

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengerinan

2.1.1 Pengertian Pengerinan

Pengerinan adalah proses pemindahan panas dan uap air secara bersamaan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air dari permukaan bahan. Hall (1957) menyatakan proses pengerinan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan biji-bijian akibat biologis dan kimia sebelum bahan diolah (digunakan). Menurut Brooker, Bakker dan Hall (1957). Kadar air keseimbangan dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara dalam ruang pengerin, suhu dan kelembaban udara, jenis bahan yang dikeringkan dan tingkat kematangan.

Proses pengerinan diperoleh dengan cara penguapan air. Cara ini dilakukan dengan menurunkan kelembaban udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan lebih besar daripada tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan ini menyebabkan terjadinya aliran uap dari bahan ke udara.

Menurut Earle (1969), faktor-faktor yang mempengaruhi penguapan adalah :

- a. laju pemanasan waktu energi (panas) dipindahkan pada bahan.
- b. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan tiap ponnd (lb) air.
- c. Suhu maksimum pada bahan.
- d. Tekanan pada saat terjadinya penguapan.
- e. Perubahan lain yang mungkin terjadi di dalam bahan selama proses penguapan berlangsung.

2.2 Jenis-Jenis Alat Pengering

2.2.1 Tray Dryer

Pengeringan talem digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan yang tidak boleh diaduk dengan cara termal, Sehingga didapatkan hasil yang berupa zat padat yang kering. Pengering talem sering digunakan untuk laju produksi kecil. Prinsip kerja pengering *tray dryer* yaitu dapat beroperasi dalam keadaan vakum dan dengan pemanasan tak langsung. Uap dari zat padat dikeluarkan dengan ejector atau pompa vakum. Pengeringan zat padat memerlukan waktu sangat lama dan siklus pengeringan panjang yaitu 4-8 jam per tumpak. Selain itu dapat juga digunakan sirkulasi tembus, tetapi tidak ekonomis karena pemendekan siklus pengeringan tidak akan mengurangi biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap tumpak (Anonim, 2011).

2.2.2 Spray Dryer

Pengeringan semprot digunakan untuk menguapkan dan mengeringkan larutan dan bubur (*slurry*) sampai kering dengan cara termal, sehingga didapatkan hasil berupa zat padat yang kering.

Pengeringan semprot dapat menggabungkan fungsi evaporasi, kristalisator, pengering, unit penghalus dan unit klasifikasi. Penguapan dari permukaan tetesan menyebabkan terjadinya pengendapan zat terlarut pada permukaan. Dalam pengering semprot, bubur atau larutan didispersikan ke dalam arus gas panas dalam bentuk kabut (Anonim, 2011).

2.2.3 Freeze Drying

Prinsip kerja *Freeze Drying* meliputi pembekuan larutan, menggranulasikan larutan yang beku tersebut, mengkondisikannya pada vakum *ultra-high* dengan pemanasan yang sedang sehingga mengakibatkan air pada bahan pangan tersebut akan menyublim dan akan menghasilkan produk padat.

2.2.4 Rotary Dryer

Rotary Dryer atau pengering berputar adalah jenis pengering yang digunakan untuk mengurangi atau meminimalkan cairan kelembaban materi

dengan membawa ke dalam kontak langsung dengan gas panas. Ada beberapa jenis rotary dryer yang digunakan pada industri, antara lain yaitu Tunggal *Shell Rotary Drum Dryer*. Pengering ini terdiri dari bagian besar, tabung silinder berputar, biasanya didukung oleh beton kolom atau balok baja. Lereng pengering sedikit, sehingga ujung debit lebih rendah dari ujung bahan untuk menyampaikan materi tersebut melalui pengering dibawah gravitasi.

