

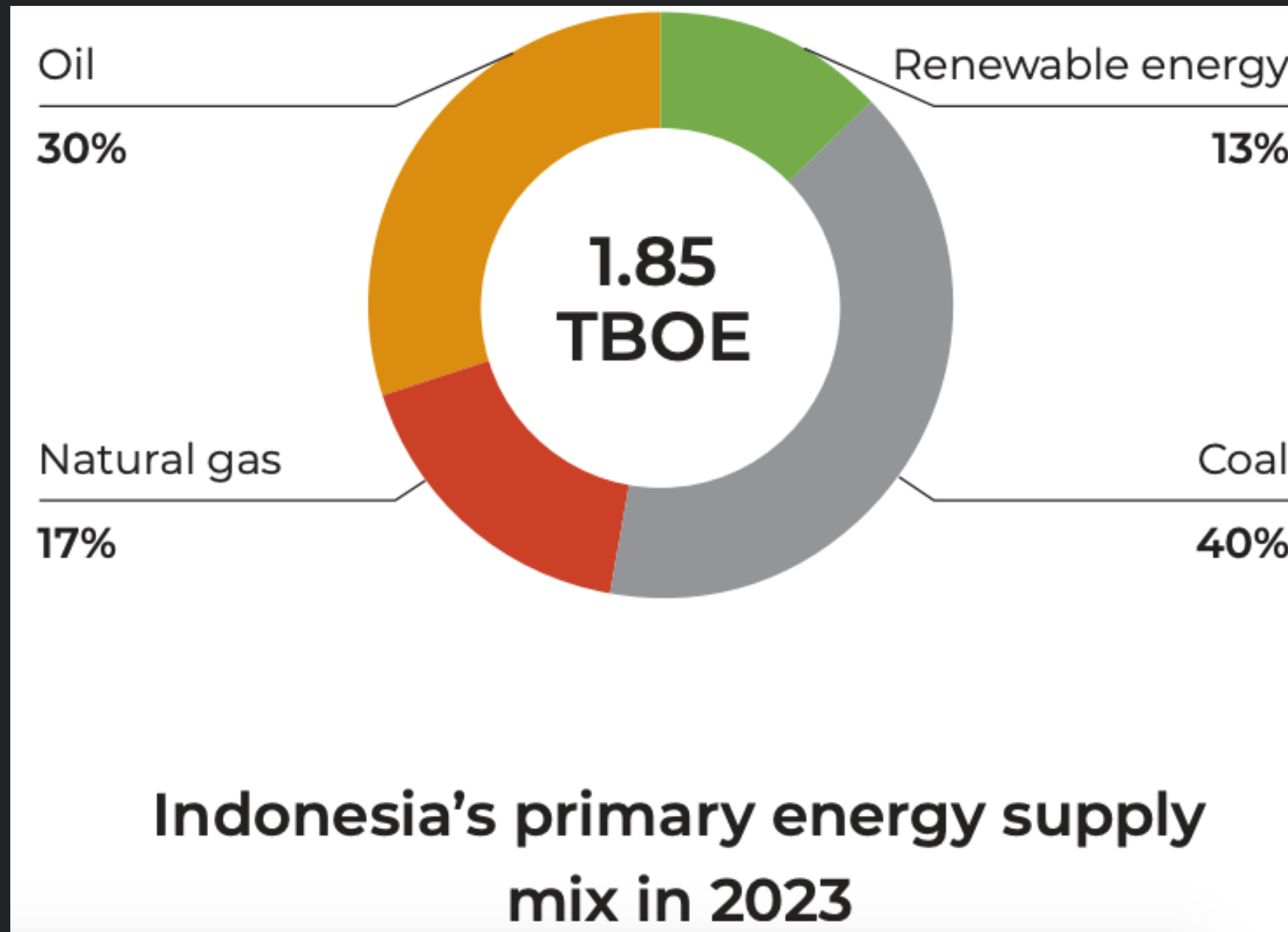


Energi Terbarukan

Pertemuan 11:
Biomassa - Bioenergi

Dosen Pengampu:
Frida Hasana, S.Pd. M.Eng.

Indonesia Energy Landscape



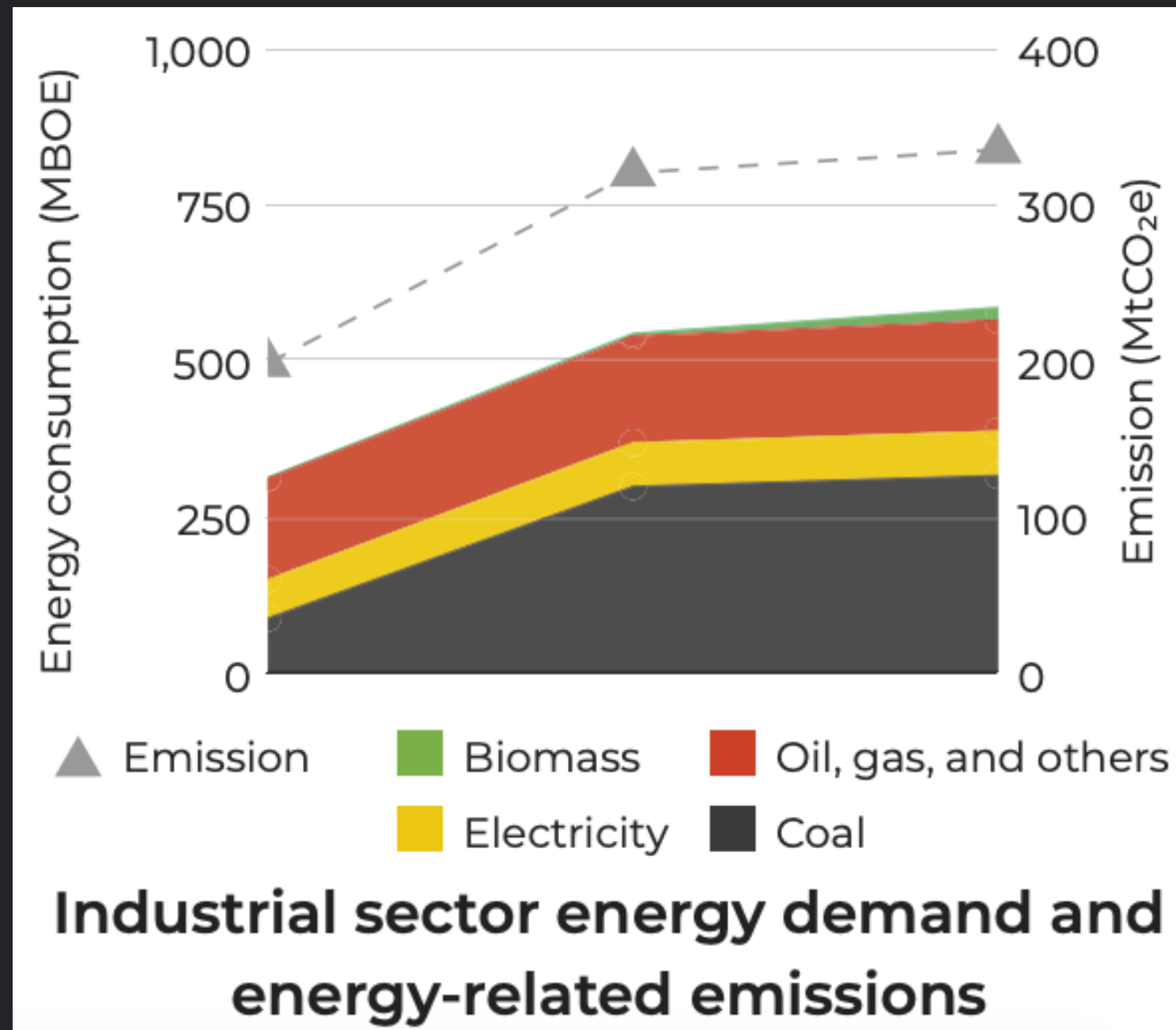
19-21%
(2030)

