



Progress and Challenges of Renewable Energy Transition in Indonesia's Energy Mix Towards Net Zero Emissions

Maliya Syabriyana^{1*}

¹⁾ Program Studi Teknik Kimia, Universitas Serambi Mekkah, Batoh- Banda Aceh 23245, Aceh

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 15 Agustus 2024

Direvisi 16 Agustus 2024

Diterima 17 Agustus 2024

Dipublikasi 30 Desember 2024

Keyword's:

Komitmen Indonesia, energi baru dan terbarukan, transisi energi, kemajuan, tantangan

DOI:

doi.org/10.55377/jurutera.v11i02.10810

ABSTRAK

Perjalanan Indonesia menuju masa depan tanpa emisi adalah upaya yang kompleks, didorong oleh komitmen terhadap praktik energi berkelanjutan dan pengurangan jejak karbon. Pada tahun 2021, pemerintah Indonesia merevisi dan mengajukan Kontribusi yang Ditentukan Secara Nasional (NDC), yang memperkuat komitmennya terhadap tujuan Perjanjian Paris untuk mencapai nol emisi pada tahun 2060 atau lebih awal. Sebagai bagian dari upaya ini, pemerintah telah menetapkan target ambisius untuk bauran energi, dengan sasaran 23% energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Dalam perjalanan menuju pencapaian target-target ini, beberapa langkah signifikan telah diambil dalam pengembangan kebijakan dan pembangunan fasilitas transisi energi.. Artikel ini mengkaji kemajuan yang telah dicapai di sektor energi terbarukan, dengan fokus pada perkembangan, kebijakan, dan integrasi energi terbarukan ke dalam jaringan energi nasional, dan tantangan yang dihadapi. Meskipun telah terjadi kemajuan, Indonesia masih menghadapi tantangan besar dalam mencapai tujuan nol emisi. Sebagai kesimpulan, meskipun Indonesia telah membuat kemajuan yang patut dipuji dalam transisi energi terbarukan, mewujudkan bauran energi nol emisi akan memerlukan upaya berkelanjutan, perencanaan strategis, dan kolaborasi di antara para pemangku kepentingan di semua tingkatan. Jalan menuju nol emisi sudah di depan mata, namun diperlukan upaya untuk mengatasi hambatan-hambatan yang signifikan guna memastikan masa depan energi yang berkelanjutan dan berkeadilan bagi bangsa ini.

ABSTRACT

Indonesia's journey toward a zero-emission future is a complex and multifaceted endeavor, driven by its commitment to sustainable energy practices and reducing its carbon footprint. In 2021, the Indonesian government revised and submitted its Nationally Determined Contributions (NDC), reinforcing its commitment to the Paris Agreement's goal of achieving net zero emissions by 2060 or earlier. As part of this effort, the government has set ambitious targets for the energy mix, aiming for 23% new and renewable energy by 2025 and 31% by 2050. On the path to reaching these targets, several significant strides have been made in policy development and the establishment of energy transition facilities. This article examines the progress made in the renewable energy sector, focusing on policy initiatives, progress of integration of renewable energy into the national energy grid, and its challenge. Despite these advancements, Indonesia faces substantial challenges in achieving its zero-emission goals. In conclusion, while Indonesia has made commendable progress in its renewable energy transition, realizing a zero-emission energy mix will require sustained efforts and strategic planning.

1. Pendahuluan

Pemanasan global adalah masalah krusial yang harus segera diselesaikan untuk menyelamatkan bumi dan keberlanjutan peradaban manusia. Oleh karena itu, pada bulan Desember 2015, semua Pihak UNFCCC di COP21 di Paris membuat terobosan penting dalam perjanjian iklim global pertama yang mengikat secara hukum yang dikenal sebagai Perjanjian Paris. Semua 192 pihak sepakat untuk mengurangi emisi gas rumah kaca global untuk membatasi peningkatan suhu global di abad ini hingga 2 derajat Celcius sambil berupaya membatasi peningkatan lebih lanjut hingga 1,5 derajat; meninjau komitmen negara setiap lima tahun; dan menyediakan pembiayaan bagi negara-negara berkembang untuk mengatasi perubahan iklim, memperkuat ketahanan, dan meningkatkan kemampuan beradaptasi terhadap dampak iklim (1).

