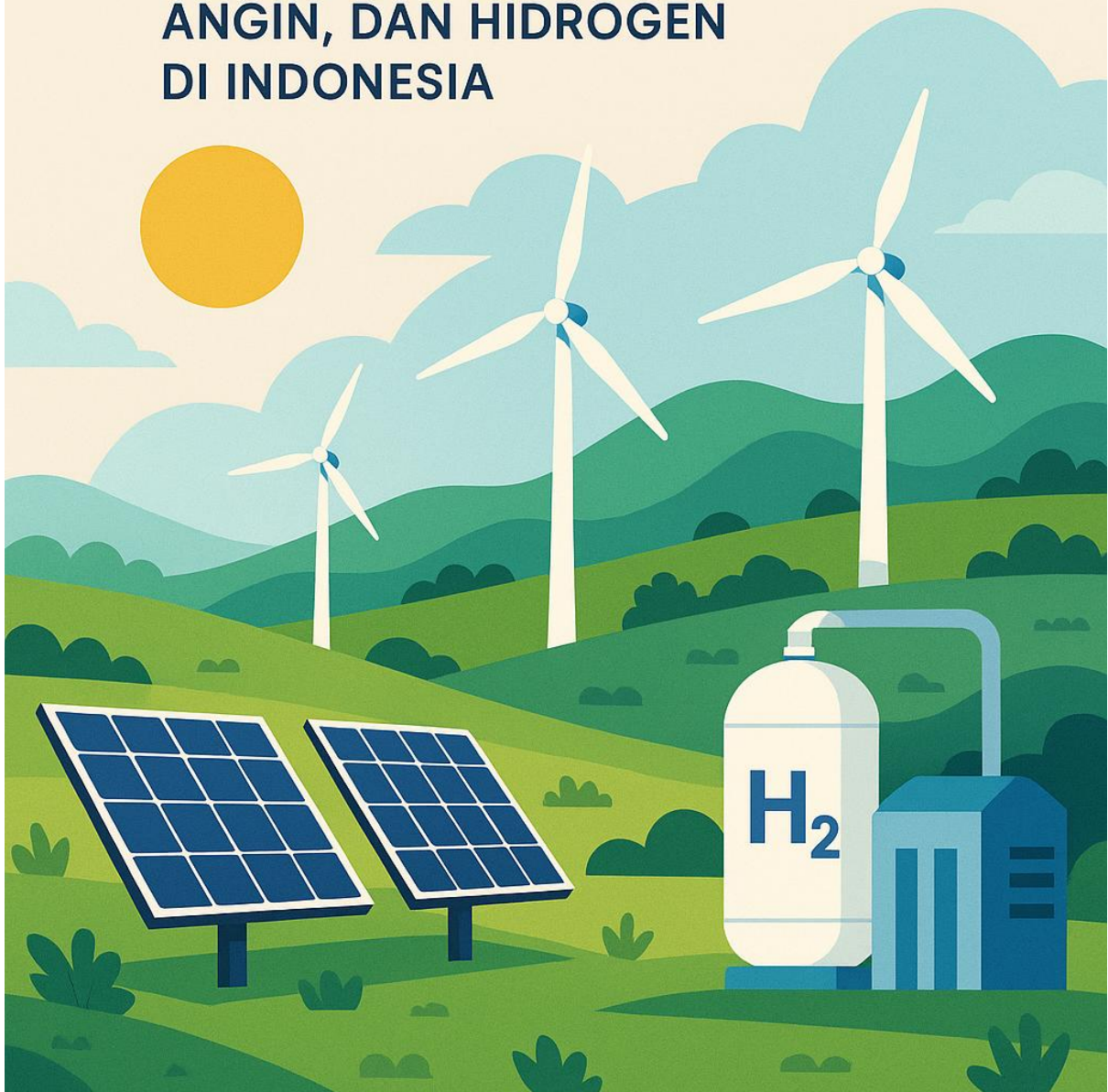


RENEWABLE REVOLUTION

MASA DEPAN ENERGI SURYA,
ANGIN, DAN HIDROGEN
DI INDONESIA



Rudy C Tarumingkeng

*Rudy C Tarumingkeng: Renewable Revolution - Masa Depan Energi
Surya, Angin, dan Hidrogen di Indonesia*

Prof Ir Rudy C Tarumingkeng, PhD

Guru Besar Manajemen NUP: 9903252922

Rektor, Universitas Cenderawasih, Papua (1978-1988)

Rektor, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta (1991-2000)

Ketua Dewan Guru Besar, IPB-University, Bogor (2005-2006)

Data Analyst, dan Ketua Senat Akademik, IBM-ASMI, Jakarta

© RUDYCT Academic Series

rudyclt75@gmail.com

Bogor, Indonesia

10 December 2025

RENEWABLE REVOLUTION: MASA DEPAN ENERGI SURYA, ANGIN, DAN HIDROGEN DI INDONESIA

I. Pendahuluan: Dari Negara Batu Bara ke Negeri Energi Terbarukan?

Indonesia sering dilabeli sebagai **“raja batu bara”** di Asia, baik sebagai produsen maupun pengguna. Sekitar dua pertiga listrik nasional masih berasal dari PLTU batubara, sementara kontribusi energi terbarukan baru sekitar **13–14%** dalam bauran energi primer, jauh di bawah ambisi awal 23% pada 2025.[\(IESR\)](#)

Namun di balik ketergantungan fosil itu, Indonesia menyimpan **modal energi terbarukan yang luar biasa**. Studi IESR tahun 2025 mengidentifikasi sekitar **333 GW** proyek energi terbarukan skala utilitas yang secara finansial layak, terdiri dari $\pm 165,9$ GW PLTS, 167 GW PLTB onshore, dan sisanya dari hidro skala kecil.[\(IESR\)](#)

Di sisi lain, dunia tengah memasuki babak baru: **hidrogen hijau** mulai dipandang sebagai penghubung antara listrik terbarukan dan sektor industri/transportasi yang sulit didekarbonisasi. Pemerintah Indonesia merespons dengan meluncurkan **National Hydrogen Strategy** dan **Buku Roadmap Hidrogen dan Amonia 2025–2060**, yang menargetkan pemanfaatan hidrogen di sektor industri, pembangkitan, jaringan gas, dan transportasi.[\(IESR\)](#)

