

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.1 *Pulp***

*Pulp* merupakan hasil proses peleburan kayu atau bahan berserat lainnya secara mekanis, kimia, maupun semikimia sebagai dasar pembuatan kertas dan turunan selulosa lainnya seperti sutera rayon dan selofan. *Pulp* terdiri dari serat-serat (selulosa dan hemiselulosa) sebagai bahan baku kertas (Surest & Satriawan, 2010). Secara umum prinsip *pulping* adalah proses pemisahan selulosa dan kotoran dari bahan yang mengandung senyawa (termasuk lignin) pada kayu.

*Pulp* sendiri dapat dibuat dari senyawa turunan selulosa, dan dapat dibuat dari berbagai jenis kayu, bambu dan rumput melalui berbagai proses manufaktur mekanik, semi kimia dan kimia. *Pulp* terdiri dari serat (selulosa dan hemiselulosa) yang merupakan bahan baku kertas. Jika mengandung sedikit lignin, *pulp* akan memiliki sifat fisik atau kekuatan yang baik. Hal ini dikarenakan lignin bersifat kedap air dan keras, sehingga sulit untuk digiling. Kandungan lignin bahan baku kayu adalah 20-35%, sedangkan kandungan lignin non kayu lebih rendah (Surest & Satriawan, 2010).

Menurut Tutuk dan Susilowati (2010), Tujuan utama pembuatan *pulp* adalah untuk menghilangkan serat dengan cara kimia, mekanis atau kombinasi dari cara kimia dan mekanis. *Pulp* yang dihasilkan oleh setiap proses manufaktur memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga jenis proses *pulping* tergantung pada spesifikasi serat bahan baku dan produk yang diinginkan. Sifat kertas biasanya dibagi menjadi sifat fisik, sifat optik, sifat kimia, sifat elektrik dan sifat mikroskopis. Sifat fisik meliputi uji tarik, sobek, retak, lipatan, kehalusan, kekasaran, kekuatan, berat dan ketebalan. Sifat optik meliputi uji *opacity*, *whiteness*, *gloss* dan *color*. Karakteristik elektrik meliputi karakteristik konduksi dan karakteristik induksi. Sifat kimia menentukan kandungan selulosa, pentosan, abu, filler, viskositas, tembaga, pH dan kadar air. Sedangkan mikroskopis meliputi penentuan jenis serat yang digunakan,

analisis kualitatif bahan pengisi, dan uji pewarnaan, bahan baku dalam pembuatan *pulp* harus mempunyai karakteristik :

- Berserat
- Kadar Alpa Selulosa lebih dari 40%
- Kadar Lignin kurang dari 25%
- Kadar air maks 10%
- Kadar abu yang rendah

Sedangkan untuk Karakteristik Komposisi *pulp* yang dihasilkan dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dibawah ini.

**Tabel 2.1** Karakteristik Komposisi *Pulp*

Komposisi	Kandungan (%)
Selulosa	40
Lignin	16
Kadar Abu	3
Kadar Air	12

*Sumber : Balai Besar Pulp, 1989 (SNI 6106:2016.)*

## 2.2 Bahan Baku Pembuatan *Pulp*

### 2.2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis Guinaansis, Jacq*)

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padatan yang dihasilkan dari proses pembuatan minyak kelapa sawit pada pabrik kelapa sawit. TKKS banyak mengandung serat yang dimana dari berbagai jenis komponen sisa pengolahan pabrik kelapa sawit TKKS merupakan komponen paling banyak dihasilkan jika dibandingkan dengan sisa olahan yang lain. Limbah kelapa sawit tersebut banyak mengandung selulosa dan semiselulosa. (Rahmalia dkk., 2015). Komposisi kimia TKKS menurut Azizah dkk., (2014) antara lain :

**Tabel 2.2** Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komposisi	Kadar
Selulosa	45,95 %
Hemiselulosa	22,84 %
Lignin	16,49 %
Kadar abu	1,23 %
Kadar Air	3,74 %



**Gambar 2.1** Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pengolahan TKKS belum dimanfaatkan secara optimal oleh sebagian besar pabrik kelapa sawit di Indonesia karena sebagian besar pabrik masih membakar TKKS di insinerator. Alternatif pengolahan lainnya adalah open dumping, mulsa atau pengomposan. Namun karena keterbatasan waktu seperti pengomposan yaitu 6-12 bulan, maka cara ini kurang diminati oleh tanaman kelapa sawit. Oleh karena itu, limbah TKKS masih ditemukan dalam tumpukan besar setiap hari, yang berdampak negatif terhadap lingkungan.

