

Review: Analisis Potensi dan Tantangan Biomassa Sebagai Bahan Bakar pada PLTU dan PLTBm

Annisa Vada Febriani¹, Farrah Fadhillah Hanum^{1*}, Aster Rahayu¹

Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad Selatan, Tamanan, Bantul, Yogyakarta, 55166

*Corresponding Author: farrah.hanum@che.uad.ac.id

Abstrak

Berdasarkan Peraturan Presiden nomor 112 tahun 2022 tentang percepatan pengembangan energi baru terbarukan (EBT) untuk penyediaan tenaga Listrik, biomassa menjadi salah satu sumber EBT yang memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan. Salah satunya yaitu sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) dan implementasi *co-firing* di PLTU. Hal ini selaras dengan komitmen Indonesia untuk mencapai 23 % EBT pada tahun 2025. Pada tahun 2023 penurunan emisi sebanyak 1,05 juta ton CO₂ terjadi akibat implementasi *co-firing* di 43 PLTU dengan mengkonsumsi 1 jt ton/tahun biomassa. Sedangkan pembangunan PLTBm terus meningkat setiap tahunnya yang tersebar di berbagai daerah. Berdasarkan data dari Dewan Energi Nasional Republik Indonesia Selama kurun waktu lima tahun (2018 – 2022), pembangunan PLTBm tumbuh rata-rata 14% per tahun. Namun masih banyak tantangan yang dihadapi dalam pemanfaatan biomassa sebagai EBT, baik dari aspek pendanaan, investasi, lingkungan maupun ketersediaan bahan baku.

Kata kunci: Biomassa, PLTBm, *co-firing*, EBT

Abstract

Based on Presidential Regulation number 112 of 2022 concerning the acceleration of the development of new renewable energy (EBT) for the supply of electricity, biomass is one of the EBT sources that has great potential to be utilised. One of them is as fuel for Biomass Power Plants (PLTBm) and the implementation of *co-firing* in PLTU. This is in line with Indonesia's commitment to achieve 23% EBT by 2025. In 2023, the emission reduction of 1.05 million tonnes of CO₂ occurred due to the implementation of *co-firing* in 43 PLTUs by consuming 1 million tonnes/year of biomass. Meanwhile, the construction of biomass power plants continues to increase every year which is spread in various regions. Based on data from the National Energy Council of the Republic of Indonesia during the five-year period (2018 - 2022), the construction of biomass power plants grew by an average of 14% per year. However, there are still many challenges faced in the utilisation of biomass as EBT, both from the aspects of funding, investment, environment and availability of raw materials.

Keywords: Biomass, PLTBm, *co-firing*, EBT

PENDAHULUAN

Berdasarkan peraturan presiden nomor 112 tahun 2022 tentang percepatan pengembangan energi terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik antara lain mencakup pembangkit listrik tenaga air, panas bumi, surya, bayu, biogas, tenaga air laut, bahan bakar nabati dan biomassa. Dengan harapan meningkatnya investasi, percepatan

pencapaian target bauran energi terbarukan dalam bauran energi nasional sesuai dengan kebijakan energi nasional, dan penurunan emisi gas rumah kaca (Perpres, 2022). Salah satu strategi percepatan pemanfaatan EBT adalah perluasan pembangkit listrik tenaga biomassa (PLTBm) dan implementasi program *co-firing* di PLTU. Metode ini digunakan di berbagai negara, terutama negara-negara yang telah mengadopsi kebijakan untuk memanfaatkan

EBT dengan lebih baik. Selain itu, pembakaran bersama juga dapat mengurangi penggunaan energi fosil dan mendukung upaya pengurangan emisi gas rumah kaca (Ariyanto & Mustakim, 2023).

Biomassa menjadi salah satu sumber energi baru terbarukan (EBT) yang memiliki potensi besar di Indonesia. Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan selama fotosintesis, baik sebagai produk maupun limbah. Contoh biomassa adalah tumbuhan, pohon, rumput, ubi jalar, limbah pertanian, limbah hutan, feses dan kotoran hewan. Selain digunakan untuk pangan, pakan, minyak nabati, bahan bangunan, dll, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Biomassa biasa digunakan sebagai bahan bakar, yang bernilai ekonomi rendah atau merupakan limbah setelah ekstraksi produk primer. Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan atau EBT (Serevina et al., 2021).

Perluasan pengenalan energi baru terbarukan akan terus digalakkan. Hal ini terlihat pada target komposisi kebijakan energi nasional. Targetnya adalah penggunaan energi baru dan terbarukan mencapai 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 (Ditjen EBTKE, 2020).

Komitmen Indonesia untuk mencapai 23 % EBT pada tahun 2025 merupakan bentuk pemenuhan tujuan Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Perjanjian *Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change* (persetujuan paris atas konvensi kerangka kerja perserikatan bangsa-bangsa mengenai perubahan iklim) pada tahun 2015, dimana Indonesia berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 29% (834 juta ton CO₂) dan 41% (1.081 juta ton CO₂) dengan dukungan internasional gas rumah kaca BAU / *Bisnis As Usual* (2869 juta ton CO₂) pada tahun 2030 dengan harapan Indonesia akan mencapai *Net Zero Emissions* (NZE) seperti negara-negara maju (Aditya et al., 2022). Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Arifin Tasrif mengatakan dalam diskusi panel “*The Road to COP26: Identifikasi Generasi Muda Indonesia Untuk Memerangi Perubahan Iklim dan Mendukung Energi Bersih*” bahwa program NZE berkomitmen terhadap pembangunan dan industri negara untuk

mencapai nol emisi CO₂ pada tahun 2060 (Zahira and Fadillah, 2022).

