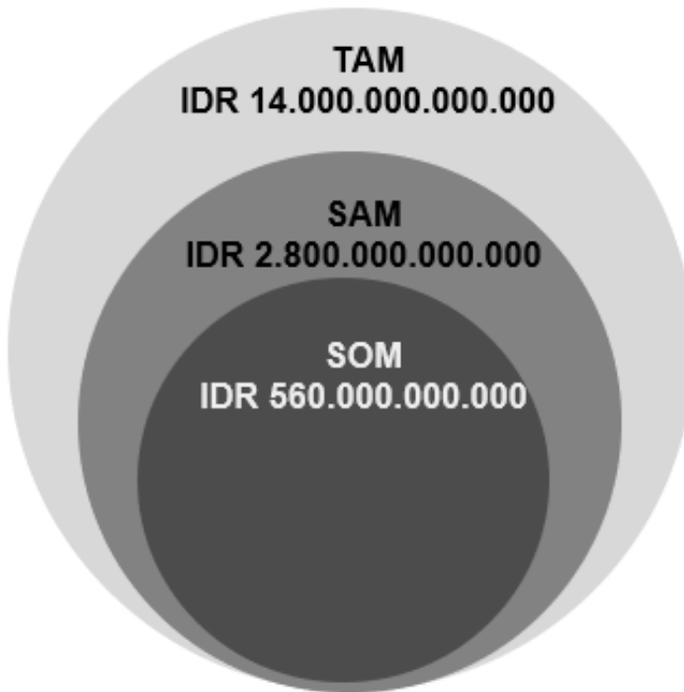
### Segmentasi Pasar

- Ditujukan untuk konsumen di wilayah perkotaan yang sudah memiliki SPKLU dan SPBKLU
- Ditujukan untuk semua kalangan, khususnya heavy user yang membutuhkan daya pakai lebih panjang.

- Ditujukan untuk mereka yang menginginkan kenyamanan karena minimnya vibrasi/getaran.
- Ditujukan untuk konsumen yang mencari fitur ramah lingkungan, *zero emission preferable*

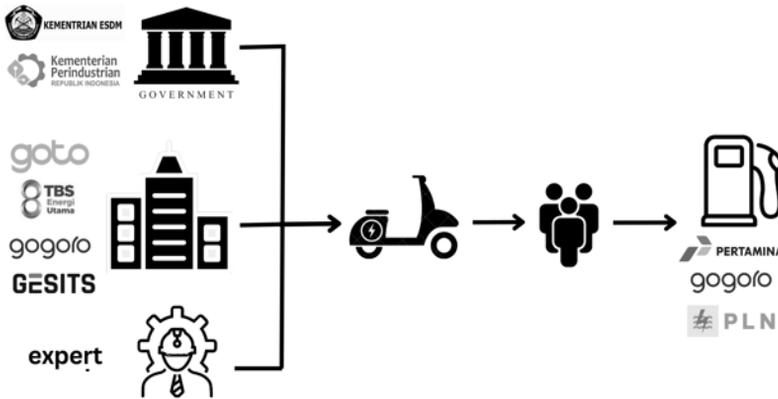
## Potential Market Size in 2025

---



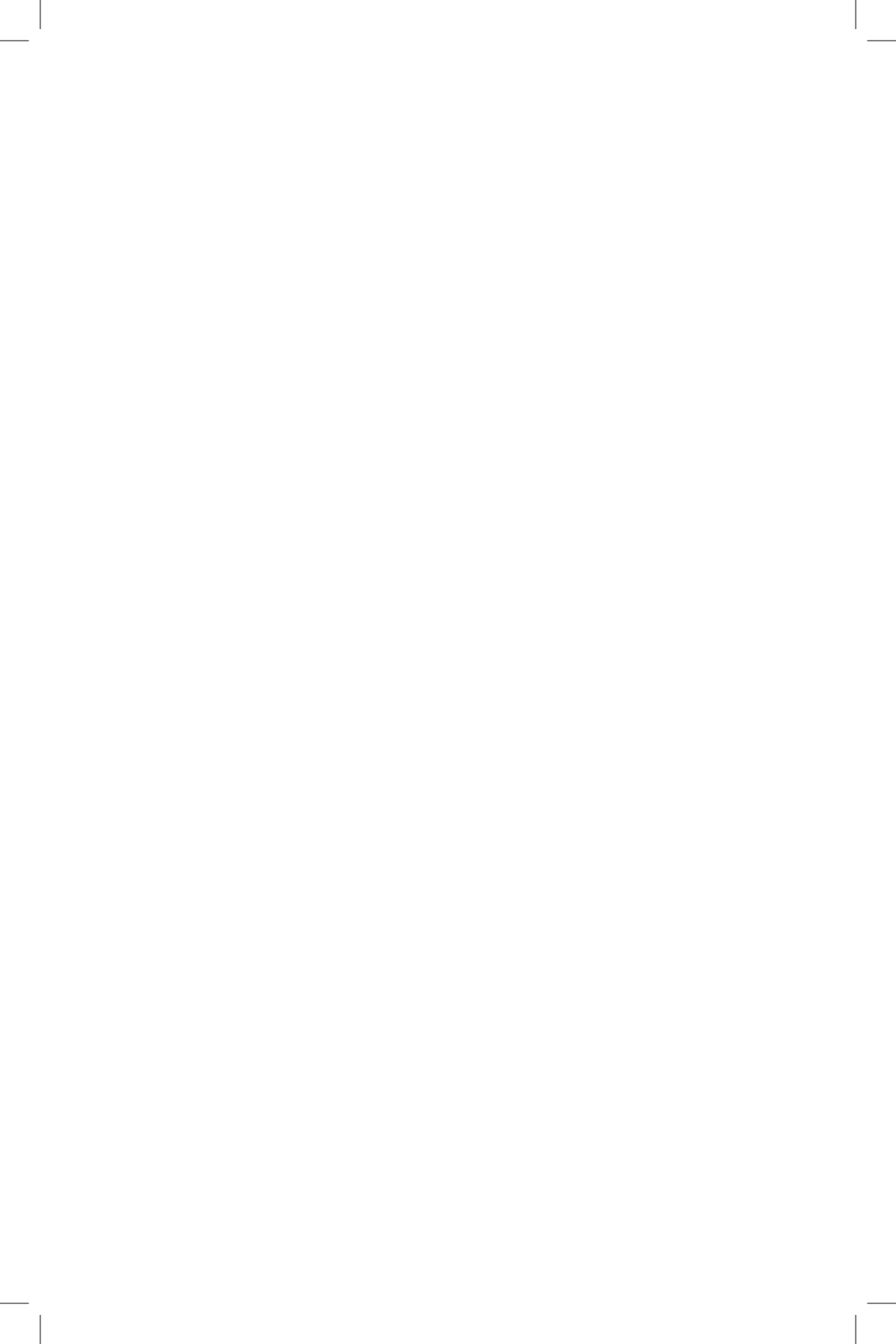
Gambar 7 Potensi market pada tahun 2025

*Electrum New Device : Piezoelectric Energy Harvester For Motorcycle* menawarkan potensi energi menjadi energi menggunakan piezoelectric. Selain itu dengan tambahan listrik dari roda kendaraan juga memperpanjang usia pakai kendaraan listrik. Alasan utamanya adalah menghemat listrik sehingga mendapatkan efisiensi energi yang lebih baik.