#### 2.2.2 Pelepah Pisang (*Musa Paradisiace Linn*)

Pisang merupakan tanaman yang tidak mempunyai batang sejati, batang yang terbentuk dari perkembangan dan pertumbuhan pelepah yang mengelilingi poros lunak. Pelepah pisang mempunyai kandungan selulosa yang tinggi akan tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Perbandingan bobot segar antara daun, batang, dan buah pisang berturut-turut yaitu 14, 63, 23 %. Bobot jenis batang pisang sebesar 0,29 g/cm<sup>3</sup> dengan ukuran panjang serat 4,20-4,56 mm dan kandungan lignin 33,51 % (Supraptiningsih, 2012).

Menurut Aziz dkk., (2014), Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat Indonesia saat ini adalah permasalahan sampah khususnya sampah batang pisang. Pada tahun 2012, produksi pisang di Kalimantan

Selatan adalah 87.362 ton, dan luas panen 1.877 hektar. Hal ini mengakibatkan tumpukan besar limbah pelepah pisang. Menurut peneliti sebelumnya Prabawati & Wijaya (2008), kandungan selulosa pada pelepah pisang cukup besar, sehingga dapat digunakan sebagai komponen utama campuran pulp.



**Gambar 2.2** Pelepah Pisang

Menurut Noprianti & Astuti (2013) pelepah pisang memiliki jaringan dengan pori-pori yang saling berhubungan, serta jika dikeringkan akan menjadi padat dan menjadi suatu bahan yang memiliki daya serap yang baik dan cukup tinggi. Sifat mekanik dari serat pelepah pisang mempunyai kandungan sebagai berikut:

Densitas	: 1,35 gr/cm <sup>3</sup>	Hemiselulosa	: 20 %
Selulosa	: 63 -64 %	Lignin	: 5 %
Kekuatan Tarik rata-rata	: 600 Mpa	Pertambahan panjang	: 3,36%
Modulus Tarik rata-rata	: 17,85 Gpa	Diameter serat	: 5,8 μm
Pertambahan panjang	: 3,36 %		
Panjang serat	: 30,9240 cm		

## **2.3 Pengeringan**

### **2.3.1 Prinsip Pengeringan**

Pengeringan adalah proses mengurangi kadar air bahan hingga mencapai kadar air tertentu. Dasar dari proses pengeringan adalah penguapan

air bahan ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dan bahan yang dikeringkan. Untuk mengeringkan bahan, kadar air atau kelembaban di udara harus lebih rendah dari bahan yang akan dikeringkan (Treyball, 1981).

Pengeringan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dengan mengurangi kadar air untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme pembusuk. Pengeringan berarti memanaskan aplikasi melalui kondisi teratur sehingga sebagian besar uap air dalam bahan dihilangkan dengan penguapan. Ada unit operasi yang berbeda untuk menghilangkan kelembaban dari bahan melalui pengeringan dan dehidrasi. Dehidrasi mengurangi aktivitas kandungan air dalam bahan dengan menghilangkan atau mengeluarkan lebih banyak air, sehingga membuat umur simpan bahan makanan lebih panjang atau lebih lama (Muarif, 2013).

### 2.3.2 Mekanisme Pengeringan

Udara yang terkandung dalam proses pengeringan berfungsi memberikan panas pada bahan sehingga menyebabkan uap air menguap. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan kering. Ketika kecepatan angin meningkat, kecepatan pengeringan akan meningkat. Ketika kadar air akhir mulai mencapai kesetimbangan, waktu pengeringan juga akan meningkat, atau dengan kata lain lebih cepat (Muarif, 2013).

Ada dua macam faktor yang mempengaruhi pengeringan yaitu faktor yang berhubungan dengan udara kering dan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang akan dikeringkan. Jenis faktor pertama meliputi suhu, kecepatan volume, aliran udara kering, dan kelembaban. Faktor-faktor yang termasuk dalam kategori kedua adalah ukuran material, kadar air awal dan tekanan parsial material. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan suatu bahan adalah (Buckle dkk., 1987):

1. Sifat fisik dan kimia suatu bahan
2. Pengaturan susunan bahan.
3. Karakteristik fisik lingkungan sekitar pengering.
4. Proses transfer dari media pemanas ke bahan yang akan dikeringkan

Sedangkan Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengeringan adalah:

1. Luas permukaan

Umumnya, bahan yang hendak dikeringkan mengalami pengecilan dimensi, baik dengan cara diiris, dipotong, ataupun digiling.