Bahan yang akan dikeringkan memasuki pengering dan sebagai pengering berputar, bahan yang terangkat oleh serangkaian sirip internal yang melapisi dinding dalam pengering. Ketika materi berada pada tinggi yang cukup untuk memutar, kemudian kembali lagi ke sirip dan jatuh kembali ke bawah pengering, melewati aliran gas panas karena jatuh. Aliran gas ini dapat menjadi bergerak menuju ujung debit dari ujung bahan (dikenal sebagai aliran co-sekarang), atau menjelang akhir bahan dari ujung debit (dikenal sebagai kontra-saat arus). Aliran gas dapat dibuat dari campuran gas udara dan pembakaran dari kompor, dalam hal pengering disebut pengering dipanaskan langsung. Atau, aliran gas dapat terdiri dari udara atau yang lain (kadang-kadang lembam) gas yang dipanaskan. Ketika aliran gas dipanaskan dengan beberapa cara di mana gas burner pembakaran tidak masuk pengering, pengering dikenal sebagai tipe tidak langsung dipanaskan. Seringkali, pengering dipanaskan dan langsung digunakan ketika kontaminasi produk adalah kekhawatiran. Dalam beberapa kasus, kombinasi pengering *rotary* langsung tidak langsung dipanaskan juga tersedia untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan.

Rotary pengering cocok untuk logam mineral bukan logam dan kering, tanah liat semen lendir industri dan batubara di tambang batubara, dll. *Rotary dryer* dapat secara luas digunakan untuk mengeringkan berbagai bahan, dan sederhana untuk dioperasikan.

Pemanas dilakukan dengan berbagai cara, antara lain :

- a. Kontak langsung udara atau gas dengan bahan padat.
- b. Kontak langsung udara panas yang dilewatkan melalui selubung silinder terhadap silinder.

- c. Uap panas dialirkan ke dalam pipa yang mengelilingi silinder dan pengembunan uap air ini akan menghasilkan panas yang dapat digunakan untuk pengeringan bahan.

Menurut Gunarif, 1987 Sifat-sifat khusus alat pengering jenis ini adalah :

- a. Penggunaannya terbatas pada bahan tertentu yang mempunyai kemampuan untuk jatuh bebas pada saat keluar dari alat.
- b. Laju pengeringannya cukup tinggi dan hasil pengeringannya lebih merata karena adanya proses pengadukan selama pengeringan.

2.3 Perhitungan Kinerja *Rotary Dryer*

Efisiensi dari sebuah tabung meningkat bila *persentase* panas yang dipindahkan ke stok atau beban di bagian dalam tungku meningkat. Efisiensi tungku dapat ditentukan dengan mengukur jumlah panas yang diserap oleh stok dan membaginya dengan jumlah total bahan yang dipakai.

$$\eta \text{ termal tabung} = \frac{\text{Panas yang dipakai untuk pemanasan}}{\text{panas yang dihasilkan bahan bakar (listrik)}}$$

(sumber : www.energyefficiencyasia.org)

Jumlah panas (Q) yang akan dibutuhkan untuk pemanasan dapat dihitung dengan persamaan ini :

$$Q = m \times (C_p (t_1 - t_2)) \quad \dots \text{Pers 1}$$

Dimana,

Q = Besarnya panas (Kkal)

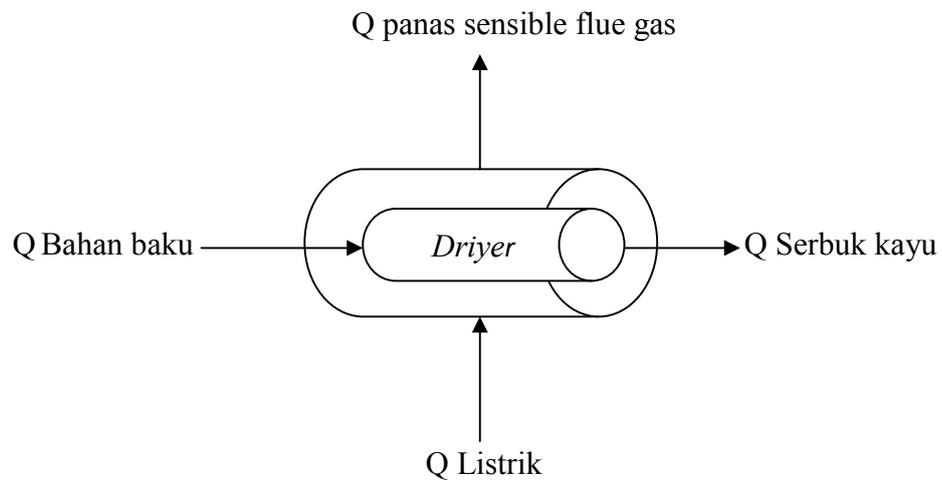
m = massa bahan baku (Kg)