Gambar 8 Business model Electrum New Device

Target pencapaian dari Elektrum new device dari sisi lingkungan dapat Menurunkan emisi rumah kaca, Meningkatkan efisiensi energi, Pemanfaatan secara maksimal energi baru terbarukan, Mempercepat ekosistem kendaraan listrik menuju *Net Zero Emission*, Tercapainya SDGs, terutama goals 7,13. Energi yang semakin efisien juga dapat mendukung tercapainya ekonomi hijau dan menghemat biaya pengeluaran driver/mitra GoTo hingga Rp 8.500.000. Penurunan emisi juga berdampak pada peningkatan kesehatan dan juga peningkatan kualitas udara. Udara yang sehat dan dirasakan oleh masyarakat akan menciptakan budaya kenyamanan memakai *goods* yang ramah lingkungan, Masyarakat terbiasa untuk menggunakan kendaraan listrik.



# Foto-Foto Kegiatan



## Kunjungan Ke Persemaian Rumpin

(Jumat, 10 Februari 2023)

Di hari pertama *Leadership Bootcamp*, sebanyak 56 peserta dari berbagai latar belakang jurusan kuliah, mengunjungi Pusat Persemaian Modern Rumpin, Bogor.

Kedatangan mereka disambut hangat oleh Kepala Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (BPDASHL) Citarum Ciliwung, Pina Ekalipta.

“Saya senang, adik-adik masih muda sudah mulai mengenal persemaian. Apalagi, mayoritas *basic*-nya bukan orang Kehutanan” kata Pina di Pusat Persemaian Modern Rumpin, Bogor, Jumat (10/2). Dipandu para asisten manager Pusat Persemaian Modern Rumpin, mereka menyaksikan pembuatan media tanam yang berasal dari cocopeat dan sekam di *Production House Area* (PHA); proses perkecambahan yang mencakup kegiatan penaburan, *sowing*, *transplanting* pada *Germination House Area* (GHA) selama 1 bulan, aklimatisasi atau penyesuaian terhadap iklim selama 1 bulan di *Aclimation House Area* (AHA) selama 1 bulan; *oversack* ke polibag, yang dilanjutkan ke *Open Growth Area* (OGA) area selama 1-2 bulan untuk menunggu bibit didistribusikan ke masyarakat sebagai pemohon bibit. Hanya bibit yang memenuhi standar, dengan syarat minimal media kompak, batang berkayu dan tinggi minimal 25 cm yang didistribusikan. Manager Pusat Persemaian Modern Rumpin Dinni Melati menggelar post test dan sesi diskusi. Untuk memastikan peserta membawa oleh-oleh pengetahuan yang memadai.

Berikut ini foto-fotonya.



Peserta Leadership Bootcamp National, Energy, Climate & Sustainability Competition (NECSC) 2023 dari berbagai kampus, foto bersama dengan Pimpinan dan Staf Pusat Persemaian Modern Rumpin di Kabupaten, Bogor, Jawa Barat, 10 Februari 2023.



Pemimpin Redaksi RM id Firsty Hestiarini memaparkan maksud dan tujuan kedatangan 56 mahasiswa peserta Leadership Bootcamp NECSC 2023 dari berbagai kampus ke Pusat Persemaian Modern Rumpin, Kabupaten Bogor kepada Kepala Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (BPDASHL) Citarum Ciliwung, Pina Ekalipta.

Di pusat persemaian ini, para mahasiswa menyaksikan langsung proses persemaian, yang merupakan hulu rehabilitasi hutan.



Pemimpin rombongan Society of Renewable Energy (SRE) yang juga mahasiswa Universitas Indonesia (UI) Fadil Ramadhani D mengungkapkan suka citanya, karena bisa melihat langsung tahapan produksi bibit pohon di Pusat Persemaian Modern Rumpin. Serta mengenal aneka pohon, yang selama ini belum pernah dilihat wujudnya.



Manajer Pusat Persemaian Rumpin, Dinni Melati menguji kembali wawasan mahasiswa peserta Leadership Bootcamp NECSC 2023, setelah menyaksikan tahapan produksi bibit pohon di Pusat Persemaian Rumpin.



Mahasiswa peserta Leadership Bootcamp NECSC 2023 menyimak penjelasan mengenai tahapan pembibitan pohon, yang disampaikan staf Pusat Persemaian Rumpin.

## Kegiatan Boot Camp Green Leader

(Sabtu, 11 Februari 2023)

Total 100 peserta terseleksi Kompetisi Menulis Energi Baru Terbarukan dan Lingkungan Hidup: National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023 terlihat bersemangat menjalani rangkaian acara hari kedua Leadership Bootcamp di Wisma Makara Universitas Indonesia, yang diselenggarakan secara hybrid, Sabtu (11/2). Beberapa peserta berasal dari daerah di luar Jakarta, bisa mengikuti melalui platform virtual.

Sebanyak 100 peserta ikut mengikuti workshop technical skill dan soft skill, yang diberikan para senior SRE. Serta memecahkan studi kasus yang diberikan perusahaan kolaborator seperti Pertamina, Adaro, dan GoTo. Dengan pembekalan berupa pengetahuan seputar lingkungan dan energi, melalui rekaman video dan diskusi daring bersama mentor.

Berikut ini foto-foto kegiatan saat mentoring bootcamp leader.



Suasana saat workshop technical skill dan soft skill boot camp green leader di Wisma Makara Universitas Indonesia, Sabtu (11/2/2023).

Suasana saat workshop technical skill dan soft skill boot camp green leader di Wisma Makara Universitas Indonesia, Sabtu (11/2/2023).



## Leadership Talk di Makara Art Centre, Universitas Indonesia

(Minggu, 12 Februari 2023)

Sebanyak 500-an mahasiswa antusias mengikuti sesi LeaderTalk, rangkaian dari *National Energy, Climate, Sustainability Competition* (NECSC) 2023, di Makara UI Depok, Minggu (12/2/2023). Mereka datang dari berbagai kampus, yaitu di Jakarta, Bogor, Yogyakarta, Solo, Surabaya dan Malang.

Para pembicara yang hadir adalah Direktur Utama Pertamina Nicke Widyawati, Direktur Utama Pupuk Indonesia Holding Bakir Pasaman, Presiden Direktur PT Adaro Energy, Garibaldi Thohir yang menyampaikan pesan melalui video dan disambung oleh paparan lengkap dari Rusdi Husin (General Manager HSE, Risk Management & Crisis Team Leader).

William Tanuwijaya, Komisaris GoTo yang menyampaikan pesan inspiratif melalui video dan dilanjutkan oleh Head of Sustainable GoTo, Tanah Sullivan. Dan terakhir adalah Kamia Handayani, EVP Energy Transition and Sustainability PT PLN.

Berikut ini foto-fotonya:



Direktur Utama PT Pertamina Nicke Widyawati saat berbicara di hadapan 500 mahasiswa yang hadir dalam Leadership Talk, National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, (12/2/2023) dipandu Rauf Usman (SRE).



