

4 Februari 2025

Momen tepat: Indonesia dapat lampau target EBT dengan *fast-tracking* proyek-proyek prospektif

Menyadari potensi Indonesia yang besar dan belum sepenuhnya dimanfaatkan untuk menjadi pemimpin di sektor energi bersih, Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA) melakukan penelitian lebih lanjut mengenai komitmen yang diumumkan baru-baru ini, dibandingkan kondisi saat ini. Target yang diumumkan pada COP29 – 75 GW energi terbarukan dan 5 GW tenaga nuklir pada tahun 2040, dan target dalam RUKN 2024-2060 – dapat terlampaui secara signifikan melalui fast-tracking atau percepatan terhadap proyek-proyek prospektif yang ada saat ini. Langkah ini dapat menjadi peluang strategis untuk mewujudkan visi bebas fosil pada tahun 2040 yang disebutkan Presiden Prabowo. Dalam kajian ini, terdapat juga analisis untuk skenario yang optimal dari sisi biaya serta target iklim yang diuraikan dalam Laporan Asesmen Keenam (AR6) dari Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), menginformasikan peta jalan transisi yang lebih ambisius dan sepenuhnya bebas fosil.

Temuan utama

- Untuk mewujudkan tujuan Prabowo yang berfokus pada iklim untuk menghentikan penggunaan bahan bakar fosil dan menambah 75 GW energi terbarukan pada tahun 2040, target energi bersih dalam Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2024-2060 perlu ditingkatkan secara substansial.
- Proyek energi terbarukan dan tenaga nuklir, disebut juga energi baru dan terbarukan (EBT) yang sedang dalam tahap konstruksi, pra-konstruksi, dan telah diumumkan hari ini, mencapai 45 GW. Mewujudkan proyek-proyek ini saja akan melipatgandakan kapasitas EBT Indonesia, dan dapat memastikan target negara untuk menambahkan kapasitas energi terbarukan sebesar 75 GW tercapai jauh lebih cepat, terutama dengan pemantauan.

- Dari 45 GW proyek EBT yang prospektif, 30,6 GW mempunyai tahun mulai yang sudah ditetapkan. Tahun mulai yang spesifik masih perlu ditetapkan untuk proyek-proyek lainnya (berjumlah 13,6 GW — yaitu 10,7 GW dari tenaga surya, 1,8 GW dari tenaga angin, dan 1,1 GW dari tenaga panas bumi). Dengan terwujudnya proyek-proyek energi terbarukan dan nuklir prospektif sebesar 45 GW, total kapasitas pembangkit listrik bersih Indonesia akan mencapai 77% (58,5 GW) dari target kapasitas RUKN 2035 (75,6 GW). Penambahan target yang tersisa (18 GW) perlu direncanakan secara strategis.
- Tenaga surya merupakan opsi sumber daya terbaik untuk memastikan target 75 GW tercapai lebih cepat dari jadwal. Saat ini setidaknya terdapat 16,5 GW proyek tenaga surya prospektif di Indonesia — lebih dari lima kali lebih tinggi dari yang diuraikan dalam JETP CIPP (3,1 GW), dan 30% lebih tinggi dari target RUKN 2030 (12,8 GW). Masih ada waktu untuk mengerahkan lebih banyak dari proyek yang ada saat ini sebelum tahun 2030 dan khususnya sebelum tahun 2035, menilik pengalaman di negara lainnya, seperti Vietnam dan khususnya Tiongkok.
- Dibandingkan dengan jalur dengan pembiayaan optimal yang dimodelkan untuk laporan IPCC AR6 untuk sistem tenaga listrik bebas fosil Indonesia, RUKN mengalokasikan peluang investasi yang terlalu rendah untuk tenaga surya dan angin, dan terlalu tinggi untuk solusi yang lebih mahal dan lebih lambat penerapannya. Hal ini dapat menghambat terwujudnya visi bebas fosil oleh Presiden Prabowo, dan membatasi tercapainya investasi energi bersih selama dekade-dekade yang menentukan ini.
- Berbeda dengan tenaga surya, pengembangan proyek tenaga angin – dengan 2,5 GW proyek yang sedang dikembangkan – malah tertinggal, lebih rendah dari target RUKN (4,8 GW pada tahun 2030). Kesenjangan antara potensi tenaga angin dan penerapan yang optimal dari segi biaya bahkan lebih besar dan mendesak, yang menunjukkan perlunya lebih banyak upaya dalam pengembangan tenaga angin dan mengembangkan iklim investasi yang menunjang untuk menarik pembiayaan yang dibutuhkan.