Oleh karena itu berbagai langkah telah dilakukan dalam upaya untuk memanfaatkan biomassa sebagai sumber energi guna menurunkan emisi GRK. Untuk itu maka tujuan dari kajian ini adalah untuk menganalisis potensi dan tantangan pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi terbarukan di Pembangkit Listrik tenaga Biomassa (PLTBM) dan program *co-firing* di PLTU.

POTENSI DAN TANTANGAN PEMANFAATAN BIOMASSA SEBAGAI CAMPURAN BAHAN BAKAR DENGAN METODE *CO-FIRING* DI PLTU

Potensi pemanfaatan co-firing di Indonesia

Co-firing merupakan proses pembakaran dua jenis bahan bakar berbeda dalam boiler yang sama atau berbeda untuk menghasilkan listrik. Tujuan utamanya adalah mengganti bahan bakar primer dengan bahan bakar sekunder untuk mencapai manfaat ganda. Dalam situasi global saat ini, batu bara dan biomassa merupakan dua bahan bakar yang paling umum digunakan. Pembakaran secara bersamaan tidak sama dengan pembakaran beberapa bahan bakar dalam boiler yang dirancang khusus untuk bahan yang sama. Secara istilah, pembakaran bersama biomassa dengan batubara dapat dianggap sebagai proses penambahan sebagian batubara dengan biomassa dalam boiler berbahan bakar batubara. Istilah rasio *co-firing* diartikan sebagai perbandingan antara batubara dan biomassa yang dicampur berdasarkan berat atau energi untuk pembakaran (Wijayapala & Mudunkotuwa, 2016).

Co-firing pada pembangkit listrik tenaga batu bara yang sudah ada mempunyai keuntungan karena dapat dilaksanakan dalam jangka waktu yang relatif singkat dan dengan investasi yang kecil. Karena biomassa menyerap jumlah CO₂ yang sama dengan jumlah yang dikeluarkan selama pembakarannya, pembakaran bersama biomassa berkontribusi terhadap efek rumah kaca (Mehmood et al., 2012). Sejauh ini, tingkat substitusi bahan bakar alternatif dalam sistem pembakaran bersama adalah antara 3% dan 10%, dan semakin banyak campuran bahan bakar alternatif, semakin sedikit gas rumah kaca yang dihasilkan. Biomassa memiliki kandungan sulfur yang lebih sedikit dibandingkan batubara. Oleh karena itu, pembakaran bersama batubara dan

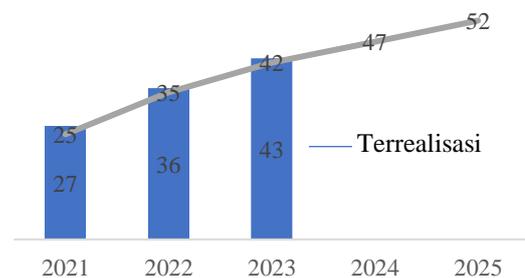
biomassa berpotensi mengurangi emisi CO₂, NO_x, dan SO_x (Ariyanto & Mustakim, 2023).

Berbagai negara besar lainnya juga telah banyak yang mengaplikasikan *co-firing* sebagai salah satu langkah untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, salah satunya adalah Belanda. Belanda telah melakukan *co-firing* dengan memanfaatkan 30% biomassa sebagai pengganti bahan bakar fosil. Persentase campuran biomassa pada PLTU yang ditargetkan disampaikan sekitar 5-34% biomassa dengan bahan baku utama berupa pellet kayu, cangkang kelapa sawit, limbah kayu dan cangkang cacao impor. Namun tantangan yang mereka hadapi untuk prospek jangka panjang dari *co-firing* ini ialah kurangnya subsidi serta pendanaan untuk impor menjadikannya kurang layak secara ekonomi (Roni et al., 2017).

Keberhasilan Co-firing di Indonesia

Langkah pemerintah Indonesia dalam upaya pemenuhan bauran energi baru terbarukan (EBT) 23% di tahun 2025, dengan rincian 7,98% air, 7,35% panas bumi, 4,08% EBT dan 3,59% *co-firing*, yaitu dengan melakukan program *Co-firing* biomassa pada PLTU batubara dan telah dijalankan sejak tahun 2021 di Indonesia, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Implementasi *co-firing* di PLTU terus meningkat setiap tahunnya, yang ditargetkan 52 lokasi PLTU dengan total kapasitas 18,154 MW mencakup 16 PLTU yang berada di pulau Jawa, Bali dan Madura serta 36 PLTU diluar pulau tersebut. Data beberapa PLTU yang telah melakukan *co-firing* dengan penggunaan atau konsumsi biomassa sekitar 1-5% pada tahun 2021 ditunjukkan pada Tabel 1. Pemakaian biomassa untuk program *co-firing* ini juga terus mengalami peningkatan dan ditargetkan pada tahun 2025 akan mengkonsumsi 10,2 jt ton/tahun untuk program, *co-firing* ini. Dan untuk memenuhi kebutuhan biomassa yang terus meningkat ini PLN membuat strategi pemenuhan, yaitu: 1) Memanfaatkan limbah kayu dan Perkebunan dengan sistem zonasi dan pembagian bersama mitra; 2) Melakukan pengembangan ekosistem biomassa melalui kemitraan masyarakat (HKm/HTR) dan HTI melalui penyediaan benih dan pupuk untuk membentuk *Green Circular Economy*; 3) Membantu pemilik HTI mengelola perkebunan dan produksi kayu, sisalimbah pembersih digunakan sebagai biomassa. PLNEPI bertindak

sebagai integrator, agen pemasaran dan pembeli biomassa (PLN,2023; pln.co.id,2024).