Direktur Utama PT Pupuk Indonesia Holding Bakir Pasaman saat berbicara di hadapan 500 mahasiswa yang hadir dalam Leadership Talk, National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, (12/2/2023).



Presiden Direktur PT Adaro Energy Garibaldi Thohir (Boy Thohir) saat berbicara melalui jalur virtual zoom, di hadapan 500 mahasiswa yang hadir dalam Leadership Talk, National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, (12/2/2023).



General Manager HSE Risk Management and Crisis Team Leader PT Adaro Energy Rusdi Husin, saat berbicara di hadapan 500 mahasiswa yang hadir dalam Leadership Talk, National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, (12/2/2023).



EVP Energy Transition and Sustainability PT PLN Kamia Handayani saat berbicara di hadapan 500 mahasiswa yang hadir dalam Leadership Talk, National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, (12/2/2023).



Komisaris PT GoTo Gojek Tokopedia William Tanuwijaya saat berbicara melalui jalur virtual di hadapan 500 mahasiswa yang hadir dalam Leadership Talk, National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, (12/2/2023).



Head of Sustainability GoTo Tanah Sullivan saat berbicara di hadapan 500 mahasiswa yang hadir dalam Leadership Talk, National Energy, Climate, Sustainability Competition (NECSC) 2023, (12/2/2023)

## **Awarding NECSC 2023, Makara Art Centre, Universitas Indonesia**

(Minggu, 12 Februari 2023)

Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Prof Dr Siti Nurbaya hadir dan menjadi pembicara kunci pada *National Energy, Climate, and Sustainability Competition* (NECSC) 2023, Minggu (13/2/2023).

Menteri LHK RI juga menyerahkan hadiah Piala Menteri kepada para pemenang penulisan artikel pada NECSC 2023 dari Kategori Lingkungan. Sedangkan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral diwakili kehadirannya oleh Sekjen KESDM Rida Mulyana.

Sekjen KESDM Rida Mulyana mewakili Menteri ESDM RI menyerahkan piala kepada pemenang penulisan artikel pada NECSC 2023 dari Kategori Energi.

Tim Juri pada kompetisi ini adalah Agus Pambagio (Pengamat Kebijakan Publik) dan Agus Sudibyو (Pemerhati Isu Komunikasi, Digitalisasi dan Filsafat Sosial).

Hadir pula dalam kegiatan Awarding NECSC 2023 yaitu Sekjen KLHK Bambang Hendroyono. Tuan rumah kegiatan ini adalah Direktur Utama/CEO *Rakyat Merdeka Group* Kiki Iswara, dan *founder* SRE Zagy Yakana Berian.

Berikut ini foto-fotonya.







# Pemberitaan



## **Menteri LHK Bicara Di Depan 500 Anak Muda NECSC 2023 Makin Panas, Dunia Terancam Banjir & Kekeringan**



Menteri LHK Siti Nurbaya (kedua kanan), Sekjen Kementerian ESDM Rida Mulyana (kanan), Sekjen KLHK Bambang Hendroyono (ketiga kiri), CEO Rakyat Merdeka Group Kiki Iswara Darmayana (ketiga kanan), Direktur Rakyat Merdeka Ratna Susilowati (kiri) dan Pendiri Society of Renewable Energy (SRE) Indonesia Zagy Berian (kiri) berfoto bersama peserta saat Awarding NECSC 2023 RM-SRE, di Makara Art, UI, Depok, Jawa Barat, Minggu (12/2). (Foto: Patra/RM)

Reporter : Bambang Trismawan

Editor : Ratna Susilowati

Dimuat di Rakyat Merdeka Digital – RMid

Senin, 13 Februari 2023 07:14 WIB

Perubahan iklim global terjadi sangat nyata. Suhu dunia makin panas. Dan dampaknya akan terjadi banjir dan kekeringan di mana-mana. Karena itu, Pemerintah Indonesia telah melakukan banyak upaya untuk mengurangi efeknya.

Pernyataan itu disampaikan oleh Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Prof Dr Siti Nurbaya saat menjadi pembicara kunci pada *National Energy, Climate, and Sustainability Competition* (NECSC) 2023, Minggu (12/2).

Hadir pada acara ini Sekjen KESDM Rida Mulyana, Sekjen KLHK Bambang Hendroyono, Direktur Utama/CEO *Rakyat Merdeka Group* Kiki Iswara, dan *founder* SRE Zagy Yakana Berian.

Menteri merujuk laporan dari Panel Antar Pemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) pada Agustus 2021. Disebutkan dalam kurun 2011-2020, suhu permukaan global telah meningkat rata-rata 1,09 derajat celcius. Suhu global diprediksi akan terus meningkat sampai 2,1-3,5 derajat celcius pada skenario menengah, jika tidak ada penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) pada 2020-2050. Ia mengingatkan, perlu usaha ambisius untuk mengurangi GRK. Soalnya kenaikan 1,5 derajat celcius akan meningkatkan intensitas curah hujan. “Dampak ikutannya seperti banjir dan kekeringan di wilayah negara-negara di Asia,” kata Menteri, mengingatkan.

Menteri hadir pada acara puncak NECSC 2023, di tengah 500-an mahasiswa dari perguruan tinggi terkemuka di tanah air. Sehariannya, mereka mengikuti kegiatan dengan antusias. Dimulai dari sesi LeaderTalk, yang diisi oleh sejumlah pembicara inspiratif dan diakhiri dengan *awarding*. Sebanyak 100 peserta di antaranya adalah para penulis artikel terbaik yang diikuti dalam program *leader bootcamp* sejak Jumat.

Selain Menteri LHK, Sekjen Kementerian ESDM Rida Mulyana yang hadir mewakili Menteri ESDM RI Arifin Tasrif juga menyampaikan hal senada. Yaitu tentang perlunya pengembangan energi baru terbarukan, mengingat ancaman perubahan iklim yang semakin nyata. Untuk mengatasi persoalan ini butuh kerjasama dan kolaborasi semua pihak.

Hujan yang turun sejak subuh tak mengurangi semangat para mahasiswa. Mereka datang dari berbagai daerah, yaitu Jakarta, Bogor, Bandung, Solo, Yogyakarta, Surabaya, dan Malang. Juga Sumatera Utara dan Sulawesi Selatan.

NECSC 2023 adalah kompetisi yang digelar *Rakyat Merdeka* dan Society Renewable Energy (SRE). SRE adalah lembaga yang *concern* pada isu penggunaan energi baru terbarukan dan perubahan iklim. Tiga tahun lalu, diinisiasi di ITB, dan kini sudah merambah ke UI, IPB, UGM, ITS

hingga terbentuk di hampir 40 kampus seluruh Indonesia. Kompetisi ini digelar untuk yang kedua kalinya, dan memperebutkan Piala Bergilir Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dan Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK), juga berhadiah uang tunai dengan total hampir Rp 200 juta.