Visi Prabowo yang bebas fosil, dilanjutkan dengan RUKN 2024-2060

Seperti yang disorot dalam [komentar CREA](#) dirilis setelah **pengumuman Presiden Prabowo untuk menghentikan penggunaan pembangkit listrik berbahan bakar fosil pada tahun 2040**, terdapat peluang untuk meninjau kembali target energi bersih dan strategi penerapannya untuk mewujudkan visi ini. [Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional \(RUKN\) 2024-2060](#) telah dirilis pada tanggal 29 November 2024. [Versi sebelumnya](#) yaitu RUKN 2019-2038 yang diterbitkan pada tahun 2019 dan RUKN 2008-2027 yang diterbitkan pada tahun 2008, merencanakan skenario penyediaan dan permintaan listrik untuk 20 tahun ke depan. Rilis terbaru mencakup proyeksi lebih panjang hingga tahun 2060, selaras dengan target pertumbuhan ekonomi sebesar 8% mulai tahun 2027 dan seterusnya untuk menjadikan Indonesia negara maju pada tahun 2045. **RUKN 2024-2060 menandai komitmen Indonesia untuk mencapai Net Zero Emissions (NZE) pada tahun 2060 atau lebih cepat.** RUKN ini juga merupakan regulasi pertama yang menguraikan transisi sektor ketenagalistrikan dari tahun ke tahun hingga tahun 2060.

RUKN menguraikan dua skenario penting dari proyeksi kapasitas nasional – yang mencakup sistem pembangkit listrik *on-grid* dan *off-grid* atau *captive* yang terintegrasi dengan pengguna industri, yaitu skenario dasar dan skenario dengan produksi *green hydrogen*, dimana target tenaga surya, tenaga air, dan nuklir ditetapkan lebih tinggi. Pada tahun 2060, total kapasitas pembangkit listrik diproyeksikan mencapai 443 GW pada skenario dasar dan 630 GW pada skenario *green hydrogen*. Proyeksi produksi listrik pada kedua skenario tersebut mencapai 1.947 TWh dan 2.306 TWh.

Bauran energi terbarukan dalam proyeksi energi primer masing-masing mencapai 50% dan 54% pada tahun 2060, sedangkan sisanya akan dipenuhi dari tenaga nuklir dan bahan bakar fosil – yaitu pembangkit listrik berbahan bakar batubara dan biomassa yang dilengkapi dengan *Carbon Capture and Storage* (CCS) dan pembangkit listrik berbahan bakar gas dengan CCS.

Perlu dicatat, kapasitas energi baru dan terbarukan yang lebih tinggi sebesar 187 GW dalam skenario *green hydrogen*, terhitung dari perluasan pembangkit listrik tenaga surya di Nusa Tenggara (158 GW), pembangkit listrik tenaga air di Papua (21 GW), dan pembangkit listrik tenaga nuklir di Kalimantan (9 GW). Di luar ini, meskipun Presiden Prabowo telah mencanangkan visi bebas fosil pada tahun 2040, RUKN masih menggariskan porsi besar pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang tidak dibatasi (*unabated*), dari batubara sebesar 41% dan gas sebesar 17%, untuk memenuhi permintaan energi sebesar 1.140 TWh pada tahun 2040 – seraya menetapkan porsi EBT sebesar 36% untuk tahun tersebut.

Gambar 1 membandingkan tingkat komitmen yang ada, dari target yang diumumkan pada COP29 untuk penambahan kapasitas pembangkit listrik non-fosil *on-grid* hingga tahun 2040, dan penambahan nasional selama 6 tahun yang dicantumkan dalam RUKN pada tahun 2030, kapasitas yang saat ini beroperasi dan proyek prospektif yang saat ini sudah terpetakan. Dapat dicatat target penambahan 75 GW EBT dan 5 GW nuklir sebelum 2040 yang diumumkan pada COP 29, sementara RUKN 2024-2060 berencana untuk mencapai 38,4 GW EBT pada 2030 (berarti penambahan EBT

sebesar 25 GW dari kapasitas saat ini), dan 106 GW EBT dan 7,3 GW nuklir pada 2040 (berarti penambahan EBT sebesar 95 GW dan penambahan nuklir sebesar 7,3 GW dari kapasitas saat ini).