Dengan latar ini, istilah “**Renewable Revolution**” di Indonesia bukan sekadar slogan. Ia menyiratkan pergeseran struktural: dari sistem energi berbasis fosil menuju sistem yang mengandalkan **surya, angin, dan hidrogen hijau** sebagai pilar utama. Pertanyaannya: *sejauh mana revolusi ini mungkin terjadi, dan seperti apa wajah Indonesia jika transformasi tersebut berhasil?*

II. Potret Terkini Transisi Energi Indonesia

1. Target, Capaian, dan Revisi Ambisi

Kebijakan energi nasional semula menargetkan porsi energi terbarukan **23% pada 2025**. Namun, berbagai laporan menunjukkan bahwa laju penambahan kapasitas terbarukan masih jauh dari memadai: bauran energi terbarukan baru sekitar 13,1% pada 2023, dan diproyeksikan hanya sedikit meningkat pada 2024. (climate-transparency.org)

Akibat kesenjangan ini, rancangan revisi **Kebijakan Energi Nasional (KEN)** justru menurunkan target 23% menjadi kisaran **17–19%** pada 2025, yang oleh banyak analis dianggap sebagai sinyal stagnasi transisi. ([IESR](https://iesr.org))

Dalam dokumen perencanaan kelistrikan **RUPTL 2025–2034**, pemerintah memang meningkatkan total penambahan kapasitas listrik menjadi sekitar 71 GW hingga 2034, dengan sekitar 70% direncanakan dari energi terbarukan. Namun laporan analitis menunjukkan bahwa porsi tambahan kapasitas fosil (batubara dan gas) masih signifikan, termasuk 16,6 GW pembangkit baru, dan target kapasitas listrik terbarukan 2030 justru lebih rendah dibanding RUPTL sebelumnya. ([CRECA](https://creca.org))

Gambaran ini menunjukkan paradoks: **potensi dan retorika terbarukan sangat besar, tetapi implementasi berjalan lambat**. Di sinilah “revolusi terbarukan” harus dibaca bukan sebagai realitas yang sudah terjadi, melainkan sebagai **agenda perubahan** yang menuntut keberanian politik, desain kebijakan, dan inovasi teknologi.

2. Momentum Baru: Proyek-Proyek Kunci

Meski lambat, belakangan muncul beberapa sinyal positif:

- PLN mulai membangun **PLTS terapung 92 MWp di Waduk Saguling, Jawa Barat**, yang ditargetkan beroperasi 2026 dan menjadi bagian dari rencana penambahan 42,6 GW kapasitas terbarukan hingga 2034, dengan PLTS sekitar 17,1 GW. ([Reuters](#))
- Pemerintah mendorong proyek **waste-to-energy** di berbagai kota, meski kontribusi listriknya relatif kecil dibanding surya dan angin. ([Reuters](#))
- Di tingkat kebijakan, peluncuran **National Hydrogen Strategy** dan **Roadmap Hidrogen–Amonia 2025–2060** menandai pengakuan resmi hidrogen sebagai bagian strategi dekarbonisasi jangka panjang. ([IESR](#))

Dengan latar ini, pembahasan berikut akan memfokuskan tiga pilar: **surya, angin, dan hidrogen**, serta bagaimana ketiganya dapat disinergikan.

III. Energi Surya: Dari Atap Rumah hingga Waduk Terapung

1. Keunggulan Surya bagi Negara Tropis Kepulauan

Indonesia berada di sekitar khatulistiwa dengan intensitas radiasi matahari yang relatif tinggi dan stabil sepanjang tahun. Studi IESR memetakan potensi PLTS ground-mounted finansial layak sekitar **165,9 GW** di ratusan lokasi, menjadikannya tulang punggung potensial transisi energi. ([IESR](#))

Keunggulan PLTS:

- **Modular dan cepat dibangun** – dari PLTS atap kecil hingga farm ratusan MW.
- **Biaya yang terus menurun** – biaya pembangkitan listrik dari surya di banyak negara sudah menjadi yang termurah; tren ini pelan-pelan turut dirasakan di Indonesia. ([IESR](#))

- **Cocok untuk wilayah terpencil** – pulau-pulau kecil yang sebelumnya bergantung pada diesel dapat memanfaatkan PLTS + baterai untuk menurunkan biaya dan emisi.

2. PLTS Skala Besar: Dari Daratan ke Permukaan Air

Selain PLTS di daratan, Indonesia mulai mengembangkan **PLTS terapung** di waduk, yang menawarkan beberapa keunggulan:

- Memanfaatkan permukaan air yang sebelumnya tidak produktif.
- Mengurangi penguapan air waduk dan membantu efisiensi panel karena suhu permukaan lebih rendah.

Proyek Saguling 92 MWp menjadi simbol penting. Proyek lebih besar di Cirata (145 MWp) yang telah beroperasi menunjukkan bahwa PLTS terapung dapat diintegrasikan ke sistem PLN secara bertahap. ([Reuters](#)) Dalam visi “Renewable Revolution”, PLTS terapung bisa diperluas ke waduk-waduk lain di Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi, dengan tetap mempertimbangkan aspek ekologis dan sosial (perikanan, irigasi, pariwisata).

3. PLTS Atap: Demokratisasi Energi atau Terhambat Regulasi?

PLTS atap (rooftop solar) sering dipuji sebagai **wajah demokratis energi terbarukan**, karena memungkinkan rumah tangga, sekolah, UMKM, dan industri kecil menjadi prosumer (produsen sekaligus konsumen).

Awalnya, Permen ESDM 49/2018 dan 26/2021 memberikan ruang relatif luas bagi PLTS atap dengan skema *net-metering* dan kapasitas hingga 100% daya tersambung. ([JDIH ESDM](#))

Namun, pada 2024 keluar **Permen ESDM No. 2/2024** yang mengganti aturan sebelumnya. Studi terbaru menilai regulasi baru ini memperkenalkan sistem kuota dan pembatasan pendaftaran dua kali setahun, yang dikhawatirkan justru memperlambat penetrasi PLTS atap. ([ResearchGate](#))

Ini menimbulkan pertanyaan penting: apakah Indonesia benar-benar ingin mendorong partisipasi masyarakat dalam revolusi energi, atau

PLTS atap hanya dipandang “pelengkap” sementara prioritas tetap pada skala besar yang terkontrol?