Menteri Siti bahkan menambahi bonus. Untuk pemenang akan diberikan program gratis mengunjungi Taman Nasional. “Ada 58 Taman Nasional di Indonesia. Silakan pilih mau ke mana. Mau ke Bajo, Raja Ampat atau ke mana, pilih saja,” kata Siti. Hadirin langsung bersorak sorai dan bertepuk tangan dengan tawaran tersebut.

Sementara bonus tambahan dari Kementerian ESDM adalah, para pemenang akan diberi akses untuk magang di sejumlah BUMN yang berada di sektor energi. Hadiah dan bonus ini membuat mahasiswa sangat senang dan makin bersemangat.

Menteri Siti Nurbaya mengatakan, kegiatan ini dapat mendorong peran, pemikiran dan tindakan generasi muda dalam penguatan energi terbarukan dan aksi-aksi perubahan iklim di Indonesia. Menurut dia, acara ini bersifat *influential experiences*, mampu meningkatkan literasi dan ketertarikan generasi muda terhadap isu lingkungan dan transisi energi. Juga menantang generasi muda untuk berkolaborasi dan mengasah kemampuan memecahkan masalah. Hal ini sejalan dengan kebijakan tentang pentingnya keterlibatan generasi muda untuk menjadi bagian langsung dari upaya mengatasi masalah lingkungan. Karena itu, ia setuju acara ini terus dilanjutkan dan setuju dengan usulan dewan juri, para pemenang diberikan semacam beasiswa agar apa yang dituliskan juga bisa diteruskan menjadi semacam penelitian.

Indonesia, kata Menteri, sudah menyusun dan aksi-aksi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Misalnya, penerapan energi terbarukan, efisiensi energi, penggunaan BBM rendah emisi, clean coal technology dan gas power plant serta reklamasi lahan pasca tambang. Pemerintah juga telah menyusun peta jalan *net zero emission* pada 2060 serta membuat kebijakan transisi energi antara melalui pensiun dini pembangkit batu bara.

Sekjen Kementerian ESDM Rida Mulyana menyampaikan hal serupa. Dampak perubahan iklim sangat nyata. Pencairan es di kutub makin hari makin massif. Level air laut terus naik, dan rob makin sering terjadi. Indonesia sebagai negara kepulauan sangat terasa dampaknya. Kehidupan penduduk di pesisir terganggu karena permukaan air laut terus naik.

Kata Rida, dari berbagai kajian disebutkan salah satu penyebab perubahan iklim itu adalah penggunaan energi fosil, yaitu minyak bumi dan batu bara. Batu bara bahkan disebut sebagai penyumbang emisi terhadap perubahan cuaca dan lingkungan.

Menurut dia, tak ada yang salah dengan penggunaan energi fosil dan batu bara itu. Yang salah adalah kalau tidak ada usaha mengubahnya. Nah, kata dia, Presiden Jokowi berkomitmen untuk turut serta menjaga agar dan agar suhu bumi tidak makin panas. “Salah satunya dengan mengubah penggunaan energi berbasis fosil menjadi *renewable energy*,” kata Rida.

Indonesia saat ini berada dalam posisi transisi energi itu. Alhamdulillah semua jenis energi terbarukan ada di Indonesia. Mulai dari atas seperti matahari sampai paling bawah yaitu panas bumi, semuanya ada. Selain itu ada pemanfaatan bayu atau angin, arus laut dan gelombang, juga energi hydro. Indonesia punya modal cukup. Yang masih kurang adalah teknologi. Karena itu, ia berharap generasi muda ikut masuk dalam proses transisi energi itu dengan penguasaan teknologi.

“Bersyukur kita sudah dapat komitmen dari negara donor seperti Amerika dan Jepang agar bisa mempercepat transisi energi itu,” ujarnya.

Melihat antusias dan semangat para hadirin yang hadir, Rida yakin proses transisi energi itu akan berjalan baik. Ia pun meminta RM dan SRE terus melebarkan sayap dan melanjutkan forum seperti ini. Terus mengajak generasi muda untuk peduli terhadap lingkungan.

“Pada saatnya energi kita akan makin sustain dan bersih. Kuncinya adalah pengembangan teknologi,” ujarnya.

Nah, terakhir Rida berpesan kepada para generasi muda agar terus menempa diri agar sukses. Rumusnya adalah 3K: Kompetensi, Karakter, dan Kapabilitas.

Sementara itu, Dirut *Rakyat Merdeka* Kiki Iswara mengatakan, tingginya minat mahasiswa, menunjukkan kepedulian terhadap isu perubahan iklim dan transisi energi.

Kiki menyampaikan, *Rakyat Merdeka* ikut membina SRE. Sejak kelahirannya pada 2019, lembaga yang awalnya hanya sebagai unit di ITB kini sudah terbentuk di banyak perguruan tinggi dengan member 3 ribuan mahasiswa. Ini sebuah prestasi yang membanggakan. “Harapannya mahasiswa yang nanti lulus bisa memberikan ide cemerlang terutama dalam mengembangkan program transisi energi dan bagaimana menanggulangi perubahan iklim,” kata Kiki.

Sebanyak 50 karya terbaik dari kompetisi ini, akan dibukukan sebagaimana lomba setahun sebelumnya. Buku tersebut nantinya akan disumbangkan sebagai bahan penelitian dan menjadi masukan untuk pemerintah.

Terakhir, ia mengucapkan terima kasih kepada Kementerian ESDM dan Kementerian LHK. Juga perusahaan kolaborator yang kerap mendukung kegiatan-kegiatan terkait energi bersih dan perubahan iklim, yaitu PT Pertamina, PT PLN, Pupuk Indonesia, dan Perhutani. Semoga akan lebih banyak lagi yang mendukung agar pengembangan energi transisi energi baru dan penanganan perubahan iklim berjalan lebih agresif. \*\*\*

## Paparan Dirut Pertamina Di NECSC Kita Punya Kekuatan Untuk Transisi Energi



Direktur Utama Pertamina, Nicke Widyawati. (Foto: Patra Rizki/RM.id)

Reporter : Fajar El Pradianto  
Editor : Ratna Susilowati  
Dimuat di Rakyat Merdeka Digital – RMid  
Senin, 13 Februari 2023 07:50 WIB

Sebanyak 500-an mahasiswa antusias mengikuti sesi LeaderTalk, rangkaian dari *National Energy, Climate, Sustainability Competition* (NECSC) 2023, di Makara UI Depok, kemarin.

Mereka datang dari berbagai kampus, yaitu di Jakarta, Bogor, Yogyakarta, Solo, Surabaya dan Malang.

Salah satu pembicara yang hadir adalah Direktur Utama Pertamina, Nicke Widyawati. Dalam paparannya, Nicke menegaskan, Indonesia kini sedang berusaha keras mempercepat transisi energi. Terutama dari energi berbasis fosil menuju *electrification*.

Ia menerangkan, upaya transisi energi ini tidak hanya tanggung jawab Pemerintah. Tapi menjadi tanggung jawab bersama sampai level masyarakat. Sehingga semua bisa memberikan kontribusi.

Untuk melakukan transisi energi sekarang Indonesia mulai bertahap pindah ke elektrifikasi atau berbasis listrik. Energi listrik bagi kendaraan membutuhkan baterai. “Lalu untuk baterai ini ada mineral esensial yang diperlukan, salah satunya adalah nikel,” terang Nicke.