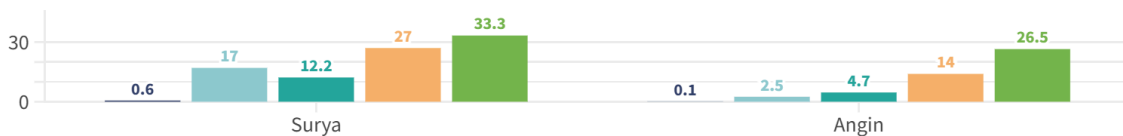
Kapasitas energi terbarukan saat ini mencapai 13,5 GW. Sementara itu, proyek-proyek prospektif yang dipantau oleh Global Energy Monitor untuk tenaga surya, tenaga air, tenaga nuklir, tenaga angin, tenaga panas bumi, dan bioenergi, menunjukkan total potensi energi bersih hampir 45 GW. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, proyek-proyek prospektif yang dipetakan untuk tenaga surya, tenaga angin, tenaga air, dan tenaga panas bumi jauh melampaui target 2030 yang diuraikan dalam RUKN.

Perbandingan kapasitas saat ini dan penambahan dari proyek prospektif terhadap target penambahan dalam RUKN untuk tahun 2030 & 2040 dan dalam pengumuman COP-29, 75 GW energi terbarukan dan 5 GW nuklir pada tahun 2040

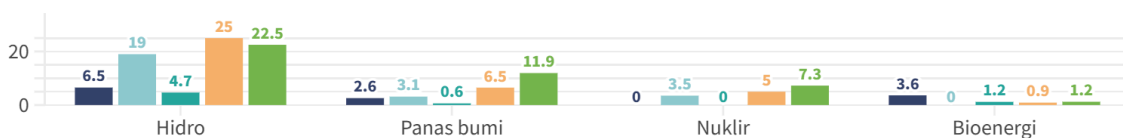
Target penambahan kapasitas pembangkit listrik nasional dalam GW

■ Kapasitas saat ini ■ Kapasitas tambahan prospektif ■ Penambahan selama 6 tahun ke depan hingga 2030 - RUKN
 ■ Penambahan selama 16 tahun hingga 2040 - pengumuman COP29 ■ Penambahan selama 16 tahun hingga 2040 - RUKN

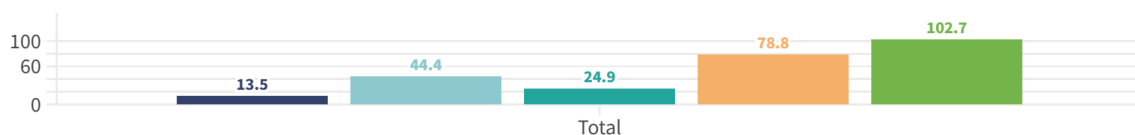
Variable Renewable Energy (VRE)



Dispatchable / Non-VRE



Total



Sumber: Global Energy Monitor (GEM) - Global Solar Plant Tracker, Global Hydropower Tracker, Global Nuclear Power Tracker, Global Wind Power Tracker, Global Geothermal Power Tracker, Global Bioenergy Power Tracker - Diakses pada 8 Januari 2025 • Kapasitas saat ini, dirilis oleh KESDM - Dirjen Ketenagalistrikan dalam Statistik Ketenagalistrikan (2023); Kapasitas prospektif, gabungan proyek dalam status konstruksi, pra-konstruksi, dan diumumkan dalam data GEM - Pengumuman COP29 merincikan 75 GW energi terbarukan dan 5 GW nuklir pada tahun 2040

Gambar 1. Perbandingan penambahan operasional dan prospektif dengan target penambahan yang diumumkan pada COP29

Catatan: Penambahan 75 GW EBT dan 5 GW nuklir pada tahun 2040 diumumkan pada COP29; RUKN 2024-2060 berencana untuk penambahan 25 GW EBT pada tahun 2030, dan 95 GW EBT dan 7,3 GW nuklir pada tahun 2040.

