



TERBAKARNY BIOSFER

Peta Ancaman Pengembangan Energi Biomassa di Dunia
pembaruan tahun 2024

Catatan tentang istilah

Dalam laporan ini, beberapa istilah didefinisikan sebagai berikut.

Bioenergi: Istilah ini mengacu pada energi yang dihasilkan dari pembakaran biomassa padat, bahan bakar nabati cair, dan gas.

Bahan bakar nabati: Istilah ini meliputi berbagai sumber bahan bakar, yaitu biomassa padat dan arang, bahan bakar nabati cair, dan gas.

Energi biomassa: Istilah ini hanya mengacu pada energi yang dihasilkan dari pembakaran biomassa padat.

Biomassa berkayu: Bagian dari biomassa padat. Istilah ini mencakup kayu yang diambil dari hutan, perkebunan, dan ekosistem nonhutan seperti sabana. Biomassa ini juga mencakup produk sampingan dari pengolahan kayu.

Biomassa hutan: Bagian dari biomassa berkayu. Istilah ini mengacu pada kayu yang diambil langsung dari hutan.

Pembangkit energi: Fasilitas industri yang menghasilkan listrik (daya) atau panas, ataupun keduanya.

Pembangkit listrik: Fasilitas industri yang menghasilkan listrik.

Catatan tentang satuan

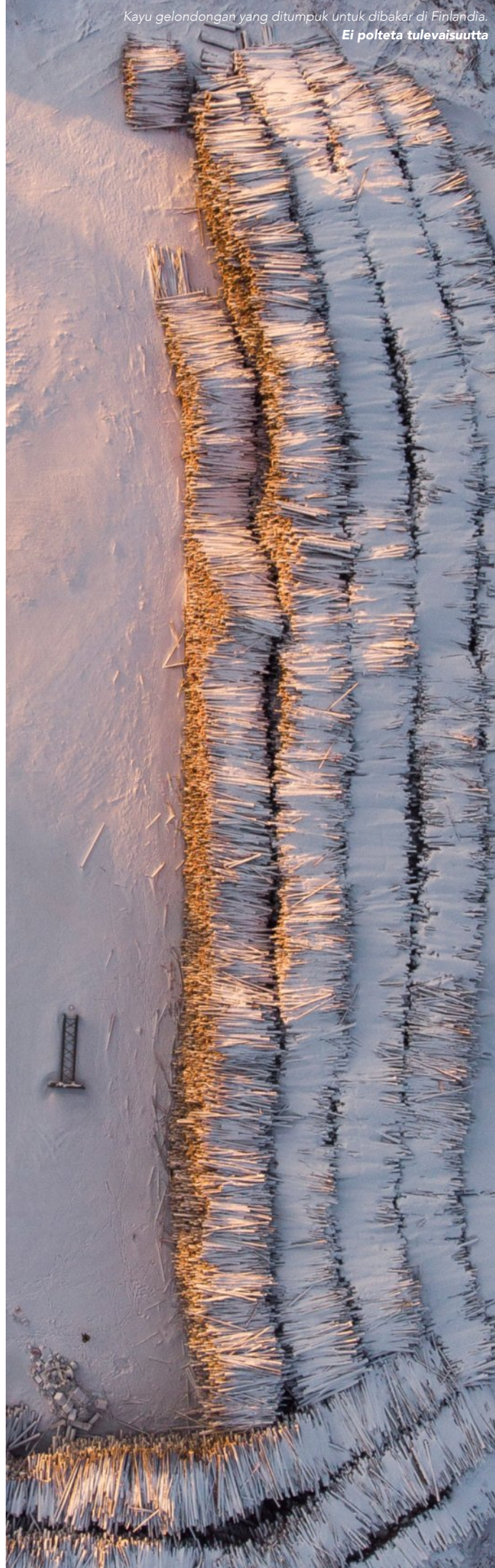
Exajoule (EJ) = satuan energi yang setara dengan 10¹⁸ Joule

Megawatt (MW) = satuan energi yang setara dengan 1.000.000 Watt

Gigawatt (GW) = satuan daya yang setara dengan satu miliar (10⁹) Watt

Metric tonne (MT) = satuan massa yang setara dengan 1.000 kilogram

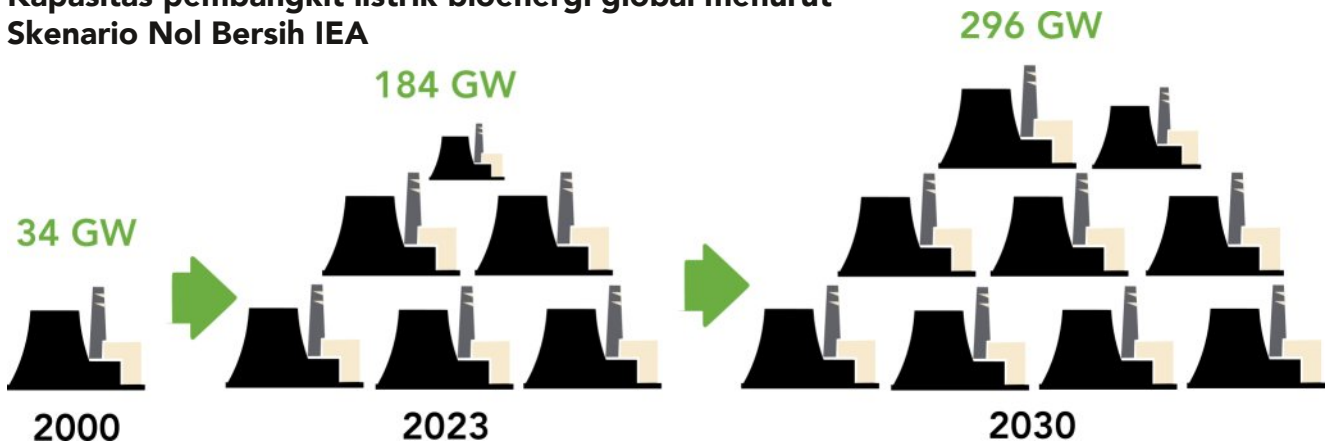
Megatonne (Mt) = satuan massa yang setara dengan 1 juta (10⁶) ton atau 1 juta (10⁹) kilogram



1. Pengembangan energi biomassa mengancam dunia

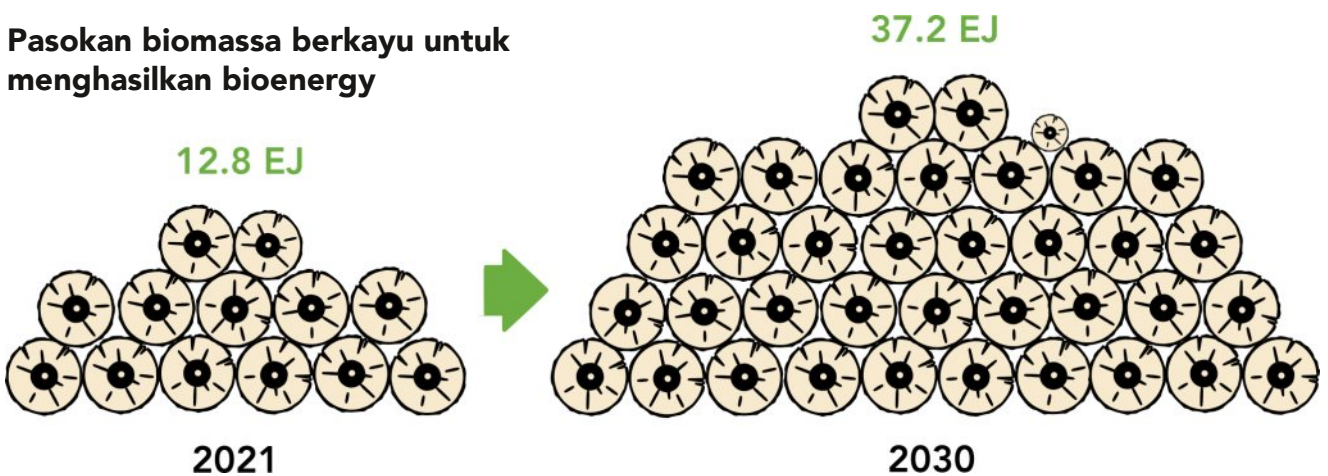
Kapasitas pembangkit listrik tenaga bioenergi telah meningkat lebih dari lima kali lipat sejak 2000. Skenario Nol Bersih dari Badan Energi Internasional (IEA) memperkirakan pertumbuhan lebih lanjut sebesar 90% pada 2030.

Kapasitas pembangkit listrik bioenergi global menurut Skenario Nol Bersih IEA

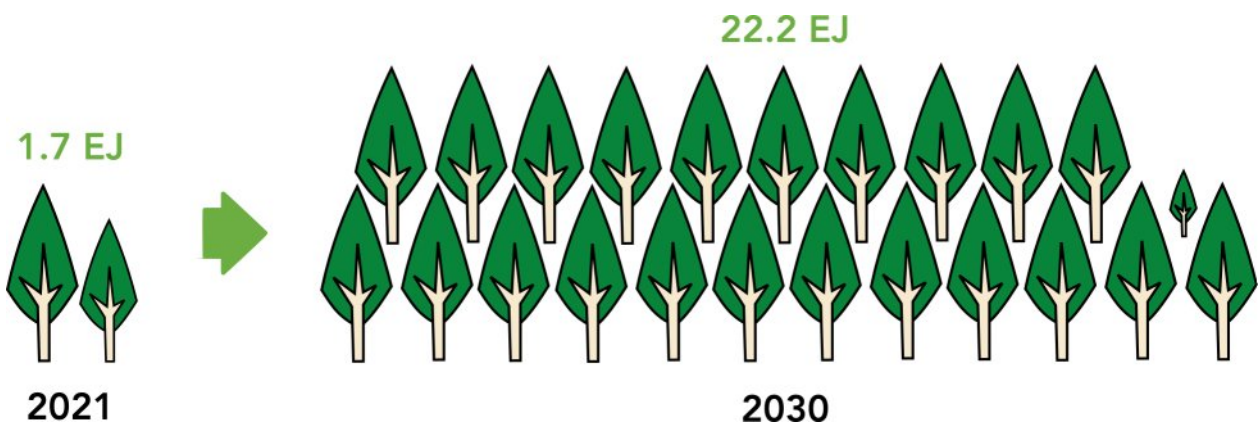


Untuk mendukung pertumbuhan ini, Skenario Nol Bersih IEA memproyeksikan peningkatan pasokan biomassa berkayu untuk sektor bioenergi. Targetnya adalah meningkatkan pasokan tiga kali lipat dari tahun 2021 hingga 2030, termasuk meningkatkan pasokan kayu dari tanaman berkayu rotasi pendek hingga 13 kali lipat.

Pasokan biomassa berkayu untuk menghasilkan bioenergy



Pasokan tanaman berkayu rotasi pendek* untuk menghasilkan bioenergi



* Termasuk pasokan biomassa berkayu dari hutan tanaman monokultur berisi pohon cepat tumbuh, misalnya eukaliptus, willow/gandarusa, dan poplar/kapas, serta spesies berkayu lainnya seperti *Miscanthus*.

2. Temuan utama dan rekomendasi

Temuan utama

- Berdasarkan Skenario Nol Bersih IEA, diperkirakan akan terjadi peningkatan tiga kali lipat pasokan biomassa berkayu antara tahun 2021 dan 2030 untuk menghasilkan energi. Untuk memenuhi kuantitas biomassa berkayu yang dibutuhkan, peningkatan ini akan bergantung pada ekspansi besar-besaran perkebunan monokultur, dengan potensi peningkatan pasokan hingga 13 kali lipat dari tingkat pasokan saat ini.
- Konvensi Kerangka Kerja Perubahan Iklim PBB (UNFCCC) melalui aturan penghitungan karbon biomassa menganggap jumlah emisi dalam sektor energi di negara yang menggunakan biomassa adalah nol, walaupun emisi sebenarnya tetap terjadi dalam jumlah signifikan yang keluar langsung dari cerobong asap pabrik pembakaran biomassa. Akibatnya, banyak negara memanfaatkan sumber energi ini, sehingga telah memicu pesatnya ekspansi fasilitas bioenergi berskala besar di seluruh dunia. Antara tahun 2000 dan 2022, jumlah energi listrik yang dihasilkan dari biomassa padat meningkat lima kali lipat.
- Peningkatan produksi listrik ini menyebabkan peningkatan besar dalam jumlah biomassa berkayu yang dibakar untuk menghasilkan energi. Kenaikan sebesar 50% terjadi dalam kurun 11 tahun saja (dari 2010 hingga 2021). Produksi pelet kayu di seluruh dunia meningkat 250%, dan mencapai 47,5 juta ton pada 2022.
- Pembalakan biomassa berkayu sebagai sumber energi menimbulkan sejumlah dampak lingkungan dan sosial yang merugikan. Dampak ini mencakup menurunnya kapasitas hutan di Uni Eropa untuk menyerap karbon, deforestasi dan degradasi hutan bernilai penting di seluruh dunia (termasuk hutan alam tua dan hutan primer di Amerika Utara, Eropa, dan Asia), dan pelanggaran Hak Asasi Manusia (HAM) seperti timbulnya dampak kesehatan yang diderita manusia dalam jangka panjang dan dirampasnya lahan Masyarakat Adat dan masyarakat setempat di negara-negara 'Global South' (istilah untuk negara berkembang serta terbelakang).
- Meskipun demikian, masih banyak negara yang tetap mendukung pembakaran biomassa berkayu untuk menghasilkan energi. Skenario yang dipromosikan oleh sejumlah organisasi/lembaga penting memperkirakan ekspansi industri ini akan makin cepat dalam beberapa tahun mendatang. Skenario Nol Bersih IEA pada 2050 memperkirakan terjadinya peningkatan tiga kali lipat pasokan biomassa berkayu dari 2021 hingga 2030, termasuk peningkatan 13 kali lipat pasokan biomassa berkayu dari Tanaman Berkayu Rotasi Pendek (*Short-Rotation Woody Crop/SRWC*).
- Upaya memenuhi pasokan biomassa SRWC dalam jumlah besar tentunya memerlukan perluasan hutan tanaman monokultur, yang nyata-nyata telah meningkatkan deforestasi dan alih hutan hujan seperti yang terjadi di Indonesia. Bahkan, rencana pengembangan bioenergi skala besar yang ada di dalam negeri berpotensi mengubah hingga 10 juta ha hutan menjadi lahan khusus untuk tanaman 'penghasil energi' ini.
- Jika kebijakan saat ini terus mendorong pengembangan bioenergi skala besar, kami memprediksi permintaan kayu akan melonjak drastis, yang pada akhirnya akan menyebabkan deforestasi dan degradasi hutan, terutama di Amerika Utara dan Asia Tenggara.



Rekomendasi

- **Aturan penghitungan karbon biomassa UNFCCC yang belum sempurna dan metodologi pelaporan terkait dari Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC), harus diubah.** Emisi dari pembakaran biomassa berkayu dalam sektor energi harus dihitung dan dikaitkan dengan negara yang mengonsumsinya, seperti halnya bahan bakar fosil. Dengan menyempurnakan aturan tersebut, emisi dari kedua sumber energi tersebut menjadi lebih transparan dan dapat dibandingkan. Penghitungan ini juga membantu mengurangi emisi CO₂ dalam sektor energi melalui pencegahan praktik pembakaran biomassa berkayu dalam jumlah besar yang dilakukan banyak negara saat ini karena memicu meningkatkan permintaan akan kayu, sementara tanggung jawab atas emisi dibebankan kepada negara penghasil kayu.
- **Pengembangan energi biomassa skala besar harus dikeluarkan dari target iklim nasional dan internasional.** Pengembangan tersebut tidak dapat disertakan dalam Ikrar Energi Terbarukan dan Efisiensi Energi Global (*Global Renewables and Energy Efficiency Pledge*) dan Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional (*Nationally Determined Contribution/NDC*). Negara seperti Inggris, beberapa negara anggota Uni Eropa (UE), Korea Selatan, Jepang, dan Indonesia, yang terbukti mendukung pembakaran biomassa berkayu skala besar untuk menghasilkan energi, harus mengubah pendekatannya dan segera beralih ke penggunaan sumber energi yang benar-benar terbarukan dan beremisi rendah. Sumber daya, terutama subsidi, dan perhatian yang saat ini diarahkan pada pengembangan energi biomassa, seharusnya dialihkan ke solusi iklim yang nyata, misalnya peningkatan efisiensi energi, perlindungan dan restorasi ekosistem alami, ekonomi sirkular, serta sumber energi rendah karbon yang sesungguhnya, termasuk tenaga angin dan surya.
- **Pembakaran campuran biomassa berkayu dengan batu bara (co-firing) tidak boleh dianggap sebagai bentuk pengurangan emisi bahan bakar fosil.** Konferensi Para Pihak (COP) terkait Iklim di Glasgow telah menghasilkan komitmen untuk 'mengurangi secara bertahap pembangkit listrik tenaga batu bara yang tidak dilengkapi teknologi penangkapan karbon'. Komitmen ini ditegaskan kembali dalam penilaian global terhadap kemajuan dalam mencapai tujuan Persetujuan Paris 2015 (*global stocktake*) pertama di Dubai.¹ Beberapa negara seperti Jepang, Indonesia, dan negara anggota UE memperluas definisi 'pengurangan emisi' (*abatement*) dengan memasukkan pencampuran bahan bakar lain dengan batu bara, termasuk biomassa berkayu, ke dalam pembangkit listrik tenaga batu bara yang ada. Penafsiran semacam ini akan meningkatkan emisi, merusak hutan, dan berdampak buruk terhadap masyarakat dengan mengasingkannya dari lahan dan sumber daya miliknya *sekaligus terus mengeksploitasi penggunaan batu bara*. Pencampuran biomassa berkayu dengan batu bara bukanlah pengurangan emisi. Energi biomassa tetap merupakan sumber energi beremisi tinggi, seperti halnya batu bara.





Kayu yang digunakan untuk menghasilkan energi. Nidauberg Wald, Swiss. health-and-forest.org

Daftar Isi

1.	Pengembangan energi biomassa mengancam dunia	3
2.	Temuan utama dan rekomendasi	4
3.	Pendahuluan	7
4.	Industri biomassa (ekspansi di masa lampau, kondisi saat ini, dan prospek masa mendatang)	8
5.	Produksi, konsumsi, dan perdagangan biomassa berkayu.	10
5.1	Produksi, konsumsi, dan perdagangan internasional pelet kayu (di masa lampau dan saat ini)	12
5.2	Produksi dan perdagangan internasional pelet kayu (memprediksi tren masa mendatang)	15
5.3	Penggunaan kayu serpih untuk menghasilkan energi (dalam jumlah besar)	17
6.	Faktor pendorong ekspansi pembakaran biomassa	21
6.1	Penghitungan karbon (kelemahan dan celah)	22
6.2	Kebijakan yang ada mendukung energi biomassa	23
6.3	Subsidi mempercepat penerapan dan dampak negatifnya	25
7.	Dampak negatif ekspansi industri energi biomassa	28
7.1	Iklim	29
7.2	Dampak lingkungan	32
7.3	Dampak terhadap manusia	35
8.	Kesimpulan	38
9.	Ucapan Terima Kasih	39
10.	Referensi	40

3. Pendahuluan

Laporan ini adalah bagian kedua dari serangkaian laporan yang merangkum skala dan cakupan global dampak industri energi biomassa yang terus meningkat terhadap hutan, masyarakat, dan iklim di seluruh dunia. Biomass Action Network dari Environmental Paper Network (EPN) International, sebuah jaringan organisasi yang menghimpun masyarakat sipil secara global, berkolaborasi untuk memetakan ancaman yang ditimbulkan oleh industri ini.

