



**Mulawarman
University PRESS**



PELLET KAYU

Energi Hijau Masa Depan

Rudianto Amirta

PELLET KAYU

ENERGI HIJAU MASA DEPAN

Penulis : Rudianto Amirta

Editor : Kiswanto

Layout Desain : Dewi Mujiasih

ISBN : 978-602-6834-54-6

© 2018. Mulawarman University Press

Edisi : Juli 2018

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

Amirta, Rudianto. 2018. *Pellet Kayu Energi Hijau Masa Depan*.
Mulawarman University Press. Samarinda



Mulawarman
University PRESS

Penerbit

Mulawarman University PRESS

Gedung LP2M Universitas Mulawarman

Jl. Krayan, Kampus Gunung Kelua

Samarinda – Kalimantan Timur – Indonesia 75123

Telp/Fax (0541) 747432, Email : mup.unmul@gmail.com

KATA PENGANTAR

Sejak beberapa tahun terakhir kita mengetahui bahwa penggunaan biomassa kayu dalam perspektif modern sebagai bahan bakar hijau (*green fuel and green energy*) yang ramah lingkungan mulai kembali banyak dikemukakan dalam berbagai kesempatan. Penggunaan kayu sebagai sumber energi modern ditampilkan pada perannya untuk menghasilkan energi listrik, panas dan juga bahan bakar yang ramah lingkungan.

Melihat akan adanya potensi besar dalam pengembangan energi hijau tersebut, khususnya penggunaan kayu sebagai sumber bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan. Saat ini salah satu bentuk pengembangan energi yang telah dilakukan yaitu berupa pellet energi atau bisa disebut sebagai pellet kayu. Namun dikarenakan minimnya informasi mengenai sumber daya bahan baku dan teknologi proses produksi serta prospek ekonominya, jenis energi atau bahan bakar ini di Indonesia masih belum cukup dikenal oleh masyarakat.

Maka untuk mengetahui lebih dalam tentang pellet kayu, dalam buku ini akan dijabarkan beberapa aspek diantaranya sejarah biomassa sebagai sumber energi, sejarah pengembangan dan pertumbuhan pellet kayu di dunia, sumber dan jenis biomassa bahan baku pellet energi, komposisi kimia biomassa bahan baku pellet energi serta teknologi produksi pellet kayu/pellet energi.

Penulis berharap melalui informasi yang tersaji dari buku ini dapat menjadi referensi tambahan bagi para pihak yang tertarik untuk mengenal dan mempelajari lebih jauh mengenai bahan bakar terbarukan khususnya pellet kayu.

Pada kesempatan ini, tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan buku ini. Melalui kesempatan ini penulis juga mengajak semua pihak yang terkait dengan hutan dan kehutanan beserta hasil-hasilnya dapat terus bekerjasama dan memberikan dukungan dalam upaya mengenalkan lebih jauh potensi pellet kayu beserta aspek-aspek pemanfaatannya guna memberikan manfaat baik secara ekologis, ekonomis dan juga sosial bagi masyarakat.

Samarinda, Juli 2018

Rudianto Amirta

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I	
Sejarah penggunaan biomassa sebagai sumber energi (<i>wood biomass</i>)	1
BAB II	
Pellet kayu, sejarah pengembangan dan pertumbuhannya di dunia	8
A. Sejarah pengembangan pellet kayu di dunia	8
B. Pertumbuhan permintaan pellet kayu di dunia	15
C. Peran dan status Indonesia dalam produksi dan penggunaan pellet kayu/pellet energi di dunia	25
BAB III	
Sumber dan jenis biomassa bahan baku pellet kayu/pellet energi	32
A. Limbah pemanenan hutan dan industri perkayuan	34

B. Limbah perkebunan dan industri pengolahannya	37
C. Limbah pertanian	38
D. Hutan tanaman energi	40

BAB IV

Komposisi kimia biomassa bahan baku pellet

energi	48
A. Selulosa	49
B. Hemiselulosa	50
C. Lignin	51

BAB V

Bagaimana pellet kayu/pellet energi dihasilkan: teknologi produksi

A. Penghancuran biomassa (<i>chipping & milling</i>).....	55
B. Pengeringan (<i>drying</i>)	57
C. Pencetakan pellet (<i>pelleting</i>)	58
D. Pendinginan dan Penyimpanan (<i>cooling</i>)	63
E. Pengemasan dan Distribusi	65

BAB VI

Standar mutu (kualitas) pellet kayu/pellet energi global

DAFTAR PUSTAKA	78
-----------------------------	----

PROFIL PENULIS	81
-----------------------------	----

DAFTAR TABEL

1. Kandungan unsur kimia (emisi) dalam pellet Kayu	72
2. Perbandingan kandungan energi dan emisi dari pellet kayu dengan berbagai jenis bahan bakar	73
3. Standar kualitas pellet kayu Pellet Fuel Institute - PFI	74
4. Standar kualitas pellet kayu DIN (Jerman) dan Ö NORM (Austria)	75
5. Standar Mutu Pellet Kayu/Pellet Energi Eropa (EN Plus) – Lanjutan	76

DAFTAR GAMBAR

1.	Penggunaan biomassa kayu sebagai sumber energi dalam sejarah peradaban manusia dimasa lalu (Sumber foto: GI)	1
2.	Penggunaan biomassa kayu sebagai sumber energi dalam sejarah peradaban manusia dimasa lalu (Sumber foto: GI)	3
3.	<i>Jatropha curcas</i> , tumbuhan hutan penghasil biji yang kaya akan kandungan minyak nabati (sumber alternatif penghasil biodiesel) (Sumber foto: Google Image – GI).....	3
4.	Konsep <i>Carbon neutral</i> pada pemanfaatan kayu/biomassa sebagai sumber energi	6
5.	Reaksi kimia penyerapan CO ₂ pada proses fotosintesa tumbuhan (Sumber foto: GI)	7
6.	Beragam produk pellet kayu/pellet energi (pellet kayu/pellet energi) di pasar dunia (Sumber foto: GI).....	8
7.	Penampakan salah satu pabrik pellet kayu/pellet energi di Swedia (Sumber foto: GI)	9
8.	Penggunaan kulit kayu sebagai bahan baku pellet (Sumber foto: dokumen pribadi)	10
9.	Dasar pemikiran pengembangan industri pellet kayu/pellet energi sebagai sumber energi hijau terbarukan (Sumber foto: dokumen pribadi).....	12
10.	Perkiraan pertumbuhan permintaan pellet	

	kayu/pellet energi industri dunia hingga tahun 2025 (Sumber: Future Metrics)	17
11.	Sebaran ekspor pellet/energi kayu Amerika ke Eropa	19
12.	Perkiraan tren harga produk pellet kayu/pellet energi di pasar dunia hingga akhir tahun 2020 (Sumber: Future Metrics)..	20
13.	Tingkat produksi pellet kayu/pellet energi dunia (2012-2015)	21
14.	Perkiraan kebutuhan pellet kayu/pellet energi untuk pengembangan program <i>co-firing</i> di negara China hingga tahun 2020 (Sumber: Future Metrics)	23
15.	Perkiraan pertumbuhan kebutuhan pellet kayu/pellet energi dunia untuk sektor domestik (pemanas rumah tangga dan sektorkomersil) pada periode 2004-2024 (Sumber: Future Metrics)	24
16.	Beberapa nama produsen pellet energi di Indonesia	29
17.	Berbagai bentuk limbah biomassa dari kegiatan penebangan dan penjarangan hutan (Sumber foto: dokumen pribadi)	35
18.	Berbagai bentuk limbah biomassa dari kegiatan industri pengolahan kayu (penggergajian dan kayu lapis) (Sumber foto: dokumen pribadi).....	36
19.	Limbah batang, tandan kosong, cangkang	

	dan pelepah sawit yang berpotensi digunakan pada produksi pellet. (Sumber foto: dokumen pribadi dan GI)	38
20.	Limbah pertanian seperti tongkol jagung, batok kelapa, sekam padi dan jerami berpotensi digunakan sebagai bahan bakar energi (Sumber foto: GI)	39
21.	Hutan tanaman energi Poplar dengan usia tanaman 4 tahun yang dikembangkan di Munchen, Jerman. Jarak tanam rapat untuk produktifitas biomassa yang tinggi. (Sumber foto: dokumen pribadi)	41
22.	Hutan tanaman energi dengan jenis SRC Willow di Eropa (Sumber foto: Lindegaard, 2013)	42
23.	Salah satu pola tanam campuran pada hutan tanaman energi, menggabungkan produksi kayu yang berharga di jalur sempit dengan komponen SRC di jalur yang lebih luas (utama). Jarak tanam SRC sangat rapat, sedangkan jarak antara pohon-pohon berharga di garis pohon setara dengan lebar canopy/mahkota (CW) dari pohon dewasa. (Sumber: Morhart et al., 2014)	44
24.	<i>Eucalyptus pellita</i> , salah satu jenis unggulan Hutan Tanaman Industri serat di Indonesia (Sumber foto: dokumen pribadi).....	45
25.	Kemampuan regenerasi tanaman dengan	

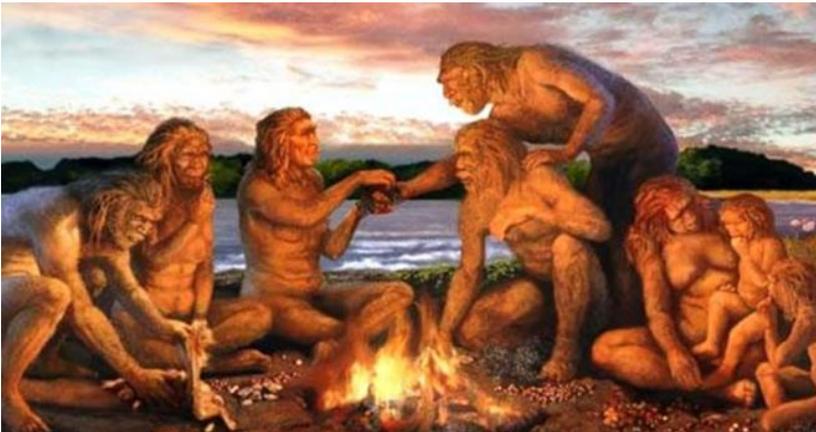
terubusan (Sumber foto: dokumen pribadi)...	46
26. Beberapa jenis tanaman yang berpotensi untuk dikembangkan dalam pembangunan SRC di Indonesia, seperti <i>Calliandra</i> , <i>Symplocos</i> , <i>Amigdalina</i> dan <i>Gliricidia</i> (Amirta et al, 2016).....	47
27. Struktur kimia selulosa (Rowell et al, 2012) ..	50
28. Struktur kimia hemiselulosa (Rowell et al, 2012)	51
29. Struktur kimia lignin (Rowell et al, 2012).....	52
30. Alur proses pada industri pellet kayu/pellet energi komersil (Sumber: German Pellets).....	54
31. Truk pengangkut material bahan baku pada industri pellet kayu/pellet energi (Sumber foto: dokumen pribadi).....	54
32. <i>Wood chipper</i> bertenaga besar yang mampu mencacah log menjadi serpih kayu (Sumber foto: GI).....	56
33. Log/kayu bulat, chip (serpih) dan serbuk kayu yang biasa digunakan dalam industri pellet kayu/pellet energi (Sumber foto: dokumen pribadi).....	57
34. Drum dryer yang banyak digunakan pada proses pengeringan serpih (chip) maupun serbuk kayu pada industri pellet kayu/pellet energi (Sumber foto: GI)	58
35. Jenis alat cetak/kempa pada industri pellet kayu (<i>die</i>): <i>flat die</i> (atas) dan <i>ring die</i> (bawah)	

	(Sumber foto: GI).....	60
36.	Proses terbentuknya formasi pellet kayu/pellet energi pada pelletiser jenis <i>ring die</i> (Sumber foto: GI).....	61
37.	Pelletiser atau alat pencetak pellet kayu sederhana dengan penggerak diesel (Sumber: Amirta et al, 2018).....	63
38.	Menara pendingin (cooling tower) pada industri pellet kayu/pellet energi (Sumber foto: GI).....	64
39.	Produk pellet kayu/pellet energi dalam kemasan plastik 10 kg dan tumpukan dalam paket pengiriman 1 ton di atas palet (Sumber foto: dokumen pribadi).....	65
40.	Pemuatan pellet kayu/pellet energi dalam bentuk curah dari silo ke truk/tangki pengangkut (Sumber foto: GI).....	66
41.	Ekspor dan distribusi pellet kayu/pellet energi curah dengan menggunakan kapal laut (Sumber foto: GI).....	67
42.	Perbandingan kualitas pellet kayu didasarkan pada kekuatan struktur mekanisnya: A. pellet dengan kualitas yang baik; B. pellet dengan kualitas sedang dan C. kualitas rendah, hancur menjadi remah (Kofman, 2007).....	71

Bab-1

Sejarah penggunaan biomassa sebagai Sumber energi (*wood biomass*)

Sebagaimana kita ketahui bersama, di dalam peradaban manusia kayu telah digunakan sebagai salah sumber energi utama sejak beribu tahun yang lalu. Secara tradisional, kayu dan arang telah kita kenal dan gunakan dalam kehidupan kita sehari-sehari secara luas, baik sebagai bahan bakar untuk keperluan mengolah dan memasak makanan, memanaskan ruangan (perapian/pemanas), menjalankan kereta dan kapal uap, menyetrika pakaian, menempa besi dan untuk banyak lagi keperluan lainnya.



Gambar 1. Penggunaan biomassa kayu sebagai sumber energi dalam sejarah peradaban manusia dimasa lalu (Sumber foto: GI)

Penggunaan kayu atau tumbuhan hijau (biomassa) sebagai sumber energi tidak hanya bersumber kepada pengalaman praktis nenek moyang manusia dalam bertahan hidup semata, namun jauh sebelum itu penggunaan sumber daya alam khususnya tumbuhan ini telah sangat jelas disebutkan dalam kitab suci Al-Quran sebagaimana yang termuat dalam surah Yassin ayat 80. Allah sebagai penguasa dari alam semesta telah berfirman kepada umat manusia:

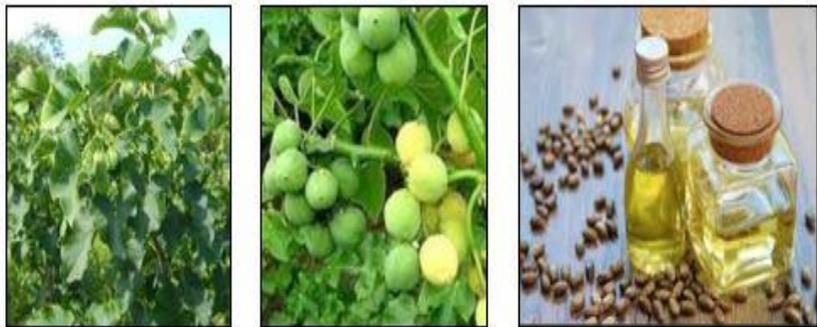
“Tuhan yang menjadikan untukmu api dari kayu yang hijau, maka tiba-tiba kamu bisa menyalakan (api) dari kayu itu.” (QS. Yasiin :80).

Selain dalam surah Yassin, petunjuk pemanfaatan kayu atau tumbuhan hijau (biomassa) sebagai sumber energi juga turut dijelaskan dalam surah An-nur ayat 35:

“Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya-Nya adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang banyak berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang Dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu”. (QS. 24:35).



Gambar 2. Hutan tanaman sebagai ladang produksi biomassa kayu energi dan potongan kayu bakar untuk memasak (Sumber foto: dokumen pribadi)



Gambar 3. *Jatropha curcas*, tumbuhan hutan penghasil biji yang kaya akan kandungan minyak nabati (sumber alternatif penghasil biodiesel) (Sumber foto: Google Image - GI)

Jadi sangatlah jelas bahwa penggunaan tumbuhan/biomassa sebagai sumber energi adalah sesuatu yang memang secara religius telah direncanakan dan diarahkan oleh sang pencipta kepada umatnya. Secara sederhana kayu sangat mudah dibakar untuk

menghasilkan api yang dapat dimanfaatkan untuk menghangatkan, mengeringkan, memasak makanan dan untuk beragam keperluan lainnya.