C_p = Panas Jenis Bahan baku rata-rata (Kkal/kg °C)

t₁ = Suhu akhir (°C)

t₂ = Suhu mula-mula sebelum masuk tabung *rotary* (°C)

berikut adalah skema dan cara untuk menghitung efisiensi alat pengering dengan menghitung neraca panas pada gambar berikut ini :



Gambar 1. Skema Neraca Panas Pada Dryer

2.3.1 Menghitung Panas Masuk

Menghitung panas dari bahan bakar (energi listrik)

$$W = Q \quad \dots \text{Pers 2}$$

Dimana, $W = P \times t$...Pers 3

$$Q = m \times C_p \times \Delta T \quad \dots \text{Pers 4}$$

Keterangan : W = Energi Listrik (Joule)

Q = Kalor (Joule)

P = Daya listrik (Watt)

T = Waktu yang diperlukan (detik)

m = Massa (gr)

C_p = Kapasitas panas ($\text{j/kg}^\circ\text{C}$)

ΔT = Perubahan Panas

2.3.2 Menghitung Panas Keluar

Menghitung Panas *Sensible Flue* Gas Kering

$$Q_1 = m \times C_p \times dt \quad (\text{Kj})$$

Menghitung panas konduksi

$$Q_3 = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$\text{Total output} = Q_1 - Q_2 - Q_3 \quad \dots\text{Pers 5}$$

Menghitung panas yang dimanfaatkan untuk proses pengeringan

$$Q_4 = \text{Total Input} - \text{Total Output} \quad \dots\text{Pers 6}$$

Menghitung efisiensi termal dari *rotary dryer*

$$= \frac{\text{Panas yang dimanfaatkan untuk proses pengeringan}}{\text{Panas input}} \times 100 \% \dots\dots\dots (7)$$

2.3.3 Perpindahan Massa dalam Proses Pengeringan

Dalam sebuah pengeringan dimana gas dialirkan diatas atau melalui zat padat, perpindahan massa selalu terjadi dari permukaan zat padat dalam gas, dan kadang-kadang melalui saluran-saluran pendalaman yang terdapat di dalam zat padat. Laju pengeringan mungkin ditentukan oleh tahapan terhadap perpindahan massa, bukan perpindahan kalor, dipandang dari segi gas, pengeringan seperti ini sangat serupa dengan humidifikasi adiabatik; dari segi gas padat, ia merupakan evaporasi bila zat padat sangat basah, dan seperti desorpsi dari adsorber bila zat padat itu mendekati kering.

Laju rata-rata perpindahan massa m_v dapat dengan mudah dihitung dari hubungan (Mc Cabe, 1985) :

$$m_v = m_s (X_a - X_b) \quad \dots\text{Pers 7}$$

2.3.4 Kebasahan-Kesetimbangan dan Kebasahan Bebas

Udara yang memasuki pengering jarang sekali berada dalam keadaan benar-benar kering, tetapi selalu mengandung kebasahan yang mempunyai kelembaban relative tertentu. Untuk udara yang mempunyai kelembaban tertentu, kandungan kebasahan di dalam zat padat yang keluar dari pengering tidak bisa kurang dari kebasahan-kesetimbangan yang berkaitan dengan kelembaban udara masuk. Bagian air yang terdapat didalam zat padat yang basah itu tidak dapat dikeluarkan dengan udara masuk, karena udara masuk mengandung kelembaban pula, yang disebut kebasahan-kesetimbangan (*equilibrium moisture*).