Gambar 1 Roadmap implementasi *co-firing* di PLTU

Sumber: Hasil review penulis



Gambar 2 Roadmap pemakaian biomassa untuk *co-firing*

Sumber: Hasil review penulis

Tabel 1 Data beberapa PLTU PLN yang telah melakukan *co-firing*

PLTU	Kapasitas (MW)	Jenis Biomassa
PLTU Paiton	800	Sawdust
PLTU Jeranjang	150	SRF-Sampah
PLTU Sanggau	14	Cangkang Sawit
PLTU Ketapang	20	Cangkang Sawit
PLTU Suralaya	1600	Sekam Padi
PLTU Barru	100	SRF-Sampah
PLTU Pacitan	630	Sawdust
PLTU Anggrek	56	SRF-Sampah
PLTU Rembang	630	Wood Pellet
PLTU Labuan	600	SRF-Sampah
PLTU Lontar	945	Sekam Padi
PLTU Adipala	660	Sawdust
PLTU Pelabuhan Ratu	1050	Sawdust

Sumber: (PLTU PLN, 2021)

Namun dalam pemanfaatan biomassa secara langsung untuk *co-firing* memiliki kelemahan diantaranya ialah pengangkutan, penyimpanan dan pemanfaatan biomassa sangat sulit dilakukan karena karakteristik yang tidak merata, halus dan berdebu. Masalah perbedaan kepadatan antara batubara dan biomassa juga menyebabkan kesulitan selama proses *co-firing*, namun masalah ini dapat diatasi dengan pemadatan biomassa menjadi briket *bio-coal* (Oyelaran et al., 2018).

Briket merupakan suatu proses pemadatan dengan pemberian tekanan pada bahan untuk memperoleh bahan bakar yang kompak, tahan lama, dan berkualitas tinggi. Sedangkan briket *bio-coal* merupakan briket yang terbuat dari

campuran batubara dan biomassa. Biomassa yang biasa digunakan ialah serbuk kayu, limbah pertanian, limbah Perkebunan seperti tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit dan lain sebagainya. Perkembangan produksi briket *bio-coal* telah mencapai kapasitas demo plant dengan kapasitas 5 ton per jam. Pabrik percontohan ini berlokasi di Palimanan, Kabupaten Cirebon, yang merupakan pusat teknologi pemanfaatan batubara. Mesin briket *bio-coal* ini digunakan dengan berbagai campuran bahan baku antara lain batubara-ampas tebu, batubara-serbuk gergaji, arang sekam padi, dan batubara-biji sawit (ESDM,2021). Beberapa penelitian pemanfaatan biomassa sebagai *bio-coal* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Pemanfaatan biomassa sebagai *bio-coal*

Biomassa	Hasil	Referensi
Ampas tebu	Hasil bio-briket paling optimal pada campuran 40 (ampas tebu): 60 (batubara) dengan nilai kalori 4588,5 kal/gr	(Prayoga & Tamrin, 2023)
Tempurung kelapa	Nilai Kalori awal sampel: Batubara 4881,71 kcal/kg Tempurung kelapa 7059,62 kcal/kg Nilai kalori <i>bio-coal</i> Batubara 50%, arang tempurung kelapa 35% dan perekat 15% adalah 5617,52 Kcal/Kg	(Partiwi & Prabowoi, 2021)
Cangkang kelapa sawit	Nilai kalori awal sampel: Batubara 5619 kal/gr Cangkang kelapa sawit 4487 kal/gr Nilai kalori <i>bio-coal</i> paling optimal pada campuran 75 batubara: 25 cangkang kelapa sawit (60 mesh) dengan nilai kalori 4298 kal/gr	(Kalsum et al., 2023)
Sekam padi	Nilai kalori briket <i>bio-coal</i> dengan campuran 75% batubara: 25% arang sekam padi adalah 5194 kcal/kg Nilai kalori briket <i>bio-coal</i> dengan campuran 60% batubara + 40% arang sekam padi adalah 5134 kcal/kg	(Fachruzzaki et al., 2022)
Batang singkong	Hasil paling optimal pada campuran 40% batubara: 60% bonggol jagung dengan ukuran 20 mesh menghasilkan nilai kalori sebesar 5064 kal/g	(Samudro et al., 2023)
Serbuk kayu	Briket <i>bio-coal</i> dengan komposisi 70% serbuk Batubara -20 mesh, 20%serbuk gergaji dan 10% Lempung menghasilkan nilai kalori 4752 kkal/kg.	(Halil, 2023)

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan mengenai emisi CO₂ dan polutan udara dari *bio-coal* diketahui bahwa pembakaran pada briket *bio-coal* tidak hanya mengurangi gas rumah kaca seperti 38% CO₂ dan 45% CH₄ tetapi juga polutan udara berbahaya seperti 52% CO, 45% NO, dan 29% PM_{2.5} secara efektif dibandingkan dengan briket batubara (Li et al., 2023). Dalam 3 tahun terakhir implementasi program *co-firing* di