70-72%
(2060)

Indonesia's **renewable energy share target** in primary energy supply, according to the latest National Energy Policy draft.

**Source: Indonesia Energy Transition Outlook 2025, IESR*

Indonesia Energy Landscape: Industrial Sector

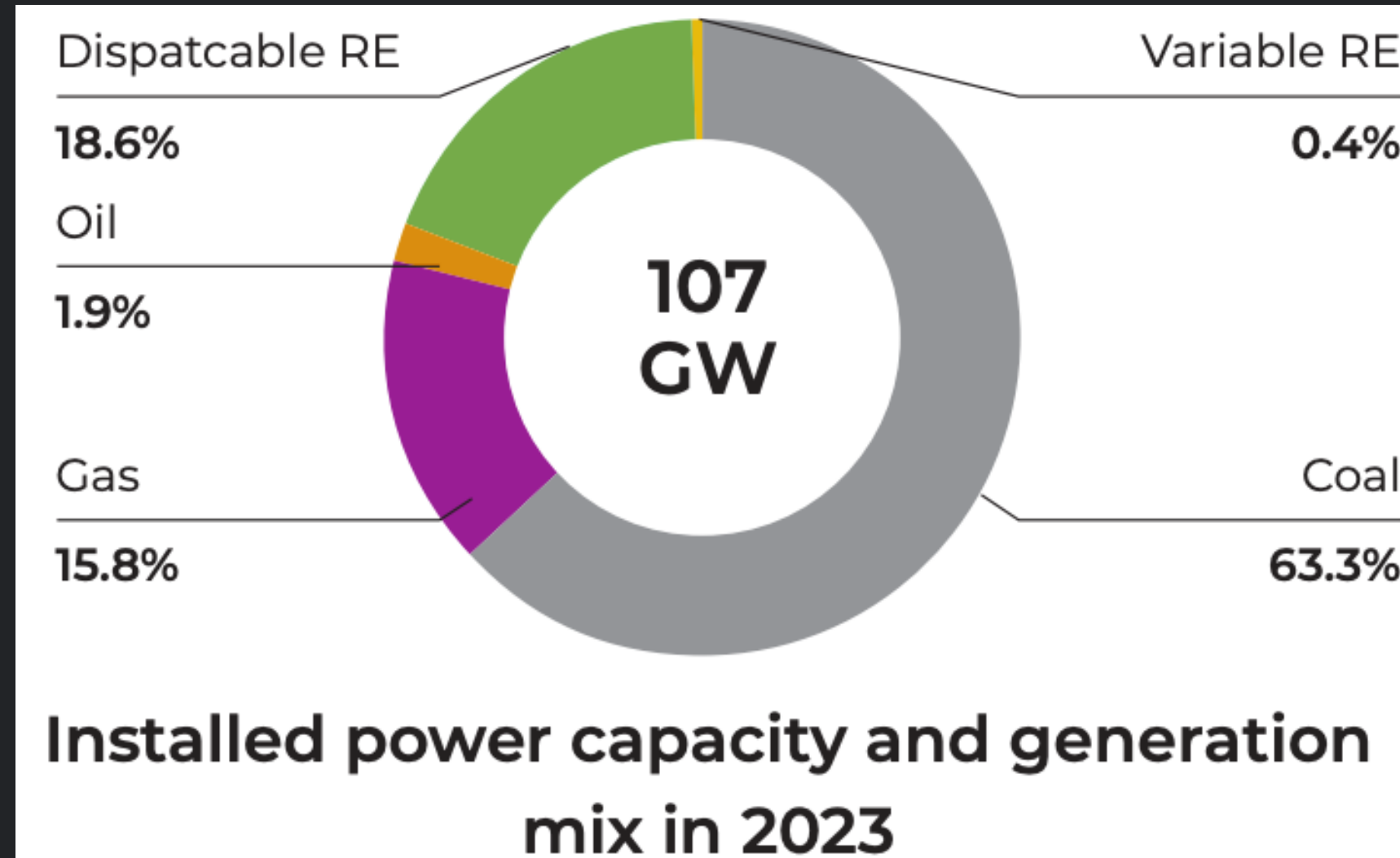


- MtCO₂e merupakan singkatan dari *Million metric tonnes of carbon dioxide equivalent* (juta ton metrik setara karbon dioksida)
- *Barrel of Oil Equivalent* (BOE) adalah istilah yang digunakan untuk meringkas jumlah energi yang setara dengan jumlah energi yang ditemukan dalam satu barel minyak mentah.

*Source: Indonesia Energy Transition Outlook 2025, IESR



Indonesia Energy Landscape: Power Sector



Dispatchable RE:

