



Energi Nuklir

Thoriq Maulana Iqbal
Society of Renewable Energy

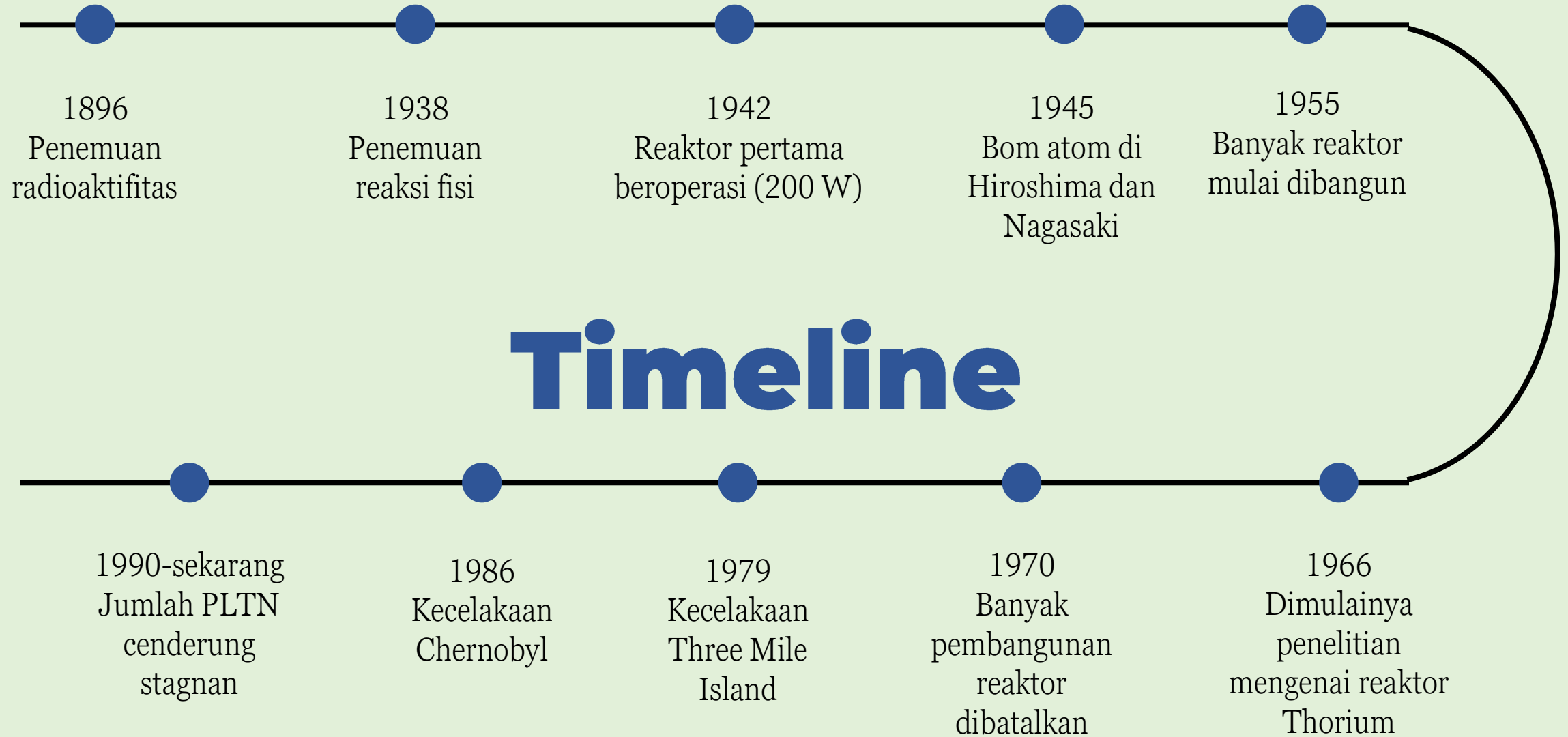


Nuklir



**Energi Baru
Terbarukan?**



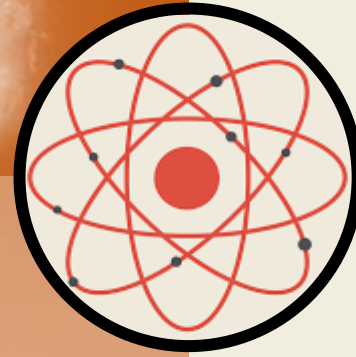


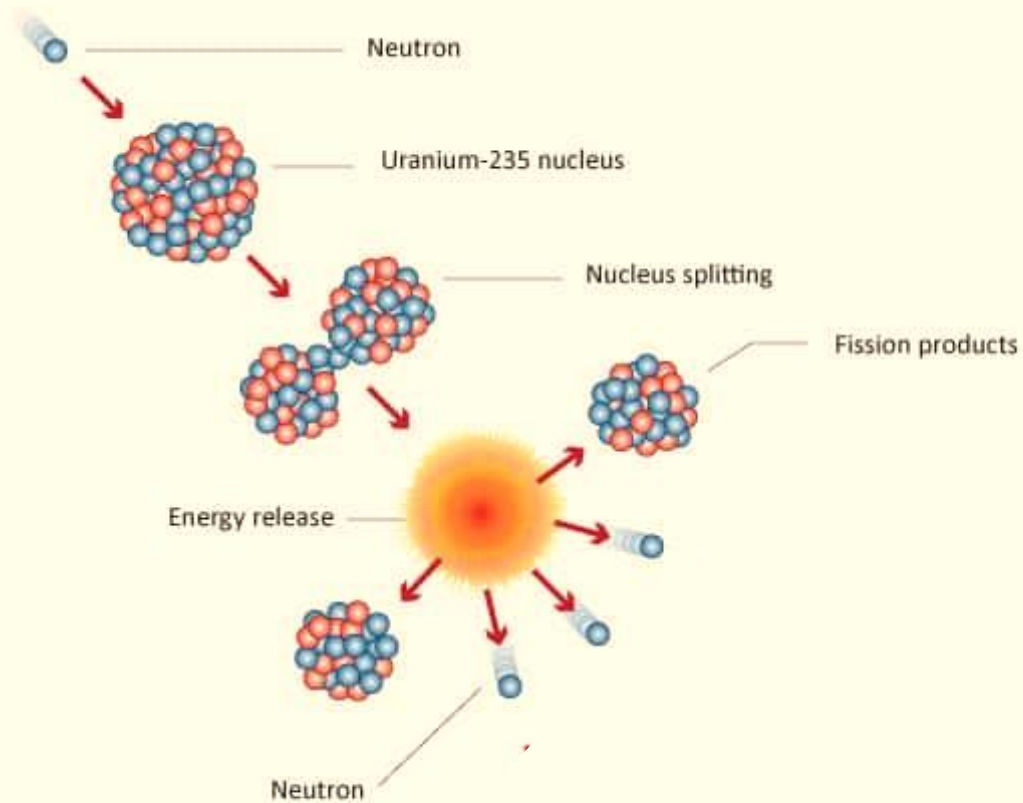
Definisi

Energi nuklir adalah energi yang terkandung di dalam inti atom.

Energi di atom dapat dilepaskan melalui dua cara:

1. Reaksi fisi: atom berukuran besar yang dipecah menjadi atom berukuran lebih kecil
2. Reaksi fusi: beberapa atom kecil Bersatu membentuk atom yang lebih besar.





©Pass My Exams

