



Co-firing biomassa di Indonesia: Memperpanjang, bukan menyelesaikan masalah batubara

Katherine Hasan
Abdul Baits Swastika
05/2025



CREA

Centre for Research on Energy and Clean Air

CREA is an independent research organisation focused on revealing the trends, causes, and health impacts, as well as the solutions to air pollution.

Co-firing biomassa di Indonesia: Memperpanjang, bukan menyelesaikan masalah batubara

30 Mei 2025

Penulis

Katherine Hasan , Analis, CREA

Abdul Baits Swastika , Peneliti, CREA

Editor

Jonathan Seidman , Spesialis Komunikasi, CREA

Perancang

Wendy Wu

Foto sampul

Jalan Kosong Dikelilingi Pepohonan oleh Rahmadiyono Widodo ([Unsplash, 2019](#))

Ucapan Terima Kasih

CREA mengucapkan terima kasih atas dukungan, umpan balik, dan wawasan yang diterima dari Putra Adhiguna dari [Energy Shift Institute](#) dan Fiorentina Refani dari [Center of Economic and Law Studies \(CELIOS\)](#). Pandangan yang diungkapkan dalam laporan ini adalah milik penulis dan tidak boleh dikaitkan dengan hal-hal tersebut di atas.

Tentang CREA

Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA) adalah sebuah organisasi penelitian independen yang berfokus pada pengungkapan tren, penyebab, dan dampak kesehatan, serta solusi terhadap polusi udara. CREA menggunakan data ilmiah, penelitian, dan bukti untuk mendukung upaya pemerintah, perusahaan, dan organisasi kampanye di seluruh dunia dalam upaya mereka menuju energi bersih dan udara bersih, dengan keyakinan bahwa penelitian dan komunikasi yang efektif adalah kunci dari suksesnya suatu kebijakan, keputusan investasi, dan upaya advokasi. CREA didirikan di Helsinki dan memiliki staf di beberapa negara di Asia dan Eropa.

Penafian

CREA bersifat independen secara politik. Penunjukan yang digunakan dan penyajian materi pada analisis yang terkandung dalam laporan ini tidak mewakili pernyataan pendapat apapun mengenai status hukum suatu negara, wilayah, kota atau wilayah atau otoritasnya, atau mengenai batas-batasnya.

Pandangan dan opini yang diungkapkan dalam publikasi ini adalah milik penulis dan tidak mencerminkan kebijakan atau posisi resmi, atau mewakili pandangan atau opini CREA, anggotanya dan/atau pemberi dana. CREA tidak bertanggung jawab dan tidak berkewajiban atas kesalahan atau kelalaian dalam konten publikasi ini.

Co-firing biomassa di Indonesia: Memperpanjang, bukan menyelesaikan masalah batubara

Temuan utama

- Meskipun PLN menggalakkan program co-firing biomassa sebagai upaya untuk menciptakan ekonomi hijau dan mitigasi emisi, praktik tersebut merupakan strategi palsu (*false solution*) yang hanya akan memberikan ruang bagi penggunaan batu bara dalam jangka panjang, menyimpang dari prinsip-prinsip transisi yang adil dan menggagalkan tujuan Indonesia untuk menghentikan penggunaan pembangkit listrik berbahan bakar fosil.
- Meningkatkan porsi co-firing di semua PLTU yang terhubung dengan jaringan listrik menimbulkan tantangan besar karena masih adanya hambatan dalam pasokan dan operasional – namun tidak berdampak pada emisi polutan udara. Target skenario 10% diproyeksikan hanya menghasilkan pengurangan emisi PM sebesar 9%, NO_x sebesar 7%, dan SO₂ sebesar 10% di pabrik yang menerapkan co-firing. Di tingkat nasional, co-firing biomassa diperkirakan hanya akan mengurangi sekitar 1,5 - 2,4% dari total emisi pembangkit listrik tenaga batu bara.
- Selain itu, ambang batas emisi yang ditetapkan untuk pembangkit listrik tenaga batubara dan biomassa berbeda-beda, dimana pembangkit listrik tenaga biomassa diperbolehkan mengeluarkan emisi dalam jumlah yang lebih tinggi. Ambang batas emisi yang berlaku dari pembangkit yang beroperasi dengan campuran batubara-biomassa tidak diuraikan secara jelas dalam standar saat ini, yang berarti polutan lain yang terkait dengan pembakaran bahan baku tertentu dapat dilepaskan tanpa pemantauan apa pun.
- Selain itu, klaim mitigasi emisi dari co-firing biomassa di pembangkit listrik tenaga batu bara PLN dibuat tanpa kuantifikasi yang komprehensif – yang tidak hanya mencakup penghindaran penggunaan batu bara, namun juga emisi siklus hidup rantai pasokan biomassa yang memungkinkan penelusuran asal mulanya, mencakup pemanenan, pemrosesan, dan transportasi. Dampak lingkungan yang “sebenarnya” masih belum dapat diukur dan diungkapkan.

-
- Untuk memperkuat bioenergi sebagai inisiatif berkelanjutan, PLN harus mewajibkan verifikasi independen terhadap emisi yang dilepaskan di seluruh rantai nilai dan menciptakan kerangka kerja yang memungkinkan penilaian tingkat pembangkit yang tepat untuk semua penggunaan bioenergi.
 - Sementara itu, pemerintah Indonesia harus menyadari pentingnya memetakan jalur pemensiunan batu bara nasional yang mempertimbangkan manfaat kesehatan dan keuntungan ekonomi yang lebih luas dengan menetapkan standar emisi polusi udara yang ketat yang akan mewajibkan penerapan teknologi pengendalian polusi udara yang efektif.

Ringkasan eksekutif

Pemanfaatan bioenergi di sektor energi telah diidentifikasi sebagai salah satu strategi kunci dalam mencapai NZE pada tahun 2060 dalam dokumen perencanaan yang selaras dengan iklim, yaitu LTS-LCCR 2050 dan JETP CIPP. Namun, rencana ketenagalistrikan nasional terbaru, RUKN 2024-2060, telah secara signifikan mengurangi target masa depan untuk pembangkit listrik bioenergi dan menguraikan perluasan secara cepat pembangkit listrik batu bara yang diredam melalui co-firing biomassa di pembangkit listrik batu bara, disertai dengan penggunaan CCS.

Meskipun ada ambisi kuat untuk menerapkan co-firing biomassa di 52 pembangkit listrik batu bara di seluruh negeri, target-target tersebut secara konsisten tidak tercapai dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu alasan utama adalah harga acuan tertinggi PLN untuk bahan baku co-firing biomassa, di mana bahan baku yang secara ekonomi layak terbatas pada opsi berbiaya rendah dan berkalori rendah seperti serbuk kayu, kulit padi, dan RDF. Selain itu, pasar juga lebih condong ke ekspor, terutama ke pasar Jepang dan Korea Selatan, yang keduanya mengalami permintaan yang meningkat pesat.

Alih-alih menangani akar masalah atau mengalihkan prioritas ke teknologi energi terbarukan lain seperti surya, angin, geotermal, dan hidro, pemangku kepentingan nasional tetap teguh pada target co-firing biomassa dan menetapkan target penggunaan biomassa sebesar 10,2 juta ton pada 2025 untuk direvisi menjadi 2031.

PLN, penyedia listrik negara tunggal di Indonesia, secara konsisten mengemukakan co-firing biomassa sebagai strategi korporat untuk mendukung ekonomi hijau yang berorientasi pada masyarakat dan mengurangi emisi. Klaim ini, yang tidak didukung oleh penilaian transparan dan komprehensif, perlu dipertanyakan mengingat pengetahuan saat ini tentang berbagai hambatan implementasi. Biaya dan emisi “sebenarnya” dari pasokan bahan baku dan operasi co-firing biomassa tetap tidak diungkapkan dan tidak diperhitungkan. Selain itu, terdapat kekurangan akuntabilitas dan koordinasi pasar yang diperlukan untuk membangun rantai pasokan yang transparan, dapat dilacak, dan secara ekonomi layak.

Salah satu klaim umum terkait mitigasi polusi udara yang dikaitkan dengan co-firing biomassa harus menjadi titik masuk untuk diskusi nasional yang lebih komprehensif tentang kualitas udara. Co-firing biomassa memiliki dampak kecil atau hampir tidak ada pada polusi udara dari PLTU – sehingga pengurangan polutan berbahaya bagi kesehatan akan sangat kecil pada target saat ini.

Untuk mengatasi polusi udara secara efektif, Indonesia harus mengakui urgensi untuk merumuskan jalur penutupan bagi semua pembangkit listrik berbahan bakar batu bara di Indonesia – baik yang terhubung ke jaringan listrik maupun yang terintegrasi secara eksklusif ke fasilitas industri sebagai unit captive – yang mempertimbangkan manfaat kesehatan dan keuntungan ekonomi yang lebih luas.

Selain itu, pengurangan emisi di pembangkit listrik termal selama dekade transisi hanya dapat diatasi melalui standar emisi yang ketat, yang akan memerlukan pemasangan teknologi *Air Pollution Control* (APC). Standar emisi Indonesia untuk pembangkit listrik termal masih memiliki ruang untuk perbaikan, di mana manfaat yang signifikan akan tercapai jika batas ambang umum ditetapkan pada level paling ketat yang saat ini berlaku untuk pembangkit listrik batu bara yang beroperasi setelah 2019.

Daftar isi

Temuan utama	iii
Ringkasan eksekutif	0
Biomassa dalam instrumen kebijakan	1
Komitmen iklim	1
Perencanaan sektor energi dan ketenagalistrikan	2
Implementasi oleh PLN	6
Tinjauan realitas dan hambatan implementasi	8
Tujuan tidak tercapai, kurangnya akuntabilitas	8
Keadaan sulit menimbang laba yang menguntungkan untuk pasar biomassa Indonesia dari ekspor dan permintaan domestik dari PLN untuk pasokan dengan harga terjangkau	10
Penggunaan limbah biomassa yang tidak terpakai di PLTU layaknya dilakukan pada rasio co-firing yang rendah, agar tidak malah menimbulkan emisi dari penggunaan lahan	13
Peta jalan nasional menunjukkan bahan baku tidak hanya berasal dari limbah biomassa, tetapi juga dari Hutan Tanaman Energi — menyembunyikan berbagai risiko di balik narasi transisi energi	18
Menilik klaim-klaim yang umum disebutkan	20
“Pemanfaatan biomassa pada teknologi co-firing di PLTU ini mampu menurunkan emisi karbon.” - PLN	20
“Pengembangan ekosistem biomassa sebagai bahan baku utama bahan bakar substitusi atau co-firing di PLTU, berbasis pada ekonomi kerakyatan” - PLN	21
“Karena sebagian besar bahan bakar biomassa memiliki lebih sedikit sulfur dan nitrogen daripada batu bara, emisi NOX dan SOX seringkali dapat diturunkan dengan co-firing biomassa.” - Studi	22
Kesimpulan dan rekomendasi kebijakan	26
Metodologi	28
Referensi	29
Lampiran	37

Biomassa dalam instrumen kebijakan

Komitmen iklim

Komitmen iklim Indonesia, yang dituangkan dalam Enhanced Nationally Determined Contribution (ENDC)¹, ditetapkan sebesar 31,89% sebagai target tanpa syarat dengan upaya sendiri, dan sebesar 42,30% sebagai target bersyarat dengan dukungan internasional dibandingkan dengan skenario bisnis seperti biasa pada tahun 2030 dengan tahun dasar 2010 (Republik Indonesia, 2022).

Pemanfaatan biomassa – atau sumber energi yang berasal dari bahan organik seperti limbah pertanian, limbah makanan, kayu, dan limbah hewan – secara khusus tercantum dalam ENDC Indonesia sebagai bagian dari tindakan mitigasi nasional sektor energi untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan. Dalam tindakan tanpa syarat, setidaknya 9 juta ton biomassa direncanakan digunakan dalam pembakaran campuran di jaringan listrik, sementara penggunaan langsung biomassa dan biogas dalam pembangkit listrik di luar jaringan ditetapkan sebesar 333.776 barel setara minyak (BOE). Tindakan bersyarat akan memperluas upaya ini.

LTS-LCCR 2050 pada tahun 2021 menetapkan setengah dari pembangkit listrik Indonesia pada tahun 2050 bergantung pada energi terbarukan. Porsi pembangkit listrik dari energi terbarukan dan *Biomass Energy Carbon Capture and Storage* (BECCS) atau pembangkit listrik berbahan bakar biomassa-batu bara yang terhubung dengan CCS pada tahun 2050 masing-masing ditetapkan sebesar 43% dan 8%. Kapasitas terpasang energi terbarukan dan BECCS diproyeksikan mencapai 217 GW — 13 GW dari biomassa, 14 GW dari biofuel, dan 23 GW dari BECCS. Dokumen itu menyoroti peran penting pasokan biomassa yang andal melalui perencanaan penggunaan lahan terpadu (Republik Indonesia, 2021).

Dokumen Second NDC akan diserahkan pada bulan Februari 2025; namun, hingga analisis ini dipublikasikan, dokumen tersebut belum diserahkan dan menunggu persetujuan Presiden (Kompas, 2025). Menanggapi konsultasi publik rancangan Second NDC pada Februari 2024, **koalisi masyarakat sipil Indonesia menyatakan keprihatinan besar terhadap rencana bioenergi dalam pembangkit listrik** - menyoroti risiko deforestasi dan

¹ Rencana aksi iklim nasional Indonesia saat ini telah diserahkan kepada Perjanjian Paris pada tahun 2022. Second NDC belum diserahkan, meskipun batas waktu penyerahan adalah Februari 2025, karena revisi target ekonomi sebesar 8%. Liputan terbaru menyebutkan bahwa penyerahan diperkirakan akan dilakukan pada [Juli 2025](#).

konflik dengan target hutan dan penggunaan lahan lainnya (FOLU) untuk mencapai *Net Sink* pada tahun 2030 (Madani, 2024).

Jika rancangan tersebut disetujui, ambisi NDC Indonesia akan sedikit ditingkatkan, dengan mengacu pada skenario LTS-LCCR 2050 – dengan skenario “kebijakan saat ini” ditetapkan sebagai target tanpa syarat dan skenario “rendah karbon” sebagai target bersyarat. Selain itu, pengurangan gas rumah kaca (GRK) akan dievaluasi terhadap emisi tahun 2019 sebagai tahun referensi, dalam sistem manajemen inventarisasi nasional² yang diawasi oleh Kementerian Lingkungan Hidup (CAT, 2024; KLH, n.d.).

Metodologi untuk mengukur mitigasi GRK dari pembangkit listrik tenaga biomassa dengan kapasitas ≤ 15 MW, yang terhubung ke jaringan listrik dan pembangkit listrik captive, diterbitkan pada bulan November 2020, dengan menguraikan persyaratan verifikasi secara rinci, memulai dokumentasi, dan pencatatan untuk transparansi (KLH, 2020).

Perencanaan sektor energi dan ketenagalistrikan

Pada bulan November 2024, Indonesia merilis pembaruan untuk rencana ketenagalistrikan nasional, yaitu *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional* (RUKN) 2024-2060 - peraturan nasional pertama yang mengintegrasikan target NZE pada tahun 2060 ke dalam perencanaan pembangkit listrik jangka panjang.

Untuk tahun 2060, rencana tersebut menguraikan porsi energi terbarukan dalam bauran energi primer akan mencapai 50% – satu dekade lebih lambat dari target yang digariskan dalam LTS-SCCR 2050. Sisa pasokan listrik akan berasal dari tenaga nuklir dan bahan bakar fosil yang telah direduksi emisi karbonnya melalui skema *abatement*, yaitu pembangkit listrik berbahan bakar batubara dan biomassa yang dilengkapi dengan *Carbon Capture and Storage* (CCS) serta pembangkit listrik berbahan bakar gas yang dilengkapi dengan CCS (KESDM, 2025).

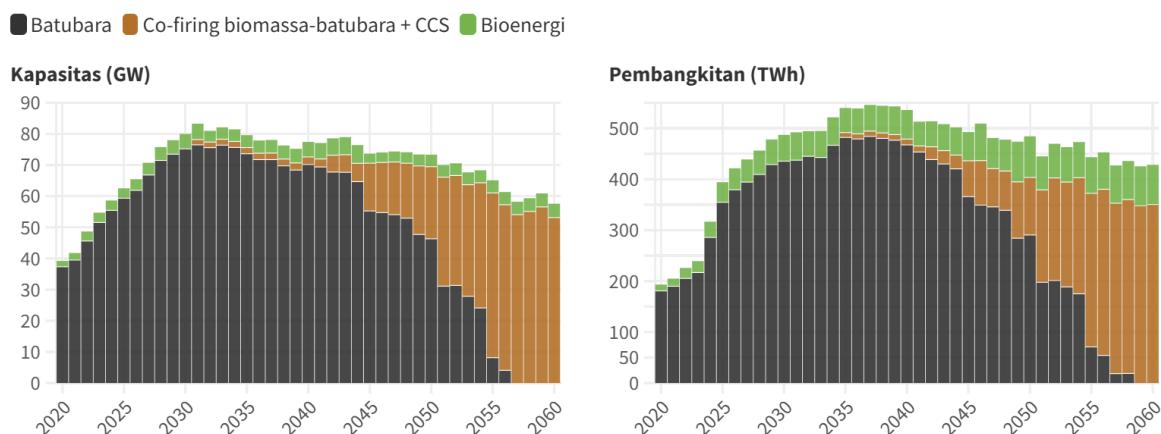
Peralihan bahan bakar tercantum sebagai strategi prioritas untuk mengelola pembangkit listrik tenaga batu bara selama transisi, daripada penutupan pembangkit - dengan biomassa sebagai salah satu pilihan sumber energi bersama dengan amonia dan nuklir. Dengan demikian, terdapat dua aliran penggunaan biomassa yang berbeda dalam perencanaan pembangkit listrik RUKN, yaitu untuk pembangkit listrik tenaga biomassa,

² Sistem Registri Nasional Pengendalian Perubahan Iklim (SRN)

termasuk dalam pemanfaatan bioenergi³, dan untuk co-firing di pembangkit listrik tenaga batu bara, pangsanya mencapai 10 hingga 30%, atau bahkan hingga 100% dengan retrofit.