Air bebas adalah selisih antara kandungan air total dalam zat padat dan kandungan kebasahan-kesetimbangan, kebasahan bebas (*free moisture*) X ialah (Mc Cabe, 1985) :

$$X = X_T - X^* \quad \dots \text{Pers 8}$$

2.3.5 Laju Pengeringan

Pada periode laju komstan laju pengeringan per satuan luas dapat ditaksir dengan ketelitian yang memadai korelasi-korelasi yang dikembangkan untuk evaporasi dari permukaan zat cair bebas. Perhitungan bisa didasarkan atas perpindahan masa atau perpindahan kalor, sebagai berikut (Mc Cabe) :

$$M_v = \frac{m_v K_y (y_1 - y) A}{(1 - y) L}$$

atau

$$M_v = \frac{h_y (T - T_1) A}{\lambda_1} \quad \dots \text{Pers 9}$$

Dimana

- m_v = laju penguapan
- A = luas Permukaan
- h_y = koefisien perpindahan panas
- k_y = koefisien perpindahan panas
- M_v = bobot molekul uap
- T = suhu gas
- T_i = suhu antar muka
- y = fraksi mol uap didalam gas
- y_i = fraksi mol uap pada antar muka
- λ_i = kalor laten pada suhu T_i

Bila udara mengalir sejajar dengan permukaan zat padat, koefisien perpindahan kalor dapat ditaksir dengan persamaan dimensional :

$$h_y = 0,0204 G^{0,8} \quad \dots \text{Pers 10}$$

Dimana h_y = koefisien perpindahan kalor

G = kecepatan massa, lb/ft² jam

Bila aliran tegak lurus terhadap permukaan, persamaannya adalah

$$h_y = 0,37 G^{0,37} \quad \dots \text{Pers 11}$$

Laju pengeringan konstan R_c adalah

$$R_c = \frac{mv}{A} = \frac{h_y(T - T_i)}{\lambda_i} \quad \dots \text{Pers 12}$$

2.3.6 Sistem Perpindahan Panas

2.3.6.1 Panas konduksi

Konduksi adalah proses menalirkan panas dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu media (padat, cair atau gas) atau antara media – media yang berlainan dan bersinggungan secara langsung. Persamaan dasar perpindahan panas secara konduksi (J.P. Holman, 1988):

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \quad \dots \text{Pers 13}$$

Dimana :

Q_{konduksi} = Laju perpindahan panas secara konduksi (W)

k = Konduktivitas termal bahan (W/m °K)

A = Luas penampang perpindahan panas (m²)

dT = Perubahan suhu (°K)

dx = Jarak dalam arah aliran (m)

2.3.6.2 Panas Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan energi panas yang terjadi antara permukaan dari fluida yang bergerak. Laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dengan suatu fluida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (JP.Holman, 1988 : 11) :

$$Q_{\text{konveksi}} = h.A.\Delta T \quad \dots \text{Pers 14}$$

Dimana :

$Q_{konveksi}$ = Laju perpindahan panas secara konveksi (W)

A = Luas penampang perpindahan panas (m^2)

ΔT = Beda antara suhu permukaan dan suhu fluida lingkungan yang ditentukan ($^{\circ}C$)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$)

2.4 Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya.

Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan, antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Di Indonesia, biomassa merupakan sumber daya alam yang sangat penting dengan berbagai produk primer sebagai serat, kayu, minyak, bahan pangan dan lain-lain yang selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik juga diekspor dan menjadi tulang punggung penghasil devisa Negara.

Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah. Limbah yang berasal dari hewan maupun tumbuhan semuanya potensial untuk dikembangkan. Tanaman pangan dan perkebunan menghasilkan limbah yang cukup besar, yang dapat dipergunakan untuk keperluan lain seperti bahan bakar nabati. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabati memberi tiga keuntungan langsung. Pertama, peningkatan efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan. Kedua,

penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal dari pada memanfaatkannya. Ketiga, mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan. Adapun potensi sumberdaya yang dapat dimanfaatkan sebagai energi biomassa terlihat pada gambar dibawah ini.



Sisa pemotongan kayu



Ranting Kayu



Sekam



Bonggol Jagung

Gambar 1. Limbah Biomassa

Ubi kayu



Sago

Gambar 2. Bahan baku Bioetanol

Kelana Sawit



.Jarak

Gambar 1. Sumber bahan baku biomassa

2.4.1 Teknologi Biomassa

Agar biomassa bisa digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversinya. Teknologi konversi biomassa tentu saja membutuhkan perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan menghasilkan perbedaan bahan bakar yang dihasilkan. Secara

umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pembakaran langsung, konversi termokimiawi dan konversi biokimiawi.

Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa telah dapat langsung dibakar, beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan didensifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan. Konversi termokimiawi merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Sedangkan konversi biokimiawi merupakan teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar. Berikut merupakan pengklasifikasian Biomassa berdasarkan pada proses pembuatannya yaitu :

- | | |
|----------------------|------------------|
| 1. Biobriket | 6. Biokimia |
| 2. Biodiesel | 7. Gasifikasi |
| 3. Bioetanol | 8. Pirolisa |
| 4. Biogas | 9. Liquification |
| 5. Transesterifikasi | 10. Densifikasi |

2.5 Bahan Baku Biomassa

2.5.1 Kayu

Penggunaan kayu sebagai bahan bakar memberikan keuntungan yang lebih, bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Keuntungan-keuntungan tersebut antara lain (Anonymous, 2004) :

- a. Ketersediaannya melimpah yaitu ketersediaan bahan ini pun bersifat relatif dan biasanya banyak terdapat di Indonesia karena kekayaan alamnya yang melimpah. Ini merupakan peluang bagi kita untuk mengembangkan kayu sebagai sumber energi lebih luas lagi. Sumber daya yang terbarukan (*renewable resources*).
- b. CO₂ yang disisakan dari proses pembakaran 90% lebih sedikit daripada pembakaran dengan *fossilfuel* dan mengandung lebih sedikit sulfur dan *heavy metal*.

Bahan bakar yang dihasilkan dari kayu diharapkan memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Memiliki nilai kalor yang tinggi.
- b. Memiliki kadar air yang cukup memungkinkan terjadinya pembakaran
- c. Memiliki rendemen yang tinggi
- d. Memiliki laju penyulutan yang cepat dan pembakaran yang stabil
- e. Ramah lingkungan

Tabel 1. Nilai kalor pada tiap-tiap spesies pohon dan batubara

No.	Jenis spesies	Nilai kalor × 10 (kal/g)
1	Jati (<i>Tectona grandis</i>)	750 ± 7
2	Akasia (<i>Acacia spp.</i>)	740 ± 7
3	Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	730 ± 7
4	Sono (<i>Dalbergia spp.</i>)	730 ± 7
5	Landep (<i>Barleria prionitis</i> L.)	715 ± 7
6	Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>)	699 ± 7
7	Melinjo (<i>Gnetum gnemon</i>)	673 ± 6
8	Manding	666 ± 6
9	Kesambi (<i>Schleichera oleosa</i> Merr)	661 ± 6
10	Rembalo	644 ± 6
11	Tempurung kelapa (batok)	626 ± 6
12	Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i>)	595 ± 6
13	Batubara hitam	550 ± 6
14	Batubara cokelat	502 ± 6

2.5.2 Potensi limbah Kayu

Simarmata dan Hartyanto (1986) dalam Irwan (1993) menyatakan bahwa limbah kayu dapat dibagi menjadi 2 golongan yaitu:

1. Limbah kayu yang terjadi pada kegiatan eksploitasi hutan berupa pohon yang ditebang terdiri dari batang sampai bebas cabang, tunggak dan bagian atas cabang pertama.

2. Limbah kayu yang berasal dari industri pengelolaan kayu antara lain berupa lembaran, *log end* atau kayu penghara yang tidak berkualitas, sisa kupasan, potongan log, potongan lembaran *veneer*, serbuk gergajian, serbuk pengamplasan, sabetan, potongan ujung dari kayu gergajian dan kulit.

Potensi limbah kayu di Indonesia ada 3 macam industri yang secara dominan mengkonsumsi kayu alam dalam jumlah relatif besar, yaitu : industri kayu lapis industri penggergajian, industri pulp/kertas. Sebegitu jauh limbah biomasa dari industri tersebut sebagian telah dimanfaatkan kembali dalam proses pengelolaannya sebagai bahan bakar guna memenuhi kebutuhan energi industri kayu lapis dan Plup/kertas. Hal yang menimbulkan permasalahan menurut Pari. G (2001) adalah limbah industri penggergajian yang kenyataannya dilapangan masih ada yang ditumpuk, sebagian besar dibuang kealiran sungai mengakibatkan penyempitan alur dan pendangkalan sungai serta pencemaran air, bahkan ada yang dibakar secara langsung sehingga ikut menambah emisi gas karbon di atmosfer.