Reaksi Fisi

Reaksi fisi dapat terjadi secara alami maupun tidak.

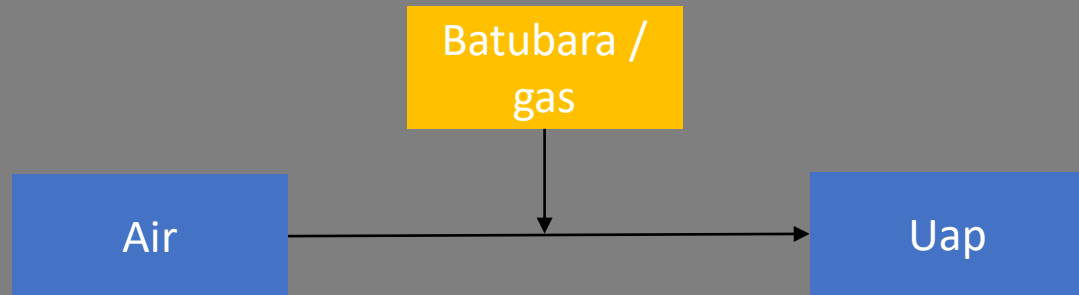
Reaksi fisi alami terjadi pada peluruhan atom yang tidak stabil. Reaksi alami sangat jarang terjadi.

Reaksi fisi dilakukan dengan cara menembakkan neutron pada atom tertentu, seperti Uranium-235, Uranium-233 atau Plutonium-239

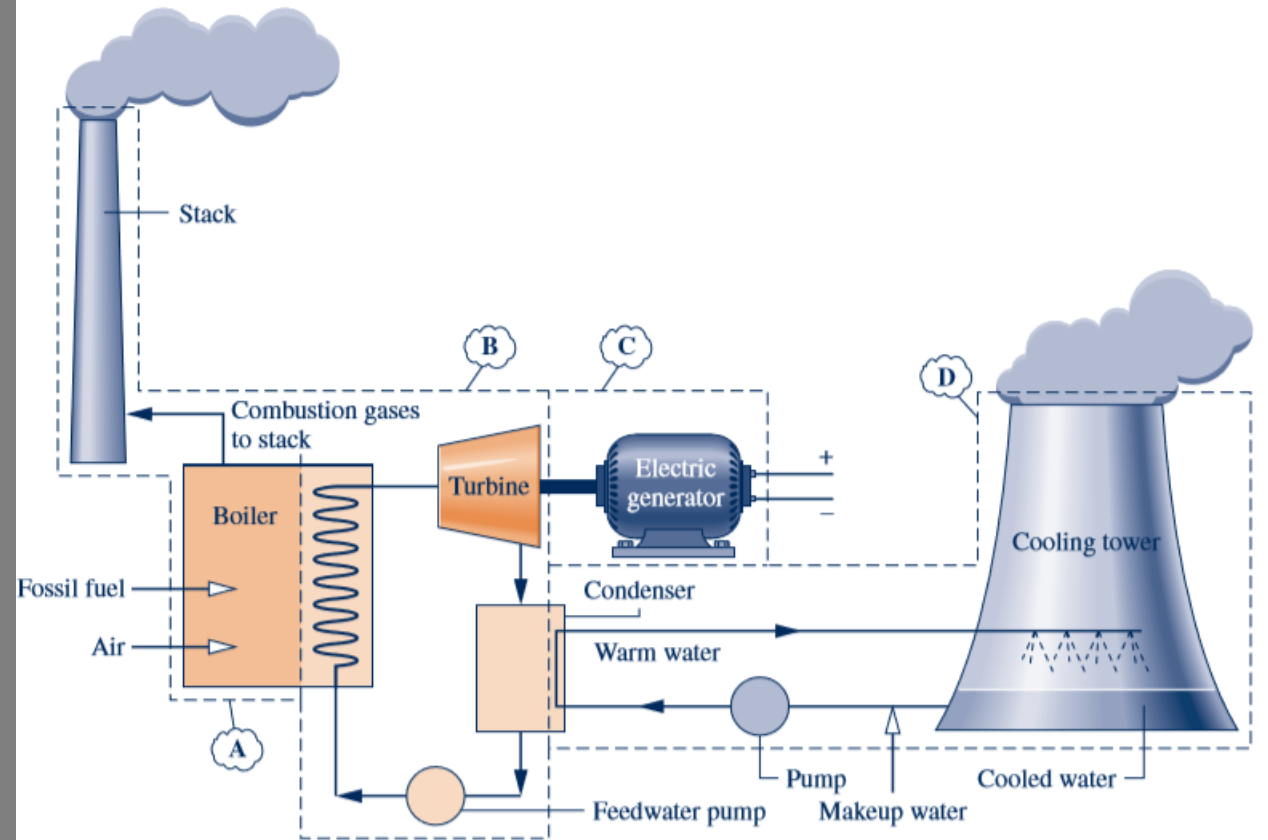
Nuclear chain reaction (reaksi berantai) terjadi ketika satu reaksi fisi menyebabkan terjadinya reaksi fisi yang lebih banyak. Prinsip ini digunakan pada reaktor nuklir.