Dia menilai, RI memiliki kekuatan yang besar untuk melakukan transisi energi dari berbasis fosil ke listrik. Bagaimana tidak, Indonesia adalah negara yang memiliki cadangan nikel terbesar di dunia. “Kita memiliki kekuatan *men-support* transisi energi dalam bentuk *electrification*,” ucapnya.

Dia mengatakan, Indonesia adalah negara yang sebetulnya kaya. Namun harus disiapkan jurus agar kemudian bisa melakukan transisi energi namun di sisi lain adalah tetap bisa memenuhi kebutuhan rakyatnya.

Ia menyebut tiga hal yang harus dipahami dalam pemenuhan kebutuhan energi. Pertama dianggap sangat *mandatory* adalah ketahanan energi. Hal tersebut juga sudah tercantum dalam Undang-undang Energi.

“Ketahanan energi ini penting karena kalau hanya pulau-pulau tertentu yang bisa mengaksesnya maka itu belum bisa dikatakan memenuhi ketahanan energi,” katanya.

Kedua, energi harus terjangkau. Karena itu Pemerintah kemudian memberikan subsidi dan sebagainya bagi masyarakat agar mampu membeli kebutuhan energi. Termasuk kendaraan listrik dimana saat ini sudah disiapkan subsidi.

Ketiga, secara lingkungan harus bisa menjaga serta terus berkelanjutan ada energinya. Bagi Indonesia, ketiganya harus diseimbangkan. Maka ini yang dilakukan oleh Pertamina. Yaitu Pertamina bisa menyeimbangkan ketiganya. Secara jangka pendek dan menengah dan seterusnya Pertamina kerja keras menjamin kecukupan energi.

Pertanyaannya lagi adalah, ketika saat ini masih energi berbasis fosil, bagaimana menurunkan karbon emisinya. Maka, harus dilakukan dekarbonisasi. “Karena sebetulnya transisi energi dengan Energi Baru Terbarukan (EBT) itu bukan tujuan. Itu adalah cara untuk kita semua

mencapai natural emission,” imbuhnya.

Ini yang penting dipahami, bahwa beralih ke EBT adalah satu cara, bukan tujuan utama. Seperti sekarang, lanjut Nicke, energi yang digunakan adalah *oil and gas*, maka itu harus diturunkan karbon emisinya dalam bentuk program-program dekarbonisasi.

Lebih jauh ia mengungkapkan, penggunaan EBT yang terus digalakkan di Indonesia bukan sekadar ingin menurunkan emisi karbon dan melakukan transisi. Bagi Indonesia, langkah ini sekaligus untuk mewujudkan kemandirian energi.

“Kita sekarang belum mandiri secara energi, karena masih bergantung pada negara lain. Melalui penggunaan EBT, kita sekaligus ingin mewujudkan kemandirian energi,” katanya.

Pertamina sudah mendefinisikan perannya untuk mewujudkan kemandirian energi Indonesia. Hal tersebut dimulai dari sumber energi yang dimiliki Indonesia. Misalnya kelapa sawit dan batu bara. Orang mengatakan batu bara ini emisinya luar biasa. Tetapi kan teknologi bisa menjawab itu.

Sementara untuk jangka panjang Indonesia memiliki nikel sebagai kebutuhan energi listrik kedepannya. “Jadi kita coba pikirkan apa saja potensi-potensi yang dimiliki Indonesia, agar bisa mandiri secara energi,” terang Nicky.

Energi lain yang bahannya dimiliki Indonesia adalah sawit. Pertamina sudah mulai memproduksi pengganti BBM dari sumber daya alam yang dimiliki, yaitu kelapa sawit untuk memproduksi biodiesel. “Kita memproses sawit, kemudian kita campur dengan diesel yang bertahap. Sekarang sudah 35 persen,” terangnya.

Nicke menambahkan, sejak 2019 Indonesia juga sudah tidak lagi mengimpor solar. Karena saat itu 30 persen kebutuhan solar sudah bisa digantikan oleh minyak kelapa sawit. \*\*\*

## **Dirut PT Pupuk Indonesia Indonesia Jangan Telat Bangun Pabrik Amonia**



Direktur Utama Pupuk Indonesia, Bakir Pasaman  
(Foto: Patra Rizky Syahputra/RM)

Reporter : Fajar El Pradianto  
Editor : Muhammad Fiky  
Dimuat di Rakyat Merdeka Digital – RMid  
Senin, 13 Februari 2023 06:40 WIB

PT Pupuk Indonesia (Persero) menaruh perhatian besar, tak hanya urusan kebutuhan pupuk bagi petani, tapi juga di bidang energi.

Di hadapan banyak mahasiswa, Direktur Utama PT Pupuk Indonesia (Persero), Bakir Pasaman menerangkan banyak hal tentang amonia. Blue amonia dan green amonia dinilai memiliki banyak manfaat. Potensi Indonesia untuk memproduksi juga besar.

“Sekarang banyak negara mulai memikirkan amonia,” ujarnya dalam acara National Energy, Climate, Sustainable Competition (NECSC) 2023, di Makara Art Center Universitas Indonesia, Depok, kemarin.

Bakir tampak luwes saat memaparkan berbagai rencana dari Pupuk Indonesia di bidang energi. Terutama dalam urusan amonia. Banyaknya negara yang ingin membangun pabrik adalah tantangan bagi Indonesia untuk bergerak cepat.

“Banyak yang ingin memproduksinya baik green maupun blue ammonia,” tuturnya.

Ia menerangkan, Pupuk Indonesia sebagai leader produsen dari ammonia harus tetap menjadi leader. Walaupun ini nanti shifting dari perusahaan agrikultur menjadi perusahaan agrikultur sekaligus energi.

“Agrikultur tetap karena kami menghasilkan amoniak tapi nanti juga akan menghasilkan green energi yang nanti akan kita kembangkan,” terangnya.

Kedepannya menurut dia PT Pupuk Indonesia harus bekerja sama dengan Pertamina. Kenapa Pertamina? Karena Pupuk Indonesia harus bekerja sama dengan perusahaan yang benarbenar energi. Tujuannya supaya tidak ada persaingan.

“Karena sekarang BUMN ini adalah sinergi bukan bersaing sesama perusahaan,” cetusnya.

Dia berharap, nantinya Pertamina bersama PT Pupuk Indonesia menaruh modal untuk memproduksi blue ammonia maupun green ammonia. Sehingga Indonesia bisa membangun pabrik ammonia yang banyak.

“Ini kalau kita telat di dunia (negara lain) juga akan melakukan pembangunan ammonia yang jumlahnya cukup banyak. Kita bisa ketinggalan,” paparnya.

Sebab itu dia berpesan agar Indonesia tidak boleh telat dalam merealisasikan ini. Menurutnya rahasia perusahaan harus survive ada dua yaitu speed dan agility.

Dijelaskan, blue ammonia dan green ammonia di kedepan akan sangat dibutuhkan untuk keperluan energi ramah lingkungan dunia. Pemanfaatan energi ramah lingkungan ini juga sejalan dengan upaya perusahaan untuk mengurangi emisi karbon atau dekarbonisasi.