Dalam perspektif masa depan, pembalikan arah menuju kebijakan PLTS atap yang lebih progresif akan menjadi **indikator utama keseriusan** Indonesia dalam demokratisasi energi.

IV. Energi Angin: Raksasa Tidur di Selat dan Pesisir Nusantara

1. Potensi Besar, Pemanfaatan Kecil

Potensi energi angin Indonesia sering dipandang terbatas karena kecepatan angin rata-rata dianggap rendah. Namun, pemetaan terbaru oleh Badan Litbang ESDM dan mitra internasional justru menemukan potensi sekitar **155 GW**, terdiri dari $\pm 60,6$ GW onshore dan 94,2 GW offshore. ([SEA Energy Transition Partnership](#))

Ironisnya, kapasitas terpasang PLTB hingga 2022 baru sekitar **154 MW**, kurang dari 0,15% potensi, dan hampir tidak bertambah sejak 2018. ([Energy Tracker Asia](#))

Kesenjangan antara potensi dan realisasi ini menunjukkan bahwa masalah bukan pada **ketersediaan angin**, melainkan pada:

- Perencanaan sistem dan lokasi yang belum optimal,
- Skema tarif yang kurang menarik,
- Ketiadaan industri pendukung lokal (misal manufaktur turbin skala besar),
- Serta keterbatasan infrastruktur transmisi ke lokasi-lokasi berangin (NTT, Sulsel, pesisir selatan Jawa, dan sebagainya).

2. Roadmap PLTB Onshore dan Peluang Indonesia Timur

Dokumen **Roadmap Onshore Wind Energy Development in Indonesia** menekankan bahwa PLTB punya peran strategis untuk menyeimbangkan PLTS yang dominan siang hari. Dalam jangka menengah, pengembangan PLTB di Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara, dan beberapa titik Kalimantan sangat potensial jika hambatan kebijakan dan infrastruktur diatasi. ([SEA Energy Transition Partnership](#))
Bayangkan sebuah skenario:

- **Sulawesi Selatan** menjadi klaster PLTB yang memasok listrik ke smelter nikel yang sedang didorong pemerintah.
- **NTT dan pesisir selatan Jawa** menjadi laboratorium PLTB–PLTS hibrida, dengan faktor kapasitas gabungan yang lebih stabil.

Dalam skenario ini, angin bukan lagi “pemain kecil” tetapi **mitra strategis surya** dalam menstabilkan sistem listrik berbasis terbarukan.

3. Sinergi Angin–Surya di Sistem Kelistrikan

Secara teknis, profil output PLTS dan PLTB di wilayah tropis kerap **saling melengkapi**:

- PLTS menghasilkan puncak siang hari;
- PLTB di beberapa lokasi cenderung menguat malam atau musim tertentu;
- Gabungan keduanya mengurangi kebutuhan kapasitas cadangan berbasis fosil.

Dengan tersedianya data kecepatan angin dan radiasi surya yang makin detail, perencana sistem dapat merancang “**renewable corridors**”: jalur transmisi yang menghubungkan kantong-kantong PLTS dan PLTB ke pusat beban industri dan kota besar.

Di titik inilah revolusi terbarukan mulai berbentuk sebagai **rekayasa sistem nasional**, bukan sekadar penambahan proyek per proyek.

V. Hidrogen Hijau: Penghubung Listrik Terbarukan dan Industri Berat

1. Strategi Nasional Hidrogen dan Amonia

Pemerintah Indonesia secara resmi memasukkan hidrogen dalam strategi energi jangka panjang dengan meluncurkan **National Hydrogen Strategy** (2023) dan **Buku Roadmap Hidrogen dan Amonia 2025–2060**. Roadmap ini mengidentifikasi empat sektor pengguna utama:

1. Industri (baja, kimia, pupuk),
2. Pembangkit listrik,
3. Jaringan gas,

4. Transportasi.[\(IESR\)](#)

Studi-studi energi memproyeksikan kebutuhan investasi hingga **USD 25,2 miliar** untuk infrastruktur hidrogen dan amonia rendah karbon sampai 2060, dengan BUMN energi seperti Pertamina berencana mengalokasikan belasan miliar dolar dalam satu dekade untuk proyek-proyek terkait.[\(ScienceDirect\)](#)

2. Mengapa Hidrogen Relevan bagi Indonesia?

Ada beberapa alasan mengapa hidrogen – terutama **hidrogen hijau** yang dihasilkan dari surya dan angin – penting dalam wacana revolusi terbarukan:

1. Dekarbonisasi industri berbasis sumber daya

Smelter nikel, baja, dan petrokimia adalah tulang punggung industrialisasi baru Indonesia, tetapi juga sangat intensif karbon. Hidrogen hijau dapat menggantikan batubara kokas atau gas sebagai reduktan dan bahan bakar proses, mendukung reputasi Indonesia sebagai pemasok mineral “hijau”.

2. Ketahanan dan ekspor energi

Sebagai negara dengan potensi surya–angin besar, Indonesia berpotensi mengekspor **amonia hijau** ke Jepang, Korea, dan Singapura yang kekurangan lahan untuk energi terbarukan.[\(sipet.org\)](#)

3. Penyimpanan energi jangka panjang

Hidrogen dapat berfungsi sebagai media penyimpanan energi terbarukan antar-musim, melengkapi peran baterai yang efektif pada skala jam–hari.

3. Menghubungkan Surya–Angin–Hidrogen

Dalam konsep “**Power-to-X**”, listrik dari PLTS dan PLTB digunakan untuk:

- Mengoperasikan elektroliser yang memproduksi hidrogen (H_2) dari air,
- Mengonversinya menjadi amonia (NH_3) atau metanol untuk industri dan ekspor,

- Atau dimanfaatkan langsung sebagai bahan bakar sel (fuel cell) dan pembangkit.

Studi IESR menekankan bahwa **penyediaan listrik terbarukan murah** adalah prasyarat utama agar green hydrogen kompetitif secara biaya. Potensi 333 GW surya–angin yang finansial layak memberi sinyal bahwa secara teoretis, Indonesia mampu menyediakan listrik murah untuk sektor hidrogen jika hambatan kebijakan dan infrastruktur diatasi.([IESR](#))

Dengan demikian, masa depan hidrogen di Indonesia sangat bergantung pada **seberapa cepat revolusi surya dan angin benar-benar diwujudkan**.