Indonesia sebagai salah satu anggota Perjanjian Paris memiliki komitmen untuk berhasil mencapai peningkatan suhu bumi di bawah 2°C melalui energi dengan emisi karbon rendah. Indonesia melalui Peraturan No. 16/2016 mengenai Pengesahan Perjanjian Paris, berkomitmen untuk mengurangi emisi sebesar 29% dengan upaya sendiri atau 41% dengan bantuan internasional pada tahun 2030(2). Untuk mencapai target ini, pemerintah Indonesia harus melakukan tindakan ambisius dalam transformasi energi. Transformasi ini bukanlah hal yang mudah, banyak variabel yang harus dipertimbangkan dengan cermat, seperti ketersediaan sumber daya, keamanan energi, masalah ekonomi, industri, kebijakan yang sesuai, kesiapan teknologi, modal, kesiapan masyarakat, investasi terkait energi, kerjasama global, dan sebagainya.

Sebagai negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah, energi Indonesia masih bergantung lebih dari 90% pada bahan bakar fosil, dan hanya 4,4% dari energi terbarukan pada tahun 2015. Sejauh ini, proporsi energi baru dan terbarukan adalah 11,2% dalam peta campuran energi tahun 2020, sementara targetnya adalah 13,42%. Sebagai salah satu dari 10 negara penghasil emisi terbesar di dunia, Indonesia harus lebih mendorong pengurangan emisinya. Kontribusi yang Ditentukan Secara Nasional (NDC) terbaru yang disampaikan pada tahun 2021 mengusulkan target pengurangan emisi karbon sebesar 29 persen pada tahun 2030 dan 41 persen dengan kerjasama internasional(3). Dalam hal target pengurangan emisi, tidak ada perubahan dibandingkan dengan NDC pertama, tetapi perbedaan yang paling mencolok adalah berbagai penyesuaian yang telah dilakukan pada RPJMN 2020-2024 dan Visi Indonesia 2045(4).

Untuk mengurangi emisi guna mencapai net zero pada tahun 2060 atau lebih awal di tingkat nasional, langkah-langkah kebijakan khusus yang bertujuan mendukung peningkatan penggunaan Sumber Energi Terbarukan

(RES) dan bahan bakar bersih, mendorong investasi dalam efisiensi energi dan teknologi energi bersih, menerapkan skema penetapan harga karbon, serta menghapus hambatan pasar dan non-pasar yang mencegah penerapan opsi dan paradigma rendah emisi adalah faktor-faktor yang mendorong aksi. Oleh karena itu, saya mempelajari lebih lanjut langkah dan tantangan yang telah diambil Indonesia dalam memulai transformasi energi dan membuat perubahan revolusioner dalam dekade ini agar tetap berada di jalur nol emisi. Dalam laporan ini, peta campuran energi terbaru, kebijakan energi baru dan terbarukan, kemajuan transisi menuju energi baru dan terbarukan, serta tantangan yang dihadapi akan dibahas.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan sumber data sekunder baik dari jurnal-jurnal, laporan pemerintah dan organisasi non-pemerintah, website resmi dan sumber berita online dari website pemerintah, surat kabar, dan organisasi non-pemerintah. Penulis merangkum hasil pemikiran berdasarkan data sekunder yang diperoleh.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Masalah dan Bauran Energi Baru Terbarukan