Kedua firman Allah inilah yang kemudian pada saat ini kita perdalam dan kembangkan lebih jauh dalam konsep sains dan teknologi modern sebagai cikal bakal dari tumbuh kembangnya teknologi proses produksi untuk menghasilkan bioenergi dan biofuel (*lignocellulosic bioetanol* serta biodiesel), baik yang dikembangkan dengan pendekatan fisika, biologi maupun bioteknologi (*advance biotechnology*)

Kembali ke sejarah penggunaan kayu dalam peradaban umat manusia. Kayu telah digunakan tidak hanya di negara-negara berkembang di wilayah tropis semata, namun secara luas telah digunakan secara masif dalam periode waktu yang panjang oleh masyarakat yang tinggal dan bermukim di wilayah-wilayah *temperate* (sub tropis) yang memiliki musim dingin berkepanjangan. Negara-negara Eropa seperti Jerman dan Austria misalnya, kedua negara ini menggantungkan 80% pasokan energi guna keperluan menghangatkan rumah tinggal mereka dari biomassa hutan. Sungguh suatu peran yang sangat signifikan dari biomassa hutan dalam menopang kehidupan dan daya tahan masyarakat di kedua negara tersebut dari cekaman suhu dingin berkepanjangan yang dialaminya.

Walau saat ini sebagian besar peran tradisional dari kayu maupun arang sebagai bahan bakar telah mampu digantikan oleh sumber energi lainnya seperti minyak,

gas dan listrik, namun demikian peran kayu ataupun biomassa sebagai sumber utama energi dalam menopang kehidupan bagi masyarakat di negara-negara berkembang tetap masih sangat dominan. Bahkan di beberapa negara seperti halnya Somalia, Ethiopia, Nepal, dan India peran biomassa sebagai sumber energi sangatlah sentral terutama guna keperluan masak-memasak di rumah tangga (sektor domestik).

Sejak beberapa tahun terakhir kita juga mengetahui bahwa penggunaan kayu dalam perspektif modern sebagai bahan bakar hijau (*green fuel and green energy*) yang ramah lingkungan juga mulai kembali banyak dikemukakan dalam berbagai kesempatan. Penggunaan kayu sebagai sumber energi modern ditampilkan pada perannya untuk menghasilkan energi listrik, panas dan juga bahan bakar yang ramah lingkungan.

Negara-negara maju seperti Irlandia, Finlandia, Swedia, Italia, Jerman, dan Amerika. Tidak hanya itu, negara-negara maju di Asia seperti Korea, Jepang dan China juga telah menaruh perhatian besar dalam pengembangan penelitian dan teknologi pemanfaatan energi hijau ini. Tingginya perhatian ini disebabkan oleh meningkatnya kesadaran dan kebutuhan manusia untuk menemukan dan menggunakan sumber-sumber energi terbarukan yang berkelanjutan guna menyediakan keamanan pasokan dan juga mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil yang saat ini

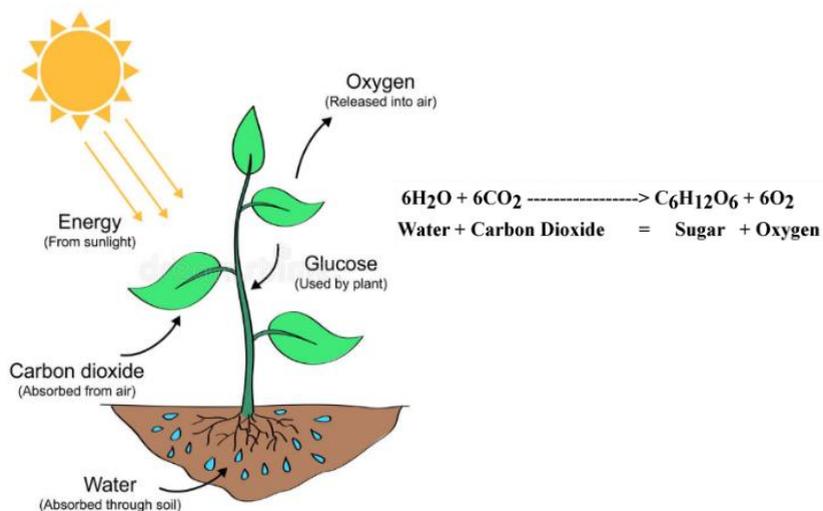
telah diketahui berkontribusi terhadap pemanasan global (*global warming*).



Gambar 4. Konsep *Carbon neutral* pada pemanfaatan kayu/ biomassa sebagai sumber energi

Bahan bakar fosil seperti batubara, minyak dan gas bumi ketika dibakar akan melepaskan karbon dioksida (CO_2) yang merupakan salah satu penyebab utama terjadinya pemanasan global (*Green house gas emission - GHG/efek rumah kaca*). Pelepasan sejumlah besar CO_2 ke atmosfer dianggap sebagai salah satu penyebab utama terjadinya pemanasan global. Sedangkan kayu dan biomassa hijau dari hutan yang dikelola secara berkelanjutan, bila digunakan sebagai sumber energi, tidak akan menambahkan emisi karbon ekstra ke atmosfer karena karbon yang dilepas melalui

pembakaran dan/atau peluruhannya akan mampu diserap kembali oleh pohon pengganti pada proses fotosintesa.



Gambar 5. Reaksi kimia penyerapan CO₂ pada proses fotosintesa tumbuhan (Sumber foto: GI)

Oleh karena itu banyak ahli bersepakat bahwa kayu adalah sumber karbon netral di muka bumi, terutama jika berasal dari kawasan hutan yang dikelola dengan baik secara berkelanjutan (*sustainable forestry*), baik yang dikelola dalam skema pembangunan hutan alam, hutan tanaman atau pun perkebunan. Tidak hanya kayu, biomassa yang berasal dari tumbuhan lainnya yang dikelola dengan mengacu pada prinsip-prinsip keberlanjutan juga merupakan sumber karbon netral.

Bab-2

Pellet kayu, sejarah pengembangan dan pertumbuhannya di dunia

A. Sejarah pengembangan pellet kayu di dunia

Pellet kayu/pellet energi adalah bahan bakar nabati yang terbuat dari bahan organik atau biomassa yang terkompresi. Menilik dari sejarahnya, produksi pellet kayu/pellet energi di dunia, tepatnya di Eropa dan Amerika Utara dimulai dan dilatarbelakangi oleh terjadinya krisis minyak bumi yang terjadi pada tahun 1973 hingga 1979. Sejak saat itu beragam jenis dan bentuk pengemasan pellet kayu/pellet energi dengan mudah dapat kita jumpai dipasaran energi.



Gambar 6. Beragam produk pellet kayu/pellet energi di pasar dunia (Sumber foto: GI)

Pada saat itu, teknologi yang digunakan untuk memproduksi pellet pakan ternak telah dimodifikasi untuk mengakomodasi material kayu dan biomassa lainnya yang lebih padat. Salah satu penggerak awal industri ini di Eropa adalah Swedia, karena industri perkayuannya yang terkemuka, serta keinginan negara ini untuk meningkatkan kemandirian energi dan komitmennya terhadap pelestarian lingkungan.



Gambar 7. Penampakan salah satu pabrik pellet kayu/pellet energi di Swedia (Sumber foto: GI)

Perencanaan produksi pellet kayu/pellet energi di Swedia dimulai pada akhir tahun 1970 dengan keputusan pemerintahnya untuk membangun pabrik pellet kayu pertama mereka di Mora. Pabrik tersebut mulai memproduksi pada bulan November 1982 dan segera setelah mulai beroperasi, industri ini mengalami masalah karena biaya produksinya yang dinilai jauh

lebih tinggi daripada yang telah direncanakan dan diperkirakan sebelumnya.

Pada awal pengembangannya, bahan baku yang digunakan adalah kulit kayu. Karenanya wajar jika pada saat itu pellet kayu/pellet energi yang dihasilkan masih memiliki kadar abu yang cukup tinggi, yaitu berkisar 2,5% hingga 17%. Sangat berbeda dengan produk pellet kayu/pellet energi yang kita gunakan saat ini.



Gambar 8. Penggunaan kulit kayu sebagai bahan baku pellet
(Sumber foto: dokumen pribadi)

Selain menggunakan kulit kayu sebagai bahan baku, di periode awal produksinya tersebut pemerintah dan kalangan industri di Swedia secara bersamaan juga mengembangkan teknologi pembakaran (boiler) berbahan baku pellet kayu/pellet energi. Peralatan dan teknologi ini dikembangkan untuk mengkonversi boiler minyak ke boiler berbahan bakar pellet. Namun

sayangnya, pengembangan teknologi ini dirasakan kurang berhasil. Teknologi konversi yang dikembangkan pada saat itu tidak mampu memenuhi harapan masyarakat karena tingkat efisiensinya yang dinilai masih rendah. Hal ini turut diperparah dengan masih buruknya kualitas pellet yang dihasilkan.

Bertitik tolak dari situasi tersebut, pemerintah Swedia dan dunia usahanya kembali berusaha melakukan berbagai evaluasi dan perbaikan menyeluruh yang memungkinkan diperolehnya hasil capaian dan kualitas pellet kayu yang berbeda. Hasilnya sangat baik, menandai hal tersebut pada tahun 1987 pabrik dengan teknologi proses menggunakan bahan *pelletizing* kering telah dibangun di Kil. Pabrik baru ini dibangun untuk menghasilkan 3.000 metrik ton pellet kayu/pellet energi (*wood pellet*) per tahun dengan pendekatan teknologi proses produksi yang lebih baik. Hingga saat ini pabrik tersebut masih beroperasi dan merupakan pabrik pellet kayu/pellet energi komersial tertua yang ada di Swedia dan juga dunia.

Setelah dirasakan mampu mengatasi kendala teknologi dan mendapatkan efisiensi yang lebih baik dari pemanfaatan pellet kayu/pellet energi sebagai alternatif energi pengganti minyak (energi fosil), pada awal 1990-an, pemerintah Swedia mengajukan proposal untuk mulai memberlakukan pajak bagi penggunaan bahan bakar mineral (fosil). Pada saat itu pemerintah Swedia juga membatasi emisi karbon dioksida. Dalam waktu singkat, prospek pembakaran bahan bakar fosil menjadi

tidak menguntungkan karena *biofuel* masuk untuk mengisi kekosongan suplai energi. Ini menandai titik balik dan penggunaan pellet kayu/pellet energi yang mulai tumbuh dengan cepat, hingga saat ini.



Gambar 9. Dasar pemikiran pengembangan industri pellet kayu/pellet energi sebagai sumber energi hijau terbaru (Sumber foto: GI)

Program energi bersih yang sama dan tidak kalah ambisiusnya juga muncul di tempat lain di Eropa dan Amerika. Akibatnya, Eropa memimpin dunia dalam konsumsi pellet biomassa hingga hari ini. Tingkat kecanggihannya pun telah meningkat di benua itu sedemikian rupa sehingga pellet yang diproduksi dapat dikirimkan dalam jumlah besar melalui truk dan kapal tangker dan ditempatkan/dialurkan secara langsung ke area penyimpanan di lokasi-lokasi perumahan, mirip dengan cara pompa bensin yang diisi kembali dengan

bensin. Selain untuk keperluan pemanasan/penghangat bagi perumahan, pembangkit listrik Eropa semakin banyak menggunakan pellet biomassa untuk menghasilkan listrik serta untuk energi dalam aplikasi industri lainnya.

Tidak hanya di Swedia dan juga negara-negara Eropa, pada saat yang hampir bersamaan penggunaan pellet kayu/pellet energi sebagai sumber energi juga mulai dikenal luas dan dikembangkan di wilayah Asia. Jepang misalnya, di negara matahari terbit ini produk pellet kayu/pellet energi mulai dikenal luas dan digunakan setelah krisis minyak terjadi di Eropa dan Amerika Utara. Produksi pellet kayu/pellet energi Jepang secara komersil mulai memasuki era industri besar dan masif pada tahun 1982, dan produksinya dari tahun ke tahun terus meningkat. Setidaknya pada periode waktu tersebut terdapat sekitar 30 pabrik atau industri yang beroperasi di Jepang dengan jumlah total produksi pellet kayu/pellet energi mencapai 27.722 ton.

Namun situasi ini pun tidak berjalan selamanya, seiring dengan menurunnya harga minyak, pellet kayu/pellet energi dirasakan kurang mampu bersaing dari sisi ekonomi. Daya saing dan keuntungan yang sebelumnya diperoleh oleh kalangan industri menurun, sebagai akibatnya perlahan kejayaan industri inipun meredup. Situasi yang sama juga terjadi di negara-negara Eropa pada dekade tersebut. Kondisi ini diperburuk dengan belum berkembangnya teknologi

pembakaran pellet kayu/pellet energi (boiler) secara sempurna pada saat itu.

Sama halnya dengan yang terjadi di Swedia, seiring dengan perubahan kemampuan produksi energi dunia, produksi pellet kayu/pellet energi kembali meningkat dan menemukan performanya di era tahun 90-an. Kebangkitan ini dilatarbelakangi oleh keinginan luhur berorientasi jangka panjang dari beberapa negara tersebut untuk mulai menggunakan sumber energi hijau (*green energy*). Hal ini didukung oleh kebijakan mereka berupa pajak hijau, yang diterjemahkan melalui pemberian insentif peralatan dan pendidikan secara lebih luas kepada masyarakat akan pentingnya hal ini. Kebijakan ini dirasa sangat penting dan strategis dilakukan untuk meredam dan menanggulangi ancaman pemanasan global, keamanan energi dan kenaikan harga minyak yang terus terjadi hingga saat ini, dan ternyata hal itu terbukti telah berdampak baik bagi kehidupan mereka. Misalnya, pellet kayu/pellet energi mampu menggantikan peran pemanas listrik dan minyak tanah yang sebelumnya banyak digunakan masyarakat Eropa. Bahkan saat ini pasar pellet kayu/pellet energi ini tumbuh dengan cepat oleh citra hijau dan basis keuntungannya dalam harga, dan itu jelas dapat dilihat dalam perdagangan bahan bakar pellet kayu/pellet energi dunia. Saat ini, bahan bakar pellet kayu/pellet energi berada dalam persaingan harga yang ketat dengan minyak tanah dan gas alam di banyak negara. Tetapi permintaannya terus meningkat karena keuntungan

lainnya seperti kepedulian lingkungan, kualitas tinggi dan kemudahannya untuk diperoleh dan digunakan.

Setelah mengetahui sejarah berkembangnya pellet kayu/pellet energi dunia, tentu kita juga ingin tahu bagaimana situasi kebutuhannya saat ini? Pembahasan lebih lanjut dari buku ini akan mengupas lebih jauh mengenai situasi pasar pellet kayu/pellet energi dunia beserta perkiraan akan pertumbuhannya dari beberapa waktu terdahulu hingga beberapa tahun ke depan.

B. Pertumbuhan permintaan pellet kayu di dunia

Untuk kita pahami bersama bahwa pada prinsipnya pasar pellet kayu/pellet energi dunia diarahkan oleh dua kebutuhan penggunaan sektor utama, yaitu pellet industri yang diproduksi dan digunakan sebagai pengganti batubara di pembangkit listrik, dan pellet premium yang digunakan pada pengoperasian kompor pellet dan pellet boiler untuk pemanas ruangan. Pasar pellet kayu/pellet energi global tersebut, baik sektor pemanas maupun industri telah mengalami pertumbuhan yang sangat signifikan dalam dekade terakhir. Data tingkat pertumbuhannya selama empat tahun terakhir adalah sekitar 10% per tahun, dari sekitar 19,5 juta metrik ton pada tahun 2012 menjadi sekitar 28 juta metrik ton pada tahun 2015 (Gambar 10).

Untuk wilayah Eropa sendiri pada tahun 2015 berhasil mencatatkan jumlah produksi pellet kayu/pellet energi hingga sebesar 14,1 juta ton, sementara konsumsi atau tingkat penggunaannya mencapai 20,3 juta ton

yang berarti masih memiliki kekurangan pasokan sebesar 6,2 juta ton. Kebutuhan yang besar ini juga ditandai dengan tingkat penggunaannya terutama untuk memenuhi kebutuhan sektor pemanas yang jumlahnya mencapai 10,3 juta ton, atau setara dengan 51% dari total konsumsi. Dimana jumlah ini mengalahkan penggunaan pellet untuk industri seperti kebutuhan pembangkit listrik.

