

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. *Digester***

*Digester* merupakan suatu alat yang berperan penting pada proses pembuatan *pulp*. Alat ini sebagai tempat atau wadah dalam proses delignifikasi bahan baku industri *pulp* sehingga mendapatkan produk berupa *pulp*. Proses delignifikasi ini membutuhkan mekanisme kerja seperti cairan asam basa dan pemanasan serta bahan penolong lainnya. Komponen-komponen ini mempunyai karakteristik dan sifat fisika kimia yang berbeda-beda. Karakteristik menjadikan perlunya analisa keadaan dan pemilihan bahan pada tahap perancangan. (Palasari, 2014). Menurut Shreve (1956), berdasarkan prosesnya *digester* dibedakan menjadi *digester* batch dan *digester* kontinyu.

#### 1. *Digester* batch

- Bentuk bola

*Digester* bola ini biasanya untuk pabrik-pabrik tahunan yang bahan bakunya tergantung musim panen. Ada dua tipe untuk jenis yaitu bol dengan pemanasan tak langsung (stephenson) dan *digester* bola dengan pemanasan langsung (kraft).

- Bentuk silinder tegak

*Digester* dengan bentuk silinder. Bagian atasnya setengah lingkaran dengan flanged terbuka sebagai lubang pengisian chip. Ada dua tipe yaitu *digester* pemanasan tak langsung (ekstrom) dan *digester* pemanasan langsung (foxboro).

- Bentuk cone

*Digester* ini mempunyai sudut dinding reaktor dengan garis normal horizontal  $70^\circ$ . *Digester* jenis ini sudah memiliki sirkulasi cairan pemasak untuk menjaga suhu operasinya. Tipe ini hanya ada satu dengan pemasak tak langsung yaitu tipe smock. (Palasari, 2014).

#### 2. *Digester* kontinyu

- Silinder horizontal

*Digester* jenis ini menggunakan screw untuk mengangkat bahan baku agar retention time menjadi lebih lama. Namun mengakibatkan kebutuhan tenaga

menjadi lebih besar karena beban screw. Biasanya berupa rangkaian dua atau lebih reactor disusun bertingkat. Hanya ada satu tipe yaitu black claw panda *digester*.

- Silinder tegak

Jenis ini paling umum digunakan karena aliran proses menggunakan gaya gravitasi sehingga mengurangi beban tenaga. Untuk jenis ini memiliki berbagai macam tipe aplikasinya.

- Silinder tangensial

*Digester* ini terdiri dari sebuah reactor dengan bagian dasar berbentuk kubah (dome-shapped) yang dipasang dengan sudut 45°. Dilengkapi dengan chain conveyor sebagai alat pengatur aliran proses. Nama komersial jenis ini adalah Bover MED *digester*.

Digester yang digunakan pada perancangan kali ini adalah digester berpengaduk tipe batch seperti pada Gambar 2.1 berikut ini :



(Dokumen Pribadi,2021)

**Gambar 2.1** Digester

## 2.2. Heater

*Heater* adalah peralatan proses yang berguna untuk menaikkan temperature suatu material. Energi panas yang dipakai berasal dari hasil pembakaran sehingga disebut juga *fire heater*. Secara garis besar, peralatan ini terbuat dari logam (metal housing) yang dilapisi refractory pada bagian dalamnya sebagai lapisan panas sehingga panas tidak terbuang keluar. Material yang diapanaskan bisa berbentuk

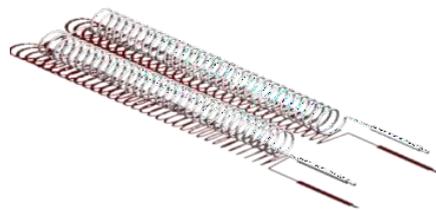
padat, cair atau gas. Berdasarkan fungsinya, *heater* dikelompokkan menjadi (Palasari,2014).

1. *Heater* untuk memanaskan atau menguapkan bahan (misalnya *heater* untuk *distillation charge* atau *reboiler*).
2. *Heater* untuk memberikan panas reaksi pada *feed reactor*.
3. *Heater* untuk memanaskan material yang akan diubah bentuk fisiknya.