92
U
238.03

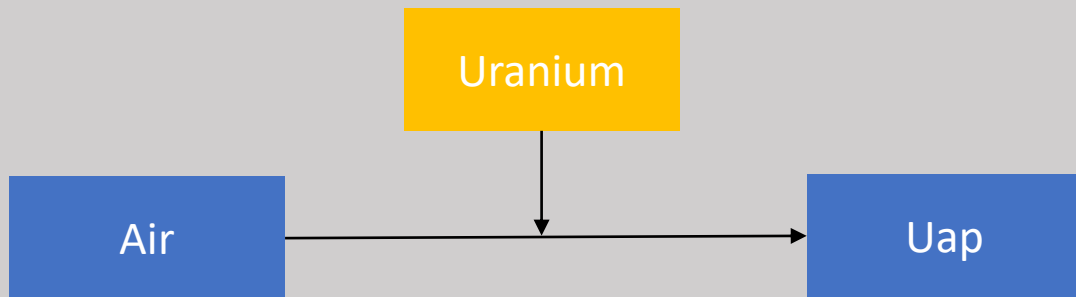
PLTU / PLTN



CO_2 NO_x CO



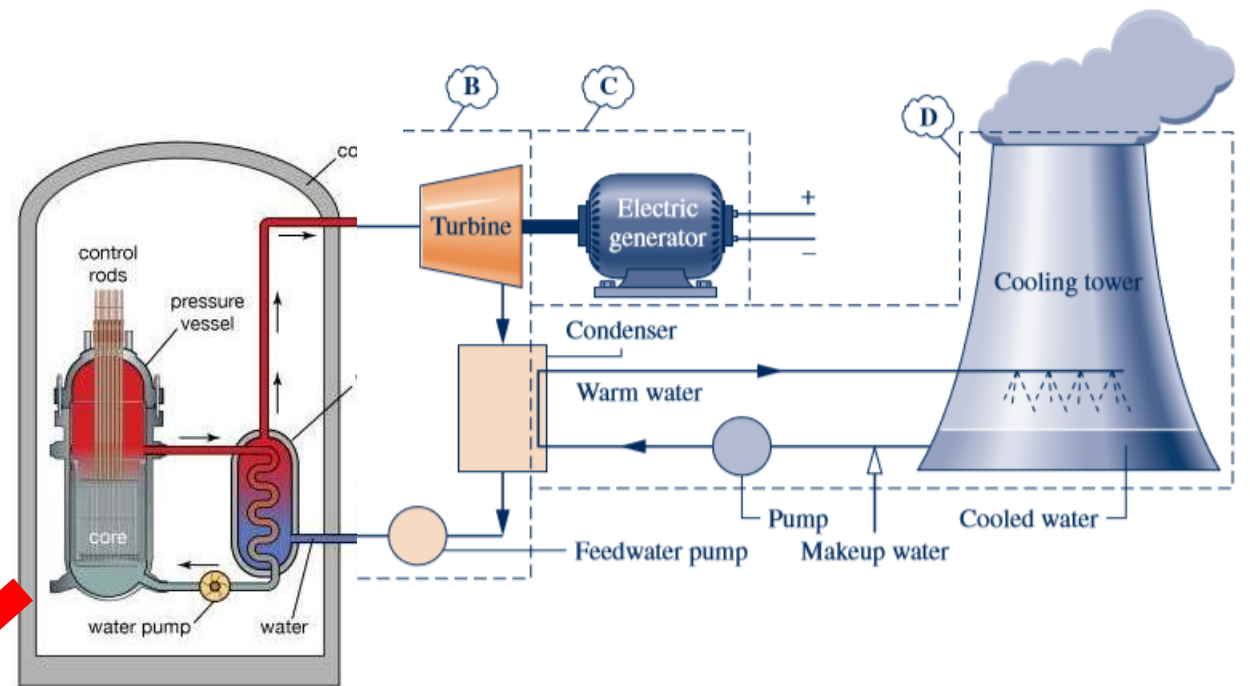
PLTU / PLTN

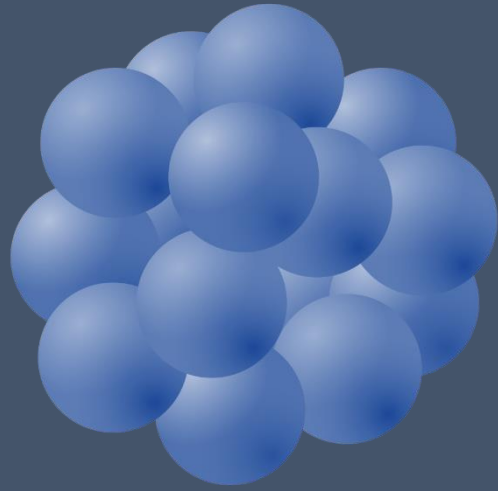


~~CO₂~~

~~NO_x~~

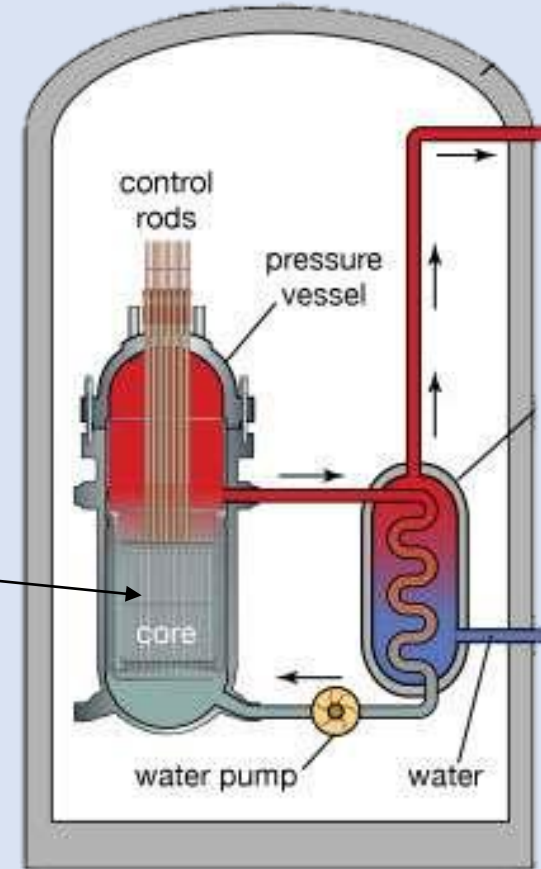
~~CO~~





Prinsip Kerja Reaktor Nuklir

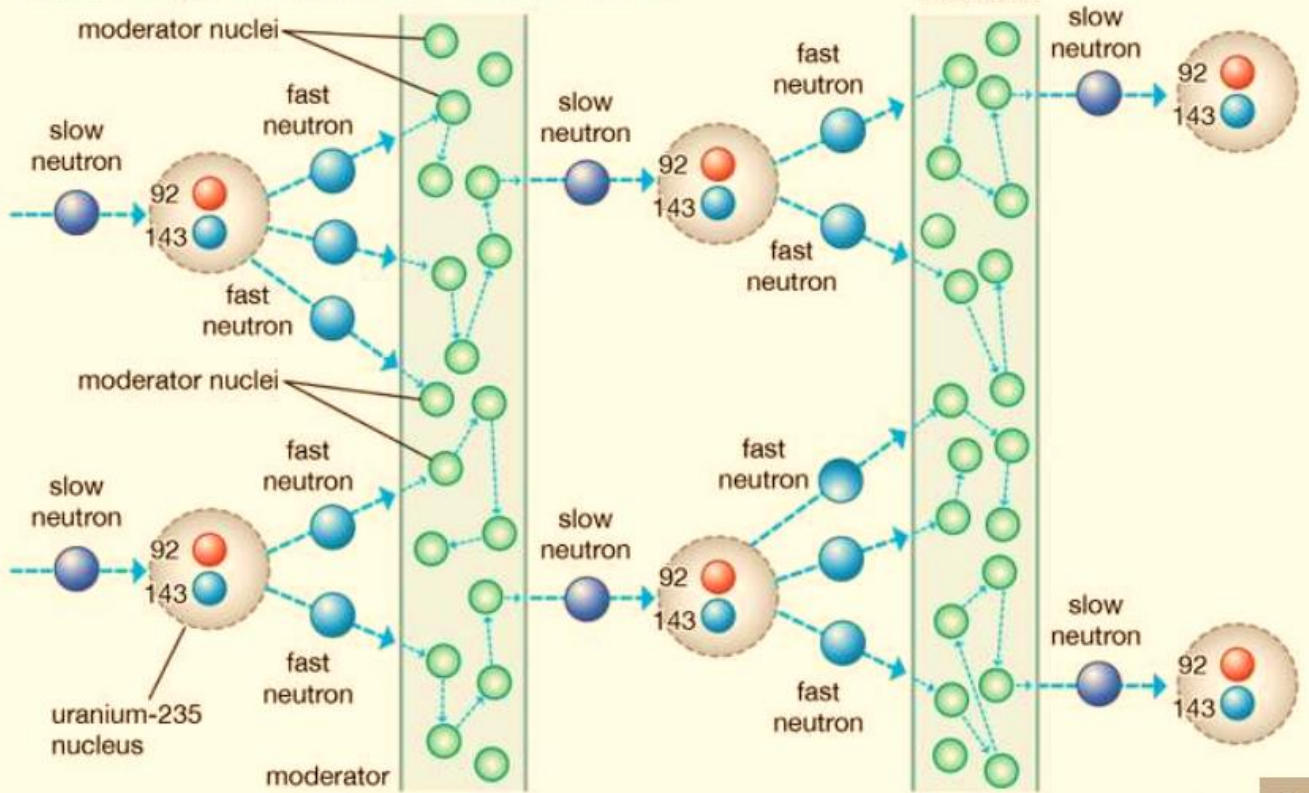
Reaksi fisi di dalam reaktor memanaskan air



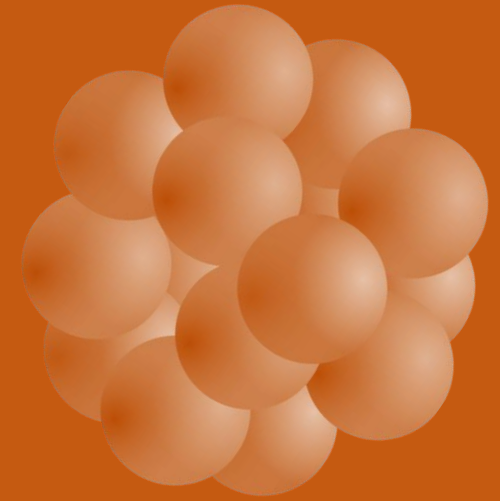
Air keluar dalam bentuk uap

Air masuk

Moderated, controlled fission of uranium-235



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

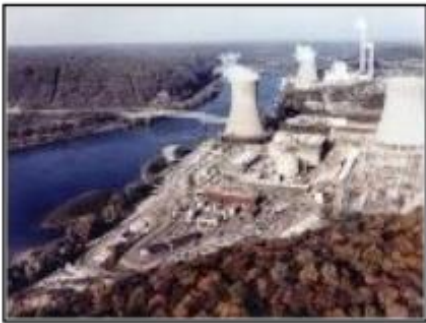


Prinsip Kerja Reaktor Nuklir

Generation IV: Nuclear Energy Systems Deployable no later than 2030 and offering significant advances in sustainability, safety and reliability, and economics

Generation I

Early Prototype Reactors



- Shippingport
- Dresden, Fermi I
- Magnox

Generation II

Commercial Power Reactors



- LWR–PWR, BWR
- CANDU
- VVER/RBMK

Generation III

Advanced LWRs



- ABWR
- System 80+
- AP600
- EPR

Near-Term Deployment

Generation III+
Evolutionary
Designs Offering
Improved
Economics

Generation IV

- Highly Economical
- Enhanced Safety
- Minimal Waste
- Proliferation Resistant

.....