Gambar 1 menunjukkan gambaran seberapa besar kapasitas pembangkit listrik tenaga bioenergi yang direncanakan sepanjang tahun, dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga batu bara, yang akan secara bertahap beralih ke penggunaan batu bara sepenuhnya dan co-firing dengan biomassa, dilengkapi dengan CCS.

Proyeksi masa depan penggunaan biomassa dalam pembangkit listrik - di pembangkit listrik **bioenergi** dan pembangkit listrik **co-firing biomassa-batubara + CCS**, dibandingkan dengan pembangkit listrik berbahan bakar batubara



Sumber EMBER - Yearly electricity data, diakses 8 Maret 2025, ESDM - RUKN 2024-2060 - Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (Mar 2024) • nilai 2020-2023 dari EMBER, nilai 2024 dari hasil interpolasi (belum rilis), angka 2025-2060 dari RUKN 2024-2060



Gambar 1. Proyeksi penggunaan biomassa pada pembangkit listrik di Indonesia, termasuk jaringan utilitas dan pembangkit listrik captive untuk keperluan industri

Batu bara akan tetap menjadi bahan bakar yang dominan selama beberapa dekade ke depan, meskipun ada strategi co-firing biomassa yang sengaja dilakukan untuk mengurangi penggunaan batu bara, dengan peralihan yang cepat ke co-firing biomassa dari penggunaan 100% batu bara di PLTU mulai tahun 2040 dan seterusnya.

Pada tahun 2060, kapasitas pembangkit listrik tenaga batu bara dengan co-firing biomassa dan CCS ditetapkan mencapai 54 GW, menghasilkan 350 TWh. Sementara RUKN menguraikan rencana untuk mengintegrasikan pembangkit listrik bioenergi dalam bauran listrik, hal itu tetap menjadi kontributor kecil dengan ekspansi minimal dibandingkan dengan energi terbarukan lainnya.

³ Pembangkit listrik bioenergi mencakup pembangkit listrik tenaga biomassa dan biogas serta teknologi limbah menjadi energi (*waste-to-energy*) (pembangkit listrik tenaga gas insinerasi dan timbunan sampah)

Tenaga bioenergi ditetapkan hanya mencapai kapasitas 4,5 GW (1%) dan menghasilkan 78 TWh (4%) pada tahun 2060, sementara kapasitas yang dilaporkan pada tahun 2023 adalah 3,2 GW, menghasilkan 22,5 TWh (EMBER, 2024). Sementara itu, RUKN menunjukkan potensi tingkat provinsi dari biomassa, biogas, dan limbah pabrik kelapa sawit (POME) yang berjumlah 57 GW dalam total energi primer (MEMR, 2025).

Di sisi lain, dokumen *Comprehensive Investment Policy Plan* (CIPP) dari *Just Energy Transition Partnership* (JETP), yang dirilis pada November 2023, menguraikan **bioenergi sebagai salah satu sumber terbarukan utama yang dapat berkontribusi pada pembangkit listrik on-grid**. CIPP memproyeksikan pembangkitan bioenergi akan tumbuh sebesar 15 kali lipat, dari 17 TWh pada tahun 2025 menjadi hampir 260 TWh pada tahun 2050, sehingga memerlukan penambahan kapasitas sebesar 33,4 GW dari pembangkit listrik tenaga biomassa, biogas, dan limbah perkotaan yang berdiri sendiri pada periode yang sama (JETP Indonesia, 2023).

Co-firing biomassa di pembangkit listrik tenaga batu bara diperhitungkan dalam pembangkitan bioenergi di CIPP, dimana 5% co-firing diasumsikan untuk 52 pembangkit listrik tenaga batu bara yang terpilih akan menghasilkan 912 MW pembangkit listrik berbasis bioenergi. **Kontribusi co-firing biomassa diproyeksikan mencapai 3% dari total kontribusi bioenergi pada tahun 2030, dan menurun seiring waktu karena PLTU secara bertahap pensiun dini mulai tahun 2040 dan seterusnya, dan diubah fungsinya menjadi sepenuhnya menggunakan biomassa** (JETP Indonesia, 2023).

Di belakang layar, para pemangku kepentingan nasional telah lama menantikan harmonisasi rencana energi nasional, terutama pada masa transisi kabinet dari Presiden Joko Widodo sebelumnya ke Presiden Prabowo Subianto. Dua dokumen penting adalah kebijakan energi nasional - Kebijakan Energi Nasional (KEN), dan rencana penyediaan listrik nasional - Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL).

Revisi KEN saat ini yang dirilis pada tahun 2014, masih dalam peninjauan. Rancangan Peraturan Pemerintah Kebijakan Energi Nasional (RPP KEN) yang merujuk pada revisi tersebut baru-baru ini disetujui oleh Dewan Perwakilan Rakyat Indonesia pada Februari 2025 (Kompas, 2025a). Target ke depan direvisi untuk mencerminkan target pertumbuhan ekonomi sebesar 8% mulai tahun 2029 dan seterusnya yang ditetapkan oleh kabinet baru dan menetapkan target penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 60-70% pada tahun 2025-2040 (KESDM, 2025a). Revisi yang penting adalah penurunan target porsi EBT pada konsumsi energi final tahun 2025 – yang diusulkan untuk direvisi dari 23% ke 17-19% (IESR, 2024; Jakarta Post, 2024).

Hingga saat ini, bahan bakar fosil mendominasi konsumsi energi nasional Indonesia

— sebagaimana dilaporkan dalam *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia* (HEESI) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) untuk tahun 2023, yang mencatat 86,71% penggunaan bahan bakar fosil dan NRE sebesar 13,29%, serta pembagian pencapaian kinerja KESDM tahun 2024, yang mencatat 15 GW pangsa NRE dalam kapasitas listrik nasional yang terpasang, mewakili 15% pangsa NRE sementara energi fosil mencapai 85% (KESDM, 2024; KESDM, 2025b; Bloomberg Technoz, 2025).

Sebuah peraturan yang relevan, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 10 Tahun 2025 tentang Peta Jalan Transisi Energi di Sektor Ketenagalistrikan yang diterbitkan pada bulan April 2025, menetapkan co-firing biomassa sebagai salah satu dari sembilan strategi transisi energi.⁴

Pada tanggal 27 Mei 2025, ringkasan RUPTL 2025-2034 yang sangat dinantikan telah dirilis, menguraikan penambahan kapasitas energi terbarukan sebesar 42,1 GW pada tahun 2034 - 0,9 GW dari bioenergi. RUPTL tersebut juga menjabarkan rencana untuk 6,3 GW kapasitas PLTU tambahan, namun tidak merincikan lebih lanjut mengenai co-firing biomassa (KESDM, 2025d). Dokumen kebijakan RUPTL sendiri belum dirilis pada saat publikasi ini, tetapi dokumen ini diharapkan akan memberikan rincian target tahunan untuk strategi yang diuraikan dalam RUKN 2024-2060 untuk pembangkit listrik jaringan, serta strategi co-firing biomassa yang diuraikan dalam RUPTL 2021-2030 saat ini (PLN, 2021).

⁴ Sembilan strategi transisi energi tersebut meliputi, (1) implementasi co-firing biomassa pada PLTU, (2) percepatan pengurangan penggunaan bahan bakar minyak pada pembangkitan listrik, (3) retrofit pembangkit listrik berbahan bakar fosil, (4) pembatasan penambahan PLTU, (5) percepatan pengembangan energi baru terbarukan yang bervariasi dan penambahan pembangkitan tenaga listrik yang hanya berasal dari energi baru dan energi terbarukan, (6) produksi green hydrogen (H₂) atau green ammonia (NH₃), (7) pengembangan PLTN, (8) pengembangan dan/atau peningkatan kapasitas jaringan sistem ketenagalistrikan dan infrastruktur smart grid dan/atau (9) percepatan pengakhiran masa operasi PLTU batubara.

Implementasi oleh PLN

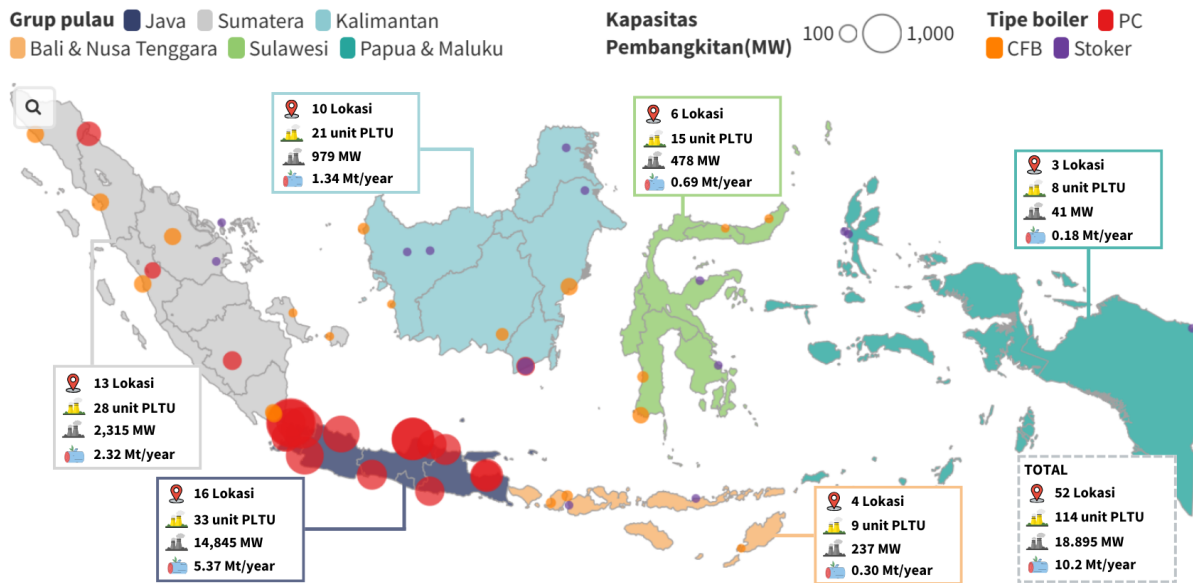
RUPTL 2021-2030 yang diberlakukan pada tahun 2021 masih menjadi rencana pengembangan ketenagalistrikan PT Perusahaan Listrik Negara (PLN), satu-satunya penyedia listrik milik negara di Indonesia dan pelaksana utama upaya dekarbonisasi di sektor ketenagalistrikan. Bahkan sebelum peraturan ini dirilis, pemerintah dan PLN telah secara aktif mempromosikan co-firing biomassa sebagai upaya perusahaan untuk mendorong perekonomian berbasis masyarakat dalam produksi listrik “hijau” (KESDM, 2020; PLN, 2022).

Pada bulan Maret 2020, PLN pertama kali menetapkan pedoman umum pertama penggunaan biomassa di pembangkit listrik tenaga batu bara PLN dan IPP, yaitu jenis, karakteristik umum, dan harga acuan (PLN, 2020). Pada bulan September 2020, pedoman rinci untuk penilaian co-firing dalam PLTU eksisting menguraikan proses langkah demi langkah untuk kelayakan, evaluasi, dan pelaporan (PLN, 2020a). Pada tahun yang sama, uji coba co-firing berhasil dilakukan di 28 pembangkit listrik tenaga batu bara, menyiapkan landasan untuk penerapan skala komersial pada tahun-tahun berikutnya (PLN, 2022a).

Meskipun ada perubahan yang diantisipasi dalam revisi mendatang, RUPTL 2021-2030 masih memiliki relevansi untuk target co-firing biomassa, dengan menguraikan pangsa sebesar 2-3% untuk boiler *pulverized coal* (PC), 3-5% untuk boiler *circulating fluidized bed* (CFB), dan 7,5% untuk boiler stoker (Stoker). **Mulai tahun 2025 dan seterusnya, PLN menetapkan tujuan yang lebih rendah dan lebih tinggi – skenario 5% dan 10%, dengan pembagian sebesar 5-6% untuk PC, 5-40% untuk CFB, dan 25-70% untuk Stoker.** Didukung oleh Dewan Perwakilan Rakyat Indonesia (DPR), yang mendukung co-firing sebagai strategi untuk mengurangi emisi dan mengelola limbah, pemerintah baru-baru ini mendesak PLTU Paiton untuk memimpin implementasi dengan mengadopsi 100% co-firing serbuk gergaji di samping instalasi CCS (Infosawit, 2025; Kompas, 2025b).

RUPTL 2021-2023 menetapkan bahwa kapasitas hingga 2,7 GW pada tahun 2025 dapat diklaim berbasis energi terbarukan berdasarkan skenario 10%, dengan memanfaatkan 14 juta ton biomassa setiap tahunnya di 52 lokasi PLTU. Implementasi program co-firing biomassa secara nasional akan mencakup 19 GW kapasitas pembangkit listrik tenaga batu bara — 15 GW di Jawa, Madura, Bali, dan Nusa Tenggara, 2,3 GW di Sumatera, 1 GW di Kalimantan, dan sisanya di Indonesia Timur. Distribusi diilustrasikan pada Gambar 2. Daftar di tingkat pembangkit, dilengkapi dengan kapasitas pembangkitan, jenis boiler, dan penggunaan biomassa pada tahun 2024, dirangkum dalam Tabel A1 di Lampiran.

Pemetaan program co-firing biomassa untuk pembangkit listrik on-grid



Keterangan: 📍 Lokasi PLTU 🏭 Jumlah PLTU 🏠 Kapasitas 📦 Kebutuhan biomassa (juta ton (Mt)/year)

Sumber: ESDM, RUPTL 2021-2030, PLN Energi Primer Indonesia. (n.d.). Biomassa, ESDM - Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (DJEETKE), Buku Saku Bioenergi 2023 • Tiga jenis boiler - Pulverized Coal (PC), Circulating Fluidized Bed (CFB), dan Stoker. Mulai tahun 2025, PLN menetapkan target bawah dan atas, yang disebut skenario 5% dan 10%, dengan pangsa pasar ditetapkan sebesar 5-6% untuk PC, 5-40% untuk CFB, dan 25-70% untuk Stoker

Gambar 2. Peta lokasi co-firing biomassa

Tinjauan realitas dan hambatan implementasi

Meskipun co-firing biomassa diposisikan sebagai solusi untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan di sektor pembangkit listrik yang bergantung pada batu bara di Indonesia, masih ada kekhawatiran mengenai kelayakan ekonomi, kendala teknis, dan keandalan rantai pasokannya (IEEFA, 2021). Bagian ini merangkum data yang tersedia untuk memberikan gambaran terkini, sehingga memungkinkan evaluasi lebih dekat terhadap rencana dan proyeksi yang ada.

Tujuan tidak tercapai, kurangnya akuntabilitas

Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2023 menguraikan pemanfaatan biomassa sebagai campuran bahan bakar, dan menetapkan target tahunan 2023-2030. Perubahan penting pertama dalam kebijakan ini adalah penurunan target tahun 2023 menjadi sepertiga dari target awal RUPTL 2021-2030. Yang kedua adalah penyesuaian harga referensi tertinggi yang berlaku untuk pembangkit listrik tenaga batu bara PLN dan IPP dari 0,85 menjadi 1,20, untuk meningkatkan daya tarik biaya (KESDM, 2023).

Secara jelas, perubahan-perubahan ini dilakukan untuk mengatasi kesulitan dalam mencapai pasokan biomassa yang cukup; namun, mereka juga mengungkap permasalahan yang lebih dalam, **menunjukkan kurangnya perencanaan dan tata kelola yang tepat sebelum menetapkan target nasional dalam penerapan penggunaan biomassa dalam pembangkit listrik**. Dua peraturan yang relevan yang berfungsi sebagai pedoman penerapan biomassa sebagai campuran bahan bakar dalam operasi pembangkit listrik tenaga batu bara seiring dengan berkembangnya kerangka peraturan untuk co-firing biomassa, dirangkum dalam Lampiran, Tabel A2.

