

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengerinan**

##### **2.1.1 Pengertian Pengerinan**

Pengerinan merupakan suatu cara untuk menurunkan kandungan air yang terdapat didalam suatu bahan (Trayball 1981). Sedangkan menurut Hall (1957) 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 (1974) Kadar air keseimbangan dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara dalam ruang pengering, 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 puond (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.

##### **2.1.2 Mekanisme Pengerinan**

Proses pengerinan dilakukan melalui dua periode yaitu periode kecepatan konstan dan periode kecepatan penurunan. Periode kecepatan konstan sering kali disebut sebagai periode awal, dimana kecepatannya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan perpindahan massa dan panas (Rao et al,2005).

Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih capat (Desrosier,1988).

Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan adalah (Buckle et al, 1987) :

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan, meliputi bentuk, komposisi, ukuran, dan kadar air yang terkandung didalamnya.
2. Pengaturan geometris bahan. Hal ini berhubungan dengan alat atau media yang digunakan sebagai perantara pemindah panas.
3. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering, meliputi suhu, kecepatan sirkulasi udara, dan kelembaban.
4. Karakteristik dan efisiensi pemindahan panas alat pengering.

Proses pengeringan juga harus memperhatikan suhu udara dan kelembaban. Suhu udara yang tinggi dan kelembaban udara yang relatif rendah dapat mengakibatkan air pada bagian permukaan bahan yang akan dikeringkan menjadi lebih cepat menguap. Hal ini dapat berakibat pada terbentuknya suatu lapisan yang tidak dapat ditembus dan menghambat difusi air secara bebas. Kondisi ini lebih dikenal dengan *case hardening* (Desrosier,1988).

## **2.2 Jenis-Jenis Alat Pengering**

### **1. *Tray Dryer***

Pengering baki (*tray dryer*) disebut juga pengering rak atau pengering kabinet, dapat digunakan untuk mengeringkan padatan bergumpal atau pasta, yang ditebarkan pada baki logam dengan ketebalan 10-100 mm. Pengeringan jenis baki atau wadah adalah dengan meletakkan material yang akan dikeringkan pada baki yang langsung berhubungan dengan media pengering.

Pengeringan talam digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan yang tidak boleh diaduk dengan cara termal, Sehingga didapatkan hasil yang berupa zat padat yang kering. Pengering talam 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. *Spray Dryer***

Pengeringan semprot merupakan jenis pengering yang digunakan untuk menguapkan dan mengeringkan larutan dan bubuk (*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. *Spray drying* ini, menggunakan atomisasi cairan untuk membentuk droplet, selanjutnya droplet yang terbentuk dikeringkan menggunakan udara kering dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Dalam pengering semprot, bubuk atau larutan didispersikan ke dalam arus gas panas dalam bentuk kabut atau tetesan halus. (Anonim, 2011).

## **3. *Freeze Dryer***

*Freeze Dryer* merupakan suatu alat pengeringan yang termasuk ke dalam *Conduction Dryer/Indirect Dryer* karena proses perpindahan terjadi secara tidak langsung yaitu antara bahan yang akan dikeringkan (bahan basah) dan media pemanas terdapat dinding pembatas sehingga air dalam bahan basah/lembab yang menguap tidak terbawa bersama media pemanas. Hal ini

menunjukkan bahwa perpindahan panas terjadi secara hantaran (konduksi), sehingga disebut juga *Conduction Dryer/ Indirect Dryer*.

Pengeringan beku (*freeze drying*) adalah salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas. Adapun prinsip kerja *Freeze Dryer* meliputi pembekuan larutan, menggranulasikan larutan yang beku tersebut, mengkondisikannya pada vakum *ultra-high* dengan pemanasan pada kondisi sedang, sehingga mengakibatkan air dalam bahan pangan tersebut akan menyublim dan akan menghasilkan produk padat.