Gen I

Gen II

Gen III

Gen III+

Gen IV

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

2030



**1 kg
Uranium = 3.000.000
kg
batu bara**

Penggunaan Energi Nuklir di Dunia

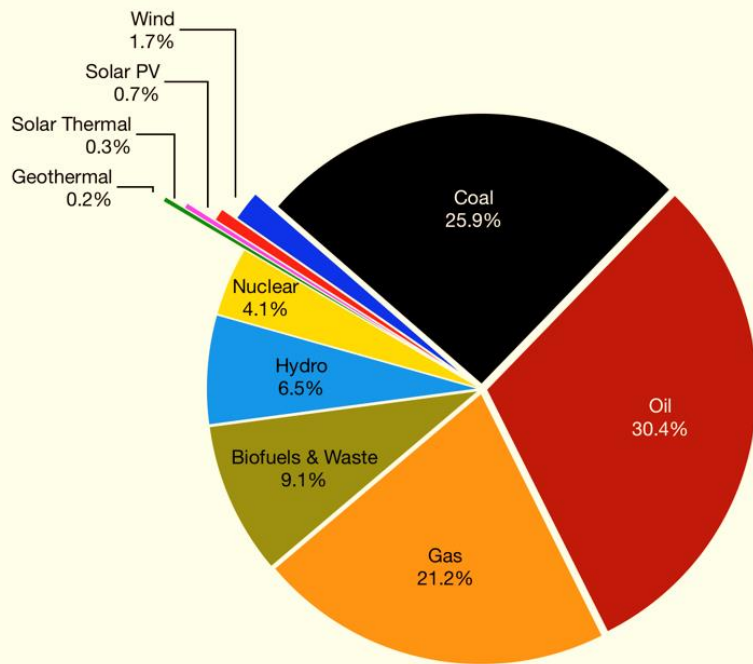
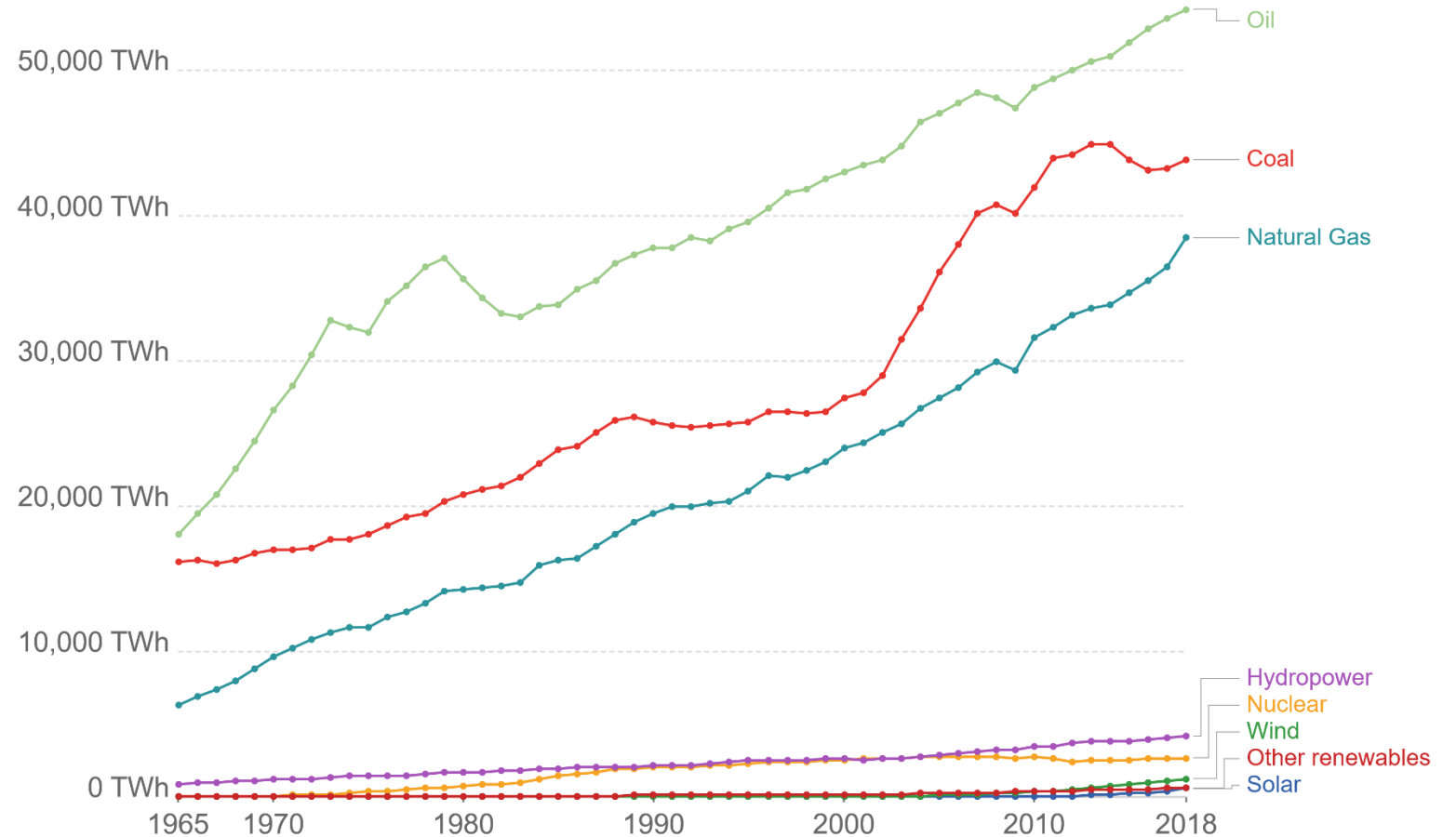


Chart 6. World energy supply by share in 2017 (the share of marine energy is too small to show). Data: IEA.¹

Primary energy consumption by source, World, 1965 to 2018

Primary energy consumption is measured in terrawatt-hours (TWh).