2. Perbandingan temperatur sekitar

Umumnya, Semakin besar perbandingan temperatur antara medium pemanas dengan bahan, semakin cepat pindah panas ke bahan pangan serta semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Semakin besar temperatur udara, semakin banyak uap air yang bisa ditampung oleh udara tersebut .

3. Kecepatan aliran udara

Udara yang bergerak ataupun bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibanding udara diam. Pada proses pergerakan udara, uap air dari bahan akan diambil serta terjadi mobilitas yang menimbulkan udara tidak sempat menggapai titik jenuh. Semakin cepat pergerakan ataupun perputaran udara, proses pengeringan akan semakin cepat. Prinsip ini yang menimbulkan sebagian proses pengeringan memanfaatkan perputaran udara.

4. Kelembaban Udara

Kelembaban udara menentukan kandungan air akhir bahan pangan sehabis dikeringkan. Bahan pangan yang sudah dikeringkan bisa menyerap air dari udara di sekitarnya. Bila udara disekitar bahan pengering tersebut memiliki uap air tinggi ataupun lembab, maka kecepatan penyerapan uap air oleh bahan pangan tersebut akan semakin cepat. Proses penyerapan akan terhenti hingga kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan tersebut tercapai. Kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan merupakan kelembaban pada temperatur tertentu dimana tidak berlangsung penguapan air dari bahan pangan ke udara serta tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke

udara serta tidak berlangsung penyerapan uap air dari udara oleh bahan.

#### 5. Lama Pengeringan

Lama pengeringan memastikan lama kontak bahan dengan panas. Sebab sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas hingga waktu pengeringan yang digunakan mesti maksimum, yakni kandungan air bahan akhir yang diinginkan sudah tercapai dengan lama pengeringan yang pendek. Pengeringan dengan temperatur yang besar serta waktu yang pendek bisa lebih menekan kerusakan bahan pangan dibanding dengan waktu pengeringan yang lebih lama serta temperatur lebih rendah.

## 2.4 Macam-macam Alat pengering

Menurut bahan yang akan dipisahkan, alat pengering terdiri dari:

### 2.4.1. Pengering untuk zat padat dan tapal

#### 1. *Rotary Dryer* (Pengering Putar)

Pengering putar terdiri dari selongsong silinder, yang dapat diputar secara horizontal atau dimiringkan ke bawah. Bahan umpan masuk dari salah satu ujung silinder, dan bahan kering keluar dari ujung lainnya.

#### 2. *Tower Dryer* (Pengering Menara)

Pengering menara terdiri dari serangkaian nampan melingkar, yang dipasang ke atas pada poros pusat yang berputar. Padatan melewati jalur seperti pengering sampai beberapa produk kering meninggalkan bagian bawah menara.

#### 3. *Screw Conveyor Dryer* (Pengering Konveyor Sekrup)

Konveyor sekrup adalah pengering kontinu pemanas tidak langsung, yang terdiri dari konveyor sekrup horizontal (konveyor dayung) yang terletak di selongsong silinder. Lapisan bahan yang akan dikeringkan secara perlahan diangkut pada logam melalui ruang pengering atau terowongan dengan kipas angin dan pemanas udara.

#### 2.4.1 Pengeringan Larutan dan Bubur

1. *Spay Dyer* (Pengering Semprot)

Pada spray dryer, slurry diangkut melalui pipa yang berputar dan disemprotkan ke dalam jalur yang berudara bersih, kering, dan panas pada area yang luas, kemudian produk yang telah dikeringkan dikumpulkan dalam kotak filter dan siap untuk dikemas.

2. *Thin Film Dryer* (Pengering Film Tipis)

Spay Dyer dalam aplikasi tertentu adalah pengering film tipis, yang dapat memproses padatan dan slurry serta menghasilkan padatan yang kering dan mengalir bebas. Efisiensi termal pengering film biasanya sangat tinggi, sedangkan padatan yang hilang sangat kecil. Alat ini relatif lebih mahal dan memiliki luas permukaan yang terbatas untuk perpindahan panas.