Laporan awal kami pada 2018, “Are Forests The New Coal? A Global Threat Map of Biomass Energy Development”, menyajikan dinamika penawaran dan permintaan energi biomassa hingga saat itu, serta memprediksi ancaman yang akan datang akibat pertumbuhan pembangkit energi skala besar selama periode 2017-2027, khususnya yang mengandalkan pelet kayu—komoditas internasional yang permintaannya terus meningkat. Pada dekade sebelumnya, penggunaan energi biomassa meningkat dua kali lipat, sedangkan produksi pelet kayu melonjak empat kali lipat. Pertumbuhan yang lebih cepat diperkirakan akan terjadi dalam 10 tahun berikutnya, dengan kenaikan permintaan biomassa berkayu mencapai 270%.

Ekspansi industri energi biomassa yang terus berlanjut dan makin mengkhawatirkan ini telah mendorong pembaruan laporan secara menyeluruh, dengan meninjau perkembangan industri hingga 2030 mendatang. Perkembangan ini terjadi di tengah krisis iklim dan keanekaragaman hayati global yang saling berkaitan. Perubahan iklim memicu hilangnya keanekaragaman hayati, sementara hilangnya keanekaragaman hayati memperburuk perubahan iklim. Kebutuhan untuk melindungi dan merestorasi hutan alam di seluruh dunia menjadi sangat mendesak. Namun, bioenergi justru muncul sebagai solusi semu yang bertentangan dengan upaya perlindungan iklim dan keanekaragaman hayati, padahal yang dibutuhkan adalah tindakan nyata yang positif.

Kami berfokus pada maraknya pembakaran biomassa berkayu dalam skala besar di fasilitas pembangkit energi. Kami tidak membahas biomassa tradisional yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti untuk pemanas dan

memasak di banyak daerah pedesaan di Global South, maupun pemanas rumah tangga yang bergantung pada pasokan kayu bakar di tingkat masyarakat. Kami berfokus pada pembentukan dan perluasan pembangkit tenaga biomassa yang merugikan, seperti fasilitas pembangkit independen yang membakar kayu serpih atau pelet kayu untuk menghasilkan listrik atau kombinasi panas dan listrik (CHP), serta pembangkit listrik konvensional (biasanya tenaga batu bara) yang dikonversi untuk membakar campuran batu bara dan kayu sebagai bahan bakar (dikenal sebagai *co-firing*).



Pencacahan batang utuh pohon bewuk/
beech di Belpberg, Swiss.
health-and-forest.org

Dalam laporan ini, kami menggunakan istilah ‘biomassa berkayu’ (*woody biomass*) yang berarti kayu yang berasal dari hutan dan perkebunan serta ekosistem nonhutan seperti sabana, termasuk juga produk sampingan dari pengolahan kayu.

Studi kasus tentang persoalan dan wilayah spesifik juga disertakan untuk menggambarkan berbagai aspek dan menunjukkan dampak globalnya.

Kami berharap laporan ini dapat menjadi peringatan bagi **lembaga/organisasi internasional** yang mendorong perluasan energi biomassa; dan bagi **pemerintah** yang memberikan subsidi untuk konversi pembangkit listrik tenaga batu bara menjadi biomassa; serta meyakinkan **investor** bahwa pembiayaan untuk pembangkit listrik tenaga biomassa merupakan tindakan yang tidak berkelanjutan; dan mendorong **analisis energi, peretail, dan konsumen** untuk membedakan biomassa hutan (sebagai teknologi energi ‘terbarukan’ yang menimbulkan emisi karbon tinggi) dari teknologi beremisi lebih rendah seperti tenaga angin dan surya.

4. Industri biomassa (ekspansi di masa lampau, kondisi saat ini, dan prospek masa mendatang)

Sektor energi biomassa telah berkembang pesat secara global sejak 2000, dengan peningkatan lima kali lipat dalam jumlah listrik yang dihasilkan dan peningkatan tiga kali lipat dalam jumlah panas yang dihasilkan di fasilitas pembangkit tenaga biomassa.

Perkembangan sektor energi ini menyebabkan kenaikan 50% jumlah biomassa berkayu yang dibakar di seluruh dunia, meningkatkan tekanan untuk membalak lebih banyak kayu guna memenuhi kebutuhan energi hingga menimbulkan dampak negatif terhadap iklim, lingkungan, dan masyarakat. Skenario Nol Bersih yang digalakkan oleh IEA dan Badan Energi Terbarukan Internasional (IRENA) memprediksi pertumbuhan pesat industri energi biomassa. Menurut skenario IEA, pasokan biomassa berkayu sebagai sumber energi diperkirakan akan meningkat tiga kali lipat antara 2021 dan 2030. Sementara itu, pasokan biomassa dari tanaman berkayu rotasi pendek diproyeksikan meningkat hingga 13 kali lipat. Jika benar terjadi, hutan akan menghadapi tekanan yang lebih besar, dan jutaan hektare hutan alam, ekosistem alami lainnya, serta lahan pertanian berpotensi diubah menjadi hutan tanaman monokultur.

Sumber energi terbarukan tidak hanya terbatas pada tenaga surya (fotovoltaik), angin, air, atau panas bumi, sebagaimana diketahui pada umumnya. Dalam skala global, sebagian besar (60%) energi yang diklasifikasikan sebagai energi terbarukan sebenarnya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar nabati, terutama biomassa padat, yang mencakup 85% dari semua bahan bakar nabati.² Bioenergi berkontribusi sebesar sepersepuluh dari total pasokan energi primer dunia.³

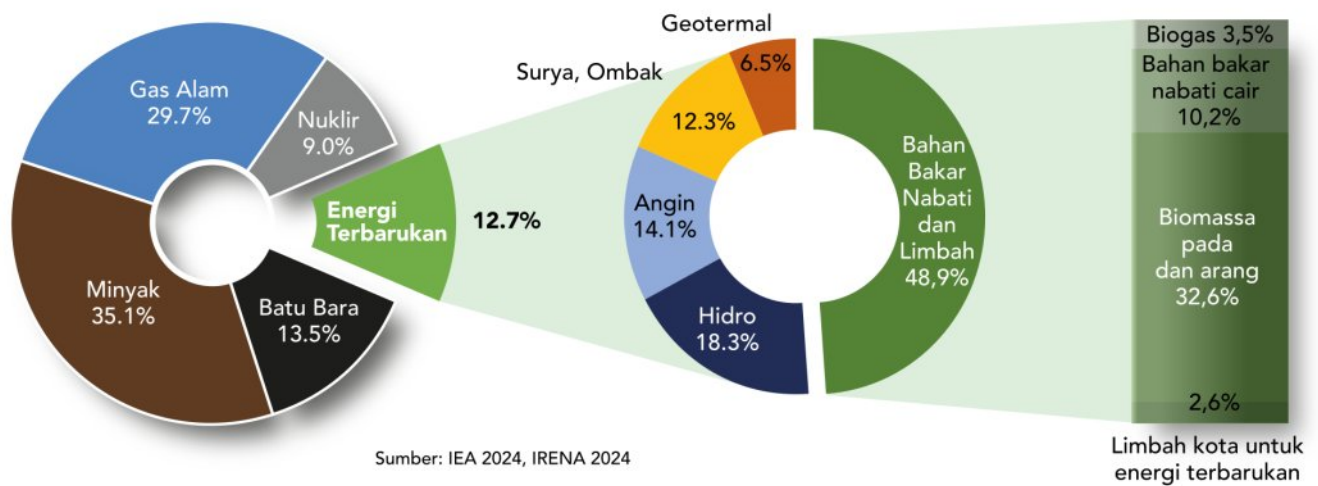
Dalam uraian ini, kami berfokus pada biomassa berkayu, bahan bakar utama yang dibakar di fasilitas bioenergi skala besar di seluruh dunia. Dalam dua dekade terakhir, telah terjadi lonjakan global dalam pengembangan industri bioenergi. Berlandaskan prinsip-prinsip yang keliru dalam penghitungan karbon biomassa dan klaim yang menyesatkan tentang netralitas karbon (lihat Bagian 6.1 dan 7.1), berbagai negara di seluruh dunia berinvestasi dalam pembangkit listrik tenaga biomassa baru dan *co-firing* untuk mengklaim pengurangan emisi gas rumah kaca yang dilaporkan dari sektor energi.

Akibatnya, antara tahun 2000 dan 2022, kapasitas pembangkit listrik bioenergi⁴ dalam skala global dan jumlah listrik yang dihasilkan dari pembakaran biomassa padat primer meningkat lebih dari lima kali lipat.⁵ Selama periode yang sama, pembangkit listrik yang hanya menghasilkan panas dan pembangkit listrik CHP mengalami hampir tiga kali lipat peningkatan dalam produksi energi.⁶ Sebagian besar bahan bakar yang digunakan dalam pembangkit energi tenaga biomassa adalah biomassa berkayu. Oleh karena itu, ekspansi sektor bioenergi menyebabkan peningkatan pesat sebesar 50% dalam jumlah kayu yang dibakar untuk menghasilkan energi dalam kurun 2010-2021.⁷ Terus meningkatnya permintaan akan biomassa berkayu di sektor energi menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap

¹ Peningkatan yang dilaporkan berkaitan dengan jumlah biomassa berkayu untuk tujuan selain penggunaan biomassa secara tradisional.

Pembangkit listrik Drax di Inggris, pembakar biomassa kayu terbesar di dunia. Biofuelwatch





Gambar 1: Total penggunaan energi primer di negara-negara industri (OECD) pada 2022. Hampir setengah dari semua energi terbarukan masih berasal dari tanaman pertanian dan hutan.

lingkungan dan sosial, antara lain berkurangnya jumlah karbon yang tersimpan dalam ekosistem hutan (lihat Bagian 7.1), deforestasi dan degradasi hutan yang bernilai penting (lihat Bagian 7.2), serta pelanggaran hak Masyarakat Adat dan masyarakat setempat (lihat Bagian 7.3).

Jika klaim terkini bahwa bioenergi merupakan sumber energi berkelanjutan tidak dikoreksi, sektor ini kemungkinan akan terus berkembang. Dugaan ini didukung oleh skenario yang dipublikasikan oleh organisasi seperti IEA dan IRENA. Skenario Nol Bersih pada 2050 dari IEA memperkirakan pertumbuhan sebesar 60% dalam pasokan energi dari biomassa padat modern pada 2030, dan secara keseluruhan lebih dari dua kali lipat hingga mencapai 73 EJ pada tahun 2050.⁸ Dalam skenario tersebut, industri dan sektor energi akan menjadi konsumen akhir terbesar atas penggunaan energi dari biomassa padat modern, dengan konsumsi masing-masing sebesar 66% pada 2030 dan 80% pada 2050.

Menurut skenario IEA, total pasokan biomassa berkayu untuk bioenergi akan meningkat tiga kali lipat pada 2030 (dari 12,8 EJ menjadi 37,2 EJ) untuk memenuhi tingginya permintaan. Tambahan biomassa berkayu ini diperkirakan akan berasal terutama dari tanaman berkayu rotasi pendek, termasuk spesies pohon yang tumbuh cepat di hutan tanaman (misalnya eukaliptus, *willow*/gandarusa, dan *poplar*/kapas, serta spesies berkayu lainnya seperti *Miscanthus*). Dalam skenario ini, pasokan biomassa berkayu dari tanaman rotasi pendek diperkirakan meningkat lebih dari 13 kali lipat, dari 1,7 EJ pada 2021 menjadi 22,2 EJ pada 2030. Peningkatan permintaan biomassa berkayu dalam jumlah sebesar ini sangat mungkin menyebabkan ekspansi hutan tanaman monokultur dalam skala global,

dengan segala konsekuensi negatif terhadap lingkungan dan masyarakat (lihat Bagian 7.2.2). Ekspansi ini jelas bertentangan dengan rekomendasi dari lokakarya bersama IPCC dan Platform Antarpemerintah tentang Keanekaragaman Hayati dan Jasa Ekosistem (IPBES) mengenai keanekaragaman hayati dan perubahan iklim, yang menyatakan bahwa *"Pembudidayaan tanaman bioenergi (termasuk pohon, rumput tahunan, atau tanaman musiman) dalam sistem monokultur pada bidang lahan yang sangat luas dapat merusak ekosistem, mengurangi pasokan berbagai jasa lingkungan bagi manusia, dan menghambat pencapaian sejumlah Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG)".*⁹

Selain tanaman berkayu rotasi pendek, skenario IEA melaporkan pasokan residu hutan dan kayu meningkat sepertiga (dari 8,3 menjadi 11,9 EJ), dan biomassa dari penanaman hutan meningkat 11% (dari 2,8 menjadi 3,1 EJ).¹⁰ Pada 2050, pasokan biomassa berkayu diperkirakan akan terus meningkat hingga mencapai lebih dari 50 EJ, yang melebihi setengah dari total pasokan bioenergi pada tahun tersebut.¹¹ Skenario pembatasan kenaikan suhu di bawah 1,5°C yang disajikan oleh IRENA dalam World Transitions Outlook 2024¹² juga menunjukkan pertumbuhan yang sangat pesat di sektor energi biomassa. Penggunaan biomassa untuk menghasilkan energi diperkirakan akan meningkat lebih dari dua kali lipat pada 2030 dan lebih dari empat kali lipat pada 2050. Perkembangan energi biomassa yang begitu cepat dalam skala besar ini berisiko memperburuk dampak sosial, lingkungan, dan iklim yang sudah ada, sebagaimana diakui oleh IRENA: *"Peningkatan produksi biomassa menjadi tantangan utama yang harus diatasi dalam mencegah timbulnya konsekuensi lingkungan atau sosial."*¹³

5. Produksi, konsumsi, dan perdagangan biomassa berkayu

Akibat terjadinya ekspansi industri energi biomassa, produksi pelet kayu di dunia meningkat lebih dari 250% dalam 10 tahun terakhir, mencapai 47,5 juta ton pada 2022.

Eropa tetap menjadi konsumen terbesar bahan bakar ini, dengan dua pertiga dari total produksi pelet kayu global dikonsumsi di wilayah ini. Namun, pertumbuhan konsumsi tercepat dalam beberapa tahun terakhir (antara 2017 dan 2022) terjadi di Korea Selatan (peningkatan 83%) dan Jepang (peningkatan tujuh kali lipat). Untuk memenuhi permintaan industri biomassa akan biomassa berkayu, negara-negara di Eropa dan Asia Timur makin banyak mengimpor pelet kayu, terutama dari Amerika Serikat, Kanada, dan Vietnam. Kegiatan ini menyebabkan degradasi hutan alam di negara-negara tersebut, serta hilangnya ekosistem alami akibat deforestasi dan konversi menjadi hutan tanaman monokultur. Jika tren dalam beberapa tahun terakhir terus berlanjut, kami memperkirakan peningkatan permintaan pelet kayu, terutama di Asia Timur, akan menyebabkan produksi pelet kayu di Kanada dan Vietnam meningkat dua kali lipat serta peningkatan produksi pelet di Amerika Serikat hingga 50%.

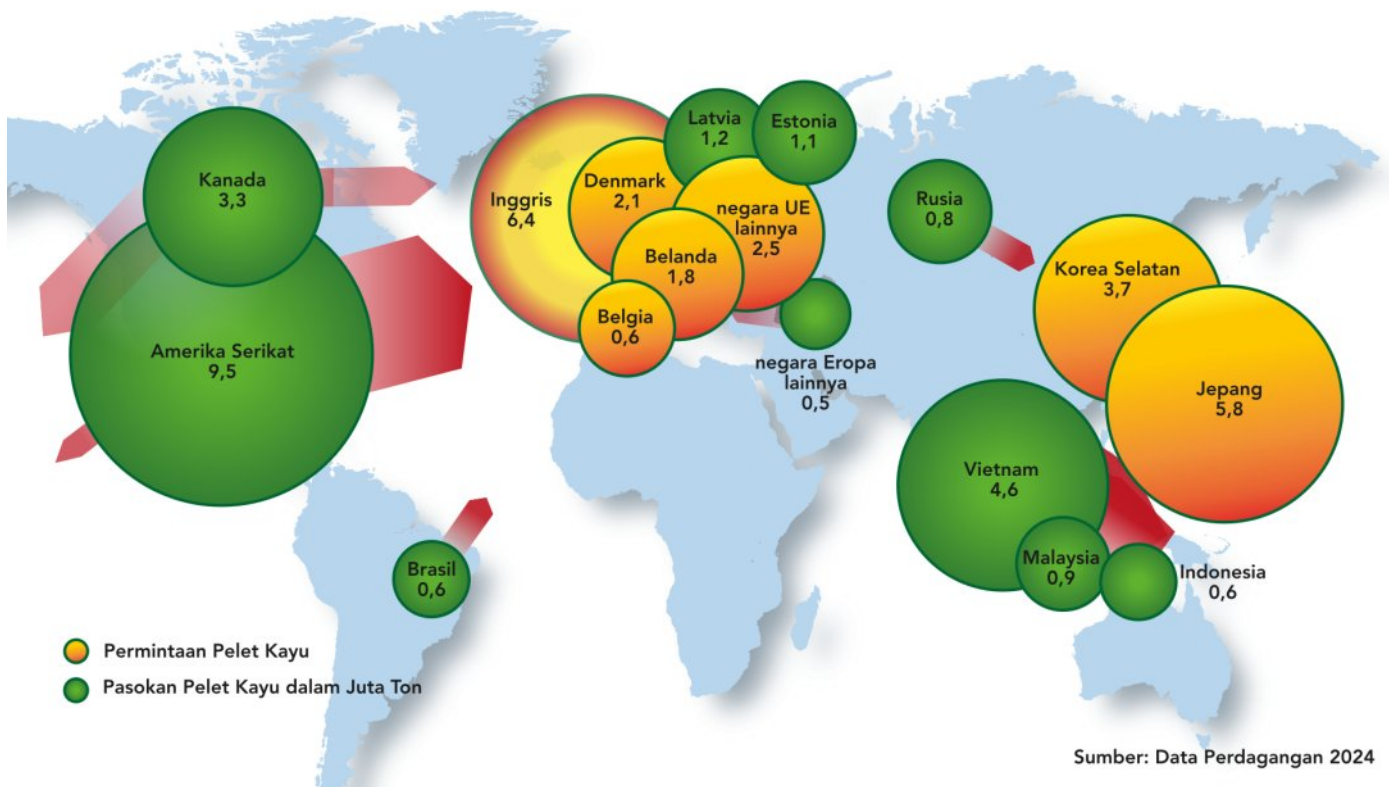
Biomassa berkayu adalah salah satu jenis biomassa padat yang paling banyak digunakan untuk pembakaran energi di

dunia. Bentuk utama biomassa berkayu yang digunakan untuk produksi energi meliputi kayu bakar, arang, briket, pelet kayu, dan kayu serpih. Pembangkit energi berskala besar, yang menjadi fokus utama studi ini, menggunakan pelet kayu dan kayu serpih sebagai bahan bakar utama. Di sini, kami berfokus pada pelet kayu dan memberikan perhatian khusus pada perdagangan internasional. Kami sengaja memilihnya berdasarkan ketersediaan data dan fakta bahwa pembakaran untuk menghasilkan energi merupakan satu-satunya kegunaan utama pelet kayu. Pembangkit energi berskala besar juga menggunakan biomassa dalam bentuk lain, misalnya kayu serpih. Akan tetapi, kayu serpih juga memiliki kegunaan lain, termasuk untuk produksi pulp kayu dan papan partikel. Oleh karena itu, sulit untuk menentukan secara pasti proporsi kayu serpih yang digunakan untuk menghasilkan energi, meskipun data yang tersedia menunjukkan bahwa kuantitasnya cukup signifikan. Di akhir bagian ini, kami akan membahas masalah pembakaran kayu serpih untuk menghasilkan energi.