VI. Dimensi Ekonomi: Dari Potensi menjadi Mesin Pertumbuhan

1. Argumen Ekonomi 333 GW

Laporan “Unlocking Indonesia’s Renewables Future: The Economic Case of 333 GW of Solar, Wind and Hydro Projects” menegaskan bahwa pengembangan proyek-proyek ini bukan hanya kewajiban iklim, tetapi juga **peluang ekonomi besar**:

- Biaya pembangkitan listrik dari surya dan angin semakin kompetitif dibanding fosil di banyak lokasi.([IESR](#))
- Investasi ratusan miliar dolar dalam beberapa dekade akan menciptakan lapangan kerja pada sektor konstruksi, manufaktur, operasi–pemeliharaan, serta rantai pasok lokal (struktur, kabel, transformator, jasa teknik).

Jika dirancang dengan cermat, revolusi terbarukan dapat menjadi **motor industrialisasi baru**, misalnya:

- Industri panel surya, baterai, dan komponen turbin angin,
- Industri elektroliser dan peralatan hidrogen,
- Industri baja dan tembaga rendah karbon yang mendapat premi harga di pasar global.

2. Tantangan Political Economy: Subsidi Fosil dan Risiko “Fossils First”

Di sisi lain, laporan-laporan independen menyoroti bahwa kebijakan energi Indonesia masih berat ke fosil:

- RUPTL 2025–2034 masih merencanakan penambahan signifikan PLTU dan PLTG baru.([CRECA](#))
- Subsidi batubara dan struktur tarif yang menguntungkan PLTU membuat proyek terbarukan kurang menarik bagi swasta.([Financial Times](#))

Ini menimbulkan risiko bahwa revolusi terbarukan hanya berjalan **separuh hati**: terbarukan tumbuh, tetapi fosil tidak benar-benar dikurangi sesuai trajektori net-zero.

Perubahan paradigma diperlukan: dari memandang energi terbarukan sebagai “**pelengkap hijau**” menjadi “**pilar utama sistem energi masa depan**”, sementara fosil secara bertahap dipensiunkan dengan mekanisme yang adil.

3. Investasi, Pembiayaan, dan Kerja Sama Internasional

Untuk mewujudkan skenario ambisius (misalnya bauran listrik terbarukan >70% pada 2040 dan ekonomi hidrogen yang matang), berbagai studi memperkirakan kebutuhan investasi energi Indonesia hingga 2050 mencapai triliunan dolar.([Financial Times](#))

Sumber pembiayaan akan datang dari:

- Anggaran pemerintah dan BUMN,
- Investasi swasta domestik dan asing,
- Skema inovatif seperti *blended finance*, JETP (Just Energy Transition Partnership), dan pasar karbon.

Tantangannya adalah memastikan bahwa investasi yang masuk:

- Benar-benar mempercepat penurunan emisi,
- Menghormati hak masyarakat lokal dan lingkungan,
- Mengandung unsur **transfer teknologi** dan pengembangan kapasitas nasional.

VII. Tata Kelola, Regulasi, dan Peran Masyarakat

1. Regulasi PLTS dan PLTB: Dari Izin ke Ekosistem

Salah satu hambatan klasik pengembangan terbarukan adalah

kompleksitas perizinan dan ketidakpastian regulasi:

- PLTS atap sering berubah aturan; investor kecil kesulitan merencanakan pengembalian modal.([JDIH ESDM](#))
- PLTB memerlukan proses panjang dalam perizinan lahan, kajian keanekaragaman hayati, dan negosiasi tarif dengan PLN.([SEA Energy Transition Partnership](#))

Revolusi terbarukan menuntut pergeseran dari logika “**mengizinkan kasus per kasus**” menjadi “**membangun ekosistem**”, antara lain:

- Penyederhanaan rantai perizinan dengan *one-stop service* yang transparan,
- Penetapan *renewable portfolio standard* atau target minimal terbarukan bagi PLN dan pelaku usaha,
- Kebijakan harga listrik terbarukan yang mencerminkan biaya penuh fosil (termasuk eksternalitas emisi).

2. Keadilan Energi dan Partisipasi Publik

Transformasi energi menyentuh dimensi **keadilan sosial**:

- Daerah penghasil batubara (misalnya Kalimantan dan Sumatera Selatan) harus disiapkan untuk menghadapi penurunan bertahap PLTU, dengan program **re-skilling** dan diversifikasi ekonomi.([Financial Times](#))
- Masyarakat lokal di sekitar proyek PLTS/PLTB/PLTH harus dilibatkan sejak awal, agar memperoleh manfaat (akses listrik murah, lapangan kerja, CSR) dan bukan sekadar menjadi “penonton” di lahan sendiri.

Partisipasi ini dapat difasilitasi melalui:

- Skema **kepemilikan komunitas** (community-based RE),
- Koperasi energi,
- Program *rooftop solar for schools and villages* yang melibatkan siswa dan warga dalam edukasi iklim.

3. Peran Kampus dan Lembaga Riset

Perguruan tinggi memiliki peran ganda:

1. **Inovator teknologi** – riset peningkatan efisiensi panel surya, turbin angin skala menengah, sistem kontrol microgrid, dan elektroliser hemat biaya.
2. **Penyedia kajian kebijakan** – simulasi skenario bauran energi, analisis sosial-ekonomi transisi, serta evaluasi dampak kebijakan terhadap kelompok rentan.

Jika sinergi pemerintah–industri–kampus terbangun, maka revolusi terbarukan tidak hanya menghasilkan proyek, tetapi juga **kapasitas pengetahuan** yang menjadikan Indonesia pemain aktif, bukan sekadar pasar teknologi.