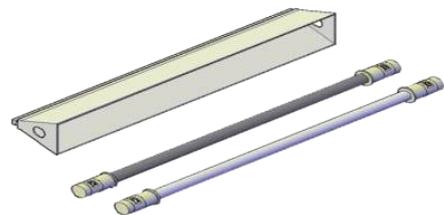
*Heater* mempunyai banyak jenisnya yaitu *heater* untuk gas, *heater* untuk bahan bakar minyak dan *heater* untuk listrik. *Heater* untuk listrik lebih sering di temui di dalam rumah tangga maupun di industri, karena penggunaan yang lebih ramah lingkungan. Pada *heater* ini dilengkapi dengan *Elektrikal Heating Element* (Elemen Pemanas listrik) yang berfungsi sebagai elemen pemanas. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini, bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh *isolator* yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman digunakan. (Palasari,2014).

Ada 2 macam jenis utama pada elemen pemanas listrik ini, yaitu :

1. Elemen pemanas listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas, dimana *resistance wire* hanya dilapisi oleh *isolator* untuk listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah : *ceramic heater*, *silica* dan *quartz heater*, *bank channel heater*, dan *black body ceramic heater* yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



*Coil heater*

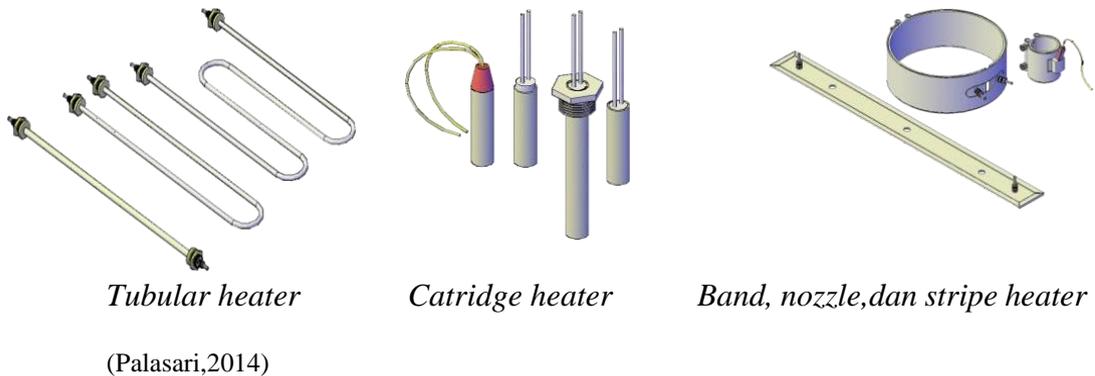


*Silica dan ceramic heater*

(Palasari,2014).

**Gambar 2.2.** Elemen Pemanas Listrik Bentuk Dasar

2. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah *mild stell*, *stainless stell*, tembaga dan kuningan. *Heater* yang termasuk kedalam jenis ini adalah *tubular heater*, *catridge heater*, *Band*, *nozzle*, dan *stripe heater* yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Elemen Pemanas Listrik Bentuk Lanjut

### 2.3. Pengaduk (Impeler)

Impeler akan membangkitkan pola aliran di dalam sistem, yang menyebabkan zat cair bersirkulasi di dalam bejana untuk akhirnya kembali ke impeler. Ada dua macam impeler berpengaduk yaitu :

1. Impeler yang membangkitkan arus sejajar dengan sumbu poros impeler yang disebut impeler aliran aksial (*axial flow impeller*)
2. Impeler yang membangkitkan arus pada arah tangensial atau radial yang disebut aliran radial (*radial flow impeller*)

Jenis alat pengaduk : Bentuk, ukuran, perbandingan diameter daun pengaduk terhadap diameter bejana pengaduk, frekuensi putaran, posisi dalam bejana pengaduk.