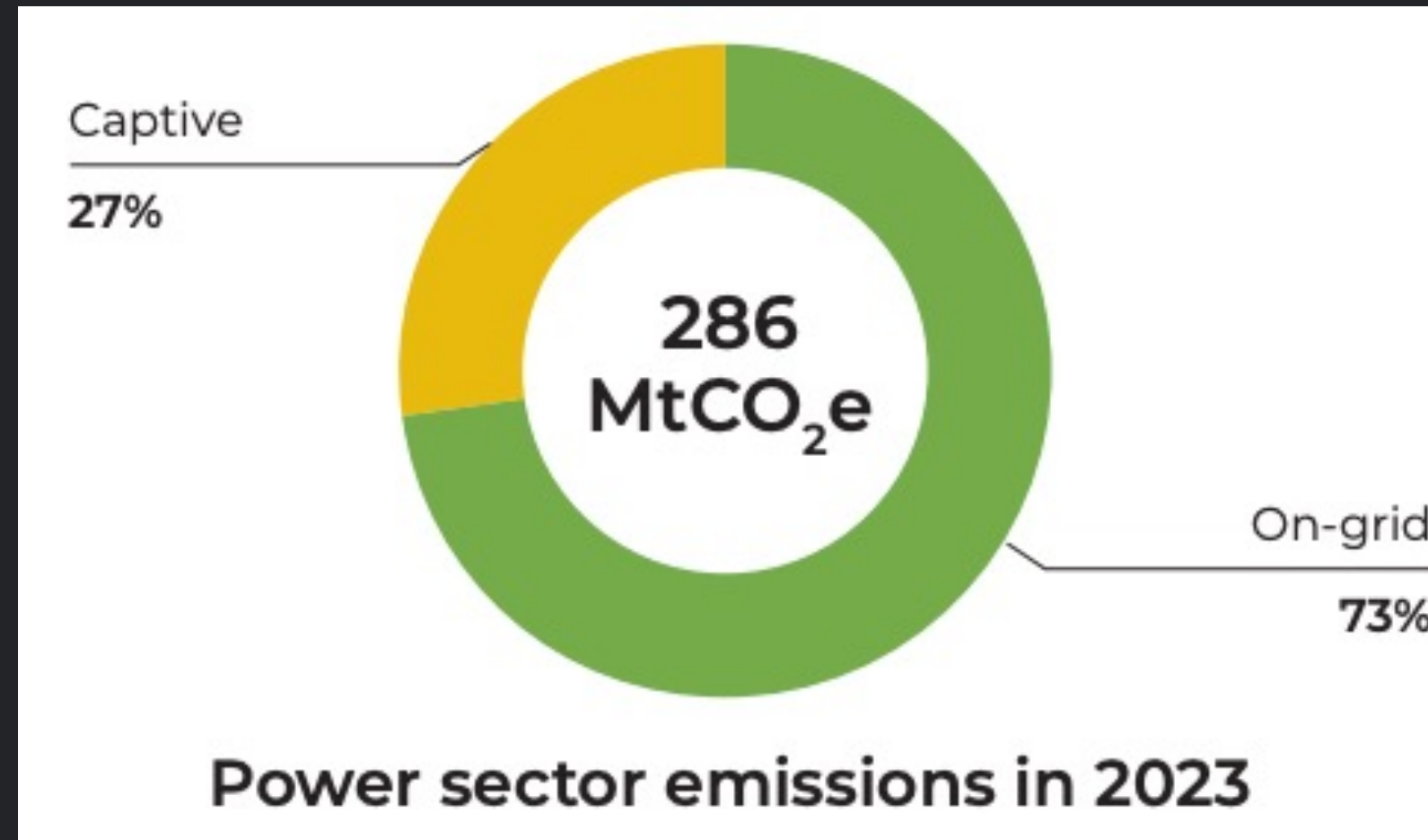
- PLTA (bendungan/pump storage)
- PLTP (panas bumi)
- PLTBg (biogas)

Variable RE:

- PLTS
- PLTB
- PLGL (gelombang laut)

**Source: Indonesia Energy Transition Outlook 2025, IESR*

Indonesia Energy Landscape: Industrial Sector



13.3
GW

New **renewable energy projects** in the upcoming RUPTL PLN

3%

12%

Increase in ramping needs in Java- Madura-Bali system due to rooftop solar PV

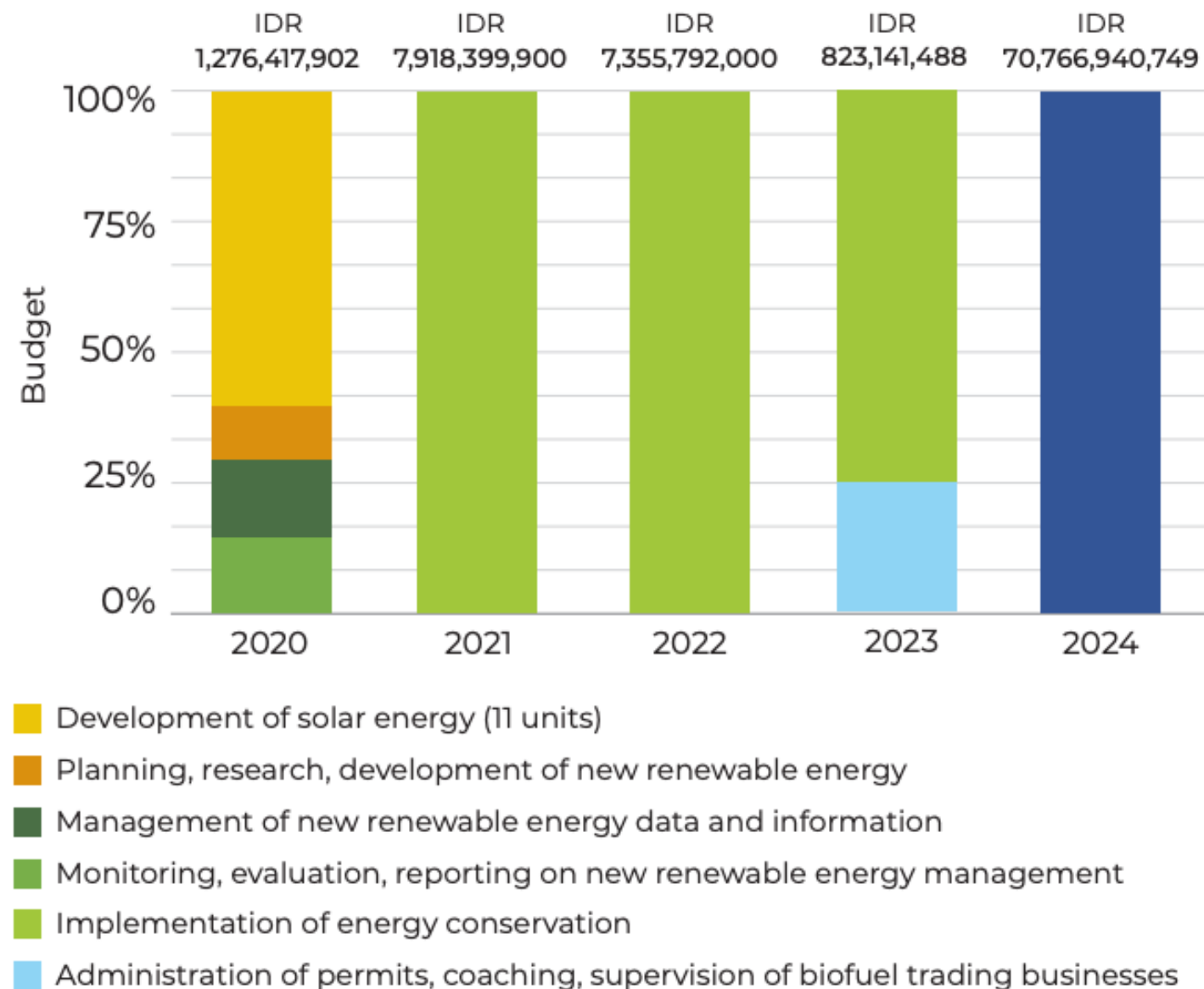
Captive = pembangkit listrik untuk keperluan internal industri/perusahaan