Indonesia

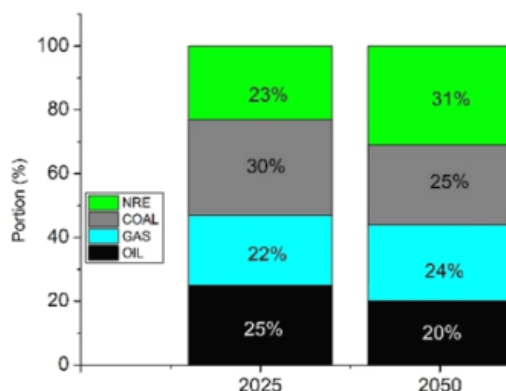
Indonesia adalah salah satu eksportir batu bara terbesar di dunia. Dari total produksi nasional batu bara sebesar 461,6 juta ton pada tahun 2015, hanya 20,7% yang diserap oleh pasar domestik, dan sisanya 79,8% diekspor ke negara lain. Selain itu, Indonesia juga mengekspor minyak dan gas. Namun, sejak sumber daya tersebut mulai berkurang, sejak tahun 2004, Indonesia menjadi pengimpor minyak bersih. Karena bahan bakar fosil telah menjadi sumber devisa jangka panjang, pemerintah Indonesia baru-baru ini memutuskan untuk mengoptimalkan penggunaan domestik batu bara dan gas sebagai modal pembangunan (energi).

Jika kita melihat perkembangan campuran energi di Indonesia dalam setengah dekade terakhir, komposisi energi terbarukan meningkat secara bertahap setiap tahunnya, lihat **Gambar 1**. Namun, hingga tahun 2020, gas masih menjadi tulang punggung Energi Nasional. Indonesia masih sulit berpisah dari gas mengingat sumber daya yang ada cukup besar selain itu juga berfungsi sebagai penggerak ekonomi(5). Target energi hijau pada tahun 2020 adalah 13,42% namun angka yang dicapai adalah 11,2%. Berdasarkan Kebijakan Energi Nasional (PP No.79/2014), target energi baru-terbarukan adalah 23% dari campuran energi primer nasional pada tahun 2025 dan mencapai 31% pada tahun 2050, pada **gambar 2**. Indonesia perlu meningkatkan kontribusi energi hijau sekitar 11% dalam 4 tahun ke depan untuk mencapai target tahun 2025.

Untuk mencapai tujuan ini, transisi progresif di sektor energi harus segera dilakukan. Namun, yang sama pentingnya adalah bahwa kita mencapai pertumbuhan secara berkelanjutan. Indonesia harus memasukkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan ke dalam rencana pembangunan jangka panjangnya dan memastikan semua sektor mengadopsi peta jalan menuju nol emisi(6). Bagian ini menyajikan temuan dari penelitian dan membahas makna atau implikasi dari hasil tersebut. Hasil harus disajikan secara sistematis, seringkali dengan bantuan tabel, grafik, dan diagram. Pembahasan harus mengaitkan hasil dengan literatur yang ada, menjelaskan bagaimana hasil tersebut memperkuat, menantang, atau memperluas pemahaman terkini



Gambar 1. Perkembangan bauran energi Indonesia (2015-2019) (Sumber: Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. 2020, (7))



Gambar 2. Target Bauran Energi Baru dan Terbarukan Indonesia (8)

Berdasarkan laporan Scaling Up Climate Action, Climate Action Tracker menyarankan bahwa untuk mencapai dekarbonisasi penuh yang selaras dengan PA, Indonesia harus mengelola optimalisasi energi terbarukan sehingga proporsinya mencapai sekitar 50% pada tahun 2030 dan 100% pada tahun 2050 tanpa pembangkit listrik batu bara baru dan penghentian batu bara pada tahun 2040 (9).