1. Jenis bejana pengaduk : Bentuk, ukuran, perlengkapan di dalamnya, derajat keisian (*degree of fullness*).
2. Jenis dan jumlah bahan : Viskositas, jenis campuran (larutan sejati, suspensi kasar, suspensi halus, dan sebagainya), kerapatan, perbedaan kerapatan dalam campuran, besar dan bentuk partikel padat yang diaduk.

Dari segi bentuknya ada tiga jenis impeler yaitu pengadukan paddle,

propeler, dan pengaduk turbin. Masing-masing jenis lain yang dimaksudkan untuk situasi-situasi tertentu, ketiga jenis tersebut sudah dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah pengadukan zat cair. (Palasari, 2014)

a. Pengadukan paddle

Digunakan di Industri biasanya berputar dengan kecepatan antara 2050 rpm. Panjang total impeller paddle biasanya antara 50-80% dari diameter dalam bejana. Lebar daunnya  $1/4 - 1/10$  panjangnya.

b. Pengaduk propeller

Propeller merupakan impeller aliran aksial berkecepatan tinggi untuk cairan berviskositas rendah. Propeller kecil biasanya berputar pada kecepatan penuh, yaitu 1150/1750 rpm, sedangkan propeller besar berputar pada 400-800 rpm. Arus yang meninggalkan propeller mengalir melalui zat cair menurut arah tertentu sampai diblokkan oleh lantai atau dinding. Kolom zat cair yang berputar dengan sangat turbulennya itu meninggalkan impeller dengan membawa ikut zat cair. Agitator propeller sangat efektif dalam bejana besar.

c. Pengaduk turbin

Menyerupai agitator dayung berdaun banyak dengan daun-daunnya yang agak pendek dan berputar pada kecepatan tinggi pada suatu poros yang dipasang di pusat bejana. Daun-daunnya boleh lurus dan boleh pula lengkung, boleh bersudut dan boleh pula vertikal. Impellernya biasanya lebih kecil dari diameter dayung yaitu berkisar antara 30-50 % dari impeller bejana. Pada cair *viscositas* rendah, Turbin itu menimbulkan arus yang sangat deras yang berlangsung di keseluruhan bejana, mencapai kantong-kantong yang stagnan dan merusaknya. (Palasari, 2014).

## 2.4. Bahan Baku Pembuatan Pulp

### 2.4.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis Guinaensis, Jacq*)

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padatan yang dihasilkan dari proses pembuatan minyak kelapa sawit pada pabrik kelapa sawit. Komposisi Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit Kering ditunjukkan pada **Tabel 2.1**. TKKS merupakan komponen paling banyak dihasilkan jika dibandingkan dengan sisa olahan yang lain. Limbah kelapa sawit tersebut banyak mengandung

selulosa dan semiselulosa. (Rahmalia,dkk.,2006). Tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 2.4

**Tabel 2.1** Komposisi Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit Kering

| <b>Komposisi Kimia</b> | <b>Persentase (%)</b> |
|------------------------|-----------------------|
| Selulosa               | 45,95                 |
| Hemiselulosa           | 22,84                 |
| Lignin                 | 16,49                 |
| Abu                    | 1,23                  |
| Air                    | 3,74                  |

(Azisah,2013)



(Dokumen Pribadi,2021)

**Gambar 2.4** Tandan Kosong Kelapa Sawit

#### 2.4.2 Pelelah 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). Pelepah pisang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



(Dokumen Pribadi,2021)

**Gambar 2.5** Pelelah Pisang

Menurut (Nopriantina,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 pada

**Tabel 2.2 :**

**Tabel 2.2** Karakteristik Pelepah Pisang

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

(Nopriantina,2013)

## 2.5. Pelarut

### 2.5.1 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida (NaOH) digunakan untuk metode soda. NaOH yang dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida adalah sejenis basa logam kaustik. NaOH terbentuk dari oksida basa yang dilarutkan dalam air. NaOH akan membentuk larutan basa yang kuat jika dilarutkan dalam air. Karakteristik Natrium Hidroksida dapat dilihat di **Tabel 2.3** berikut.