#### **4. Rotary Dryer**

*Rotary dryer* atau bisa disebut *drum dryer* merupakan alat pengering yang berbentuk sebuah drum dan berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*. *Rotary dryer* sudah sangat dikenal luas di kalangan industri karena proses pengeringannya jarang menghadapi kegagalan baik dari segi output kualitas maupun kuantitas. Namun sejak terjadinya kelangkaan dan mahalnya bahan bakar minyak dan gas, maka teknologi *rotary dryer* mulai dikembangkan untuk berdampingan dengan teknologi bahan bakar substitusi seperti *burner*, batubara, gas sintesis dan sebagainya. Pengering *rotary dryer* biasa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar. Pemasukkan dan pengeluaran bahan terjadi secara otomatis dan berkesinambungan akibat gerakan vibrator, putaran lubang umpan, gerakan berputar dan gaya gravitasi. Sumber panas yang digunakan dapat berasal dari uap listrik, batubara, minyak tanah dan gas.

Secara umum, alat *rotary dryer* terdiri dari sebuah silinder yang berputar dan digunakan untuk mengurangi atau meminimalkan cairan kelembaban isi materi dan penanganannya ialah kontak langsung dengan gas panas di dalam ruang pengering. Pada alat pengering *rotary dryer* terjadi dua hal yaitu kontak bahan dengan dinding dan aliran uap panas yang masuk ke dalam

drum. Pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan dinding disebut konduksi karena panas dialirkan melalui media yang berupa logam. Sedangkan pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan aliran uap disebut konveksi karena sumber panas merupakan bentuk aliran. (Mc.Cabe, 1985).

### 2.3 Keunggulan dan Kelemahan *Rotary Dryer*

Sebagai alat pengering, *rotary dryer* juga terdapat kelebihan dan kekurangan dan keunggulan ataupun kelemahan tersebut ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

<b>Keunggulan</b>	<b>Kelemahan</b>
1. Dapat mengeringkan baik lapisan luar ataupun dalam dari suatu padatan	Dapat menyebabkan reduksi ukuran karena erosi atau pemecahan
2. Proses pencampuran yang baik, memastikan bahwa terjadinya proses pengeringan bahan yang seragam atau merata	Karakteristik produk kering yang inkonsisten
3. Operasi sinambung	Efisiensi energi rendah
4. Instalasi yang mudah Karakteristik produk kering yang	Perawatan alat yang susah
5. Menggunakan daya listrik yang sedikit	Tidak ada pemisahan debu yang jelas

### 2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat dipahami dengan mudah dengan membayangkan bahwa pemanasan berarti pengaktifan getaran molekul, dan pendinginan berarti pengurangan gerakan molekul di dalam suatu bahan. Dengan demikian gerakan molekul-molekul bahan yang lebih dingin.

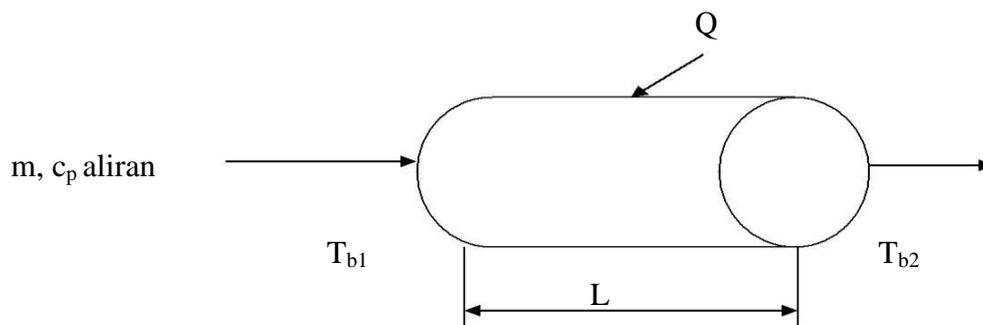
Syarat terjadinya perpindahan panas adalah adanya perbedaan suhu yang merupakan gaya penggerak. Dalam hal ini kuantitas panas yang dipindahkan meningkat dengan bertambahnya perbedaan suhu. Disamping itu, kuantitas panas yang dipindahkan per satuan waktu meningkat, jika luas permukaan perpindahan panas semakin besar dan jika tahanan terhadap panas semakin kecil. Perpindahan