Our World
in Data



Source: BP Statistical Review of Global Energy (2019)

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Aspek Ekonomi

PLTN akan ekonomis pada kapasitas tinggi.

Capital cost PLTN jauh lebih tinggi dibanding pembangkit listrik konvensional lainnya, tetapi biaya operasionalnya lebih rendah.



Levelized Cost of Electricity (LCOE) (2012 \$/MWh)				
	Capital	O&M (incl. fuel)	Transmission	Total
Nuclear	71.4	23.6	1.1	96.1
Natural Gas	15.7	47.5	1.2	64.4
Solar	114.5	11.4	4.1	130.0

Source: U.S. Energy Information Administration. Levelized Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2014, January 2014, Table 1.

Item	Approximate Cost %
(a) Capital cost of land, building and equipment etc.	62%
(b) Fuel cost	22%
(c) Maintenance cost	6%
(d) Interest on capital cost	10%

Fuel	Capacity Factor
Coal	85%
Gas	87%
Nuclear	90%
Geothermal	92%
Hydro	52%
Wind Offshore	34%
Solar PV	24%

Radiasi yang diemisikan dapat menyebabkan mutasi pada sel, bahkan kematian.

Terdapat 3 jenis radiasi:

α memengaruhi sel yang terkena langsung

β dapat menembus hingga bagian terdalam tubuh manusia. Dapat dihalangi oleh dinding beton.

γ berbahaya bagi seluruh sel dan dapat menembus berbagai benda. Dapat dihalangi oleh lapisan timbal.



Bahaya Nuklir



Limbah Nuklir

Limbah nuklir ditampung dalam suatu ruang tertutup, yang biasanya terletak di bawah tanah.

Terbagi dalam beberapa jenis:

1. Low-level waste: tidak perlu pelindung
2. Intermediate-level waste: perlu pelindung
3. High-level waste: perlu pelindung dan pendingin

Walaupun berbahaya, jumlah limbah nuklir **33.000x** lebih sedikit dibanding limbah dari batu bara.

Di AS, tidak ada korban jiwa akibat limbah nuklir sejak 1960-an, sedangkan korban jiwa akibat emisi dari batu bara mencapai **11.000** jiwa.



Studi Kasus

Beberapa Kecelakaan Nuklir

Three Mile Island, Amerika

- Terjadi pada tahun 1979
- Terjadi karena katup di sistem sirkulasi air yang tertutup, sehingga sistem pendinginan reaktor tidak berfungsi
- Zirkonium yang terdapat di bahan bakar beresaksi dengan uap di dalam reaktor membentuk gas hidrogen yang keluar ke lingkungan



Chernobyl, Uni Soviet

- Terjadi pada April 1986
- 2 penyebab utama Keselahan Jerni nuklear RBMK dan inkompetensi operator
- RBMK menggunakan kombinasi propile moderated - water cooler yang tidak ditemui di reaktor pada umumnya
- Kombinasi ini menghasilkan positive void coefficient yang menyebabkan reaktivitas reaktor meningkat ketika dihasilkan uap lebih



**Fukushima,
Jepang**

- Disebarkan oleh tsunami dan gempa bumi pada 11 Maret 2011
- Reaktor 1-3 yang sedang beroperasi berhenti mendadak, namun reaktor 4 tidak sistem pendinginannya tidak berfungsi sehingga reaktor mengalami overheating
- Temperatur yang sangat tinggi menyebabkan fuel rod meleleh
- Gas hidrogen yang terbentuk menyebabkan reaktor 1 dan 2 meledak masing-masing pada 12 dan 14 Maret



Three Mile Island, Amerika

- Terjadi pada tahun 1979
- Terjadi karena katup di sistem sirkulasi air yang tertutup, sehingga sistem pendinginan reaktor tidak berfungsi
- Zirkonium yang terdapat di bahan bakar bereaksi dengan uap di dalam reaktor membentuk gas hidrogen yang keluar ke lingkungan



Fukushima, Jepang

- Disebabkan oleh tsunami dan gempa bumi pada 11 Maret 2011
- Reaktor 1-3 yang sedang beroperasi berhasil dimatikan, namun menyebabkan sistem pendinginan tidak berfungsi sehingga reaktor mengalami *overheat*.
- Temperatur yang sangat tinggi menyebabkan *fuel rod* meleleh
- Gas hidrogen yang terbentuk menyebabkan reaktor 1 dan 3 meledak masing-masing pada 12 dan 14 Maret



Chernobyl, Uni Soviet

- Terjadi pada April 1986
- 2 penyebab utama: Kesalahan desain reaktor RBMK dan inkompetensi operator
- RBMK menggunakan kombinasi *graphite moderated – water coolant* yang tidak ditemui di reaktor pada umumnya
- Kombinasi ini menghasilkan *positive void coefficient* yang menyebabkan reaktivitas reaktor meningkat ketika dihasilkan uap berlebih.



Lembaga yang melakukan penelitian tenaga nuklir di Indonesia adalah BATAN

BATAN memiliki 3 reaktor di Indonesia:

- Bandung – 250 kW, ditingkatkan menjadi 2 MW
- Yogyakarta – 100 kW
- Serpong – 30 MW

BATAN sempat berencana membuat PLTN di Jawa Tengah atau Bangka Belitung, namun ditolak masyarakat karena Indonesia merupakan daerah yang rawan bencana.

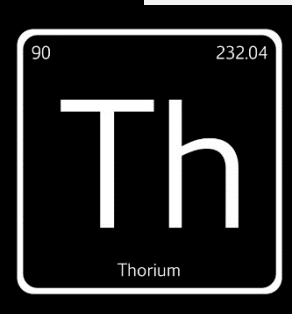
UU 17/2007 dan Perpres 5/2006 memberikan landasan kuat mengenai pembangunan PLTN. Namun PP 79/2014 justru menempatkan nuklir sebagai pilihan terakhir.

Tanpa PLTN, target pemenuhan listrik 115 GW pada 2025 tidak akan tercapai, kecuali menggunakan tenaga batu bara yang tidak ramah lingkungan.