**Tabel 2.3** Karakteristik Sodium Hidroksida

| Sifat         |                               |
|---------------|-------------------------------|
| Rumus molekul | NaOH                          |
| Berat Molekul | 39,9971 g/mol                 |
| Bentuk        | Zat padat putih               |
| Densitas      | 2,1 g/cm <sup>3</sup> , padat |
| Titik lebur   | 318°C (519 K)                 |
| Titik didih   | 1390°C (1663 K)               |
| Titik nyala   | Tidak Mudah Terbakar          |

(Perry, 1984)

## 2.6 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 (Satriawan, 2010). Karakteristik pulp dapat dilihat pada Tabel 2.4

**Tabel 2.4** Karakteristik Pulp

| <b>Komposisi</b> | <b>Nilai (%)</b> |
|------------------|------------------|
| Selulosa         | Min 40           |
| Lignin           | Max 16           |
| Ash              | Max 3            |
| Air              | Max 7            |

(Balai Besar Pulp, 1989 (sesuai dengan SNI 7274).

### 2.6.1 Pengelompokan Pulp

Menurut komposisinya pulp dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu:

#### 1. Pulp kayu (*wood pulp*)

Pulp kayu adalah pulp yang berbahan baku kayu, pulp kayu dibedakan menjadi:

##### a. Pulp kayu lunak (*soft wood pulp*)

Jenis kayu lunak yang umum digunakan berupa jenis kayu berdaun jarum (*Needle Leaf*) seperti *Pinus Merkusi*, *Agatis Loranthifolia*, dan *Albizza Folcata*

##### b. Pulp kayu keras (*hard wood pulp*)

Pada umumnya serat ini terdapat pada jenis kayu berdaun lebar (*long leaf*) seperti kayu Oak (Kirk Othmer, 1981).

### 2.6.2 Proses Pembuatan *Pulp*

Pada Pemisahan serat selulosa dari bahan baku kayu dan bukan kayu memiliki berbagai macam metode proses, diantaranya metode proses pembuatan *pulp* secara mekanis, semi kimia, dan kimia.

#### 1. Metode Mekanis

Metode mekanis adalah metode tertua dengan metode penggilingan kayu yang masih digunakan sampai sekarang. Kayu akan ditekan sesuai panjangnya dengan batu giling yang basah dan kasar. Serat akan dipisahkan dari kayu dan dicuci dari permukaan batu dengan air. Larutan encer dari serat dan potongan serat disaring untuk memisahkan bagian dan partikel yang lebih besar, dan dipadatkan (dengan menghilangkan air) untuk membentuk *pulp* dan kertas.

## 2. Metode Semi-kimia

Metode pembuatan *pulp* semi-kimia pada umumnya ditandai dengan langkah penggilingan secara mekanis setelah melakukan perlakuan kimia. Proses ini menggabungkan proses kimia dan mekanis. Hasil yang diperoleh dengan metode ini lebih rendah daripada metode mekanis (Gunawan, 2012).

## 3. Metode Kimia

Proses pembuatan *pulp* secara kimia adalah proses pembuatan *pulp* menggunakan bahan kimia sebagai bahan utama untuk melarutkan bagian-bagian kayu yang tidak diinginkan. Prinsip dari pembuatan *pulp* secara kimia yaitu mendegradasi dan melarutkan lignin sehingga serat-serat yang terdapat dalam bahan baku mudah terlepas (Saleh, 2009). Dalam metode ini, serpihan kayu dimasukkan ke dalam bahan kimia untuk melepaskan lignin dan karbohidrat. Tiga proses kimia yang digunakan, yaitu

### a. Proses Soda

Sistem pemasakan alkali yang menggunakan tekanan tinggi dan menambahkan NaOH sebagai larutan pemasak dengan perbandingan kayu yang digunakan adalah 4 : 1. Larutan yang dihasilkan dipisahkan dengan penguapan. Dibandingkan dengan proses sulfit, proses alkali jarang digunakan karena lebih sulit memperoleh bahan kimia dari larutan pemasakan. Keuntungan dari proses soda ini adalah mudah untuk mendapatkan kembali bahan kimia pemasakan (daur ulang) NaOH dari black liquor, dan bahan baku yang digunakan dapat bervariasi.