PLTU PLN berhasil menurunkan emisi CO₂, dengan rincian pada tahun 2021 penurunan emisi sebanyak 268 ribu CO₂; 2020 sebanyak 570 ribu ton CO₂; dan pada tahun 2023 penurunan emisi sebanyak 1,05 juta ton CO₂ (pln.co.id 2022; pln.co.id 2023; pln.co.id 2024)

Penggunaan *bio-coal* sebagai bahanbakar *co-firing* di PLTU masih sangat potensial dan sejalan dengan strategi pencapaian bauran energi nasional (ESDM,2021). Selain itu

pemanfaat bio-coal sebagai bahan bakar *co-firing* ini sendiri memberikan beberapa keuntungan, diantaranya: a) karena briket ini dibuat dari biomassa yang merupakan sumber energi terbarukan, penggunaannya membantu mengurangi emisi CO₂; b) Penggunaan *bio-coal* sebagai bahan bakar *co-firing* di PLTU dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan polutan udara lainnya, karena memiliki karakteristik pembakaran yang lebih bersih dari pada batubara murni; c) Dapat memberikan keuntungan ekonomi bagi petani atau pemilik hutan yang dapat menjual biomassa mereka untuk produksi *bio-coal*; d) *bio-coal* cenderung memiliki kualitas pembakaran yang konsisten dan dapat diandalkan, karena proses torrefaksi menghilangkan sebagian besar kandungan air dan zat organik volatil dari bahan baku biomassa. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi pembentukan abu dan gas buang yang tidak diinginkan; e) Mengurangi biaya penanganan, transportasi dan penyimpanan (Haidar et al., 2022; Oyelaran et al., 2018; PLN, 2023).

Tantangan Pemanfaatan Biomassa untuk *co-firing*

Dalam pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar *bio-coal* tentunya terdapat beberapa tantangan yang dihadapi, diantaranya: a) Ketersediaan biomassa yang tidak stabil, seperti limbah kayu. Terutama jika dalam hal *co-firing* menggunakan *bio-coal* atau secara langsung dari limbah perhutanan, proses penanaman pohon kembali yang membutuhkan waktu lama sehingga jumlah konsumsi biomassa yang digunakan tidak sebanding dengan ketersediaan bahan baku; b) Lokasi biomassa dan batubara yang tersebar luas bahkan ke daerah yang sulit diakses membutuhkan transportasi yang memadai; c) variasi musiman juga berdampak pada harga biomassa (DENRI,2022).

POTENSI DAN TANTANGAN PEMANFAATAN BIOMASSA SEBAGAI BAHAN BAKAR UTAMA DI PLTBm

Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa

Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi terbarukan merupakan salah satu cara

untuk menghilangkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan memanfaatkannya sebagai pembangkit listrik tenaga biomassa (PLTBm) (Siregar et al., 2017). Potensi bioenergi di Indonesia masih cukup tinggi jika dimanfaatkan dengan baik. Potensi produksi biomassa sebesar 146,7 juta ton pertahun dengan perhitungan pada tahun 2050 Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) dapat diperoleh dari sektor perhutanan, Perkebunan dan pertanian. PLTBm merupakan pembangkit yang menggunakan limbah biomassa padat untuk menghasilkan listrik. Biomassa padat dibakar untuk menghasilkan produk gas, yang kemudian diubah menjadi listrik menggunakan mesin gas atau generator turbin gas. Teknologi yang biasa digunakan ialah gasifikasi, insinerasi atau pirolisis (Silvian & Wildayana, 2023).

Tabel 3 Komposisi biomassa

Biomassa	Kalor jenis
Perkebunan	
Cangkang kelapa sawit	15,21 ton kal/ton
Tandan kosong kelapa sawit	3700 k kal/kg
Tempurung kelapa	4128,9 kkal
Serabut kelapa	4004,8 kkal
Pertanian	
Sekam padi	3052,9 ton Kal/ ton
Jerami padi	2914,5 ton kal/ton
Bonggol jagung	3523,9 ton kal/ton
Batang singkong	3894,5 ton kal/ton
Kehutanan	
Kayu	3992,6 ton kal/ton

Sumber: (Pratiwil & Asri, 2018)

Teknologi penggunaan biomassa untuk menghasilkan panas itu sederhana, yaitu dengan membakar biomassa secara langsung untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan oleh pembakaran diubah menjadi listrik oleh turbin dan generator. Panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa menghasilkan uap di dalam boiler. Uap mengalir ke turbin tempat ia berputar dan menggerakkan generator. Putaran turbin diubah menjadi energi listrik melalui magnet pada generator (Parinduri et al., 2020). Tabel 3 menunjukkan data kalor jenis limbah biomassa yang biasa digunakan pada pembangkit listrik.