panas adalah bentuk kalor yang dapat berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Sedangkan kalor ini merupakan suatu bentuk energi atau dapat juga didefinisikan sebagai jumlah panas yang ada dalam suatu benda. Didalam proses industri, banyaknya panas ( $Q$ ) dihantarkan dari suatu tempat ke tempat lain pada kondisi : (D.Q. Kern, 1955)

1. Perbedaan Suhu ( $\Delta t$ )
2. Jarak lintas aliran panas ( $x$ )
3. Luas penampang perpindahan panas ( $A$ )
4. Jenis benda penghantar panas ( $k$ ).

#### a. Perpindahan Kalor secara Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi Dan lainnya. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free / natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*).

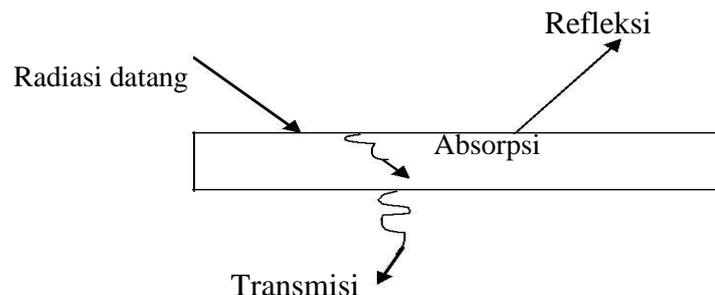


**Gambar 1. Perpindahan panas konveksi (J.P.Holman, hal:. 252)**

Proses pemanasan atau pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup seperti pada gambar merupakan contoh proses perpindahan panas.

### b. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses di mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan jika terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut.



**Gambar 2. Perpindahan Panas Radiasi**

Energi radiasi dikeluarkan oleh benda karena temperatur, yang dipindahkan melalui ruang antara, dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Bila energi radiasi menimpa suatu bahan, maka sebagian radiasi dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian diteruskan seperti gambar. Sedangkan besarnya energi :

$$Q_{\text{pancaran}} = \sigma AT^4 \dots\dots\dots (\text{J.P. Holman, hal: 343})$$

dimana :  $Q_{\text{pancaran}}$  = laju perpindahan panas ( W )

$\sigma$  = konstanta Stefan Boltzman ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ )

$A$  = luas permukaan benda ( $\text{m}^2$ )

$T$  = suhu absolut benda ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 2.5 Perhitungan Energi

Perhitungan neraca energi dilakukan menggunakan persamaan-persamaan termodinamika, perpindahan panas serta reaksi kimia yang berlangsung di dalam sistem. Perhitungan neraca energi merupakan tahapan awal yang harus dilakukan dan dapat dihitung dengan tahapan-tahapan dibawah ini.

### a. Neraca Energi

Perhitungan neraca energi dilakukan berdasarkan hukum pertama termodinamika, atau biasa disebut dengan hukum kekekalan energi. Bentuk umum dari hukum pertama termodinamika untuk aliran *steady* ditunjukkan pada persamaan berikut ini.

$$Q - W = \sum m_e \left( h_e + \frac{v^2}{2} + gz_e \right) - \sum m_i \left( h_i + \frac{v^2}{2} + gz_e \right) \dots \dots \dots (\text{Pers.1})$$

Dengan mengabaikan kerja listrik ( $W$ ), serta energi kinetik dan energi potensial material yang masuk dan keluar sistem, maka “Persamaan diatas” dapat ditulis menjadi Persamaan 2 dibawah ini.

$$Q = m \int_{T_{\text{ref}}}^T C_p (T) dT \dots \dots \dots (\text{Pers. 2}) \quad \text{Sumber : (Mc.Cabe.1985)}$$

Nilai panas spesifik ( $c_p$ ) untuk masing-masing komponen penyusun gas, untuk panas spesifik ( $c_p$ ) aliran material kayu atau Serbuk kayu. Perhitungan panas yang masuk dan keluar sistem dilakukan pada temperatur referensi  $0^\circ\text{C}$ .