Saat ini data yang kita miliki juga mencatat bahwa untuk wilayah Eropa ada enam negara yang secara dominan memainkan peran penting sebagai produsen pellet kayu/pellet energi berbahan baku biomassa ini. Enam negara produsen pellet terbesar di Eropa yakni, Jerman (2 juta ton), Swedia (1,7 juta ton), Latvia (1,6 juta ton), Estonia (1,3 juta ton), Austria (1 juta ton) dan Prancis (1 juta ton). Sedangkan negara-negara di Eropa yang tercatat sebagai konsumen utama dari pellet yang dihasilkan tersebut untuk memenuhi kebutuhan sektor pemanas mereka adalah: Italia (3,1 juta ton), Jerman (2,3 juta ton), Denmark (1,8 juta ton), Swedia (1,6 juta ton), Prancis (1 juta ton), dan Austria (0,9 juta ton).

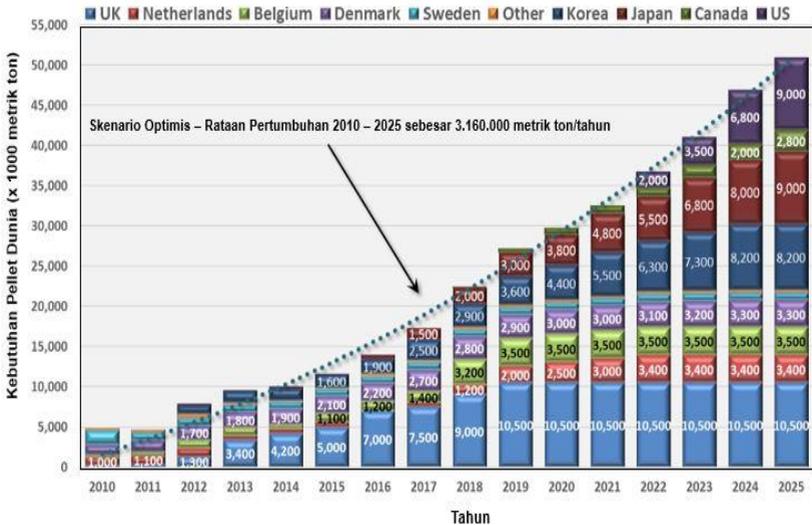
Selain di Eropa, pertumbuhan tingkat produksi pellet kayu/pellet energi yang cenderung terus meningkat ini juga terjadi di Inggris dan Amerika. Peningkatan tersebut terutama di dorong oleh pertumbuhan permintaan pellet kayu/pellet energi khususnya yang datang dari proyek-proyek pembangunan pembangkit listrik baru di beberapa negara maju, seperti halnya kedua negara tersebut. Permintaan di kedua negara ini diperkirakan akan terus

meningkat hingga tahun 2020-2025 mendatang. Pasar pellet energi industri saat ini tumbuh sangat baik. Grafik atau penggambaran di bawah ini (Gambar 10) akan menunjukkan pertumbuhan permintaan aktual akan produk pellet kayu/pellet energi industri di dunia pada periode 2010-2025. Dimana pada kurun waktu tersebut diperkirakan permintaan akan suplai pellet kayu/pellet energi untuk kebutuhan industri akan tumbuh cukup tinggi dengan tingkat kebutuhan sebesar 3.160.000 metrik ton pada setiap tahunnya. Lebih dari itu, kebutuhan dari sektor industri ini pada tahun 2025 diperkirakan akan tumbuh dan meningkat hingga lebih dari 50.000.000 metrik ton per tahun. Jumlah yang sangat besar jika dibandingkan dengan tingkat serapan atau penggunaan pellet kayu/pellet energi pada saat ini yang masih relatif rendah dikisaran 20.000.000 – 25.000.000 metrik ton per tahun. Tentu ini sebuah tantangan dan juga peluang yang harus dicermati dengan seksama bagi masa depan.

Ada perbedaan yang sangat signifikan diantara Kanada, Amerika Serikat dan Eropa dalam kebijakan produksi dan konsumsi pellet energi mereka. Kanada, selain dikenal sebagai negara pengguna pellet kayu/pellet energi untuk keperluan domestiknya, namun juga secara paralel mengeksport sebagian besar produk pellet mereka untuk negara lain.

Sementara itu Amerika lebih banyak menggunakan pellet kayu untuk keperluan dalam negerinya. Di Amerika Serikat, sebagian besar pellet dikemas dan

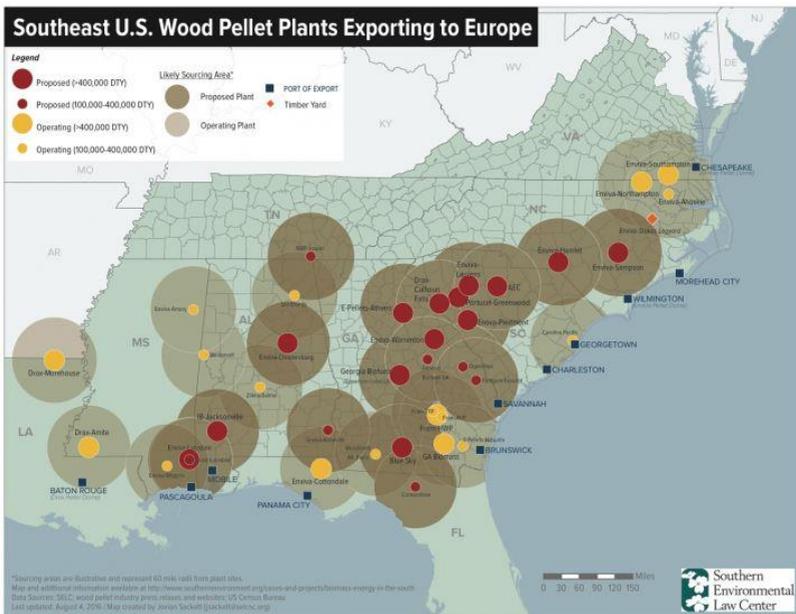
dipasarkan untuk keperluan domestiknya seperti untuk penghara kompor pellet.



Gambar 10. Perkiraan pertumbuhan permintaan pellet kayu/pellet energi industri dunia hingga tahun 2025 (Sumber: Future Metrics – Strauss, 2017)

Namun demikian bukan berarti Amerika juga tidak melakukan ekspor untuk produk energi yang mereka miliki ini. Sebagaimana dapat kita lihat pada Gambar 11, jelas dapat kita cermati peta distribusi atau sebaran produksi dan ekspor pellet kayu/pellet energi dari Amerika ke beberapa negara di Eropa. Hal ini tidak lepas dari masih tingginya kebutuhan pellet kayu yang datang dari negara-negara Eropa tersebut. Mereka masih membutuhkan pellet kayu dalam jumlah yang besar dari negara-negara lain. Pasar pellet di seluruh dunia (terutama Uni Eropa) memiliki kecenderungan kenaikan

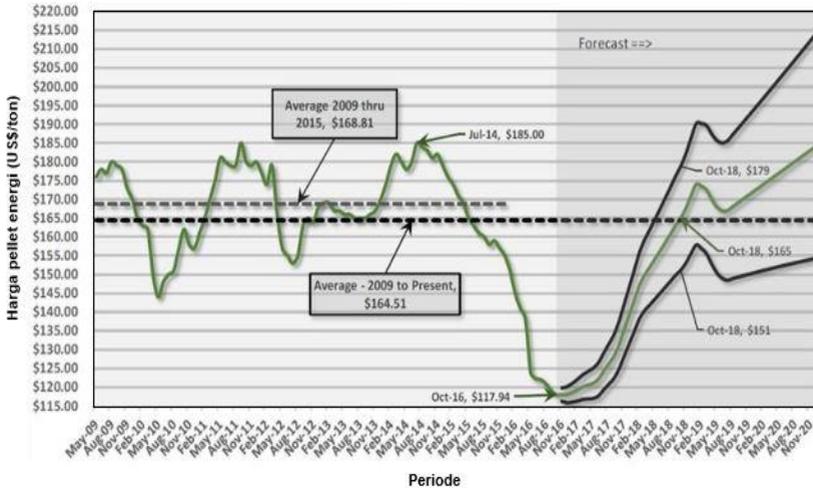
yang terus-menerus. Situasi yang hampir sama juga dialami oleh Kanada. Kanada juga mengekspor pellet kayu yang dihasilkan dari serbuk gergaji dan serutan kayu ke negara-negara Eropa disekitarnya seperti Swedia dan Denmark. Dapat kita katakan bahwa industri pellet biomassa telah mendapatkan momentum yang cepat untuk terus tumbuh dan berkembang selama dekade terakhir.



Gambar 11. Sebaran ekspor pellet/energi kayu Amerika ke Eropa

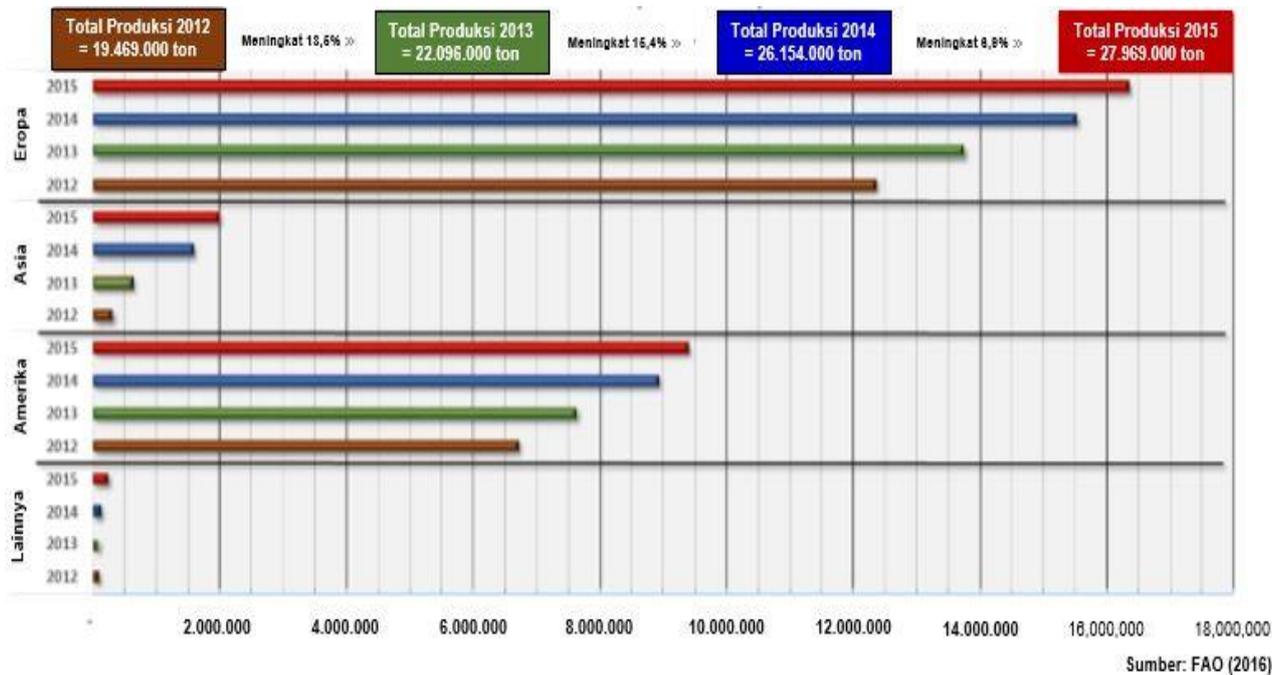
Untuk mengkomersilkan pellet biomassa dalam skala besar, fokus utama dari berbagai produsen di negara tersebut adalah dengan mengembangkan industri berskala besar yang memiliki kapasitas produksi

tahunan lebih dari 100.000 ton, angka yang sangat besar. Tentu saja hal ini tidak lepas dari faktor harga jual pellet kayu/pellet energi yang relatif baik dan stabil di pasar dunia hingga saat ini.



Gambar 12. Perkiraan tren harga produk pellet kayu/pellet energi di pasar dunia hingga akhir tahun 2020 (Sumber: Future Metrics – Strauss, 2017)

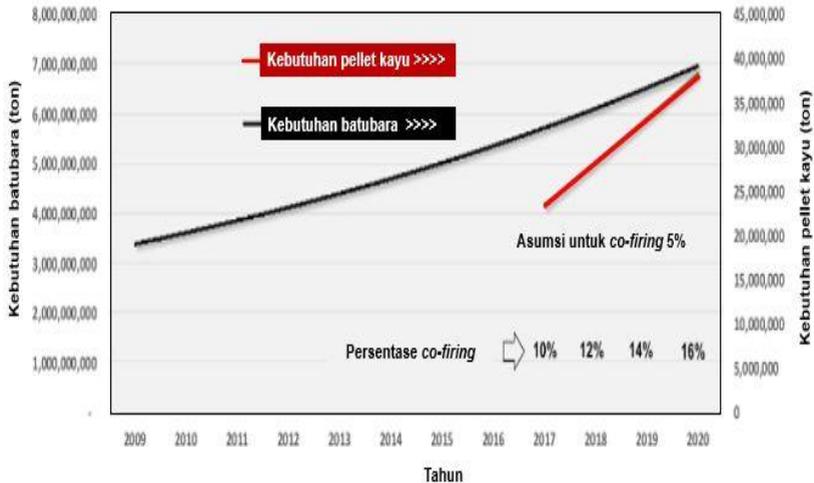
Tidak hanya itu, salah satu laporan yang ada juga menyebutkan bahwa Amerika Serikat dan Swedia saat ini mendapatkan sekitar 4 dan 13% energi mereka dari biomassa. Untuk memperkuat hal itu Swedia bahkan telah melaksanakan sebuah program inisiatif untuk menghentikan pembangkit listrik tenaga nuklir yang sebelumnya banyak digunakan di negara ini, serta mulai mengurangi penggunaan energi berbahan bakar fosil dan meningkatkan penggunaan bioenergi.



Gambar 13. Tingkat produksi pellet kayu/pellet energi dunia (2012-2015)

Selain meningkatnya permintaan pellet dari negara-negara Eropa dan Amerika, pertumbuhan permintaan dari negara-negara di kawasan di Asia, khususnya Jepang, Korea Selatan dan China diperkirakan juga akan terus meningkat dengan kecenderungan yang sama.

Khusus untuk China, peningkatan tingkat produksi dan kebutuhan akan pellet kayu/pellet energi di negara ini lebih didorong oleh kebijakan yang secara khusus telah dikeluarkan oleh pemerintah. Pemerintah negara tirai bambu memiliki rencana lima tahunan untuk periode 2016-2020 yang secara implisit memberikan dukungan pada pengembangan produksi dan penggunaan pellet kayu/pellet energi sebagai salah satu sumber energi terbarukan andalan mereka. Mencermati hal tersebut, diperkirakan kebutuhan China akan pellet kayu/pellet energi akan sangatlah besar, terlebih jika mempertimbangkan praktek penyediaan energi dengan metode *co-firing* atau pencampuran antara batu bara dan pellet kayu yang saat ini dilakukan di negara ini dengan sangat intensif pada pembangkit-pembangkit listrik disana. Setidaknya diperkirakan jika kebijakan *co-firing* pada pembangkit-pembangkit listrik ini dilakukan, walau hanya dengan tingkat penggunaan pellet kayu/pellet energi sebesar 16% saja, maka dapat disimpulkan akan ada kebutuhan pellet kayu/pellet energi hingga sebesar 40.000.000 ton pada setiap tahunnya. Jumlah yang sangat besar dan fantastik untuk sebuah skala produksi komersil yang dapat direncanakan dan dibangun di suatu negara.