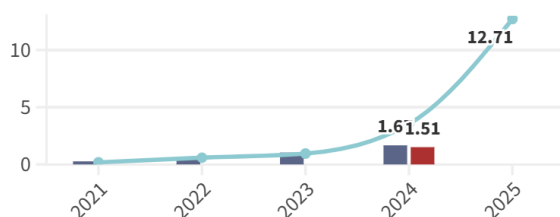
Selama bertahun-tahun, PLN terus memperluas program co-firing biomassa, mencakup 26 PLTU pada tahun 2021, 36 pada tahun 2022, 43 pada tahun 2023, dan 47 pada tahun 2024 sebagaimana dituangkan dalam RUPTL 2021-2030 (PLN, 2022b; PLN, 2023; PLN, 2024; PLN, 2025). **Realisasi masih tertinggal dari target yang diharapkan pada tahun 2024, meskipun diperlukan lompatan signifikan untuk memasuki tahap pengembangan yang ditetapkan pada tahun 2025 dan seterusnya.**

Gambar 3 mengilustrasikan target co-firing biomassa yang ditetapkan dalam rencana nasional terkait, dibandingkan dengan laporan resmi PLN dan kompilasi di tingkat pembangkit yang dikumpulkan untuk analisis ini.

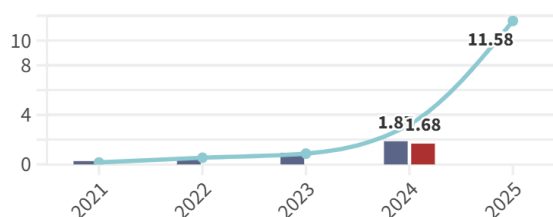
Target vs implementasi co-firing biomassa untuk pembangkit listrik on-grid

Target nasional PLN Kompilasi tingkat pembangkit

Pembangkitan (TWh)



Pengurangan emisi dari penghindaran penggunaan batu bara (MTCO₂)



Sumber: Target nasional yang tercantum dalam Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik Nasional, RUPTL 2021-2030, dan dalam Buku Saku Bioenergi 2023 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Laporan PLN dari berbagai artikel, Kompilasi tingkat pembangkit



Gambar 3. Target dan realisasi co-firing biomassa 2020-2024, diperkirakan meningkat pesat pada tahun 2025, saat program co-firing biomassa mencapai tahap pengembangan

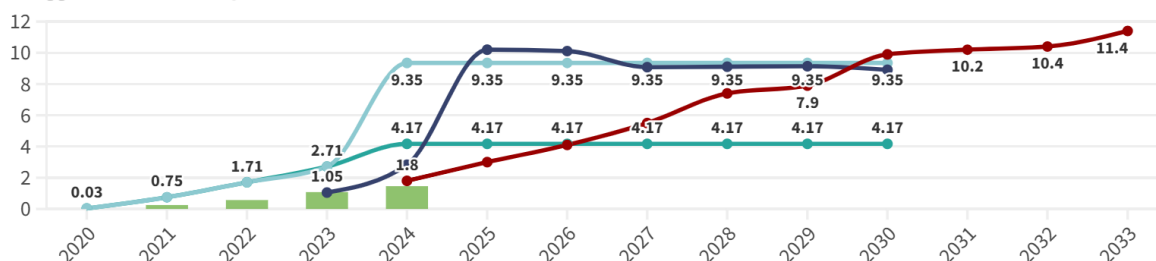
Pemaparan PLN mengenai status terkini pelaksanaan co-firing biomassa pada Agustus 2024 mencakup ketentuan revisi proyeksi penggunaan biomassa, dengan mengacu pada rancangan RUPTL 2024-2033 yang belum dirilis sebagai sumbernya. Hal ini menunjukkan kemungkinan adanya revisi target nasional. **Target “baru” ini menandai 10,2 juta ton biomassa untuk co-firing pada tahun 2031 – enam tahun lebih lambat dari target awal tahun 2025 yang dijabarkan dalam Permen ESDM No. 12 Tahun 2023 (PLN, 2024a).**

Gambar 4 memberikan ringkasan target pemanfaatan biomassa untuk co-firing yang saat ini ditetapkan serta yang direncanakan untuk direvisi, dibandingkan dengan realisasinya.

Benchmarking targets and implementation of biomass co-firing in grid CFPs

RUPTL 2021-2030, skenario 5% RUPTL 2021-2030, skenario 10% Permen ESDM No. 12 Th. 2023
DRUPTL 2024-2033 (tidak dirilis) Kompilasi tingkat pembangkit

Penggunaan biomassa (juta ton)



Sumber: Target nasional yang tercantum dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Nasional, RUPTL 2021-2030, dan dalam Buku Panduan Bioenergi 2023 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Laporan PLN, dari berbagai artikel, Pengumpulan data tingkat pembangkit berdasarkan data dari MEBI dan artikel media yang melaporkan kemajuan di tingkat pembangkit



Gambar 4. Target penggunaan biomassa dan implementasi co-firing pada PLTU on-grid

Keadaan sulit menimbang laba yang menguntungkan untuk pasar biomassa Indonesia dari ekspor dan permintaan domestik dari PLN untuk pasokan dengan harga terjangkau

Meskipun ada inisiatif baru-baru ini untuk menaikkan harga referensi tertinggi untuk bahan baku co-firing biomassa – faktor penggandaannya meningkat dari 0,85 menjadi 1,20 kali⁵, yang berarti tunjangan yang lebih tinggi melebihi referensi harga DMO (*Domestic Market Obligation*) batubara yang ditetapkan untuk PLN, **kesenjangan harga masih signifikan, bahkan untuk biomassa yang paling umum tersedia.**

Kesenjangan harga yang tinggi telah ditandai oleh Masyarakat Energi Biomassa Indonesia (MEBI) sebagai salah satu isu utama dalam menjaga kecukupan pasokan. Meskipun skema DMO serupa dengan batu bara telah ditetapkan untuk biomassa, MEBI menganggap strategi ini tidak sesuai dengan situasi saat ini dan memberikan komentar penting mengenai ketersediaan dan pasokan yang diperlukan untuk berbagai jenis boiler (MEBI, 2024; Kompas, 2023). Sebagian besar PLTU di Pulau Jawa yang diperuntukkan bagi co-firing biomassa menggunakan boiler PC akan memerlukan input berukuran lebih kecil, seperti serbuk gergaji dan serpihan kayu, sementara PLTU di pulau-pulau lain yang menggunakan CFB dan Stoker dilengkapi dengan baik untuk menangani bahan baku berukuran lebih besar seperti cangkang sawit, tongkol jagung, dan pelet dari RDF, limbah pertanian, atau bahan kayu lainnya (MEBI 2024).

Peran PLN sebagai pembeli tunggal biomassa menciptakan lingkungan pasar monopoli yang membuat produsen rentan terhadap skema harga yang tidak menguntungkan. Rendahnya harga referensi yang ditawarkan oleh PLN tidak cukup mendukung industri ini, sehingga menghambat investasi di sektor biomassa (ERIA, 2022; Dunia Energi, 2021). Dengan terbatasnya pilihan untuk menjual produk mereka, produsen seringkali terpaksa menerima harga yang tidak dapat menutupi biaya operasional mereka atau memberikan margin keuntungan yang wajar (Kompas, 2023; FWI, 2024).

Perkiraan kasar mengenai harga tertinggi untuk bahan baku biomassa dengan nilai kalori berkisar antara 4.300-4.600 kkal/kg adalah USD 51 per ton, sedangkan untuk ekspor dihargai pada kisaran yang jauh lebih tinggi (MEBI 2024). Misalnya, harga ekspor pelet kayu

⁵ Dihitung berdasarkan faktor koreksi nilai kalori dan rata-rata harga batu bara tahun sebelumnya. Pada tahun 2024 hingga saat ini, harga batu bara untuk pasokan ke PLN ditetapkan berdasarkan tarif *Domestic Market Obligation* (DMO), yaitu sebesar USD 70 per ton. Sebagaimana didefinisikan dalam Keputusan Menteri ESDM No. 267.K/MB.01/MEM.B/2022, harga jual batu bara untuk penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum sebesar USD 70 ton *Free On Board* (FOB) *Vessel*, berdasarkan spesifikasi acuan dengan kalori 6.322 kkal/kg GAR, total kadar air 8%, total sulfur 0,8%, dan abu 15% (KESDM, 2022)

dan serpihan kayu mencapai USD 90 hingga 130 per ton, cangkang sawit mencapai USD 100 sampai 135 per ton,⁶ dan tongkol jagung seharga USD 135 per ton (CELIOS, 2024a; FWI, 2024; Suarabaru, 2023).

Distribusi harga pasar menunjukkan terbatasnya pilihan bahan baku yang layak secara ekonomi berdasarkan harga referensi tertinggi saat ini pada indeks 1,20. Harga domestik dan ekspor untuk bahan baku biomassa berkalori tinggi seperti cangkang sawit dan pelet kayu berada di luar kisaran pembelian PLN. Gambar 5 mengilustrasikan informasi yang tersedia mengenai harga biomassa terhadap harga referensi tertinggi berdasarkan koreksi nilai kalori dan batasan harga DMO FOB batubara PLN sebesar USD 70 per ton.

Harga pasar biomassa yang dijadikan acuan berdasarkan harga acuan tertinggi PLN



Sumber: IEEFA, 2021, Kontan.co.id, 2023, FWI, 2024, Suarabaru, 2023, Susanto et al., 2023, Mongabay, 2021

Gambar 5. Penetapan harga biomassa di pasar pada umumnya dibandingkan dengan harga referensi tertinggi untuk pasokan ke PLN untuk co-firing biomassa

Ini menyiratkan bahwa, **meskipun Indonesia memiliki potensi biomassa yang besar dan bahan baku yang sangat diminati untuk pembangkit listrik, Indonesia kini hanya mempunyai opsi bahan baku berbiaya rendah, dan umumnya memiliki kandungan energi yang rendah.** Penggunaan tipe biomassa yang tidak sesuai untuk pembakaran di PLTU akan berdampak negatif pada efisiensi operasional dikarenakan oleh *fouling* dan *slagging*, terutama pada co-firing yang lebih tinggi. Selain itu, opsi biomassa dengan densitas energi yang rendah juga akan membutuhkan lebih banyak energi dan biaya untuk transportasinya.

⁶ Rentang harga FOB Indonesia yang berlaku untuk cangkang sawit berkisar antara USD 100 hingga 110 per ton untuk pasokan standar dan tidak bersertifikat, dan terdapat premium yang berbeda untuk pasokan bersertifikat (misalnya, International Sustainability and Carbon Certification (ISCC)) yang disyaratkan oleh pasar seperti Jepang, yang menempatkan harga FOB-nya pada kisaran yang lebih tinggi, yaitu antara USD 125 hingga 135 per ton (Argus Media, 2024, RIM Intelligence, 2025).

Selain itu, ekspor biomassa terbukti jauh lebih menguntungkan dibandingkan memasok biomassa di dalam negeri, terutama dengan pesatnya pertumbuhan permintaan global seiring dengan perlombaan negara-negara menuju Net Zero. Jepang dan Korea Selatan – importir bahan baku kayu terbesar kedua dan ketiga di dunia – menjadi sorotan sebagai importir utama, mendorong pertumbuhan sejak tahun 2021.

Data perdagangan tahun 2021-2023 menunjukkan bahwa **pasar Jepang dan Korea Selatan sebenarnya menguasai seluruh ekspor serpihan kayu dan pelet kayu Indonesia – dimana ekspor pelet kayu hampir 1.000 kali lipat dalam beberapa tahun terakhir**. Ekspor pelet kayu ke Korea Selatan tumbuh dari 50 ton pada tahun 2021 menjadi lebih dari 68 ribu ton pada tahun 2023. Begitu pula ekspor ke Jepang yang tumbuh dari 54 ton menjadi 53 ribu ton pada periode yang sama. Ekspor serpihan kayu ke Korea Selatan dan Jepang tetap stabil masing-masing sekitar 7 ribu ton dan hampir 800 ribu ton. Tiongkok dan Jepang merupakan tujuan utama ekspor serpihan kayu Indonesia (Earth Insight et al., 2024).

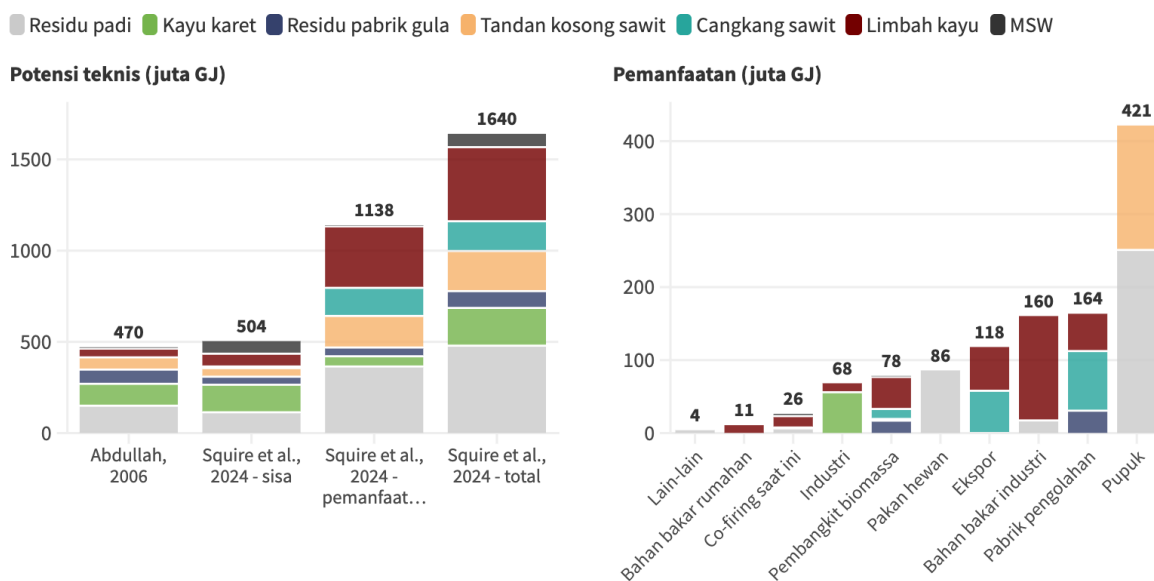
Dinamika perdagangan ini menunjukkan dengan jelas bahwa pemasok biomassa Indonesia memprioritaskan ekspor karena harga yang lebih tinggi di pasar internasional. “Memaksakan” pasar untuk hanya memenuhi kebutuhan PLN kemungkinan besar akan mengganggu industri biomassa yang sudah mapan. Pendekatan yang lebih disarankan mungkin memerlukan pembentukan pasar domestik yang kondusif melalui mekanisme penetapan harga yang tepat, pengembangan infrastruktur, dan kebijakan pendukung. Hal ini dapat dilakukan bersamaan dengan transisi terkelola bagi produsen yang berorientasi ekspor.

Sementara itu, sangat penting untuk mempertimbangkan langkah besar yang baru-baru ini diambil oleh Korea Selatan - bergerak maju dengan mengurangi subsidi tidak langsung (REC) untuk sebagian besar kategori biomassa dan menghentikan kelayakan REC untuk pembangkit listrik tenaga biomassa baru mulai tahun 2025. Mulai tahun 2025, pembangkit listrik milik negara tidak akan lagi menerima REC untuk pembakaran batu bara dan biomassa (SFOC, 2025). **Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan ekonomi perlu mencerminkan dampak dan biaya lingkungan yang sebenarnya dan memprioritaskan energi terbarukan, seperti tenaga surya dan angin. Pergeseran kebijakan ini juga menandakan pengakuan yang semakin kuat bahwa biomassa skala besar, terutama kayu impor, adalah “solusi palsu” yang mendorong deforestasi dan memperpanjang ketergantungan pada bahan bakar fosil.**

Penggunaan limbah biomassa yang tidak terpakai di PLTU layaknya dilakukan pada rasio co-firing yang rendah, agar tidak malah menimbulkan emisi dari penggunaan lahan

Potensi biomassa Indonesia yang sangat besar – yaitu 147 juta ton per tahun, setara dengan hampir 470 juta GJ potensi energi teknis – tersebar di seluruh negeri; namun, dari perkiraan total bahan baku nasional sebesar 1,641 juta GJ, sekitar 30% belum dimanfaatkan (Abdullah, 2006; Squire et al., 2024). Gambar 6 mengilustrasikan distribusi penggunaan berbagai bahan baku limbah biomassa yang tersedia di Indonesia. Penggunaan sebagai pupuk, bahan bakar industri, bahan baku pabrik pengolahan mencapai dua pertiga dari penggunaan saat ini, sementara pembangkit listrik biomassa dan pembakaran bersama yang ada hanya mencapai kurang dari sepersepuluhnya.

Potensi bahan baku limbah biomassa dan pemanfaatannya saat ini



Sumber: Abdullah, Kamaruddin. (2006). Biomass Energy Potentials And Utilization In Indonesia. , Squire, C. V., Lou, J., & Hilde, T. C. (2024). The viability of Co-firing biomass waste to mitigate coal plant emissions in Indonesia. Communications Earth & Environment, 5(1). • MSW, Municipal Solid Waste, Sampah Padat Perkotaan

Gambar 6. Potensi energi teknis dan pemanfaatan saat ini sebagai bahan baku limbah biomassa

Pembangkit listrik biomassa saat ini menggunakan tiga kali lebih banyak bahan baku dibandingkan co-firing yang ada, dengan bahan baku utama berasal dari limbah kayu, diikuti oleh limbah gula dan cangkang kelapa sawit. Tenaga listrik yang dihasilkan dari

co-firing biomassa yang ada di PLTU sebagian besar berasal dari limbah kayu (~60%), sekam padi dan jerami padi (~25%), limbah padat perkotaan (MSW) (15%), dan cangkang sawit (5%). Meskipun pembangkit listrik tenaga biomassa juga sangat bergantung pada biomassa kayu (56%), penggunaan jenis biomassa lain secara lebih luas juga dimungkinkan, termasuk ampas tebu atau residu tebu (22%), tandan kosong (EFB) dari residu minyak sawit (3%), cangkang sawit (17%), dan MSW (2%) (Squire et al., 2024).