Identifikasi GEM terhadap 30,6 GW proyek prospektif dengan tahun mulai yang ditentukan, jika dipercepat melalui *fast-tracking*, akan membantu Indonesia mencapai 58% dari target kapasitas 2035 dalam RUKN (44,1 GW dari 75,6 GW). Di luar ini, memetakan proyek prospektif secara strategis tanpa tahun mulai, akan mewujudkan semua 45 GW penambahan nuklir dan EBT, yang merupakan 77% dari target 2035 (58 GW dari 75,6 GW).

Mempercepat proyek prospektif yang dapat diluncurkan hari ini akan melipatgandakan kapasitas energi terbarukan Indonesia, melampaui target kapasitas EBT dan nuklir untuk tahun 2030 (38.4 GW); namun, upaya selanjutnya harus dipetakan dan ditingkatkan untuk mencapai target yang ditetapkan setelah akhir dekade ini – untuk mencapai target 75,6 GW yang ditetapkan pada tahun 2035, dan 116,2 GW pada tahun 2040.

***Fast-tracking* proyek-proyek prospektif sebesar 45 GW dapat melampaui target RUKN pada tahun 2035**

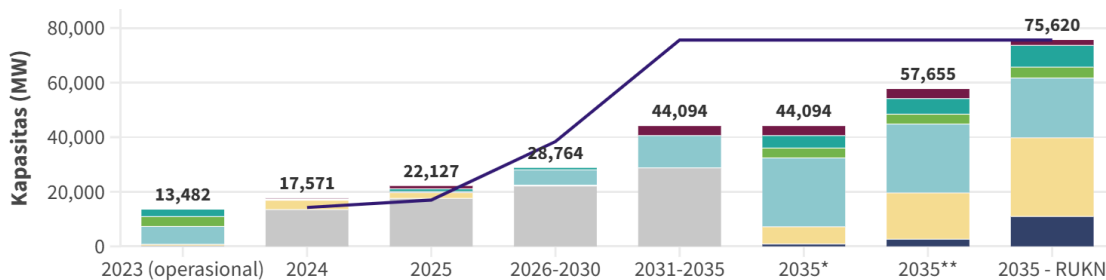
Target penambahan kapasitas pembangkit EBT sebelum tahun 2040 yang diumumkan di COP29 dapat tercapai dengan baik dengan mempertimbangkan proyek-proyek prospektif yang sudah memiliki tahun mulai, khususnya untuk sumber energi EBT yang dapat didistribusikan. Selain itu, energi terbarukan variabel (VRE) dari tenaga surya dan angin, juga memerlukan pemetaan yang lebih baik untuk memastikan implementasi strategis sebelum tahun 2040.

Ditunjukkan pada Gambar 2, distribusi proyek nuklir dan EBT prospektif berdasarkan tahun mulai, dan target kapasitas RUKN untuk tahun 2035. Seperti yang diilustrasikan, jika semua proyek yang ditandai dengan tahun mulai diimplementasikan sesuai jadwal, Indonesia hanya akan mencapai kapasitas 44 GW pada tahun 2035. Sisa 31,5 GW penambahan masih diperlukan untuk memenuhi target RUKN tahun 2035. Hal ini menunjukkan adanya peluang untuk menghubungkan tahun-tahun awal tertentu untuk proyek-proyek prospektif GEM tanpa tahun awal (13,6 GW), dan memprioritaskan pemetaan segera untuk sisanya (18 GW) yang belum dipertimbangkan dalam perencanaan nasional mana pun.