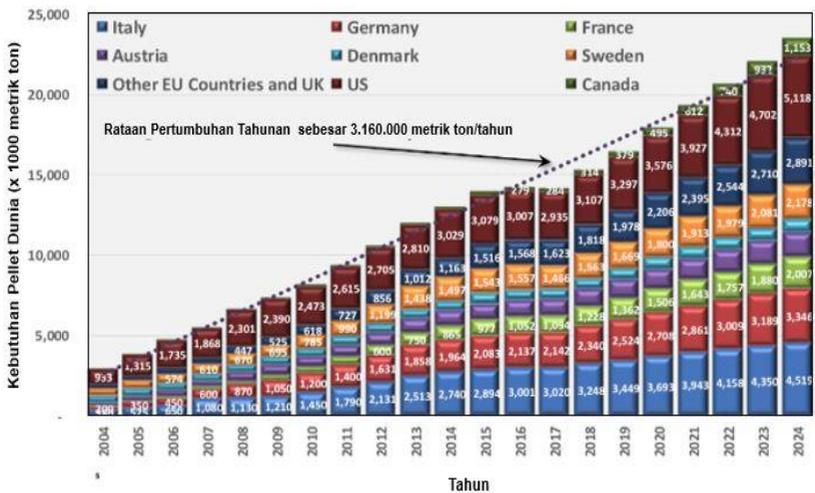


Gambar 14. Perkiraan kebutuhan pellet kayu/pellet energi untuk pengembangan program *co-firing* di negara China hingga tahun 2020 (Sumber: Future Metrics – Strauss, 2017)

Merespon tingkat kebutuhan yang tinggi tersebut, pemerintah China berencana untuk memenuhinya dengan mengoptimalkan potensi biomassa dari residu pertanian yang jumlahnya sangat besar dan tidak terbatas. Pemerintah negara ini sepenuhnya menyadari bahwa sumber daya hutan yang mereka memiliki sangat terbatas untuk dimanfaatkan dalam memproduksi pellet kayu/pellet energi secara masif dan dalam skala komersil yang sangat besar tersebut.

Tren peningkatan kebutuhan akan permintaan produk pellet kayu/pellet energi untuk memenuhi kebutuhan sektor industri juga ditunjukkan oleh Kanada. Di negara yang bertetangga dengan Amerika ini, potensi peningkatan konsumsi produk energi ini telah

dipicu oleh adanya kebijakan yang terkait dengan upaya dekarbonisasi (pengurangan penggunaan bahan bakar fosil) pada sektor industri dari pemerintah federal Kanada, khususnya di provinsi-provinsi seperti Alberta. Sekali lagi, kita melihat bagaimana komitmen yang tinggi dari pemerintah pada negara-negara yang telah maju untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan secara beriringan mendorong tumbuh kembangnya produksi dan penggunaan bahan bakar yang bersumber dari tanaman (terbarukan) seperti halnya pellet kayu/pellet energi ini.



Gambar 15. Perkiraan pertumbuhan kebutuhan pellet kayu/pellet energi dunia untuk sektor domestik (pemanas rumah tangga dan sektor komersil) pada periode 2004-2024 (Sumber: Future Metrics – Strauss, 2017)

Walau tidak sebesar kebutuhan yang dicatatkan dari sektor industri, data yang saat ini dimiliki juga

menunjukkan bahwa pemanfaatan domestik dari pellet kayu/pellet energi untuk kebutuhan pemanas ruangan (*residential heating system*) pada kawasan pemukiman juga mengalami peningkatan. Lembaga survey Future Metriks yang mengkhususkan kerja mereka pada usaha penaksiran/peramalan tingkat produksi dan konsumsi produk pellet kayu/pellet energi dunia melaporkan bahwa kebutuhan pellet kayu/pellet energi dari sektor ini akan mengalami pertumbuhan hingga 963.000 metrik ton pada setiap tahunnya (Gambar 15).

C. Peran dan status Indonesia dalam produksi dan penggunaan pellet kayu/pellet energi di dunia

Dengan dukungan faktor iklim tropis, curah hujan tinggi, tanah subur, lokasi geografis yang cukup dekat dengan Jepang, Korea Selatan dan China serta tersedianya kawasan hutan tanaman industri dan perkebunan yang mencakup sekitar 80 juta hektar, polikultur dengan perkebunan kelapa sawit, serta ketersediaan lahan marjinal yang dapat digunakan untuk hutan tanaman energi, Indonesia diyakini memiliki potensi yang cukup baik untuk menjadi salah satu pemain utama dari industri pellet kayu di dunia.

Ketersediaan biomassa yang melimpah merupakan faktor kunci yang harus benar-benar diperhatikan, dikelola dan dimanfaatkan untuk mewujudkan ide besar ini. Hutan tanaman atau kebun energi menjadi sangat penting untuk dikembangkan guna menjamin pasokan

bahan baku untuk produksi pellet kayu berskala besar dan stabil untuk jangka waktu yang panjang. Selain itu Indonesia juga dikenal sebagai produsen CPO atau minyak kelapa sawit terbesar dengan produksi 23 juta ton/tahun. Produksi CPO berskala dunia ini tentu saja menyisakan limbah biomassa yang sangat besar untuk dimanfaatkan lebih jauh sebagai bahan baku pellet kayu/pellet energi. Demikian pula hutan tanaman industri (HTI, utamanya untuk produksi serat) yang jumlahnya mencapai jutaan hektar, sebagian areal dan produksinya juga dapat dialokasikan untuk produksi bahan baku energi. Hal ini dimungkinkan mengingat beberapa jenis kayu HTI yang dikembangkan di Indonesia, seperti *Acasia* dan *Eucalyptus* juga diketahui memiliki kesesuaian pemanfaatan yang baik sebagai bahan baku pellet kayu/pellet energi maupun digunakan secara langsung sebagai sumber energi dalam bentuk chip kayu.

Apakah Indonesia juga akan mulus dan bebas hambatan untuk menjadi salah satu negara produsen pellet kayu terbesar di dunia? Jawabannya tentu saja tidak sesederhana itu. Negara-negara produsen pellet kayu yang besar seperti Kanada yang kaya akan biomassa kayu dari sektor kehutanan juga tidak akan tinggal diam dan mencoba untuk merebut serta memimpin pasar pellet kayu dunia. Bahkan Kanada telah menargetkan Eropa dan Asia sebagai pasar pellet kayu mereka. Produksi pellet kayu dari wilayah Kanada barat yang dipersiapkan untuk memenuhi pasar Jepang

dan Korea serta produksi dari bagian timur untuk memenuhi kebutuhan pasar Eropa. Sementara itu, kebijakan domestik juga membutuhkan pellet kayu karena kesepakatan iklim pan-Kanada menargetkan pembangkit listrik yang bebas batubara pada tahun 2030.

Lebih lanjut untuk kita bahas bersama, Eropa masih merupakan tujuan pasar paling penting untuk ekspor pellet kayu dari Kanada, jumlahnya mencapai 80% dari total volume ekspor pellet kayu mereka. Hampir semuanya untuk memenuhi kebutuhan sektor industri listrik, yaitu di Inggris, Belgia dan Belanda serta hanya sedikit untuk sektor pemanas di Italia. Melihat peluang kurangnya pasokan pellet kayu di Eropa, beberapa negara lainnya juga mulai mendorong industrinya untuk muncul sebagai produsen pellet kayu pada tahun 2016, seperti halnya Ukraina dengan skala produksi 360 ribu ton (ditambah 1 juta ton bahan pellet yang terbuat dari limbah pertanian seperti jerami dari gandum, kulit bunga matahari), Serbia (250 ribu ton), Kroasia (232 ribu ton), dan Slovenia (110 ribu ton). Estonia dan Latvia. Dua negara kecil di Eropa ini juga mulai menjadi saingan bagi Kanada.

Setelah melihat geliat tumbuh kembangnya industri dan peningkatan produksi pellet kayu di beberapa negara Eropa dan juga Asia, tentu timbul pertanyaan: bagaimana dengan tingkat kemampuan produksi pellet kayu/pellet energi dari Indonesia? Produksi pellet kayu di Indonesia hingga saat ini masih relatif kecil, hanya

sekitar sekitar 80.000 ton per tahun. Sementara Malaysia memiliki lebih dari 180 ribu ton per tahun, dimana sebagian besar produksi pellet kayu/pellet energi mereka ditujukan untuk pasar Korea (70%). Sedangkan ekspor ke Jepang masih sangat kecil. Untuk dapat berperan dan memproduksi dengan lebih besar, Indonesia dan Malaysia harus memperhatikan beberapa hal penting yang umumnya dilakukan oleh negara-negara produsen, yaitu: (1) kedua negara harus mampu menunjukkan bukti keberlanjutan (kepastian suplai), (2) kualitas, (3) kekuatan dan keandalan keuangan, dan (4) harga yang kompetitif.

Industri pellet kayu berskala besar masih perlu kita kembangkan guna memenuhi peluang dan ruang pasar yang ada, baik untuk memenuhi kebutuhan Asia maupun Eropa dan Amerika. Selain itu industri ini juga perlu kita bangun untuk memenuhi kebutuhan pasar energi nasional. Beberapa permintaan dari dalam negeri tercatat berasal dari perusahaan-perusahaan atau industri pengolahan pangan dan komestik yang memerlukan bahan bakar pengganti batubara dalam proses pengeringan komoditasnya. Beberapa permintaan tersebut seperti yang berasal dari industri makanan yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur hingga PTPN 8 yang berlokasi di Pangalengan, Bandung Selatan. Tidak hanya itu, permintaan pellet kayu juga datang dari beberapa industri pengolahan pangan (makanan ringan) yang berlokasi di pulau Kalimantan. Dalam hal ini, pasokan bahan bakar berupa pellet kayu dibutuhkan dan

digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pengeringan daun teh, keripik kentang, keripik singkong, kacang kulit, beragam jenis bumbu siap saji dan beragam produk olahan pangan lainnya yang menjadi bisnis utama mereka.



Gambar 16. Beberapa nama produsen pellet energi di Indonesia

Sejauh ini ada beberapa inisiasi industri pellet kayu/pellet energi yang telah beroperasi dan memproduksi di Indonesia. Beberapa perusahaan tersebut berada di pulau Jawa, namun ada pula yang berlokasi di Kalimantan Timur guna mendekati sumber bahan baku kayunya. Beberapa perusahaan pellet kayu/pellet energi tersebut adalah PT. Kyongdo Mineral, PT. Pellet Biomassa Indonesia, PT. Samida Indo Prawira, dan PT. Jhonlin Agro Mandiri. Selain itu ada pula pabrik Gerbang Lestari yang mengolah kayu kaliandra menjadi pellet kayu. Pabrik pellet kayu ini dikelola oleh kelompok masyarakat dan pesantren di Desa Geger, Bangkalan, Madura yang mendapatkan bantuan hibah pendanaan dari program *Indonesia Climate Change Trust Fund* (ICCTF) dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)

untuk pendirian pabrik dan kegiatan produksinya. Kegiatan produksi dan inisiasi ini kemudian lebih jauh sering kita kenal sebagai implementasi dari program Green Madura - ICCTF.

Ada juga sejumlah produsen pellet kayu di Asia, khususnya di Asia Tenggara seperti halnya Indonesia, Malaysia, Thailand, dan Vietnam. Lahan di Indonesia dan berbagai kondisi yang mendukungnya membuat potensi untuk menjadi pemimpin dalam memproduksi pellet kayu di Asia Tenggara sangatlah besar. Faktor lain adalah masih rendahnya target pemerintah Indonesia untuk menggunakan energi biomassa dalam bauran energi domestiknya secara nasional yang menurut Peraturan Presiden RI Nomor 5 tahun 2006 hanya sekitar 5% hingga pada tahun 2025 nanti, sehingga mayoritas produksi pellet kayu dapat diarahkan ke pasar ekspor sangatlah besar terutama untuk memasok kebutuhan Jepang, Korea Selatan dan beberapa negara lainnya.

Namun demikian bukan berarti tidak ada faktor pendorong yang berasal dari dalam negeri. Pada dasarnya kondisi pasar energi domestik di Indonesia juga mulai mendukung tumbuh berkembangnya pasar pellet kayu untuk pemanasan dan pengeringan berbagai produk pangan untuk kalangan industri, maupun rumah tangga khususnya sebagai alternatif pengganti LPG (propane) yang banyak digunakan saat ini. Hal ini terutama dikarenakan harga pellet kayu yang diyakini jauh lebih murah, demikian pula kandungan energinya yang lebih baik. Sayangnya tidak banyak industri dan

sektor usaha yang bekerja di pasar ini, terutama karena ada beberapa faktor penghalang yaitu terbatasnya pasokan pellet kayu dan kompor masak yang praktis untuk digunakan.

Bertitiktolak dari pembahasan tersebut sangat diyakini Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi pemain utama pellet kayu baik sebagai produsen maupun konsumen atau pengguna. Hal ini didukung oleh sejumlah kondisi alam, luas lahan dan posisi geografis. Tetapi karena tidak adanya kebijakan yang jelas untuk penggunaan bahan bakar atau sumber energi pellet kayu untuk pembangkit listrik dan kebijakan energi nasional di bawah Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 yang hanya menargetkan 5% untuk energi biomassa dalam bauran energi terbarukan sehingga mendorong produsen pellet kayu untuk lebih menjadikan pasar ekspor sebagai prioritas penjualan produk mereka.

Selain itu hutan tanaman energi ataupun perkebunan yang memang sejak awal direncanakan, dibangun dan dikelola untuk tujuan memproduksi bahan baku industri pellet kayu dalam jumlah besar, mampu memproduksi secara kontinyu dan berkelanjutan perlu terus dikembangkan dengan sangat serius guna memastikan kemampuan pasokan bahan baku bagi operasional industri pellet kayu/pellet energi berskala besar. Hutan dan perkebunan energi ini perlu dikembangkan diberbagai wilayah yang ada di Indonesia.

Bab-3

Sumber dan jenis biomassa bahan baku pellet kayu/pellet energi

Hingga saat ini biomassa masih dianggap oleh sebagian besar masyarakat di dunia sebagai salah satu sumber energi termurah yang dapat digunakan oleh manusia. Penggunaan berbagai jenis biomassa dilatarbelakangi oleh cara pandang masyarakat dan kalangan industri akan sumber daya biomassa itu sendiri.

Dalam konteks energi, biomassa sering digunakan untuk mengartikan materi berbasis tumbuhan, tetapi biomassa dapat berlaku pula untuk bahan dan limbah yang berasal dari hewan dan sayuran. Biomassa dianggap sebagai sumber energi terbesar ketiga diikuti oleh sumber daya minyak bumi dan juga gas di dunia. Sumber energi terbarukan ini tidak hanya mengurangi emisi gas rumah kaca (GHG) tetapi juga membantu mengurangi ketergantungan manusia pada minyak bumi. Biomassa memainkan peran penting dalam produksi energi “hijau”. Beberapa peneliti bahkan melaporkan bahwa biomassa menyumbang sekitar 68% dari total energi yang dihasilkan dari sumber daya terbarukan di Uni Eropa (UE). Bahkan tercatat, selama abad kesembilan belas, biomassa mendominasi konsumsi energi global dunia.

Tidak hanya itu, hingga saat di negara-negara berkembang biomassa masih memainkan peran yang sangat sentral dan signifikan dalam sektor energi, terutama sebagai sumber utama energi untuk memasak di sektor domestik dan energi panas untuk banyak industri kecil dan menengah.