Data dari Departemen Kehutanan dan Perkebunan untuk tahun 1999/2000 menunjukkan bahwa produksi kayu lapis Indonesia mencapai 4,61 juta m³, sedangkan kayu gergajian mencapai 2,6 juta m³ per tahun. Dengan asumsi bahwa jumlah limbah kayu yang dihasilkan mencapai 61%, maka diperkirakan limbah kayu yang dihasilkan mencapai lebih dari 4 juta m³ (BPS. 2000). Apabila hanya limbah industri penggergajian yang dihitung maka dihasilkan limbah sebanyak 1,4 juta m³ per tahun.

2.5.3 Kayu Merawan

Kayu merawan berwarna kuning tua atau kuning kemerahan-merahan, bertekstur halus, berserat lurus atau bergelombang, dan mudah digergaji. Daya kembang susutnya kecil, sedangkan daya retaknya sedang. Kayu merawan termasuk kayu awet dengan kelas II dan III yang cukup kuat. Kayunya tidak terlalu berat dengan bobot jenis 0,55 0,75 dan 0,94.

Tabel 2. Klasifikasi Kayu Merawan**IDENTIFIKASI KAYU INDONESIA**

Nama komersil	Merawan
Nama daerah	Damar cermin, damar lilin, seluai, selangan, mangarawan, amang
Nama negara lain	Gagil (Sabah); manggachapui (Philippines); thingan (Burma); maitakien (Thailand); luis, mang (Serawak); selangan (Serawak, Sabah); merawan (UK, USA, France, Spain, Italy, Sweden, Netherland, German)
Nama botanis	<i>Hopea spp</i>
Famili	<i>Dipterocarpaceae</i>
Daerah penyebaran	Sumatera, Kalimantan
Arsitektur pohon	Tinggi mencapai 35 m, panjang batang bebas cabang 10 – 30 m, diameter dapat mencapai 150 cm, berbanir yang tingginya +/- 3 m, mengeluarkan damar berwarna jernih, putih, kuning sampai kuning tua. Kulit luar berwarna kelabu-coklat, coklat sampai hitam, beralur dangkal, mengelupas kecuali pada <i>Hopea mengarawan</i> .
Gambar pohon / Tree figure	<i>Hopea dryobalanoides</i> Miq. <i>Hopea odorata</i> Roxb
Warna kayu	Kuning tua sampai kuning kemerah-merahan
Tekstur	Halus
Arah serat	Lurus atau bergelombang
Kesan raba	Permukaan kayu agak licin
Berat jenis kering udara	
– Maksimum	1,03
– Minimum	0,42
– Rata-rata	0,70
Keterawetan	Sukar diawetkan
Kelas awet	II-III
Kelas kuat	II-III
Kembang susut	Kecil
Daya retak	Sedang
Kekerasan	Sedang
Sifat pengerjaan	Kayu merawan secara umum mudah dikerjakan, baik digergaji, diserut, dibor, dibubut maupun dibelah
Pengeringan	Pengeringan kayu berjalan agak lambat, mudah mengalami pecah ujung dan retak permukaan serta pencekungan, terutama pada papan yang lebar
Tempat tumbuh	Tumbuh di hutan hujan tropis dengan tipe curah hujan A dan B
Kegunaan	Kayu bangunan, plywood, kayu perkakas, lantai, papan, kayu perkapalan, bantalan (perlu diawetkan), rangka pintu & jendela

Sumber. Dinas kehutanan Republik Indonesia

Karena sifat-sifatnya ini, kayu merawan banyak dipakai untuk berbagai keperluan, misalnya untuk papan dan bahan pembuat rumah atau pondasi rumah dalam air. Selain itu, kayu merawan banyak disenangi untuk pembuat mebel.

Klasifikasi ilmiah kayu merawan adalah nama untuk kelompok tumbuhan anggota marga *Hopea* yang termasuk suku *Dipterocarpaceae* (meranti-merantian). Nama ilmiah merawan adalah *H. Mengarawan* atau *H. Ferruginea*; *H. Cerua* ; *H. dasyrrachis* dan *H. Dyer*.