Nuklir di Indonesia



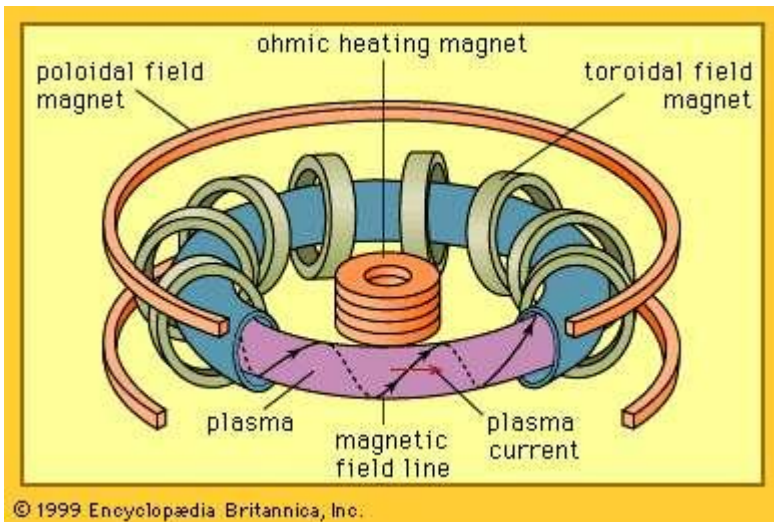
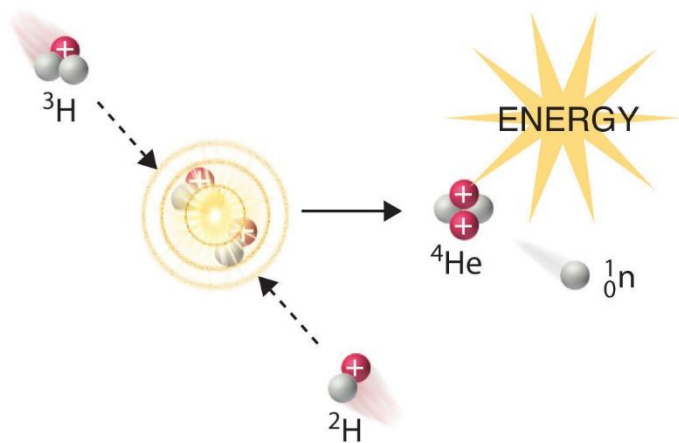
- Pada 2019, BATAN berencana membangun PLTN Thorium.
- 1 ton Thorium yang sebesar bola basket mampu menghasilkan 1000 MW listrik selama satu tahun. Sebagai perbandingan, dibutuhkan 200 ton Uranium atau 3,5 juta ton batu bara.
- Indonesia memiliki cadangan Thorium sebesar 70.000 ton, 4x lebih banyak dibanding cadangan Uraniumnya.
- Beberapa ilmuwan menyebut energi thorium merupakan sebuah sumber energi yang bersih, menghasilkan limbah nuklir yang sangat kecil, tidak dapat dipersensitai, tidak mengeluarkan emisi apapun dan murah.



PLTN



Thorium



Reaksi Fusi

- Reaksi fusi merupakan reaksi antara dua atom yang bergabung menjadi satu atom yang berukuran lebih besar.
- Reaksi ini terjadi di matahari, dimana 2 atom hidrogen membentuk 1 atom helium.
- Reaksi fusi hanya dapat terjadi apabila kedua atom memiliki energi yang tinggi.
- Di dalam reaktor fusi, temperatur tinggi akan dicapai dengan cara mengubah hidrogen menjadi fasa plasma yang mencapai temperatur 50 juta K.
- Fasa plasma dicapai menggunakan metode *magnetic confinement* yang menggunakan medan magnet untuk mencegah plasma menyentuh dinding reaktor, di dalam reaktor yang dinamakan Tokamak.
- Reaksi fusi tidak menghasilkan zat radioaktif seperti reaksi fisi.