Kapasitas EBT prospektif terhadap target RUKN di tahun 2035

Penambahan tenaga surya, hidro, nuklir, angin, dan panas bumi pada tahun 2024-2035, dipetakan berdasarkan tahun mulai

■ Target EBT RUKN 2024-2060
 ■ Kapasitas EBT operasional kumulatif
 ■ Angin
 ■ Surya
 ■ Hidro
 ■ Bioenergi
 ■ Panas bumi
 ■ Nuklir



Sumber: Global Energy Monitor (GEM) - Global Solar Plant Tracker, Global Hydropower Tracker, Global Nuclear Power Tracker, Global Wind Power Tracker, Global Geothermal Power Tracker, Global Bioenergy Power Tracker - Diakses pada 8 January 2025 • Prospektif, sebagai jumlah proyek yang sedang dibangun, pra-konstruksi, dan diumumkan dalam database GEM

* Current and prospective NRE projects combined (with start date)

** Current and prospective NRE projects (with start date and without start date)



Gambar 2. Penambahan kapasitas EBT yang dipetakan oleh GEM terhadap target RUKN 2035

Sekretariat JETP telah menguraikan total kapasitas prospektif sebesar 3,1 GW dari 64 proyek di dalam [Comprehensive Investment and Policy Plan \(CIPP\)](#) yang dirilis pada tahun 2023, diperkirakan membutuhkan kebutuhan investasi sebesar USD 2,38 miliar. Untuk tenaga surya, [Global Solar Power Tracker](#) dari GEM menunjukkan total 5 kali lebih tinggi, yakni sebesar 16,5 GW proyek tenaga surya prospektif, dengan 5,7 GW diperkirakan akan dimulai pada tahun 2026. Sedangkan untuk tenaga angin, JETP CIPP menguraikan proyek prospektif sebesar 5,2 GW dari 53 proyek, yang memerlukan investasi sebesar USD 4,48 miliar. [Global Wind Power Tracker](#) dari GEM, sebaliknya, hanya menampilkan setengah dari proyek prioritas JETP CIPP — proyek prospektif sebesar 2,46 GW, dengan 0,70 GW yang ditandai akan dimulai pada tahun 2026.

Baik untuk tenaga surya maupun angin, RUKN merencanakan target kapasitas sebesar 12,8 GW dan 4,8 GW pada tahun 2030 — keduanya dapat terlampaui melalui percepatan penambahan pembangkit listrik tenaga surya yang terdata oleh GEM dan proyek tenaga angin dalam JETP CIPP. Apabila Indonesia dapat [mereformasi proses perencanaan dan perizinan](#) untuk mencapai rentang waktu implementasi sepanjang 1 tahun untuk pembangkit listrik tenaga surya skala utilitas, semua proyek prospektif dapat diselesaikan dengan mudah sebelum tahun 2030. Rentang penerapan proyek pembangkit listrik tenaga angin dapat dipercepat menjadi 4,5 hingga 5,5 tahun untuk pembangkit listrik tenaga angin di darat dan lepas pantai, sehingga tahun 2025 dan 2026 dapat menjadi kerangka waktu yang ideal untuk pemetaan tahun mulai proyek pembangkit listrik tenaga angin. **Pemetaan strategis proyek pembangkit listrik tenaga surya dan angin sangat penting untuk memastikan penerapan VRE tepat waktu pada dekade berikutnya.**

Kapasitas tenaga surya saat ini dilaporkan pada [Statistik Ketenagalistrikan Tahunan 2023](#)¹ menunjukkan bahwa dari 598 MW tersebut, 88% berasal dari investasi swasta, yaitu 260 MW dari *Independent Power Producers* (IPP), 265 MW dari *Public Private Utility* (PPU) serta pemilik swasta yang beroperasi dengan izin khusus untuk digunakan sendiri.² Hanya 34 MW yang dioperasikan oleh PLN, dan 39 MW oleh pemerintah provinsi. Sedangkan untuk pembangkit listrik tenaga angin, pembangkit listrik yang beroperasi saat ini berkapasitas 154 MW dimiliki dan dioperasikan oleh IPP. Artinya, hingga saat ini belum ada perusahaan milik PLN atau milik pemerintah yang beroperasi di Indonesia. **Hal ini menekankan adanya keterlambatan yang signifikan dalam penerapan VRE, dan potensi besar yang harus dimanfaatkan baik oleh PLN maupun Pemerintah, yang seharusnya menjadi ujung tombak upaya penerapan VRE.**

Melihat lebih jauh dari sudut pandang nasional, Indonesia seharusnya menerapkan ambisi untuk menjadi pemimpin energi tenaga surya, mengingat potensi energi surya yang belum dimanfaatkan yang sangat besar di negara ini yang berkisar antara 3.400 hingga 19.800 GWp, serta keberhasilan dan pesatnya penerapan energi bersih di seluruh Asia. Tiongkok, pemimpin global dalam tenaga surya, berhasil mencapai [total kapasitas terpasang sebesar 887 GW](#) pada akhir tahun 2024, dengan instalasi tertinggi dalam satu tahun terakhir sebesar 277 GW. India menyusul, mencapai kapasitas energi terbarukan sebesar [218 GW pada akhir tahun](#), dengan 24,5 GW tenaga surya dan 3,4 GW tenaga angin terpasang pada tahun 2024 saja.