Pada akhir tahun volume perdagangan ammonia untuk saat ini mencapai 21 juta ton di seluruh dunia. Namun pada tahun 2030, volume perdagangan ammonia untuk sumber energi diprediksi mencapai 30 juta ton.

Karena itu, lanjut Bakir, pemanfaatan energi ramah lingkungan ini juga harus dioptimalkan kedepannya. Karena saat ini Pupuk Indonesia adalah pemain utama ammonia di Indonesia.

“Green energy ini yang sangat menarik, artinya sebagai pemain amoniak tentunya kita menjadi leading sector di Indonesia, atau di

wilayah Asia sebagai produsen blue ammonia maupun green ammonia,” ungkap Bakir.

Indonesia selain berpotensi menjadi pemain utama di Asia, pengembangan blue dan green ammonia sebagai sumber energi ramah lingkungan, juga menjadi salah satu upaya perusahaan untuk mendukung target penurunan emisi karbon.

Untuk mewujudkan hal tersebut, Bakir menyebutkan bahwa Pupuk Indonesia sudah melakukan berbagai macam kerjasama. Selain itu, Pupuk Indonesia juga telah memiliki peta jalan. Dalam tahap jangka pendek pada tahun 2023-2030.

Pada tahap ini, Pupuk Indonesia mulai memanfaatkan sumber energi terbarukan, sekaligus mengurangi emisi. Adapun sumber energi tersebut berasal dari hydropower yang diperoleh dari PLN. Sumber energi ini mulai menggantikan pemakaian minyak atau gas bumi sebagai sumber pembangkit listrik pada pabrik pupuk.

Selain itu, Pupuk Indonesia juga akan melakukan revamping atau pengembangan pabrik pupuk untuk meningkatkan efisiensi energi dan penurunan emisi karbon, serta pengembangan green ammonia dengan memanfaatkan pabrik eksisting. Tidak hanya itu, emisi karbon juga akan dimanfaatkan untuk pengembangan produk Soda Ash yang bermanfaat sebagai bahan baku bagi industri kaca, keramik, dan sebagainya.

“Kami coba memulai menghilangkan CO<sub>2</sub> dengan mengkonversi ke dalam bentuk lain, misalnya soda ash yang bahan bakunya itu adalah carbon dioxide, ini bisa kita konversi menjadi soda ash dan bisa mengurangi emisi CO<sub>2</sub>, dan mengurangi energi yang berlebihan sehingga karbon yang dibuang menjadi lebih sedikit,” tukasnya.

Selanjutnya, pada jangka menengah, yaitu pada periode 2030-2040. Pada tahap ini, Pupuk Indonesia mulai mengembangkan blue ammonia. Adapun karbon yang terbentuk dari proses produksi ammonia ini dapat diinjeksikan ke dalam tanah melalui Carbon Capture Storage (CCS). Injeksi karbon ini akan lebih efisien jika dilakukan pada reservoir sumur minyak ataupun gas tua di Indonesia. Pupuk Indonesia sendiri sudah melakukan studi dengan sejumlah perusahaan dari Jepang untuk hal tersebut. ■

## **Boy Thohir: Mari Kerja Keras Supaya Indonesia Lebih Tangguh, Jadi Global Player**



Presiden Direktur PT Adaro Energy, Garibaldi Thohir. (Foto: Antara)

Reporter : Didi Rustandi  
Editor : Ujang Sunda  
Dimuat di Rakyat Merdeka Digital – RMid  
Senin, 13 Februari 2023 08.00 WIB

Pembicara yang turut memberikan inspirasinya dalam acara National Energy, Climate, and Sustainability Competition (NECSC) 2023 yaitu Presiden Direktur PT Adaro Energy, Garibaldi Thohir. Dia menyampaikan pesan melalui video dan disambung oleh paparan lengkap dari Rusdi Husin (General Manager HSE, Risk Management & Crisis Team Leader).

Dalam penjelasannya, Garibaldi Thohir yang akrab disapa Boy Thohir mengatakan, calon pemimpin masa depan diharapkan memperhatikan energi hijau dan energi terbarukan. Pertumbuhan ekonomi baru di Indonesia bakal bersumber dari energi terbarukan. Bahkan di dunia internasional energi terbarukan bakal memiliki peran penting.

Boy pun mengaku bangga, bisa memberikan memotivasi ratusan mahasiswa dari 72 kampus ini. Ia menekankan, mahasiswa sebagai pemimpin masa depan harus memiliki jiwa pemimpin dan memperhatikan energi hijau.

“Saya bangga kepada mahasiswa dan sangat mendukung NECSC ini. Karena memiliki antusiasme yang tinggi terhadap energi terbarukan dan

memperhatikan lingkungan,” katanya.

Boy berharap, sebagai kaum terpelajar, mahasiswa bisa mengambil peran penting dan menjadi pemimpin di semua lini kehidupan, sehingga bisa meneruskan mimpi dan cita-cita bangsa Indonesia. Mahasiswa juga diingatkan supaya bekerja keras untuk meraih mimpi, karena tidak ada kesuksesan bukan sesuatu yang mudah dan instan.

Tapi, semua harus melalui proses. “Kita harus bekerja keras meraih mimpi. Supaya Indonesia bisa lebih tangguh lagi, lebih bersih lagi, lebih green lagi, dan menjadi global player di dunia,” jelasnya.

Boy menceritakan, bagaimana Adaro yang semula perusahaan batu bara kecil di Kalimantan Selatan (Kalsel) menjadi perusahaan raksasa di bidang energi. Hal itu diperoleh melalui kerja keras, inovasi dan bisa menangkap peluang.

Kakak dari Menteri BUMN Erick Thohir ini bilang, terus berupaya bertransformasi dan diversifikasi bisnis perusahaan untuk memanfaatkan peluang ekonomi hijau. Selama 30 tahun Adaro Energy berdiri, perusahaan dapat terus bertahan melewati berbagai tantangan di tengah pasar batu bara serta hantaman pandemi Covid-19.

“Adaro dapat terus tumbuh serta bertransformasi mendukung masa depan negeri tercinta kita, Indonesia,” ujarnya.

Bahkan, Adaro akan fokus pada tiga pilar, yakni Adaro Energy, Adaro Minerals, dan Adaro Green yang fokus energi baru dan terbarukan (EBT). Ke depan, semua korporasi memasuki ekonomi hijau.

“Kami memahami bahwa ekonomi hijau akan memainkan peran penting di masa depan, dengan perhatian yang semakin besar terhadap faktor lingkungan, sosial dan tata kelola atau yang kita kenal dengan ESG,” terang jebolan University of Southern California, Amerika Serikat ini.

Karena itu, kata dia, Adaro harus memanfaatkan peluang ekonomi hijau yang datang, dengan terus berupaya mengembangkan dan mendiversifikasi bisnis. Ke depan, akan bertransformasi menjadi tiga pilar. Pertama, adalah pilar Adaro Energy yang membawahkan seluruh bisnis yang telah membawa Adaro menjadi salah satu perusahaan energi terbesar.