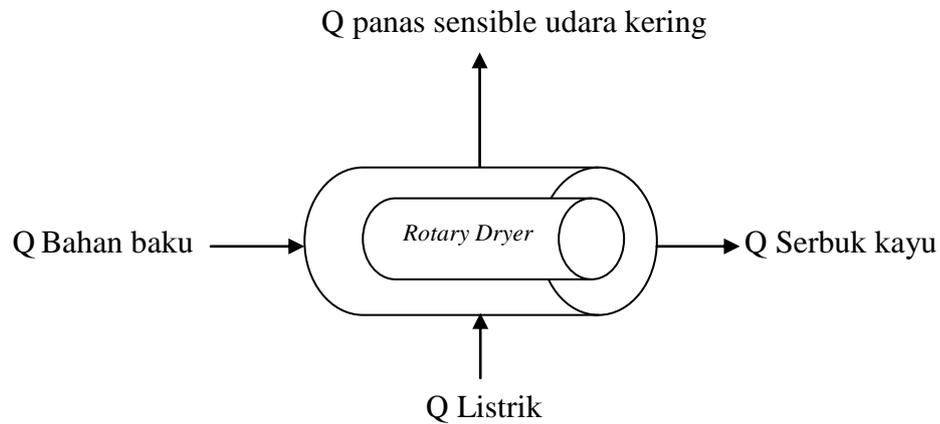
Panas yang masuk ke *rotary dryer* terbagi atas panas sensibel dan panas pengeringan dari serbuk kayu. Energi panas lainnya terbuang ke lingkungan melalui aliran material dan melalui perpindahan panas pada permukaan *dryer*. Adapun perpindahan panas pada permukaan berupa radiasi dan konveksi alami. Perpindahan panas radiasi pada permukaan *dryer* dihitung sebagai sebuah silinder menggunakan persamaan berikut.

$$Q_r = \sigma \epsilon A_{pk} (T_s^4 - T_{oo}^4) \text{ (kj/s)} \dots \dots \dots (\text{Pers.3}) \quad (\text{sumber: JP.Holman, 1988})$$

Dimana,

- $\sigma$  = Konstanta Stefan Boltzman =  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$
- $A_{pk}$  = Luas permukaan silinder, yang terdiri atas Tabung ( $\text{m}^2$ )
- $\epsilon$  = Emisivitas bahan :  $\epsilon = 0,09$  (oxidized sureface)
- $T_s$  = Temperatur permukaan , (K)
- $T_{oo}$  = Temperatur lingkungan, (K)

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



**Gambar 3. Skema Neraca Panas Pada Rotary Dryer**

#### b. Panas Masuk

Menghitung panas dari bahan bakar (energi listrik)

$$W = Q$$

Dimana,  $W = P \times t$

$$Q = m \times C_p \times \Delta T \dots \dots \dots (Mc.Cabe, 1985)$$

Keterangan :  $W$  = Energi Listrik (Joule)

$Q$  = Kalor (Joule)

$P$  = Daya listrik (Watt)

$t$  = Waktu yang diperlukan (detik)

$m$  = Massa (gr)

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

$\Delta T$  = Perubahan Panas

#### c. Panas Keluar

Menghitung Panas *Sensible* :

$$Q = m \times C_p \times dt \quad (\text{Kj}) \dots \dots \dots (Mc.Cabe, 1985)$$

Menghitung Panas Laten :

$$Q = m \times \lambda \dots \dots \dots (\text{sumber : Mc.Cabe, 1985})$$

Menghitung panas konveksi :

$$Q_C = h_{con} A_{pk} (T_s - T_{oo}) \dots \dots \dots (sumber: JP.Holman, 1988)$$

dimana :  $Q$  = Laju perpindahan panas secara konveksi

$A_{pk}$  = Luas Permukaan *dryer*, yang terdiri atas tabung silinder ( $m^2$ )

$h_{con}$  = koefisien perpindahan panas konveksi

$T_s$  = temperatur permukaan, (K)

$T_{oo}$  = temperatur lingkungan, (K)

Berikut ini adalah tabel yang menyajikan data berupa koefisien perpindahan panas secara konveksi.