### b. Proses Sulfit

Dalam proses sulfit, campuran asam sulfat ( $H_2SO_3$ ) dan ion hidrogen sulfat ( $H_2SO_3$ ) digunakan untuk melarutkan lignin. Proses ini memisahkan lignin menjadi liginosulfonat, dan sebagian besar struktur molekul lignin tetap utuh. Bahan kimia dasar bisulfit dapat berupa ion kalsium, magnesium, natrium atau amonium. *Pulp* sulfit lebih ringan dan mudah memutih, tetapi kertas lebih lemah dari *pulp* kraft (kraft). (Surest, 2010).

### c. Proses Sulfat

Proses sulfat atau proses yang biasa disebut dengan metode kraft menggunakan NaOH yang ditambahkan natrium sulfat. Pada proses kertas kraft ini terbentuk natrium sulfida yang merupakan hasil reduksi natrium sulfat yang ditambahkan ke

dalam tungku. Keunggulan dari proses kertas kraft adalah karakteristik *pulp*nya jauh lebih baik dari proses lainnya dan dapat digunakan untuk berbagai jenis kayu sehingga proses ini biasanya digunakan pada proses pembuatan *pulp*. Kerugian dari metode ini adalah bau gas yang tidak sedap (SO<sub>2</sub> dan Cl<sub>2</sub>), dan tingginya kebutuhan bahan kimia pemutih untuk *pulp* kraft dari kayu lunak, yang sulit diatasi (Usumaningrum, 2016).

Syarat– syarat bahan baku yang digunakan dalam *pulp* yakni (Susilowati, 2012) :

- Berserat
- Kadar alpha selulosa lebih dari 40%
- Kadar ligninnya kurang dari 25 %
- Kadar air maksimal 10 %
- Memiliki kadar abu yang kecil

### 2.6.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Pulp

Adapun faktor yang berpengaruh dalam pembuatan pulp sebagai berikut:

#### 1. Konsentrasi pelarut/larutan pemasak

Dengan konsentrasi larutan pemasak yang makin besar, maka jumlah larutan pemasak yang bereaksi dengan lignin semakin banyak. Akan tetapi, pemakaian larutan pemasak yang berlebihan tidak terlalu baik karena akan menyebabkan selulosa terdegradasi. (Wibisono, 2011)

#### 2. Perbandingan cairan pemasak terhadap bahan baku

Perbandingan cairan pemasak terhadap bahan baku haruslah memadai agar lignin terpecah dalam proses degradasi dan dapat larut sempurna dalam cairan pemasak. Perbandingan yang terlalu kecil dapat menyebabkan terjadinya redeposisi lignin sehingga dapat meningkatkan bilangan kappa (kualitas pulp menurun). (Riama, 2012)

#### 3. Suhu dan waktu pemasakan

Suhu dan waktu pemasakan merupakan dua variabel yang terkait. Suhu dan waktu pemasakan mempengaruhi rendemen *pulp* yang dihasilkan dan kelarutan lignin (Rydholm, 1965). Keterkaitan dua variabel ini dijelaskan oleh Casey (1960), bahwa pengolahan pulp dengan suhu yang tinggi akan memerlukan waktu pemasakan yang singkat. Namun, pada suhu yang tinggi dengan waktu pemasakan

yang lama akan menyebabkan terurainya selulosa sehingga rendemen dan suatu pulp yang dihasilkan rendah. (Gunawan, 2012)

Dalam hal ini, dengan meningkatnya suhu, maka akan meningkatkan laju delignifikasi (penghilangan lignin). Namun, Jika suhu di atas 160 °C menyebabkan terjadinya degradasi selulosa. Lama pemasakan yang optimum pada proses delignifikasi adalah sekitar 60 – 120 menit dengan kandungan lignin tetap setelah rentang waktu tersebut. Semakin lama waktu pemasakan, maka kandungan lignin di dalam pulp tinggi, karena lignin yang tadi telah terpisah dari *raw pulp*. (Riama, 2012)