Selain itu, menurut penelitian yang dilakukan oleh P. Fragkos et al. yang menyajikan skenario emisi rendah untuk Indonesia dan beberapa negara lainnya, emisi diproyeksikan menurun sebesar 73%-95% selama periode

2015-2050 dengan menerapkan empat pilar utama (10). Pertama adalah diversifikasi pembangkit listrik dan campuran energi primer menuju teknologi hijau. Kedua, meningkatkan efisiensi energi di semua sektor. Selanjutnya adalah elektrifikasi di tingkat pengguna akhir energi, dan terakhir mengurangi intensitas karbon dari PDB dan menggunakan pendekatan mitigasi yang berbeda. Namun, pembangkit listrik berbahan bakar gas dapat terus beroperasi dalam jangka menengah untuk menutupi biaya operasinya dan memberikan fleksibilitas serta keseimbangan pada sistem untuk memungkinkan ekspansi besar energi terbarukan yang bersifat variatif.

Di sisi lain, perkembangan energi terbarukan di Indonesia juga sensitif terhadap ekonomi politik pasokan minyak dan batu bara. Rahman (2021) dalam studinya menemukan bahwa meskipun harga energi hijau telah turun secara global selama dekade terakhir dan sejak 2004, ketergantungan Indonesia pada bahan bakar fosil (terutama impor minyak) masih tinggi dan juga bergantung pada praktik bisnis historis seperti biasa untuk mengelola sistem energi yang menyebabkan defisit keseimbangan (karena subsidi), kurangnya perhatian terhadap emisi, dan kebijakan yang bertentangan terhadap energi terbarukan yang menyarankan modifikasi RUEN (11).

3.2 Kebijakan Energi Baru dan Terbarukan

Di Indonesia, Kebijakan Energi Nasional dirancang dan diformulasikan oleh Dewan Energi Nasional (KEN) yang kemudian pada tingkat provinsi dan kabupaten direncanakan dan diformulasikan secara detail oleh gubernur dan bupati sesuai dengan kebutuhan dan kondisi mereka⁷. Badan ini juga menetapkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sebagai skenario dasar perencanaan energi nasional.

Strategi dan kebijakan yang diterapkan di setiap daerah atau provinsi di Indonesia akan bervariasi sesuai dengan permintaan energi, fasilitas sumber daya, dan kapasitas ekonomi masyarakat⁸. Winarno dalam studinya tentang perumusan strategi pengembangan energi terbarukan di lima provinsi terpilih menemukan bahwa rata-rata pangsa energi hijau pada tahun 2025 di provinsi-provinsi tersebut diprediksi sekitar 12% sedangkan target nasional adalah 23%. Untuk mencapai target ini, pemerintah daerah harus memiliki rencana aksi terperinci mengenai pengembangan energi terbarukan yang mencakup modal dan kapasitas yang cukup, perencanaan yang terkoordinasi, kebijakan harga energi yang tepat. Dalam realisasinya sejauh ini, pemerintah daerah belum memiliki kapasitas untuk menentukan kebijakan harga energi yang sesuai, sejauh ini harga ditentukan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) di tingkat nasional. Kurangnya koordinasi dan kesadaran antara pemerintah

pusat dan daerah adalah alasan mengapa transisi energi hijau berjalan lambat, yang disimpulkan oleh Sharvini Noor (12). Seharusnya, formulasi pembuatan kebijakan energi harus mengikuti pola yang ditunjukkan pada gambar 3 berikut. Sehingga keterlibatan di tingkat provinsi, kota dan kabupaten dapat maksimal, dan kebijaksanaan dan dihasilkan menjangkau kebutuhan pemerintah daerah secara menyeluruh.



Gambar 3. Diagram Formulasi Kebijakan Energi (8).

Seperti yang disebutkan sebelumnya di bagian 3.1, kebijakan yang bertentangan terhadap energi terbarukan di mana Indonesia masih bergantung pada energi tidak terbarukan hingga 2050 dengan hanya 31% dari RES dalam campuran energi menunjukkan kurangnya perhatian terhadap pengurangan emisi. Oleh karena itu, RUEN harus dikaji ulang dan direformulasi untuk mencapai tujuan perjanjian Paris.

Untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, pemerintah Indonesia baru-baru ini menetapkan peraturan Peraturan Presiden Nomor 98 tahun 2021 tentang pelaksanaan nilai ekonomi karbon untuk mencapai target kontribusi yang ditetapkan secara nasional dan pengendalian emisi gas rumah kaca dalam pembangunan nasional. Berdasarkan peraturan ini, ada dua mekanisme Nilai Ekonomi Karbon (NEK) yang diusulkan yaitu perdagangan karbon (perdagangan emisi dan offset emisi) dan pajak karbon (11). Mekanisme NEK/ taksiran karbon yang telah berjalan di antaranya adalah 202 proyek Mekanisme Pembangunan Bersih (CDM) dengan total 147 proyek yang terdaftar di UNFCCC dengan 32.177.176 ton CO₂ (termasuk 2 proyek kehutanan, 1 proyek pertanian, dan tujuh pembangkit listrik tenaga panas bumi). Kemudian ada 14 proyek yang telah menerapkan skema Verified Carbon Standard (VCS) dengan jumlah kredit karbon yang diterbitkan: 14.378.257 ton CO₂. Selain itu, ada juga Mekanisme Kredit Bersama (JCM) bilateral antara dua negara, yaitu Jepang dan Indonesia, yang telah menghasilkan 744 ton CO₂ (13). Mekanisme ini berjalan secara sukarela.

Pajak karbon diharapkan dapat meningkatkan pendapatan pemerintah untuk pembangunan, terutama dalam menangani perubahan iklim. Pemerintah telah menyetujui pajak karbon sebesar 30.000 IDR/tCO₂e atau

setara dengan 2,1 USD/tCO₂e yang akan diterapkan mulai tahun 2022. Angka ini sedikit lebih rendah daripada Jepang (2,65 USD/tCO₂e). Namun, masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan tarif pajak karbon yang diterapkan oleh Bank Dunia, yang berkisar antara 40 hingga 80 USD/tCO₂e¹³. Harga ini mungkin menimbulkan pro dan kontra. Selain itu, bagaimana pajak ini akan diterapkan masih belum jelas, apakah pajak karbon akan diterapkan secara independen atau akan digabungkan dengan jenis skema Nilai Ekonomi Karbon (NEK) lainnya. Peraturan Presiden Nomor 98 tahun 2021 belum memberikan rincian perhitungan pajak karbon dan model evaluasi serta pemantauan yang terukur dan transparan. Oleh karena itu, diperlukan Peraturan Pemerintah dan Peraturan Menteri lebih lanjut sebagai dasar pelaksanaan teknis. Namun, pajak karbon akan diterapkan secara terbatas untuk PLTU mulai April 2022 (14).

Novikasri et al. telah melakukan penelitian untuk mengetahui tantangan implementasi pajak karbon di Indonesia (15). Dari perspektif hukum, studi tersebut menyimpulkan bahwa tantangan konseptual mungkin dihadapi dalam penerapan pajak karbon, seperti: kepentingan politik dan ekonomi (dapat kita lihat bahwa pemerintah menyetujui nilai pajak sebesar 50% dari nilai yang diusulkan); kurangnya koordinasi antara Kementerian Keuangan dan Kementerian Lingkungan Hidup dalam menentukan kekuatan pajak, sektor basis pajak, tarif, dan wajib pajak di mana item pajak terkait dengan isu lingkungan. Selain itu, untuk menghindari penolakan dari publik, dalam menentukan pendekatan dan mekanisme pajak harus melibatkan sektor publik, akademisi, profesional, dan industri.