On-Grid = sistem pembangkit yang terhubung ke jaringan umum (grid)

Aceh : RE Infrastructure Projects and Its Energy Transition Goal



Aceh's public budget for energy in 2020-2024



- Aceh targets a 14% RE mix by 2025 but achieved only 11.08% in 2023, indicating the challenges that lie ahead in achieving this target. Aceh has significant RE potential, including 99.2 GWp of solar, 2.4 GW of wind, 1.5 GW of hydro, 1.2 GW of bioenergy, and 1.09 GW of geothermal (DEN, 2024). Hydro and geothermal dominate RE utilization, including the upcoming 88 MW PLTA Peusangan, which is set to begin operation in May 2025 (MEMR, 2024). Moving forward, several RE initiative are planned in Aceh, including the Hijaunesia program by PLN, launched in 2023, which aims to develop wind power plants and is currently seeking investment partners. Similarly, PLN is committed to ensuring a reliable electricity supply for PON XXI in Aceh, with 15% of the supply sourced from RE, such as solar and hydro (Aceh Government, 2024). The ongoing RE initiatives in Aceh are mostly driven by the national government and PLN.

*Source: IESR analysis from Aceh Detailed APBD (2020-2024)

South Sumatera : a Coal-Production Region and It's Energy Transition Programs



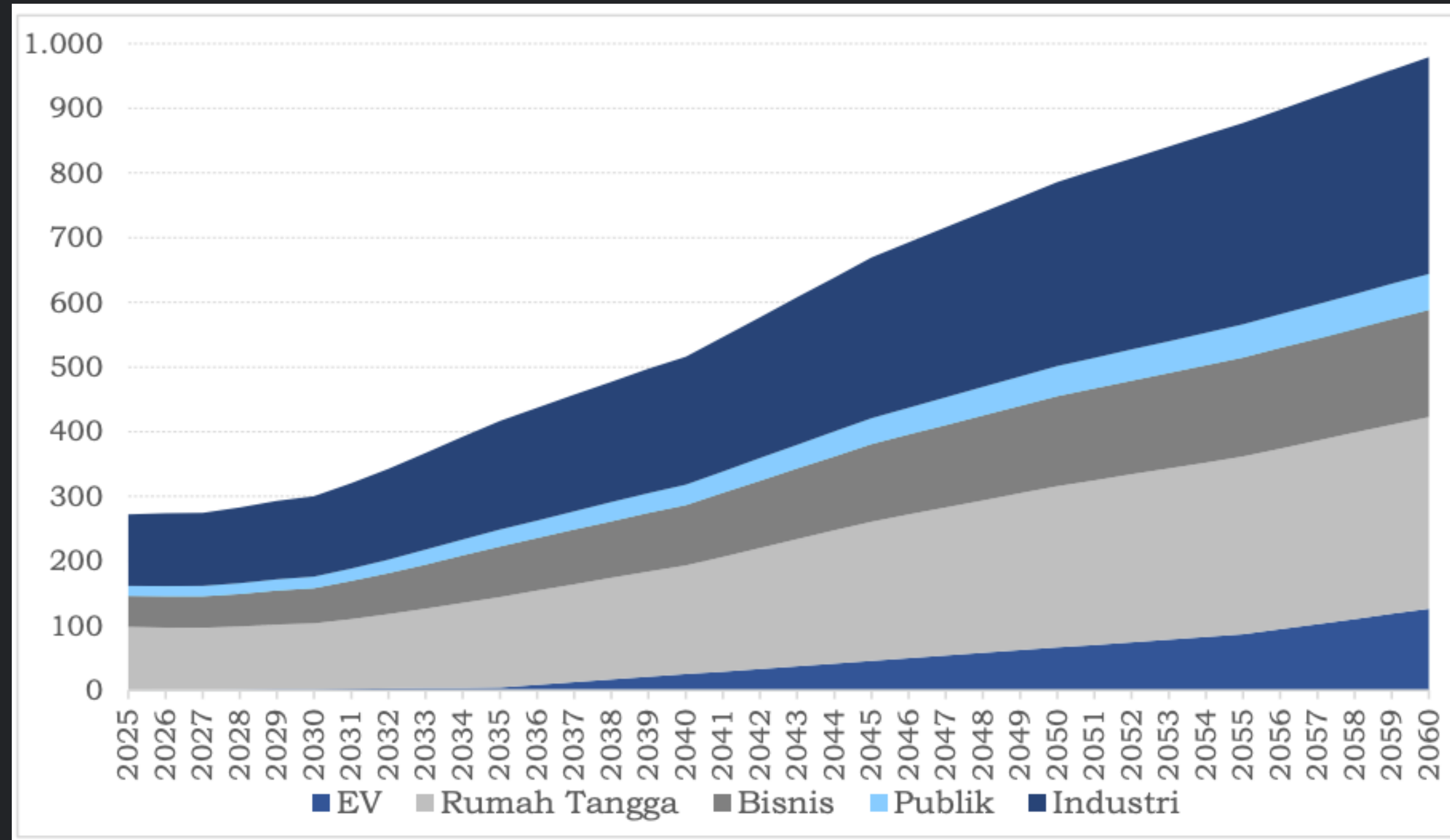
RE power plants share in 2023

Source	Type	Capacity
Solar (7.75 MW)	IPP Solar Power Plant	2 MWp
	Rooftop Solar Power Plant	2.8 MWp
	Centralized Solar Power Plant	2.91 MWp
	Solar Power Plant for Irrigation	0.04 MWp
Hydro (21.96 MW)	IPP Mini Hydro Power Plant	21.1 MW
	Mini Hydro Power Plant (Excess Power)	0.22 MW
	Distributed Mini Hydro Power Plant	0.64 MW
Geothermal (146 MW)	Geothermal Power Plant (PLTP - Rantau Dedap and Lumut Balai)	146 MW
Bioenergy (813.41)	Biomass Power Plant (Captive Power)	802.59 MW
	Biogas Power Plant (Captive Power)	6.22 MW
	Biogas Power Plant (Excess Power)	4.1 MW
	Waste-to-Energy Power Plant	0.5 MW

In 2023, South Sumatra made significant progress in developing renewable energy (RE), achieving a 24% RE mix realization—surpassing its 2025 target of 21%. Out of the total 989 MW installed RE capacity, bioenergy emerged as the largest contributor with 813.4 MW, far exceeding solar (7.7 MW), hydro (21.9 MW), and geothermal (146 MW). Bioenergy plays a crucial role, particularly in supplying electricity for private sector operations such as agro-industry and pulp and paper production. The provincial government is also conducting bioenergy potential studies in several regions, including Musi Banyuasin, Muara Enim, East OKU, and PALI. However, the budget allocated for RE programs remains very limited, accounting for just 0.5% of the total energy budget, or around IDR 150 million. Despite a moderate rating in energy transition readiness—with strong governance capacity but low economic resilience—bioenergy remains a key opportunity to boost RE development. Moving forward, this progress will require more detailed technical planning and enhanced support from the national government, along with cross-sector collaboration.