Meskipun tren saat ini menggarisbawahi adanya keterlambatan yang signifikan dalam implementasi co-firing biomassa – yang tidak terlaksanakan dalam skala yang sebanding dengan penggunaan bioenergi lainnya, **penggunaan limbah biomassa di PLTU hanya layak dilakukan pada rasio co-firing rendah, supaya tidak menyebabkan emisi penggunaan lahan**. Kekurangan pasokan diantisipasi pada rasio yang lebih tinggi, serta tantangan besar lainnya, khususnya risiko deforestasi (Squire et al., 2024).

Selama bertahun-tahun, pembangkit listrik tenaga bioenergi sebagian besar dikembangkan oleh pengguna industri di luar jaringan listrik, khususnya biomassa yang mencapai 21 GWh pada 2023. Di sisi lain, tidak ada pertumbuhan signifikan yang terlihat pada pembangkit biogas dan limbah, sementara ekspansi pesat co-firing biomassa didorong inisiatif PLN terlihat dimulai sejak 2021.

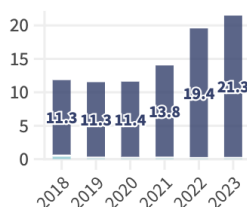
Kapasitas terpasang total pembangkit listrik bioenergi pada tahun 2024 adalah 3,40 GW – sebagian besar, 3,15 GW, beroperasi secara *off-grid* sebagai pembangkit listrik khusus yang terhubung dengan industri, sedangkan sisanya 240 MW terhubung ke jaringan listrik. Sebanyak 3,2 GW dihasilkan dari biomassa, sementara sisanya berasal dari biogas (155 MW) dan pembangkit limbah (36 MW) (MEMR, 2024). Gambar 7 menunjukkan tren pembangkit biomassa, biogas, dan limbah, dibandingkan co-firing biomassa.

Pembangkitan bioenergi - biomassa, biogas, dan sampah, serta co-firing biomassa

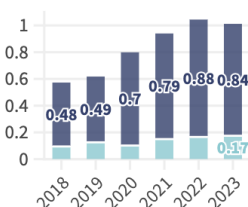
Produksi listrik (TWh)

Grid Off-grid

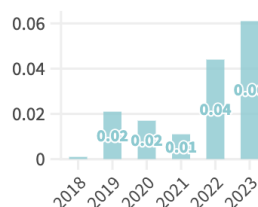
Bioenergi - biomassa



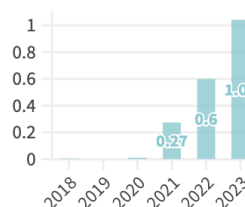
Bioenergi - biogas



Limbah



Co-firing biomassa di PLTU



Sumber: ESDM - Handbook Of Energy & Economic Statistics Of Indonesia (HEESI) 2023

Gambar 7. Tren pembangkitan bioenergi dibandingkan co-firing biomassa 2018-2023

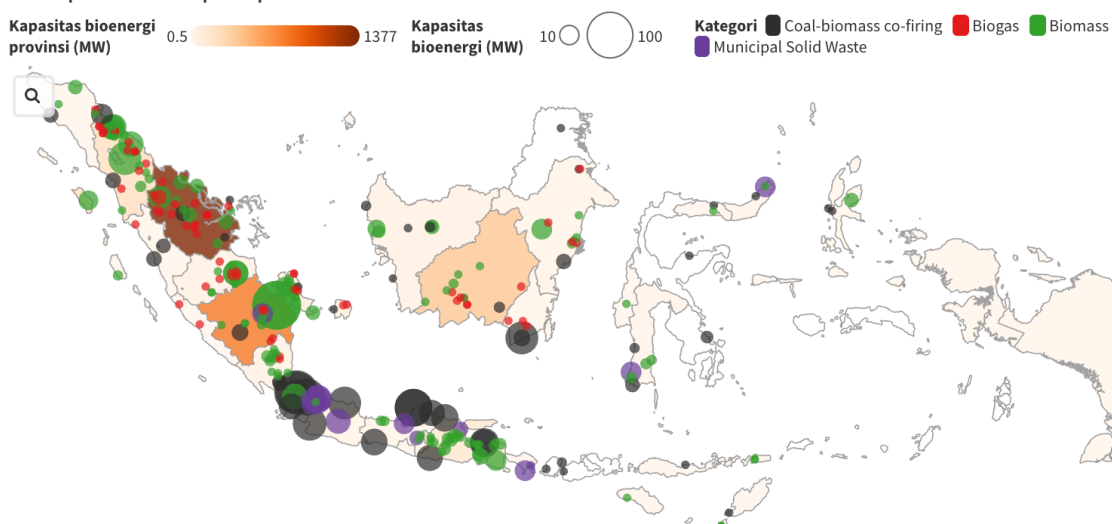
Kapasitas terpasang menurut provinsi, dikategorikan berdasarkan teknologi biogas, biomassa, dan limbah menjadi energi, disajikan pada Lampiran, Tabel A3. Jawa Timur, Sumatera Utara, dan Sumatera Selatan merupakan provinsi teratas yang menyumbang kontribusi terbesar terhadap total nasional, yaitu hampir 1,48 GW. Sebagian besar kapasitas berasal dari biomassa (71%), dan sisanya berasal dari pengolahan limbah menjadi energi (19%) dan biogas (10%).

Gambar 8 menunjukkan sebaran pembangkit listrik bioenergi di seluruh provinsi, beserta pembangkit listrik yang sudah beroperasi dan prospektif (KESDM, 2024a; KESDM, 2024b; Primadita et al., 2020; ABGI, 2021; KESDM, 2023a; KESDM, 2020a). Gambar 9 berikut menunjukkan distribusi bahan baku limbah biomassa yang belum dimanfaatkan. Kedua gambar tersebut menyoroti peluang untuk mengidentifikasi variabilitas untuk mengoptimalkan penggunaan dan menetapkan target realistis yang paling sesuai untuk pulau-pulau besar - terutama Jawa, Sumatra, dan Kalimantan.

Sebagai contoh, di Kalimantan dan Sumatera, di mana ketersediaan residu kelapa sawit, karet, dan kayu cukup tinggi, pasokan saat ini sebagian besar dialihkan ke pembangkit listrik tenaga biomassa, sementara di Jawa, residu beras dan ampas tebu melimpah tetapi tidak ditandai untuk digunakan sebagai pasokan co-firing biomassa untuk memenuhi permintaan skala besar untuk PLTU yang tersebar di pulau terpadat di Indonesia ini.

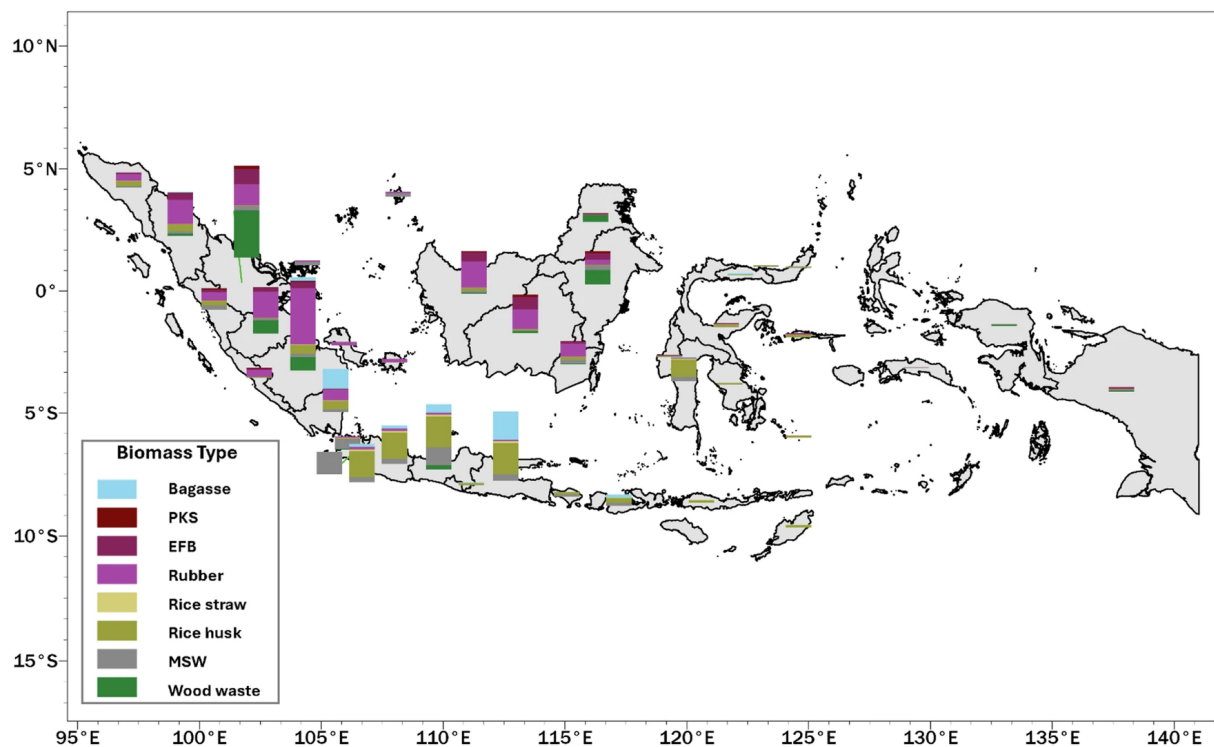
Distribusi pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar bioenergi

Beroperasi dan prospektif



Sumber: ESDM - Statistik Ketenagalistrikan 2023, 52 CFPP yang ditandai untuk co-firing biomassa (dari berbagai sumber), Global Energy Monitor - Global Bioenergy Power Tracker • Sumber lainnya dari ESDM - Rencana Strategis Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan (DJK) 2020 - 2024, Laporan Kinerja ESDM 2023, dan ABGI (Asosiasi Biogas Indonesia) - Pedoman Investasi Pembangkit Listrik Bioenergi 2021

Gambar 8. Distribusi PLTU dimana co-firing biomassa diterapkan, serta pembangkit listrik tenaga biomassa, biogas, dan sampah berdasarkan kapasitas (data disediakan [di sini](#))

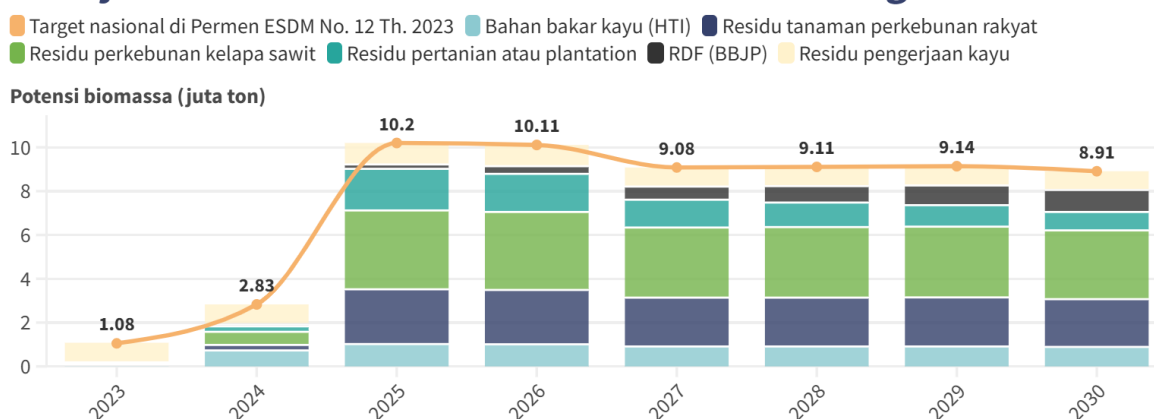


Sumber: Squire dkk., 2024. Catatan: Ukuran batang total menunjukkan besarnya pasokan biomassa. Warna yang diberikan menunjukkan jenis bahan baku (kuning untuk jerami padi, fuchsia untuk tandan buah kosong (EFB), abu-abu untuk limbah padat perkotaan (MSW), merah muda untuk karet, kuning tua untuk sekam padi, hijau untuk limbah kayu, biru untuk ampas tebu, dan merah untuk cangkang inti sawit (PKS)).

Gambar 9. Sebaran limbah biomassa yang belum dimanfaatkan (Squire et al., 2024)

Melihat ke depan, Kementerian ESDM menyiapkan peta jalan 2023-2030 yang mengasumsikan pasokan domestik yang berkelanjutan dari limbah pertanian yang belum diolah, residu perkebunan yang diolah, serta tanaman energi. Namun, kenyataan saat ini penuh dengan tantangan. Gambar 10 mengilustrasikan peta jalan KESDM untuk pasokan bahan baku co-firing biomassa sampai dengan tahun 2030.

Peta jalan bahan baku dari ESDM untuk co-firing biomassa



Sumber: ESDM, Buku Saku Bioenergi 2023 • HTI - Hutan Tanaman Industri, Bahan bakar kayu yang sebagian besar dihasilkan dari perkebunan monokultur skala besar yang ditanam dan dipanen untuk produksi pulp dan kertas; BBJP - Bahan Bakar Jumpatan Padat sama seperti RDF (Refuse Derived Fuel)



Gambar 10. Peta jalan KESDM untuk pengadaan bahan bakar biomassa untuk pembangkit listrik on-grid

Residu perkebunan, khususnya perkebunan kelapa sawit dan karet, dapat dianggap sebagai sumber biomassa utama. Meskipun kegiatan penanaman kembali dapat menghasilkan hingga 65 juta meter kubik setiap tahunnya, tantangan teknis dan persaingan dengan pasar ekspor diperkirakan akan semakin membatasi pasokan (ERIA, 2022; Squire et al., 2024). **Cangkang sawit sendiri menghasilkan USD 250 juta per tahun dari perdagangan luar negeri, sehingga menciptakan disinsentif finansial untuk mempertahankan pasokan dalam negeri meskipun ada permintaan yang meningkat** (GAPKI, 2022; FWI, 2024).

Masalah logistik dalam pengangkutan dari perkebunan ke PLTU yang ditunjuk memperburuk kendala pasokan. Sumber daya terkonsentrasi di Sumatera dan Kalimantan, sementara provinsi-provinsi di Indonesia Timur menghadapi defisit yang signifikan bahkan dengan rasio co-firing yang rendah. Pulau Jawa, yang merupakan lokasi sebagian besar pembangkit listrik – juga menghadapi inefisiensi transportasi antar pulau yang semakin membatasi pasokan (ERIA, 2022; Squire et al., 2024; FWI, 2024).

Peta jalan nasional menunjukkan bahan baku tidak hanya berasal dari limbah biomassa, tetapi juga dari Hutan Tanaman Energi — menyembunyikan berbagai risiko di balik narasi transisi energi

Meskipun peta jalan Kementerian ESDM menguraikan sejumlah besar bahan baku yang berasal dari residu industri pertanian, **inisiatif untuk pengembangan Hutan Tanaman Energi (HTE) telah memicu kekhawatiran akan meningkatnya risiko deforestasi sejak kebijakan tersebut pertama kali diperkenalkan pada tahun 2015 dan diperbarui pada tahun 2019.**

Kerangka regulasi terkini untuk pengembangan Hutan Tanaman Industri (HTI) mencakup HTE sebagai subkategori dari HTI.⁷ Dari definisinya, Tanaman Industri mencakup tanaman berkayu, baik pohon maupun tanaman tahunan berkayu yang dibudidayakan untuk digunakan sebagai bahan baku industri pulp dan kertas, rayon, pertukangan, dan bioenergi, sedangkan Tanaman Energi mencakup tanaman biomassa, biofuel, dan non-kayu yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan energi terbarukan.

Di bawah kerangka regulasi ini, peta jalan tersebut mengantisipasi output dari pembangkit energi yang dihasilkan dari HTE untuk memenuhi sekitar 35% dari permintaan co-firing biomassa, dari 1,2 juta hektar HTE. Perkembangan HTE saat ini menunjukkan bahwa sepertiga dari tujuan tersebut telah tercapai. Studi lebih lanjut menyoroti bahwa apabila target tercapai dengan cepat, deforestasi hutan lindung dapat mencapai 2,3 juta hektar (FWI, 2024; Trend Asia, 2022). Di area yang ditunjuk, juga terdapat 400 ribu hektar hutan tropis yang tidak terganggu. Dengan mempertimbangkan zona pengangkutan di sekitar PLTU dan pabrik serpih kayu, risiko tersebut meningkat menjadi 10 juta hektar – 25 kali lipat dari pengembangan area HTE (Earth Insight et al., 2024).