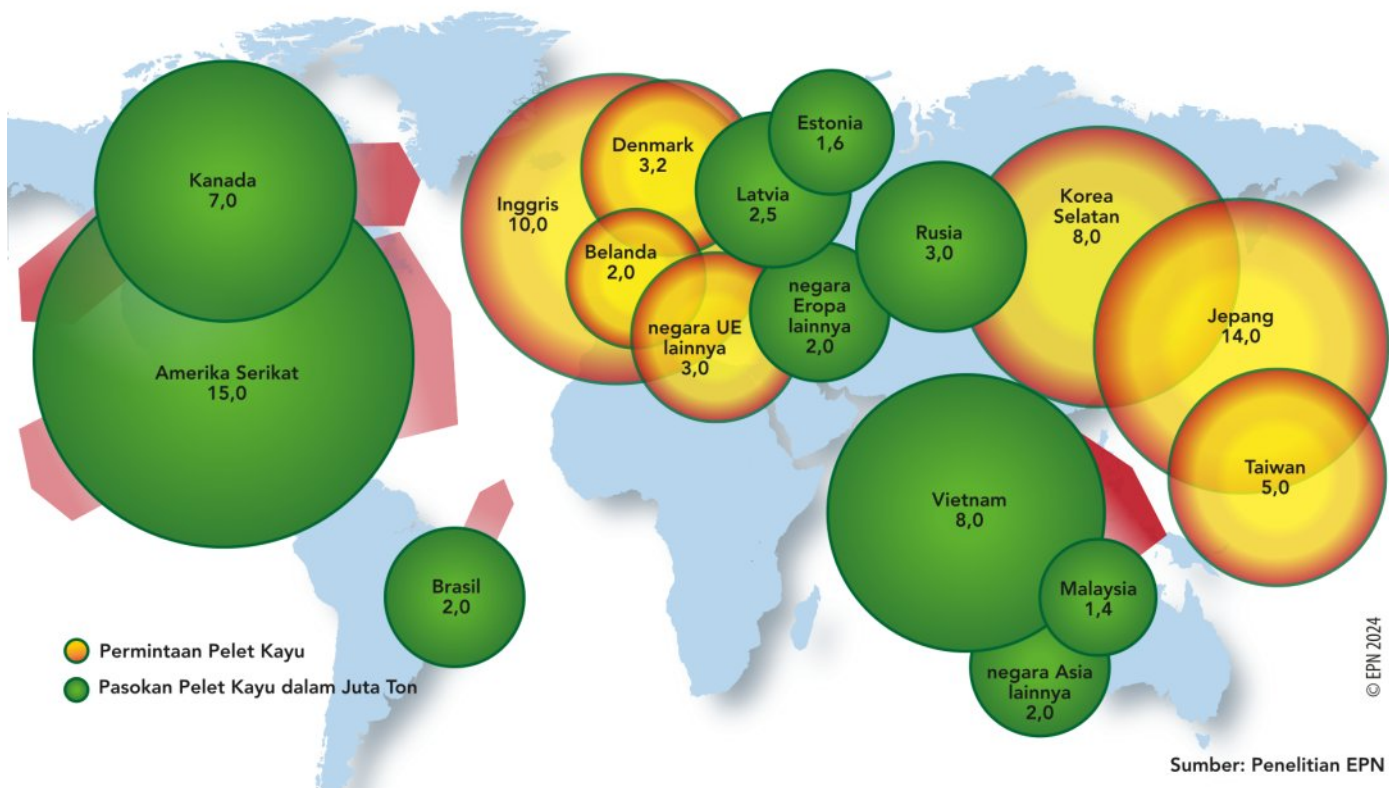
Pabrik pelet kayu Enviva di Ashokie, North Carolina, yang memproduksi dan mengekspor pelet kayu. Sumber foto. Dogwood Alliance



Impor dan Ekspor Pelet Kayu pada 2023



Impor dan Ekspor Pelet Kayu pada 2030



Gambar 2a & 2b: Impor dan ekspor pelet kayu mencapai hampir 23 juta ton pada 2023, meningkat lebih dari 60% dibandingkan tahun 2017. Pada akhir dekade ini, perdagangan internasional pelet kayu diperkirakan akan berlipat ganda hingga lebih dari 45 juta ton. Peningkatan terbesar diperkirakan terjadi di Asia Timur, sementara permintaan di Eropa akan meningkat dengan jumlah yang lebih rendah.ⁱⁱ

ⁱⁱ Peta ini menunjukkan impor dan ekspor utama pelet kayu. Data ini tidak mencakup pelet yang diproduksi dan dikonsumsi di negara yang sama. Data tahun 2023 didasarkan pada statistik perdagangan yang tersedia, sedangkan proyeksi tahun 2030 didasarkan pada informasi tentang pabrik pelet dan fasilitas co-firing yang direncanakan, serta asumsi mengenai perkembangan kebijakan nasional terkait bioenergi, dengan mempertimbangkan Rencana Energi dan Iklim Nasional (NECP).

5.1 Produksi, konsumsi, dan perdagangan internasional pelet kayu (di masa lampau dan saat ini)

Perluasan industri biomassa memicu peningkatan tajam akan permintaan sehingga produksi pelet kayu dalam skala global juga meningkat. Sepanjang 2012-2022, produksi pelet kayu di dunia melonjak lebih dari dua setengah kali lipat menjadi 47,5 juta ton. Hanya dalam waktu lima tahun sejak diterbitkannya Biomass Threat Map pertama oleh EPN, produksi pelet kayu telah meningkat lebih dari 40%.¹⁴ Pertumbuhan permintaan yang pesat di Eropa (tidak termasuk Rusia dan Belarus, tetapi termasuk Inggris) dan Asia Timur (tempat penggunaan 85% pelet kayu yang diproduksi di seluruh dunia) berkontribusi terhadap seluruh peningkatan konsumsi pelet kayu dari 2017 hingga 2022.¹⁵

Asia Timur

Pertumbuhan permintaan yang sangat cepat dalam periode yang sama juga terjadi di Korea Selatan (naik 83%) dan Jepang (lebih dari tujuh kali lipat). Alasan utamanya adalah ekspansi sektor bioenergi. Kedua negara tersebut gencar mempromosikan pembangkit listrik skala besar dengan membakar biomassa padat dalam beberapa tahun terakhir (lihat Bagian 6.3). Di Jepang, penggunaan bahan bakar ini sebagai pembangkit listrik meningkat hampir dua kali lipat dari 2017 hingga 2022.¹⁶ Sedangkan di Korea, peningkatan yang terjadi sekitar dua pertiga.¹⁷ Karena Korea dan Jepang sangat bergantung pada impor (90%) untuk memenuhi permintaan akan pelet kayu, permintaan yang lebih besar dipenuhi terutama dengan meningkatkan impor (70% untuk Korea dan 99% untuk Jepang).

Vietnam merupakan pemasok utama pelet kayu bagi kedua negara Asia Timur ini. Hampir seluruh hasil produksinya diekspor ke Jepang dan Korea.¹⁸ Permintaan ini mendorong lonjakan produksi pelet yang belum pernah terjadi sebelumnya. Produksinya meningkat lebih dari 90 kali lipat hanya dalam satu dekade,¹⁹ mencapai angka 4,6 juta ton pada 2022. Peningkatan ini mengakibatkan deforestasi dan degradasi hutan tropis bernilai penting.²⁰ Selain Vietnam, Jepang juga mengimpor sejumlah besar pelet kayu dari Amerika Serikat dan Kanada, yang turut menyebabkan degradasi hutan, termasuk hutan alam tua di Amerika Utara.

*Seorang aktivis di Gorontalo, berdiri di jalan untuk memprotes ekspor biomassa berkayu yang diambil dari hutan rentan di Indonesia untuk menyediakan bahan bakar pembangkit listrik di Jepang dan Korea. **Trend Asia***



Vietnam - pemasok utama pelet kayu

Vietnam telah menjadi pemasok utama pelet kayu di pasar internasional. Sebanyak 95% produknya diekspor ke Korea Selatan dan Jepang, dua negara pengimpor utama di Asia Timur. Namun, dinamika ekspor ke kedua negara ini berbeda satu sama lain.

Sejak 2010 hingga 2015, industri ekspor pelet kayu di Vietnam berkembang pesat, menjadikannya salah satu sektor penting dalam pengolahan dan ekspor kayu negara tersebut. Ekspornya meningkat 28 kali lipat hanya dalam sembilan tahun, dari 175.000 ton pada 2013 menjadi hampir 4,9 juta ton pada 2022.²¹ Tren ekspor ini terus berkembang. Di wilayah tengah Vietnam, terdapat persaingan ketat antara ekspor kayu serpih dan pelet kayu.

Bahan baku untuk produksi pelet kayu bervariasi tergantung wilayah, begitu pula kualitas peletnya. Saat ini terdapat sekitar 400-500 perusahaan yang memproduksi pelet kayu, dan sekitar 100 di antaranya terlibat langsung dalam kegiatan ekspor. Menurut analisis industri Forest Trends, salah satu tantangan terbesar Vietnam dalam mengekspor pelet kayu adalah tidak berkelanjutannya bahan baku, termasuk dalam hal jumlah, standar, dan kualitas.

Biomass Action Network sangat mengkhawatirkan terjadinya alih fungsi hutan alami menjadi perkebunan seiring dengan berjalannya ekspansi industri, serta digunakannya limbah campuran dari kayu impor untuk pembuatan furnitur yang legalitasnya sulit dipastikan.

Produk bersertifikat dikirim ke Jepang yang menerapkan standar ketertelusuran dan tingkat keberlanjutan ketat (sesuai

penafsiran). Skandal terkait pemalsuan sertifikasi dan penangguhan An Viet Phat oleh FSC pada 2021 silam berdampak negatif terhadap seluruh sektor pelet kayu di Vietnam dan menimbulkan reputasi yang buruk di mata Jepang. Sementara itu, kayu yang tidak bersertifikat dikirim ke Korea Selatan yang menerapkan standar kualitas pelet kayu yang lebih rendah dan tidak memiliki kriteria keberlanjutan.

Vietnam memiliki potensi besar untuk memperluas ekspor pelet kayu ke Jepang seiring dengan meningkatnya penggunaan biomassa di negara tersebut, dengan keunggulan kompetitif yang signifikan terkait jarak pengangkutan, harga, dan kualitas dibandingkan negara produsen pelet lainnya.

Ketidakpastian di pasar Korea Selatan dirasakan oleh Vietnam karena adanya pelet kayu yang diimpor dari Rusia (yang tidak lagi diterima di Eropa) dan saat ini dijual ke Korea Selatan karena negara ini tidak menerapkan sanksi. Ketidakstabilan yang tinggi, terutama terkait harga, mungkin akan membaik dalam beberapa tahun ke depan, tetapi tren pasar secara umum diperkirakan tetap stabil karena Korea juga makin mengandalkan sumber domestiknya.

Di dalam negeri, penggunaan pelet kayu dalam industri ringan dan berat di Vietnam masih berada di tingkat rendah, tetapi berkembang anggapan bahwa langkah ini dapat disebut tindakan iklim (*climate measure*). Beberapa pembangkit listrik tenaga biomassa mulai diperkenalkan.

Deforestasi di Vietnam Utara. Alliance of Bioversity International/Flickr



Eropa

Meskipun persentase peningkatan konsumsi di Eropa (30% dari 2017 hingga 2022) relatif kecil dibandingkan Asia Timur, Eropa tetap menjadi negara yang paling banyak membakar pelet kayu untuk menghasilkan energi dari biomassa. Pada 2022, konsumsi bahan bakar ini di negara-negara anggota UE dan Inggris mencapai 30,4 juta ton, setara dengan 64% dari total produksi global pada tahun tersebut. Inggris masih menjadi negara dengan konsumsi

pelet kayu terbesar di Eropa untuk menghasilkan energi dari biomassa (7,8 juta ton pada 2022), yang mengimpor lebih dari 95% bahan bakarnya dari luar negeri, terutama Amerika Serikat. Peningkatan besar dalam konsumsinya (lebih dari 10 kali lipat) terjadi di Belanda pada 2022, yang membakar sekitar 2,6 juta pelet kayu, terutama dari Amerika Serikat.

Carpathia selatan, Rumania. xulescu_g/Flickr

STUDI KASUS

Ekspansi industri pelet kayu di Balkan

Negara-negara di Eropa Timur dan Semenanjung Balkan adalah rumah bagi beberapa hutan paling alami yang tersisa di Benua Eropa. Banyak lembahnya belum terjamah, menyimpan keanekaragaman hayati yang luar biasa, dengan sungai alami yang mengalir melewati daerah tangkapan air berhutan yang masih utuh. Daerah ini hingga kini mampu bertahan dari eksploitasi besar-besaran untuk produk/komoditas kayu, yang sayangnya telah menjadi hal biasa di hampir seluruh wilayah Eropa lainnya. Namun, keadaan kini berubah dengan cepat, dan bukan ke arah yang lebih baik. Sejumlah hutan terpencil dan sulit diakses di Eropa Timur dan Semenanjung Balkan kini menghadapi ancaman atas nama energi terbarukan. Dengan negara-negara non-UE yang berupaya menjalin hubungan lebih erat dengan UE, traktat seperti Energy Community Treaty telah mengubah kebijakan dan arah pengembangan energi di negara-negara ini.

Beberapa tahun yang lalu, hanya ada segelintir pabrik produksi pelet yang bersertifikat ENplus® di Semenanjung Balkan. Saat ini, ada hampir 100 produsen pelet bersertifikat ENplus® yang aktif di wilayah antara Slovenia dan Yunani, dengan tambahan 20 fasilitas lainnya di Rumania dan Bulgaria.²² ENplus® adalah salah satu 'penyertifikasi' terkemuka untuk pelet kayu. Namun, sertifikasi ini hanya

berkaitan dengan kualitas produk yang dibakar dan tidak ada hubungannya dengan pengadaan bahan baku atau pengelolaan hutan. Di Rumania, pelet yang dipasarkan di negara-negara Eropa Barat berasal dari hutan alam tua di lembah terpencil Pegunungan Carpathia.²³

Pelet kayu yang bahan bakunya berasal dari berbagai tempat telah dicampur, dan label sertifikasi tidak memungkinkan konsumen untuk mengetahui asal produk yang dibelinya. Akibatnya, pedagang dapat mengiklankan pelet yang bersumber dari hutan bernilai penting sebagai produk yang 'hijau' (berkelanjutan), terbarukan, dan ramah lingkungan. Berbagai hutan yang menjadi sumber bahan baku pelet seharusnya dilindungi sebagai kawasan Natura 2000, tetapi penegakan hukum lingkungan Eropa di Rumania sangat lemah. Ditambah lagi, fasilitas energi biomassa kini dibiayai oleh perusahaan dan pemerintah Uni Eropa, sehingga hutan utuh terakhir di Eropa Timur dan Semenanjung Balkan menghadapi ancaman komersialisasi komoditas yang belum pernah terjadi sebelumnya. Ancaman ini dapat menimbulkan dampak jangka panjang yang merusak ekosistem hutan, ekonomi, dan masyarakat yang bergantung pada hutan yang sehat dan sumber energi terbarukan yang sesungguhnya untuk bertahan hidup.

5.2 Produksi dan perdagangan internasional pelet kayu (memprediksi tren masa mendatang)

Kami memperkirakan produksi dan perdagangan internasional pelet kayu akan terus meningkat jika tren saat ini tidak berubah. Eropa dan Asia Timur akan tetap menjadi konsumen utama pelet kayu yang sebagian besar diimpor dari Kanada, Amerika Serikat, dan Vietnam. Permintaan pelet kayu di Eropa diperkirakan akan tetap pada tingkat yang hampir sama, dengan kemungkinan peningkatan permintaan di

Pendorong utama pertumbuhan produksi pelet kayu adalah meningkatnya permintaan dengan pesat di negara-negara Asia Timur. Kemungkinan besar Jepang juga mendorong pertumbuhan ini, karena negara ini menyetujui pemberian insentif (*feed-in tariff*) untuk pembangkit listrik tenaga biomassa berkapasitas 7,6 GW hingga 2022 lalu, tetapi hanya 3 GW yang telah beroperasi.

Penerimaan/penggunaan kapasitas yang telah disetujui ini berjalan perlahan tetapi pasti, dan tidak semua kapasitas yang disetujui dapat beroperasi penuh pada akhir dekade ini. Jika semua kapasitas terpasang yang disetujui mulai beroperasi, impor pelet kayu bisa meningkat lebih dari dua kali lipat, dari 5,8 juta ton (Megaton/Mt) pada 2023 menjadi sebanyak 14 Mt pada 2030. Di Korea Selatan (yang mengimpor 3,7 Mt pelet kayu pada 2023) saat ini, terdapat lima pembangkit listrik tenaga biomassa dalam tahap perencanaan, dan kapasitas pembangkit yang ada diperkirakan akan meningkat lebih dari setengahnya pada 2026. Dengan demikian, impor pelet kayu dapat meningkat lebih dari dua kali lipat, hingga mencapai 8 Mt pada 2030. Taiwan dapat menjadi pemain baru di pasar ini. Saat ini, impor pelet belum signifikan, tetapi diperkirakan akan

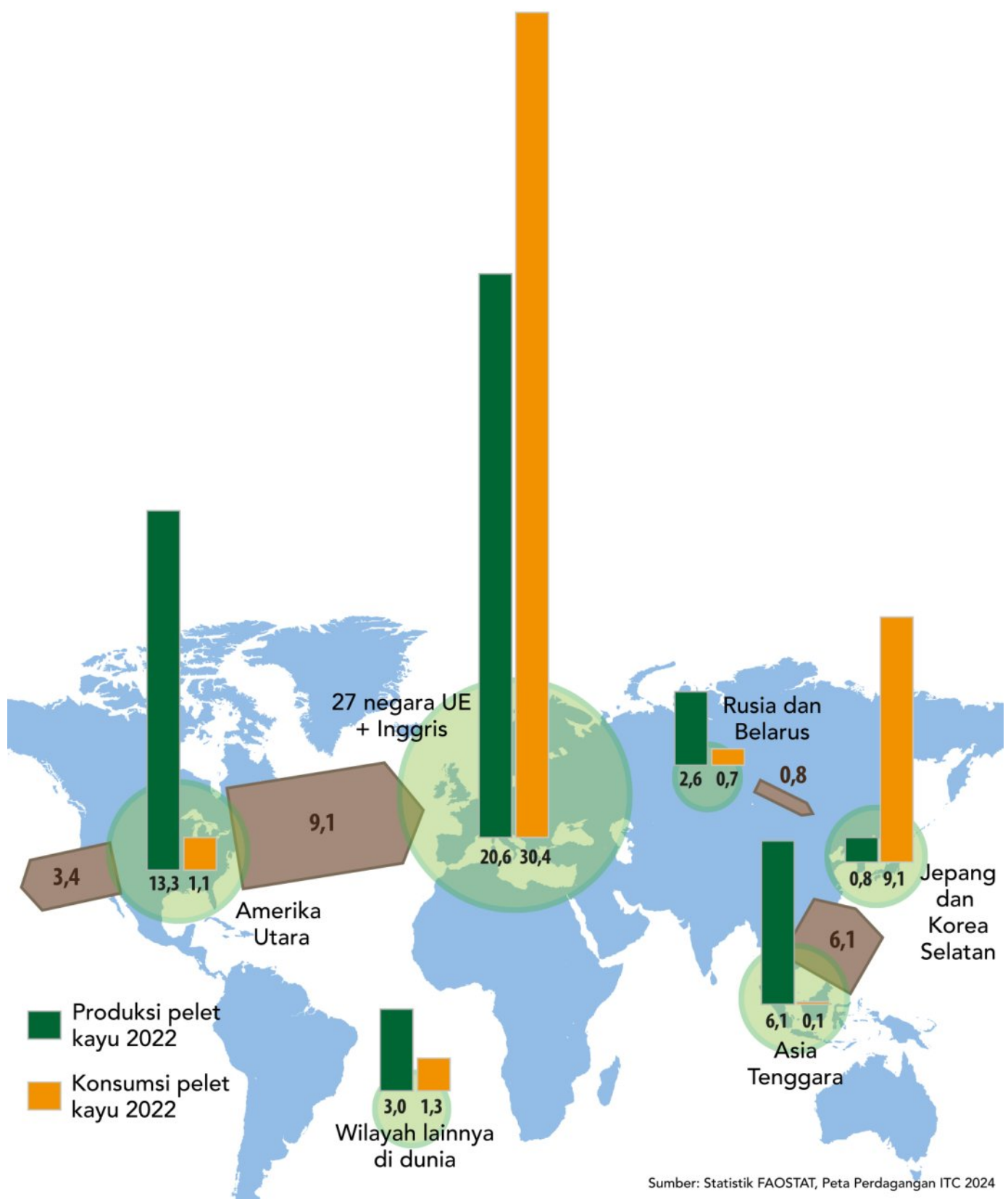
berubah dalam beberapa tahun ke depan. Negara ini menargetkan peningkatan pangsa energi terbarukan menjadi 20% dari total kapasitas listriknya pada 2025, dengan ketergantungan yang cukup besar pada biomassa.²⁴ Jika Taiwan mengikuti jejak Korea dan Jepang serta mengonversi sejumlah besar dari 55 unit pembangkit listrik tenaga batu bara menjadi tenaga biomassa, impor pelet kayu dari industri dapat meningkat hingga 5 Mt pada 2030.