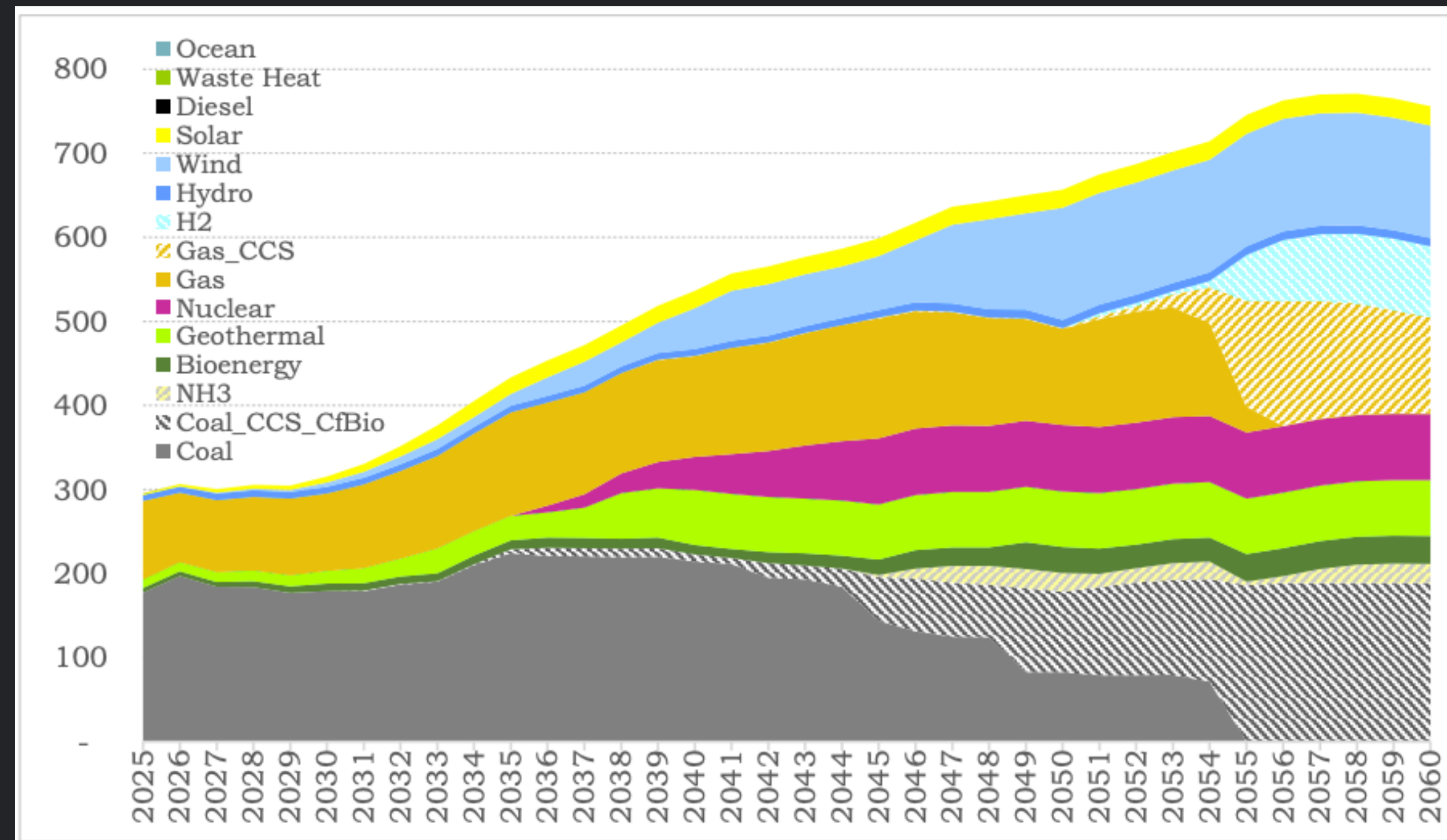
**Source: South Sumatera EMR department presentation (2024)*