VIII. Skenario Masa Depan: Indonesia 2045 di Era Revolusi Terbarukan

Bayangkan Indonesia pada tahun **2045**, satu abad setelah kemerdekaan, ketika agenda **Indonesia Emas** menjadi ukuran keberhasilan. Dalam skenario optimistis namun realistis:

1. **Bauran listrik**
 - Listrik nasional didominasi oleh kombinasi PLTS, PLTB, PLTA, dan panas bumi dengan porsi >70%. PLTU batubara secara bertahap dipensiunkan, dengan sebagian kecil pembangkit gas sebagai penyangga sistem.([IESR](#))
2. **Sistem surya–angin terintegrasi**
 - Koridor energi terbarukan menghubungkan PLTS dan PLTB di Indonesia timur dengan pusat industri di Jawa–Sumatera melalui jaringan transmisi interkoneksi.
 - Waduk-waduk besar dipenuhi PLTS terapung yang memasok listrik murah ke kota dan kawasan industri.
3. **Ekonomi hidrogen dan amonia hijau**

- Klaster industri di Sulawesi, Kalimantan, dan Jawa memanfaatkan hidrogen hijau untuk proses produksi baja, nikel, dan petrokimia.
- Sebagian produksi amonia hijau diekspor ke mitra regional, memberikan sumber devisa baru.

4. **Partisipasi masyarakat**

- PLTS atap menjadi hal biasa di rumah, sekolah, gereja/masjid, dan kantor desa.
- Program pendidikan energi terbarukan masuk ke kurikulum sekolah dan perguruan tinggi, menumbuhkan generasi baru “energy system thinkers”.

5. **Industri pendukung**

- Indonesia memiliki kemampuan manufaktur modul surya, baterai, sebagian komponen turbin angin, serta rakitan sistem hidrogen, sehingga nilai tambah transisi energi tidak lari ke luar negeri.

6. **Penurunan emisi dan kualitas hidup**

- Emisi sektor energi turun tajam sesuai trajektori net-zero, kualitas udara kota membaik, dan ketergantungan pada impor BBM berkurang signifikan.

Skenario ini tentu bukan kepastian; ia adalah **visi normatif** yang hanya bisa tercapai jika keputusan-keputusan hari ini mengarah pada **percepatan surya–angin–hidrogen**, bukan sekadar mempertahankan status quo fosil.

IX. Penutup: Revolusi Terbarukan sebagai Proyek Teknologi dan Peradaban

“Renewable Revolution” di Indonesia bukan hanya tentang memasang lebih banyak panel surya, turbin angin, atau elektroliser hidrogen. Ia adalah:

1. **Proyek teknologi** – menguasai dan mensinergikan surya, angin, dan hidrogen untuk menciptakan sistem energi yang andal, terjangkau, dan rendah karbon.
2. **Proyek ekonomi** – mengubah potensi 333 GW menjadi motor pertumbuhan, pencipta lapangan kerja, dan sumber daya saing baru di pasar global. ([IESR](#))
3. **Proyek sosial dan politik** – merombak struktur subsidi, vested interest, dan pola konsumsi yang mengakar; memastikan transisi yang adil bagi pekerja dan komunitas lokal. ([Financial Times](#))
4. **Proyek peradaban** – menata ulang relasi manusia dengan alam: dari eksploitasi berlebihan menuju pengelolaan regeneratif yang mempertimbangkan hak generasi mendatang.

Masa depan energi surya, angin, dan hidrogen di Indonesia pada akhirnya ditentukan oleh **pilihan kolektif**:

- Apakah kita akan puas dengan penambahan proyek terbarukan yang sporadis, sambil mempertahankan dominasi fosil?
- Atau berani melompat pada transformasi menyeluruh, menjadikan Indonesia contoh **negara kepulauan tropis** yang berhasil memimpin revolusi energi bersih di abad ke-21?

Artikel “Renewable Revolution: Masa Depan Energi Surya, Angin, dan Hidrogen di Indonesia” dapat ditutup dengan ajakan reflektif: bahwa setiap kebijakan, investasi, dan inovasi kecil yang dilakukan hari ini—di kampus, di desa, di perusahaan, di kementerian—adalah bagian dari mosaik besar menuju Indonesia yang **berdaulat energi, rendah karbon, dan berkeadilan ekologis**.

-
- [Reuters](#)
 - [Reuters](#)
 - [Reuters](#)
 - [Financial Times](#)

REFLEKSI DAN DISKUSI

“Renewable Revolution: Masa Depan Energi Surya, Angin, dan Hidrogen di Indonesia”

Bagian ini dimaksudkan sebagai penutup reflektif sekaligus bahan diskusi kelas, seminar, atau FGD. Fokusnya: *apa makna “revolusi terbarukan” bagi Indonesia*, bukan hanya secara teknis, tetapi juga ekonomi, sosial, dan moral.

1. Dari “Proyek Energi” ke “Proyek Peradaban”

Jika kita membaca ulang peta jalan surya–angin–hidrogen, tampak jelas bahwa revolusi energi bukan sekadar **mengganti mesin pembangkit**. Ia adalah proyek peradaban:

- Mengubah cara kita **memproduksi** energi (dari menggali fosil di bawah tanah menjadi memanen sumber daya yang datang setiap hari dari matahari dan angin).
- Mengubah cara kita **mengonsumsi** energi (dari kultur boros dan murah palsu karena disubsidi, menjadi konsumsi yang efisien dan bertanggung jawab).
- Mengubah cara kita **memandang masa depan** (dari eksploitasi sumber daya yang terbatas menjadi pengelolaan yang regeneratif dan antargenerasi).

Pertanyaan reflektifnya:

Apakah transisi ke energi terbarukan akan cukup hanya dengan menambah gigawatt PLTS, PLTB, dan pabrik hidrogen; ataukah kita membutuhkan *pergeseran nilai*—dari logika “ambil sebanyak-banyaknya sekarang” menuju logika “wariskan bumi yang layak huni esok hari”?

Revolusi energi baru benar-benar “revolusi” jika menyentuh **cara berpikir dan cara hidup**, bukan hanya daftar proyek dan angka kapasitas.

2. Keadilan Energi: Siapa Menikmati, Siapa Menanggung Biaya?

Energi terbarukan sering dipromosikan sebagai solusi hijau yang “baik untuk semua orang”. Namun, kenyataannya bisa jauh lebih kompleks.