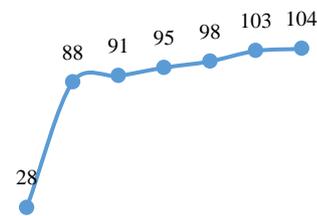
Tabel 4 Data Briket biomassa yang berpotensi sebagai bahan bakar PLTBm

Biomassa	Nilai Kalori Briket	Referensi
Perkebunan		
Tandan kosong kelapa sawit	5578 Kal/gr	(Suryaningsih & Reza Pahleva, 2020)
Cangkang kelapa sawit	5,999 Kal/gr	(Yanti et al., 2022)
Pelepah kelapa sawit	5,863 Kal/gr	(Saputra et al., 2021)
Tempurung kelapa	7509,88 Kal/gr	(Styani et al., 2023)
Cangkang kakao	5459.03 Kal/g	(Soolany, 2020)
Cangkang kenari	6358 Kal/g	(Asmiani et al., 2022)
Pertanian		
Sekam padi	3709,47 Kal/gr	(Maulina et al., 2020)
Jerami padi	3000 Kal/gr	(Lestari, 2021)
Bonggol jagung	5631,633 Kal/gr	(Irmawati, 2020)
Ampas tebu	4117,035 Kal/gr	(Wibowo Rianto, 2019)
Kehutanan		
Kayu Kaliandra	4417 Kal/gr	(Maulana et al., 2020)
Kayu gamal	4197 Kal/gr	
Kayu Raimba campuran	4226 Kal/gr	

Saat ini, teknologi pembakaran langsung biomassa telah berkembang menjadi bentuk lain yang populer, yaitu konversi biomassa padat menjadi briket atau pelet untuk kemudahan penggunaan, pengiriman, dan penyimpanan. Pembakaran langsung biomassa tertentu seperti tempurung kelapa dapat menghasilkan briket dan batubara granular. Dengan model kompor tertentu, briket dan batu bara dapat dimanfaatkan sebagai energi memasak baik di rumah tangga maupun industri makanan. Penggunaan *wood pellet* dengan tungku yang inovatif memberikan efisiensi yang sangat tinggi (Janter & Simanjuntak, 2015). Berbagai penelitian mengenai nilai kalori biomassa yang bisa digunakan sebagai acuan bahan bakar PLTBm ditunjukkan pada Tabel 4.

Keberhasilan PLTBm di Indonesia

Dari Gambar 3 diketahui bahwa jumlah PLTBm terpasang di Indonesia sejak 2014 sampai 2020 terus mengalami peningkatan, Dimana peningkatan paling signifikan terjadi pada tahun 2015 dengan jumlah penambahan PLTBm terpasang sekitar 60 unit. Pada tahun 2021 dengan capaian kegiatan sebanyak 232 MW, PLTBm berhasil menurunkan 1330, 214 ton CO₂e (DENRI,2022)



2012 2014 2016 2018 2020 2022

Gambar 3 Data Jumlah PLTBm terpasang sejak 2014 – 2020

Sumber: (Ebtke.Esdm, 2024)

Tabel 5 Data beberapa PTBm terpasang di Indonesia tahun 2021

Provinsi	Kapasitas Terpasang (MW)
Sumatera Barat	0,70
Riau	1249,44
Jambi	30,00
Sumatera Selatan	4,80
Lampung	55,12
Kepulauan Bangka Belitung	64,84
Jawa Tengah	19,80
D.I. Yogyakarta	3,80
Jawa Timur	147,04

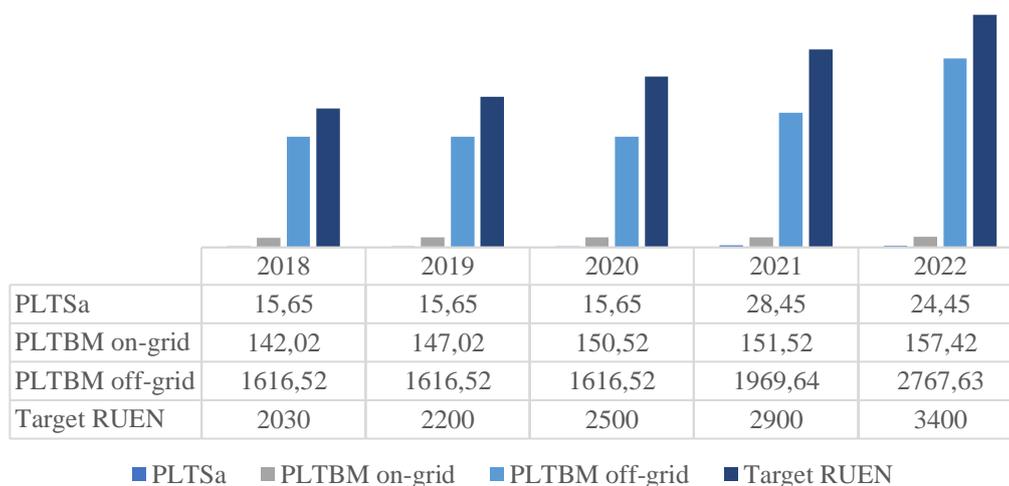
Kalimantan Barat	22,00
Kalimantan Tengah	10,00
Kalimantan Selatan	4,00
Kalimantan Timur	11,00
Sulawesi Selatan	17,20
Gorontalo	0,50
Papua	3,50
Total	1658,74

Sumber: (ebtke.esdm.go.id, 2021)

Beberapa data PLTBm yang terpasang di Indonesia pada tahun 2021 disajikan pada Tabel 5. Dari data tersebut diketahui bahwa PLTBm telah tersebar di berbagai provinsi di Indonesia.

Sehingga pemanfaatannya bisa menyesuaikan ketersediaan biomassa di daerah tersebut.

Pembangkitan listrik dari biomassa menghasilkan berbagai gas polutan dan abu, limbah yang harus disimpan dan dikendalikan hingga pembuangan akhir. Limbah padat kaya karbon yang ditangkap dalam proses pembakaran dapat memiliki banyak kegunaan karena merupakan limbah biologis yang tidak berbahaya. Adapun emisi bersih karbon dioksida adalah nol, karena selama proses fotosintesis, gas ditangkap dan oksigen dilepaskan, karbon disimpan dalam biomassa yang kemudian diubah menjadi energi (Martinez et al., 2020).