Berikut adalah beberapa alasan yang melatarbelakangi peran penting penggunaan biomassa sebagai sumber energi di dunia. Alasan-alasan tersebut adalah:

- Potensinya yang signifikan, serta mampu memberikan manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungan dari penggunaan biomassa sebagai sumber energi yang berkelanjutan, terutama dalam konteks krisis energi dan lingkungan saat ini yang muncul dari penggunaan bahan bakar fosil secara ekstensif
- Peningkatan yang progresif dalam harga bahan bakar fosil menyebabkan tingginya biaya energi di banyak aplikasi dan biomassa adalah sumber energi alternatif utama yang secara potensial dapat menggantikan hampir semua kategori teknologi/aplikasi berbasis bahan bakar fosil tersebut
- Perkembangan teknologi yang terkait dengan konversi energi serta manajemen sumber daya menjanjikan aplikasi biomassa dengan biaya lebih rendah dan dengan efisiensi konversi yang lebih tinggi daripada yang mungkin dilakukan sebelumnya

- Beberapa sumber daya biomassa saat ini dianggap sebagai bahan limbah dan konversi ke energi adalah salah satu cara yang efektif untuk mengelolanya, sembari memenuhi berbagai kebutuhan energi lokal yang dibutuhkan secara produktif

Saat ini, dengan evolusi teknologi terbaru, sumber daya energi ini dapat dimanfaatkan dengan cara yang lebih berkelanjutan, yaitu dengan dipadatkan menjadi pellet. Pellet biomassa atau pellet kayu/pellet energi berbentuk silindris, berdiameter 6–8 mm dan panjang 10–12 mm. Tidak hanya itu, pellet kayu adalah sumber daya bioenergi terbesar yang telah mendapatkan perhatian dunia di pasar internasional.

Karenanya, sebelum lebih lanjut membahas mengenai proses pembuatan pellet kayu/pellet energi secara mendalam, ada baiknya jika kita melihat dan memahami lebih jauh berbagai jenis biomassa yang ada disekitar kita yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pellet energi ini.

A. Limbah pemanenan hutan dan industri perkayuan

Cadangan biomassa tumbuhan tersebar merata di alam dan lingkungan sekitar kita dalam berbagai bentuk, termasuk yang berasal dari pengelolaan sektor kehutanan. Diantara banyak sumber daya biomassa, kayu masih dianggap sebagai sumber bahan baku bioenergi yang terbesar pada saat ini. Kayu tetap menjadi sumber energi utama di negara-negara berkembang.

Kayu sering menjadi bahan bakar utama rumah tangga dan juga memberikan kontribusi signifikan terhadap konsumsi energi industri. Diperkirakan bahwa sekitar 55% dari panen kayu global dibakar sebagai bahan bakar, dan sisanya sebesar 45% digunakan sebagai bahan baku industri, dimana sebagian besar bahan yang digunakan pada proses konversi primer atau sekunder pun pada akhirnya akan menjadi residu biomassa yang cocok untuk digunakan dalam memproduksi energi.



Gambar 17. Berbagai bentuk limbah biomassa dari kegiatan penebangan dan penjarangan hutan
(Sumber foto: dokumen pribadi)

Pellet kayu atau yang juga dikenal sebagai pellet energi, sesuai dengan namanya terbuat dari biomassa kayu yang umumnya diperoleh dari limbah pemanenan hutan dan industri perkayuan. Kedua sumber biomassa dari sektor kehutanan ini adalah jenis penghasil utama

yang digunakan pada saat awal dikembangkannya produk pellet kayu ini.

Batang, cabang, ranting, kulit kayu, dan bagian pohon lainnya dari kayu hasil penebangan seperti potongan ujung dan sisa pembagian batang adalah beberapa bentuk limbah biomassa yang umum kita jumpai dari aktivitas pemanenan hutan. Bentuk dan variasi biomassa yang hampir sama juga kerap dijumpai dan dapat kita kumpulkan dari kegiatan penjarangan hutan, khususnya pada kawasan hutan yang menerapkan sistem silvikultur yang baik dalam manajemen atau pengelolaannya.



Gambar 18. Berbagai bentuk limbah biomassa dari kegiatan industri pengolahan kayu (penggergajian dan kayu lapis)
(Sumber foto: dokumen pribadi)

Sementara itu serbuk gergaji yang kerap kali kita peroleh pada pengolahan kayu seperti dalam pembuatan

kayu lapis, penggergajian kayu dan papan partikel serta arang. Beragam jenis dan bentuk limbah ini juga merupakan potensi biomassa yang sangat potensial untuk digunakan sebagai sumber bahan baku pada pembuatan dan produksi pellet kayu/pellet energi.

B. Limbah perkebunan dan industri pengolahannya

Pada saat ini pellet kayu/pellet energi tidak hanya dapat dibuat dengan menggunakan sumber-sumber biomassa tersebut. Pellet kayu/pellet energi juga telah dibuat dengan menggunakan berbagai sumber biomassa yang berasal dari residu pertanian dan limbah perkebunan beserta industri pengolahannya.

Tanaman perkebunan tahunan, seperti kelapa, kelapa sawit, karet, teh, kayu manis, coklat, dan kopi, menghasilkan sejumlah besar residu kayu dari kegiatan pemangkasan dan penanaman kembali serta residu pengolahan. Misalnya, kelapa sawit yang menghasilkan residu dalam bentuk pelepah, tandan kosong dan cangkang. Selain itu, juga dihasilkan batang pohon dari kegiatan peremajaan tanaman (*replanting*) yang dapat digunakan baik sebagai bahan bakar maupun untuk keperluan kayu konstruksi.

Perkebunan karet juga merupakan sumber penting bahan baku biomassa energi. Dalam beberapa dekade terakhir, kayu karet telah menjadi sumber kayu yang penting untuk industri furnitur. Pohon karet memiliki umur produktif sekitar 25–35 tahun. Selama proses

penanaman kembali, mereka menghasilkan sekitar 80 ton kayu kering/hektar. Demikian pula kakao yang ditanam dan digunakan untuk produksi selama sekitar 25 tahun, dimana mereka harus dipangkas secara teratur agar tetap kecil, sehingga menghasilkan biomassa dalam jumlah yang signifikan.



Gambar 19. Limbah batang, tandan kosong, cangkang dan pelepah sawit yang berpotensi digunakan pada produksi pellet. (Sumber foto: dokumen pribadi dan GI)

C. Limbah pertanian

Selain limbah penebangan hutan dan perkebunan, limbah atau residu dari kegiatan pertanian seperti jerami padi, tongkol jagung, sekam padi, dan juga batok kelapa dari pengolahan kopra yang banyak dihasilkan pada usaha pertanian di wilayah pedesaan juga dapat digunakan sebagai bahan baku pellet energi. Keragaman bahan baku beserta sumbernya memberikan

keuntungan yang baik dan jaminan pasokan bagi pengembangan industri pellet energi di suatu wilayah.

Tidak hanya itu, keragaman sumber dan jenis bahan baku ini juga memungkinkan kita untuk menghasilkan produk pellet energi dengan tampilan warna yang menarik sesuai dengan warna dasar dari bahan baku yang digunakan. Tentu hal itu juga merupakan sebuah daya tarik bagi produk ini. Walau demikian, keragaman tersebut juga merupakan tantangan tersendiri yang harus ditangani dengan baik, terutama dalam mengantisipasi tingkat kadar air bahan yang beragam memungkinkan karakteristik produk akhir yang berbeda pula, terutama jika tidak ditangani dengan tepat.



Gambar 20. Limbah pertanian seperti tongkol jagung, batok kelapa, sekam padi dan jerami berpotensi digunakan sebagai bahan baku pellet energi (Sumber foto: GI)

D. Hutan tanaman energi

Biomassa kayu secara khusus dikatakan sebagai sumber energi alternatif yang dapat diperbarui hanya jika produksinya dilakukan secara berkelanjutan. Hutan tanaman atau kebun energi merupakan upaya untuk memproduksi/menghasilkan sumber biomassa yang berkelanjutan di samping pemanfaatan limbah kayu dan sumber limbah lainnya.

Oleh karena itu didalam industri pellet kayu/pellet energi modern saat ini, biomassa kayu yang digunakan telah dihasilkan dan diproduksi dari hutan tanaman energi. Hutan tanaman energi merupakan kawasan hutan yang secara komersil pembangunannya direncanakan dan diusahakan untuk menghasilkan biomassa kayu dengan tingkat produktifitas yang tinggi per satuan luas, dan dibangun dengan menggunakan jenis-jenis tanaman unggulan yang berusia atau berotasi produksi yang pendek.

Dalam konteks ini kita mengenal adanya tanaman yang dapat dikelompokkan ke dalam jenis trubusan (*short rotation coppice* - SRC) dan juga jenis tanaman hutan dengan daur tanam yang disingkat *short rotation wood crops* (SWRC). *Short Rotation Coppice* (SRC) atau *Short Rotation Wood Crops* (SRWC) pada prinsipnya dikembangkan untuk meningkatkan pasokan biomassa kayu. Siklus rotasi yang lebih pendek dan kepadatan penanaman yang lebih tinggi memungkinkan perolehan hasil panen (produktivitas) biomassa yang lebih tinggi

per satuan luas lahan. Spesies tanaman semak berkayu seperti Willow, Salix, Poplar, Black Locust dan juga dari kelompok pohon seperti Akasia dan Eucalyptus adalah beberapa jenis tanaman yang umumnya digunakan pada sistem penanaman SRC di Denmark, Jerman, Polandia, Italia, Selandia Baru dan negara-negara Eropa lainnya.



Gambar 21. Hutan tanaman energi Poplar dengan usia tanaman 4 tahun yang dikembangkan di Munchen, Jerman. Jarak tanam rapat untuk produktifitas biomassa yang tinggi. (Sumber foto: dokumen pribadi)

SRC sendiri merupakan jenis tanaman energi generasi kedua, setelah sebelumnya kita mengenal jagung, singkong, aren dan lain sebagainya. Tanaman dari kelompok ini haruslah memiliki tingkat produktivitas atau hasil produksi yang tinggi (produksi maksimum bahan kering per hektar), memiliki kebutuhan atau masukan energi yang rendah untuk menghasilkannya, biaya produksi yang rendah, dan dalam tumbuh kembangnya hanya memerlukan

masukannya atau input nutrisi tanaman yang rendah. Di beberapa negara Eropa jenis tanaman SRC umumnya ditanam pada lahan-lahan pertanian dan lahan-lahan yang terdegradasi serta dipanen pada daur rotasi tanam yang singkat yaitu sekitar 2-5 tahun, sangat tergantung pada jenis pohon yang ditanam, faktor lingkungan dan manajemen penanaman serta pemeliharaan yang diterapkan



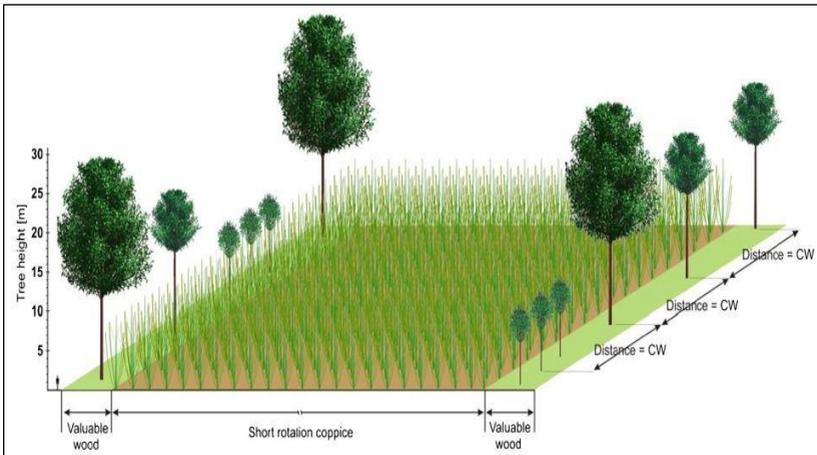
Gambar 22. Hutan tanaman energi dengan jenis SRC Willow di Eropa (Sumber foto: Lindegaard, 2013)

Sebagaimana terlihat pada Gambar 22, jarak dan pola tanam yang digunakan pada pengembangan jenis tanaman SRC pada konsep hutan/kebun energi terlihat sangatlah berbeda dengan apa yang kita kenal dan lihat saat ini pada konsep hutan tanaman industri (HTI) untuk tujuan produksi serat. Pada konsep penanaman SRC energi, target utama yang ingin dicapai adalah produksi biomassa sebesar-besarnya dengan menggunakan pola

tanam yang sangat rapat dan jumlah tanaman yang banyak, layaknya komoditas pertanian. Jarak tanam yang umumnya digunakan adalah 1x1 meter atau 1x2 meter. Untuk di Indonesia, pola jarak tanam seperti ini umumnya digunakan untuk menanam jagung atau pun singkong dengan target jumlah tanaman berkisar 8000-10.000. Beberapa laporan yang ada menunjukkan bahwa jenis-jenis SRC seperti willow dan poplar yang banyak ditanam di negara-negara Eropa, umumnya dikembangkan dengan menggunakan daur antara tujuh sampai delapan kali penanaman dengan rotasi masing-masing waktu tanam dan produksi per daur sekitar 3 tahun. Produksi tanaman SRC rata-rata mencapai 5-12 ton biomassa kering per hektar per tahun (poplar). Penggunaan jumlah daur yang lebih panjang dilaporkan akan mengakibatkan menurunnya hasil panen biomassa yang akan diperoleh. Sementara itu kandungan energi dari SRC yang ditanam dengan pola seperti ini disebutkan pula mampu menghasilkan biomassa yang memiliki kandungan energi hingga 17-19 MJ/kg (willow kering) individu per hektar.

Pola pengembangan jenis tanaman unggulan energi ini dapat dilakukan dengan metode monokultur (satu jenis tanaman) ataupun dengan melakukan campuran atau polikultur (beberapa jenis tanaman) (Gambar 23). Pemilihan metode maupun jenis tanaman yang dikembangkan sangat bergantung pada kondisi tanah dan lingkungan serta tujuan dari penanamannya. Untuk tujuan produksi energi, umumnya hutan tanaman SRC

dikembangkan dengan pola monokultur. Namun demikian bukan berarti pola polikultur tidak dapat dilakukan. Pada konsep tanaman campuran ini, biasanya tanaman energi unggulan yang dipilih akan dijadikan sebagai tanaman utama yang kemudian pada sisi-sisi pembatas bagian luar atau pun sela akan ditanam jenis tanaman unggulan lainnya (kayu kontruksi bernilai ekonomi tinggi) dalam jalur yang sempit (Gambar 23). Adapun jarak tanam dari tanaman ini biasanya akan dibuat dengan menyesuaikan pada perkiraan luas tajuk (*canopy*) tanaman pada usia panennya.



Gambar 23. Salah satu pola tanam campuran pada hutan tanaman energi, menggabungkan produksi kayu yang berharga di jalur sempit dengan komponen SRC di jalur yang lebih luas (utama). Jarak tanam SRC sangat rapat, sedangkan jarak antara pohon-pohon berharga di garis pohon setara dengan lebar canopy/mahkota (CW) dari pohon dewasa. (Sumber: Morhart et al., 2014)

Lantas bagaimana dengan pemahaman dan implementasi konsep hutan energi SRC atau pun SRWC di Indonesia pada saat ini? Secara umum, belum tersedia informasi yang tersedia untuk implementasi penanaman SRC/SRWC yang dilakukan di Indonesia dalam skala komersil, demikian pula informasi akan jenis tanaman unggulan yang dipilih dan digunakan untuk memproduksi biomassa bagi keperluan produksi energi di Indonesia. Sejauh ini kita hanya mengenal dan memiliki konsep konvensional tentang hutan tanaman industri serat untuk mendukung produksi bubur kertas serta hutan tanaman kayu perkakas untuk mendukung program pemenuhan kayu konstruksi nasional. Beberapa jenis tanaman unggulan yang banyak digunakan/ dikembangkan untuk tujuan memproduksi serat bagi mendukung industri pulp dan kertas tersebut adalah *Eucalyptus pellita*, *Acacia mangium* dan juga *Acacia crasicarpa*.