1. **Daerah penghasil batubara** akan menghadapi penurunan bertahap permintaan. Pekerja tambang, sopir truk, pedagang kecil di sekitar tambang dapat kehilangan sumber penghasilan jika tidak ada program transisi yang jelas.
2. **Lokasi proyek surya dan angin** sering berada di lahan luas—padang rumput, pesisir, perbukitan—yang sebelumnya dimanfaatkan oleh petani, nelayan, atau komunitas adat. Jika tidak diatur secara adil, proyek “hijau” bisa menimbulkan konflik baru.
3. **Harga listrik dan tarif**: jika desain kebijakan salah, bisa terjadi situasi di mana proyek energi terbarukan dinikmati oleh industri besar dan kelas menengah ke atas (PLTS atap, kendaraan listrik), sementara masyarakat berpendapatan rendah tetap menanggung beban tarif dan kualitas layanan yang belum membaik.

Karena itu, keadilan energi perlu ditempatkan di jantung diskusi:

- Bagaimana memastikan bahwa **keuntungan ekonomi** (lapangan kerja, investasi, teknologi) tidak hanya terkonsentrasi di kota besar dan konglomerat?
- Bagaimana menjamin **suara masyarakat lokal** didengar sejak tahap perencanaan, bukan setelah proyek sudah berjalan?

Revolusi terbarukan yang tidak adil hanya akan mengganti konflik “batubara vs lingkungan” menjadi konflik baru “PLTS/PLTB vs komunitas lokal”.

3. Tantangan Tata Kelola: Antara Visi Jangka Panjang dan Kepentingan Jangka Pendek

Revolusi energi selalu bersinggungan dengan **kepentingan ekonomi dan politik** yang sudah mapan. Dalam konteks Indonesia:

- Ada jaringan kepentingan yang diuntungkan oleh struktur **PLTU, tambang batubara, dan subsidi energi**.
- Sementara itu, industri surya, angin, dan hidrogen masih dalam tahap berkembang, membutuhkan *level playing field* dan keberanian untuk mengubah aturan main.

Dilema kebijakan muncul:

1. **Bagaimana mengurangi ketergantungan pada fosil** tanpa mengguncang stabilitas ekonomi secara tiba-tiba?
2. **Bagaimana memberi sinyal jangka panjang** kepada investor terbarukan ketika siklus politik dan pergantian pejabat terjadi setiap beberapa tahun?
3. **Bagaimana menghindari “proyek mercusuar”**—megaprojek surya, angin, atau hidrogen yang megah di atas kertas, tetapi tidak layak secara ekonomi dan berakhir mangkrak?

Di sinilah pentingnya **tata kelola yang transparan dan berbasis bukti**. Universitas, lembaga riset, dan masyarakat sipil perlu menjadi *checks and balances* yang kritis namun konstruktif, agar revolusi terbarukan tidak tergelincir menjadi sekadar *branding politik*.

4. Peran Generasi Muda dan Lembaga Pendidikan

Revolusi energi akan berlangsung puluhan tahun; generasi yang menerima “warisan sistem energi baru” adalah generasi muda hari ini.

Tantangan bagi universitas dan sekolah:

- Tidak cukup hanya menambahkan mata kuliah “energi terbarukan” secara teknis; perlu juga **mengintegrasikan perspektif etika, ekonomi politik, dan keadilan iklim**.
- Menciptakan profil lulusan yang bukan sekadar operator teknologi, tetapi **“energy system thinkers”** yang mampu melihat keterkaitan antara panel surya, harga listrik, kemiskinan energi, dan kebijakan fiskal.

- Mengembangkan budaya riset kolaboratif dengan pemerintah daerah dan pelaku usaha, sehingga kampus bukan menara gading, melainkan **laboratorium transisi energi nyata**.

Refleksi kuncinya:

Apakah lembaga pendidikan siap untuk berperan sebagai motor pengetahuan dalam revolusi terbarukan, atau justru tertinggal dan hanya menjadi konsumen modul teknologi impor?

5. Surya, Angin, dan Hidrogen: Pelengkap atau Kompetitor?

Dalam narasi populer, surya, angin, dan hidrogen sering disebut bersama-sama seolah-olah selalu harmonis. Padahal, di level kebijakan dan investasi, ketiganya bisa saling **berkompetisi** memperebutkan perhatian, subsidi, dan ruang fiskal negara.

- Terlalu fokus pada hidrogen bisa menunda **elektrifikasi langsung** yang lebih murah (misalnya mengganti PLTU dengan PLTS + baterai).
- Terlalu fokus pada PLTS besar bisa mengabaikan potensi **PLTB** yang justru membantu penyeimbangan beban.
- Terlalu fokus pada proyek utility-scale bisa menenggelamkan potensi **PLTS atap komunitas** yang mendorong demokratisasi energi.

Karena itu, perencanaan energi perlu disusun dalam kerangka **"portofolio"**, bukan "pemenang tunggal". Pertanyaannya untuk diskusi:

- Di segmen mana **PLTS paling optimal**, di mana **PLTB paling efektif**, dan di mana **hidrogen hijau benar-benar diperlukan**?
- Bagaimana menghindari "over-hype" pada satu teknologi tertentu yang kebetulan sedang populer secara global?

6. Pertanyaan Diskusi untuk Kelas, Seminar, atau FGD

Berikut beberapa pertanyaan pemantik yang dapat digunakan:

A. Perspektif Kebijakan dan Ekonomi

1. Jika Anda menjadi penentu kebijakan energi Indonesia, tiga prioritas apa yang akan Anda ambil dalam 10 tahun ke depan terkait surya, angin, dan hidrogen? Jelaskan alasannya.
2. Bagaimana cara paling realistis untuk mengurangi ketergantungan batubara tanpa menimbulkan guncangan sosial-ekonomi yang besar?
3. Apakah Indonesia sebaiknya lebih menekankan pemanfaatan energi terbarukan untuk kebutuhan domestik, atau mengejar posisi sebagai eksportir energi hijau (misalnya amonia/hidrogen hijau)?

B. Perspektif Sosial dan Keadilan Energi

4. Bagaimana memastikan bahwa komunitas lokal di sekitar proyek PLTS, PLTB, atau hidrogen benar-benar merasakan manfaat (lapangan kerja, akses listrik yang lebih baik) dan bukan hanya dampak negatif?
5. Program apa yang perlu disiapkan untuk pekerja di sektor fosil (tambang batubara, PLTU) agar transisi energi tidak memperbesar pengangguran dan ketimpangan?