Lonjakan permintaan di Asia Timur diperkirakan akan dipenuhi dengan meningkatkan impor pelet kayu dari negara-negara yang selama ini menjadi andalan, yaitu Vietnam, Amerika Serikat, dan Kanada. Di AS sendiri, saat ini terdapat sejumlah pabrik pelet kayu dengan total kapasitas sekitar 5 Mt yang sedang dalam tahap pembangunan atau baru diusulkan.²⁵ Jika sebagian dari proyek ini terealisasi pada 2030, ekspor pelet kayu dari AS dapat meningkat hingga 50% menjadi 15 Mt. Permintaan di negara-negara Asia Timur juga berpotensi mendorong peningkatan ekspor pelet kayu dari Kanada dan Vietnam hingga dua kali lipat, dengan perkiraan ekspor masing-masing mencapai 7 Mt dan 8 Mt pada 2030.

*Pabrik pelet kayu Drax Smithers di British Columbia, Kanada. **Bulkley Valley Stewardship Coalition/Flickr***



Peta pelet kayu di dunia dan perdagangannya pada 2022 (dalam Mt)



Gambar 3: Produksi dan konsumsi pelet kayu tertinggi terjadi di Eropa, dengan sejumlah besar diimpor dari Amerika Utara. Sepanjang 2011-2020, Jepang dan Korea Selatan juga menjadi pengimpor utama pelet kayu, yang menyebabkan proliferasi cepat berbagai fasilitas produksi di Asia Tenggara, terutama di Vietnam.



Pencacahan batang pohon ek utuh, Natura 2000 di Swiss. [health-and-forest.org](https://www.health-and-forest.org)

5.3 Penggunaan kayu serpih untuk menghasilkan energi (dalam jumlah besar)

Pelet kayu bukan satu-satunya jenis biomassa berkayu yang digunakan sebagai bahan bakar di pembangkit energi skala besar. Kayu serpih juga umum digunakan di fasilitas ini. Seperti pelet kayu, kayu serpih sebagian besar diproduksi dari biomassa berkayu yang berasal dari hutan. Bahan bakunya dapat berupa produk sampingan dari industri pengolahan kayu, tetapi tak sedikit juga kayu serpih yang memang digunakan untuk menghasilkan energi dari cacahan kayu bulat.

Pada 2022, produksi kayu serpih di seluruh dunia mencapai sekitar 269 juta m³, meningkat 15,5% dibandingkan tahun 2000. Namun, data yang tersedia belum bisa memberikan informasi pasti berapa proporsi kayu serpih yang digunakan untuk menghasilkan energi, karena selain untuk energi, bahan ini juga digunakan untuk menghasilkan produk lain, terutama pembuatan pulp dan papan partikel kayu. Meskipun demikian, di sebagian besar negara yang sektor bioenerginya sudah maju, sejumlah besar kayu serpih dibakar untuk menghasilkan energi.

Seperti halnya pelet kayu, Eropa dan Asia Timur termasuk wilayah yang paling banyak membakar kayu serpih untuk menghasilkan energi. Pada 2013, terdapat lebih dari 3.000 pembangkit energi di negara-negara anggota UE dengan kapasitas terpasang di atas 1 MW yang menggunakan

sekitar 51 juta ton kayu serpih untuk menghasilkan energi²⁶ (lihat studi kasus tentang Finlandia di bawah). Di Jepang, dukungan terhadap energi biomassa yang telah disebutkan sebelumnya menyebabkan peningkatan pesat dalam jumlah kayu serpih yang dibakar di pembangkit listrik tenaga biomassa. Hanya dalam waktu enam tahun dari 2015 hingga 2021, jumlah kayu serpih yang dibakar meningkat sebesar 55% mencapai lebih dari 10,7 juta ton. Lebih dari setengah kayu serpih yang dibakar pada tahun tersebut berasal langsung dari hutan di Jepang.²⁷ Permintaan kayu serpih di sektor energi Korea Selatan juga meningkat pesat dalam beberapa tahun terakhir. Antara tahun 2014 dan 2022, jumlah kayu serpih yang dibakar di pembangkit listrik meningkat lebih dari lima kali lipat mencapai 338.000 ton.²⁸

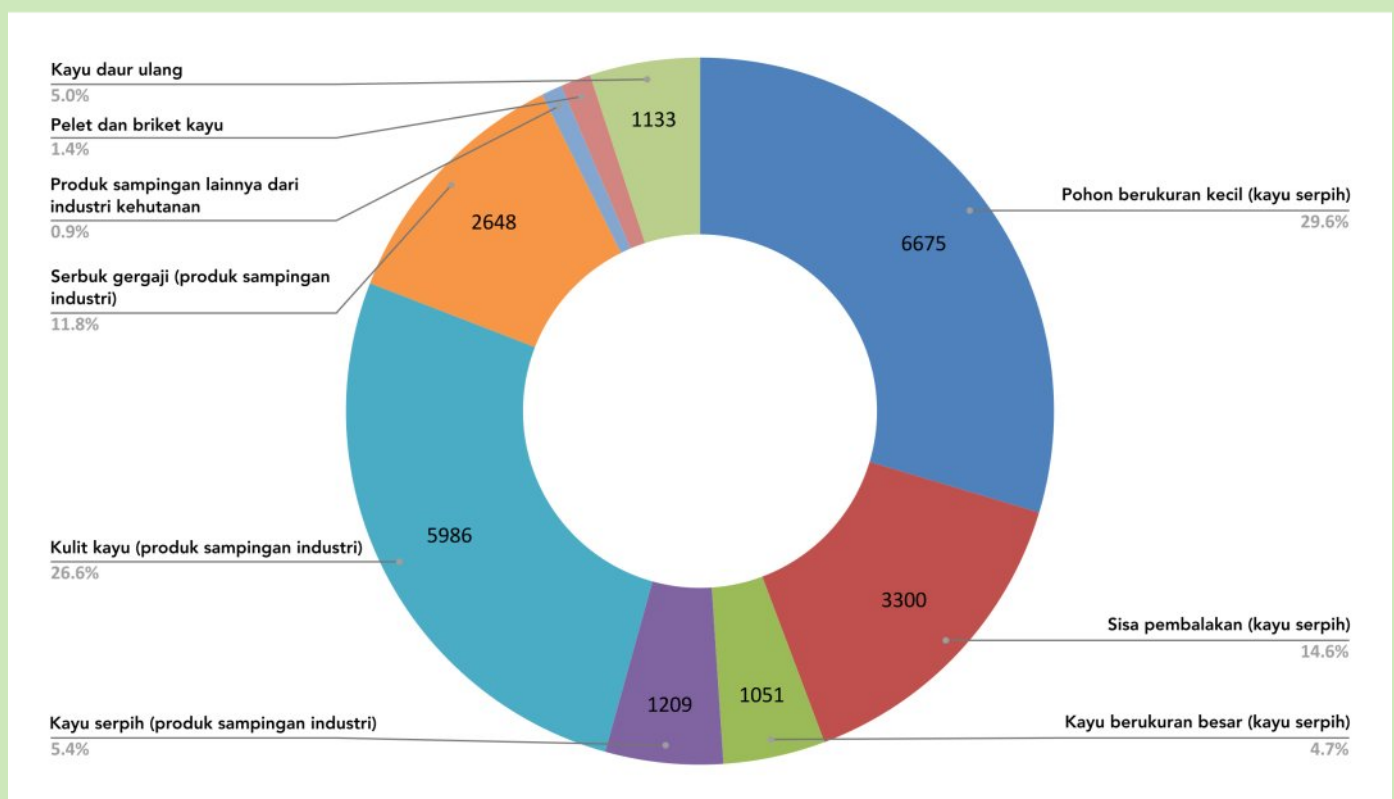
Pembakaran kayu serpih untuk menghasilkan energi: Bagaimana industri biomassa merusak simpanan karbon di Finlandia

Finlandia, salah satu negara yang paling bergantung pada bioenergi di dunia, merupakan contoh nyata betapa merusaknya aktivitas pembakaran kayu serpih dalam jumlah besar terhadap simpanan karbon hutan suatu negara. Hampir sepertiga dari total energi dan lebih dari dua pertiga energi terbarukan yang dikonsumsi di negara ini berasal dari pembakaran bahan bakar kayu. Di saat yang sama, dari sekitar 30 juta m³ biomassa berkayu yang dibakar setiap tahun, hanya sekitar 1,5% yang berbentuk pelet dan briket kayu. Sebagian besar bahan bakar kayu padat yang dikonsumsi berasal dari kayu gelondong, sisa pembalakan, dan produk sampingan industri kayu yang dibakar sebagai kayu serpih di dalam negeri (lihat Gambar 4).

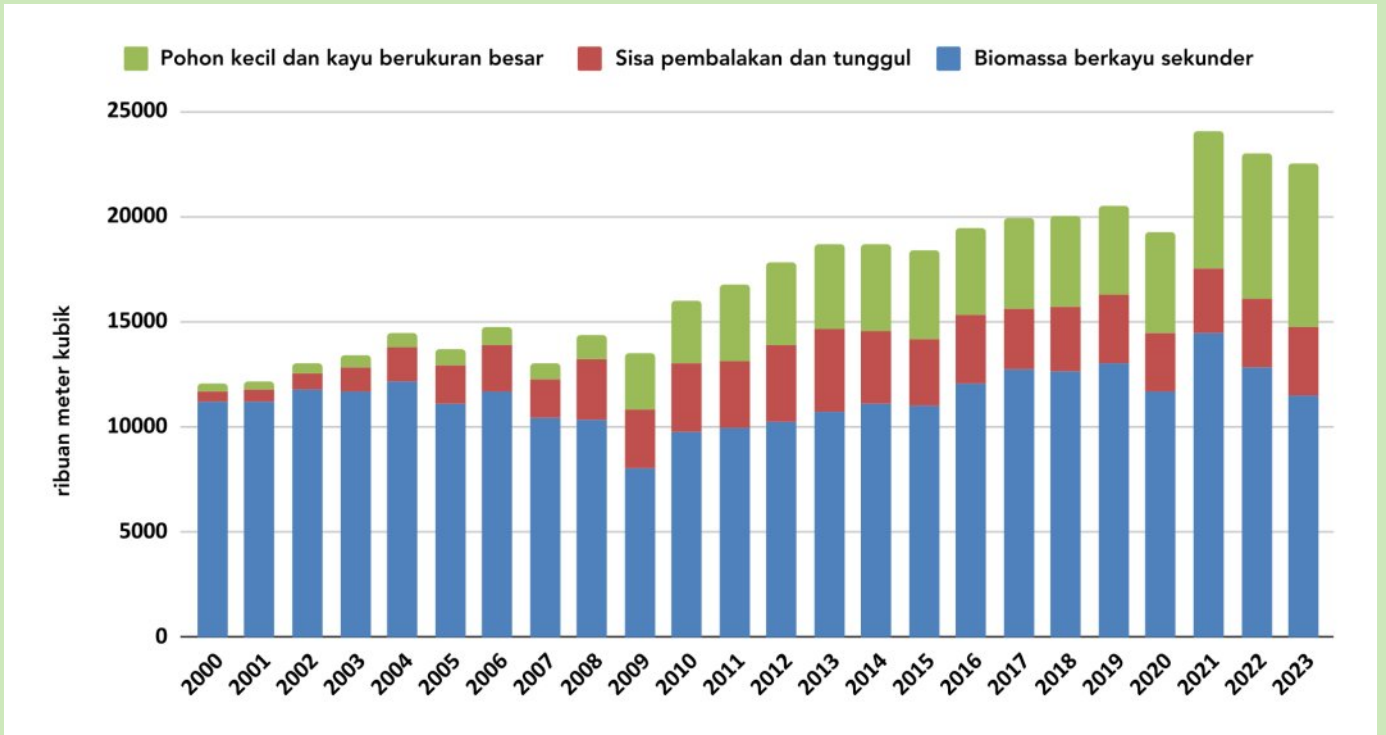
Finlandia dengan sempurna menggambarkan bagaimana ekspansi bioenergi skala besar mengurangi kemampuan ekosistem hutan untuk menyerap CO₂. Produksi energi di negara ini sebagian besar bergantung pada pembakaran kayu. Dalam dua dekade terakhir, sektor bioenergi di Finlandia telah berkembang pesat. Sejak 2000, jumlah listrik yang dihasilkan dari biomassa padat primer meningkat sebesar 25%, sementara jumlah panas yang dihasilkan meningkat hampir dua setengah kali lipat. Peningkatan produksi ini secara signifikan menyebabkan lonjakan permintaan akan biomassa berkayu di pembangkit kombinasi panas dan listrik (CHP) Finlandia. Pada 2023, konsumsi bahan

bakar kayu meningkat 10,5 juta m³ dibandingkan tahun 2000 (kenaikan sebesar 87%). Sebagian besar peningkatan konsumsi ini dipenuhi dengan cara membalak lebih banyak biomassa berkayu primer langsung dari hutan Finlandia. Pembakaran pohon kecil dan kayu berukuran besar meningkat sebesar 7,4 juta m³ selama periode ini, sementara pembakaran sisa pembalakan dan tunggul meningkat sebesar 2,8 juta m³. Secara keseluruhan, kedua sumber ini berkontribusi sebesar 97% dari total biomassa berkayu tambahan yang dibakar di CHP Finlandia pada 2023 dibandingkan tahun 2000 (lihat Gambar 5).

Peningkatan konsumsi kayu di sektor energi merupakan salah satu pendorong utama meningkatnya penebangan kayu selama periode analisis. Dampaknya, peningkatan pembalakan ini secara signifikan mengurangi kemampuan hutan Finlandia dalam menyerap CO₂. Secara keseluruhan, pembalakan kayu di Finlandia meningkat sebesar 13,3 juta m³ antara tahun 2000 dan 2023. Lonjakan pembakaran kayu di CHP menyumbang lebih dari setengah peningkatan pembalakan di Finlandia. Sementara itu, antara tahun 2000 dan 2021, penyerapan CO₂ oleh hutan Finlandia merosot hingga dua pertiga. Menurut Natural Resources Institute Finland, salah satu alasan utama penurunan ini adalah meningkatnya aktivitas penebangan kayu.³¹



Gambar 4: Konsumsi biomassa kayu di pembangkit listrik dan panas Finlandia pada 2023. Nilai dinyatakan dalam ribuan meter kubik.²⁹



Gambar 5: Konsumsi bahan bakar kayu di CHP Finlandia pada 2000-2023.³⁰

Gelondong ditumpuk untuk dibakar di pembangkit bioenergi di Finlandia. **Ei polteta**





Pembangkit bioenergi Egger Holzwerkstoffe Brilon GmbH & Co. di Jerman. **Bomenstichting Achterhoek**

Bagaimana Jerman membakar hutannya untuk menghasilkan energi

Karena subsidi yang besar, Jerman termasuk negara yang paling banyak membakar kayu di Eropa.³² Lebih dari setengah pohon yang dibalak berakhir menjadi sumber energi.³³ Laju pembalakan meningkat tajam sejak 2016 (naik sebesar 20%).³⁴ Meskipun sebagian besar kayu dibakar dalam tungku pelet domestik, pembangkit tenaga biomassa berukuran sedang makin banyak bermunculan, serta beberapa pembangkit besar baru. Konversi dari batu bara ke biomassa pun sedang dalam tahap perencanaan.³⁵ Tak hanya itu, pembakaran kayu untuk sistem pemanasan terpusat di distrik juga diperkirakan akan meningkat. Otoritas lokal melihatnya sebagai solusi praktis dalam 'strategi transisi pemanasan' (heat transition strategy) yang wajib dikembangkan oleh setiap daerah. Saat ini, impor kayu ke Jerman masih tergolong rendah, tetapi Badan Lingkungan Hidup Jerman memperingatkan bahwa situasi ini dapat berubah drastis jika tidak ada perubahan kebijakan.³⁶

Dampak akibat pembalakan intensif terhadap hutan Jerman sangat drastis. Praktik pembalakan dan kebijakan kehutanan yang tidak berkelanjutan makin memperburuk dampak dari kejadian cuaca ekstrem, misalnya kekeringan parah yang dialami negara ini tiga tahun berturut-turut. Sejak tahun 2017, hutan di Jerman telah menjadi sumber neto emisi CO₂.³⁷ Hutan konifera monokultur seluas 600.000 ha telah mati, dan lebih banyak lagi hutan yang mengalami kerusakan serius. Untuk mencegah hilangnya hutan lebih lanjut (termasuk kematian akibat kekeringan dan serangan kumbang), diperlukan pergeseran praktik kehutanan ke arah yang lebih alami, yang memungkinkan hutan beregenerasi secara alami, serta meningkatkan perlindungan hutan dari pembalakan. Namun, permintaan akan biomassa yang terus berkembang dan meningkatkan kebutuhan akan kayu secara keseluruhan, menghambat pergeseran ini dan mengancam kelestarian jangka panjang sejumlah hutan.

6. Faktor pendorong ekspansi pembakaran biomassa

Akar penyebab ekspansi industri biomassa adalah kesalahan dalam aturan penghitungan emisi Konvensi Kerangka Kerja Perubahan Iklim PBB (UNFCCC), yang menganggap pembakaran biomassa di sektor energi adalah nol bersih atau karbon netral.

Aturan ini menjadi dasar bagi penerapan kebijakan yang mendukung energi biomassa di berbagai negara seperti Inggris, negara anggota UE, Korea Selatan, Jepang, dan Indonesia. Subsidi besar-besaran yang diberikan untuk pembakaran biomassa kayu di negara-negara ini telah meningkatkan intensitas dan profitabilitas pembalakan sekaligus meningkatkan permintaan kayu secara drastis.

Saat ini, dunia menghadapi ancaman penerapan kebijakan yang menggalakkan energi biomassa dalam skala global, terutama melalui Global Renewables and Energy Efficiency Pledge. Pada prinsipnya, peningkatan penggunaan energi terbarukan memang diinginkan. Namun, jika bergantung pada dukungan terhadap energi biomassa, dampak negatif yang sudah ada akibat industri ini justru akan makin parah.

COP 15 UNFCCC di Paris. UNFCCC/Flickr





Pembangkit listrik tenaga biomassa Drax di Inggris. UNFCCC/Flicker

6.1 Penghitungan karbon (kelemahan dan celah)

Pembakaran biomassa kayu untuk menghasilkan energi dapat melepaskan Gas Rumah Kaca (GRK) ke atmosfer, termasuk CO₂ dalam jumlah setidaknya sama dengan pembakaran batu bara per unit energi yang dihasilkan, dan biasanya lebih banyak.³⁸ Namun, banyak negara memperlakukan energi biomassa sebagai nol bersih atau karbon netral, sehingga mereka memberikan dukungan finansial dan peraturan untuk energi yang dianggap 'terbarukan' ini.

Mengapa ada kelemahan dalam aturan penghitungan karbon biomassa³⁹

Emisi karbon yang dilepaskan saat biomassa dibakar untuk menghasilkan energi tidak dilaporkan atau diperhitungkan dalam neraca sektor energi di negara tempat biomassa tersebut dikonsumsi.⁴⁰ Perlakuan ini sangat kontras dengan cara pencatatan emisi dari semua bahan bakar fosil, yang dihitung dalam sektor energi di negara tempat bahan bakar ini dikonsumsi. Perlakuan berbeda terhadap biomassa menciptakan kesan semu bahwa hanya ada emisi nol bersih dari energi biomassa, dibandingkan dengan emisi dari pembakaran bahan bakar fosil.