Tabel 1. Perpindahan Panas Secara Konveksi

No.	Proses	H (Watt/m <sup>2</sup> K)
1.	Konveksi Alami	
	- Cairan	2 – 25
	- Gas	50 – 1000
2.	Koveksi Paksa	
	- Gas	25 – 250
	- Cairan	100 – 20.000
3.	Konveksi dengan perubahan fasa (mendidih dan mengembun)	2500 – 100.000

Sumber : Suryanto, Ari, dkk. 2012.

Untuk perpindahan panas radiasi pada permukaan *dryer* dihitung dengan memodelkan sebagai sebuah silinder menggunakan persamaan berikut.

$$Q_r = \sigma \epsilon A_{pk} (T_s^4 - T_{oo}^4) \text{ (kJ/s)} \dots \dots \dots (sumber: JP.Holman, 1988)$$

Dimana,

$\sigma$  = Konstanta Stefan Boltzman =  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

$A_{pk}$  = Luas Permukaan *dryer*, yang terdiri atas tabung silinder ( $m^2$ )

$\epsilon$  = emisivitas bahan ;  $\epsilon = 0.09$

$T_s$  = temperatur permukaan, (K)

$T_{oo}$  = temperatur lingkungan, (K)

Menghitung panas yang dimanfaatkan untuk proses pengeringan

$Q = \text{Total Input} - \text{Total Output}$

Menghitung efisiensi termal dari *rotary dryer* :

$$\eta = \frac{\text{Panas yang dimanfaatkan untuk proses pengeringan}}{\text{Panas input}} \times 100 \% \dots\dots\dots (\text{Mc.Cabe, 1985})$$

## 2.6 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 Limbah Biomassa**



Ubi kayu



Sago

**Gambar Bahan baku Bioetanol**



Kelana Sawit



Arak

**Gambar 4. Potensi Sumber Daya Energi Biomassa**

## 2.7 Kayu

Penggunaan kayu sebagai bahan bakar memberikan keuntungan yang lebih, bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Keuntungan-keuntungan tersebut antara lain (Anonimous, 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. CO<sub>2</sub> yang disisakan dari proses pembakaran 90% lebih sedikit daripada pembakaran dengan *fosilfuel* 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.

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 m<sup>3</sup>, sedangkan kayu gergajian mencapai 2,6 juta m<sup>3</sup> per tahun. Dengan asumsi bahwa jumlah limbah kayu yang dihasilkan mencapai 61%, maka diperkirakan limbah kayu yang dihasilkan mencapai lebih dari 4 juta m<sup>3</sup> (BPS. 2000). Apabila hanya limbah industri penggergajian yang dihitung maka dihasilkan limbah sebanyak 1,4 juta m<sup>3</sup> per tahun. Adapun keuntungan kayu yang dikeringkan yaitu Kayu yang sudah dikeringkan mempunyai sifat lebih baik untuk perekatan dan penggunaan akhir (Rietz & Page, 1971; Prayitno, 1994) dan perubahan kadar air seimbang yang kecil akan meminimumkan penyusutan dan pengembangan kayu dalam pemakaiannya sebagai produk akhir sehingga mencegah retak dan pecah yang mungkin terjadi (Rietz & Page, 1971; Prayitno, 1994; Marsoem, 1999)

## 2.8 Jenis 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.

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*.

Tabel 2. Identifikasi Kayu Merawan

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> .
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

## 2.9 Pemanfaatan 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  |

### a. 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 pelletisasi 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.