Kedua, pilar Adaro Minerals yang akan mengolah sumber daya mineral serta aluminium di kawasan industri hijau Kalimantan, yang merupakan kawasan industri hijau terbesar di dunia. “Hal ini merupakan

wujud komitmen Adaro untuk mentransformasi bisnis menjadi usaha yang lebih berkelanjutan melalui inisiatif ramah lingkungan,” kata Boy.

Ketiga adalah pilar baru, yakni pilar Adaro Green yang akan fokus mengembangkan berbagai sumber energi baru dan terbarukan. “Kami berharap, upaya yang kami lakukan secara berkesinambungan ini akan menjadi awal yang signifikan dari perjalanan transformasi Adaro,” ungkap pria kelahiran Bandar Lampung, 57 tahun ini.

Melalui *green initiatives* jangka panjang dan *business model* yang lebih seimbang dan berkelanjutan bagi Grup Adaro, dapat terus meningkatkan kontribusi kepada Indonesia, baik melalui pajak dan royalti, hingga mendukung pertumbuhan ekonomi hijau untuk masa depan Indonesia.

Sementara General Manager HSE, Risk Management, and Crisis Team Leader PT Adaro Energy Indonesia, Rusdi Husin mengatakan, berkomitmen terus meningkatkan aspek lingkungan, sosial, dan tata kelola (Environmental, Social, and Governance/ESG) dalam operasional perusahaan agar bisa menjadi perusahaan tambang yang baik dan mendukung prinsip energi hijau.

Menurutnya, sejak 2021, Adaro terus meningkatkan efektivitas operasional perusahaan dan juga membuat perencanaan perusahaan yang mendukung penurunan emisi karbon.

Hal ini kemudian berbuah hasil perusahaan mengantongi ESG Ratings BBB pada tahun lalu. “Adaro sudah setara tambang besar di dunia seperti Rio Tinto dan Vale. Jadi ini *assesment* bukan dari kita, ini dari pihak independen. Laporan terakhir, kami bersyukur bahwa karbon emisi kami sudah setara dengan rata-rata emisi karbon di klaster industri,” ujar Rusdi.

Rusdi menjelaskan, dalam waktu dekat Adaro akan meluncurkan *roadmap* perusahaan untuk mencapai *nett zero emission* (NZE). Hal ini juga sejalan dengan beberapa proyek besar yang sedang ditangani oleh perusahaan baik itu pabrik smelter maupun baterai.

“Memang dalam waktu dekat kami masih memakai batu bara, namun kami sudah punya strategi untuk menggantikan sumber energi ini memakai hidro dan panel surya. Jadi kami bisa memproduksi alumina hijau dan baterai hijau,” jelasnya. ■

## William Tanu: Bermimpilah Dengan Mata Terbuka...

Reporter : Didi Rustandi  
Editor : Muhammad Fiky  
Dimuat di Rakyat Merdeka Digital – RMid  
Senin, 13 Februari 2023 08.00 WIB

Pesan dan motivasi yang sangat inspiratif juga disampaikan William Tanuwijaya, Komisaris GoTo. Dia mengirimkan video singkatnya dalam acara *LeaderTalk*, National Energy, Climate and Sustainability Competition (NECSC) 2023. Yaitu tentang keberanian anak muda mewujudkan mimpi. Caranya, bermimpilah dengan mata terbuka.

Apa maksudnya? Co-Chairman PT GoTo Gojek Tokopedia Tbk ini memberikan motivasi dan berbagi pengalaman kepada mahasiswa yang hadir di NECSC.

Mantan CEO Tokopedia ini menceritakan pegangan hidupnya, yaitu “Mimpi dengan Mata Terbuka” menjadi salah satu pegangan hidupnya ketika membesarkan Tokopedia.

“Mari kita bermimpi dengan mata terbuka, karena dengan begitu, anak cucu kita bisa kembali menikmati langit yang biru, udara yang bersih. Karena itu adalah hak mereka. Jika bukan sekarang kapan lagi. Jika bukan kata siapa lagi,” kata William.

Ia juga mengaku, terinspirasi dengan ucapan Bung Karno, “Bermimpilah setinggi langit, karena kalau kita jatuh, akan berada di antara bintang-bintang,” ajaknya.

Menurut William, mimpi dengan mata terbuka dimaknai dengan ketika apa yang dipikirkan seseorang, diucapkan dan dilakukan memang harus benar-benar konsisten.

“Kalau kita bermimpi dengan mata tertutup, setiap hari, kita mimpi. Kita bangun kita sudah lupa mimpi apa saja. Sementara kalau kita sudah pikirkan saja, dari mimpi berubah menjadi rencana dan rencana kita ucapkan akan berubah lagi menjadi komitmen,”

Komisaris GoTo, William Tanuwijaya (Dok GoTo)



jelas pria kelahiran Pematang Siantar, Sumatera Utara ini.

Sementara, Head of Sustainable GoTo, Tanah Sullivan berkomitmen untuk ikut mendukung ekonomi hijau melalui strategi pengurangan emisi dan penyeimbangan karbon. Komitmen pertama adalah mengubah 650 armada pengemudi GoJek menjadi kendaraan listrik (EV) pada 2030 melalui sinergi dengan berbagai pihak.

“Dalam ekosistem kami, itu lumayan kompleks. Ada hampir tiga juta mitra pengemudi. Kita akan mentransisi semua kendaraan dalam ekosistem GoTo ke kendaraan listrik. Ini salah satu komitmennya,” kata Tanah.

Komitmen kedua dengan mentransisi seluruh operasional GoTo untuk mendukung ekonomi hijau. GoTo juga akan membantu semua merchant dan driver dalam ekosistemnya agar mereka bisa melewati proses transisi ini dengan baik.

“Ini tanggung jawabnya di kita, bukan di mereka. Karena target, goal dan komitmen ini adalah komitmen GoTo, bukan komitmen mereka. Jadi kita harus bantu mencari solusi yang *cost effective*, berarti beban biayanya tidak jatuh ke mereka juga,” jelasnya.

Komitmen berikutnya adalah nol sampah. Tujuan perusahaan adalah untuk mengurangi dan pada akhirnya menghilangkan polusi terhadap lingkungan, termasuk mengalihkan sebanyak mungkin sampah dari tempat pembuangan akhir.

“Dari sisi Tokopedia, ada hampir 1 juta paket yang keluar dari gudang-gudang Tokopedia dan merchant, itu setiap hari. Jadi itu banyak banget packaging-nya. Tetapi sebenarnya agak sulit buat menghitung ini jadi sampah atau tidak. Tetapi kita harus coba *take action*,” kata lulusan University of Melbourne Australia ini.

Salah satu langkahnya adalah melalui gerakan Tokopedia Hijau sebagai upaya dalam menciptakan ekosistem bisnis yang berkelanjutan.