Alih-alih menghitung emisi biomassa di tempat pembakarannya, emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari energi biomassa seharusnya diperhitungkan dalam sektor Pemanfaatan Lahan, Perubahan Pemanfaatan Lahan, dan Kehutanan (LULUCF) tempat biomassa ini dibalak.⁴¹ Namun, dalam sektor lahan, sumber emisi tidak pernah

diuraikan untuk menunjukkan emisi yang dihasilkan dari pembakaran biomassa untuk membangkitkan energi. Sebagai gantinya, yang ditampilkan hanya perubahan keseluruhan stok karbon hutan dari semua penyebabnya. Jika suatu negara mengimpor biomassa untuk memproduksi energi, informasi dan pertanggungjawaban atas perubahan stok karbon seharusnya terdapat dalam neraca LULUCF negara lain.

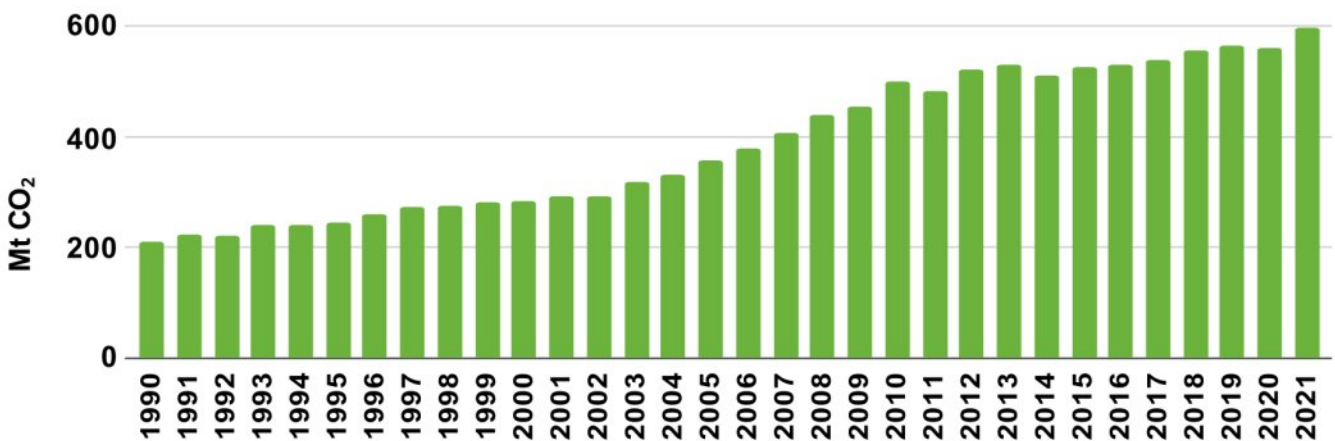
Ada banyak kasus emisi biomassa sama sekali tidak dihitung. Dampak emisi dalam sektor lahan sering kali sangat diremehkan. Selain itu, ketika kayu mentah diolah menjadi pelet, emisi yang ditimbulkan biasanya tidak dikaitkan dengan biomassa. Jika biomassa kayu diimpor dari negara yang tidak memperhitungkan emisi sektor lahan berdasarkan Persetujuan Paris, hal ini juga menciptakan celah sistem penghitungan emisi.

Emisi yang dihasilkan langsung dari pembakaran biomassa di UE

Uni Eropa (UE) menyampaikan laporan gabungan yang memperhitungkan emisi dari semua negara anggotanya, termasuk informasi tentang emisi dari pembakaran biomassa. Emisi ini telah meningkat tiga kali lipat sejak 1990, mencapai hampir 600 Mt CO₂ pada 2021 (lihat Gambar 6). Sebagai perbandingan, pada tahun yang sama, emisi dari sektor transportasi di UE mencapai 782 Mt CO₂.

Tingginya emisi dari energi biomassa di Eropa terungkap setelah adanya penyempurnaan metodologi pelaporan Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) yang

merekomendasikan bahwa negara-negara yang menyampaikan Laporan Inventarisasi Nasional tentang emisi GRK kepada Sekretariat UNFCCC, harus mencantumkan emisi yang dihasilkan langsung dari pembakaran biomassa dalam sektor energi sebagai catatan tambahan. Dengan demikian, emisi tersebut tidak dihitung dalam neraca emisi keseluruhan, atau dengan kata lain emisi yang dilaporkan tidak ditambahkan ke total emisi dalam sektor energi di negara pelapor. Meskipun demikian, data ini tetap menjadi sumber informasi berharga tentang dampak nyata industri energi biomassa suatu negara terhadap iklim.



Gambar 6: Emisi CO₂ dari pembakaran biomassa di negara anggota UE dari 1990 hingga 2021 menurut Laporan Inventarisasi Nasional UE 2023.⁴²

6.2 Kebijakan yang ada mendukung energi biomassa

Berbagai negara telah berinvestasi dalam fasilitas energi biomassa baru dengan tujuan mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang ditimbulkannya. Arah kebijakan ini ditetapkan oleh Uni Eropa sejak 2001, dengan arahan pertama yang mendorong pengembangan sumber energi terbarukan dan menetapkan biomassa sebagai salah satu sumber tersebut.⁴³

Kebijakan untuk mempromosikan biomassa sebagai sumber energi terbarukan, yang berlanjut selama dua dekade berikutnya, menyebabkan ekspansi sektor bioenergi dan penggandaan jumlah kayu yang dibakar di negara-negara anggota Uni Eropa.⁴⁴ Beberapa negara lainnya pun mengikuti contoh UE. Standar Portofolio Energi Terbarukan yang diperkenalkan di Korea Selatan pada 2012 telah menyebabkan pertumbuhan pembangkit listrik tenaga biomassa hingga 9 kali lipat serta peningkatan penggunaan pelet kayu impor dan domestik dalam 10 tahun terakhir, masing-masing sebanyak 28 dan 15 kali lipat.⁴⁵ Mekanisme pemberian insentif (*feed-in tariff*) yang diperkenalkan di Jepang pada tahun yang sama menghasilkan tiga kali lipat listrik dari pembakaran biomassa dan menyebabkan lonjakan jumlah pelet kayu yang diimpor ke negara ini.

Setelah menetapkan targetnya, Uni Eropa bertujuan untuk memimpin dunia dalam mencapai Target Energi Terbarukan

Global. Dalam COP28 di Dubai, atas inisiatif Presiden Komisi Eropa, sebuah komitmen global bernama Global Renewable Energy Efficiency Pledge diluncurkan. Sebanyak 118 negara yang mendukung komitmen ini berjanji *untuk bekerja sama dalam meningkatkan kapasitas pembangkit listrik energi terbarukan di dunia hingga tiga kali lipat menjadi setidaknya 11.000 GW pada 2030*.⁴⁶ Pada dasarnya, penetapan target seperti ini merupakan langkah yang diinginkan. Namun, upaya pencapaiannya sebaiknya tidak dilakukan dengan peningkatan drastis dalam produksi energi dari biomassa berkayu. Sementara itu, skenario untuk mencapai emisi nol bersih pada 2050, sebagaimana baru-baru ini diuraikan oleh IEA dan Organisasi Pangan dan Pertanian PBB (FAO), memperkirakan bahwa produksi listrik dan panas dari biomassa padat di fasilitas bioenergi modern akan meningkat tiga kali lipat selama tiga dekade mendatang⁴⁷ (lihat Bagian 4).

Pengurangan emisi dan masalah co-firing biomassa di Indonesia

Co-firing biomassa adalah praktik pembakaran batu bara dan biomassa secara bersamaan untuk menghasilkan listrik.

Konsep ini makin populer di kalangan pembuat kebijakan karena dianggap dapat mengurangi emisi karbon (akibat adanya celah dalam penghitungan karbon - lihat Bagian 6.1) dan membantu dunia beralih dari bahan bakar fosil¹.

Pendekatan ini menarik bagi negara yang sangat bergantung pada batu bara dalam upaya memenuhi target pengurangan emisi karbon yang telah dijanjikan. Namun, meskipun terlihat menjanjikan di atas kertas, kebijakan pengurangan batu bara ini sebenarnya hanya memperpanjang umur batu bara, memastikan penggunaannya tetap berlangsung, dan memperpanjang operasi pembangkit listrik tenaga batu bara yang sangat mencemari lingkungan selama bertahun-tahun ke depan. Pada kenyataannya, upaya potensial untuk sepenuhnya menghapus energi berbasis batu bara mengalami hambatan besar dalam COP26 pada 2021 lalu, ketika komitmen yang dibuat hanya sebatas “menghentikan secara bertahap pembangkit listrik tenaga batu bara yang tidak dikurangi emisinya”. Pernyataan serupa kembali diulang dalam penilaian global terhadap kemajuan dalam mencapai

tujuan Persetujuan Paris 2015 (*global stocktake*) pertama di Dubai pada 2023 lalu. Akibatnya, praktik co-firing dengan biomassa justru makin mendapat insentif, karena konsep pengurangan emisi (*abatement*) secara oportunistik dimanfaatkan untuk mencakup praktik ini.

Salah satu contohnya dapat ditemukan di Indonesia, di mana pemerintah berencana untuk menerapkan co-firing di 52 pembangkit listrik tenaga batu bara (terdiri dari 107 generator) di seluruh negeri pada 2025, sebagai upaya untuk memenuhi komitmen Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional (NDC) dalam Persetujuan Paris.⁴⁹ Diperkirakan bahwa penerapan co-firing ini akan membutuhkan pasokan sekitar 10 juta ton pelet kayu per tahun, yang setara dengan luas 3,27 juta lapangan sepak bola.⁵⁰ Permintaan akan biomassa dalam jumlah besar ini dapat mendorong laju deforestasi hingga 2,1 juta ha per tahun, dengan potensi total hilangnya hutan hingga 10 juta ha, yang dapat menjerumuskan hutan Indonesia ke ‘titik yang tidak dapat dipulihkan’ pada 2040.⁵¹ Emisi akibat deforestasi diperkirakan dapat mencapai hingga 108,2 Mt CO₂.⁵²

Area hutan Gorontalo yang dibalok untuk biomassa di Indonesia. **Forest Watch Indonesia**



6.3 Subsidi mempercepat penerapan dan dampak negatifnya

Seiring dengan subsidi yang diberikan oleh pemerintah untuk energi terbarukan guna mempercepat transisi dari bahan bakar fosil, solusi keliru terkait energi biomassa skala industri justru diuntungkan karena diidentifikasi sebagai energi terbarukan, meskipun telah terbukti berdampak negatif terhadap iklim dan keanekaragaman hayati. Khususnya di negara-negara maju, penggunaan biomassa sangat didorong melalui insentif besar, bahkan terkadang melebihi dukungan yang diberikan untuk energi terbarukan yang sesungguhnya seperti tenaga angin dan surya.

Insentif kebijakan untuk biomassa diperkirakan mencapai 15 miliar euro di 27 negara anggota UE, 1 miliar pound sterling di Inggris, dan setara 400 juta dolar AS di Korea Selatan setiap tahunnya.⁵³ Proyek Bioenergi dengan Penangkapan dan Penyimpanan Karbon (BECCS) yang diusulkan di Inggris bahkan meminta subsidi yang lebih besar, yakni 1,7 miliar pound sterling per tahun.⁵⁴ Ledakan pembangunan pembangkit listrik tenaga biomassa di Jepang terutama didorong oleh mekanisme pemberian insentif (*feed-in tariff*), yang pada puncaknya (periode 2016-2019) menjadi insentif tertinggi di dunia untuk biomassa kayu, mencapai 24 yen (sekitar 0,2 dolar AS) per kilowatt-jam.

Kerangka Kerja Keanekaragaman Hayati Global (GBF) yang diadopsi oleh Convention on Biological Diversity serta

kemajuan dalam Persetujuan Paris menyerukan perlunya peningkatan keselarasan untuk mencapai target iklim dan keanekaragaman hayati. Salah satu langkah penting di dalamnya adalah menghapus subsidi yang merugikan secara bertahap. Dukungan terhadap pembangkitan energi dari biomassa adalah contoh nyata subsidi yang merusak keanekaragaman hayati, tetapi sayangnya dibenarkan dengan menyalahgunakan celah dalam penghitungan karbon. Oleh karena itu, subsidi ini harus dihentikan secara bertahap mulai 2025 sesuai dengan Target 18 GBF. Persetujuan Paris juga memuat ketentuan (2.1(c)) untuk memastikan aliran keuangan selaras dengan upaya mencapai emisi gas rumah kaca rendah, sehingga subsidi untuk energi biomassa juga harus dihapus.

Demo menentang keputusan pemerintah Inggris yang memberi subsidi untuk energi biomassa. Biofuelwatch



Dukungan Berlebihan Korea Selatan terhadap Bioenergi⁵⁵

Ekspansi pembangkit listrik tenaga biomassa di Korea Selatan terutama didorong oleh Standar Portofolio Energi Terbarukan (RPS). Skema ini memberikan subsidi tidak langsung yang dikenal sebagai skema bobot (yaitu faktor pengali) Sertifikat Energi Terbarukan (REC), yang mendukung penggunaan sumber energi terbarukan, termasuk biomassa. Produsen listrik dapat memperdagangkan sertifikat ini di pasar dengan harga yang ditentukan oleh dinamika penawaran dan permintaan. Namun, pendapatan dari REC sangat bervariasi karena bobot bergantung pada sumber energi dan jenis fasilitas. Variasi ini menjadikan skema bobot REC sebagai cara paling langsung dan utama bagi pemerintah untuk mengatur profitabilitas energi terbarukan.

Energi terbarukan yang menjadi acuan utama skema bobot REC adalah panel surya fotovoltaik skala menengah dengan bobot standar 1,0. Bobot berfungsi sebagai faktor pengali. Makin tinggi bobotnya, makin besar pula subsidi. Saat ini, biomassa berkayu memiliki bobot hingga 2,0. Secara khusus, bobot tertinggi diberikan untuk pembakaran 'sisa operasi kehutanan' di pembangkit listrik tenaga biomassa murni (2,0) dan *co-firing* dengan batu bara di pembangkit listrik tenaga batu bara (1,5). Biomassa (kayu bulat) biasa juga mendapat bobot hingga 1,5 jika dibakar di pembangkit listrik tenaga biomassa murni, dan mencapai bobot 1,0 jika dibakar bersama batu bara. Semua subsidi ini setara atau lebih tinggi dari energi surya (0,5-1,6) dan angin (1,2-2,5) (Gambar 4).⁵⁶

Ironisnya, bobot yang tinggi tersebut terjadi karena biomassa berkayu merupakan salah satu sumber penghasil listrik paling mahal, dan REC dirancang untuk mengimbangi biaya mahal tersebut. Meskipun rata-rata biaya produksi energi tenaga surya secara global sudah anjlok hingga 11% dari biaya satu dekade lalu, biaya untuk biomassa masih bertahan di angka 75%⁵⁷ dari biaya sebelumnya. Analisis oleh Korea Energy Economics Institute terhadap revisi bobot REC sebelumnya menunjukkan bahwa biomassa memang lebih mahal daripada tenaga surya dan angin darat di Korea.⁵⁸ Tingginya biaya ini terutama disebabkan oleh harga kayu sebagai bahan bakar, yang merupakan sumber daya bernilai tinggi dan terbatas, yang harganya diperkirakan akan terus meningkat.

Pada saat yang sama, otoritas Korea Selatan menentukan bobot berdasarkan asumsi yang keliru bahwa pembakaran biomassa tidak menghasilkan emisi. Asumsi tersebut secara efektif mengabaikan dampak lingkungan dalam kriteria pengambilan keputusan, yang sebelumnya hanya memiliki bobot 11% dari keseluruhan pertimbangan. Terpengaruh oleh klaim industri yang menyatakan bahwa pembalakan untuk biomassa merupakan bagian dari 'pengelolaan hutan berkelanjutan', pemerintah juga mengabaikan fakta bahwa 83% pelet kayu berasal dari berbagai negara, termasuk hutan alam yang kaya akan keanekaragaman hayati di Asia Tenggara dan Kanada. Contoh spesifiknya yaitu impor pelet kayu Rusia melonjak delapan kali lipat, meskipun negara tersebut terkena sanksi internasional sejak invasi ke Ukraina. Bahkan, 'sisa operasi kehutanan' di Korea Selatan dihasilkan dari kegiatan tebang habis sebesar 87%, dan 46% dari semua biomassa hutan domestik terdiri dari kayu bulat kelas industri.⁵⁹



Pembangkit panas dan listrik di Korea Selatan.
Wikimedia Commons

Akan tetapi, bobot REC yang tinggi untuk biomassa telah menyebabkan lonjakan produksi energi biomassa hingga 42 kali lipat sejak diperkenalkannya RPS pada 2012. Dengan demikian, biomassa menjadi sumber energi pembangkit listrik terbarukan terbesar kedua di Korea Selatan, bahkan tiga kali lipat melampaui tenaga angin. Diperkirakan sejak 2015, pembangkit listrik tenaga biomassa di negara ini telah menerima subsidi senilai 3,7 miliar dolar AS dalam bentuk REC.

Dengan kata lain, pembakaran satu ton kayu mendapat subsidi sebesar 79 dolar AS, sedangkan setiap ton CO₂ yang dilepaskan justru mendapat subsidi 59 dolar AS. Paradoks ini menyebabkan pembakaran 50 juta ton kayu dan emisi kumulatif lebih dari 70 MtCO₂.⁶⁰

Keputusan Korea Selatan ini menegaskan adanya masalah besar yang perlu segera diselesaikan. IPCC dan UNFCCC harus menutup celah dalam penghitungan karbon dan menangani masalah periode pengimbangan karbon (*carbon payback*) yang melampaui batas waktu target pembatasan kenaikan suhu global di bawah 1,5°C berdasarkan Persetujuan Paris. Selain itu, subsidi pemerintah untuk biomassa terus memperburuk krisis iklim, keanekaragaman hayati, dan kemanusiaan.



Kayu gelondong sampai di pabrik pelet Enviva, Amerika Serikat bagian tenggara. **Dogwood Alliance**

Kepailitan Enviva menimbulkan pertanyaan seputar kelayakan industri

Meskipun industri biomassa mendapat subsidi yang cukup besar, kelayakan ekonomi energi biomassa tetap tidak stabil, seperti yang terlihat dalam kasus Enviva, produsen pelet kayu terbesar di dunia. Pada 2023 lalu, Enviva tidak dapat memenuhi tenggat waktu pengiriman pelet kayu ke Eropa dan Jepang, sehingga dividen untuk para pemegang saham gagal dibayarkan. Peristiwa ini pun menyebabkan anjloknya harga saham. Pada Maret 2024, perusahaan ini meminta perlindungan kepailitan di pengadilan Amerika Serikat dan memulai restrukturisasi.⁶¹

Meskipun media bisnis menyoroti beberapa spekulasi harga bahan baku dan pelet kayu jadi yang merugi, terdapat kelemahan struktural yang muncul baik dalam produksi pelet maupun sektor energi biomassa yang menyebabkan jatuhnya Enviva secara mendadak.

Pertama, terjadi penurunan kemampuan bersaing dengan tenaga angin dan surya, serta tidak ada kemampuan berinovasi. Biaya satuan tenaga angin secara stabil menurun selama lebih dari satu dekade, sedangkan biaya tenaga surya turun lebih drastis. Sebaliknya, biomassa tidak menunjukkan tren penurunan biaya, dan tidak memiliki potensi inovasi dalam proses produksi dasarnya. Upaya untuk mengembangkan pirolisis, 'pelet kayu hitam', dan 'batu bara nabati' tidak membuahkan hasil. Selain itu, keunggulan biomassa sebagai sumber daya baseload (beban listrik dasar) makin terkikis seiring dengan penurunan biaya penyimpanan energi. Tren penurunan ini diperkirakan makin cepat terjadi dalam dekade ini.