Gambar 24. *Eucalyptus pellita*, salah satu jenis unggulan Hutan Tanaman Industri serat di Indonesia
(Sumber foto: dokumen pribadi)

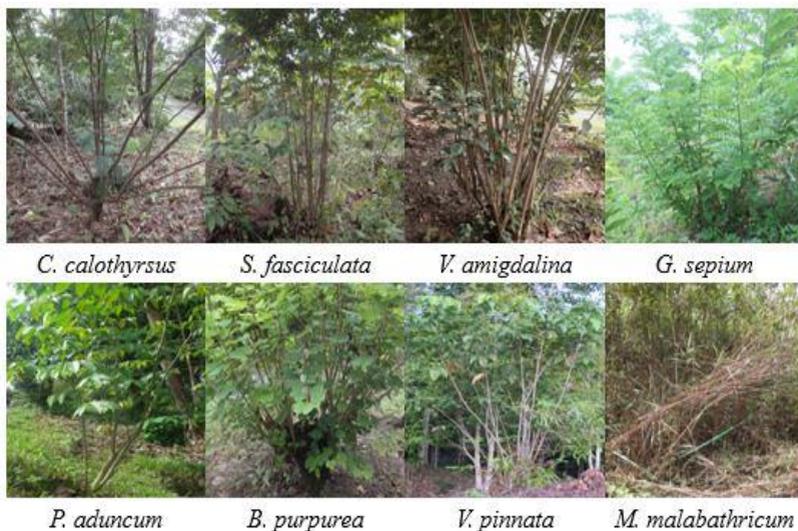
Sementara itu untuk tujuan produksi kayu pertukangan dan juga kayu lapis kita juga sangat familiar dalam mengenal jenis-jenis tanaman unggulan seperti meranti (*Shorea leprosula* dan *Shorea smithiana*), mahoni (*Swietenia mahagoni*) hingga sengon (*Paraserianthes falcataria*). Jenis tanaman terakhir, *P. falcataria* atau sengon akhir-akhir ini banyak digunakan sebagai bahan baku finir dalam pembuatan kayu lapis di tanah air. Kemampuannya untuk tumbuh dengan sangat cepat dan dengan tingkat produktivitas yang tinggi menjadi salah satu alasan dalam pemilihannya sebagai salah satu jenis unggulan bahan baku unggulan dalam proses produksi kayu lapis, dimana umumnya jenis kayu ini digunakan sebagai finir untuk bagian tengah dari kayu lapis yang dihasilkan (*core veneer*).



Gambar 25. Kemampuan regenerasi tanaman dengan trubusan
(Sumber foto: dokumen pribadi)

Di Indonesia ide penanaman dan pengembangan hutan tanaman dengan jenis SRC atau SRWC untuk tujuan produksi energi masih tergolong baru. Hingga saat ini belum banyak informasi yang dapat

menggambarkan potensi jenis-jenis tanaman tropis asli negara ini yang dapat digunakan sebagai penghara pellet kayu/pellet energi. Walau demikian, secara terbatas kita mengenal beberapa jenis tanaman trubusan yang secara alami dapat melakukan proses regenerasi setelah melalui proses pemangkasan, dan selain itu juga memiliki potensi pembangkitan energi yang besar dan memadai untuk digunakan. Beberapa jenis tanaman tersebut diantaranya adalah *Calliandra calothyrsus*, *Symplocos fasciculata*, *Vernonia amygdalina*, *Grilicidia sepium*, *Piper aduncum*, *Bauhinia purpurea*, *Vitex pinnata*, dan *Melastoma malabathricum* serta beberapa jenis lainnya (Gambar 26).



Gambar 26. Beberapa jenis tanaman yang berpotensi untuk dikembangkan dalam pembangunan SRC di Indonesia, seperti *Calliandra*, *Symplocos*, *Amigdalina* dan *Gliricidia* (Amirta et al, 2016).

Bab-4

Komposisi kimia biomassa bahan baku pellet energi

Bahan bakar biomassa adalah sumber energi yang berasal dari matahari yang disimpan dalam bentuk energi kimia dari konstituennya, sebagai hasil dari reaksi fotosintesis. Komponen biomassa termasuk selulosa, hemiselulosa, lignin, abu dan senyawa lainnya. Jumlah senyawa yang terdapat/terkandung dalam biomassa bervariasi tergantung pada jenis spesies, jaringan tanaman, tahap pertumbuhan dan kondisi pertumbuhannya. Tetapi umumnya, sebagian besar biomassa memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin (lignoselulosa).

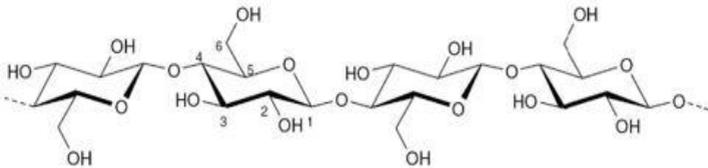
Nilai kalor atau panas pembakaran adalah ukuran standar kandungan energi bahan bakar. Nilai kalori biomassa terutama bergantung pada konstituennya. Pada proses pembuatan pellet energi, kandungan komponen kimia atau komposisi kimia bahan baku ini adalah variabel utama yang berkontribusi terhadap kualitas bahan yang dipadatkan. Biomassa kayu kering terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin dan abu. Oleh karena itu, nilai kalor biomassa kayu kering dapat ditentukan dari nilai kalor dan fraksi berat masing-masing komponen.

Selain komposisi tersebut, suhu dan tekanan tinggi, yang biasanya terjadi selama proses densifikasi, akan berpengaruh pada peningkatan kadar pelunakan lignin yang pada akhirnya akan meningkatkan kemampuan mengikat biomassa. Dua faktor penting yang ada pada lignin, yaitu sifat termoseting rendah dan titik leleh rendah (140°C), akan sangat membantu lignin untuk mengambil bagian dan peran aktif dalam mekanisme pengikatan ini. Berikut ini adalah penjelasan singkat akan komponen kimia utama yang ada di dalam biomassa, khususnya kayu tersebut.

A. Selulosa

Selulosa adalah bahan kimia organik yang paling melimpah di muka bumi. Selulosa merupakan polimer glukosa yang tersusun dari unit *D-glucopyranose*, yang dihubungkan bersama oleh ikatan β - (1 \rightarrow 4) -*glucosidic*. Blok bangunan penyusun selulosa adalah pengulangan dari unit-unit selobiosa yang tersusun secara linier dan teratur dalam bentuk rantai panjang tanpa adanya percabangan (Gambar 27). Dijelaskan lebih lanjut oleh beberapa peneliti bahwa jumlah unit glukosa penyusun dalam molekul selulosa berkisar antara 9000-10.000, bahkan dapat mencapai 15.000 unit. Pengulangan jumlah unit glukosa ini disebut sebagai derajat polimerisasi (DP). Rata-rata selulosa kayu dilaporkan memiliki DP 10.000, dimana hal itu berarti bahwa panjang rantai linier yang dimilikinya sekitar 5 μ m dalam kayu.

Ada beberapa jenis selulosa dalam kayu, yaitu kristal dan nonkristalin serta sifatnya yang dapat diakses dan tidak dapat diakses. Selulosa yang dapat diakses dan tidak dapat diakses mengacu pada ketersediaan selulosa ke air, mikroorganisme, dan sebagainya. Permukaan selulosa kristal dapat diakses tetapi sisa selulosa kristal tidak dapat diakses. Sebagian besar selulosa nonkristalin adalah dapat diakses tetapi bagian dari selulosa, yaitu *noncrystalline* begitu tertutup dan tidak dapat diakses. Konsep selulosa yang mudah diakses dan tidak dapat diakses sangat penting dalam penyerapan kelembaban, proses *pulping*, modifikasi kimia, ekstraksi, dan interaksi dengan mikroorganisme.

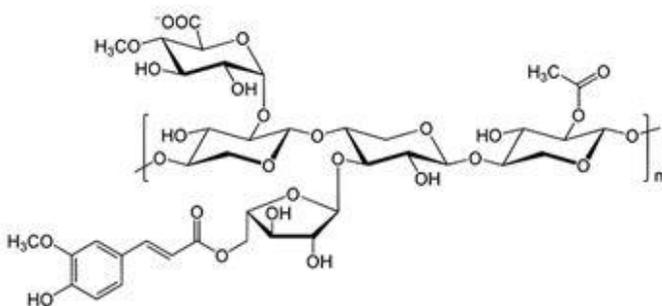


Gambar 27. Struktur kimia selulosa (Rowell et al, 2012)

B. Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah hetero-polisakarida yang tersusun dari xilosa, arabinosa, dan lain-lain. Hemiselulosa dikatakan pula sebagai kombinasi banyak gula lain selain unit glukosa. Berbeda dengan selulosa yang cenderung memiliki struktur linier yang panjang dan kuat, hemiselulosa tergolong mudah untuk terpecahkan dan mudah untuk dihidrolisis.

Hemiselulosa memiliki derajat polimerasi yang pendek, yaitu sekitar 150 saja dengan bentuk ikatan yang memiliki percabangan. Struktur *amorf* hemiselulosa yang lemah ini adalah karena percabangan, karenanya sebagaimana disebutkan lebih awal hemiselulosa mudah untuk dihidrolisis atau dapat dilarutkan dalam larutan alkali. Beberapa peneliti percaya bahwa ikatan alami dapat terjadi karena produk degradasi perekat hemiselulosa.

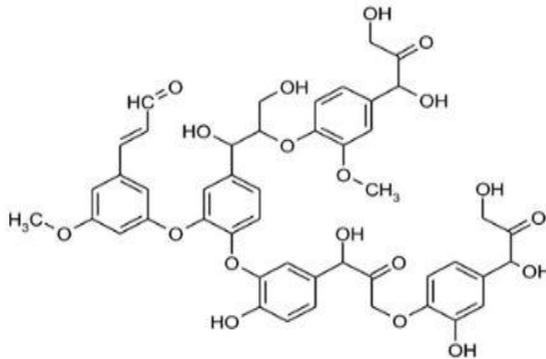


Gambar 28. Struktur kimia hemiselulosa (Rowell et al, 2012)

C. Lignin

Lignin adalah biopolimer aromatik dengan berbagai keterkaitan berdasarkan unit fenil propana. Lignin bersifat kompleks dan disintesis dari dua prekursor seperti fenilalanin dan tirosin, keduanya mengandung cincin aromatik. Dalam proses pelletisasi, ia bertindak sebagai bahan perekat pada serat selulosa. Oleh karena itu biomassa yang memiliki kandungan lignin tinggi

umumnya tidak memerlukan bahan pengikat tambahan. Beberapa peneliti juga melaporkan bahwa lignin akan menunjukkan sifat termoseting pada suhu kerja > 140°C, karenanya dapat dikatakan sebagai resin intrinsik dalam produksi pellet maupun papan partikel tanpa perekat (*binderless*). Karena kemampuan termosetingnya ini lignin memungkinkan untuk melakukan reaksi adhesi dalam struktur kayu dan bertindak sebagai zat penguat dan penggembur. Lebih jauh dijelaskan pula bahwa biomassa pada tingkat kelembaban sekitar 8–15% akan mengurangi suhu pelunakan lignin menjadi 100–135°C dengan membentuk rantai molekul. Sifat perekat dari lignin yang diperlunak secara termal dianggap dapat berkontribusi dalam meningkatkan kekuatan pellet maupun briket yang terbuat dari bahan baku yang berlignoselulosa.



Gambar 29. Struktur kimia lignin (Rowell et al, 2012)

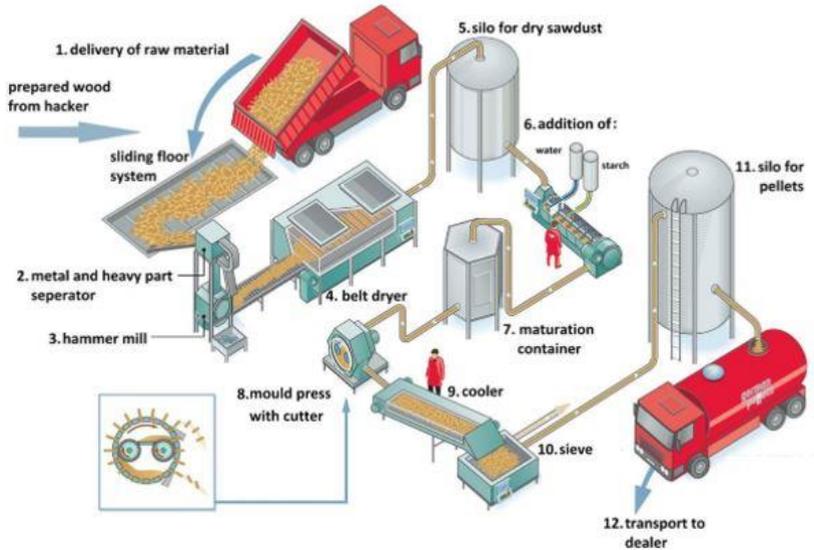
Bab-5

***B*agaimana pellet kayu/pellet energi dihasilkan: teknologi produksi**

Sepintas proses pelletisasi ini tampaknya berlangsung dengan sangat sederhana, namun tidak demikian adanya pada produksi berskala komersil. Pada kegiatan produksi komersil berskala besar, proses pelletisasi telah dilakukan secara modern dengan menggunakan instrumen dan mesin-mesin yang terkontrol dengan baik dalam suatu sistem produksi yang telah terkomputerisasi sebagaimana yang dapat dilihat pada alur proses produksi (Gambar 30).

Proses tersebut dimulai dengan suplai pasokan bahan baku ke area pabrik (industri). Biasanya proses ini dilakukan dengan menggunakan truk atau kendaraan besar sejenisnya. Truk yang penuh bahan baku akan dibawa ke area pabrik pellet pada setiap harinya. Bahan baku yang datang biasanya dalam berbagai bentuk seperti log atau kayu bulat berdiameter kecil, serpihan kayu, serbuk gergaji dan bahkan mungkin potongan pohon utuh yang masih segar. Bahan baku tersebut tentunya memiliki keragaman, baik bentuk dan kadar airnya. Ada yang masih dalam kondisi segar hingga yang telah cukup kering. Oleh karena itu biasanya, di lokasi pabrik semua bahan tersebut akan dikelompokkan dan

diolah kembali hingga memiliki tingkat keseragaman awal yang sama sebelum dapat digunakan lebih lanjut.



Gambar 30. Alur proses pada industri pellet kayu/pellet energi komersil (Sumber: German Pellets)



Gambar 31. Truk pengangkut material bahan baku pada industri pellet kayu/pellet energi (Sumber foto: dokumen pribadi)

Penyeragaman baik ukuran partikel, kadar air hingga karakteristik antar bahan baku sangat penting

dan mendasar dilakukan mengingat bahwa setiap industri dituntut untuk menghasilkan produk pellet kayu/pellet energi yang memiliki standar mutu yang baik dan terjaga secara terus menerus, dan hal itu harus lah dikondisikan dan dikontrol mulai pada tahapan awal proses produksi seperti ini.

Berikut ini adalah beberapa tahapan atau skema proses yang pada umumnya digunakan oleh pabrik berskala besar untuk mendapatkan dan menjamin keseragaman mutu, baik dari bahan baku maupun produk akhir pellet kayu/pellet energi yang dihasilkan.

A. Penghancuran biomassa (*chipping & milling*)

Pellet kayu/pellet energi secara umum merupakan suatu produk energi nabati (*green energy*) yang diproduksi dengan melalui proses pengempaan terhadap bahan baku kayu (biomassa). Proses pelletisasi sendiri terdiri dari beberapa tahapan yang diawali dengan pencacahan material yang berukuran besar menjadi chip atau serpih (*chipping*), pengeringan, penggilingan atau penghalusan dan pembentukan formasi pellet (*pelleting*).

Proses penghancuran dilakukan untuk membentuk dan menyediakan bahan baku dengan ukuran dan luas permukaan yang sangat halus dan seragam sehingga dapat dibentuk layaknya adonan. Menurut beberapa ahli, homogenitas atau keseragaman ukuran dari partikel bahan baku ini akan berpengaruh besar pada ketahanan dari produk pellet yang dibuat. Proses penghancuran dan penggilingan (penepungan) yang

dilakukan akan menyebabkan terjadinya peningkatan luas permukaan partikel yang pada akhirnya akan memfasilitasi terjadinya ikatan antar partikel kayu yang lebih baik, dimana diharapkan akan terjadi koefisien gesekan internal yang rendah antara permukaan *die* dan serat dalam proses pencetakan pelletnya.