Gambar 4 Kapasitas terpasang dan target PLTBm dan PLTS Tahun 2018-2022

Sumber: ESDM, 2021

Berdasarkan data dari Dewan Energi Nasional Republik Indonesia Selama kurun waktu lima tahun (2018 – 2022), pembangunan PLTBm tumbuh rata-rata 14% per tahun. Kapasitas terpasang pembangkit berbasis biomassa (termasuk limbah) RUEN diperkirakan mencapai 3,4 GW pada tahun 2022, sedangkan total realisasi kapasitas terpasang hanya mencapai 2,9 GW, dengan PLTBm *off-grid* menyumbang porsi terbesar yaitu 2,7 GW atau 94% dari kapasitas produksi. Total kapasitas produksi berbasis biomassa (Gambar 4). Pertumbuhan pembangunan PLTBm *off-grid* cukup signifikan, mencapai 41% pada tahun 2022 dibandingkan tahun sebelumnya. Peningkatan terbesar terjadi di Provinsi Riau yang mencapai 1,2 GW pada

tahun 2022 dari hanya 17,25 MW pada tahun lalu (DENRI,2022).

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Indonesia menempati posisi ke 2 di ASEAN dalam hal kapasitas terpasang PLTBm yaitu sebesar 25,8% (1764 GW). Hal ini menunjukkan bahwa potensi untuk investasi aneka EBT di Indonesia masih sangat menjanjikan, mengingat sumber daya alam yang masih sangat berlimpah. Atau bahkan Indonesia dapat memimpin pengembangan PLTB di ASEAN (ebtke.esdm.go.id, 2024)

Tantangan pemanfaatan biomassa dalam implementasi di PLTBm

Penerapan energi biomassa menjadi program penyediaan energi yang inklusif bagi

negara-negara yang memiliki kapasitas pertanian. Untuk mencapai keberlanjutan dalam penggunaan energi ini, strategi untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan pada air, tanah dan udara seperti praktik penebangan yang terkendali, verifikasi tingkat nutrisi tanah yang diintervensi, dan program pengendalian tanah harus dikembangkan. erosi, alternatif pemanfaatan limbah dari pemanfaatan biomassa antara lain harus ditambahkan kebijakan penggunaan kembali air yang digunakan dalam proses produksi energi. Argumen lain yang mendukung penggunaan biomassa sebagai energi adalah bahwa penggantian bahan bakar fosil menghasilkan penghematan emisi gas rumah kaca yang dibuktikan dengan faktor netralitas karbon (Martinez et al., 2020).

Alasan mengapa EBT sulit mencapai target seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 antara lain karena terbatasnya pendanaan, perencanaan yang tidak terkoordinasi dengan baik, serta berbagai kasus birokrasi dan budaya korupsi di pemerintahan. Selain itu, pemberian subsidi BBM kepada masyarakat oleh pemerintah juga menurunkan minat masyarakat untuk berpartisipasi dalam pengembangan EBT di Indonesia yang potensinya cukup besar. Selain itu, pengembangan EBT belum didukung oleh aksesibilitas pembangunan infrastruktur dan target investasi yang belum dapat tercapai. Ditambah lagi sulitnya mendapatkan izin eksplorasi kawasan hutan di Indonesia, dimana banyak lokasi panas bumi berada di kawasan hutan (Adistia et al., 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis mengenai potensi dan tantangan pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi pada *Co-firing* di PLTU dan PLTBm di Indonesia, dapat disimpulkan bahwa biomassa dapat menjadi sumber bahan bakar yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Potensi pemanfaatannya juga masih terbilang cukup tinggi mengingat banyaknya sumber daya alam yang tersebar luas di Indonesia. Sejauh ini implementasi pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi sudah berjalan dengan baik, terbukti dengan sudah banyaknya PLTBm yang berdiri dan PLTU yang mengimplementasikan program *co-firing* sebagai salah satu upaya untuk mengurami emisi akibat pembakaran.