3.3 Perkembangan Transisi ke Energi Baru dan Terbarukan

Sebagai negara kepulauan yang terletak di garis khatulistiwa, Indonesia memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah. Di sisi lain, kondisi ini menciptakan tantangan geografis yang besar untuk distribusi listrik sementara jumlah penduduk yang besar (terbesar ke-4 di dunia) membutuhkan energi. Oleh karena itu, kebijakan energi Indonesia harus memastikan bahwa permintaan energi yang terus meningkat dapat terpenuhi sekaligus memastikan keamanan pasokan. Dari **gambar 2**, target EBT dalam campuran energi pada tahun 2025 adalah 23%, sedangkan pada tahun 2020 penyertaan hanya 11,2% (yang kurang dari target 13,42%).

Komitmen Indonesia tercermin dalam Strategi Jangka Panjang untuk Karbon Rendah dan Ketahanan Iklim (LTS-LCCR). Selama periode 2021 hingga 2025, telah diterbitkan dan diimplementasikan berbagai peraturan, antara lain terkait dengan undang-undang tentang EBT, penghentian dini pembangkit listrik berbasis batu bara,

perluasan *co-firing* PLTU, dan konversi diesel ke gas serta EBT. Target pada tahun 2025 adalah 23% energi terbarukan yang didominasi oleh panel surya. Dari tahun 2026 hingga 2030, tidak akan ada penambahan kapasitas PLTU karena kapasitasnya hanya berasal dari kontrak atau sedang dalam pembangunan. Pada 2036-2040, akan menjadi fase kedua penghentian PLTU termasuk subcritical, critical, dan beberapa supercritical. Sementara itu, porsi EBT akan meningkat menjadi 66% yang didominasi oleh pembangkit listrik tenaga surya, hidro, dan bioenergi. Selain itu, terjadi pengurangan penjualan kendaraan roda dua konvensional. Dari tahun 2041 hingga 2045, pembangkit listrik arus laut skala besar dan tenaga nuklir pertama mulai beroperasi secara komersial. Peningkatan penggunaan energi terbarukan hingga 93% akan didominasi oleh pembangkit listrik tenaga surya, hidro, dan bioenergi. Terakhir, pada tahun 2051 hingga 2060, akan menjadi periode terakhir untuk penghentian PLTU dan hidrogen untuk listrik akan dikembangkan dalam skala besar (14).

Untuk mengejar target nol emisi pada tahun 2060 atau lebih awal, beberapa tindakan telah direalisasikan (16):

- Pemerintah mengadakan program listrik 35.000 GW yang mencakup pembangkit listrik berbasis batu bara, gas, panas bumi, hidropower, dan EBT. Sebanyak 24% dari proyek ini telah berjalan dan 75% sedang dalam konstruksi.
- Kebijakan biodiesel B30 pada tahun 2019 dan ditingkatkan menjadi B40 pada tahun 2022.
- Pemanfaatan tenaga air yang lebih besar (proyek Kalimantan dan Aceh).
- Proyek percontohan Industri Hijau di Kalimantan.
- Proyek kendaraan listrik oleh Perusahaan Listrik Negara.
- Proyek energi angin di Banyuwangi 2021 (50 MW).
- Pembangunan 22.000 unit lampu jalan tenaga surya.
- Pengadaan 43.192 unit tabung listrik.
- Penambahan pembangkit energi terbarukan termasuk PLTA Poso 66 MW, PLTBm Merauke 3,5 MW, PLTM Sion 12,1 MW, dan PLTS Atap 13,4 MW.
- Pengembangan pembangkit listrik dari limbah di 12 kota. Yang pertama dibangun di Surabaya dengan kapasitas 11 MW.
- Kemitraan untuk merancang dan mendirikan Mekanisme Transisi Energi (ETM) dengan Bank Pembangunan Asia.

Selain itu, pemasangan PLTS atap, termasuk yang on-grid, dengan tingkat realisasi yang baru mencapai 77%. Pencapaian EBT belum memenuhi target karena pada tahun 2021 sektor energi menjadi salah satu sektor yang terdampak pandemi Covid-19.