#### 4. Ukuran bahan baku

Ukuran bahan baku yang berbeda menyebabkan luas kontak antar bahan baku dengan larutan pemasak berbeda. Semakin kecil ukuran bahan baku akan menyebabkan luas kontak antara bahan baku dengan larutan pemasak semakin luas, sehingga reaksi lebih baik. (Wibisono, 2011)

### 2.7 Delignifikasi

Delignifikasi adalah suatu proses yang terdapat pada proses *pulping* yang dilakukan dengan untuk melarutkan lignin yang bertujuan untuk memperoleh hasil serat yang lebih banyak. Pada proses delignifikasi, lignin akan terdegradasi oleh larutan pemasak menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat larut dalam lindi hitam. Hal yang perlu diperhatikan yaitu konsentrasi bahan kimia yang digunakan dan waktu pemasakan, semakin besar konsentrasi larutan pemasak dan semakin lama waktu pemasakan, maka lignin yang terhidrolisis akan semakin banyak. Namun konsentrasi larutan pemasak yang terlalu tinggi dan waktu pemasakan yang terlalu lama akan mengakibatkan selulosa terhidrolisis sehingga kualitas *pulp* yang dihasilkan akan menurun (Dewi dkk, 2015).

Delignifikasi merupakan proses yang sangat penting dalam pembuatan *pulp*, sebab kadar lignin yang tinggi dalam suatu bahan akan turut mempengaruhi kondisi pemasakan yang diperlukan untuk menyempurnakan proses pemutusan lignin serta dapat menghasilkan rendemen jauh lebih tinggi dibandingkan dengan proses lainnya. Delignifikasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH) sebagai larutan pemasaknya, proses ini merupakan proses kraft/soda. Proses delignifikasi dapat

dilakukan dengan penambahan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) atau antarkuinon yang dapat menurunkan bilangan kappa (derajat delignifikasi) dalam media alkali. Disamping itu juga, hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) berfungsi sebagai pemutih dalam pembuatan *pulp* sebab kandungan lignin dapat memberikan warna yang gelap pada kertas (Chadijah, 2011).

### 2.7.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses delignifikasi

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses delignifikasi adalah sebagai berikut :

a. Waktu pemasakan

Dipengaruhi oleh lignin semakin besar konsentrasi lignin semakin lama waktu pemasakan dan kisaran waktu pemasakan antara 1–4 jam.

b. Konsentrasi larutan pemasak

kadar lignin besar maka konsentrasi larutan pemasak juga harus besar.

c. Pencampuran bahan

Dipengaruhi oleh pengadukan. Dengan pengadukan, akan dapat meratakan larutan dengan bahan baku yang akan dipisahkan ligninnya.

d. Perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku

Didasarkan pada perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku. Semakin kecil perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku maka lignin yang didegradasi akan kecil juga.

e. Ukuran bahan

Semakin besar ukuran bahan maka semakin lama waktu prosesnya.

f. Suhu dan Tekanan

Semakin besar suhu dan tekanan maka semakin cepat waktu prosesnya, kisaran suhunya antara 100–110°C dan untuk tekanannya 1 atm (Sumada, 2011).

## 2.8 Selulosa

Selulosa merupakan senyawa organik yang paling banyak melimpah di alam, karena struktur bahan seluruh dunia tumbuhan terdiri atas sebahagian besar selulosa. Suatu jaringan yang terdiri atas beberapa lapis serat selulosa adalah unsur penguat utama dinding sel tumbuhan. Didalam selulosa terdapat dalam bentuk serat-serat. Serat-serat selulosa mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi. Bobot molekul selulosa alamiah sukar diukur, dikarenakan degradasi yang terjadi selama isolasi. Panjang rantainya berbeda-beda dari jenis tumbuhan yang berbeda.