Namun tetap terdapat beberapa tantangan yang dihadapi dalam prosesnya, baik dari sisi lokasi, investasi dana, ketersediaan bahan baku maupun berbagai aspek yang dapat ditemukan di lapangan. Sehingga harapannya pemanfaatan biomassa ini harus tetap dijaga dan didukung oleh berbagai pihak baik dari pemerintah, masyarakat maupun investor serta pihak yang diuntungkan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adistia, N. A., Nurdiansyah, R. A., Fariko, J., Vincent, V., & Simatupang, J. W. (2020). Potensi energi panas bumi, angin, dan biomassa menjadi energi listrik di Indonesia. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 105-116. <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i2.9107>
- Aditya, I. A., Haryadi, F. N., & Haryani, I. (2022). Analisis pengujian *co-firing* biomassa cangkang kelapa sawit pada PLTU circulating fluidized bed (CFB) sebagai upaya bauran energi terbarukan. *Rotasi*, 24(2), 61-66. <https://doi.org/10.14710/rotasi.24.2.61-66>
- Ariyanto, A. D., & Mustakim, L. (2023). Analisis Pengujian *Co-Firing* Biomassa Pada Pltu Batubara Dengan Beberapa Bahan Bakar Alternatif Sebagai Upaya Bauran Energi Baru Terbarukan. *Martabe: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 98-104. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i1.98-104>
- Asmiani, N., Nawir, A., Az, M. A., Bakri, S., Budiman, A. A., & Yusuf, F. N. (2022). Analisis Pemanfaatan Briket Tempurung Kenari Sebagai bahan Bakar. *Jurnal Geomine*, 10(1), 75-79. <https://doi.org/10.33536/jg.v10i4.1143>
- DENRI (2022) Evaluasi Capaian Bauran Energi Nasional Tahun 2022
- Ditjen EBTKE (2020) Buku Rencana Strategis (Renstra).
- Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2021). Road Map Pengembangan dan Pemanfaatan Batubara.
- Ebtke.Esdm (2021) Kapasitas Terpasang PLT Bioenergi di Indonesia. Diakses dari: [Sektor Bioenergi | Lintas EBTKE \(esdm.go.id\)](http://SektorBioenergi|LintasEBTKE(esdm.go.id))
- Ebtke.Esdm (2024) Kapasitas Terpasang PLT Bioenergi di ASEAN. Diakses dari: [Sektor Bioenergi | Lintas EBTKE \(esdm.go.id\)](http://SektorBioenergi|LintasEBTKE(esdm.go.id))

- Fachruzzaki, F., Halim, H., & Lestari, R. (2022). Pengaruh Campuran Sekam Padi pada Briket Batubara. *Jurnal GEOSAPTA*, 8(1).
<https://garuda.kemdikbud.go.id/document/detail/2783073>
- Halil, M., Ahmadin, A., & Lelawati, L. (2023). Teknik Pembakaran Bata Dengan Briket Batu Bara Campuran. *MAJALAH TEKNIK SIMES*, 17(2), 19-22.
<https://journals.unihaz.ac.id/index.php/simes/issue/view/266>
- Irmawati, I. (2020). Analisis Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang dari Bonggol Jagung. *Journal Of Agritech Science (JASc)*, 4(1), 24-29.
<http://jurnal.poligon.ac.id/index.php/jasc/issue/view/45>
- Simanjuntak, J. P. (2023). Metode Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Non Fosil. <http://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/52169>
- Kalsum, U., Atikah, A., & Ibrahim, A. (2023). Pengaruh Ukuran Partikel Dan Komposisi Terhadap Kualitas Briket Dari Campuran Batubara Dan Cangkang Sawit. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 14(02), 136-146.
<https://doi.org/10.52506/jtpa.v14i02.222>
- Lestari, R. A. S. (2023). Briket Biomassa Dari Jerami Padi, Sampah Daun Dan Kotoran Sapi. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 6(2), 66-72.
<http://dx.doi.org/10.31942/inteka.v6i2.5504>
- Li, G., Hu, R., Hao, Y., Yang, T., Li, L., Luo, Z., ... & Shen, G. (2023). CO₂ and air pollutant emissions from bio-coal briquettes. *Environmental Technology & Innovation*, 29, 102975.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102975>
- Maulana, L. F., Ghozali, H. I., Fikri, M. H., Agustina, E. I., & Ali, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Didesa Ranjok Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat Menjadi Biomass Pellet Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Pepadu*, 1(1), 133-138.
<http://jurnal.lppm.unram.ac.id/index.php/jurnalpepadu>
- Maulina, W., Sulistiyo, Y. A., & Purwandari, E. (2020). Biobriket Arang Sekam Padi Sebagai Sumber Energi Terbarukan untuk Aplikasi Pandai Besi. *Warta Pengabdian*, 14(4), 222–230.
<https://doi.org/10.19184/wrtp.v14i4.15287>
- Martínez, J. F. G., Gómez, L. M. T., Guzmán, M. F. S., Vanegas, N. C. S., & Ruíz, D. D. P. (2020). Energy from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions. *Lámpsakos*, (23), 70-78.
<https://doi.org/10.21501/21454086.3457>
- Mehmood, S., Reddy, B. V., & Rosen, M. A. (2012). Energy analysis of a biomass co-firing based pulverized coal power generation system. *Sustainability*, 4(4), 462–490.
<https://doi.org/10.3390/su4040462>
- Oyelaran, O. A., Olorunfemi, B. J., Sanusi, O. M., Fagbemigun, A. O., & Balogun, O. (2018). Investigating the Performance and Combustion Characteristics of Composite Bio-coal Briquette. In *Journal Of Materials And Engineering Structures*, 5(2), 173-184.
<https://revue.ummtto.dz/index.php/JMES/article/view/1699>
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi biomassa sebagai sumber energi terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(2), 88-92.
<https://www.dosenpendidikan>
- Partiwi, W., & Prabowo, H. (2021). Analisis Proksimat Briket Biobatubara Campuran Batubara Seam 1 CV. Bara Mitra Kencana dengan Arang Tempurung Kelapa. *Bina Tambang*, 6(5), 267-273.
<https://ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/view/115204>
- PLN (2023) Peluang & Tantangan Pengadaan Biomassa sebagai Energi Primer Pembangkit Listrik yang Berkelanjutan.
- Pln.co.id (2022) Tekan Emisi Lewat Co-Firing, PLN Hasilkan Listrik Hijau 96 Ribu MWh dari 28 PLTU. Diakses dari: [Tekan Emisi Lewat Co-Firing, PLN Hasilkan Listrik Hijau 96 Ribu MWh dari 28 PLTU](#)
- Pln.co.id (2023) Kaleidoskop 2022, Implementasi Co-Firing di PLN Hasilkan 575,4 GWh Listrik Bersih. Diakses dari: [Kaleidoskop 2022, Implementasi Co-Firing di PLN Hasilkan 575,4 GWh Listrik Bersih](#)
- Pln.co.id (2024) Sepanjang 2023, Terobosan Teknologi Co-Firing PLN Mampu Tekan 1,05 Juta Ton CO₂ Emisi Karbon. Diakses dari: [Sepanjang 2023, Terobosan](#)