Gambar 32. *Wood chipper* bertenaga besar yang mampu mencacah log menjadi serpih kayu (Sumber foto: GI)

Beberapa industri/pabrik pellet memulai prosesnya dengan meletakkan potongan kayu besar melalui *chiper* (mesin pencacah) untuk diproses menjadi serpih kayu yang berukuran lebih kecil guna memudahkan proses penghancurannya lebih lanjut menjadi serbuk. Hal ini terutama dilakukan pada pabrik yang menerima stok bahan baku (pasokan bahan baku) dalam keadaan beragam/tercampur, baik dalam ukuran maupun jenisnya. Ada banyak konfigurasi yang berbeda untuk pabrik pembuatan pellet, dan hal itu tergantung pada sumber bahan bakunya. Hampir semua industri ini memiliki unit penghancur (*hammer mill*) pada awal

proses penggilingan mereka. Mesin-mesin ini mampu mengolah serbuk gergaji dan serpihan kayu dan memecahnya menjadi ukuran partikel kayu/biomassa yang lebih kecil dan seragam.



Gambar 33. Log/kayu bulat, chip (serpih) dan serbuk kayu yang biasa digunakan dalam industri pellet kayu/pellet energi (Sumber foto: dokumen pribadi)

B. Pengeringan (*drying*)

Proses pelletisasi dipengaruhi oleh kadar air bahan baku, ukuran partikel, kepadatan, kekuatan serat, karakteristik pelumas dan bahan pengikat alami yang digunakan. Jika pabrik pellet menggunakan bahan baku segar yang baru saja dipanen/ditebang, bahan yang terkena cuaca atau kelembaban tinggi, atau campuran bahan baku yang mungkin mengandung uap air, maka sebelum dapat digunakan bahan baku tersebut harus terlebih dahulu dikeringkan ke tingkat kelembaban yang konsisten. Pengeringan diperlukan untuk mengurangi kadar air biomassa yang dalam banyak kasus melebihi nilai kadar air yang tepat dan dipersyaratkan untuk proses pelletisasi, yaitu berkisar antara 6-18%.

Untuk keperluan tersebut, biasanya bahan baku dikeringkan dengan memasukkannya ke dalam fasilitas tabung pengering (*drum dryer*). Tabung atau silinder pengering berukuran besar ini umumnya dioperasikan dengan menggunakan gas alam, propana, pembakaran serbuk gergaji, atau bahan bakar lain untuk memanaskan drum, dan menghilangkan kelembaban ekstra yang ada pada material bahan baku biomassa.



Gambar 34. Drum dryer yang banyak digunakan pada proses pengeringan serpih (*chip*) maupun serbuk kayu pada industri pellet kayu/pellet energi (Sumber foto: GI)

C. Pencetakan pellet (*pelleting*)

Setelah material bahan baku kering, selanjutnya serbuk tersebut diumpankan/dimasukkan atau dialirkan ke dalam mesin pres/kempa pencetak (*dies*). Di dalam proses ini bahan baku akan ditekan melalui lubang-lubang yang memiliki ukuran yang dibutuhkan

(biasanya berdiameter 6 mm, kadang-kadang 8 mm atau lebih besar). Pada tahapan ini tekanan pres/kempa yang tinggi akan menyebabkan suhu kayu meningkat, dan akan diikuti pula dengan reaksi atau proses plastisasi (pelunakan) dari lignin. Proses pelunakan lignin ini akan memungkinkan lignin membentuk "lem atau perekat" alami yang mampu mengikat material bahan baku (serbuk biomassa) yang digunakan menjadi formasi pellet yang utuh dan kokoh pada saat dingin di akhir proses pencetakannya. Pabrik biasanya juga menentukan kerapatan pellet, diameter, daya tahan, dan panjangnya. Semua karakteristik ini sangat penting untuk operasi alat pellet yang konsisten.

Ada dua jenis pelletiser konvensional yang sejauh ini digunakan dalam industri pellet kayu/pellet energi di dunia. Kedua jenis pelletiser tersebut adalah *flat die* (tipe datar, diam/statis) dan *ring die* (tipe cincin, berputar). Pelletiser tipe *flat die*, bekerja dengan mekanisme dimana *die* atau cetakan yang memiliki lubang-lubang kecil ini akan diposisikan untuk tetap diam, sementara *roller* atau dadu penekan bahan baku akan berputar dan menekan serta menyalurkannya ke lubang-lubang cetakan tersebut hingga terbentuk silinder-silinder kecil pellet dengan ukuran yang diinginkan. Sementara itu untuk tipe pelletiser *ring die*, *die* atau cetakan dengan lubang-lubang kecil itu sendiri yang akan berputar mengelilingi dadu penekannya hingga pada akhirnya akan dihasilkan pellet atau silinder-silinder dengan ukuran sebagaimana yang diinginkan.



Gambar 35. Jenis alat cetak/kempa pada industri pellet kayu (*die*): *flat die* (atas) dan *ring die* (bawah) (Sumber foto: GI)

Selain mengetahui tipe atau jenis pelletiser yang umumnya digunakan, lebih jauh kita perlu pula memahami bahwa pada dasarnya proses pelletisasi dilakukan adalah untuk meningkatkan *bulk density* biomassa dengan memberikan tekanan secara mekanis pada bahan baku. Metode ini dapat memberikan banyak keuntungan, seperti jumlah debu berkurang, kepadatan energi meningkat dan kualitas bahan bakar beserta nilai energi yang dimilikinya menjadi seragam, dengan demikian memungkinkan kita melakukan proses pengontrolan/ pengendalian yang lebih mudah dan lebih efisien selama penggunaannya pada proses pembakaran maupun gasifikasi. Dengan kata lain proses ini memungkinkan kita untuk menghasilkan konstruksi

bahan bakar yang seragam dengan kerapatan curah (*bulk density*) yang lebih tinggi dibandingkan dengan matrik awal bahan bakunya.



Gambar 36. Proses terbentuknya formasi pellet kayu/pellet energi pada pelletiser jenis *ring die* (Sumber foto: GI)

Adapun mekanisme pengikatan (*binding mechanism*) yang secara spesifik terjadi pada proses ini menurut penjelasan dari beberapa ahli adalah sebagai berikut: Ketika tekanan tinggi diterapkan, dan partikel dipadatkan lebih jauh kemudian memaksa partikel untuk mengalami deformasi elastis dan plastik yang akan bermuara pada meningkatnya area kontak antara partikel. Plastisitas partikel ini juga dapat dipengaruhi oleh suhu dan kadar air. Kadar air yang tinggi menyebabkan peningkatan ruang *interparticle* dan yang akan menyebabkan lebih banyak energi kompresi yang dibutuhkan/digunakan; Sebaliknya, kadar air yang rendah akan meningkatkan gesekan selama proses yang akan mempengaruhi plastisitas yang terjadi.

Beragam teori gaya ikatan dimungkinkan terjadi selama proses pelletisasi ini berlangsung. Teori gaya van der Waal, tekanan kapiler dan juga *interlocking* mekanik adalah beberapa teori ikatan yang mungkin berlangsung dalam proses ini. Gaya elektrostatis, magnetik dan van der Waal adalah penyebab gaya tarik antara partikel yang akan sangat tergantung pada ukuran partikel dan jarak antar partikel itu sendiri. Selain itu, keberadaan cairan seperti air juga akan meningkatkan kemampuan pengikatan partikel, terutama karena tekanan kapiler dan juga kekuatan antarmuka (*intersurface*) yang dimilikinya. Selama proses pengikatan, *interlocking* serat juga terjadi, karena tekanan, partikel dibungkus dan tumpang tindih satu sama lain yang juga akan membantu proses pengikatan itu sendiri. Tidak hanya itu mekanisme pengikatan juga ditingkatkan oleh lignin. Penambahan panas pada biomassa memaksa lignin menjadi lebih lembut pada awalnya dan selanjutnya akan menunjukkan memiliki sifat termosettingnya.

Proses pelletisasi sendiri tidaklah selalu harus dilakukan dalam skala besar (industri) sebagaimana yang sebelumnya telah dijelaskan. Pengempaan dan pembentukan formasi pellet dapat dilakukan dengan menggunakan alat-alat yang lebih sederhana, terutama untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga. Mesin pellet atau pelletiser untuk pembuatan pakan ternak dengan sumber daya yang berasal dari listrik maupun penggerak diesel yang dimodifikasi dapat digunakan untuk keperluan ini. Bahan baku berupa serbuk kayu atau

biomassa lainnya dapat secara langsung digunakan ataupun dengan sebelumnya ditambahkan bahan perekat alami seperti halnya tapioka dan kanji. Umumnya pelletiser sederhana ini menggunakan *flat die* yang dilengkapi dengan *rotating roller cylinder* atau dadu penekan yang akan terus berputar dalam proses pencetakan pelletnya.



Gambar 37. Pelletiser atau alat pencetak pellet kayu sederhana dengan penggerak diesel (Sumber: Amirta et al, 2018)

D. Pendinginan dan Penyimpanan (*cooling*)

Sebagaimana kita ketahui, produk pellet kayu yang baru keluar dari proses pencetakan (*pelletisasi*) akan memiliki suhu yang tinggi berkisar antara 80-90°C dan dalam kondisi matrik produk akhir yang masih lembut. Karenanya proses pendinginan dianggap sebagai bagian yang sangat penting dalam proses akhir *pelletisasi*. Pendinginan pellet membuat matrik produk mengeras

yang terutama dikarenakan oleh reaksi stabilisasi dari lignin terutama pada permukaan pellet.



Gambar 38. Menara pendingin (*cooling tower*) pada industri pellet kayu/pellet energi (Sumber foto: GI)

Menara pendingin (*cooling tower*) umumnya digunakan untuk menurunkan suhu dan mengeringkan produk pellet kayu yang dihasilkan. Setelah pendinginan dan formasi pellet yang cukup keras telah terbentuk, selanjutnya pellet tersebut akan dialirkan dan disimpan di dalam sebuah silo besar untuk menunggu pengepakan atau distribusi massal. Penyimpanan di dalam silo ini dilakukan untuk menjaga kelembaban dan meminimalkan meningkatnya kadar air dari pellet kayu, yang dikhawatirkan akan menurunkan kualitasnya. Pellet yang mengalami peningkatan kadar kadar air cenderung akan rentan untuk mengalami serangan jamur, penurunan *durability*, kerusakan struktur (menjadi potongan yang lebih pendek dan bahkan hingga

menjadi remah), penambahan berat dan juga menurunnya tingkat pembakarannya.

E. Pengemasan dan Distribusi

Metode yang paling umum digunakan untuk mendistribusikan produk pellet kayu/pellet energi di beberapa negara seperti halnya Eropa dan Amerika adalah dengan menempatkan pellet ke dalam kemasan kantong plastik atau kertas (seperti layaknya kemasan semen) seberat 10-15 kg dan menumpuknya di atas palet atau selip hingga memiliki berat total satu hingga satu setengah ton.



Gambar 39. Produk pellet kayu/pellet energi dalam kemasan plastik 10 kg dan tumpukan dalam paket pengiriman 1 ton di atas palet (Sumber foto: dokumen pribadi)

Berat dan jumlah kemasan bahan bakar padat ini sangat bergantung pada keinginan pasar. Bahan bakar yang telah dikemas rapi ini selanjutnya siap disalurkan kepada konsumen melalui jaringan ritel yang ada atau dikirimkan ke rumah-rumah pelanggan. Manfaat dari pengemasan dengan cara ini adalah konsumen atau

pengguna secara praktis dapat membeli dan membawa produk bahan bakar padat ini dalam jumlah kecil yang ekonomis sesuai dengan tingkat kebutuhannya.



Gambar 40. Pemuatan pellet kayu/pellet energi dalam bentuk curah dari silo ke truk/tangki pengangkut (Sumber foto: GI)

Selain dikemas dalam kantong-kantong berukuran kecil seperti itu, pellet kayu/pellet energi juga dapat didistribusikan secara massal dalam bentuk curah (*bulk*). Pada proses ini, pellet kayu yang sebelumnya tersimpan di dalam silo dilokasi pabrik akan disalurkan atau dimuat langsung ke truk-truk pengangkut tertutup (truk tangki) untuk pengiriman ke wadah penyimpanan massal berikutnya di lokasi pemesan. Truk curah dalam bentuk truk tangki ini harganya lebih mahal daripada truk bak terbuka biasa, tetapi sistem pemrosesan, transfer, dan pengiriman dengan menggunakan metode ini jauh lebih efisien dan aman terutama untuk

menghindari meningkatnya kadar air dan kerusakan atau penurunan kualitas fisik dari produk pellet.

Tidak hanya didistribusikan dengan menggunakan armada pengangkutan berupa truk, pengiriman pellet kayu/pellet energi dalam jumlah yang besar juga dilakukan dengan menggunakan kapal laut (*cargo ship*), terutama untuk keperluan ekspor jarak jauh antar negara yang tidak mungkin dijangkau dengan transportasi darat. Pengiriman dengan menggunakan kapal laut seperti ini juga dinilai jauh lebih murah dan mudah, terutama jika dikaitkan dengan jarak yang harus dihubungkan dari satu negara ke negara lainnya yang sangat jauh. Praktek distribusi dan pengapalan seperti ini telah dilakukan dalam melayani ekspor produk pellet kayu/pellet energi biomassa dari kawasan ASEAN (Malaysia, Thailand dan Indonesia) ke negara-negara tujuan seperti Jepang, Korea Selatan dan China.



Gambar 41. Ekspor dan distribusi pellet kayu/pellet energi curah dengan menggunakan kapal laut (Sumber foto: GI)

Bab-6

Standar mutu (kualitas) pellet kayu/ pellet energi global

Sejauh ini kita mengenal beberapa standar kualitas mutu dari produk pellet kayu/pellet energi yang telah ditetapkan oleh beberapa negara penggunanya, seperti negara-negara di Amerika, Eropa dan juga Asia. Standar kualitas mutu ini pada dasarnya telah ditetapkan dengan mengacu pada kriteria dasar mutu yang sama, namun kemudian oleh masing-masing negara tersebut selanjutnya standar mutu ini dilengkapi dengan parameter-parameter minor yang khusus disesuaikan dengan tingkat kebutuhan dan kebijakan yang ada di negara-negara tersebut. Mengapa standar kualitas atau mutu ini perlu ditetapkan atau dibuat? Standarisasi mutu untuk pellet kayu/pellet energi ini dibuat untuk memberikan arahan dan informasi awal bagi konsumen atau pengguna baik dari kelompok industri maupun rumah tangga dalam memilih jenis, kualifikasi dan mutu produk yang akan mereka beli dan gunakan beserta keadilan pada nilai dari produk itu sendiri. Tentu saja produk yang berkualitas baik akan dihargai dengan baik, dan sebaliknya mutu produk yang rendah akan dinilai secara ekonomis dengan nilai yang rendah pula. Tinggi rendahnya harga akan sangat berbanding lurus dengan

manfaat dari produk yang akan diterima oleh konsumen selaku pengguna dari sisi mutu.

Beberapa parameter dasar yang umumnya digunakan untuk menilai baik tidaknya mutu suatu produk pellet kayu/pellet energi diantaranya adalah:

- Perbedaan atau error pada diameter pellet ≤ 1 mm
Diameter pellet kayu yang paling umum adalah 6mm dan 8mm. Semakin kecil diameternya, semakin baik kinerja pelletizing yang dimilikinya. Tetapi jika diameternya di bawah 5 mm, konsumsi energi akan meningkat dan kapasitasnya juga akan menurun. Karena bentuknya, pellet yang merupakan produk hasil kompresi memiliki volume produk yang mampu menghemat ruang penyimpanan. Oleh karena itu transportasinya pun akan mudah, sehingga biaya transportasi rendah. Secara umum penilaian terhadap diameter pellet ini dapat diterima manakal terjadi perbedaan yang tidak lebih dari 1 mm.
- Kadar air (*moisture content*) $\leq 10\%$
Menurut semua standar pellet kayu, kadar air yang dibutuhkan serupa, haruslah tidak lebih dari 10%. Secara teknis, selama proses, kandungan air adalah pengikat dan pelumas. Jika kadar air terlalu rendah, pellet tidak dapat sepenuhnya dibentuk dan diperpanjang, sehingga pellet mungkin akan mengalami deformasi, dan kerapatannya juga akan lebih rendah dari pellet normal. Tetapi jika kadar air terlalu tinggi, konsumsi energi akan meningkat, dan

volume juga akan meningkat. Biasanya pellet akan memiliki permukaan kasar dan dalam kasus yang parah, bahan baku dapat keluar dan merembes dari *dies*. Semua standar pellet menunjukkan bahwa kelembaban terbaik untuk pellet kayu adalah 8%, dan kelembaban terbaik untuk pellet biomassa butir adalah 12%. Kelembaban pellet dapat diukur dengan menggunakan *moisture meter*.