Projection of Electricity Needs in Java and Bali Region



**Source: Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (2025)*

Projection of Electric Power Generation Production in Java and Bali Region

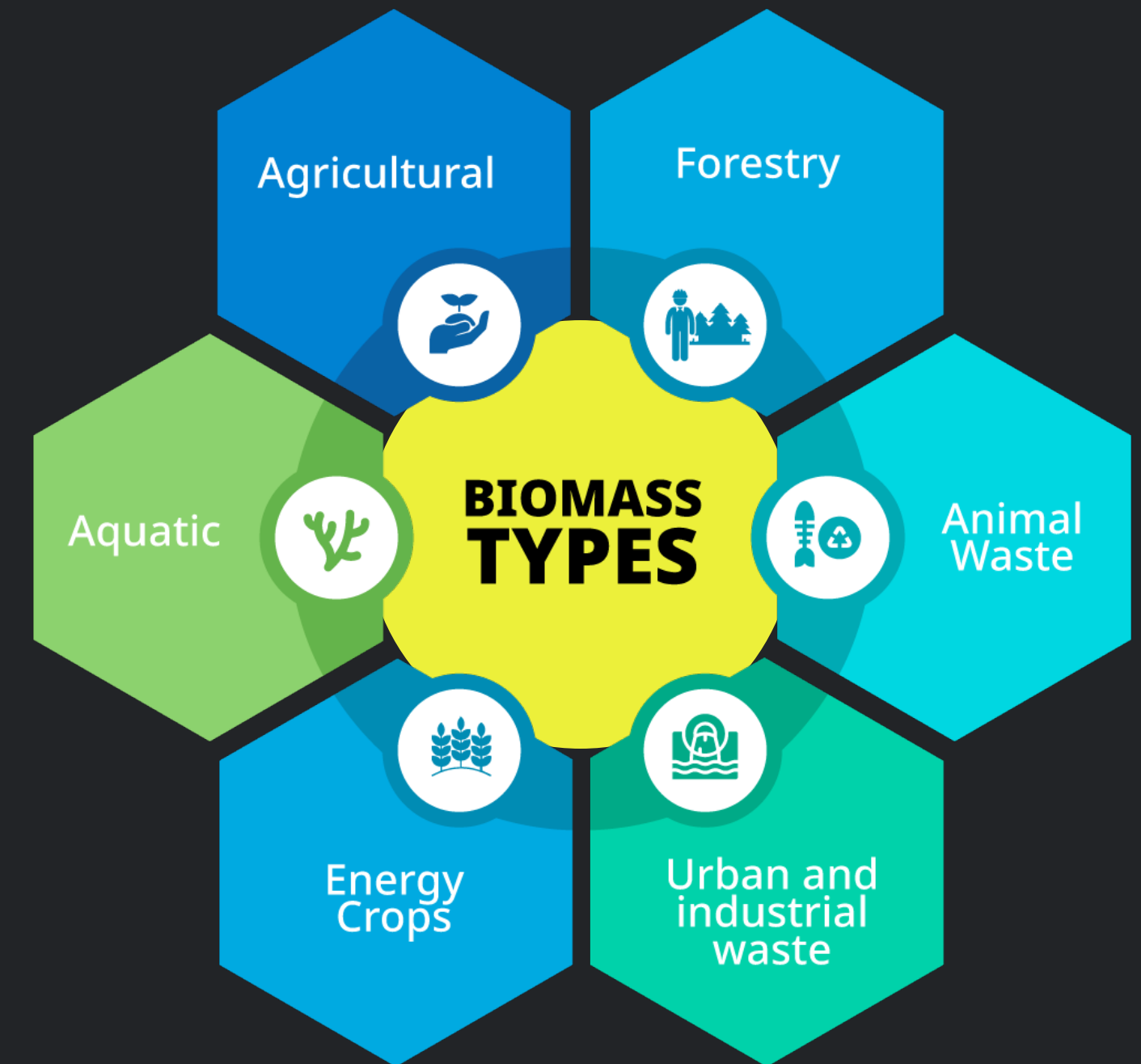


*Source: Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (2025)

Biomassa & Bioenergy



Bioenergi adalah energi alternatif yang berasal dari sumber-sumber biologis sehingga bersifat dapat diperbaharui (renewable). Sedangkan bahan organik yang berasal dari tumbuhan dan hewan, termasuk limbah dan residunya disebut biomaasa. Pembakaran biomassa menghasilkan panas. Panas ini dapat digunakan secara langsung dan juga dapat diubah menjadi listrik . Biomassa dapat diubah menjadi bahan bakar cair dan gas melalui berbagai proses kimia dan biologi yang dikenal dengan biofuel. Istilah bioenergi mencakup biomasaa dan biofuel.



Jenis-Jenis Biomassa

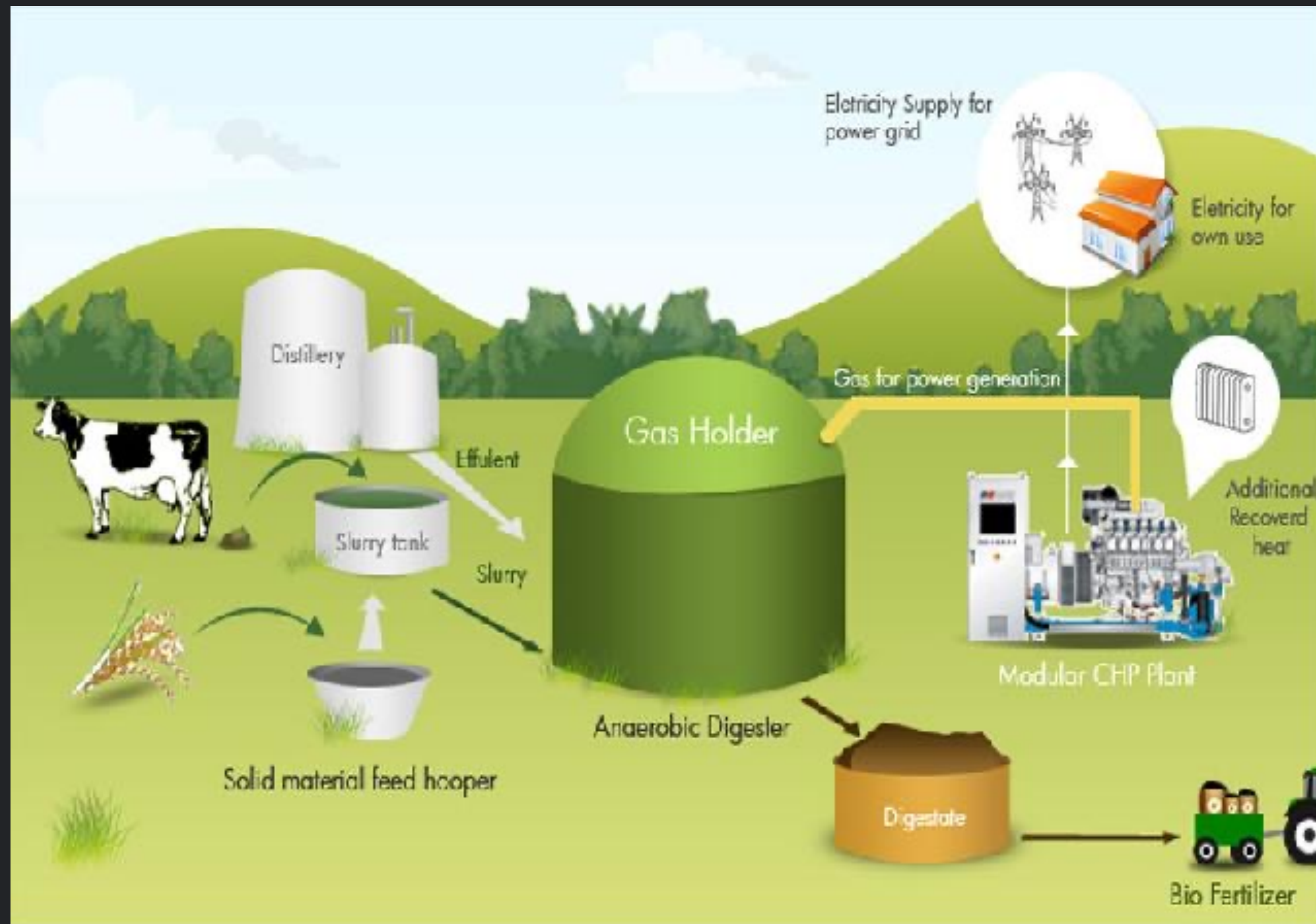


1. BIOGAS

Biogas adalah gas metana yang dihasilkan melalui fermentasi anaerobik bahan organik seperti kotoran hewan, limbah pertanian, dan sampah organik. Proses ini dilakukan oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen, menghasilkan gas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, pemanas, dan pembangkit listrik.