Skema HTI diklaim mampu mendukung perekonomian rakyat dengan menciptakan lapangan kerja dan peluang baru, namun implementasinya masih banyak dipertanyakan. Studi kasus perusahaan pemegang hak konsesi atas 94.384 hektar kawasan hutan di dua kabupaten, Kotawaringin Barat dan Lamandau, menunjukkan bahwa masyarakat setempat tidak sepenuhnya dilibatkan dalam diskusi strategis, dan sama sekali tidak dilibatkan dalam proses pengambilan keputusan terkait rencana pengelolaan dan pemanfaatan 28 kawasan yang ditetapkan sebagai Hutan Tanaman Rakyat (HTR).⁸

⁷ Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 12 Tahun 2015 tentang Pembangunan Hutan Tanaman Industri. Definisi dipertahankan dalam peraturan pengganti, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 62 Tahun 2019. (KLHK, 2019)

⁸ Masyarakat setempat diberikan hak untuk mengelola hutan tanaman rakyat atau HTR untuk menjamin keberlanjutan sumber daya hutan dengan menerapkan teknik silvikultur di areal HTR yang telah ditetapkan.

Studi tersebut menyerukan reformasi tata kelola hutan yang mendesak, mengingat risiko deforestasi yang lebih tinggi dan meningkatnya ketidaksetaraan dalam kepemilikan dan akses terhadap lahan hutan. Tingginya permintaan untuk pembakaran bersama biomassa hanya akan memperburuk masalah ini, karena proyek-proyek HTI-HTE dapat dikecualikan dari prosedur standar jika dikategorikan sebagai proyek strategis nasional (CELIOS, 2024b). **Alih-alih strategi transisi energi, co-firing biomassa yang membutuhkan pasokan skala besar dari HTI dan/atau HTE dapat secara signifikan mengganggu tata kelola pemanfaatan hutan tersusun dimana keberlanjutan dan kedaulatan rakyat dalam konteks kehutanan dikedepankan.**

Sebagaimana disoroti dalam info brief yang dirilis oleh Pusat Analisis Keparlemenan Badan Keahlian Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia, **peraturan kehutanan yang ada saat ini belum menetapkan pembatasan jenis tanaman energi, belum memasukkan parameter evaluasi daya dukung ekologis, serta pengaturan tata ruang yang diperlukan dalam pengembangan HTE.** Laporan singkat ini juga mencatat tidak adanya klausul mengenai ketelusuran dan legalitas bahan baku. Hal ini justru memberikan ruang terhadap penggunaan kayu dari sumber yang tidak berkelanjutan dan perluasan HTE di luar daya dukung ekologisnya (Pusaka BKDPRRI, 2025).

Menilik klaim-klaim yang umum disebutkan

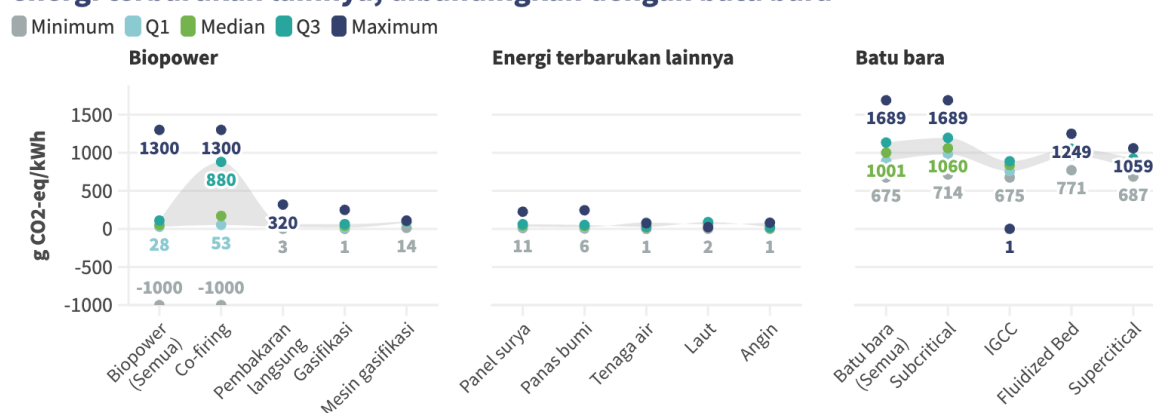
“Pemanfaatan biomassa pada teknologi co-firing di PLTU ini mampu menurunkan emisi karbon.” - [PLN](#)

Sebuah laporan dari Trend Asia dan Environmental Paper Network (EPN) menyoroti bahwa **penurunan yang diklaim tidak terbukti, dan pembakaran batu bara dengan biomassa justru akan meningkatkan emisi karbon, khususnya di sektor hutan dan lahan** (Trend Asia & EPN, 2023). Skema co-firing yang ada saat ini justru akan menghasilkan 27 MtCO₂ setiap tahunnya akibat deforestasi, praktik penggunaan lahan yang tidak tepat, dan pengolahan bahan baku (FWI, 2024a; FWI, 2023; Betahita, 2022; IEEFA, 2021). Klaim pengurangan emisi GRK tidak dapat dibenarkan tanpa transparansi rantai pasokan dan tata kelola dalam identifikasi dan penelusuran sumber.

Dampak bioenergi terhadap iklim sangatlah kompleks, bergantung pada konteks sosio-ekonomi dan kelembagaan, penggunaan lahan dan jenis bahan baku, skala program dan praktik produksi, proses konversi, dan tingkat implementasi (Chum et al., 2011). Tinjauan ekstensif mengenai penilaian terhadap analisis siklus hidup (Life Cycle Assessment, LCA) biopower, termasuk co-firing biomassa di pembangkit listrik tenaga batu bara, pembakaran langsung, dan gasifikasi, menunjukkan rentang yang sangat bervariasi, dari negatif -1.000 hingga positif +1.300 g CO₂-eq/kWh (NREL, 2021).

Perbandingan yang konsisten dan transparan diperlukan sebelum mengklaim emisi lebih rendah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.

Analisis Siklus Hidup (LCA) teknologi pembangkit listrik - biopower dan sumber energi terbarukan lainnya, dibandingkan dengan batu bara



Sumber: NREL - Faktor Emisi Siklus Hidup untuk Teknologi Pembangkitan Listrik

Gambar 12. LCA emisi GRK bioenergi, energi terbarukan, dibandingkan dengan batubara

LCA yang direferensikan pada Gambar 12 untuk pembakaran bersama biomassa **hanya mewakili porsi biomassa, tanpa emisi dan output listrik yang terkait dengan batubara.**⁹ Estimasi terkait emisi yang dihindari dari pembakaran bersama biomassa hanya berasal dari penggunaan bahan baku yang mengarah pada emisi metana yang dihindari dari tempat pembuangan akhir, yang saat ini paling banyak tersedia dalam literatur (Chum et al., 2011).

Rentang tertinggi yang positif dari LCA untuk sistem biopower, dapat ditafsirkan sebagai pelepasan emisi GRK yang positif, yang secara tidak langsung menggambarkan bahwa praktik-praktik tidak tepat dalam konversi penggunaan lahan dan pengelolaan hutan akan menyebabkan hilangnya stok karbon baik secara langsung maupun tidak langsung. Praktik-praktik tersebut dapat meniadakan mitigasi GRK positif bersih yang dapat dicapai melalui praktik-praktik terbaik dalam proses panen bioenergi, pengelolaan kawasan lindung yang ketat, dan keterlibatan yang erat dengan masyarakat lokal.

“Pengembangan ekosistem biomassa sebagai bahan baku utama bahan bakar substitusi atau co-firing di PLTU, berbasis pada ekonomi kerakyatan” - [PLN](#)

PLN mengklaim co-firing mendukung perekonomian berbasis kerakyatan. PT Pembangkitan Jawa Bali (PLN Nusantara Power), anak perusahaan PLN, melaporkan bahwa rasio co-firing sebesar 5% di sistem Jawa-Bali telah menciptakan 160 industri pendukung dan 1.600 lapangan kerja. Pada tahun 2024, inisiatif ini dilaporkan menghasilkan Rp 2 triliun per tahun, melibatkan 250.000 orang (PLN, 2024b; ERIA, 2022). Pada Februari 2025, PLN mengumumkan peluncuran program pengembangan biomassa berbasis masyarakat melalui penanaman 50.000 pohon multifungsi di lahan seluas 15 hektar, dan meresmikan rumah bibit di Karang Asem, Gunungkidul, Yogyakarta, bersama Keraton Yogyakarta dan masyarakat setempat (PLN EPI, 2025).

Di sisi lain, Forest Watch Indonesia memproyeksikan deforestasi hutan alam untuk memenuhi kebutuhan co-firing di 52 PLTU bisa mencapai 4,65 juta hektar, melibatkan 43 perusahaan HPH, 147 perusahaan HTI, dan 1.124 konsesi PS (FWI, 2023).¹⁰ Analisa Trend Asia mengungkapkan bahwa keterlibatan masyarakat sangat terbatas, petani dipekerjakan sebagai buruh perkebunan, sementara usaha kecil dan menengah berbasis kayu hanya diberi bagian untuk memasok bahan baku limbah yang berharga murah, seperti serbuk

⁹ Co-firing mengacu pada campuran batubara-biomassa (batubara yang tidak diperhitungkan dalam LCA), dan teknologi biopower lainnya menggunakan 100% sumber bioenergi

¹⁰ HPH (*Hak Pengusahaan Hutan*) - Konsesi Hutan Alam, HTI (*Hutan Tanaman Industri*) - Hutan Tanaman Industri, PS (*Perhutanan Sosial*) - Perhutanan Sosial

gergaji. Bioenergi berbasis kayu didominasi oleh konglomerat perusahaan industri batu bara dan kayu yang sudah lama ada, dan bahkan perusahaan batu bara (Trend Asia, 2024).

Dampak nyata dari pembukaan lahan dan penggundulan hutan tidak diperhitungkan atau didiskusikan. Trend Asia mencatat buruknya tata kelola yang seringkali berujung pada konflik antara perusahaan dan masyarakat adat setempat yang sebelumnya mengelola lahan tersebut. Contoh konflik, seperti yang terjadi di NTB antara masyarakat petani dan PT Sadhana Arifnusa, dan di Papua antara masyarakat adat dan PT Selaras Inti Semesta, harus menjadi tanda peringatan bagi pemangku kepentingan nasional terkait (Trend Asia, 2024).

“Perekonomian biomassa yang berpusat pada masyarakat” tidak hanya mencakup lapangan kerja dan pendapatan baru, karena perekonomian ini harus memprioritaskan kesetaraan dan memastikan aspek-aspek yang adil bagi masyarakat rentan, dimana kawasan keanekaragaman hayati utama dan lahan yang dimiliki dan dikelola oleh masyarakat adat dan komunitas lokal tidak boleh lagi dijadikan tempat untuk ekstraksi dan budidaya bioenergi. Selain itu, masyarakat yang terkena dampak harus diberikan hak atas persetujuan bebas (free), didahulukan (prior), dan diinformasikan (informed) (FPIC) dan hak untuk memveto penetapan HTE di lahan mereka, bahkan di lahan yang sudah dikonversi (Earth Insight et al., 2024).

“Karena sebagian besar bahan bakar biomassa memiliki lebih sedikit sulfur dan nitrogen daripada batu bara, emisi NO_x dan SO_x seringkali dapat diturunkan dengan co-firing biomassa.” - [Studi](#)

Pembakaran batu bara bersama dengan biomassa dapat mengurangi emisi polutan udara yang membahayakan kesehatan – yaitu nitrogen oksida (NO_x) dan sulfur dioksida (SO_2); namun, **tingkat pengurangannya sangat bergantung pada kandungan nitrogen dan sulfur dalam bahan baku biomassa, serta porsi pencampuran dan kondisi pembakaran (teknologi boiler, metode co-firing, parameter operasional pabrik batu bara, boiler, dan tungku), dan penanganan bahan baku** (Sugiyono et al., 2022).

Bahan baku biomassa yang umum tersedia di Indonesia memiliki kandungan belerang yang sangat rendah (kebanyakan di bawah 0,1%, dan hanya beberapa jenis yang mencapai 0,5%) – jauh lebih rendah daripada batubara domestik (0,2-2,5%) (Triani et al., 2022; Belkin dan Tewalt, 2007). Oleh karena itu, peningkatan porsi biomassa akan berarti pengurangan penggunaan batubara dan, akibatnya, penurunan emisi oksida belerang.

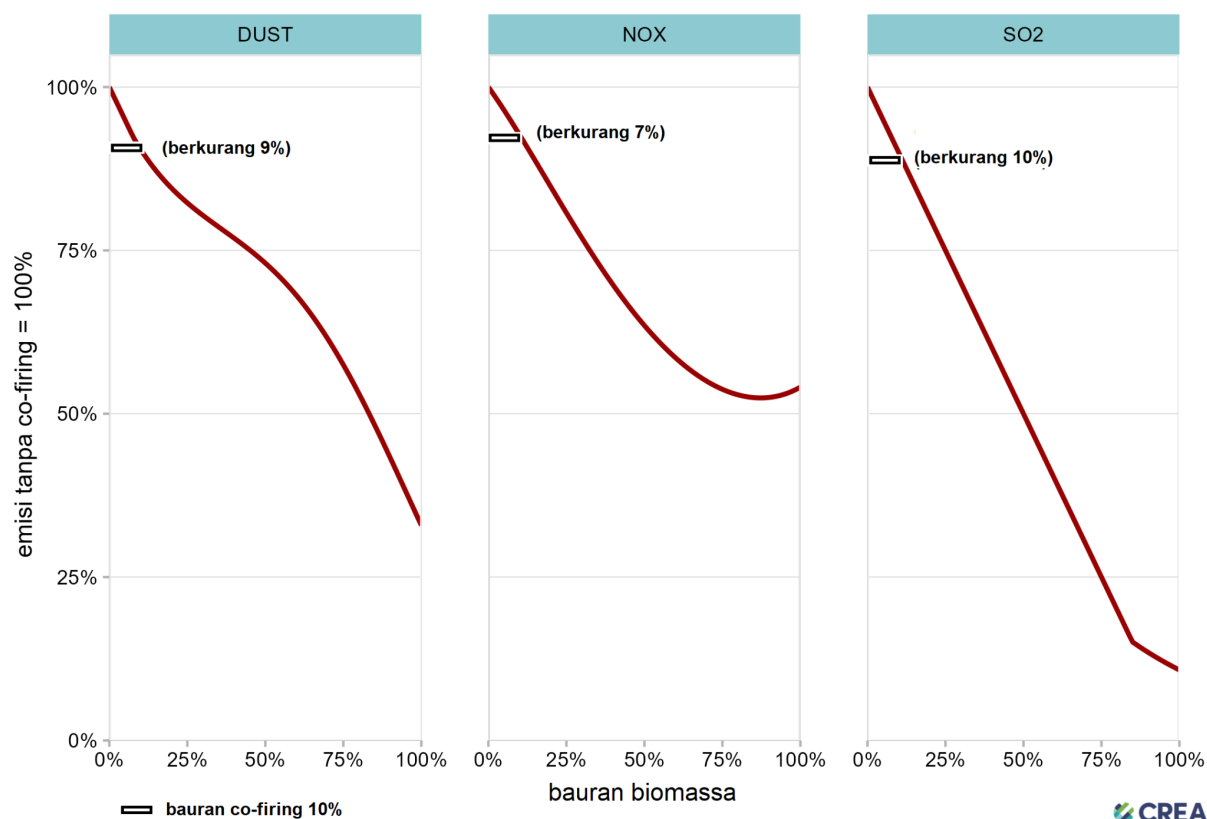
Di sisi lain, emisi NO_x dalam pembakaran biomassa memiliki hubungan linier dengan kandungan nitrogen dalam bahan bakar biomassa. Kandungan nitrogen pada batubara Indonesia relatif rendah (0,5 hingga 1,4%), mungkin setara dengan kandungan nitrogen pada sekam padi, cangkang sawit, dan tandan sawit, serta beberapa jenis kayu (0,2-0,6%), dan lebih rendah daripada beberapa jenis bahan baku seperti pelet *eucalyptus* (3,1%), limbah teh (3,5%), dan limbah makanan (1,3%). Perubahan kecil dalam konsentrasi NO_x telah diamati dalam studi-studi – satu studi mencatat penurunan sebesar 2 hingga 3%, studi lain mencatat peningkatan ringan sebesar 3,5%, dan menambahkan catatan tentang penurunan kualitas pembakaran (Triani et al., 2022).

Emisi materi partikulat (PM) juga sangat dipengaruhi oleh komposisi unsur bahan bakar biomassa, yaitu kalium, klor, dan belerang. Misalnya, dedak gandum yang dibakar bersama dalam CFB dengan porsi 50% menunjukkan pengurangan yang signifikan hingga 90%, sedangkan serpihan kayu yang dibakar dengan porsi 4% tidak berdampak pada pelepasan PM (Al-Naiema et al., 2015).