2.6 Densifikasi

Densifikasi merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik suatu bahan yang bertujuan untuk mempermudah penggunaan dan pemanfaatannya, sehingga terjadi peningkatan efisiensi nilai bahan yang digunakan (Abdullah *et al.* 1998) karena produk yang dihasilkan mempunyai densitas lebih tinggi daripada bahan baku aslinya (Bhattacharya 1998). Proses densifikasi dilakukan pada bahan berbentuk curah atau memiliki sifat fisik yang tidak beraturan. Terdapat tiga tipe proses densifikasi, antara lain : *extruding*, *briquetting*, dan *pelleting*. Pada proses *extruding*, bahan dimampatkan menggunakan sebuah ulir (*screw*) atau piston yang melewati *dies* sehingga menghasilkan produk yang kompak dan padat. Proses *briquetting* menghasilkan produk berbentuk seperti tabung dengan ukuran diameter dan tinggi yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan.

Proses *pelleting* terjadi karena adanya aliran bahan dari *roll* yang berputar disertai dengan tekanan menuju lubang-lubang *dies* pencetak biopellet. Pelletisasi merupakan proses pengeringan dan pembentukan biomassa dengan menggunakan tekanan tinggi untuk menghasilkan biomassa padat berbentuk silinder dengan diameter maksimum 25 mm. Proses peletisasi bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar biomassa dengan volume yang secara signifikan lebih kecil dan densitas energi lebih tinggi, sehingga lebih efisien untuk proses penyimpanan, transportasi, dan konversi ke dalam bentuk energi listrik atau energi kimia lainnya (AEAT 2003).

Bhattacharya (1998) menyatakan bahwa alat *pellet mill* terdiri atas *die* dan *roller* dimana *die* berputar dan bersentuhan dengan *rollers*. Bahan baku pellet dipanaskan dan ditekan secara friksi melalui lubang yang terdapat pada *die*. Selanjutnya material yang telah mengalami densifikasi keluar melalui *die* dalam bentuk seragam dan dipotong menggunakan pisau sesuai dengan ukuran panjang yang diinginkan. Pada umumnya pelet yang dihasilkan mempunyai diameter 5-15 mm dan panjang kurang dari 30 mm.

2.6.1 Mutu Bahan bakar berbasis briket standar SNI No. 1/6235/2000

Tabel 3. Standar Kualitas Briket sesuai SNI

Parameter	Satuan	Standar
Kadar Air	%	≤ 8
Kadar Abu	%	≤ 8
Kadar Karbon	%	≥ 77
Kadar Zat terbang	%	≤ 15
Nilai Kalor	Kal/gr	≥ 5000

Sumber : Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan *dalam* Santosa.

2.6.2 Mutu Bahan Bakar berbasis briket sesuai standar berbeda-beda

Tabel 4. Standar Kualitas Briket sesuai standar berbeda-beda

Parameter	Permen ESDM N0.47	Jepang	Inggris	USA
Kadar Air	≤ 15	6-8	3-4	6
Kadar Abu	≥ 10	5-7	8-10	16
Kadar Karbon	Sesuai bahan baku	15-30	16,4	19-28
Kadar Zat terbang	Sesuai bahan baku	60-80	75	60
Nilai Kalor	4400	5000-6000	5870	4000-6500

Sumber : Trie Diah Pebriani 2014

2.7 Upgrading Biomassa

Biopellet adalah bahan bakar biomassa berbentuk pelet yang memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, densitas, dan kandungan energi (Abelloncleanenergy 2009). Pada proses pembuatan biopellet, biomassa diumpankan ke dalam *pellet mill* yang memiliki *dies* dengan ukuran diameter -8-11 mm dan panjang 15-20 mm. Untuk penggunaan perekat sesuai dengan penelitian Tabil (1996) diacu dalam Liliana, W. (2010), mensyaratkan bahwa penambahan perekat kedalam campuran bahan biopellet adalah 0,5-5%. Untuk ukuran mesh digunakan ukuran 20 mesh dan 60 mesh sedangkan untuk bahan baku sendiri digunakan sebanyak 500 gram, masing-masing untuk serbuk kayu dan sekam padi. Fantozzi dan Buratti (2009) menyatakan bahwa terdapat 6 tahapan proses pembuatan biopellet, yaitu: perlakuan pendahuluan bahan baku (*pre-treatment*), pengeringan (*drying*), pengecilan ukuran (*size reduction*), pencetakan biopellet (*pelletization*), pendinginan (*cooling*), dan *silage*. Residu hutan, sisa penggergajian, sisa tanaman pertanian, dan *energy crops* dapat didensifikasi menjadi pelet. Proses peletisasi dapat meningkatkan kerapatan spesifik biomassa lebih dari 1000 kg/m³ (Lehtikangas 2001 dan Mani *et al.* 2004).