Selanjutnya, persoalan bahan baku muncul. Enviva mengklaim sebagian besar bahan bakarnya berasal dari materi yang seharusnya membusuk di hutan, tumpukan materi yang dibakar di tempat pengumpulan kayu sebelum diangkut dari area pembalakan, atau limbah dari pabrik penggergajian kayu. Namun, kenyataannya Enviva masih bergantung pada penggunaan pohon utuh. Enviva ikut bersaing dengan pembeli kayu padat lainnya untuk memperoleh pohon utuh, dan ini merupakan 'spekulasi yang buruk'. (Tindakan ini menjadi dilema tersendiri karena dalam pemasarannya, Enviva mengklaim tidak bergantung pada pohon utuh). Sementara itu, pelet yang dibuat dari materi 'purna jual' yang kurang padat tidak menghasilkan pelet berkualitas baik. Kualitas pelet sangat ditentukan oleh nilai kalornya, yang bergantung pada kepadatan materinya. Pelet dengan kepadatan

tinggi tidak dapat diproduksi secara menguntungkan jika menggunakan bahan baku dengan kepadatan rendah. Pemanfaatan berbagai bentuk kayu (seperti serbuk gergaji, serpihan kayu, ranting, dan pohon utuh) juga menimbulkan tantangan operasional yang signifikan bagi mesin penggiling, penyortir, pengering, dll.

Masalah polusi udara dan Biaya Kepatuhan (Compliance Cost) berdampak terhadap industri pelet kayu secara keseluruhan. Sebagai contoh, Drax, perusahaan biomassa terkemuka, membayar denda jutaan dolar di dua negara bagian selatan AS. Southern Environmental Law Center telah menyusun daftar lebih dari 50 tindakan penegakan hukum oleh lembaga negara terhadap pabrik pelet kayu industri berskala besar di wilayah tersebut. Terlepasnya polutan berbahaya bukan hanya penyimpangan kecil dari batas yang diizinkan, tetapi dalam beberapa kasus, perbedaannya sangat signifikan antara perkiraan dalam model dan hasil pengukuran sebenarnya. Kemungkinan besar, semua pabrik pelet kayu besar di AS harus dimodifikasi agar memenuhi standar kualitas udara yang berkaitan dengan emisi polutan berbahaya. Langkah ini membutuhkan biaya yang besar. Kelangsungan pabrik-pabrik ini juga terancam oleh rekam jejaknya yang menimbulkan emisi beracun (seperti akrolein dan metanol) dan partikulat (PM2.5).

Meningkatnya kesadaran mengenai proses yang memerlukan banyak energi dalam rantai pasok biomassa pelet kayu, emisi yang tersembunyi di dalamnya, dan ketidaksesuaian klaim 'rendah karbon' industri ini makin terungkap. Penelitian tentang pemprofilan emisi rantai pasok telah memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai profil emisi GRK dari biomassa (tidak termasuk emisi pembakaran biomassa dari cerobong asap).⁶² Penelitian ini menunjukkan adanya 'emisi tersembunyi' yang jumlahnya cukup signifikan dalam rantai pasok produksi pelet, mulai dari pembalakan, pengangkutan ke pabrik, pengolahan, hingga pengangkutan dari pabrik ke lokasi pembakaran. Komponen emisi terbesar dalam produksi adalah pengeringan bahan baku. Pengangkutan dan pembalakan juga menimbulkan emisi yang signifikan, sehingga secara keseluruhan 'emisi tersembunyi' ini (yang merupakan bagian permanen dan tidak dapat dihilangkan dari proses produksi pelet kayu) mencapai sekitar 400 kg/MWh. Keberadaan emisi tersembunyi ini menjadi kelemahan permanen yang mengurangi daya saingnya dengan tenaga angin, surya, dan panas bumi berdasarkan perspektif 'energi bersih'.

7. Dampak negatif ekspansi industri energi biomassa

Pembakaran biomassa berkayu untuk pembangkit energi skala besar punya dampak negatif terhadap iklim, lingkungan, dan sosial. Secara teori, pengembangan energi biomassa awalnya bertujuan untuk melindungi iklim. Namun, produksi energi melalui pembakaran biomassa berkayu menghasilkan emisi gas rumah kaca yang setara dengan bahan bakar fosil, jika dihitung per satuan energi yang dihasilkan.

Masalahnya, pohon memerlukan waktu yang lama untuk tumbuh kembali dan menyerap karbon dioksida dalam jangka waktu yang diperlukan untuk mengatasi perubahan iklim. Permintaan kayu yang terus meningkat akibat ekspansi sektor bioenergi memicu pembalakan hutan besar-besaran dan pengelolaan hutan yang intensif. Akibatnya, keanekaragaman hayati dan kesehatan ekosistem hutan terancam. Intensifikasi pengelolaan hutan dapat menyebabkan berkurangnya stok kayu mati, timbulnya ancaman terhadap spesies yang bergantung

pada kayu mati (*saproxyllic*), menipisnya unsur hara, berkurangnya stok karbon organik tanah, dan menurunnya produktivitas ekosistem. Tekanan untuk memenuhi kebutuhan kayu juga menyebabkan alih fungsi ekosistem alami, termasuk hutan, menjadi hutan tanaman monokultur, serta mendorong perampasan lahan Masyarakat Adat dan masyarakat setempat. Tak hanya itu saja, pembakaran biomassa berdampak buruk pada kualitas udara dan melepaskan berbagai polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

Pencacahan pohon utuh di lokasi Natura2000, Swiss. [health-and-forest.org](https://www.health-and-forest.org)



7.1 Iklim

7.1.1 Membantah klaim netralitas karbon dari pembakaran biomassa

Industri energi biomassa berkembang pesat di seluruh dunia dengan anggapan bahwa penggunaan biomassa dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca. Saat Eropa menyatakan energi biomassa bersifat karbon netral, penggunaan kayu pun meningkat pesat. Akan tetapi, apakah energi biomassa benar-benar karbon netral?

Faktanya, dampak molekul CO₂ yang dilepaskan di atmosfer saat ini sama saja untuk pembakaran batu bara ataupun biomassa. Klaim manfaat energi biomassa dalam mengatasi perubahan iklim hanya bisa terwujud jika lahan bekas pembalakan biomassa mampu menyerap kembali karbon melalui pertumbuhan tanaman baru.

Sterman et al⁶³ mengembangkan model penting untuk menganalisis siklus hidup karbon secara dinamis. Model ini tidak hanya melacak stok dan aliran karbon antara atmosfer, biomassa, dan tanah, tetapi juga dapat diperluas ke berbagai jenis lahan dan wilayah. Lebih lanjut, model itu digunakan untuk menyimulasikan penggantian batu bara dengan kayu di pembangkit listrik, yang menunjukkan bahwa netralitas karbon hanyalah mitos belaka, seperti yang akan dijelaskan berikut ini.

1. Biomassa yang dibakar sebagai pengganti bahan bakar fosil melepaskan CO₂ ke atmosfer pada saat pembakaran, pemanenan, pengolahan, dan pengangkutan. Pengurangan CO₂ di atmosfer hanya dapat dicapai cukup lama setelah lahan bekas pembalakan ditanami kembali.
2. Efisiensi pembakaran dan pengolahan kayu di pembangkit listrik lebih rendah daripada penggunaan batu bara, sehingga penggantian batu bara menjadi kayu justru meningkatkan CO₂ di atmosfer. Dampak penggunaan biomassa juga mencakup terbentuknya utang karbon.
3. Saat hutan tumbuh kembali dan berusaha memenuhi utang karbon, kadar karbon di atmosfer masih lebih tinggi dibandingkan jika energi biomassa tidak digunakan,

sehingga memperburuk perubahan iklim. Oleh karena itu, dampak yang mungkin tidak dapat dipulihkan bisa muncul sebelum manfaat jangka panjangnya terwujud.

4. Pembakaran biomassa baru bermanfaat dalam jangka panjang jika area bekas pembalakan dibiarkan tumbuh kembali sepenuhnya hingga mencapai kondisi biomassa sebelum dilakukannya pembalakan, dan dipertahankan pada kondisi tersebut. Hutan alam memiliki kepadatan karbon yang lebih tinggi daripada padang rumput, lahan pertanian, area terbangun, dan hutan tanaman terkelola. Utang karbon tidak akan bisa terbayar jika pembangunan, pembalakan tidak terencana, erosi, peningkatan suhu ekstrem, kebakaran, atau penyakit (semuanya diperburuk oleh pemanasan global) menghambat pertumbuhan kembali atau mempercepat pelepasan karbon dari tanah ke atmosfer.



Cerobong asap pembangkit listrik.
Alex Hamilton/Flickr

5. Kegiatan membalak hutan yang ada dan menggantinya dengan spesies cepat tumbuh di hutan tanaman terkelola dapat memperburuk dampak iklim. Sebagai contoh di Amerika Serikat, meskipun pinus taeda tumbuh lebih cepat dibandingkan spesies kayu daun lebar dan mempercepat pemulihan awal biomassa hutan, keseimbangan kepadatan karbon di hutan tanaman terkelola ini lebih rendah daripada hutan alam kayu daun lebar. Oleh karena itu, karbon yang diserap hutan tanaman tidak pernah bisa mengimbangi karbon yang hilang akibat pembalakan di hutan tersebut. Kondisi ini tetap berlaku bahkan jika hutan tanaman ini tidak pernah dipanen dan akan lebih buruk jika pepohonannya dipanen secara berkala.
6. Meningkatnya jumlah kayu yang ditebang untuk energi biomassa terus meningkatkan kadar CO₂ di atmosfer karena utang karbon awal yang terjadi setiap tahun melebihi karbon yang dikembalikan. Sebagai contoh di Amerika Serikat, perkembangan industri pelet kayu sebagai pengganti batu bara justru memperburuk pemanasan



Kayu serpih di pembangkit listrik tenaga biomassa di Amerika Serikat. **CANFR/Flickr**

global setidaknya hingga akhir abad ini, bahkan jika industri pelet kayu berhenti berkembang pada 2050.

7. Penggunaan biomassa berkayu pada pembangkit listrik memperparah perubahan iklim selama berpuluh-puluh tahun atau lebih, bahkan ketika berbagai asumsi yang mendukung penggunaan kayu diterapkan. Jika asumsi ini dilonggarkan, dampak iklimnya akan lebih buruk.

Sebagai kesimpulan, dampak pertama pembakaran biomassa untuk menghasilkan energi adalah meningkatnya CO₂ yang memperburuk pemanasan global selama periode kritis hingga tahun 2100. Dampak pemanasan global tetap terjadi meskipun kayu digunakan untuk menggantikan batu bara (bahan bakar fosil yang menghasilkan karbon tertinggi). Dampak pembakaran biomassa terhadap iklim dapat berlangsung melebihi target waktu yang ditetapkan dalam Persetujuan Paris untuk tahun 2030 dan 2050.

Menyatakan energi biomassa bersifat karbon netral adalah asumsi yang keliru lantaran mengira hutan akan tumbuh cepat dan sepenuhnya mengimbangi emisi dari produksi dan penggunaan biomassa. Asumsi netralitas ini tidak tepat karena mengabaikan peningkatan CO₂ selama puluhan hingga ratusan tahun akibat pembakaran biomassa, dan fakta bahwa pembakaran tersebut terus berlangsung dari tahun ke tahun.

Pendukung energi biomassa sering mengemukakan klaim yang keliru bahwa hutan di tempat lain akan menyerap emisi dari pembakaran biomassa. Padahal, klaim ini tidak berdasar secara ilmiah. Hutan tetap akan tumbuh dengan sendirinya, terlepas dari adanya pembalakan dan pembakaran kayu di tempat lain. IPCC pun menegaskan bahwa: *“Jika produksi bioenergi ditujukan untuk mengurangi emisi bersih, produksi tersebut harus dilakukan dengan mengimbangi emisi melalui peningkatan penyerapan karbon bersih oleh biota dan tanah.”*⁶⁴

Industri tidak membuat klaim atau melakukan upaya untuk menghitung tambahan penyerapan karbon. Industri ini hanya mengandalkan hutan yang tidak diketahui untuk memanfaatkan jasa lingkungannya yang gratis, dengan mengabaikan setiap penyerapan karbon yang ditawarkan oleh hutan sangat berguna untuk mengurangi karbon dari atmosfer dan meningkatkan penyimpanan karbon di tanah. Tidaklah bijak untuk menukar hutan yang bernilai penting sebagai tempat menyimpan dan menyerap karbon dengan pembangkit listrik berbahan bakar kayu. Selain itu, tidak ada pihak yang secara resmi memeriksa kebenaran asumsi bahwa hutan atau perkebunan akan tumbuh kembali seperti sediakala. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa asumsi ini sering kali tidak terbukti.

7.1.2 BECCS teknologi yang belum terbukti

Terdapat makin banyak negara yang menyertakan Bioenergi dengan Penangkapan dan Penyimpanan Karbon (Bioenergy with Carbon Capture and Storage/BECCS) dalam rencana iklimnya. Selain itu, banyak perjanjian jual beli untuk pengimbangan karbon dari "emisi negatif" di masa mendatang melalui proyek BECCS sudah disepakati. Dukungan terhadap BECCS meningkat setelah IPCC mulai memasukkan teknologi ini dalam upaya mitigasi emisinya. Namun, dalam satu artikel ilmiah disebutkan, "*Anehnya, skenario yang dianggap 'berkelanjutan' sangat bergantung pada BECCS dan memerlukan lahan seluas hampir 1 juta km²*", yang berarti 100 juta ha lahan harus dialokasikan sebagai perkebunan khusus untuk BECCS.⁶⁵

Namun, pada kenyataannya, sangat kecil kemungkinannya sejumlah besar CO₂ dari pembakaran biomassa dapat ditangkap dalam waktu dekat. Proyek penangkapan karbon terbesar di pembangkit listrik tenaga biomassa yang pernah ada sejauh ini adalah proyek percontohan dari Toshiba di Jepang yang dihentikan setelah kurang dari empat bulan pada 2021.⁶⁶ Proyek BECCS terbesar yang diusulkan sejauh ini adalah proyek dari Drax di Inggris dan RWE di Belanda. Kedua perusahaan tersebut belum pernah melakukan uji coba yang signifikan dan tidak berencana melakukan penelitian dan pengembangan terhadap

teknologi yang belum terbukti dapat diterapkan dalam skala besar terkait gas buang biomassa (yang sangat berbeda dengan gas pembangkit listrik tenaga batu bara). Setelah puluhan tahun upaya penangkapan CO₂ dari pembangkit listrik tenaga batu bara, hanya ada dua skema semacam ini di dunia, dan keduanya menghadapi masalah teknis yang besar.⁶⁷

Ancaman nyata dari BECCS, terutama yang terkait dengan hutan dan konversi lahan menjadi perkebunan, adalah perusahaan akan berhasil menyalahgunakan janji penangkapan karbon di masa mendatang untuk mendapatkan investasi dan subsidi dari pemerintah yang seharusnya tidak mereka dapatkan. Kondisi ini benar-benar terjadi di Inggris dan Belanda yang pemerintahnya melarang subsidi baru untuk pembangkit listrik tenaga biomassa skala besar, tetapi sedang mempertimbangkan untuk mencabut aturan tersebut demi pengembangan BECCS. Janji yang serupa terkait penangkapan karbon di masa mendatang juga pernah digunakan oleh industri batu bara untuk memperoleh izin pembangkit listrik baru di tahun 2000-an, yang juga berhasil dilakukan di Belanda. Janji BECCS berisiko menjadi sarana untuk memenangkan lebih banyak dukungan publik bagi bisnis pembangkit listrik tenaga biomassa konvensional.

Bekas tebang habis untuk energi biomassa di British Columbia, Kanada. Michelle Connolly for Conservation North





Tebang habis di British Columbia, Kanada, tempat kayu diambil untuk produksi pelet. **Michelle Connolly for Conservation North**

7.2 Dampak lingkungan

7.2.1 Keanekaragaman hayati dan kondisi ekosistem hutan

Pembakaran biomassa ber kayu di pembangkit energi skala besar berdampak buruk bagi keanekaragaman hayati dan kondisi ekosistem alami, terutama hutan. Laporan ini menunjukkan bagaimana ekspansi industri biomassa menyebabkan bertambahnya permintaan kayu secara signifikan. Meningkatnya kebutuhan kayu tersebut memicu pembalakan yang lebih intensif dan meningkat. Akibatnya, hutan mengalami deforestasi, degradasi, bahkan diubah menjadi hutan tanaman monokultur.

Meskipun sering disebut sebagai 'sisa' atau 'limbah', biomassa untuk menghasilkan energi sering kali adalah hasil tebang kayu dalam jumlah besar. Metode tebang habis sudah pasti menghasilkan banyak kayu yang tidak cocok dijadikan kayu gergajian. Namun, kayu bernilai rendah inilah yang justru menjadi sumber pendapatan utama dari operasi pembalakan tersebut, meskipun metodenya sangat merusak. Kehadiran energi biomassa hanya akan memperparah praktik destruktif semacam ini.