Analisis CREA menunjukkan bahwa mencapai porsi co-firing biomassa minimal 20% di semua pembangkit listrik terhubung jaringan tidak hanya akan menantang dari segi keterbatasan pasokan, tetapi juga, yang lebih penting, bahwa **co-firing biomassa memiliki dampak yang tidak berarti terhadap emisi polutan udara dari pembangkit listrik batu bara di Indonesia**. Pengurangan polusi udara dari PLTU hanya dapat dicapai melalui pemasangan teknologi pengendalian emisi yang tepat. Oleh karena itu, **tanpa pertimbangan untuk memperkuat baku mutu emisi sektor pembangkit, strategi pembakaran biomassa saja tidak seharusnya dikaitkan dengan upaya udara bersih**.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13, target skenario 10% saat ini akan menghasilkan pengurangan emisi sebesar 9% untuk partikel halus (PM), sekitar 7% untuk NO_x, dan 10% untuk SO₂ di PLTU yang menerapkan co-firing biomassa. Mengingat analisis ini mencakup seluruh armada PLTU di tingkat nasional dan mempertimbangkan variasi di tingkat pembangkit, hasil yang menunjukkan pengurangan agregat yang dapat diabaikan antara 1,5-2,4% dapat mewakili hasil yang diproyeksikan. **Pengurangan polusi udara yang berarti memerlukan penerapan teknologi pengendalian emisi yang efisien di semua pembangkit listrik tenaga batu bara yang beroperasi setelah tahun 2035**. Pemasangan teknologi Air Pollution Control (APC), sebagaimana diberlakukan melalui standar emisi yang ketat, akan mengurangi emisi SO_x sebesar 73%, NO_x sebesar 64%, PM sebesar 86%, serta merkuri sebesar 71% (CREA, 2023).

Dampak co-firing biomassa terhadap emisi polutan udara

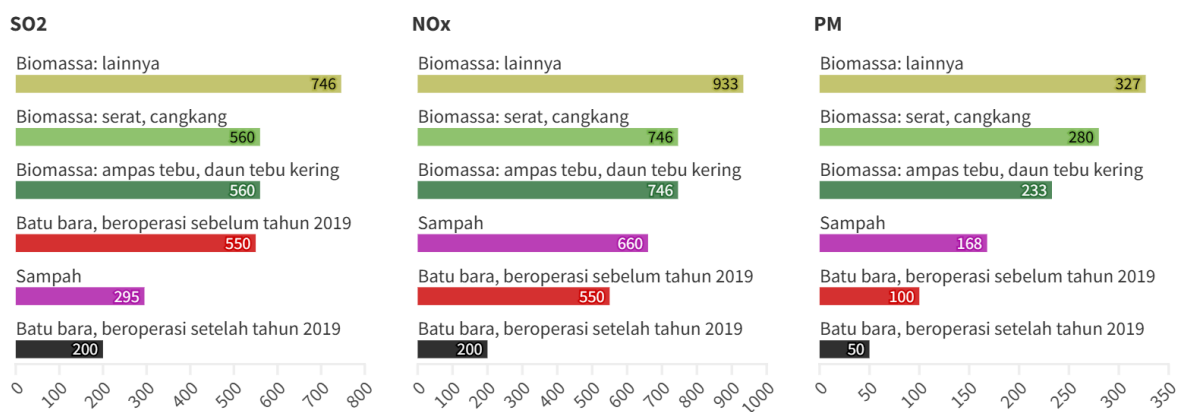


Gambar 13. Emisi polutan udara berubah berdasarkan porsi co-firing biomassa

Selain itu, harus ada peningkatan kesadaran akan hal itu bahwa **batas ambang emisi yang ditetapkan untuk pembangkit listrik tenaga batu bara dan biomassa berbeda-beda, dimana pembangkit listrik biomassa diperbolehkan melepaskan SO₂, NO_x, dan PM dengan konsentrasi lebih tinggi**, seperti diilustrasikan pada Gambar 14. Batasan pelepasan merkuri pada pembangkit listrik biomassa sekitar 150 kali lebih tinggi dari batas yang saat ini diberlakukan untuk semua pembangkit listrik tenaga batu bara sebesar 0,03 mg/m³ (KLHK, 2019).

Standar emisi saat ini untuk pembangkit listrik berbahan bakar batu bara, bioenergi, dan sampah

Ambang batas (mg/m³), dinormalisasi pada kandungan oksigen 7%



Sumber Peraturan Menteri LHK No. 15 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Termal

Gambar 14. Standar emisi pembangkit listrik Indonesia yang menggunakan bahan bakar batubara sebelum dan sesudah tahun 2019, berbagai jenis biomassa, dan limbah

Selain itu, terdapat batasan yang ditetapkan untuk pelepasan gas polutan udara yang tidak diterapkan pada pembangkit listrik tenaga batu bara. Untuk pembangkit listrik tenaga biomassa, hal ini mencakup karbon monoksida (CO), hidrogen sulfida (H₂S), amonia (NH₃), hidrogen klorida (HCl), klorin (Cl₂), hidrogen fluorida (HF), serta jejak logam berat seperti arsenik (As), antimoni (Sb), kadmium (Cd), seng (Zn), dan timbal (Pb). Untuk limbah pembangkit listrik, batas dioksin dan furan, yang merupakan polutan organik persisten atau bahan kimia yang diketahui dapat terakumulasi secara biologis dan menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia, juga ditetapkan dan dipantau setiap lima tahun (KLHK, 2019).

Meskipun peraturan tersebut menetapkan batasan bagi pembangkit listrik tenaga termal yang beroperasi menggunakan campuran batu bara, minyak, dan gas alam, tidak ada batasan polusi udara khusus yang ditetapkan untuk pembangkit listrik tenaga batu bara yang menerapkan co-firing biomassa (KLHK, 2019). **Jika 52 PLTU hanya mematuhi standar emisi yang ditetapkan untuk PLTU, polutan udara lainnya yang terkait dengan pembakaran bahan baku tertentu dan diatur dalam pembangkit listrik tenaga biomassa mungkin akan dilepaskan begitu saja tanpa adanya pemantauan apa pun.**

Kesimpulan dan rekomendasi kebijakan

Meskipun Indonesia memiliki rencana yang selaras dengan iklim yang menekankan bioenergi untuk mencapai target emisi nol bersih pada tahun 2060, RUKN 2024-2060 baru-baru ini secara signifikan mengurangi target bioenergi, dengan memprioritaskan pembangkit listrik batubara yang dikurangi emisinya dengan pemasangan CCS di pembangkit listrik batubara-biomassa. Tujuan ambisius untuk menerapkan co-firing biomassa di 52 PLTU menghadapi hambatan konsisten akibat harga acuan rendah PLN untuk bahan baku biomassa, yang membatasi opsi ekonomis yang layak menjadi bahan baku berbiaya rendah dan berkalori rendah seperti serbuk kayu dan kulit padi.

Hal ini semakin diperparah oleh pasar ekspor yang berkembang ke Jepang dan Korea Selatan. Alih-alih mengatasi masalah mendasar ini atau beralih fokus ke sumber energi terbarukan lain yang menjanjikan seperti surya, angin, geotermal, dan hidro, pemangku kepentingan nasional tetap berkomitmen pada co-firing biomassa, hanya menunda target 2025 sebesar 10,2 juta ton penggunaan biomassa hingga 2031.

Promosi PLN terhadap co-firing biomassa sebagai strategi untuk ekonomi hijau yang berorientasi pada rakyat dan pengurangan emisi kurang transparan dan tidak komprehensif, menimbulkan pertanyaan tentang biaya dan emisi “sebenarnya” yang tidak diungkapkan terkait pasokan bahan baku dan operasi co-firing, serta ketidakhadiran rantai pasokan yang transparan dan layak secara ekonomi. Klaim pengurangan polusi udara melalui co-firing biomassa juga diragukan, karena dampaknya terhadap pengurangan polutan berbahaya bagi kesehatan dari PLTU sangat kecil.

Menangani polusi udara secara efektif memerlukan peta jalan pemensiunan PLTU yang jelas, dengan mempertimbangkan manfaat kesehatan dan keuntungan ekonomi. Selain itu, pengurangan emisi yang berarti di pembangkit listrik termal selama transisi harus disandingkan dengan penerapan baku mutu emisi yang lebih ketat dan adopsi teknologi APC secara luas, dengan menyelaraskan ambang batas nasional dengan tingkat paling ketat yang berlaku untuk PLTU yang baru.

CREA menguraikan rekomendasi berikut untuk memungkinkan pemanfaatan bioenergi secara efektif sebagai salah satu sumber terbarukan yang melimpah di Indonesia untuk pembangkit listrik;

Menjadikan akuntabilitas dan transparansi sebagai prioritas melalui pemantauan dan evaluasi – Kerangka kerja yang memungkinkan penilaian yang tepat terhadap implementasi penggunaan bioenergi di tingkat pabrik – baik yang digunakan sebagai bahan bakar campuran di pembangkit listrik batu bara, maupun sebagai bahan bakar tunggal atau campuran di pembangkit listrik bioenergi – akan menyediakan wawasan berbasis data bagi pemangku kepentingan, yang dapat menginformasikan aliran pasokan, pemanfaatan, dan biaya operasional. Data yang dikumpulkan dapat menjadi dasar untuk mengembangkan peta jalan bioenergi, yang dapat membantu memberikan kejelasan bagi pemasok, memungkinkan pasar berkembang secara alami untuk memenuhi permintaan yang belum terpenuhi.

Menerapkan Analisis Siklus Hidup (LCA) untuk pengukuran komprehensif pengurangan emisi – Klaim pengurangan emisi dari co-firing biomassa di pembangkit listrik batu bara PLN saat ini hanya mencakup pengurangan emisi bahan bakar fosil. Dampak lingkungan rantai pasok biomassa yang terkait dengan bahan baku spesifik masih belum terkuantifikasi dan tidak diungkapkan. Untuk membenarkan penggunaan bioenergi sebagai inisiatif berkelanjutan, PLN harus mewajibkan verifikasi independen terhadap emisi yang dilepaskan sepanjang rantai nilai — memungkinkan pelacakan asal dan mencakup panen, pengolahan, dan transportasi.

Meningkatkan urgensi untuk memprioritaskan penghentian pembangkit listrik batubara dan mempercepat penerapan energi terbarukan untuk masa depan energi yang benar-benar berkelanjutan dan adil bagi semua rakyat — co-firing biomassa adalah strategi iklim palsu yang memungkinkan penggunaan batubara berlanjut selama dekade penting transisi energi, yang secara bersamaan meningkatkan risiko deforestasi, serta berdampak negatif pada mata pencaharian komunitas lokal dan masyarakat adat. Selain itu, hampir tidak ada manfaat bagi iklim dan udara bersih dari co-firing batubara dan biomassa. Kerugian moneter yang dapat dihitung akibat efisiensi operasional PLTU yang berkurang dan tantangan operasional teknis lainnya yang terkait dengan penggunaan biomassa berkualitas rendah layak digunakan untuk pengembangan energi terbarukan, terutama mengingat potensi sumber daya Indonesia yang sangat luas, beragam, dan berlimpah.

Metodologi

Studi ini menyelidiki strategi co-firing biomassa di pembangkit listrik tenaga batu bara di Indonesia sebagaimana yang dipromosikan oleh kebijakan nasional dan PLN, perusahaan listrik milik negara. Laporan ini menilai penerapan, kelayakan ekonomi, dan implikasi lingkungan dari strategi co-firing, dengan tujuan untuk mengevaluasi secara kritis peran pendekatan ini dalam dekarbonisasi dibandingkan dengan kenyataan yang ada.

Analisis ini mengacu pada berbagai sumber data primer dan sekunder. Informasi mengenai implementasi diperoleh dari siaran pers di situs resmi PLN, pedoman PLN untuk co-firing biomassa di PLTU, dan materi presentasi terkait, termasuk pemutakhiran pada Agustus 2024 yang merujuk pada rancangan RUPTL 2024–2033.

Data tingkat pembangkit mengenai penggunaan biomassa, pembangkit listrik terkait, dan pengurangan emisi dari pencegahan penggunaan batu bara diperoleh melalui MEBI. Dokumen-dokumen ini menunjukkan target di tingkat pembangkit dan penggunaan aktual, jenis bahan baku, teknologi boiler, dan rasio co-firing di 52 PLTU.

Untuk melengkapi sumber-sumber tersebut, studi ini juga menyertakan dokumen kebijakan, yaitu RUKN 2024–2060, RUPTL 2021–2030, Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2023, LTS-LCCR 2050, dan JETP CIPP 2023, untuk mengkontekstualisasikan co-firing biomassa dalam kerangka perencanaan iklim dan energi Indonesia.

Analisis yang ada mengenai potensi, pembangkitan, dan pemanfaatan biomassa di seluruh provinsi dimasukkan untuk melengkapi kumpulan data dan visualisasi, serta memetakan ketidaksesuaian pasokan-permintaan dan distribusi geografis ketersediaan bahan baku dan infrastruktur pembangkit listrik. Sumbernya meliputi,

- 1) Laporan Kementerian ESDM — Buku Panduan Bioenergi 2023, Rencana Strategis Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan (DJK) 2020–2024, Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia (HEESI) 2023, Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (DITJEN EBTKE) 2023,
- 2) Asosiasi — MEBI untuk informasi terkait implementasi dan Asosiasi Biogas Indonesia (ABGI) tentang pedoman investasi pembangkit listrik tenaga bioenergi untuk pembangkit biomassa, biogas, dan limbah menjadi energi 2021,
- 3) Publikasi akademis — Primadita et al, 2020 tentang pembangkit listrik biomassa di Indonesia dan Squire et al., 2024 tentang kelayakan limbah biomassa untuk memitigasi emisi pembangkit listrik tenaga batu bara di Indonesia.

Referensi

Abdullah, K. (2006, January). Biomass Energy Potentials And Utilization In Indonesia.

https://www.researchgate.net/publication/228402035_Biomass_Energy_Potentials_And_Utilization_In_Indonesia

Al-Naiema, I., Estillore, A. D., Mudunkotuwa, I. A., Grassian, V. H., & Stone, E. A. (2015). Impacts of Co-firing biomass on emissions of particulate matter to the atmosphere. *Fuel*, 162, 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.08.054>

Argus Media. (2024, January 4). Viewpoint: Market eyes Asian PKS price dynamics in 2024. <https://www.argusmedia.com/ja/news-and-insights/latest-market-news/2524318-viewpoint-market-eyes-asian-pks-price-dynamics-in-2024>

Batampos. (2024, January 15). PLTU Karimun Sukses Uji Coba Biomassa dengan Woodchip Menuju Green Energy. https://kepri.batampos.co.id/pltu-karimun-sukses-uji-coba-biomassa-dengan-woodchip-menuju-green-energy/#google_vignette

Belkin, H. E., & Tewalt, S. J. (2007). Geochemistry of selected coal samples from Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, and Papua, Indonesia. Open-File Report. <https://pubs.usgs.gov/of/2007/1202/ofr2007-1202.pdf>

Betahita. (2022, August 30). Co-firing Biomassa Berpotensi Menambah Emisi GRK Dan Deforestasi. <https://betahita.id/news/detail/7908/co-firing-biomassa-berpotensi-menambah-emisi-grk-dan-deforestasi.html?v=1671327516>

Bisnis.com. (2025, February 12). Indonesia Targetkan Bauran EBT 35% dalam RUPTL 2025-2034. <https://hijau.bisnis.com/read/20250212/652/1838906/indonesia-targetkan-bauran-ebt-35-dalam-ruptl-2025-2034>

[38906/indonesia-targetkan-bauran-ebt-35-dalam-ruptl-2025-2034](https://hijau.bisnis.com/read/20250212/652/1838906/indonesia-targetkan-bauran-ebt-35-dalam-ruptl-2025-2034)

Bloomberg Technoz. (2025, February 3). Energi Fosil Dominasi 85% Listrik RI pada 2024, EBT Baru 15 GW.

<https://www.bloombergentechnoz.com/detail-news/61842/energi-fosil-dominasi-85-listrik-ri-pada-2024-ebt-baru-15-gw>

Center of Economic and Law Studies (CELIOS). (2024b, November 12). Energy transition and deforestation: How regulations facilitate the escalation of agrarian conflicts. <https://celios.co.id/energy-transition-and-deforestation-how-regulations-facilitate-the-escalation-of-agrarian-conflicts/>

Center of Economic and Law Studies (CELIOS). (2024a, December). BORNEO FOREST'S SILENT SACRIFICE: Japan's Energy Transition and the Shadow of Indonesia Illegal Biomass Trade. <https://celios.co.id/wp-content/uploads/2025/01/Global-Supply-Chain-of-Biomass-cus.pdf>

Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA). (2023, August 16). Health benefits of just energy transition and coal phase-out in Indonesia. <https://energyandcleanair.org/publication/health-benefits-of-just-energy-transition-and-coal-phase-out-in-indonesia/>

Chum, H., A. Faaij, J. Moreira, G. Berndes, P. Dhamija, H. Dong, B. Gabrielle, A. Goss Eng, W. Lucht, M. Mapako, O. Masera Cerutti, T. McIntyre, T. Minowa, K. Pingoud. (2011). Bioenergy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University

Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

https://www.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch02.pdf

Climate Action Tracker (CAT). (2024, August 30). Indonesia's new climate goals: Positive developments but some red flags. Home | Climate Action Tracker.