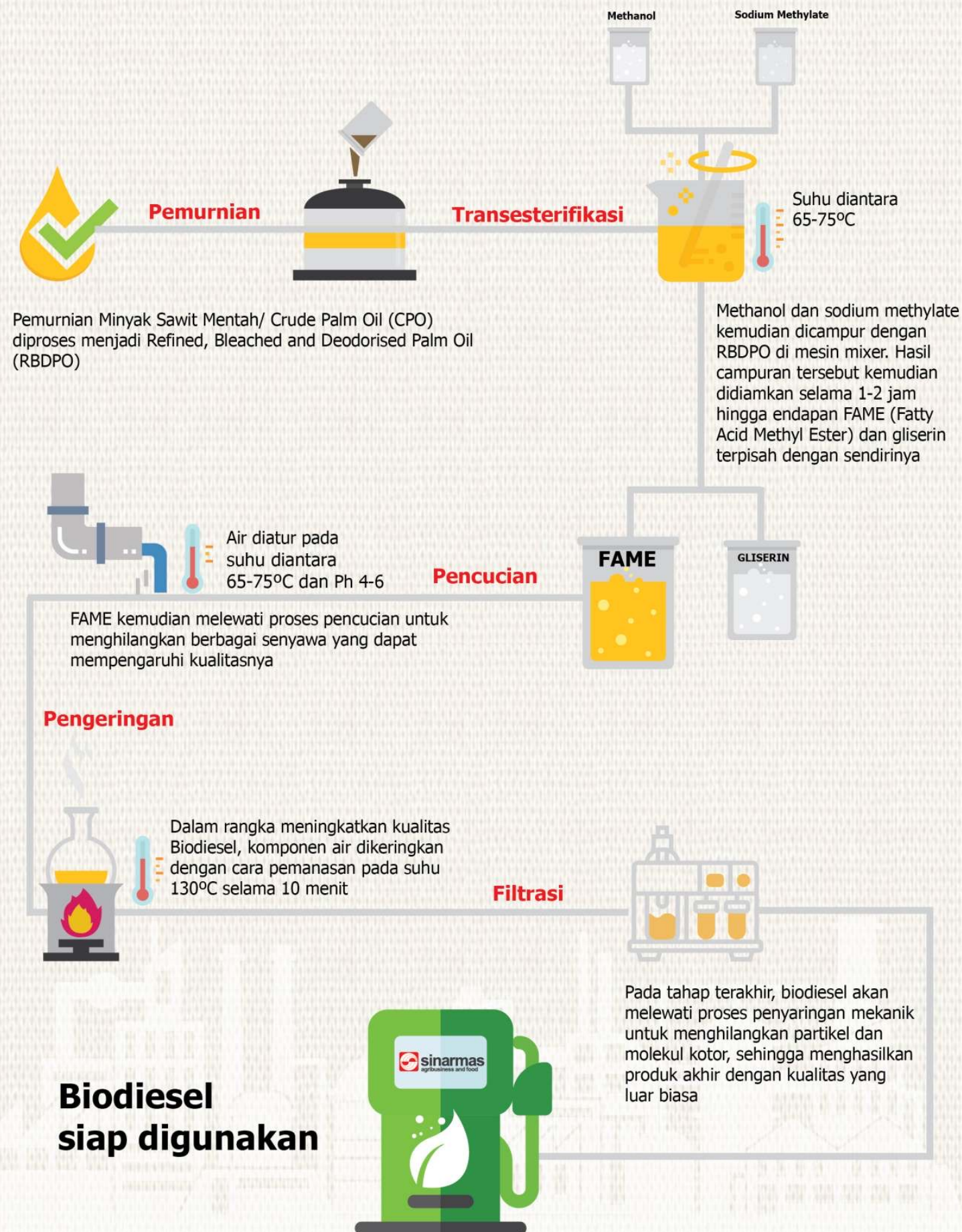
2. BIODIESEL

Biodiesel merupakan bahan bakar nabati yang diproduksi dari minyak nabati seperti kelapa sawit, minyak jarak, atau minyak kedelai melalui proses transesterifikasi. Biodiesel dapat digunakan langsung pada mesin diesel dan memiliki emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan solar konvensional.



Modular CHP Plant:

Berfungsi untuk menghasilkan **listrik** dan **energi termal (panas)** yang berguna secara bersamaan dari satu sumber bahan bakar yang sama.



*Source: Sinarmas (<https://www.smart-tbk.com/cara-kerja-produksi-biodiesel/>)

Jenis-Jenis Biomassa



3. BIOETANOL

Bioetanol adalah alkohol yang diperoleh dari fermentasi gula atau pati yang terdapat dalam tanaman seperti tebu, jagung, dan singkong. Bioetanol digunakan sebagai bahan bakar alternatif, baik secara murni maupun dicampur dengan bensin, untuk kendaraan bermotor.

4. BIOFUEL

Biofuel mencakup **SEMUA** bahan bakar yang berasal dari biomassa, termasuk biodiesel, bioetanol, dan biogas. Biofuel dapat berbentuk padat, cair, atau gas, dan digunakan sebagai alternatif bahan bakar fosil dalam berbagai sektor, termasuk transportasi dan pembangkit listrik.

Jenis-Jenis Biomassa



5. BIOKEROSENE

Biokerosene adalah bahan bakar jet yang dihasilkan dari biomassa melalui proses kimia tertentu. Meskipun belum banyak digunakan, biokerosene memiliki potensi sebagai bahan bakar penerbangan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan kerosene fosil.

6. SAMPAH ORGANIK

Sampah organik seperti sisa makanan, limbah pertanian, dan kotoran hewan dapat dimanfaatkan sebagai sumber biomassa. Melalui berbagai proses konversi, sampah ini dapat diubah menjadi energi dalam bentuk biogas, bioetanol, atau bahan bakar padat.

1 DENSIFIKASI

Proses pemadatan biomassa menjadi bentuk yang lebih padat seperti pelet atau briket. Proses ini meningkatkan kerapatan energi biomassa, memudahkan penyimpanan dan transportasi, serta meningkatkan efisiensi pembakaran.

2 KARBONISASI

Melibatkan pemanasan biomassa dalam kondisi terbatas oksigen untuk menghasilkan arang. Proses ini menghilangkan kelembaban dan volatil, meningkatkan nilai kalor, dan menghasilkan bahan bakar padat yang lebih bersih.

KONVERSI BIOMASSA

3 PIROLISIS

Proses dekomposisi termal biomassa pada suhu tinggi (sekitar 450–600°C) tanpa oksigen, menghasilkan bio-oil, gas, dan arang. Bio-oil dapat digunakan sebagai bahan bakar cair, sementara gas dan arang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi atau bahan bakar padat.