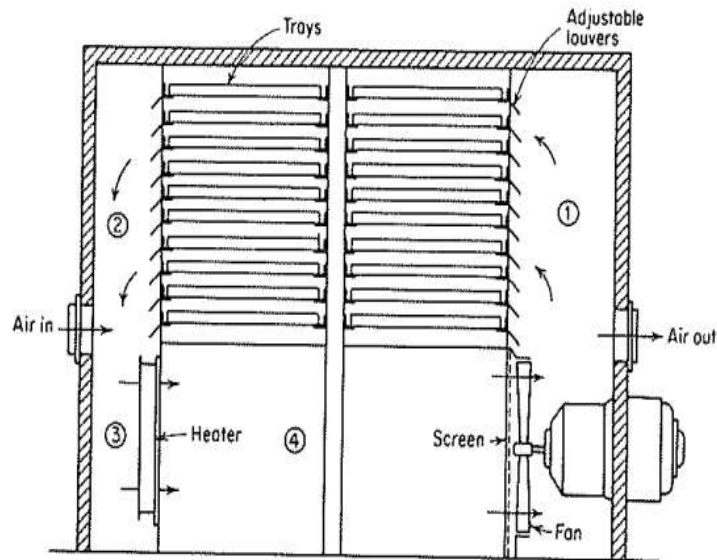
#### 2.5 Alat Pengering Tipe Rak (*Tray Dryer*)

Tray dryer atau pengering rak merupakan pengering berbentuk persegi dengan rak di dalamnya, yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Biasanya, rak tidak bisa dilepas. Beberapa pengering jenis ini raknya memiliki roda yang memungkinkannya dikeluarkan dari pengering. Bahan tersebut diletakkan di atas rak yang terbuat dari 8 logam berlubang. Tujuan dibuatnya lubang-lubang ini adalah untuk mengedarkan udara panas.

Ukuran yang digunakan bermacam-macam, ada yang 200 cm<sup>2</sup>, ada yang 400 cm<sup>2</sup>. Luas rak dan ukuran lubang rak tergantung pada bahan yang akan dikeringkan. Jika bahan yang akan dikeringkan berupa partikel halus, maka ukuran lubangnya berukuran kecil. Pada pengering ini, bahan tidak hanya bisa diletakkan langsung di rak, tapi juga bisa ditempatkan di wadah lain, seperti baki dan nampan. Kemudian baki dan nampan akan disusun di atas rak pengering. Selain sebagai media pemanas udara, fan biasanya digunakan untuk mengatur sirkulasi udara di pengering. Udara yang melewati fan masuk ke alat pemanas, pada alat ini udara dipanaskan terlebih dahulu



kemudian dialirkan di antara rak yang sudah terisi bahan. Arah aliran udara panas di pengering bisa dari atas ke bawah atau dari bawah ke atas, tergantung dari ukuran bahan yang akan dikeringkan. Untuk menentukan arah aliran udara panas ini, posisi kipas juga harus diatur (Taib dkk., 1988).



(Yuliasdini, 2015)

**Gambar 2.3** Tray Dryer

## 2.6 Laju Pengeringan

Menurut Perry (2008), proses pengeringan memiliki dua tahapan utama Artinya, periode laju pengeringan tetap dan laju pengeringan menurun. Pada laju pengeringan konstan, bahan tersebut mengandung air yang cukup banyak, tempat di mana penguapan terjadi pada permukaan bahan lajunya disama dengan laju penguapan permukaan air bebas. kecepatan Pada saat yang sama, penguapan sangat bergantung pada lingkungan sekitar material Pengaruh materialnya sendiri relatif kecil.

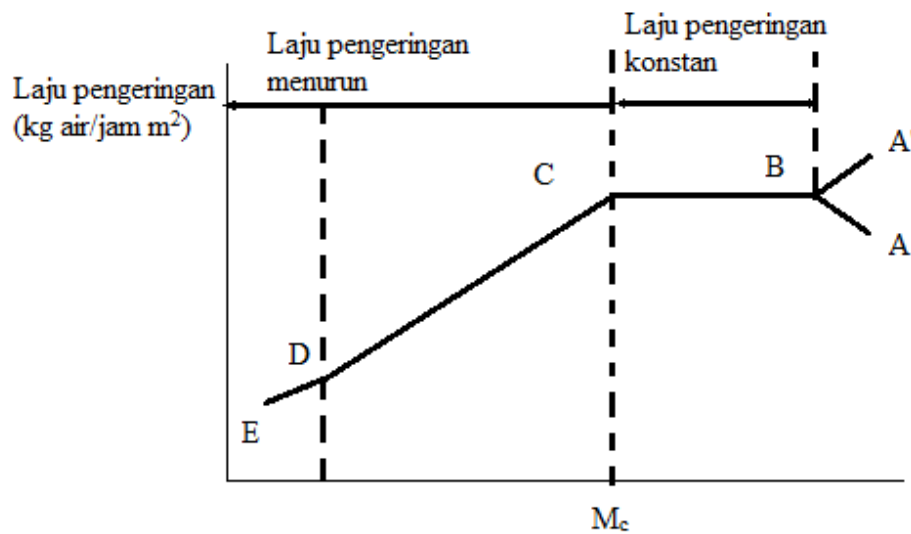
Dalam periode laju pengeringan menurun permukaan partikel material Pengeringan yang tidak lagi tertutup air selama laju pengeringan menurun, panas yang diperoleh material digunakan untuk menguapkan sisa air bebas yang sedikit jumlahnya. Periode penurunan laju pengeringan meliputi dua proses, yaitu: perpindahan dari dalam ke permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan bahan ke udara sekitarnya