<https://climateactiontracker.org/blog/indonesia-new-climate-goals-positive-developments-but-some-red-flags/>

Dunia Energi. (2021, March 17). Penggunaan Biomassa di PLTU Bisa Timbulkan Beban Keuangan Negara dan PLN, Ini Alasannya. <https://www.dunia-energi.com/penggunaan-biomassa-di-pltu-bisa-timbulkan-beban-keuangan-negara-dan-pln-ini-alasannya/>

Earth Insight, Auriga Nusantara, Forest Watch Indonesia, Solutions for Our Climate, Trend Asia, and Mighty Earth. (2024, October). Unheeded Warnings: Forest Biomass Threats to Tropical Forests in Indonesia and Southeast Asia. <https://earth-insight.org/report/forest-biomass-asia/>

EMBER. (2024, October 15). Yearly electricity data. <https://ember-energy.org/data/yearly-electricity-data/>

ERIA. (2022, May). Forecast of Biomass Demand Potential in Indonesia: Seeking a Business Model for Wood Pellets. ERIA Research Project Report FY2022 No. 01, Jakarta: ERIA, pp.57-58. https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/2022-01-Biomass-Demand-Potential-Indonesia/9_Ch.3-Biomass-Supply-Potential.pdf

Forest Watch Indonesia (FWI). (2023, November 14). Ilusi Hutan Tanaman Energi. <https://fwi.or.id/ilusi-hutan-tanaman-energi/>

Forest Watch Indonesia (FWI). (2024, July 24). Utak Atik Target Bauran Energi Nasional: Potret Ugal-Ugalan Proyek Biomassa.

<https://fwi.or.id/potret-ugal-ugalan-proyek-biomassa/#:~:text=Biomassa%20Adalah%20Komoditas%20Mahal&text=Dari%20data%20ekspor%20yang%20kami,harga%20Rp%201500%20per%20kilogram>

Forest Watch Indonesia (FWI). (2024a, January 12). Membongkar FAKTA : Terobosan Teknologi Co-firing PLN Tidak Sepenuhnya Mampu Tekan Emisi Karbon.

<https://fwi.or.id/teknologi-co-firing-pln-tidak-mampu-tekan-emisi-karbon/>

Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) or Indonesian Palm Oil Association (IPOA). (2022, November 11). Palm shells becoming more promising at global market. <https://gapki.id/en/news/2022/11/11/palm-oil-shells-becoming-more-promising-at-global-market/>

Indonesia Biogas Association - Asosiasi Biogas Indonesia (ABGI). (2021, August). Pedoman Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Bioenergi - Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa, Pembangkit Listrik Tenaga Biogas, Pembangkit Listrik Tenaga Sampah. https://www.abgi.or.id/wp-content/uploads/2023/06/Pedoman_Investasi-PLT-Bioenergi-PLTBm-PLTBg-PLTSa-id.pdf

Indonesian Biomass Energy Society - Masyarakat Energi Biomassa Indonesia (MEBI). (2024, October 1). Biomass Producers Reject PLN's DMO Proposal, Potential Investment Hamper. <https://mebi.or.id/news/biomass-producers-reject-pln-s-dmo-proposal-potential-investment-hamper>

Infosawit. (2025, April 15). DPR Dukung Co-Firing di PLTU: Cara Baru Kurangi Emisi dan Atasi Sampah. <https://www.infosawit.com/2025/04/15/dpr-du>

[kung-co-firing-di-pltu-cara-baru-kurangi-emisi-dan-atasi-sampah/amp/](https://www.iesefa.org/wp-content/uploads/2021/02/Indonesias-Biomass-Cofiring-Bet-February-2021.pdf)

Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA). (2021, February 21). Indonesia's Biomass Cofiring Bet - Beware of the Implementation Risks.

<https://www.iesefa.org/wp-content/uploads/2021/02/Indonesias-Biomass-Cofiring-Bet-February-2021.pdf>

Institute for Essential Services Reform (IESR). (2024, September 5). Minimnya Ambisi Energi Terbaru di RPP KEN.

<https://iesr.or.id/minimnya-ambisi-energi-terbaru-di-rpp-ken/>

Investor.id. (2023, March 1). PLTU Paiton Akan Gunakan Biomassa 100%.

<https://investor.id/business/323298/pltu-paiton-akan-gunakan-biomassa-100>

Jakarta Post. (2024, January 16). Indonesia to abandon 23% renewable energy target.

<https://www.thejakartapost.com/business/2024/01/16/indonesia-to-abandon-23-renewable-energy-target-by-2025.html>

Just Energy Transition Partnership (JETP) Indonesia. 2023. JETP Comprehensive Investment and Policy Plan.

https://jetp-id.org/storage/official-jetp-cipp-2023-vshare_f_en-1700532655.pdf

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2020, December 29). Cofiring Biomassa Pada PLTU, Strategi Terobosan Pemerintah Kejar Target EBT.

<https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktor-at-jenderal-ebtke/cofiring-biomassa-pada-pltu-strategi-terobosan-pemerintah-kejar-target-ebt>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2020a, December). Strategic Plan of Directorate General of Electricity (DJK) 2020 - 2024.

https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/5b982-renstra-djk-2020-2024.pdf

[load_index/files/5b982-renstra-djk-2020-2024.pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-rencana-co-firing-pada-pltu.pdf)

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2021, June 17). Rencana Co-firing pada PLTU.

<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-rencana-co-firing-pada-pltu.pdf>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2022, November 21). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 267.K/MB.01/MEM.B/2022 tentang Pemenuhan Kebutuhan Batubara Dalam Negeri - Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources Number 267.K/MB.01/MEM.B/2022 concerning Fulfillment of Domestic Coal Needs. <https://jdih.esdm.go.id/dokumen/view?id=2345>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2023, November 30). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2023 - Ministerial Regulation of Energy and Mineral Resources Number 12 Year 2023.

<https://peraturan.bpk.go.id/Details/291410/permen-esdm-no-12-tahun-2023>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2023a). Laporan Kinerja ESDM 2023. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-laporan-kinerja-ditjen-ebtke-tahun-2023.pdf>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2024, July). Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia (HEESI) 2023. <https://esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-and-economic-statistics-of-indonesia-2023.pdf>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. (2024a, January 22). Buku Saku Bioenergi 2023.

<https://ebtke.esdm.go.id/elibrary>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. (2024b, August). Statistik Ketenagalistrikan 2023.

https://gatrik.esdm.go.id/frontend/download_index?kode_category=statistik

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. (2025, March 3). RUKN 2024-2060, Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional.

https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/28dd4-rukun.pdf

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2025a, February 3). Setujui RPP KEN, Menteri ESDM: Selaras dengan target Pertumbuhan Ekonomi Dan Komitmen net zero emission.

<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/setujui-rpp-ken-menteri-esdm-selaras-dengan-target-pertumbuhan-ekonomi-dan-komitmen-net-zero-emission>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2025b, February 3). KONFERENSI PERS - Capaian Kinerja Sektor ESDM Tahun 2024.

<https://esdm.go.id/assets/media/file/file-capaian-kinerja-sektor-esdm-tahun-2024.pdf>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2025c, April 15). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 10 Tahun 2025

<https://jdih.esdm.go.id/dokumen/download?id=2025pmesdm10.pdf>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). (2025d, May 26). Konferensi Pers - RUPTL PT PLN (Persero) Tahun 2025-2034 [Video].

<https://www.youtube.com/watch?v=O5DJnLElf3A>

Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). (n.d.). SRN - Sistem Registri Nasional Pengendalian

Perubahan Iklim.

<https://srn.menlhk.go.id/index.php?r=home%2Findex>

Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). (2020, November 20). SK.38/PPI/IGAS/PPI.2/11/2020 - MSEP-010 - Metodologi Penghitungan Reduksi Emisi dan/atau Peningkatan Serapan GRK dalam Kerangka Verifikasi Aksi Mitigasi - Pembangkit listrik tenaga biomassa (untuk kapasitas ≤ 15 MW) yang terhubung ke jaringan dan captive power - Methodology for Calculating Emission Reduction and/or Increased GHG Absorption in the Mitigation Action Verification Framework - Grid-connected biomass power plants (for capacities ≤ 15 MW) and captive power. SRN - Sistem Registri Nasional.

<https://srn.menlhk.go.id/index.php?r=metodologi%2Fdownload-metodologi-file&id=38>

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2019, April 23). Permen LHK No. 15 Tahun 2019. Database Peraturan | JDH BPK. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/286526/permen-lhk-no-15-tahun-2019>

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2019, October 16). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.62/menlhk/setjen/kum.1/10/2019 Tahun 2019 Tentang Pembangunan Hutan Tanaman Industri

<https://peraturan.go.id/id/permen-lhk-no-p-62-menlhk-setjen-kum-1-10-2019-tahun-2019>

Kompas. (2021, October 18). 'Cofiring' power plants hindered by raw materials supply.

<https://www.kompas.id/baca/english/2021/10/18/cofiring-power-plants-hindered-by-raw-materials-supply>

Kompas. (2023, July 12). Purchase Price Becomes a Challenge for Biomass Business Actors.

<https://www.kompas.id/baca/english/2023/07/>

[11/en-harga-beli-jadi-tantangan-pelaku-usaha-biomassa](#)

Kompas. (2025, February 14). Dokumen Janji Iklim Indonesia Tunggu Persetujuan Presiden Prabowo.

<https://lestari.kompas.com/read/2025/02/14/110000286/dokumen-janji-iklim-indonesia-tunggu-persetujuan-presiden-prabowo?page=all>

Kompas. (2025a, February 4). DPR RI Setujui RPP Kebijakan Energi Nasional, Adaptasi Pertumbuhan Ekonomi 8 Persen.

<https://lestari.kompas.com/read/2025/02/04/090000486/dpr-ri-setujui-rpp-kebijakan-energi-nasional-adaptasi-pertumbuhan-ekonomi-8>

Kompas. (2025b, April 16). PLTU Paiton Didorong Terapkan "Co-firing" Biomassa hingga CCS.

https://www.google.com/url?q=https://lestari.kompas.com/read/2025/04/16/110000386/pltu-paiton-didorong-terapkan-co-firing-biomassa-hingga-ccs&sa=D&source=docs&ust=1745792167357220&usg=AOvVaw0WbWhta_p0DLCbSO_75GJa

Kontan.co.id. (2024, September 14). Harga Patokan Tertinggi Biomassa 1,2 Kali Belum Cukup Menarik untuk Cangkang Sawit.

<https://industri.kontan.co.id/news/harga-patokan-tertinggi-biomassa-12-kali-belum-cukup-menarik-untuk-cangkang-sawit>

Madani Berkelanjutan. (2024, August). Rekomendasi SNDC: Demi Keadilan Iklim Yang Inklusif Di Indonesia.

<https://madaniberkelanjutan.id/rekomendasi-sndc-demi-keadilan-iklim-yang-inklusif-di-indonesia/>

Mongabay. (2021, December 21). Tongkol Jagung, Bahan Bakar Alternatif Masa Depan Gorontalo.

<https://www.mongabay.co.id/2021/12/27/tongkol-jagung-bahan-bakar-alternatif-masa-depan-gorontalo/>

National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2021, August 3). Life cycle emissions factors for electricity generation technologies | NREL data catalog. NREL Data Catalog.

<https://data.nrel.gov/submissions/171>

Palupi et al. (2024). Analisis Dampak Lingkungan dan Keekonomian Pembangkit Listrik Tenaga Co-firing Biomassa dan Baru bara sebagai Upaya Bauran Energi Terbarukan. <https://journal-laaroiba.com/ojs/index.php/elm/article/view/781>

Parepos. (2024, February 2). PLTU Barru Sukses Melakukan Uji Coba Cofiring Biomass Woodpellet 100%.

<https://parepos.fajar.co.id/2024/02/pltu-barru-sukses-melakukan-uji-coba-cofiring-biomass-woodpellet-%F0%9D%9F%8F%F0%9D%9F%8E%F0%9D%9F%8E/>

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2020, March 5). Pedoman Pelaksanaan Cofiring Pembangkit Listrik Tenaga Uap Berbahan Bakar Batubara dengan Bahan Bakar Biomassa.

https://drive.google.com/file/d/1fRLyDc7YWmYr2Spa_kzXpWenU_wYmJeJ/view?usp=drive_link

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2020a, September). Panduan Kajian Pengujian Co-firing Biomassa di PLTU Batubara Eksisting.

https://drive.google.com/file/d/1t_9fda0PeGXEL-tFYKBT-1eP7Dh2bjap/view

Perusahaan Listrik Negara (PLN). (2021, September 28). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2021-2030 - Electricity Supply Business Plan. <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2021/10/ruptl-2021-2030.pdf>

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2022, June 30). Wujudkan Ekosistem Energi Kerakyatan, PLN Sukses

Terapkan Sukses Terapkan Co-Firing di 32 PLTU.
<https://web.pln.co.id/cms/media/siaran-pers/2022/06/wujudkan-ekosistem-energi-kerakyatan-pln-sukses-terapkan-sukses-terapkan-co-firing-di-32-pltu/>

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2022a, March 30). Tekan Emisi Lewat Co-Firing, PLN Hasilkan Listrik Hijau 96 Ribu MWh dari 28 PLTU.
<https://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2022/03/tekan-emisi-lewat-co-firing-pln-hasilkan-listrik-hijau-96-ribu-mwh-dari-28-pltu>

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2022b). PLN Sustainability Report - Optimizing Strategy in Realizing Sustainable Energy Transition.
<https://web.pln.co.id/statics/uploads/2022/07/Laporan-Keberlanjutan-2021.pdf>

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2023). PLN Sustainability Report - Strengthening the Determination Towards a Sustainable Company.
https://web.pln.co.id/statics/uploads/2023/06/SR-PLN-2022_High.pdf

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2023a, February 3). High Percentage Co-Firing Biomassa pada PLTU Existing PLN Group.
<https://drive.google.com/file/d/1N4Vlr7hdbVQBx6Ymp-vdCTddzM60VBRz/view?usp=sharing>

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2024). PLN Sustainability Report - Collaboration for Sustainability.
<https://web.pln.co.id/statics/uploads/2024/06/SR-PLN-2023.pdf>

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2024a, August 21). Co-firing for Sustainable Energy & Local Community Empowerment [Presentation].
[https://asset.kgmedia.id/2024/lestari-awards/pdf/Case%20Study%20Presentation%20-%20PLN](https://asset.kgmedia.id/2024/lestari-awards/pdf/Case%20Study%20Presentation%20-%20PLN%20Co-Firing%20Approach%20A%20Path%20to%20Sustainable%20Energy%20and%20Local%20Community%20Empowerment%20-%20Iwan%20Agung%20Firstantara%20-%20Direktur%20Utama%20PLN%20Energi%20Primer%20Indonesia.pdf)

[N s%20Co-Firing%20Approach %20A%20Path%20to%20Sustainable%20Energy%20and%20Local%20Community%20Empowerment%20-%20Iwan%20Agung%20Firstantara%20-%20Direktur%20Utama%20PLN%20Energi%20Primer%20Indonesia.pdf](https://asset.kgmedia.id/2024/lestari-awards/pdf/Case%20Study%20Presentation%20-%20PLN%20Co-Firing%20Approach%20A%20Path%20to%20Sustainable%20Energy%20and%20Local%20Community%20Empowerment%20-%20Iwan%20Agung%20Firstantara%20-%20Direktur%20Utama%20PLN%20Energi%20Primer%20Indonesia.pdf)

Perusahaan Listrik Negara (PLN). (2024b, October 9). Berdampak positif, PLN Terus Kembangkan Ekosistem Biomassa Berbasis Masyarakat.
<https://web.pln.co.id/cms/media/siaran-pers/2024/10/berdampak-positif-pln-terus-kembangkan-ekosistem-biomassa-berbasis-masyarakat/>

Perusahaan Listrik Negara (PLN) - State Electricity Company. (2025, February 1). Co-Firing Biomassa di PLTU PLN Hasilkan 1,67 Juta MWh Listrik Hijau Sepanjang 2024.
<https://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2025/02/co-firing-biomassa-di-pltu-pln-hasilkan-167-juta-mwh-listrik-hijau-sepanjang-2024>

Perusahaan Listrik Negara Energi Primer Indonesia (PLN EPI). (n.d.). Biomassa.
<https://www.plnepi.co.id/bisnis-kami/biomassa>

Perusahaan Listrik Negara Energi Primer Indonesia (PLN EPI). (2025, February 11). PLN EPI Keraton Yogyakarta Dan Masyarakat Gunung Kidul Sinergi Kembangkan Ekosistem Biomassa Berbasis Kerakyatan.
<https://www.plnepi.co.id/media-informasi/ruang-media/siaran-pers/pln-epi-keraton-yogyakarta-dan-masyarakat-gunung-kidul-sinergi-kembangkan-ekosistem-biomassa-berbasis-kerakyatan>

Primadita, Dony & Kumara, I Nyoman Satya & Ariastina, W.G.. (2020). A Review on Biomass for Electricity Generation in Indonesia. Journal of Electrical, Electronics and Informatics. 4. 1. 10.24843/JEEI.2020.v04.i01.p01.
<https://www.researchgate.net/publication/341>

[749098 A Review on Biomass for Electricity Generation in Indonesia](#)

Pusat Analisis Keparlemenan Badan Keahlian Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia (Pusaka BKDPRRI) (2025, April). Dampak Energi Hijau Jepang, Korea Selatan, dan Kebijakan Co-Firing Bagi Hutan Indonesia.

https://berkas.dpr.go.id/pusaka/files/info_singkat/Info%20Singkat-XVII-7-II-P3DI-April-2025-189.pdf

Radio Republik Indonesia (RRI). (2023, Desember 18). PLTU Sintang Jalankan 100 Persen Firing Biomassa.