4 ANAEROBIC DIGESTION

Proses biologis di mana mikroorganisme menguraikan bahan organik dalam kondisi tanpa oksigen, menghasilkan biogas dan digestat. Biogas dapat digunakan sebagai sumber energi, sedangkan digestat dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

KONVERSI BIOMASSA



5 GASIFIKASI

Proses mengubah biomassa padat menjadi gas sintetis (syngas) melalui reaksi termokimia dengan jumlah oksigen terbatas. Syngas yang dihasilkan dapat digunakan untuk pembangkit listrik, bahan bakar kendaraan, atau sebagai bahan baku industri kimia.

- Proyek **POME (Palm Oil Mill Effluent)** di Sumatra digunakan untuk memproduksi biogas dari limbah cair kelapa sawit





- **Bahan Baku:** Proses dimulai dari **Palm Tree Plantation** (Perkebunan Kelapa Sawit), di mana **FFB** (*Fresh Fruit Bunches* - Tandan Buah Segar) dipanen.
- **Pengangkutan:** FFB diangkut ke **Palm Oil Mill** (Pabrik Kelapa Sawit) menggunakan **Cargo Truck**.
- **Pengolahan:** Di dalam pabrik, FFB diolah untuk menghasilkan produk utama, yaitu **CPO** (*Crude Palm Oil* - Minyak Sawit Mentah).
- **Limbah:** Proses ini menghasilkan dua jenis limbah utama:
 - **Solid Waste** (Limbah Padat), seperti tandan kosong, serat, dan cangkang.
 - **POME** (*Palm Oil Mill Effluent* - Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit).

Renewable Energy Potential

Palm Oil Mill Industry



2. Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit

A. Pengolahan Limbah Cair (POME)

- **Complete Biogas Plant:** POME dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah di mana melalui proses pencernaan anaerobik (*anaerobic digestion*), gas metana (biogas) ditangkap.
- **Gas Engine:** Biogas ini kemudian digunakan sebagai bahan bakar untuk **Gas Engine** (Mesin Gas) untuk menghasilkan **Electricity/Power** (Listrik) yang dapat digunakan untuk operasional pabrik atau didistribusikan ke jaringan listrik.
- **BioCNG Plant:** Biogas juga dapat dimurnikan menjadi **BioCNG**, yang kemudian dapat digunakan sebagai **vehicle biofuel** (bahan bakar nabati untuk kendaraan).



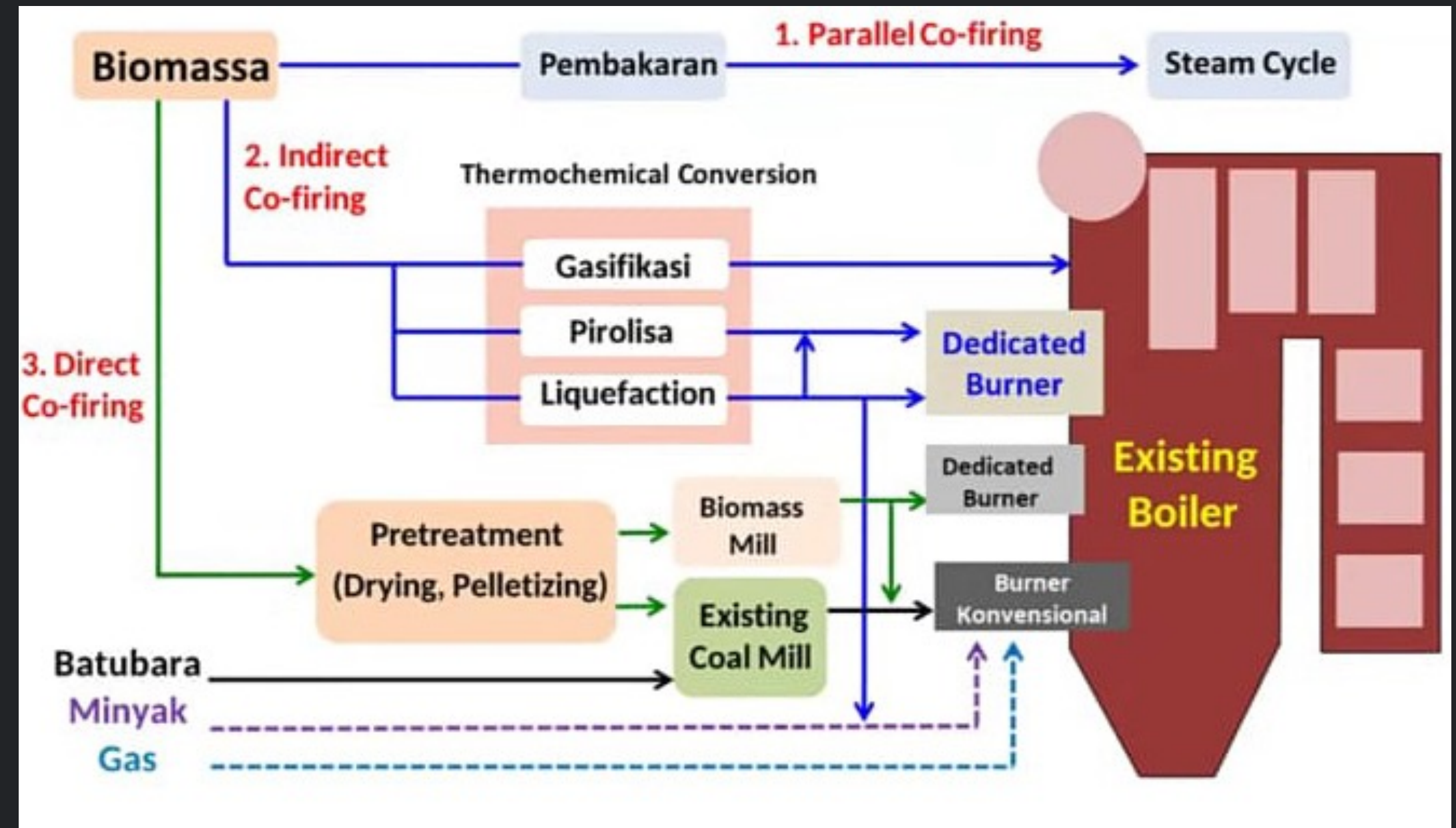
B. Pengolahan Limbah Padat (Solid Waste)

- **Organics Pyroclast:** Limbah padat, seperti tandan kosong dan serat, dapat diolah melalui proses termokimia yang disebut pirolisis (*pyrolysis*).
- **BioChar:** Hasil dari proses pirolisis ini adalah **BioChar**, sejenis arang yang bermanfaat untuk perbaikan tanah atau aplikasi industri lainnya.

Implementasi Pemanfaatan Biomassa



- Proses **co-firing**, yaitu mencampur biomassa dengan batu bara dalam PLTU untuk mengurangi emisi karbon.
- Produksi **B35** biodiesel sebagai program nasional **campuran solar** dengan FAME (Fatty Acid Methyl Esters) dari minyak nabati
- Sisa proses gasifikasi berupa **Digester**, dapat diolah menjadi pupuk organik dan berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah





END