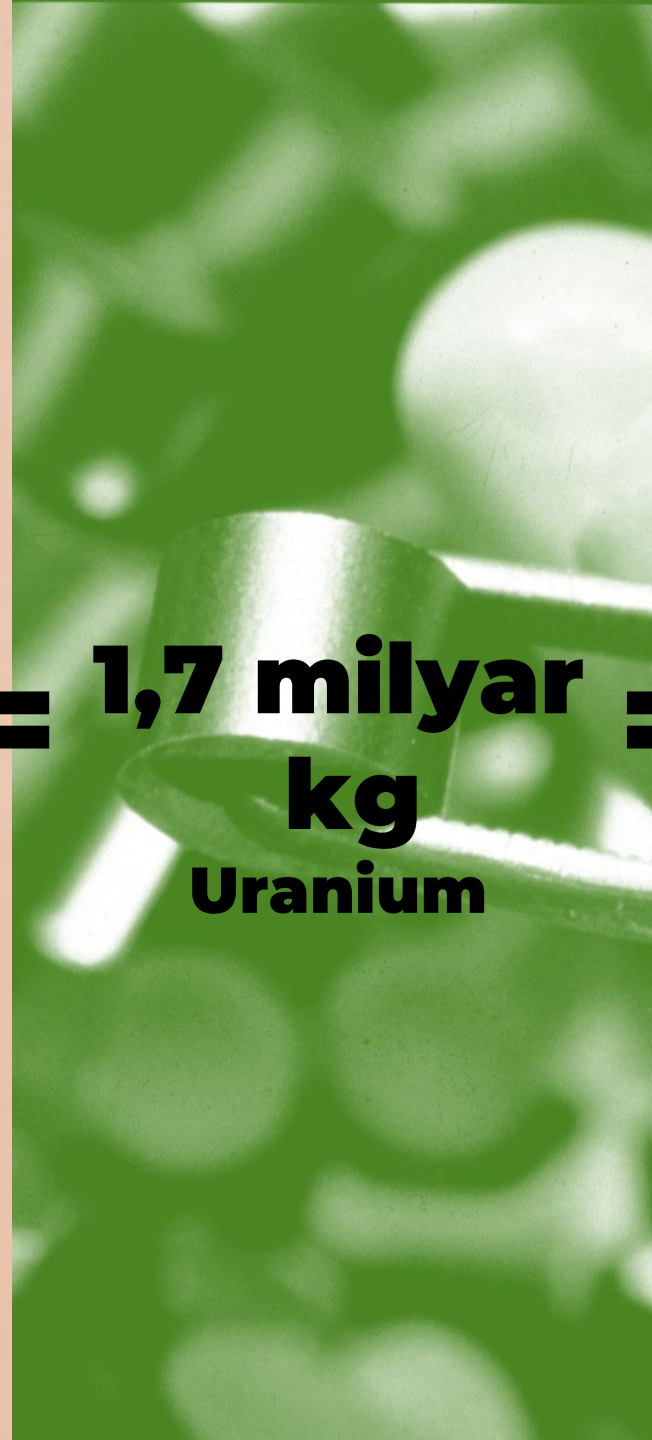
**1
kg**
bahan
bakar fusi

=



**8,3 juta
kg**
Thorium

=

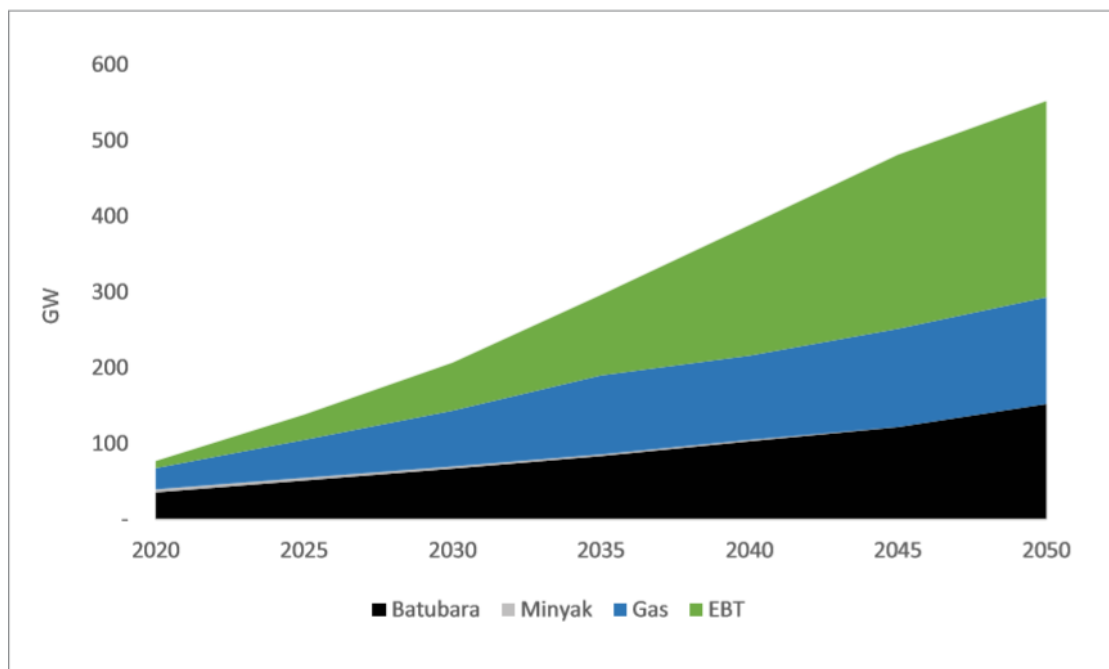


**1,7 milyar
kg**
Uranium

=



**290 triliun
kg**
batu bara



Jenis Energi	Potensi di Indonesia (MW)	Capacity Factor	Daya Listrik (MW)
Panas Bumi	29.544	0.92	27.180
Hydro	75.091	0.52	39.047
Mini-micro Hydro	19.385	0.52	10.080
Bioenergi	32.654	0.87	28.409
Surya	207.898	0.24	49.896
Angin	60.647	0.34	20.620
Laut	49.000	0.8	39.200
		Total (GW)	214

Kenapa Nuklir?

- Sebagian besar renewable energy memiliki *capacity factor* yang rendah, sehingga akan sulit untuk menggantikan energi fosil.
- Energi nuklir adalah kandidat terkuat untuk menggantikan energi fosil karena energi dan *capacity factor* yang tinggi.
- Teknologi nuklir telah digunakan sejak lama, berbeda dengan energi terbarukan lain yang teknologinya masih baru.
- Biaya yang kompetitif dengan energi fosil, bahkan lebih murah apabila menerapkan *carbon tax*.
- Metode penanganan limbah nuklir saat ini yang sudah cukup baik.





“Nuklir akan lebih diterima masyarakat apabila tidak diperkenalkan pertama kali melalui cara yang negatif (bom atom)”



Kirk Sorensen
Engineer, Nuclear technologist

Referensi

- A. Raja, A. P. Srivastava dan M. Dwivedi, Power Plant Engineering, New Delhi: New Age International, 2006.
- M. J. Moran, H. N. Shapiro, D. D. Boettner dan M. B. Bailey, Fundamentals of Engineering Thermodynamics 8th Ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.
- J. Vujic, D.P. Antic dan Z.Vukmirovic, Environmental Impact and Cost Analysis of Coal versus Nuclear Power: The U.S. Case, 2012
- Dewan Energi Nasional, Outlook Energi Indonesia 2019, 2019.
- Kementrian ESDM dan Asosiasi Energi Laut Indonesia, Potensi Energi Laut Indonesia, 2014.
- RUPTL 2018-2027.
- IAEA, Thorium Fuel Cycle – Potential Benefits and Challenges, 2005.
- <https://www.nuclear-power.net/nuclear-power/fission/>
- <https://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx>
- <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/appendices/rbmkr-reactors.aspx>
- <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx>
- <https://www.britannica.com/event/Three-Mile-Island-accident>
- <https://www.weforum.org/agenda/2015/05/what-does-nuclear-power-really-cost/>
- <https://indonesia.go.id/ragam/komoditas/ekonomi/thorium-harapan-baru-indonesia>
- <https://www.youtube.com/watch?v=l50ZUdGeRII>
- https://www.bbc.com/indonesia/berita_indonesia/2011/03/110314_indonesia_pltn