Laju pengeringan dalam proses pengeringan suatu bahan

menggambarkan bagaimana kecepatan pengeringan berlangsung. Laju pengeringan dinyatakan dengan berat air yang diuapkan per satuan berat kering per jam (Susanto dkk., 2011).

Mekanisme pengeringan kerap dijabarkan lewat teori tekanan uap. Air yang dapat diuapkan dari bahan yang hendak dikeringkan terdiri dari air bebas serta air terikat. Air bebas terletak di permukaan dan mula-mula kali mengalami penguapan. Laju penguapan air bebas sebanding dengan selisih tekanan uap pada permukaan air terhadap uap air pengering. Sesudah air permukaan habis, maka berikutnya difusi air dan uap air dari bagian dalam bahan terjadi karna perbandingan konsentrasi ataupun tekanan uap antara bagian dalam dan bagian luar bahan. Laju pengeringan pada periode ini sebanding dengan perbandingan tekanan uap antar bagian dalam serta luar bahan. Pada laju pengeringan konstan, perbandingan tekanan uapnya juga konstan, namun dengan terdapatnya penguapan sehingga tekanan uap didalam bahan semakin rendah. Oleh sebab itu, laju pengeringannya semakin menurun (Susanto dkk., 2011).

Gambar 2.9. merupakan kurva laju pengeringan dimana Periode antara A( atau A') serta B biasanya singkat dan kerap diabaikan dalam analisa waktu pengeringan. Periode B- C disebut pula laju pengeringan konstan yang mewakili proses pengeluaran air tidak terikat dari produk ialah air yang ada dalam permukaan produk. Laju pengeringan konstan ini berlangsung pada awal proses pengeringan yang berikutnya disertai oleh pengeringan menurun( titik C), kedua periode laju pengering ini dibatasi oleh kadar air kritis.



(Susanto dkk., 2011)

**Gambar 2.4** Kurva Laju Pengeringan

*Moisture Content* ( $X$ ) menunjukkan kandungan air yang terdapat dalam material untuk tiap satuan massa padatan. *Moisture content* ( $X$ ) dibagi dalam 2 macam yaitu basis kering ( $X$ ) dan basis basah ( $X'$ ). *Moisture content* basis kering ( $X$ ) menunjukkan rasio antara kandungan air (kg) dalam material terhadap berat material kering (kg). Sedangkan *moisture content* basis basah ( $X'$ ) menunjukkan rasio antara kandungan air (kg) dalam material terhadap berat material basah (kg). Persamaan untuk menghitung *moisture content* basis kering adalah:

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \dots \dots \dots \text{(Pers.2.1.)}$$

(Treybal, 1981)

Dimana,

$X_t$  = *moisture content* basis kering

$W$  = berat bahan basah (kg)

$W_s$  = berat bahan kering (kg)

*Drying rate* ( $R$ ,  $\text{kg/m}^2\text{s}$ ) menunjukkan laju penguapan air untuk tiap satuan luas dari permukaan yang kontak antara material dengan fluida panas.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung laju pengeringan adalah :

$$R = -\frac{W_s \cdot dX_t}{A \cdot dt} \dots \dots \dots \text{(Pers.2.2.)}$$

(Treybal, 1981)

Dimana,

R = laju pengeringan (kg H<sub>2</sub>O yang diuapkan/jam.m<sup>2</sup>)

W<sub>s</sub> = berat bahan kering (kg)

A = luas permukaan bahan (m<sup>2</sup>)

X<sub>t</sub> = *moisture content* basis kering (kg H<sub>2</sub>O/kg bahan kering)

T = waktu (jam)