Di seluruh Asia Tenggara, GEM memetakan [lebih dari 28 GW tenaga surya dan angin skala utilitas](#) yang beroperasi pada tahun 2023. Vietnam memiliki kapasitas terbesar (19,5 GW), dengan pembangkit tenaga surya skala utilitas sebanyak 13 GW dan pembangkit tenaga angin skala utilitas sebanyak 6,5 GW. Rencana induk tenaga listrik negara ini menargetkan [kapasitas tenaga surya sebesar 20,6 GW pada tahun 2030 dan 189 GW pada tahun 2050](#), dengan tujuan mencapai NZE pada tahun 2050 dan menjadikan tenaga surya sebagai tulang punggung sistem tenaga listrik – memanfaatkan potensi tenaga surya negara sebesar 963 GW. Pemerintah secara aktif mendorong [pemasangan tenaga surya di atap atau solar rooftop di seluruh Vietnam](#), dengan menetapkan target agar separuh kantor dan rumah dipasang tenaga surya pada tahun 2030. Saat ini, Vietnam memiliki total kapasitas tenaga surya di atap sebesar 9,5 GW dari 103.000 pemasangan di gedung perumahan, komersial, dan industri.

¹ Dirilis oleh Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM

² Pemilik swasta dapat diklasifikasikan sebagai Utilitas Umum Swasta (PPU), atau diberikan izin khusus yang memberikan izin untuk menghasilkan listrik untuk digunakan sendiri, *Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Sendiri* (IUPTL)

Skenario RUKN vs. IPCC AR6 untuk pembangkit listrik bebas fosil

[Urgensi global](#) telah diperjelas bahwa pembatasan pemanasan global di bawah 2°C memerlukan perubahan masif dalam beberapa dekade ke depan, dengan menargetkan net zero dalam sistem kelistrikan global antara tahun 2045 dan 2055. Jalur menuju NZE akan beragam, bergantung pada kebutuhan dan keadaan suatu negara, namun semua negara-negara mempunyai tujuan dan tantangan yang sama selama masa transisi – yaitu mengutamakan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil secara signifikan, mempercepat peralihan ke sumber energi rendah karbon dan nol karbon, dan memperluas penggunaan elektrifikasi di seluruh penggunaan energi alternatif.

Peluncuran RUKN 2024-2060 mengukuhkan komitmen Indonesia untuk mencapai NZE pada tahun 2060, sebagai peraturan pertama yang menguraikan arah sistem ketenagalistrikan Indonesia. RUKN 2024-2060³ menguraikan target penerapan gabungan energi terbarukan, dan mencakup arahan umum yang ditetapkan untuk bahan bakar fosil, yaitu batubara, gas, dan diesel.

Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tetap menjadi pedoman utama pengembangan pembangkit listrik tenaga batu bara, menetapkan seluruh armada batubara nasional untuk dihentikan sebelum tahun 2050 dan membatasi penambahan kapasitas baru, hanya memperbolehkan proyek-proyek yang tercantum dalam rencana bisnis pasokan listrik sebelumnya, Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL), serta pembangkit *captive* untuk mendukung pabrik yang terintegrasi dengan industri strategis, yang telah [meningkat pesat terutama dalam 5 tahun terakhir](#).

Peralihan bahan bakar ke amonia, biomassa, dan kemungkinan nuklir melalui retrofit disebutkan sebagai strategi transisi yang dipilih untuk PLTU, dengan alasan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan *decommissioning* atau skema penghentian, serta kebutuhan untuk mempertahankan inersia rotasi yang akan berkurang ketika VRE menggantikan unit pembangkit konvensional.⁴ Strategi yang sama juga disebutkan untuk pembangkit listrik berbahan bakar gas dengan alasan mengurangi biaya operasi dasar dan memenuhi kebutuhan inersia, puncak, dan pengikut dalam sistem ketenagalistrikan. Selain itu, **target penghentian pembangkit listrik tenaga diesel pada tahun 2033** juga disebutkan dalam RUKN, untuk dihubungkan ke sistem ketenagalistrikan yang lebih besar, pembangkit listrik baru dan terbarukan, atau konversi ke bahan bakar alternatif.