<https://www.rri.co.id/pontianak/bisnis/484597/pltu-sintang-jalankan-100-persen-firing-biomassa>

Republik Indonesia. (2021). Indonesia Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (Indonesia LTS-LCCR 2050).

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Indonesia_LTS-LCCR_2021.pdf

Republik Indonesia. (2022). Enhanced Nationally Determined Contribution.

https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-09/23.09.2022_Enhanced%20NDC%20Indonesia.pdf

RMI Intelligence. (2025, March 6). Rim Biomass (Solid) Intelligence Weekly.

https://www.rim-intelligence.co.jp/report/sample/ebio_sample.pdf

Solutions for Our Climate (SFOC). (2025, January 19). South Korea to reduce subsidies for biomass energy, explained.

<https://forourclimate.org/research/558>

Suarabaru. (2023, January 27). Limbah Jagung Ternyata Mampu Menghasilkan Dolar.

<https://suarabaru.id/2023/01/27/limbah-jagung-ternyata-mampu-menghasilkan-dolar>

Sugiyono, A., Febijanto, I., Hilmawan, E., & Adiarso. (2022). Potential of biomass and coal Co-firing power plants in Indonesia: A PESTEL analysis. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 963(1), 012007.

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/963/1/012007>

Susanto et al. (2023). Analisa Teknis Uji Bakar Pelet Sekam Padi dan Kajian Keekonomian Co-Firing Pada Pulverizer Coal (PC) Boiler Sub-Critical 300 MW Studi di PLTU Indramayu = Technical Analysis Of Rice Husk Pellet Combustion Test And Economic Study Of Co-Firing In 300 MW Sub-Critical Pulverizer Coal (PC) Boiler Study in Indramayu Power Plant.

<https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920525850&lokasi=lokal#:~:text=Ditinjau%20dari%20keekonomiannya%2C%20harga%20pelet%20sekam%20padi>

Squire, C. V., Lou, J., & Hilde, T. C. (2024). The viability of Co-firing biomass waste to mitigate coal plant emissions in Indonesia.

Communications Earth & Environment, 5(1).

<https://doi.org/10.1038/s43247-024-01588-0>

Trend Asia & Environmental Paper Network (EPN). (2023, November 22). Co-firing with biomass in Indonesia: Debunking Emission Reduction Claims.

<https://environmentalpaper.org/2023/11/co-firing-with-biomass-in-indonesia-debunking-emission-reduction-claims/>

Trend Asia. (2022, November 17). Supposedly “Green” biomass energy plantations threatens deforestation in world’s second largest rainforest.

<https://trendasia.org/en/supposedly-green-biomass-energy-plantations-threatens-deforestation-in-worlds-second-largest-rainforest/>

Trend Asia. (2024, July 3). Penanggung Cuan Transisi Energi.

<https://trendasia.org/penangguk-cuan-transisi-energi/>

Triani, M., Tanbar, F., Cahyo, N., Sitanggang, R., Sumiarsa, D., & Lara Utama, G. (2022). The potential implementation of biomass Co-firing with coal in power plant on emission and economic aspects: A review. EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis.

<https://journal.uui.ac.id/Eksakta/article/view/25105>

Lampiran

Tabel A1. Penerapan biomassa co-firing di 52 PLTU di seluruh Indonesia – 47 PLTU pada tahun 2024 dan 5 PLTU yang ditargetkan

#	Nama PLTU	Lokasi	Jenis boiler	Unit dan kapasitas (MW)	Jenis biomassa*	Porsi co-firing(%)	Penggunaan biomassa (ton)*	Perkiraan produksi listrik (MWh)*	Perkiraan emisi biomassa yang dibakar bersama (ton CO2)*
Wilayah: Jawa, Madura, Bali (JAMALI)									
1	Paiton 1-2	Probolinggo, Jawa Timur	PC	2x400	Serbuk gergaji	5	145.302	158.094	154.977
2	Pacitan 1-2	Pacitan, Jawa Timur	PC	2x315	Serbuk gergaji	5	96.177	97.337	99.479
3	Rembang 1-2	Rembang, Jawa Tengah	PC	2x315	Serbuk gergaji	5	99.072	108.187	111.325
4	Paiton 9	Probolinggo, Jawa Timur	PC	1x660	Serbuk gergaji	5	33.829	37.051	36.903
5	Tanjung Awar Awar 1-2	Tuban, Jawa Timur	PC	2x350	Serbuk gergaji	3	53.120	56.672	58.372
6	Indramayu 1-3	Indramayu, Jawa Barat	PC	3x330	Serbuk gergaji	5	53.839	56.612	56.102
7	Suralaya 1-4	Cilegon, Banten	PC	4x400	Serbuk gergaji	5	74.403	72.789	70.751
8	Suralaya 5-7	Cilegon, Banten	PC	3x600	Serbuk gergaji	N/A	72.224	76.915	70.253
9	Lontar 1-3 + Expansi	Tangerang, Banten	PC	3x315	Serbuk gergaji	1	116.541	134.264	143.931
10	Labuan 1-2	Pandeglang, Banten	PC	2x300	Serbuk gergaji	5	59.287	69.997	73.147
11	Pelabuhan Ratu 1-3	Sukabumi, Jawa Barat	PC	3x350	Serbuk gergaji	5	61.011	58.114	61.717
12	Adipala	Cilacap, Jawa Tengah	PC	1x660	Serbuk gergaji	5	67.545	79.940	72.185
13	Suralaya 8	Cilegon, Banten	PC	1x625	Serbuk gergaji	N/A	56.832	59.977	63.456

#	Nama PLTU	Lokasi	Jenis boiler	Unit dan kapasitas (MW)	Jenis biomassa*	Porsi co-firing(%)	Penggunaan biomassa (ton)*	Perkiraan produksi listrik (MWh)*	Perkiraan emisi biomassa yang dibakar bersama (ton CO2)*
Wilayah: Sulawesi, Maluku, Papua, Nusa Tenggara (SULMAPANA)									
14	Jeranjang 1-3	Barat Lombok, Nusa Tenggara Barat	CFB	3x25	Serbuk gergaji, pelet limbah	3	26.121	23.137	32.971
15	Gorontalo 1-2	Gorontalo Utara, Gorontalo	CFB	2x25	Serpihan kayu & serbuk gergaji	5	861	558	924
16	Sulsel Barru 1-2	Barru, Sulawesi Selatan	CFB	2x50	Serbuk gergaji	3**	17.071	18.283	26.237
17	Pakaian 1-2	Ende, Nusa Tenggara Timur	Stoker	2x7	Pelet RDF	10	288	297	531
18	Kupang 1-2	Kupang, Nusa Tenggara Timur	CFB	2x16.5	Serpihan kayu	5**	4.553	4.621	6.692
19	Jadi Tanasa 1-3	Kendari, Sulawesi Tenggara	Stoker	3x10	Cangkang Sawit	N/A	8.016	6.656	12.800
20	Punagaya 1-2	Jeneponto, Sulawesi Selatan	CFB	2x100	Tongkol jagung	5	15.495	17.439	20.107
21	Amurang 1-2	Minahasa Selatan, Sulawesi Utara	CFB	2x30	Serbuk gergaji	5	1.075	964	1.686
22	Sumbawa Barat 1-2	Sumbawa Barat, Nusa Tenggara Barat	Stoker	2x7	Tongkol jagung	3	4.166	2.898	4.814
23	Holtekamp 1-2	Jayapura, Papua	Stoker	2x10	Serpihan kayu	N/A	5.402	3.709	8.142
24	Ampana 1-2	Tojo Una-Una, Sulawesi	Stoker	2x3	Serpihan kayu	5	-	-	-

#	Nama PLTU	Lokasi	Jenis boiler	Unit dan kapasitas (MW)	Jenis biomassa*	Porsi co-firing(%)	Penggunaan biomassa (ton)*	Perkiraan produksi listrik (MWh)*	Perkiraan emisi biomassa yang dibakar bersama (ton CO2)*
		Tengah							
25	Tidore 1-2	Tidore Islands, Maluku Utara	Stoker	2x7	Serpihan kayu	5	676	409	722
Wilayah : Sumatera, Kalimantan (SUMKAL)									
26	Ketapang 1-2	Ketapang, Kalimantan Barat	CFB	2x10	Cangkang sawit	5	945	720	1.491
27	Sanggau 1-2	Sanggau, Kalimantan Barat	Stoker	2x7	Cangkang sawit	5	19.377	15.234	29.888
28	Bukit Asam 1-4	Muara Enim, Sumatera Selatan	PC	4x65	Serbuk gergaji	5	10.011	9.149	8.463
29	Sintang 1-3	Sintang, Kalimantan Barat	Stoker	3x7	Cangkang sawit	5**	37.590	31.137	60.500
30	Pulang Pisau 1-2	Pulang Pisau, Kalimantan Tengah	CFB	2x60	Serbuk gergaji	5	31.235	30.470	39.276
31	Asam Asam 1-4	Tanah Laut, Kalimantan Selatan	PC	4x65	Serbuk gergaji	5	10.867	11.945	15.087
32	Tarahan 3-4	Lampung Selatan, Lampung	CFB	2x100	Serpihan kayu	3	52.546	64.205	61.187
33	Nagan Raya 1-2	Nagan Raya, Aceh	CFB	2x110	Cangkang sawit	5	17.464	16.176	18.344
34	Angka 1-2	Belitung, Bangka Belitung	CFB	2x16.5	Cangkang sawit	5	5.486	4.356	6.865

#	Nama PLTU	Lokasi	Jenis boiler	Unit dan kapasitas (MW)	Jenis biomassa*	Porsi co-firing(%)	Penggunaan biomassa (ton)*	Perkiraan produksi listrik (MWh)*	Perkiraan emisi biomassa yang dibakar bersama (ton CO2)*
35	Dia 1-2	Berau, Kalimantan Timur	Stoker	2x7	Cangkang sawit	5	2.170***	-	2.719***
36	Air Anyir 1-2	Bangka, Bangka Belitung	CFB	2x30	Serpihan kayu	5**	33.839	26.612	43.537
37	Pangkalan Susu 1-2	Langkat, Sumatra Utara	PC	2x220	Sekam padi	N/A	43.120	41.810	50.674
38	Teluk Balikpapan 1-2	Balikpapan, Kalimantan Timur	CFB	2x110	Serpihan kayu	5	892	880	1.305
39	Berlawanan 1-2	Lampung Selatan, Lampung	CFB	2x100	Serpihan kayu	3	43.768	37.932	55.305
40	Malinau 1-2	Malinau, Kalimantan Utara	Stoker	2x3	Cangkang sawit	N/A	22	15	32
41	Ombilin 1-2	Sawahlunto, Sumatra Barat	PC	2x100	Serbuk gergaji	N/A	12.458	9.791	11.348
42	Bengkayang 1-2	Bengkayang, Kalimantan Barat	CFB	2x50	Cangkang sawit	N/A	3.756	3.900	5.710
43	Tenayan 1-2	Pekanbaru, Riau	CFB	2x110	Serbuk gergaji	5	31.295	32.370	49.397
44	Teluk Sirih 1-2	Padang, Sumatra Barat	CFB	2x112	Serbuk gergaji	N/A	23.268	21.034	28.101
45	Tembilahan 1-2	Indragiri Hilir, Riau	Stoker	2x7	Serpihan kayu	25**	2.800	1.868	3.423
46	Tanjung Balai Karimun 1-2	Batam, Kepulauan Riau	Stoker	2x7	Serpihan kayu	N/A**	655	405	601
47	Labuhan Angin 1-2	Tapanuli tengah, Sumatra Utara	CFB	2x115	Serbuk gergaji	N/A	1.250	1.147	1.585

#	Nama PLTU	Lokasi	Jenis boiler	Unit dan kapasitas (MW)	Jenis biomassa*	Porsi co-firing(%)	Penggunaan biomassa (ton)*	Perkiraan produksi listrik (MWh)*	Perkiraan emisi biomassa yang dibakar bersama (ton CO ₂)*
Lima pembangkit listrik yang menjadi target sasaran									
48	Tanjung Jati 1-2	Jepara, Jawa Tengah	PC	2x660	Serbuk gergaji	-	-	-	-
49	Tanjung Jati 3-4	Jepara, Jawa Tengah	PC	2x660	Serbuk gergaji	-	-	-	-
50	Kalselteng	Kalimantan Tengah	Stoker	2x100	Cangkang sawit	-	-	-	-
51	Lombok FTP 2	Lombok, Nusa Tenggara Barat	CFB	2x50	Serpihan kayu	-	-	-	-
52	Sofifi	Oba Tengah, Maluku Utara	Stoker	2x3	Serpihan kayu	-	-	-	-
Total di wilayah JAMALI							989.182	1.065.949	1.072.598
Total di wilayah SULMAPANA							83.724	78.971	115.626
Total di wilayah SUMKAL							384.814	361.156	494.838
Jumlah keseluruhan							1.457.720	1.506.076	1.683.062

*Data dikumpulkan dari pakar energi Masyarakat Energi Biomassa Indonesia (MEBI), Ifnaldi Sikumbang, pada Maret 2025

**100% percobaan berhasil dilakukan di tiga lokasi PLTU, yaitu Tembilahan di Riau, Air Anyir di Bangka Belitung, dan Bolok di Nusa Tenggara Timur pada tahun 2023 ([Investor.id, 2023](#)), unit 1 Sintang di Kalimantan Barat pada tahun 2023 ([RRI, 2023](#)), Tanjung Balai Karimun di Riau pada tahun 2024 ([Batampos, 2024](#)), dan Barru di Sulawesi Selatan pada tahun 2024 ([Parepos, 2024](#))

***Dengan asumsi rata-rata faktor emisi serbuk gergaji sebesar 1,25 ton CO₂/ton serbuk gergaji, dihitung dari data MEBI

Tabel A2. Peraturan nasional mengenai co-firing biomassa

Informasi	Peraturan Direktur PLN Nomor 001 Tahun 2020*	Peraturan Menteri ESDM No.12 Tahun 2023
Mulai berlaku	5 Maret 2020	27 November 2023
Jenis biomassa	bahan kayu organik (serpihan kayu dan pelet kayu), limbah perkebunan (cangkang sawit), limbah hutan, dan limbah yang telah diolah menjadi Bahan Bakar Sampah Padat (SRF) — dengan kandungan biomassa 95% dan kelembapan pada atau di bawah 20%	a) seluruhnya berasal dari bahan organik; dan b) sebagian berasal dari bahan organik a) meliputi pelet biomassa, serbuk kayu, serpihan kayu, cangkang sawit, sekam padi, tempurung kelapa, limbah kehutanan, limbah pertanian, dan bahan organik lainnya b) meliputi bahan padat yang mudah terbakar dari limbah padat, dan bahan organik yang bercampur dengan bahan anorganik yang mudah terbakar
Sasaran nasional	tidak ditentukan	Target tahunan dari tahun 2023 hingga 2030 1,05 juta ton pada tahun 2023 menjadi 8,91 juta ton pada tahun 2030
Harga	Harga referensi tertinggi** **Dibandingkan dengan rata-rata harga batu bara spesifik pabrik selama 3 bulan (termasuk biaya transportasi), menggunakan dua faktor koreksi: rasio nilai kalori dan 0,85 untuk memperhitungkan penambahan atau modifikasi infrastruktur yang ada untuk mengakomodasi penggunaan biomassa	Harga referensi tertinggi - berlaku untuk PLN dan IPP yang bermitra dengan PLN*** Harga yang disepakati - berlaku untuk produsen listrik lain yang tidak terhubung dengan PLN, yang menghasilkan untuk keperluan umum dan/atau digunakan sendiri ***Perhitungan yang sama seperti tercantum dalam **), dengan faktor koreksi 1,20, bukan 0,85

*Diubah melalui Peraturan Direktur PLN No.004 Tahun 2022, [menyoroti spesifikasi dan parameter bahan bakar biomassa](#) didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku (PLN, 2023a). SNI yang sudah ada menstandarisasi pelet biomassa (SNI 8966-2021), SRF (SNI 9031-2021), serbuk gergaji (SNI 9032-2021), serpihan kayu (SNI 9033-2021), dan pelet sekam padi (SNI 9125-2022).

Table A3. Kapasitas terpasang pembangkit listrik bioenergi di Indonesia menurut provinsi

Provinsi	Pembangkit listrik bioenergi (MW)			Jumlah (MW)
	Biogas	Biomassa	Limbah ke energi	
Aceh		22		22
Bali		2	20	22
Bangka Belitung Islands	14	49		63
Banten		30	40	70
Bengkulu	3			3
Jawa Tengah		19	31	50
Central Kalimantan	12	19		31
DKI Jakarta			74	74
Jawa Timur	2	126	11	139
East Kalimantan	7	25		32
East Nusa Tenggara		4		4
Gorontalo		1		1
Jambi	17	65		83
Lampung	6	36		42
North Maluku		10		10
Sulawesi Utara		0	20	20
Sumatera Utara	18	265		283
Papua		4		4
Riau	42	66		108
Kepulauan Riau	1	1		2
South Kalimantan	6	5		11
Sulawesi Selatan		17	20	37
Sumatera Selatan	10	235	20	265
Jawa Barat	5	2	46	53
West Kalimantan	2	42		44
West Nusa Tenggara		1		1
West Sulawesi		2		2
Sumatera Barat	1	5		6
Jumlah Keseluruhan	146	1052	281	1480