Selain itu, istilah 'sisa' hanya ada artinya jika dilihat dari perspektif kegunaannya bagi industri pengolahan kayu. Biomassa ber kayu, yang dianggap 'sisa' karena tidak dapat diolah menjadi produk kayu bernilai ekonomi, justru sangat

berharga jika dilihat dari sudut pandang keanekaragaman hayati dan kesehatan ekosistem hutan. Sebagai contoh, di Uni Eropa, sisa pembalakan didefinisikan sebagai "Kayu sisaan setelah operasi pembalakan hutan.iii Sisa pembalakan ini umumnya berupa puing kayu dari penebangan akhir (misalnya dahan, daun, tunggul, akar, pucuk, kulit kayu), pohon kecil dari operasi penjarangan dan penebangan serta batang kayu yang umumnya tidak laku dijual."⁶⁸ Kajian pustaka yang dilakukan oleh Joint Research Center di Komisi Eropa menunjukkan bahwa pemanenan hampir semua jenis sisa pembalakan yang disebutkan dalam definisi ini berisiko menimbulkan dampak negatif terhadap keanekaragaman hayati hutan. Pengambilan sisa pembalakan mengurangi stok kayu mati di hutan, yang dapat berdampak negatif terhadap populasi dan komposisi komunitas spesies *saproxyllic*, menguras unsur hara, mengurangi karbon organik tanah, dan di beberapa kasus dapat menurunkan produktivitas ekosistem.⁶⁹

Eropa, terutama Uni Eropa dan Inggris, adalah contoh nyata dampak negatif industri biomassa bagi lingkungan. Di wilayah ini, permintaan bahan bakar kayu melonjak, sehingga penebangan⁷⁰ dan impor biomassa ber kayu turut

meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Badan Lingkungan Hidup Eropa (EEA) juga mencatat kegiatan kehutanan sebagai ancaman dan tekanan utama terhadap habitat Natura 2000 yang dilindungi di Uni Eropa. Hanya ada seperlima dari habitat tersebut yang memiliki status konservasi yang baik.⁷¹ Banyak sekali contoh dampak buruk energi biomassa terhadap hutan di Eropa. Karena permintaan kayu sangat tinggi, hutan alam tua di Rumania dan kawasan lindung di Estonia serta Latvia⁷² pun ditebang habis. Negara-negara Eropa lainnya, seperti Inggris, Belanda, dan Denmark juga mengimpor sejumlah besar pelet kayu dari Amerika Utara. Produksi pelet yang diekspor ke Eropa erat kaitannya dengan praktik tebang habis di hutan primer Kanada⁷³ dan deforestasi di Amerika Serikat bagian tenggara (lihat kotak di bawah ini).⁷⁴

Seperti di Eropa, lonjakan permintaan biomassa berkayu di Asia juga membawa dampak buruk terhadap ekosistem hutan. Pembangkit listrik di Korea dan Jepang memenuhi permintaan biomassa berkayu yang terus meningkat dengan mengimpor pelet kayu dari Vietnam. Pelet ini diproduksi dari, antara lain, kayu yang diambil dari hutan alam dan hutan tanaman akasia yang sering kali merupakan hasil konversi dari hutan alam.⁷⁵ Indonesia juga sudah mulai menerapkan program *co-firing* biomassa. Rencananya program ini akan dilaksanakan dengan membangun pembangkit listrik tenaga batu bara di 52 lokasi⁷⁶, yang berpotensi menyebabkan deforestasi besar-besaran.⁷⁷ Jika program ini berjalan sepenuhnya, diperkirakan hingga 10 juta ha hutan hujan Indonesia diubah menjadi hutan tanaman penghasil energi.⁷⁸



STUDI KASUS

Bekas tebang habis hutan rawa di Carolina Utara. **Dogwood Alliance**

Dampak terhadap keanekaragaman hayati di hutan Amerika Utara

Amerika Serikat dan Kanada termasuk tiga produsen pelet kayu terbesar di dunia dan pengaruhnya terhadap hutan cukup besar. Amerika diperkirakan memiliki lebih dari satu juta ekar hutan untuk produksi pelet kayu.⁷⁹

Di Amerika Serikat bagian selatan, studi menemukan banyaknya pabrik pelet yang sudah berdiri atau direncanakan akan dibangun di area jangkauan pemanenan hutan-hutan alam dataran banjir tidak dilindungi yang berisi spesies kayu daun lebar. Hutan jenis ini (disebut juga hutan rawa) ditemukan di dataran banjir sepanjang sungai dan danau serta merupakan tempat tinggal banyak spesies flora dan fauna yang unik. Di Carolina Utara, 120.000 ekar hutan alam dataran banjir dengan kayu daun lebar sudah dibalok, dan ancaman pembalakan ini kian meningkat. Studi tersebut juga melaporkan bahwa hampir semua pabrik pelet yang akan

dibangun berpotensi mengambil sumber daya dari habitat penting bagi spesies terancam punah.⁸⁰

Di seluruh Kanada, baik hutan boreal maupun hutan hujan tubuh air daratan beriklim sedang (*inland temperate rainforest*) terancam oleh pembalakan untuk industri pelet. British Columbia (tempat berdirinya tujuh pabrik pelet milik Drax) memasok sebagian besar pasar ekspor pelet kayu Kanada. British Columbia juga terkenal dengan hutan alam tuanya yang merupakan rumah bagi karibu hutan, spesies genting yang menggantungkan hidupnya pada hutan alam tua dan utuh yang luas. Perkembangan industri pelet kayu mengancam hutan alam tua bernilai penting ini serta membahayakan keberlangsungan hidup hewan ikonik seperti karibu di masa mendatang.⁸¹



Lanskap hutan tanaman industri pinus di dekat pabrik pulp Ngodwana, Afrika Selatan. **GeaSphere**

7.2.2 Ekspansi hutan tanaman monokultur di Global South

Di berbagai belahan dunia, khususnya di negara-negara Global South, meningkatnya permintaan biomassa mendorong ekspansi hutan tanaman monokultur skala besar. Hutan tanaman adalah bentuk pemanfaatan lahan yang menimbulkan 'dampak besar' seperti halnya pertanian komoditas. Jenis tanaman yang cepat tumbuh, sering kali bukan spesies asli dari daerah terdampak, ditanam untuk mempercepat laju rotasi tanaman dan meningkatkan hasil panen. Namun, mengubah ekosistem asli atau lahan pertanian menjadi hutan tanaman monokultur menimbulkan dampak lingkungan dan sosial yang besar.

Di Afrika, pembukaan hutan tanaman menyebabkan tergusurnya masyarakat setempat, hilangnya keanekaragaman hayati, dan parahnya erosi tanah.⁸² Masyarakat di sekitar pembangkit listrik tenaga biomassa Ngodwana di Provinsi Mpumalanga telah menyatakan kekhawatiran mereka akan perkebunan eukaliptus yang membutuhkan banyak air. Perkebunan ini telah menggantikan padang rumput asli yang kaya akan keanekaragaman hayati di Afrika Selatan.⁸³ Pohon eukaliptus memiliki akar yang sangat dalam serta dapat menembus dan menyedot air tanah hingga 60 meter ke dalam profil tanah. Pohon eukaliptus menguras sumber daya air, terutama saat musim kemarau, sehingga dapat memperparah kekeringan.

Industri pulp dan kertas di Chili sudah banyak membuka hutan tanaman monokultur. Akan tetapi, wilayah dengan konsentrasi hutan tanaman tertinggi justru memiliki Indeks

Pembangunan Manusia (IPM) terendah dan kesenjangan ekonomi terburuk. Di Los Rios, Chili bagian selatan, besarnya luas lahan yang berubah menjadi perkebunan eukaliptus dan pinus menyebabkan hilangnya mata pencaharian dan kedaulatan pangan Masyarakat Adat Mapuche.⁸⁴ Dampak serupa di tingkat regional mendorong terbentuknya kerja sama beberapa Organisasi Nonpemerintah (NGO) Amerika Latin yang menyatakan bahwa "Model kehutanan yang diterapkan untuk produksi bioenergi adalah investasi yang merusak keanekaragaman dan jati diri kita". Pernyataan ini juga menjadi cikal bakal Hari Internasional Perjuangan Melawan Hutan Tanaman Monokultur (*International Day of Struggle Against Monoculture Tree Plantations*).⁸⁵

Di Indonesia, "hutan tanaman penghasil energi" muncul sebagai tekanan industri baru terhadap hutan tropis yang rapuh. Perusahaan bioenergi membabat habis hutan yang kaya akan keanekaragaman hayati dan menggantinya dengan hutan monokultur pohon gamal (*Gliricidia sepium*), jenis asing yang memproduksi pelet kayu untuk diekspor maupun kebutuhan dalam negeri. Hasil investigasi mengungkap bahwa area target konversi mencakup hutan Kalimantan, yang merupakan rumah bagi keanekaragaman tumbuhan tertinggi di dunia.⁸⁶ Penelitian memperkirakan bahwa "hutan tanaman penghasil energi" hanya akan terdiri dari enam spesies pohon, menggantikan hutan alam asli yang jauh lebih beragam. Hilangnya hutan ini berdampak besar bagi alam dan juga sekitar 50-70 juta masyarakat adat yang menggantungkan hidupnya pada hutan.⁸⁷

Perkebunan eukaliptus untuk produksi arang di Minas Gerais bagian utara, Brasil. **Federica Giunta**

Arang berbasis biomassa untuk industri besi dan baja di Brasil

Brasil merupakan produsen arang terbesar di dunia. Negara ini memproduksi 5,2 juta ton arang pada 2017, dan 90% dari arang tersebut digunakan untuk industri besi dan baja. Sebanyak 80% dari arang yang diproduksi tersebut berasal dari kayu yang dipanen di hutan tanaman. Sektor besi dan baja juga merupakan sumber emisi karbon dioksida terbesar dari industri di negara ini.

Sekitar 70% kegiatan produksi baja dan besi di Brasil dilakukan di Negara Bagian Minas Gerais. Sektor besi dan baja ini cukup unik karena 34% produksi besi menggunakan arang sebagai pengganti kokas mineral/batu bara, dan arang pun digunakan secara luas dalam produksi baja. Luasnya penggunaan arang secara historis disebabkan oleh kelangkaan kokas mineral di Brasil dan melimpahnya hutan untuk memproduksi arang.

Perusahaan besi dan baja telah berinvestasi besar-besaran untuk mendirikan hutan tanaman guna menjamin produksi arang tetap berjalan. Selama beberapa puluh tahun terakhir, hutan tanaman eukaliptus menyebabkan laju deforestasi yang sangat tinggi hingga 200.000 ha per tahun. Pada 2018, Brasil memiliki 5,7 juta ha hutan tanaman eukaliptus, dan Minas Gerais memiliki area hutan tanaman terluas di negara ini, yang mencakup 24% (1,4 juta ha) dari total perkebunan eukaliptus di Brasil.

Permintaan akan arang menyebabkan hutan dan sabana hancur secara progresif di bioma Cerrado (sabana yang memiliki keanekaragaman hayati tertinggi di dunia) dan menggantinya dengan hutan tanaman monokultur komersial yang luas.⁸⁸

7.3 Dampak terhadap manusia

7.3.1 Perampasan lahan di negara-negara Global South

Seiring meningkatnya permintaan akan biomassa, luas lahan yang diperlukan untuk menghasilkan biomassa juga makin bertambah. Di negara-negara Global South, masyarakat mengalami perampasan lahan dan pengusiran paksa dari lahan adatnya sendiri, yang kemudian diubah menjadi hutan tanaman komersial untuk industri biomassa. Bahkan spekulasi sederhana tentang peningkatan permintaan akan biomassa memicu pembebasan lahan besar-besaran di Global South. Di beberapa kasus, pembebasan lahan tersebut menimbulkan konflik serius dengan masyarakat setempat.⁸⁹

Di Brasil, perampasan lahan oleh industri kehutanan untuk mendirikan hutan tanaman komersial memaksa jutaan petani kecil meninggalkan wilayah yang secara adat dianggap sebagai tanah komunal, tempat menggembalakan ternak dan mengumpulkan hasil hutan. Perubahan pemanfaatan lahan menyebabkan hilangnya keberagaman budaya dan ekonomi akibat dampak negatif yang dialami keanekaragaman hayati, seperti berkurangnya

ketersediaan tanaman obat yang dapat digunakan oleh masyarakat. Hilangnya mata pencaharian masyarakat petani menyebabkan penurunan besar jumlah penduduk desa dan terjadinya migrasi ke daerah perkotaan.⁹⁰

Di Ghana, perusahaan Norwegia bernama African Plantation For Sustainable Development (APSD) membuka lahan seluas 42.000 ha di wilayah Bono East untuk menanam eukaliptus. Dampaknya langsung terasa bagi masyarakat setempat. Mereka kini terpaksa harus berjalan jauh mengelilingi area perkebunan, padahal sebelumnya mereka bisa melintasinya. Keterbatasan akses ini menimbulkan risiko tersendiri bagi perempuan saat mereka mengumpulkan kayu bakar untuk memasak. Selain itu, petugas keamanan perkebunan sering mendatangi desa setempat untuk memastikan tidak adanya penduduk yang memburu satwa di area perkebunan. Masyarakat setempat telah melaporkan insiden kekerasan fisik, pelanggaran privasi, dan pelecehan yang dilakukan oleh pihak perusahaan tersebut.⁹¹

7.3.2 Dampak kesehatan akibat pembakaran dan produksi pelet kayu

Pembakaran kayu di pembangkit energi melepaskan berbagai polutan ke udara, dengan jumlah yang sebanding dengan pembakaran batu bara. Polutan utama yang dilepaskan adalah nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), partikulat (PM10 dan PM2.5), sulfur dioksida (SO₂), dan karbon dioksida (CO₂). Namun, masih ada banyak polutan lainnya yang dilepaskan, dan banyaknya polutan tersebut dipengaruhi oleh jenis kayu yang dibakar (kayu murni atau kayu limbah) dan cara kayu tersebut diolah.⁹²

Sudah banyak penelitian yang mendokumentasikan dampak berbagai polutan ini terhadap kesehatan manusia. Beberapa di antaranya menemukan bahwa paparan terhadap polusi udara dari pembakaran biomassa padat dapat menyebabkan penyakit kanker, jantung, dan gangguan pernapasan. Bahkan, sebuah penelitian⁹³ pada 2018 menemukan puluhan ribu warga Uni Eropa meninggal lebih cepat setiap tahunnya akibat paparan polusi udara dari pembakaran biomassa padat. Menanggapi temuan ini, Kantor Regional WHO untuk Eropa pada 2022 menyatakan bahwa:

“Polusi udara dapat memengaruhi kesehatan manusia secara langsung akibat paparan polutan seperti partikulat. Polusi juga berdampak terhadap iklim karena beberapa polutan udara adalah polutan iklim berumur pendek. Pembakaran bahan bakar fosil dan biomassa untuk menghasilkan energi adalah penyumbang polusi udara terbesar dan sumber emisi gas rumah kaca. Pengurangan atau penghentian bertahap penggunaan bahan bakar fosil dan biomassa akan mengurangi emisi gas rumah kaca dan polutan udara yang berbahaya terhadap kesehatan. Langkah ini akan meningkatkan kualitas udara demi kesehatan yang lebih baik dan memperkuat upaya mitigasi perubahan iklim, sehingga pada akhirnya akan lebih melindungi kesehatan dalam jangka panjang.”⁹⁴

Masyarakat yang paling berisiko terdampak adalah orang yang tinggal di dekat pembangkit listrik, terutama kelompok rentan, seperti bayi, anak-anak, lansia dan

pengidap penyakit bawaan seperti asma atau penyakit jantung. Penelitian di Inggris melaporkan bahwa pembangkit listrik tenaga biomassa yang telah berdiri atau tengah direncanakan sebagian besar dibangun di wilayah dengan tingkat kemiskinan yang tinggi, dengan masalah kesehatan yang sudah ada sebelumnya juga di atas rata-rata nasional (lihat penjelasan lebih lanjut dalam Bagian 7.3.3 tentang Keadilan Lingkungan).⁹⁵

Pekerja pun tak luput dari dampaknya. Sebuah tinjauan pada 2018 dalam jurnal “National Review of Medicine” menemukan bahwa dampak kesehatan pembangkit energi tenaga biomassa terhadap pekerja setara dengan industri bahan bakar fosil, bahkan lebih buruk daripada sektor tenaga angin dan surya.⁹⁶



Pabrik pelet (yang mengolah kayu untuk pembangkit listrik) juga berbahaya bagi kesehatan manusia. Pabrik tersebut melepas polutan yang membahayakan kesehatan, seperti halnya pembangkit listrik tenaga biomassa, di setiap tahap rantai pasok.⁹⁷ Pada 2023, pabrik pelet di AS menerima surat peringatan pelanggaran dari Departemen Kualitas Lingkungan (Department of Environmental Quality) Mississippi yang

menuduh pabrik tersebut sebagai sumber utama polutan udara berbahaya.⁹⁸ Pelanggaran ini bukanlah yang pertama kalinya dilakukan. Pada 2021, pabrik pelet milik Drax Inc. ini didenda sebesar \$2,5 juta karena melanggar peraturan pencemaran udara.⁹⁹ Pabrik pelet lain milik Drax di Kanada juga melanggar undang-undang lingkungan sebanyak 189 kali. Dan dalam beberapa kasus, inspektur menemukan bahwa pabrik tersebut melepaskan polutan lebih dari dua kali lipatnya batas partikulat yang diizinkan.¹⁰⁰ Sayangnya, denda yang diterima oleh pabrik Drax lebih ringan dibanding banyaknya jumlah subsidi yang diterima Drax dari pemerintah Inggris untuk membakar biomassa. Oleh karena itu, sebenarnya denda tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap industri ini. Sebaliknya, masyarakat yang tinggal di lokasi dekat fasilitas pabrik tersebut bergantung pada tangki oksigen agar bisa bertahan hidup.¹⁰¹

7.3.3 Keadilan lingkungan – dampak tidak proporsional terhadap masyarakat termarginalkan

Komunitas keadilan lingkungan umumnya didefinisikan sebagai masyarakat yang menanggung beban risiko lingkungan yang tidak proporsional dan mengalami penurunan kualitas hidup yang signifikan dibandingkan dengan masyarakat sekitarnya atau masyarakat bandingan. Masyarakat ini sering kali mengalami kerugian akibat penindasan sistemis.

Salah satu contohnya adalah Amerika Serikat bagian tenggara, wilayah yang rentan terhadap perubahan iklim dan merupakan tempat tinggal bagi sejumlah besar masyarakat berkulit hitam dengan pendapatan terendah di Amerika Serikat. Sebagian besar industri pelet kayu memilih membangun fasilitasnya di wilayah ini.¹⁰²

Berdasarkan sejarah rasisme sistemis yang melekat dalam kasus ini, Amerika Serikat bagian tenggara terdiri dari

sebagian besar negara bagian bekas perbudakan yang dulu memasok kapas selama Revolusi Industri Inggris. Jika dibandingkan, peta negara bagian yang dulu memperdagangkan kapas dengan peta negara bagian yang saat ini memperdagangkan pelet kayu (yang juga memasok Inggris), hampir identik.

Industri ini memanfaatkan angka kemiskinan yang tinggi dan kebutuhan mendesak akan pekerjaan. Industri ini awalnya menjanjikan kesejahteraan ekonomi saat memasuki wilayah masyarakat miskin. Namun, hanya janji belaka yang didapat. Alih-alih peluang pekerjaan atau peningkatan ekonomi, yang masyarakat dapatkan justru masalah kesehatan dan lingkungan yang lebih buruk akibat paparan emisi berbahaya.¹⁰³

Warga Gloster, Mississippi, bernama Jasmine Jenkins berdiri di depan pabrik Amite Bioenergy milik Drax yang mulai beroperasi di sekitar tempat tinggalnya pada 2014 lalu. **Andy Sarjahani/Unearthed**





Truk pembalakan di dekat pabrik pulp dan pembangkit listrik tenaga biomassa di Ngodwana, Afrika Selatan. **GeaSphere**

8. Kesimpulan

Sejak tahun 2000, sektor energi biomassa telah berkembang pesat di seluruh dunia. Namun, berbagai bukti (beberapa di antaranya disajikan dalam laporan ini) menunjukkan bahwa meningkatnya produksi dan penggunaan biomassa ber kayu mengakibatkan eksploitasi kayu yang jauh lebih besar untuk menghasilkan energi. Peningkatan ini berdampak buruk bagi iklim, alam, dan manusia. Perkiraan terjadinya peningkatan pasokan biomassa ber kayu untuk energi hingga tiga kali lipat antara 2021 dan 2030, seperti yang digagas Skenario Nol Bersih IEA, tidak boleh dibiarkan terjadi.

Anggota Biomass Action Network memiliki visi mewujudkan bumi dengan hutan alam yang berkembang dan berperan penting dalam mengatasi perubahan iklim serta menciptakan masa depan yang bersih, sehat, adil, dan berkelanjutan bagi semua kehidupan di planet ini. Namun, praktik pembakaran biomassa ber kayu untuk menghasilkan energi berskala besar dapat menghambat jalan menuju masa depan tersebut, seperti yang sudah diuraikan dalam laporan ini. Alih-alih membakar biomassa ber kayu, kita harus melindungi dan merestorasi hutan alam. Aksi kita tidak hanya mengurangi emisi dan karbon dioksida di atmosfer, tetapi juga menjaga keanekaragaman hayati, ketahanan, dan kesejahteraan.

Tambahkan suaramu dalam seruan ini dan jadilah anggota Biomass Action Network:
<https://environmentalpaper.org/biomass/the-biomass-delusion/>

9. Ucapan Terima Kasih

Laporan disusun oleh Augustyn Mikos, Peg Putt, dan Sophie Bastable untuk Environmental Paper Network International (EPNI) yang mencakup Biomass Action Network (BAN).

Pengumpul dan analisis data: Wolfgang Kuhlmann

Desainer grafis: Paul Kimbell dan Oliver Munnion

Penata letak: Oliver Munnion

Kontributor tulisan: Almuth Ernsting, Luke Chamberlain, Katherine Eglund, Peter Riggs, Hansae Song, Eleonora Fasan, Oliver Munnion, dan Kwami Kponzo.

Kami berterima kasih kepada organisasi berikut ini yang karyanya menjadi referensi dalam laporan ini: Trend Asia, Biofuelwatch, Global Forest Coalition, Colectivo Viento Sur, Civic Response, Solutions for Our Climate, Dogwood Alliance, Southern Environmental Law Centre, Natural Resource Defence Council, Stand.earth, Geosphere, Estonian Fund for Nature, Partnership For Policy Integrity, EEECHO, dan Pivot Point.

Kami juga berterima kasih kepada lebih dari 200 anggota organisasi Biomass Action Network atas kerja kerasnya dalam mengungkap dampak industri biomassa di seluruh dunia. Laporan ini tidak akan terwujud tanpa kontribusi para anggota tersebut.