#### **b. Pelet Kayu**

Salah satu proses pengolahan biomassa seperti limbah kayu ialah dengan cara pemeletan, yaitu proses untuk menekan bahan menjadi bentuk pelet. Bahan bakar padat ini sering disebut dengan pelet kayu atau biopelet, yang merupakan bahan bakar biomassa berbentuk pelet dan memiliki keseragaman ukuran, bentuk, kelembapan, densitas serta kandungan energi (Abelloncleanenergy 2009). Pada proses pembuatan biopelet, biomassa diumpankan ke dalam *pellet mill* yang memiliki *dies* dengan ukuran diameter 6-8 mm dan panjang 10-12 mm (Mani *et al.* 2006). Fantozzi dan Buratti (2009) menyatakan bahwa terdapat 6 tahapan proses pembuatan biopelet, yaitu: perlakuan pendahuluan bahan baku (*pre-treatment*), pengeringan (*drying*), pengecilan ukuran (*size reduction*), pencetakan biopelet (*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/m<sup>3</sup> (Lehtikangas 2001 dan Mani *et al.* 2004).

Penggunaan biopelet telah dikenal luas oleh masyarakat di negara-negara Eropa dan Amerika. Pada umumnya biopelet 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.

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. Menunjukkan pelet ukuran besar (briket kayu dan briket jerami padi). Diameter briket adalah 50-80 mm dan panjangnya 300 mm.
- c. Juga menunjukkan sama seperti keterangan pelet “b”.
- d. Menunjukkan CCB yang merupakan sejenis bahan bakar komposit campuran biomassa dan batubara yang disebut dengan biobriket.



**Gambar 5. Jenis-jenis Pelet**

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.

## 2.10 Mutu Bahan Bakar Berbasis Briket Standar SNI No. 1/6235/2000

Tabel 3. Standar Kualitas Briket sesuai SNI

Parameter	Satuan	Standar
Kadar Air	%	$\leq 8$
Kadar Abu	%	$\leq 8$
Kadar Karbon	%	$\geq 77$
Kadar Zat terbang	%	$\leq 15$
Nilai Kalor	Kal/gr	$\geq 5000$

Sumber : Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (1994) dalam Santosa.

Tabel 4. Standar Kualitas Briket Yang Berbeda-Beda di berbagai Negara

<b>Parameter</b>	<b>Permen ESDM N0.47</b>	<b>Jepang</b>	<b>Inggris</b>	<b>USA</b>
Kadar Air	$\leq 15$	6-8	3-4	6
Kadar Abu	$\geq 10$	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

## 2.11 Pencampuran

Sifat alamiah biomassa cenderung saling memisah, sehingga diperlukan bantuan bahan perekat atau lem agar partikel-partikel biomassa dapat disatukan dan dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Namun permasalahannya terletak pada jenis bahan perekat yang akan dipilih. Penentuan bahan perekat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas briket ketika dibakar atau dinyalakan.

Faktor harga dan ketersediaannya di pasaran harus dipertimbangkan secara seksama karena setiap bahan perekat memiliki daya lekat yang berbeda-beda karakteristiknya. Untuk menghasilkan biopelet dengan kualitas yang baik, hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan suatu bahan perekat adalah sebagai berikut :

1. Memiliki gaya kohesi yang baik bila dicampur dengan bahan biomassa.
2. Mudah terbakar dan tidak berasap.
3. Mudah didapat dan harganya terjangkau.
4. Tidak mengeluarkan bau, tidak beracun, dan tidak berbahaya.

Salah satu jenis perekat yang digunakan yaitu perekat organik. Perekat jenis ini, menghasilkan abu yang relatif sedikit setelah pembakaran briket dan umumnya merupakan bahan perekat yang efektif.