Tabel 1. Potensi perkembangan EBT di Indonesia

Jenis sumber energi	Kapasitas pembangkit (GW)		
	Komitmen	Target 2025	Target 2050
Panas bumi	1,242 GW	7,42 GW	17,5 GW (59% dari 29,5 GW potensi)
Tenaga air	15,559 GW	20,987 GW	45 GW (60% dari 75 GW potensi)
Bioenergi	2,006 GW	5,50 GW	26,1 GW (80% dari 32 GW potensi)
Surya	0,540 GW	6,5 GW	45 GW (8.5% dari 532 GW potensi)
Angin	0,913 GW	1,80 GW	28.6 GW (25% dari 113,5 GW potensi)
Lainnya	0,372 GW	3,125 GW	6,4 GW
Total	26,631 GW	45,25 GW	186,6 GW

Tabel 2. Realisasi NRE di tahun 2020 (17)

Sumber energi	Kapasitas (GW)
Panas bumi	2,13
Tenaga air	6,121
Bioenergi	1,903
Surya	0,153
Angin	0,154
Lainnya	0,0036
Total	10,465

Komitmen pemerintah Indonesia bersifat paradoksal, berdasarkan Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2019-2028; kapasitas pembangkit listrik ditargetkan meningkat sebesar 56,6 GW. Pembangkit Listrik Tenaga Batubara yang baru ditargetkan sebesar 27,1 GW atau 48% dari total. Kebijakan ini diperkirakan akan menghambat dekarbonisasi dan melipatgandakan emisi GRK dari sektor energi. Jika kita melihat realisasi EBT pada tahun 2020 (tabel 2), total energinya jauh dari yang dijanjikan (tabel 1). Pemerintah harus mempercepat transisi energi hijau untuk mencapai target 2025.

3.4 Tantangan

Meskipun penetrasi energi terbarukan di Indonesia meningkat setiap tahun, masih ada beberapa tantangan yang mungkin muncul jika kita melihat dari kemajuan saat ini:

- a) Diperlukan regulasi yang solid dan jelas untuk mendukung pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) terutama terkait dengan harga, subsidi, investasi, distribusi, perdagangan karbon, dan pajak.
- b) Biaya untuk EBT masih lebih mahal daripada bahan bakar fosil, sehingga Indonesia membutuhkan dukungan dan kerja sama internasional untuk mencapai tujuan NDC.
- c) Produksi energi terbarukan yang bersifat intermittent. Sistem penyimpanan yang efisien dan jaringan pintar yang mampu menjangkau daerah terpencil perlu diterapkan untuk mengatasi kelebihan energi selama waktu puncak.
- d) Prediksi anggaran yang kurang tepat pada PNBPN Panas Bumi 2 kali lipat dari yang diprediksi.
- e) Teknologi untuk Fotovoltaik dan Tenaga Angin masih bergantung pada impor. Tindakan cepat perlu dilakukan untuk menguasai teknologi pembuatan, terutama untuk penyimpanan energi.
- f) Daya beli masyarakat yang rendah akibat resesi ekonomi. Oleh karena itu, pemerintah harus mencari cara untuk menyediakan harga energi yang kompetitif.
- g) Program Fast Track-1 dan 2 untuk pembangkit listrik tenaga batu bara (konstruksi 2021-2023) yang menyebabkan penundaan penghentian batu bara. Dalam skenario ini, sektor tenaga listrik harus bebas karbon mulai tahun 2045. Penundaan kecil akan mempengaruhi target nol emisi tahun 2050.