Kutipan yang disarankan: Environmental Paper Network, Biomass Action Network (2024) Burning Up the Biosphere: A Global Threat Map of Biomass Energy Development, 2024 update.

Penafian: Konten yang termuat dalam dokumen ini hanya disajikan sebagai informasi. EPN International bertujuan meningkatkan kesadaran dan memberikan solusi perlindungan alam, iklim, dan manusia. Dokumen ini disusun menggunakan informasi yang sudah tersedia kepada publik dan uji tuntas yang layak sudah dilakukan untuk memastikan akurasi informasi yang disajikan dalam laporan ini. Akan tetapi, perubahan keadaan setelah publikasi mungkin memengaruhi keakuratan laporan ini. EPN International tidak bertanggung jawab atas konten materi pihak ketiga yang mungkin dimuat dalam dokumen ini. Jika ada pertanyaan, silakan hubungi info@environmentalpaper.org.

10. Referensi

- ¹ Paragraf 28-29 dan 68 dalam 1-/CMA.5.
- ² 15% sisanya berasal dari pembakaran biogas, bahan bakar nabati cair, dan limbah kota dan industri.
- ³ IEA, 2023, *Domestic energy production by source, World, 1990-2022*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=DomesticProduction>, Lisensi: CC BY 4.0
- ⁴ World Bioenergy Association, 2023, *Global Bioenergy Statistics Report 2023*, <https://www.worldbioenergy.org/uploads/231219%20GBS%20Report.pdf>
- ⁵ IEA, 2023, *Electricity generation from biofuels and waste by source, World, 1990-2022*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=WasteGenBySource>, Lisensi: CC BY 4.0
- ⁶ World Bioenergy Association, 2023, *Bioenergy supply globally in the Net Zero Scenario, 2010-2030*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/bioenergy-supply-globally-in-the-net-zero-scenario-2010-2030>, Lisensi: CC BY 4.0
- ⁷ IEA, 2023, *Bioenergy supply globally in the Net Zero Scenario, 2010-2030*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/bioenergy-supply-globally-in-the-net-zero-scenario-2010-2030>, Lisensi: CC BY 4.0
- ⁸ IIEA 2023; Net Zero Roadmap. *A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update*, https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf, Licence: CC BY 4.0
- ⁹ Pörtner, H.O. et al, 2021, *IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change*; IPBES dan IPCC, DOI:10.5281/zenodo.4782538
- ¹⁰ IEA 2023, *Bioenergy supply globally in the Net Zero Scenario, 2010-2030*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/bioenergy-supply-globally-in-the-net-zero-scenario-2010-2030>, Lisensi: CC BY 4.0
- ¹¹ IEA 2023; Net Zero Roadmap. *A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update*, https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf, Lisensi: CC BY 4.0
- ¹² IRENA 2023, *World Energy Transitions Outlook 2023*, <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023#page-0>
- ¹³ IRENA, Ibid
- ¹⁴ EPN's Biomass Action Network, 2018, *Biomass Threat Map*, <https://environmentalpaper.org/biomass/biomass-threat-map-2018/>
- ¹⁵ Penghitungan mandiri berdasarkan: FAO, 2023, *Forestry Production and Trade*, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
- ¹⁶ IEA, 2023, *Electricity generation from biofuels and waste by source, Japan, 1990-2023*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=JAPAN&fuel=Energy%20supply&indicator=WasteGenBySource>, Lisensi: CC BY 4.0
- ¹⁷ IEA, 2023, *Electricity generation from biofuels and waste by source, Korea, 1995-2023*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=KOREA&fuel=Energy%20supply&indicator=WasteGenBySource>, Lisensi: CC BY 4.0
- ¹⁸ International Trade Center, *Trade Map*, <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- ¹⁹ Penghitungan mandiri berdasarkan: FAO, 2023, *Forestry Production and Trade*, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
- ²⁰ Earth Journalism, 2023, *Smoke, Mirrors, Wood Pellets: Vietnam Clears Native Forest To Supply 'Clean' Energy to Asia*, <https://earthjournalism.net/stories/smoke-mirrors-wood-pellets-vietnam-clears-native-forest-to-supply-clean-energy-to-asia>
- ²¹ Sumber: Data GDVC, dikompilasi oleh kelompok riset asosiasi kayu dan Forest Trends.
- ²² <https://enplus-pellets.eu/>
- ²³ New York Times, 2022, *Europe Is Sacrificing Its Ancient Forests for Energy*, <https://www.nytimes.com/interactive/2022/09/07/world/europe/eu-logging-wood-pellets.html>
- ²⁴ United States Department of Agriculture, 2023, *Taiwan Wood Pellets Market Brief - New Environmental and Energy Priorities Realize Opportunity for 300 Million in US Pellets*.
- ²⁵ <https://biomassmagazine.com/plants/list/pellet-mill>
- ²⁶ AEBIOM, 2015, *European Wood Chips Plants - Country Analysis. BASIS - Biomass Availability and Sustainability Information System*.
- ²⁷ Japan Statistics Department, 2024, *The 97th Statistical Yearbook of Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries 令和 6 年 1 月*, <https://www.maff.go.jp/e/data/stat/97th/attach/pdf/index-1.pdf>
- ²⁸ Solutions for Our Climate, 2023, *Subsidized Deforestation: 10 Years of Biomass Power in South Korea*. <https://forourclimate.org/research/291>
- ²⁹ Natural Resources Institute Finland, Statistics Database, https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/en/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__07%20Puun%20kaytto/
- ³⁰ Natural Resources Institute Finland, Ibid
- ³¹ Finish Natural Resources Institute, 2022, *Preliminary data on the greenhouse gas inventory confirm: the land use sector will be a source of emissions in 2021, forests will still remain a net sink*. <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaarion-kasvihuonekaasuinventaarion-ennakkotiedot-vahvistavat-maankayttosektorin-paastolahde-vuonna-2021-metsat-pysyivat-edelleen-nettonieluna>
- ³² PFPI, 2022, *Burning up the carbon sink: How the EU's forest biomass policy undermines climate mitigation, and how it can be reformed*. <https://forestdefenders.eu/wp-content/uploads/2022/11/PFPI-Burning-up-the-carbon-sink-Nov-7-2022.pdf>
- ³³ Cazzaniga, N. et al., 2021, *Wood Resource Balances of European Union and Member States, European Commission, 2021*, JRC126552.
- ³⁴ FAO, 2023, *Forestry Production and Trade*, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
- ³⁵ Biofuelwatch, *Biomasseanlagen in Deutschland*, <https://www.biofuelwatch.org.uk/biomassekarte-deutschland/>
- ³⁶ CLIMATE CHANGE 39/2023, *Projektionsbericht 2023 für Deutschland, 2023*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11740/publikationen/2023_08_21_climate_change_39_2023_projektionsbericht_2023_0.pdf
- ³⁷ Federal Forestry Inventory, 2022, <https://www.bundeswaldinventur.de/>
- ³⁸ Camia, A., et al., *The use of woody biomass for energy production in the EU*, EUR 30548 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-27866-5, doi:10.2760/428400, JRC122719.

- ³⁹ Environmental Paper Network, 2023, *How UN carbon accounting for biomass has created a biomass delusion*.
- ⁴⁰ IPCC, 2006, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2 Energy*, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
- ⁴¹ IPCC, 2006, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land use*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- ⁴² European Environmental Agency, 2023, *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990 - 2021 and inventory report 2023*. Disampaikan kepada Sekretariat UNFCCC.
- ⁴³ Directive 2001/77/EC dari Parlemen Eropa dan Dewan UE pada 27 September 2001 tentang promosi listrik yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan di pasar listrik internal UE.
- ⁴⁴ Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- ⁴⁵ Solutions for Our Climate, 2023, *Subsidize Deforestation: 10 Years of Biomass Power in South Korea*. <https://forourclimate.org/research/291>
- ⁴⁶ Global renewable and energy efficiency pledge, <https://www.cop28.com/en/global-renewables-and-energy-efficiency-pledge>
- ⁴⁷ Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach - 2023 Update, https://iea.blob.core.windows.net/assets/9a698da4-4002-4e53-8ef3-631d8971bf84/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf; Achieving SDG 2 without breaching the 1.5 °C threshold: A global roadmap, <https://www.fao.org/3/cc9113en/cc9113en.pdf>
- ⁴⁸ Environmental Paper Network, 2024, *Co-firing is not abatement*, <https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2024/06/BAN-Briefing-Co-firing-is-not-abatement-final.pdf>
- ⁴⁹ Trend Asia, 2022, <https://trendasia.org/en/latest-research-contrary-to-government-claims-biomass-co-firing-in-indonesia-increases-greenhouse-gas-emissions/>
- ⁵⁰ Trend Asia, 2022, *Battle on emissions reduction claims*, <https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2022/10/Battle-on-Emission-Reduction-Claims.pdf>
- ⁵¹ Earth Insight, 2024, *Unheeded Warnings: Forest Biomass Threats to Tropical Forests in Indonesia and Southeast Asia*, <https://earth-insight.org/report/forest-biomass-asia/>
- ⁵² Squire, Claire V et al., 2024, *The viability of co-firing biomass waste to mitigate coal plant emissions in Indonesia*, Communications Earth & Environment
- ⁵³ Triomics, 2024, *Can your money do better? Redirecting harmful subsidies to foster nature & climate resilience*. WWF European Policy Office; Solutions for Our Climate, *Global open letter: South Korea must take the lead in climate action by eliminating renewable energy certificates for biomass power*; Gareth, D. (2024). *The government's support for biomass*. Department for Energy Security & Net Zero. National Audit Office
- ⁵⁴ Harrison, T. & MacDonald, P., 2024, *Drax's BECCS project climbs in cost to the UK public*. Ember
- ⁵⁵ Bagian ini secara substansial berasal dari: SFoC & EPN, 2024, *A Climate and Biodiversity Loophole: Support for Biomass Power Undermines Global Targets - a South Korea Case*
- ⁵⁶ Kementerian Perdagangan, Industri, dan Energi Korea, 2023, *신 · 재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리 · 운영지침*. Pemberitahuan Publik Kementerian Perdagangan, Industri, dan Energi Korea No. 2023-158.
- ⁵⁷ International Renewable Energy Agency, 2022, *Renewable Power Generation Costs in 2022*
- ⁵⁸ Korea Energy Economics Institute, 2021, *RPS 신재생에너지원별 기술경제성 분석 및 제도 개선 연구*.
- ⁵⁹ Korea Customs Service. (tanpa tahun). Trade statistics. [Data set]; Korea Forest Service. (tanpa tahun). 연도별 목재펠릿 생산량.
- ⁶⁰ Solutions for Our Climate, 2024, *Global open letter: South Korea must take the lead in climate action by eliminating renewable energy certificates for biomass power*.
- ⁶¹ Mongabay, 2024. *Enviva bankruptcy fallout ripples through biomass industry, U.S. and EU*, <https://news.mongabay.com/2024/04/enviva-bankruptcy-fallout-ripples-through-biomass-industry-u-s-and-eu/>
- ⁶² Natural Resource Defence Council, 2021, *A Bad Biomass Bet: Why the Leading Approach to Biomass Energy with Carbon Capture and Storage Isn't Carbon Negative*. <https://www.nrdc.org/resources/bad-biomass-bet-why-leading-approach-biomass-energy-carbon-capture-and-storage-isnt>
- ⁶³ John D Sterman et al, 2018, *Does replacing coal with wood lower CO₂ emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy*, Environ. Res. Lett. 13 015007
- ⁶⁴ IPCC AR5 WG III 11.13.4, 2014, *GHG emission estimates of bioenergy production systems*, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf p. 877
- ⁶⁵ GCB Bioenergy, Volume 13, Issue 4, 2021, *Considering sustainability thresholds for BECCS in IPCC and biodiversity assessments*, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcbb.12798>
- ⁶⁶ <https://www.global.toshiba/jp/news/energy/2021/09/news-20210910-01.html>
- ⁶⁷ Institute for Energy Economics and Financial Analysis, Bruce Robertson and Milad Mousavian, 2022, *The carbon capture crux: Lessons learned*. <https://ieefa.org/resources/carbon-capture-crux-lessons-learned>
- ⁶⁸ Camia, A. et al., *The use of woody biomass for energy production in the EU*, EUR 30548 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-27866-5, doi:10.2760/428400, JRC122719.
- ⁶⁹ Camia, A et al., Ibid
- ⁷⁰ European Scientific Advisory Board on Climate Change, 2023, *Towards EU climate neutrality: progress, policy gaps and opportunities*. <https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/towards-eu-climate-neutrality-progress-policy-gaps-and-opportunities>
- ⁷¹ European Environment Agency, 2023, *Conservation status and trends of habitats and species*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/conservation-status-and-trends-article-17-national-summary-dashboards-archived>
- ⁷² Estonian Fund for Nature, 2020, *Hidden inside a wood pellet*. https://media.voog.com/0000/0037/1265/files/Biomass_report_ENG%20_2020.pdf
- ⁷³ BBC, 2022, *UK power station owner cuts down primary forests in Canada*. <https://www.bbc.com/news/science-environment-63089348>
- ⁷⁴ Mongabay, 2022, *Whistleblower: Enviva claim of 'being good for the planet... all nonsense'*. <https://news.mongabay.com/2022/12/enviva-biomass-lies-whistleblower-account/>
- ⁷⁵ Earth Journalist Network, 2023, *Smoke, Mirrors, Wood Pellets: Vietnam Clears Native Forest To Supply 'Clean' Energy to Asia*. <https://earthjournalism.net/stories/smoke-mirrors-wood-pellets-vietnam-clears-native-forest-to-supply-clean-energy-to-asia>
- ⁷⁶ https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2023/11/Co-firing-with-biomass-in-Indonesia_English-Version.pdf
- ⁷⁷ <https://news.mongabay.com/2024/10/revealed-biomass-company-poised-to-clear-bornean-rainforest-for-dubious-green-energy/>

- ⁷⁸ Squire, C.V. et al., 2024, *The viability of co-firing biomass waste to mitigate coal plant emissions in Indonesia*. *Commun Earth Environ* 5, 423, <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01588-0>
- ⁷⁹ Dogwood Alliance, *Impacts of Wood Pellets In the US*: <https://dogwoodalliance.org/our-work/wood-pellet-biomass/impacts-of-wood-pellets-in-the-us/>
- ⁸⁰ National Resources Defense Council, 2015, *Bioenergy Threatens the Heart of North American Wetland Forests*, <https://www.nrdc.org/sites/default/files/southeast-biomass-exports-FS.pdf>
- ⁸¹ Stand Earth, 2022, *Canada's growing wood pellet export industry threatens forests, wildlife and our climate*, https://old.stand.earth/sites/stand/files/report-canada-wood-pellet-industry-updated-01-2022_1.pdf
- ⁸² Environmental Paper Network, 2024, *African NGO's message to the timber industry on the International Day of Action on Biomass*, <https://environmentalpaper.org/2024/10/africa-ngo-letter-to-timber-industry/>
- ⁸³ Geosphere et al, 2022, *Ngodwana Biomass Energy Project: Can wood sourced from industrial timber plantations ever be sustainable?*
- ⁸⁴ Colectivo viento sur et al, 2021, *Arauco's Valdivia biomass power plant: carbon emissions and conflicts with Indigenous communities in Chile*. <https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2021/11/Valdivia-case-study.pdf>
- ⁸⁵ A declaration on biomass by BAN's Latin-America working group, 2024: <https://environmentalpaper.org/2024/10/a-declaration-on-biomass-by-bans-latin-american-working-group/>; World Rainforest Movement, 2004, *International Day of Struggle Against Monoculture Tree Plantations*, <https://www.wrm.org.uy/21-september>
- ⁸⁶ Earth Insight, 2024, *Unheeded Warnings: Forest Biomass Threats to Tropical Forests in Indonesia and Southeast Asia*, <https://earth-insight.org/report/forest-biomass-asia/>
- ⁸⁷ Trend Asia and Environmental Paper Network, 2023, *Co-firing with biomass in Indonesia: Debunking Emission Reduction Claims*, https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2022/11/Co-firing-with-biomass-in-Indonesia_English-Version.pdf
- ⁸⁸ Global Forest Coalition, 2020, *An investigation into the Global Environment Facility-funded project "Production of sustainable, renewable biomass-based charcoal for the iron and steel industry in Brazil"*, <https://globalforestcoalition.org/wp-content/uploads/2020/05/brazil-case-study.pdf>
- ⁸⁹ Biofuelwatch, 2014, *A new look at land-grabs in the global South linked to EU biomass policies*, <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/A-new-look-at-land-grabs-in-the-global-South-linked-to-EU-biomass-policies.pdf>
- ⁹⁰ Colectivo viento sur et al, 2021, *Arauco's Valdivia biomass power plant: carbon emissions and conflicts with Indigenous communities in Chile*, <https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2021/11/Valdivia-case-study.pdf>
- ⁹¹ Civic Response, 2022, *The Impact of APSD Plantation on Communities in Atebubu*, https://www.youtube.com/watch?v=9_-MscnBTHE&t=8s
- ⁹² Biofuelwatch, 2014, *Burning wood in power stations: Public health impacts*, <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Biomass-Air-Pollution-Briefing.pdf>
- ⁹³ Fern, 2018, *Burning biomass: the impact on European health*, <https://www.fern.org/fileadmin/uploads/fern/Documents/briefingnote%20burning%20biomass.pdf>
- ⁹⁴ WHO news release, 2022, *International Day of Clean Air for blue skies: joint efforts needed to tackle air pollution driving climate change and affecting health*, <https://www.who.int/europe/news/item/07-09-2022-international-day-of-clean-air-for-blue-skies--joint-efforts-needed-to-tackle-air-pollution-driving-climate-change-and-affecting-health>
- ⁹⁵ Biofuelwatch, 2013, *Biomass chain of destruction*, <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Chain-of-Destruction-online.pdf>
- ⁹⁶ Freiber et al, *Int J Environ Res Public Health*, 2018, *The Use of Biomass for Electricity Generation: A Scoping Review of Health Effects on Humans in Residential and Occupational Settings*, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5858423/>
- ⁹⁷ Tran et al., *Renewable Energy* volume 219, 2023, *Emissions of wood pelletization and bioenergy use in the United States*, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119536>; Southern Environmental Law Centre and partners, 2024, *Pellet Mill Community Impact Survey*, https://www.southernenvironment.org/wp-content/uploads/2024/10/Biomass_Report_0924_F.pdf?utm_source=brevio&utm_campaign=Monthly%20Bulletin%20BAN&utm_medium=email
- ⁹⁸ The Guardian, 29 May 2023, *Drax-owned wood pellet plant in US broke air pollution rules again*, <https://www.theguardian.com/business/2023/may/29/drax-owned-wood-pellet-plant-in-us-broke-air-pollution-rules-amite-bioenergy-mississippi-emissions-limits>
- ⁹⁹ BBC, 2021, *UK-owned pellet plant in US fined \$2.5m over air quality breaches*, <https://www.bbc.com/news/uk-england-york-north-yorkshire-56130166>
- ¹⁰⁰ Land and Climate Review, May 2024, *Drax's pellet mills violated environmental law 189 times in Canada*, <https://www.landclimate.org/drax-mills/>
- ¹⁰¹ The Intercept, 2024, *The Dirty Business of Clean Energy: The U.K. Power Company Polluting Small Towns Across the U.S*, <https://theintercept.com/2024/09/30/drax-wood-pellet-energy-air-pollution/>
- ¹⁰² Greenpeace, 2022, *Drax accused of driving 'environmental racism' after further pollution claims against wood pellet mills in US deep south*, <https://unearthed.greenpeace.org/2022/09/26/drax-accused-environmental-racism-further-pollution-claims-against-wood-pellet-mills-us/>
- ¹⁰³ Southern Environmental Law Centre and partners, 2024, *Pellet mill community impact survey*, https://www.southernenvironment.org/wp-content/uploads/2024/10/Biomass_Report_0924_F.pdf