C. Perspektif Teknologi dan Inovasi

6. Di negara kepulauan seperti Indonesia, apakah strategi lebih tepat: membangun *mega-project* terbarukan terpusat, atau memperbanyak sistem desentralisasi (microgrid, PLTS atap desa, PLTB skala menengah)? Mengapa?
7. Apa peran riset lokal (kampus, lembaga litbang) dalam mengurangi ketergantungan pada teknologi impor di sektor surya, angin, dan hidrogen?

D. Perspektif Etika dan Filosofis

8. Apakah keberhasilan menurunkan emisi CO₂ secara otomatis berarti kita sudah bertindak adil terhadap generasi mendatang? Nilai-nilai apa yang masih perlu ditanamkan dalam pembangunan energi bersih?
9. Bagaimana kearifan lokal di berbagai daerah Indonesia (misalnya konsep harmoni dengan alam, kesederhanaan hidup, gotong

royong) dapat menjadi landasan etis bagi revolusi energi
terbarukan?

7. Penutup Reflektif

Pada akhirnya, “Renewable Revolution” di Indonesia akan diukur bukan hanya oleh berapa GW PLTS, PLTB, dan pabrik hidrogen yang terbangun, tetapi juga oleh:

- Se jauh mana **ketergantungan pada fosil benar-benar berkurang**,
- Seberapa besar **masyarakat kecil ikut menikmati manfaat** dan bukan hanya menanggung biaya,
- Dan seberapa jauh **kebijakan energi selaras dengan cita-cita keadilan antargenerasi**.

Revolusi terbarukan adalah undangan untuk melihat energi bukan sekadar komoditas, tetapi sebagai **ruang tanggung jawab moral, ilmiah, dan politis**. Dari titik inilah diskusi tentang surya, angin, dan hidrogen di Indonesia menemukan relevansinya yang terdalam.

GLOSARIUM

(untuk artikel “Renewable Revolution: Masa Depan Energi Surya, Angin, dan Hidrogen di Indonesia”)

1. Energi terbarukan (renewable energy)

Sumber energi yang berasal dari proses alam yang berulang dan tidak habis pakai dalam skala waktu manusia, seperti sinar matahari, angin, air, panas bumi, dan biomassa.

2. Transisi energi

Perubahan bertahap namun terstruktur dari sistem energi berbasis

bahan bakar fosil menuju sistem yang didominasi energi rendah karbon dan terbarukan, termasuk reformasi kebijakan, teknologi, dan pola konsumsi.[\(IESR\)](#)

3. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pembangkit listrik yang mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik melalui modul fotovoltaik. Dapat berupa PLTS atap (rooftop) skala kecil hingga PLTS terapung dan ground-mounted skala utilitas.[\(IESR\)](#)

4. PLTS atap (*rooftop solar PV*)

Instalasi panel surya pada atap bangunan rumah, gedung, sekolah, atau pabrik yang terhubung ke jaringan PLN. Diatur oleh Permen ESDM No. 2/2024 dengan sistem kuota dan ketentuan ekspor-impor energi baru.[\(IESR\)](#)

5. PLTS terapung (*floating solar PV*)

Pembangkit listrik tenaga surya yang dipasang di atas permukaan air (waduk, danau). Contoh: proyek PLTS terapung 92 MWp di Waduk Saguling yang sedang dibangun PLN.[\(Reuters\)](#)

6. PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu / angin)

Pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik angin untuk menggerakkan turbin dan generator. Potensi teknis Indonesia diperkirakan sekitar 155 GW (60,6 GW onshore dan 94,2 GW offshore), sementara kapasitas terpasang masih sekitar 150 MW.[\(energytransitionpartnership.org\)](#)

7. Potensi teknis angin 155 GW

Estimasi kemampuan maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan di Indonesia berdasarkan pemetaan kecepatan angin dan keterbatasan teknis/geografis: 60,6 GW di darat dan 94,2 GW di lepas pantai.[\(energytransitionpartnership.org\)](#)

8. RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik)

Dokumen perencanaan jangka menengah PLN yang memuat proyeksi kebutuhan listrik, rencana pembangunan pembangkit, transmisi, dan

distribusi. RUPTL 2025–2034 menargetkan tambahan ± 71 GW kapasitas, dengan sekitar 70% berasal dari energi terbarukan. ([Gatrik](#))

9. 333 GW proyek energi terbarukan layak finansial

Temuan studi IESR (2025) yang mengidentifikasi 333 GW potensi proyek energi terbarukan utilitas yang layak secara finansial di Indonesia: $\pm 165,9$ GW PLTS ground-mounted, 167 GW PLTB onshore, dan sekitar 0,7 GW hidro kecil. ([IESR](#))

10. Hidrogen hijau (*green hydrogen*)

Hidrogen yang diproduksi melalui elektrolisis air dengan menggunakan listrik dari sumber energi terbarukan (surya, angin, hidro). Memiliki jejak emisi CO₂ yang sangat rendah dan diproyeksikan menjadi pilar penting dekarbonisasi industri dan transportasi. ([IESR](#))

11. Hidrogen rendah emisi (*low-emissions hydrogen*)

Hidrogen yang diproduksi dengan intensitas emisi gas rumah kaca yang signifikan lebih rendah daripada hidrogen fosil konvensional, termasuk hidrogen hijau dan hidrogen biru (fosil dengan CCUS). ([IESR](#))

12. National Hydrogen Strategy (Strategi Hidrogen Nasional)

Dokumen kebijakan Indonesia yang diluncurkan 2023 untuk memetakan pengembangan hidrogen rendah emisi hingga 2060, mencakup sektor industri, pembangkitan, jaringan gas, dan transportasi. ([IESR](#))

13. Roadmap Hidrogen dan Amonia 2025–2060

Peta jalan yang diterbitkan pemerintah Indonesia pada 2025 untuk mengarahkan pemanfaatan hidrogen dan amonia rendah karbon, termasuk target produksi, kebutuhan investasi, dan prioritas sektor. ([IESR](#))

14. PLT Amonia / co-firing amonia

Praktik mencampurkan amonia (termasuk amonia hijau) dengan batubara atau bahan bakar lain di pembangkit listrik untuk menurunkan porsi batubara dan emisi, sejalan dengan uji coba PLN dan mitra di sejumlah PLTU. ([Digilib ITB](#))

15. Transisi berkeadilan (*just transition*)

Prinsip bahwa peralihan dari energi fosil ke energi terbarukan harus melindungi pekerja dan komunitas yang terdampak, menyediakan dukungan sosial, pelatihan ulang, dan partisipasi publik dalam perencanaan.