Selulosa termasuk senyawa polisakarida yang mempunyai rumus empiris  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , dimana  $n$  berkisar dari 2000 sampai dengan 3000. (Bahri, 2015)

## 2.9 Lignin

Lignin adalah polimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi dan tersusun atas unit-unit fenil propan. Meskipun tersusun atas karbon, hidrogen dan oksida, tetapi lignin bukanlah suatu karbohidrat. Lignin terdapat di antara sel-sel dan didalam dinding sel. Di antara dinding sel lignin berfungsi sebagai pengikat untuk sel-sel secara bersama-sama. (Bahri, 2015)

Sifat-sifat lignin yaitu larut dalam air dan asam mineral kuat, larut dalam pelarut organik, dan larut alkali encer. Lignin yang terikat dalam produk pulp menurunkan kekuatan kertas dan menyebabkan kertas menguning. Pulp akan mempunyai sifat fisik atau kekuatan yang baik apabila mengandung sedikit lignin.

Hal ini karena lignin bersifat menolak air dan kaku sehingga menyulitkan dalam proses penggilingan. Kadar lignin untuk bahan baku kayu 20-35 %, sedangkan untuk bahan non-kayu lebih kecil lagi. (Surest, 2012).

## 2.10 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan senyawa sejenis polisakarida yang terdapat pada semua jenis serat, mudah larut dalam alkali, dan mudah terhidrolisis oleh asam mineral menjadi gula dan senyawa lain. Hemiselulosa lebih mudah larut daripada selulosa, dan dapat diisolasi dari kayu dengan ekstraksi. (Wibisono, 2011)

Kebanyakan hemiselulosa yaitu heteropolisakarida yang mengandung dua atau lebih monosakarida yang berlainan. Monomer penyusun hemiselulosa biasanya adalah rantai D-glukosa, ditambah dengan berbagai bentuk monosakarida yang terikat pada rantai, baik sebagai cabang atau mata rantai, seperti D-mannosa, D-galaktosa, D-fukosa, dan pentose-pentosa seperti D-xilosa dan L-arabinosa. Hemiselulosa pada kayu berkisar antara 20-30 %. Dilihat dari strukturnya, selulosa dan hemiselulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penjerap karena gugus OH yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat. Dengan demikian selulosa dan hemiselulosa lebih kuat menyerap zat yang bersifat polar dari pada zat yang kurang polar. (Bahri, 2015)

### 2.11 Penelitian-Penelitian yang Telah Dilakukan

Susinggih Wijana, dkk (2014), membuat pulp dari pelepah nipah (*Nypa Fruiticans*) menggunakan reaktor berpengaduk. Pada penelitiannya kali itu mencoba membandingkan kualitas produk *pulp* dari pelepah nipah yang dihasilkan pada skala laboratorium dengan skala ganda yaitu menggunakan reaktor berpengaduk yang mampu menampung bahan sebanyak 50 liter dengan kecepatan putaran pengaduk 25 rpm, bahan baku sebanyak 15 kg, waktu pemasakan 1 jam, dan temperatur pemasakan 100°C. Prinsip kerja dari reaktor berpengaduk ini menggunakan sistem *double jacket*. Tabung pengaduk terdiri dari dua lapisan (*double jacket*), lapisan dalam dan lapisan luar. Lapisan dalam bersentuhan langsung dengan produk, sedangkan lapisan luar berhubungan langsung dengan sumber panas (kompor LPG). Di antara kedua lapisan tersebut terdapat sebuah ruangan tempat fluida berada, fungsinya adalah sebagai pengatur suhu dan penghantar panas antara api dengan bahan yang dimasak pada tangki pegaduk, sehingga tidak ada kontak langsung antara api dengan bahan. Mesin ini dapat mengurangi tingkat kerusakan gizi dalam bahan. Ruang kosong tersebut harus diisi dengan sebuah fluida yang berfungsi menghantarkan panas, yaitu minyak sebanyak 12,5 liter.

Hasil analisis yang didapat dari penelitiannya kali itu adalah kandungan lignin dan selulosa pada skala ganda yaitu sebesar 7,84% dan 38,83%, sedangkan pada skala laboratorium sebesar 7,735% dan 38,905%. Dari data tersebut apabila dibandingkan dengan pulp skala ganda, nilai kimia dari pulp skala laboratorium lebih tinggi apabila dibandingkan dengan pulp pada skala ganda.