“Jadi semua seller yang sudah mulai transisi ke zero waste, itu mereka masuk di situ. Sekarang ini semua paket yang keluar dari gudang Tokopedia, itu 650 *recycle*. Jadi itu sudah mulai dan sekarang kita juga mendorong biar merchant kita juga bisa *aware* dan *take action* sendiri,” imbuhnya. ■

## Capai Target Net Zero Emission 2060 PLN Pastikan Tak Ada PLTU Batubara Baru



Kamia Handayani, EVP Energy Transition and Sustainability saat menjadi pembicara kunci pada National Energy, Climate, and Sustainability Competition (NECSC) 2023 di Universitas Indonesia (UI), Depok, Jawa Barat, Minggu (12/2). (Foto: Istimewa)

Reporter & Editor: Faqih Mubarak  
Dimuat di Rakyat Merdeka Digital – RMid  
Senin, 13 Februari 2023 09.52 WIB

PT PLN komitmen mewujudkan target Net Zero Emission (NZE) tahun 2060. Sebagai perusahaan listrik terbesar di Asia Tenggara yang turut berkontribusi pada efek rumah kaca, PLN terus bertransformasi menuju energi bersih dengan memanfaatkan sumber energi baru terbarukan.

“Kita sedang menghadapi krisis terbesar abad ini. Pemanasan global. Karena setiap daging yang kita konsumsi menghadirkan karbon dioksida. Setiap liter minyak, setiap KWH listrik menghasilkan gas rumah kaca. Aktivitas seluruh penduduk bumi berkontribusi,” ingat Kamia Handayani, EVP Energy Transition and Sustainability PT PLN saat menjadi pembicara kunci pada National Energy, Climate, and Sustainability Competition (NECSC) 2023 di Universitas Indonesia (UI), Depok, Jawa Barat, Minggu (12/2).

Dikatakan, PLN memang memiliki kontribusi terhadap efek rumah kaca. Pada kondisi business as usual, lanjutnya, efek gas rumah kaca akan terus terjadi dan tak akan ada perubahan. Tetapi jika memakai skenario alternatif, maka emisi aktif lebih dari 1 milyar ton diharapkan menjadi nol pada 2060. Skenario yang dimaksud adalah berfokus pada *clean energy*.

Untuk mencapai Net Zero Emission, ada sejumlah strategi yang PLN lakukan. Seperti strategi jangka pendek, yakni bagaimana PLN mencapai target NZE di 2030. Kemudian strategi *long term* di atas 2030 supaya mencapai NZE di 2060.

“*Shifting* dari pembangkit listrik berbasis fuel ke pembangkit listrik yang berbasis sumber energi bersih dan rendah karbon,” sebutnya.

Dalam peraturan Kementerian ESDM, 50 persen sumber pembangkit listrik harus dari energi terbarukan sampai 2030. Sisanya bersumber dari *pipe line project* yang sudah dalam tahap konstruksi, perizinan, dan mendapat pendanaan yang tak bisa dibatalkan. “Tetapi tidak akan ada pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) batubara yang baru,” tuturnya.

Sedangkan untuk jangka panjang, PLN akan fokus pada sumber energi terbarukan. Untuk sumber energi yang sifatnya sepanjang waktu, seperti geotermal dan PLTA, di atas 2030 akan mulai ditinggalkan dan akan fokus pada pembangkit yang berbasis *renewable energy*.

“Seperti pembangkit listrik terbarukan yang memiliki karakter *intermitten*, yang tidak sepanjang waktu digunakan. Seperti tenaga matahari yang paling banter *peak*-nya selama 4 jam dalam sehari,” ungkapnya.

Strategi ini, lanjutnya, harus didukung infrastruktur lainnya seperti baterai *storage*, dan interkoneksi antarpulau. Atau jaringan transmisi yang menyalurkan listrik.

Diungkapkan, saat ini jaringan hanya terkoneksi di Jawa, Madura, dan Bali. Ke depan, PLN akan mengkoneksikan transmisi ke Sumatera, Kalimantan, dan Nusa Tenggara. Supaya ada evakuasi energi terbarukan dari luar pulau Jawa. “Karena memang *center of demand* energi terbarukan terbanyak di Pulau Jawa,” tambahnya.

Dia mengingatkan, potensi Energi Baru Terbarukan di Jawa lama-lama bakalan habis. Di Jawa, untuk membangun Pembangkit Listrik

Tenaga Surya (PLTS) lahan juga semakin berkurang.

Padahal, di Sumatera dan Kalimantan, ada potensi *hydro* energi yang besar. Sementara di Nusa Tenggara, juga punya potensi PLTS yang besar yang bisa dimanfaatkan dan dievakuasi ke Jawa. “Kita secara bertahap akan melakukan strategi ini semua untuk menuju Net Zero Emission,” tandasnya. ■

## Kejar Target Net Zero Emission, Ini Program Jangka Panjang PLN

Reporter: Novalliandy

Editor: Fazry

Dimuat di Rakyat Merdeka Digital – RMid

Senin, 13 Februari 2023 11.10 WIB

PT PLN memiliki program jangka panjang transisi energi untuk mencapai target *Net Zero Emission* (NZE) di 2060.

Executive Vice President Energy Transisi dan Keberlanjutan PLN, Kamiya Handayani menjelaskan, saat ini PLN sudah melakukan berbagai kerja sama dengan berbagai pihak untuk menciptakan energi bersih yang diharapkan mampu mendorong pertumbuhan ekonomi.

“Ke depan, PLN akan pensiunkan PLTU secara bertahap. Langkah ini dinilai paling efektif untuk bisa mengurangi emisi karbon di sektor kelistrikan sekaligus mengurangi penggunaan batubara sebagai energi fosil,” kata Kamiya saat menjadi pembicara kunci pada *National Energy, Climate, and Sustainability Competition* (NECSC) 2023 di Universitas Indonesia (UI), Depok, Jawa Barat, Minggu (12/2). Namun begitu, untuk menciptakan listrik yang tetap terjangkau, PLN masih akan mengoperasikan PLTU di tahun 2060, namun dengan teknologi carbon capture storage agar ramah lingkungan.

PLN juga akan akselerasi penambahan pembangkit listrik berbasis energi bersih. Hingga 2025 mendatang PLN akan menambah 3 Gigawat (GW) pembangkit berbasis Energi Baru Terbarukan (EBT) dengan total tambahan kapasitas terpasang 20.9 GW dari 2021 hingga 2030 mendatang.

PLN juga mendukung ekosistem kendaraan listrik dengan gencar menciptakan skema kerja sama bersama mitra melalui franchise pembangunan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) dan SPBKLU bersama stakeholder terkait. Sehingga akan ada ribuan SPKLU dan Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) yang difasilitasi PLN.

“Yang tidak kalah penting, bagaimana PLN bisa mendorong dekarbonisasi di sisi hilir di sektor lain yang akan terus PLN kembangkan. Salah satunya, pengembangan *Carbon Capture and Storage* (CCS) sehingga bisa menjadi teknologi penyerap emisi karbon dalam jumlah

besar di PLTU dan PLTG,” tegas Kamiya.

Untuk diketahui, saat ini beberapa negara sekarang sudah mensyaratkan barang yang masuk ke negara mereka merupakan barang yang proses produksinya rendah karbon, seperti yang sudah berlaku di Uni Eropa. Ke depan juga akan ada pengenaan pajak karbon. \*\*\*

# National Energy, Climate and Sustainability Competition (NECSC) 2023

Piala Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral RI  
Piala Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI

Didukung Oleh