16. Demokratisasi energi

Gagasan bahwa akses dan penguasaan atas sumber energi (misalnya melalui PLTS atap komunitas) tidak hanya dimonopoli oleh perusahaan besar, tetapi juga dimiliki dan dikelola oleh rumah tangga, koperasi, dan pemerintah lokal.

17. Microgrid

Sistem kelistrikan lokal yang dapat beroperasi secara terhubung maupun terlepas (islanded) dari jaringan utama. Microgrid berbasis PLTS–PLTB–baterai relevan untuk pulau-pulau kecil dan daerah terpencil di Indonesia.

18. Levelized Cost of Energy (LCOE)

Biaya rata-rata per satuan kWh dari suatu pembangkit listrik sepanjang umur proyek, mencakup investasi awal, operasi–pemeliharaan, dan faktor kapasitas. Dipakai untuk membandingkan keekonomian PLTS, PLTB, PLTU, PLTG, dan lainnya. ([IESR](#))

19. JETP (Just Energy Transition Partnership)

Skema kerja sama pembiayaan transisi energi antara Indonesia dan sejumlah negara mitra (G7 dan lainnya) untuk mempercepat pengurangan PLTU batubara dan pengembangan energi terbarukan. ([Reuters](#))

20. Net-zero emissions 2060

Komitmen Indonesia untuk menyeimbangkan emisi dan serapan gas rumah kaca paling lambat tahun 2060, dengan sektor energi sebagai salah satu pilar utama melalui peningkatan porsi terbarukan dan pengurangan PLTU batubara. ([IESR](#))

REFERENSI

Kebijakan & laporan resmi

1. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2024). *Peraturan Menteri ESDM No. 2 Tahun 2024 tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang IUPTLU untuk Kepentingan Umum*. (Analisis dampak dapat dilihat pada IESR dan artikel jurnal).([IESR](#))
2. PT PLN (Persero). (2025). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025–2034*. Jakarta: PLN.([Gatrik](#))
3. Dewan Energi Nasional & Kementerian ESDM. (2023–2025). *Strategi Hidrogen Nasional dan Buku Roadmap Hidrogen dan Amonia 2025–2060*. (Ringkasan dan kutipan tersedia dalam IESR, 2024–2025).([IESR](#))
4. Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Presiden No. 112/2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik* (dirujuk dalam studi IESR tentang 333 GW proyek terbarukan).([IESR](#))

Studi dan laporan lembaga independen

5. Institute for Essential Services Reform (IESR). (2025). *Indonesia Has 333 GW of Financially Viable Renewable Energy Projects*. Jakarta: IESR.([IESR](#))
6. IESR. (2024). *Indonesia Energy Transition Outlook 2024*. Jakarta: IESR. (Membahas potensi surya, bauran energi, dan skenario dekarbonisasi).([IESR](#))
7. IESR. (2023). *Enabling High Share of Renewable Energy in Indonesia's Power System*. Jakarta: IESR. (Analisis teknis integrasi PLTS dan PLTB dalam sistem kelistrikan).([IESR](#))
8. IESR. (2025). *Unlocking Indonesia's Renewables Future: The Economic Case of 333 GW of Solar, Wind and Hydro Projects*. Jakarta: IESR.([IESR](#))

9. IESR. (2025). *Opportunities to Reduce Green Hydrogen Production Costs in Indonesia*. Jakarta: IESR. ([IESR](#))
10. IESR. (2025). *Building Indonesia's Green Hydrogen Production and Market*. Jakarta: IESR. ([IESR](#))
11. Energy Transition Partnership et al. (2023). *Roadmap Onshore Wind Energy Development in Indonesia*. (Memetakan potensi 155 GW energi angin, hambatan, dan rekomendasi). ([energytransitionpartnership.org](#))
12. Energy Transition Partnership et al. (2024). *Wind Energy Development in Indonesia – Investment Plan*. ([energytransitionpartnership.org](#))
13. IESR. (2022). *Wind Energy Acceleration Needs Supporting Ecosystems*. Jakarta: IESR. ([IESR](#))
14. IESR. (2024). *MEMR Regulation No. 2/2024 Limits Public Participation to Support Energy Transition through Rooftop Solar PV*. Jakarta: IESR. ([IESR](#))

Artikel ilmiah & policy brief terkait

15. Octavia, R. C. (2025). *Techno-Economic Feasibility Study of Onshore Wind Turbine Project Using RETScreen to Achieve Indonesia Energy Transition: Study on 70 MW Wind Power Plant Tanah Laut, South Kalimantan*. Tesis MBA, Institut Teknologi Bandung. ([Digilib ITB](#))
16. P3DI DPR RI. (2024). *Info Singkat: Pengembangan Kebijakan Kuota PLTS Atap dan Dampaknya terhadap Investasi* (dan publikasi serupa tentang PLTS atap). ([Berkas DPR](#))
17. P3DI DPR RI. (2025). *Info Singkat: Green Hydrogen Development in Indonesia* (mencatat proyeksi produksi 480 ribu ton hidrogen hijau pada 2030 dan profil permintaan hidrogen kawasan). ([Berkas DPR](#))

Berita dan laporan media internasional

18. Reuters. (2025, 11 Februari). *Indonesia plans to boost renewable usage in new electricity supply plan.*([Reuters](#))
19. Reuters. (2025, 3 Oktober). *Indonesia starts construction of 92 megawatt floating solar plant.*([Reuters](#))
20. Reuters. (2025, 5 Desember). *Indonesia backpedals on retiring Cirebon coal power plant early.* (Mengulas dinamika JETP dan tantangan pengurangan PLTU).([Reuters](#))
21. DetikFinance. (2025, 9 Desember). *PLN Mau Tambah Pembangkit Listrik 76% dari Energi Hijau.* (Ringkasan publik atas isi RUPTL 2025–2034).([detikfinance](#))

Copilot for this article - Chatgpt 5.1 Thinking, Access date: 10 December 2025. Prompting on Writer's account ([Rudy C Tarumingkeng](#))
<https://chatgpt.com/c/693959ef-0c6c-8321-9172-cc699cdb634d>