RUKN 2024-2060 menguraikan 13 sumber produksi listrik pada tahun 2060,

- bahan bakar fosil *dispatchable* dari (7) batubara yang dibakar bersama dengan biomassa, dilengkapi dengan CCS, (8) gas, (9) gas, dilengkapi dengan CCS;
- energi terbarukan *dispatchable* dari (4) tenaga air, (5) panas bumi, (6) bioenergi;
- VRE dari (1) matahari, (2) angin, dan (3) lautan;

³ Disahkan sebagai Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 314.K/TL.01/MEM.L/2024

⁴ Menyebutkan [inersia rotasi](#) yang akan berkurang secara bertahap saat VRE menggantikan unit pembangkit konvensional - tantangan teknis yang membutuhkan kerja sama erat antara pembuat kebijakan, penyedia teknologi, dan para ahli untuk menginformasikan kebijakan dan jalur dekarbonisasi

- sumber alternatif baru *dispatchable* dari (10) amonia, (11) hidrogen, (12) limbah panas, (13) nuklir.

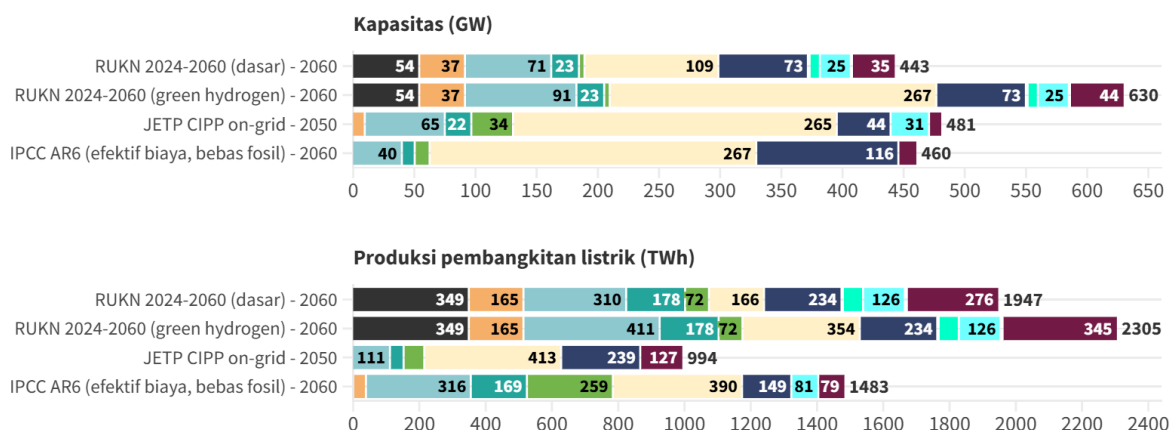
Di antara banyak model sistem energi yang dikembangkan di [IPCC AR6](#) skenario untuk Indonesia, satu skenario pembangkit listrik bebas fosil dan hemat biaya dipilih untuk ditinjau lebih lanjut. Proyeksi JETP CIPP mengenai kapasitas jaringan dan bauran pembangkit listrik pada tahun 2050 juga diperhitungkan sebagai referensi. Sebagai catatan, skenario IPCC AR6 yang ditinjau tidak mencakup seluruh bahan bakar fosil, serta amonia, hidrogen, dan lautan, sedangkan JETP CIPP mencakup gas dalam campurannya, dan juga hidrogen.

Gambar 3 menunjukkan distribusi kapasitas dan bauran pembangkitan berdasarkan sumbernya saat Indonesia mencapai NZE dalam sektor pembangkit. **Dapat langsung teramati rendahnya ambisi kapasitas tenaga surya dalam skenario dasar RUKN, hanya mencapai 40% dari target yang ditetapkan dalam JETP CIPP untuk integrasi *on-grid* pada tahun 2050 dan dalam IPCC AR6 untuk bebas fosil pada tahun 2060.** Meskipun terdapat ambisi yang lebih tinggi dalam skenario *green hydrogen* di RUKN, tambahan kapasitas tenaga surya di Nusa Tenggara akan ditujukan untuk produksi hidrogen ramah lingkungan, dan tidak berkontribusi langsung pada pembangkitan VRE jaringan listrik nasional.