Penelitian yang sama juga pernah dilakukan oleh Made Gita Heryadi, dkk (2013) dengan judul penelitian “Penggandaan Skala Proses Pembuatan Pulp dari Serabut Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*)”. Pada penelitian tersebut dibuat tangki berpengaduk berbahan *stainless steel*. Dalam tangki pengaduk ini terdapat pengaduk yang digerakkan oleh motor dengan kecepatan putaran motor sebesar 1.420 rpm, sedangkan putaran baling-baling sebesar 600 rpm. Motor pengaduk digerakkan menggunakan sumber energi dari arus listrik PLN. Sumber pemanas berasal dari kompor yang menggunakan bahan bakar LPG. Pemasakan pulp menggunakan waktu pemasakan 4,75 jam dan pada temperatur 90°C.

Hasil analisis yang didapat dari penelitiannya kali itu adalah parameter kadar air skala ganda sebesar 8,18% sedangkan untuk skala laboratorium sebesar 7,845%, sehingga kadar air pada skala ganda dan skala laboratorium didapatkan hasil yang tidak beda nyata. Hal itu karena prinsip kerja yang sama dari *tunnel Dryer* pada skala ganda dan oven pada skala laboratorium dalam proses pengeringan. Pada parameter rendamen hasil penelitian untuk skala ganda sebesar 56,04% sedangkan untuk skala laboratorium didapatkan rendamen sebesar 51,90%. Sehingga kesimpulan dari penelitiannya kali itu adalah pada peningkatan skala tidak terdapat beda nyata antara skala ganda dengan skala laboratorium. Pada parameter gramatur, nilai gramatur pulp skala ganda sebesar 163 g/m<sup>2</sup> sedangkan nilai gramatur skala laboratorium sebesar 158 g/m<sup>2</sup>. Pada parameter ketahanan tarik, skala ganda memiliki rata-rata sebesar 4,94 kgf/cm sedangkan rata-rata ketahanan tarik untuk skala laboratorium sebesar 4,9725 kgf/cm. Hasil penelitian antara skala ganda dengan skala laboratorium menunjukkan hasil yang tidak beda nyata. Hal ini dikarenakan proses delignifikasi antara skala ganda dengan skala laboratorium meskipun menggunakan alat yang berbeda namun memiliki prinsip kerja yang sama. Proses delignifikasi pada skala ganda menggunakan reaktor sedangkan pada skala laboratorium menggunakan *beaker glass* sebagai wadah bahan yang dipanaskan menggunakan *hot plate* dan pengadukan dengan bantuan *stirrer* yang digerakkan oleh motor listrik.

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Azalia (2016), pada penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Alat Reaktor Pulp ( Pengaruh Temperatur Pemasakan Terhadap Kualitas Pulp” . Pada penelitian tersebut dibuat tangki berpengaduk berbahan panci *stainless steel*. Dalam tangki pengaduk ini terdapat pengaduk yang digerakkan oleh motor dengan kecepatan putaran motor sebesar 50 rpm, Motor pengaduk digerakkan menggunakan sumber energi dari arus listrik PLN. Sumber pemanas berasal dari kompor listrik. Pemasakan pulp menggunakan waktu pemasakan 1 jam dan pada temperatur bervariasi. Bahan baku yang digunakan yaitu pelepah pisang klutuk dengan larutan pemasak yaitu natrium hidroksida sebesar 0,1 N.

Hasil analisis yang terbaik didapat dari penelitiannya kali itu adalah pada temperature optimum 90°C menghasilkan pulp dengan persen rendemen pulp 64,09

%, kandungan lignin dan selulosa yaitu sebesar 8,5 % dan 73 %, kadar air dan kadar ash sebesar 16 % dan 2,5 % dengan kuat tarik pulp sebesar 1,9614 KN. Pada penelitian tersebut pulp yang dihasilkan memenuhi standar kualitas SNI, tetapi kadar air yang dihasilkan tidak memenuhi standar kualitas SNI 4737.