4. Kesimpulan

Pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmen yang besar untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dengan meningkatkan proporsi energi hijau secara bertahap setiap tahun. Namun, kemajuan transisi energi terbarukan cukup lambat untuk mencapai target bauran energi pada tahun 2025 dan 2030. Alasannya adalah beberapa kebijakan energi terkait tidak jelas dan bertentangan dengan NDC. Tindakan yang lebih proaktif harus diambil untuk mempercepat asimilasi energi terbarukan dalam bauran energi primer. Keterlibatan negara lain juga sangat dibutuhkan, terutama dalam berbagi teknologi dan bantuan pendanaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Werksman J, Delbeke J. the Paris Agreement. *Deliv A Clim Neutral Eur*. 2024;35–55.
2. Indonesia. Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement To The United Nations Framework Convention On Climate Change (Persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim). Kementerian Sekr
3. Negara Republik Indones [Internet]. 2016;71. Available from: <https://jdih.setneg.go.id/Produk>
4. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Nationally Determined Contribution Republic of Indonesia, 2021 Edition. Menteri Lingkung Hidup dan Kehutan Republik Indones. 2021;46.
5. Jati G. Check out 6 Differences in Indonesia's 2016 NDC and 2021 Update Results. *IESR.or.id* [Internet]. 2021;1–8. Available from: <https://iesr.or.id/en/check-out-6-differences-in-indonesias-2016-ndc-and-2021-update-results>
6. ESDM K. Hingga 2050, Gas Masih Jadi Tulang Punggung Energi Nasional. <https://MigasEsdmGoId/>. 2021;1–4.
7. Pamela Simamora. Here's how Indonesia could get to zero emission in its energy sector by 2050. *Conversat* [Internet]. 2021;24–7. Available from: <https://theconversation.com/heres-how-indonesia-could-get-to-zero-emission-in-its-energy-sector-by-2050-170291>
8. Lestari Puji Vita. Ringkasan Permasalahan Dan Tatangan Program Peningkatan Kontribusi Energi Baru Dan Terbarukan Dalam Bauran Energi Nasional. *Pus Kaji Akuntabilitas Keuangan Negara*. 2021;1–5.
9. Winarno OT, Alwendra Y, Mujiyanto S. Policies and strategies for renewable energy development in Indonesia. 2016 IEEE Int Conf Renew Energy Res Appl ICRERA 2016. 2016;5:270–2.
10. Climate Action Tracker. Scaling Up Climate Action: Indonesia. *CAT Scaling Up Clim Action Ser* [Internet]. 2019; Available from: www.climateactiontracker.org/publications/scaling-up
11. Fragkos P, Laura van Soest H, Schaeffer R, Reedman L, Köberle AC, Macaluso N, et al. Energy system transitions and low-carbon pathways in Australia, Brazil, Canada, China, EU-28, India, Indonesia, Japan, Republic of Korea, Russia and the United States. *Energy*. 2021;216.
12. Rahman A, Dargusch P, Wadley D. The political economy of oil supply in Indonesia and the implications for renewable energy development. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2021;144(September 2020):111027. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111027>
13. Sharvini SR, Noor ZZ, Chong CS, Stringer LC, Yusuf RO. Energy consumption trends and their linkages with renewable energy policies in East and Southeast Asian countries: Challenges and opportunities. *Sustain Environ Res*.

- 2018;28(6):257–66.
13. Abdul M, Husen M. Implementasi Perdagangan Karbon Indonesia-Jepang Dalam Skema Joint Crediting Mechanism (Jcm) 2013-2015 (Studi Kasus: Pt. Primatexco Indonesia Dan Ebara Refrigeration Equipment, Nippon Koei). *eJournal Ilmu Hub Int.* 2018;6(1):251–64.
 14. Lewatkan J. Begini peta jalan Indonesia menuju netral karbon di 2060. 2021;4–6.
 15. Novikasari SR, Mardhatillah SR. The Challenges of Carbon Tax Adoption in Indonesia: The Legal System Perspective. In: *Prosiding Seminar Nasional Hukum Perdata.* 2020.
 16. KESDM. Capaian kinerja subsektor EBTKE tahun 2021 dan rencana tahun 2022. 2022;2–5.
 17. Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. *Indonesia Energy Out Look 2019.* *J Chem Inf Model.* 2019;53(9):1689–99.