Skenario pembangkitan listrik Indonesia di masa depan

RUKN 2024-2060 pada 2060, JETP CIPP *on-grid* pada 2050, dan IPCC AR6 bebas fosil pada 2060

■ Batubara ■ Gas ■ Hidro ■ Panas bumi ■ Bioenergi* ■ Surya ■ Angin ■ Laut ■ Amonia ■ Hidrogen ■ Waste heat ■ Nuklir



*Dalam IPCC AR6 dan JETP CIPP, penggunaan biomassa dengan dan tanpa CCS, sebagai pengganti bioenergi Batubara - PLTU yang dibakar bersama biomassa dan dilengkapi dengan CCS; Gas - Pembangkit listrik berbahan bakar gas dengan dan tanpa CCS

Gambar 3. Campuran kapasitas dan pembangkitan diproyeksikan untuk tahun 2060 dalam RUKN 2024-2060, JETP CIPP untuk *on-grid*, dan IPCC AR6 untuk sistem energi bebas fosil dan hemat biaya di Indonesia

Tenaga angin merupakan bagian yang cukup besar dalam skenario IPCC AR6 setelah tenaga surya – yaitu 1,5 kali lipat dari kapasitas yang direncanakan dalam RUKN. Hal ini menunjukkan adanya peluang untuk mengkaji ambisi pembangkit listrik tenaga angin, mengingat $\frac{3}{4}$ dari kapasitas pembangkit listrik tenaga angin yang dimodelkan ditujukan untuk pembangkit listrik tenaga angin di darat (89 GW) dan sisanya untuk pembangkit listrik tenaga angin lepas pantai (27 GW). Sementara itu, JETP CIPP menargetkan 44 GW pada tahun 2050, porsi yang jauh lebih kecil dibandingkan tenaga surya, mengutip terbatasnya ketersediaan sumber daya dan diperlukannya pemasangan turbin berkecepatan rendah di banyak lokasi.

[Publikasi terbaru mengenai rencana investasi pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia](#) mengutip potensi total sebesar 155 GW — 61 GW di darat dan 94 GW di lepas pantai, serta membahas tantangan di balik rendahnya penyerapan teknologi tenaga angin. Terbatasnya ketersediaan data angin jangka panjang dan spasial dikutip sebagai tantangan utama yang harus segera diatasi untuk menurunkan profil risiko bagi pengembang dan investor serta menciptakan iklim yang mendukung bagi investor.

Sebagai penutup, proyeksi RUKN pada tahun 2060 menunjukkan porsi yang sangat besar untuk pembangkit *dispatchable*, yang menyiratkan banyak ruang untuk mengeksplorasi skenario lainnya yang mempertimbangkan *cost effectiveness*, yang secara garis besar menunjukkan kebutuhannya lebih dari dua kali lipat porsi VRE. Skenario dasar RUKN menunjukkan 79% kontribusi berasal dari sumber energi *dispatchable* – 26% berasal dari energi fosil, 53% berasal dari energi baru dan terbarukan, dan 21% sisanya berasal dari VRE (surya, angin, dan laut).

Studi global menunjukkan bahwa [bauran VRE yang hemat biaya](#) pada tahun 2050 dalam sistem pembangkit listrik global idealnya berada pada rentang 45 hingga 74%. Skenario *Announced Pledges* dari International Energy Agency (IEA) juga menyoroti bahwa [pangsa pembangkit VRE di Indonesia](#) diperkirakan akan mencapai 60% pada campuran pembangkitan tahunan pada tahun 2050, dan menekankan dibutuhkan campuran divergen pada beban puncak yang memerlukan kapasitas pembangkit yang dapat disalurkan (*dispatchable*) yang cukup ketika pangsa VRE dari tenaga surya dan angin akan turun menjadi 10%, dengan kontribusi minimal dari tenaga surya.