- Kerapatan ruah/curah (*Bulk Density*) $\geq 600 \text{ kg/m}^3$
Kepadatan pellet kayu adalah salah satu spesifikasi yang paling penting, biasanya itu dapat dibagi menjadi densitas dan kerapatan pellet. Kerapatan *bulky* (ruah) adalah properti atau sifat dari bahan yang ruah, seperti pellet, rumusnya adalah jumlah bahan *bulky* (ruah) dibagi dengan volume yang mereka butuhkan. Kerapatan *bulky* (ruah atau curah) ini tidak hanya berdampak pada kinerja pembakaran tetapi juga pada biaya transportasi dan biaya penyimpanannya. Lebih jauh lagi, kepadatan pellet juga berpengaruh pada kinerja pembakaran, dimana semakin tinggi densitasnya, semakin lama pula waktu pembakarannya.
- Ketahanan mekanis (*Mechanical Durability*) $\geq 96,5\%$
Ketahanan mekanis juga merupakan parameter penting. Selama transportasi dan penyimpanan. Pellet kayu/pellet energi dengan daya tahan mekanis yang lebih rendah mudah akan rusak, dan itu akan meningkatkan kandungan bubuk (*fine dust*) yang

dimilikinya. Diantara semua jenis pellet biomassa, pellet kayu memiliki ketahanan mekanik yang tertinggi, sekitar 97,8%. Bandingkan dengan semua standar pellet biomassa, dimana daya tahan mekanik yang dimilikinya tidak pernah kurang dari 95%.



Gambar 42. Perbandingan kualitas pellet kayu didasarkan pada kekuatan struktur mekanisnya: A. pellet dengan kualitas yang baik; B. pellet dengan kualitas sedang dan C. pellet kayu kualitas rendah, struktur pellet hancur menjadi remah (Kofman, 2007).

- Kandungan elemen kimia pengemisi yang rendah
Untuk semua jenis dan kelompok pengguna produk pellet kayu/pellet energi yang berbasis biomassa, masalah yang paling mengkhawatirkan dan dicermati adalah emisi, yang terdiri dari NO_x, SO_x, HCl, PCCD (polychlorinated dibenzo-p-dioxins) dan *fly ash*. Kandungan Nitrogen dan Sulfur dalam pellet energi akan menentukan jumlah NO_x dan SO_x. Selain itu,

masalah korosi ditentukan pula oleh kandungan klorin. Untuk memiliki kinerja pembakaran yang lebih baik, semua standar mutu pellet yang ada merekomendasikan kandungan unsur-unsur kimia dan potensi emisi yang lebih rendah. Pertimbangan akan keberlanjutan lingkungan yang bersih dan kesehatan bagi manusia/pengguna adalah dasar dari ditetapkannya syarat mutu dari elemen kimia ini.

Tabel 1. Kandungan unsur kimia (emisi) dalam pellet kayu

Elemen	%	Elemen	%	Elemen	%
Nitrogen	≤ 0,50	Cadmium	≤ 0,50	Mercury	≤ 0,10
Sulfur	≤ 0,04	Chromium	≤ 10,0	Nickel	≤ 10,0
Klorin	≤ 0,03	Cooper	≤ 10,0	Zinc	≤ 100
Arsenik	≤ 1,00	Lead (Pb)	≤ 10,0	-	-

Sumber: Anonim (2018 - Gemco Energy)

Setelah mengetahui beberapa parameter dasar yang patut dicermati dan digunakan dalam menilai kualitas atau mutu dari produk pellet kayu, maka akan jauh lebih lengkap jika kita juga turut melihat rincian dari parameter yang ada pada beberapa standar mutu pellet kayu di dunia (Tabel 3 dan 4). Namun sebelum itu ada baiknya juga jika kita turut melihat perbandingan nilai kandungan energi, efisiensi, dan potensi emisi yang dihasilkan dari penggunaan berbagai jenis atau sumber bahan baku energi yang kita kenal hingga saat ini, seperti batu bara, gas alam dan juga biomassa kayu baik

yang digunakan dalam bentuk utuh sebagai kayu bakar maupun yang telah diproses lebih menjadi pellet kayu.

Tabel 2. Perbandingan kandungan energi dan emisi dari pellet kayu dengan berbagai jenis bahan bakar

Jenis Bahan Bakar	Gross Efisiensi (%)	Kandungan Energi dan Emisi			
		Energi (MJ/kg)	CO ₂ (kg/GJ)	Sulfur (%)	Abu (%)
Fuel oil	72,6	42,0	78	12	15
Diesel	81,6	42,5	78	0,2	1
Gas alam	87,1	35-38	57	0	0
Batubara	56,1	15-25	60	13	10-35
Pellet kayu	86,0	17,5	0	0,1	1
Chip kayu	49,5	10	0	0	1

Sumber: Anonim (2018 - Gemco Energy)

Berikut ini akan disajikan beberapa standar kualitas mutu tersebut beserta parameter umum maupun khusus yang diatur di dalamnya. Standar mutu yang disajikan pada penjelasan ini adalah yang diatur dan ditetapkan oleh Fuel Pellet Institute (FPI) yang secara umum digunakan pada penilaian kualitas produk pellet kayu di Amerika dan EN-Plus yang berlaku dan digunakan pada penilaian kualitas atau mutu produk pellet kayu/pellet energi di beberapa negara Eropa. Selain standar kualitas mutu yang ditetapkan dan berlaku di Jerman (DIN) dan Austria (Ö NORM) juga akan turut diperbandingkan.

Tabel 3. Standar kualitas pellet kayu Pellet Fuel Institute - PFI

Fuel Property (Normative)	Residential/Commercial Densified Fuel Standard		
	PFI Premium	PFI Standard	PFI Utility
Bulk Density (lb/cubic foot)	40.0 – 46.0	38.0 – 46.0	38.0 – 46.0
Diameter (inch)	0.230 – 0.285	0.230 – 0.285	0.230 – 0.285
Diameter (mm)	5.84 – 7.25	5.84 – 7.25	5.84 – 7.25
Pellet Durability Index	≥ 96.5	≥ 95.0	≥ 95.0
Fines (%) - at the mill gate	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 1.0
Inorganic ash (%)	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 6.0
Length (inch) Greater than 1.50 inches	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0
Moisture (%)	≤ 8.0	≤ 10.0	≤ 10.0
Chloride (ppm)	≤ 300	≤ 300	≤ 300
Heating Value	NA	NA	NA
Ash fusion	NA	NA	NA

Sumber: Anonim (2018 - Gemco Energy)

Tabel 4. Standar kualitas pellet kayu DIN (Jerman) dan Ö NORM (Austria)

Fuel Property	Residential/Commercial Densified Fuel Standard		
	DIN Plus	DIN 57131	Ö NORM M7135
Diameter (mm)	4 - 10	4 - 10	4 - 10
Length (mm)	< 5 x D	< 50 mm	< 5 x D
Density (kg/dm ³)	> 1.12	1.0 – 1.4	> 1.12
Water content (%)	< 10	< 12	< 10
Abrasion (%)	< 2.3	-	< 2.3
Ash content (%)	< 0.5	< 1.5	< 0.5
Energy content (MJ/kg)	> 18	17.5 – 19.5	> 18
Sulphur content (%)	< 0.04	< 0.08	< 0.04
Chlorine content (%)	< 0.02	< 0.03	< 0.02
Nitrogen content (%)	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Heavy metals (%)	Regulated	Regulated	Not Regulated

Sumber: Hiegl et al (2009)

Tabel 5. Standar Mutu Pellet Kayu/Pellet Energi Eropa (EN Plus)

Quality Parameter	Unit	ENPlus-A1	EN Plus-A2	EN-B
Diameter	mm	6 or 8 +/- 1	6 or 8 +/- 1	6 or 8 +/- 1
Length	mm	3.15 - 40	3.15 - 40	3.15 - 40
Bulk Density	kg/m ³	>600	>600	>600
Net Calorific Value	MJ/kg	16.5 - 19	16.5 - 19	16.5 - 19
Moisture	%	<10	<10	<10
Durability	%	>97.5	>97.5	>97.5
Ash	%	<0.7	<1.5	<3
Ash Melting Temp.	°C	>1200	>1100	>1100

Sumber: Anonim (2018 - Gemco Energy)

Tabel 5. Standar Mutu Pellet Kayu/Pellet Energi Eropa (EN Plus) - Lanjutan

Quality Parameter	Unit	ENPlus-A1	EN Plus-A2	EN-B
Material		<ul style="list-style-type: none"> • Stem wood • Chemically untreated wood residues 	<ul style="list-style-type: none"> • Wholetreeswithout roots • Stem Wood • Logging residues • Chemically untreated wood residues 	<ul style="list-style-type: none"> • Forest, plantation& other virgin wood • Chemically untreated wood residues & used wood

Sumber: Anonim (2018 - Gemco Energy)

DAFTAR PUSTAKA

- Amirta R, Angi EM, 2016. Desa Mandiri Listrik: Potensi Pengembangan Energi Listrik Berbasis Biomassa Hutan. Mulawarman University Press, Samarinda. ISBN: 978-602-6834-12-6.
- Amirta R, Anwar T, Sudrajat, Yuliansyah. 2018. Trial production of fuel pellet from *Acacia mangium* waste biomass. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 144-012040. DOI:10.1088/1755-1315/144/1/012040.
- Anonim, 2017. A Guide To Large-Scale Biomass Pellet production. Gemco Energy. Anyang city, China.
- Bechis S. 2017. Possible Impact of Pelletised Crop Residues Use as a Fuel for Cooking in Niger. M. Tiepolo et al. (eds.), *Renewing Local Planning to Face in the Tropics*, pp 311-322. Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-59096-7_15.
- Billig E, Witt J, Klemm M, Kirsten C, Khalsa J, and Thrän D. 2015. Intermediate Biofuels to Support a Flexible Application of Biomass. D. Thrän (eds.), *Smart Bioenergy*. pp 121-140. Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-16193-8_8.
- Casler MD, Mitchell R, Richardson J, Zalesny RS Jr. 2009. Biofuels, Bioenergy, and Bioproducts from Sustainable Agricultural and Forest Crops. *Bioenergy Resources* 2:77-78. DOI 10.1007/s12155-009-9044-z.
- Dafnomilis I, Lodewijks G, Junginger M and Schott DL. Evaluation of wood pellet handling in import terminals. *Biomass and Bioenergy* 117, 10-23. doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.07.006.
- Ehret M, Bühle M, Graß R, Lamersdorf N, Wachendorß M. 2015. Bioenergy provision by an alley cropping system of grassland and shrub willow hybrids: biomass, fuel

- characteristics and net energy yields. *Agroforestry System*, 89:365–381. DOI 10.1007/s10457-014-9773-7.
- Hiegl W, Janssen R and Pichler W. 2009. Advancement of pellets-related European standards. *WIP Renewable Energies. Holzforschung Austria*, pp 1-26.
- Fischer M, Kelley AM, Ward EJ, Boone JD, Ashley EM, Domec JC, Williamson JC and King JS. 2017. A critical analysis of species selection and high vs. low-input silviculture on establishment success and early productivity of model short-rotation wood-energy cropping systems. *Biomass and Bioenergy* 98, 214-227. DOI.org/10.1016/j.biombioe.2017.01.027.
- Hansen MT, Jain AR, Hayes S, and Bateman P. 2009. *English Handbook for Wood Pellet Combustion*. Intelligent Energy Europe. EUBIA – European Biomass Industry Association.
- Henderson JE, Joshi O, Parajuli R, Hubbard WG. 2017. A regional assessment of wood resource sustainability and potential economic impact of the wood pellet market in the U.S. South. *Biomass and Bioenergy* 105, 421-427. DOI.org/10.1016/j.biombioe.2017.08.003.
- Kofman PD, 2007. *The production of wood pellets*. COFORD Processing /Products No. 10., Dublin, Ireland.
- Malik B, Pirzadah TB, Islam ST, Tahir I, Kumar M and Rehman RU, Hakeem KR. 2015. *Biomass Pellet Technology: A Green Approach for Sustainable Development*, Springer International Publishing, Switzerland, pp 403-433. DOI 10.1007/978-3-319-13847-3_19.
- Morhart CD, Douglas GC, Dupraz C, Graves AR, Nahm M, Paris P, Sauter UH, Sheppard J and Spiecker H. 2014. Alley coppice—a new system with ancient roots. *Annals Forest Science*, 1-16. DOI 10.1007/s13595-014-0373-5.
- Nunes LJR, Matiasa JCO, Catalão JPS. 2016. Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. *Renewable*

- Energy 85, 1011-1016. DOI.org/10.1016/j.renene. 2015. 07.065.
- Papp V. 2015. Eco-Energy Aspects of Production and Utilization of Agripellets. G. Dell, C. Egger (eds.), World sustainable energy days next 2014. pp 103-109. Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI 10.1007/978-3-658-04355-1_13.
- Pereira S and Costa M. 2017. Short rotation coppice for bioenergy: From biomass characterization to establishment – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 74, 1170-1180. DOI.org/10.1016/j.rser.2017.03.006.
- Rowell RM, Pettersen R, and Tshabalala MA. 2012. Cell Wall Chemistry. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites Routledge. pp 1-41. DOI/10.1201/b12487-5
- Sadirsan ES, Siregar H, Eriyatno and Legowo EH. 2015. Development Model of Renewable Energy Policy for Sustainable Bio-Pellet Industry in Indonesia Using Interpretive Structural Method. A. Sayigh (ed.), Renewable Energy in the Service of Mankind Vol I, pp 3-16. Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-17777-9_1.
- Sevel L, Larsen TN, and Rasmussen KR. 2012. Biomass production of four willow clones grown as short rotation coppice on two soil types in Denmark. Biomass and Bioenergy 46, 664-672. DOI.org/10.1016/j.biombioe. 2012.06.030.
- Strauss W, 2017. Micro-Scale Pellet-Fueled Combined Heat and Power: A new distributed power solution for the smart grid of the future. The New Forest Economy- Biobased Power, Products, & Fuels E2Tech Forum, Bethel, ME 04217, USA.
- Sun L and Niquidet K. 2017. Elasticity of import demand for wood pellets by the European Union. Forest Policy and Economics 81, 83-87. DOI.org/10.1016/j.forpol.2017. 02.001.

PROFIL PENULIS



Rudianto Amirta. Lahir di Pemangkat 25 Oktober 1972. Gelar sarjana Kehutanan diperoleh di Universitas Mulawarman (1996), Master Ilmu Kehutanan di Universitas Mulawarman (2000) dan Doktor Ilmu Kimia Konversi Biomassa di Kyoto University Jepang (2005). Saat ini menjadi dosen sekaligus dekan di

Fakultas Kehutanan Unmul. Sebelumnya, penulis pernah menjadi Kepala UPT. Layanan Internasional Universitas Mulawarman.

Penulis telah mempublikasikan lebih dari 20 artikel ilmiah yang terbit di beberapa jurnal terindeks. Karya penting dalam penulisan buku antara lain: Potensi Pemanfaatan Macaranga (Mulawarman University Press, 2017), dan Desa Mandiri Listrik: Potensi Pengembangan Energi Listrik Berbasis Biomassa Hutan (Mulawarman University Press, 2016). Selama kariernya, penulis juga telah menerima beberapa penghargaan berskala nasional maupun lokal, diantaranya: Juara Nasional Grand Final Lomba “SANG PENEMU” (LPP TVRI Jakarta, 2011), 8 Nominasi Nasional Penerima Penghargaan Energi Prakarsa 2016, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Republik Indonesia, Peneliti Terbaik LP2M Awards Universitas Mulawarman 2016 dan Dosen Berprestasi Kalimantan Timur 2017. Penulis juga tercatat sebagai penerima dana hibah penelitian dari berbagai sumber, diantaranya: Kemenristekdikti, USAID, Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), Monbusho-Kyoto University, dan juga Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Timur.