- [Teknologi Co-Firing PLN Mampu Tekan 1,05 Juta Ton CO2 Emisi Karbon](#)
PLTU PLN (2021) Rencana Co-firing pada PLTU
- Pratiwi, A. I., & Asri, M. (2018). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Berbasis Tongkol Jagung. *Dielektrika*, 5(2), 108-115. <https://dielektrika.unram.ac.id/index.php/dielektrika/issue/view/8>
- Prayoga, M. I. D., & Tamrin, T. (2023). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Menjadi Briket Bio-Batubara Menggunakan Perikat Tapioka. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(4), 563-574. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i4.8399>
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 tahun 2022
- Roni, M. S., Chowdhury, S., Mamun, S., Marufuzzaman, M., Lein, W., & Johnson, S. (2017). Biomass co-firing technology with policies, challenges, and opportunities: A global review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 78, pp. 1089–1101). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.023>
- Samudro, P. A., Asmara, S., & Kuncoro, S. (2023). Pengaruh Perbedaan Komposisi dan Ukuran Partikel Batang Singkong dan Batubara Terhadap Kualitas Bahan Bakar Briket Biocoal. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(2), 270-280. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i2.7481>
- Saputra, D., Siregar, A. L., Istianto, D., & Rahardja, B. (2021). Karakteristik Briket Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Pirolisis Dengan Perikat Tepung Tapioka Characteristics of Palm Oil Brickets using The Pyrolysis Method with Tapioca Flour Adhesive. 3, 143–156. <https://journal.univpancasila.ac.id/index.php/asiimetrik/issue/view/202>
- Serevina, V., Pambudi, R. D., Nugroho, D. A., Program, Fisika, S., Fisika, P., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2021). Pelatihan Pemanfaatan Limbah Gergaji dan Cangkang Telur Ayam untuk Membuka Usaha Briket Biomassa. *Daerah Khusus Ibukota Jakarta*, 1(11). <https://doi.org/10.21009/jpm-sains.v1i1.18748>
- Silvian, T., Wildayana, E., & Yunita, Y. (2023). Analisis Nilai Tambah Pengolahan Limbah Sekam Padi sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) di Kabupaten Ogan Ilir (Studi Kasus: PT Buyung Putra Pangan). *Jurnal Pertanian Agros*, 25(3), 2038-2044. <http://dx.doi.org/10.37159/jpa.v25i3.3054>
- Siregar, K., Alamsyah, R., Ichwana, I., Sholihati, S., & Tou, S. B. (2017). The Design of Power Plant Biomass in Isolated Are From National Electricity Company in Indonesia With Application of Tar Wet Scrubber and Filter Gas. *Rona Teknik Pertanian*, 10(2), 64-77. <https://doi.org/10.17969/rtp.v10i2.10007>
- Soolany, C. (2020). Rancang Bangun Pencetak Briket Tipe Screw Untuk Proses Produksi Briket Pelet Dari Arang Cangkang Kakao. *AME (Aplikasi Mekanika Dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2), 62-68. <https://doi.org/10.32832/ame.v6i2.3260>
- Styani, E., Maimulyanti, A., Prihadi, A. R., Putri, F. A. R., & Puspita, F. (2023). Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa dari Industri Virgin Coconut Oil (VCO) menjadi Briket Arang di IKM PT. Sangkara Kota Bogor. *Jurnal Pengabdian Masyarakat AKA*, 2(2), 53-59. <https://doi.org/10.55075/jpm-aka.v2i2.156>
- Suryaningsih, S., & Pahleva, D. R. (2020). Analisis kualitas briket tandan kosong dan cangkang kelapa sawit dengan penambahan limbah plastik low density polythelene (LDPE) sebagai bahan bakar alternatif. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 10(01), 27-36 <https://doi.org/10.24198/jmei.v10i01.31867>
- Wibowo, R. (2019). Analisis Thermal Nilai Kalor Briket Ampas Batang Tebu dan Serbuk Gergaji. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(1), 9-15. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2019.010.01.2>
- Wijayapala, W. D. A. S., & Mudunkotuwa, S. R. H. (2016). Co-firing of biomass with coal in pulverized coal fired boilers at Lakvijaya Power Plant: A case study. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 49(3). <https://engineer.sljol.info/articles/10.4038/engineer.v49i3.7074>

- Yanti, R. N., Ratnaningsih, A. T., & Ikhsani, H. (2022). Pembuatan bio-briket dari produk pirolisis biochar cangkang kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19(1), 11–18. <https://doi.org/10.31849/jip.v19i1.7815>
- Zahira, N. P., & Fadillah, D. P. (2022). Pemerintah Indonesia menuju target net zero emission (nze) tahun 2060 dengan variable renewable energy (vre) di Indonesia. *Jurnal Ilmu Sosial*, 2(2), 114-119. <https://doi.org/10.21831/jis.v2i2.25>