Penggunaan biopellet telah dikenal luas oleh masyarakat di negara-negara Eropa dan Amerika. Pada umumnya biopellet digunakan sebagai bahan bakar *boiler* pada industri dan pemanas ruangan di musim dingin.

Diperkirakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kondisi pemeletan termasuk tekanan, suhu, ukuran partikel bahan baku, kadar air dan komposisi kimia kayu. Belum ada penjelesan hingga kini mengenai kondisi yang membatasi proses pemeletan. Hal ini dikarenakan pelet yang dihasilkan mungkin berbeda berdasarkan pengalaman operator. Disamping itu, pelet juga berbeda untuk bahan kayu yang berbeda, akan tetapi berdasarkan nilai rata-rata membutuhkan tekanan dan suhu pemeletan setinggi 70 MPa dan 100-150°C. Akan tetapi, dipastikan bahwa lignin, glusida dan pektin berperan sebagai agen pengikat.

Pemeletan adalah proses untuk menekan bahan menjadi bentuk pelet. Ada berbagai jenis bahan baku seperti bahan bakar padat, obat-obatan, bahan pengisi, bijih dan sebagainya telah dipeletkan. Untuk bahan bakar padat, ia disebut sebagai

pelet kayu, ogalite (briket kayu), briket batu bara atau bahan bakar komposit. Pelet kayu yang disajikan dalam Gambar. 2 berikut ini :

- (a) Terbuat dari limbah kayu seperti serbuk gergaji dan debu penghancuran. Diameter pelet adalah 6-12 mm dan panjangnya 10-25 mm.
- (b) dan (c) Menunjukkan pelet ukuran besar (briket kayu dan briket jerami padi). Diameter briket adalah 50-80 mm dan panjangnya 300 mm.
- (d) Menunjukkan CCB yang merupakan sejenis bahan bakar komposit campuran biomassa dan batubara yang disebut dengan biobriket.



Gambar 2. Jenis jenis Pelet

(Sumber : www.google.com)

Disamping briket jerami padi, pelet kayu dan briket kayu dapat diproduksi dari proses pembuatan sebagai berikut:

(1) Proses pengeringan

Secara umum, kadar air awal kayu adalah 50%. Perlu untuk mengeringkan bahan baku ini hingga kadar air mencapai 10-20% untuk mendapatkan kondisi optimum untuk proses penggilingan dan pemeletan. Bahan baku dengan ukuran partikel yang besar seharusnya dikeringkan dengan tanur putar, dan bahan baku dengan ukuran partikel yang kecil harus dikeringkan dengan menggunakan pengering kilat.

(2) Proses penggilingan

Bahan baku seharusnya digiling berdasarkan ukuran pelet. Untuk keseluruhan kayu atau limbah ukuran besar, bahan baku harus dihancurkan terlebih dahulu sebelum proses pengeringan supaya kadar airnya seragam. Akan tetapi, proses ini tidak diperlukan untuk hal dimana bahan bakunya adalah jerami padi.

(3) Proses pencetakan pelet

Pembuatan biopelet dilakukan dengan menggunakan *pellet mill*, dengan komposisi dan ukuran bahan baku yang divariasikan.

(4) Proses pendinginan

Karena pelet yang telah dibuat memiliki suhu yang tinggi dan mengandung kadar air yang tinggi pula, maka diperlukan proses pendinginan.

2.7.1 Keunggulan Biopelet

Biopelet memiliki keunggulan dibandingkan bahan bakar lainnya seperti :

1. Lebih mudah dalam pembuatannya
2. Biaya proses lebih murah
3. Tidak berisiko meledak dan terbakar
4. Sumber bahan baku biomassa jumlahnya melimpah
5. Tidak berbau