Bahan-bahan yang biasanya digunakan sebagai bahan baku perekat organik ini adalah :

a. Lempung (clay)

Clay atau yang sering disebut lempung atau tanah liat umumnya banyak digunakan sebagai bahan perekat briket. Jenis-jenis lempung yang dipakai untuk pembuatan briket terdiri dari jenis lempung dengan warna kemerah-merahan, kekuning-kuningan, dan abu-abu. Perekat jenis ini menyebabkan briket membutuhkan waktu yang lama untuk proses pengeringannya dan briket menjadi agak sulit menyala ketika dibakar.

b. Tapioka.

Jenis tapioka beragam kualitasnya tergantung dari proses pembuatannya terutama pencampuran airnya dan pada saat dimasak sampai mendidih. Tapioka juga banyak digunakan sebagai bahan pengental, bahan pengisi, dan bahan pengikat dalam industri makanan seperti dalam pembuatan puding, sop, pengolahan sosis daging, dan lain-lain.

c. Getah karet.

Daya lekat getah karet lebih kuat dibandingkan dengan tanah liat dan tapioka. Namun, ongkos produksinya lebih mahal dan agak sulit mendapatkannya. Briket dengan perekat jenis ini akan menghasilkan asap yang tebal berwarna hitam dan beraroma kurang sedap bila dibakar.

d. Getah pinus.

Keunggulan perekat ini terletak pada daya benturannya yang kuat, meskipun dijatuhkan dari tempat yang tinggi briketakan tetap utuh serta mudah menyala jika dibakar. Namun, asap yang keluar cukup banyak dan menyebabkan bau yang cukup menusuk hidung.

Untuk mendapatkan karbon yang memiliki sifat yang unggul dari segi mutu dan lebih ekonomis dari segi biaya produksinya, tidak jarang dalam proses pembuatannya dikombinasikan 2 jenis bahan perekat sekaligus. Di sisi lain, penggabungan macam-macam perekat ini bertujuan untuk meningkatkan katahanan briket dari faktor-faktor yang kurang menguntungkan seperti

temperatur ekstrim, kelembaban tinggi, dan kerusakan selama pengangkutan. Sebatas untuk keperluan sendiri, pencampuran adonan bahan biomassa dengan perekat cukup dengan kedua tangan disertai alat pengaduk kayu atau logam. Namun, jika jumlah briket yang akan diproduksi cukup besar, kehadiran mesin pengaduk adonan sangat dibutuhkan untuk mempermudah pencampuran dan meringankan kerja.

### **2.12 Keunggulan Biopellet**

Biopellet memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung pada bahan pembuatannya, kebanyakan pembuatan biopellet untuk bahan bakar menggunakan zat organik atau biomassa seperti bungkil jarak, sekam, dan serbuk kayu. Keunggulan utama pemakaian bahan bakar pellet biomassa adalah penggunaan kembali bahan limbah seperti serbuk kayu yang biasanya dibuang begitu saja. Serbuk kayu yang terbuang begitu saja dapat teroksidasi dibawah kondisi yang tak terkendali akan membentuk gas metana atau gas rumah kaca (Cook,2007).

Menurut PFI (2007), pellet memiliki konsistensi dan efisiensi bakar yang dapat menghasilkan emisi yang lebih rendah dari kayu. Bahan bakar pellet menghasilkan emisi bahan partikulat yang paling rendah dibandingkan jenis lainnya. Arsenik, karbon monoksida, sulfur, dan gas karbon dioksida merupakan sedikit polutan air dan udara yang dihasilkan oleh penggunaan minyak sebagai bahan bakar. Sistem pemanasan dengan pellet menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang rendah, karena jumlah CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan selama pembakaran setara dengan CO<sub>2</sub> yang diserap tanaman ketika tumbuh, sehingga tidak membahayakan lingkungan. Dengan efisiensi bakar yang tinggi, jenis emisi lain seperti NO<sub>x</sub> dan bahan organik yang mudah menguap juga dapat diturunkan.

Adapun keunggulan biopellet dibandingkan dengan bahan bakar lainnya adalah sebagai berikut :

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