BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Baku Utama Dan Penunjang

2.1.1 Sifat Bahan Baku Bambu Petung

Bambu petung merupakan salah satu jenis bambu dengan ukuran lingkar batang yang besar sekitar ±12 cm dan dapat tumbuh mencapai ±25 meter dan termasuk ke dalam suku rumput-rumputan. Bambu petung merupakan bahan berlignoselulosa yang menghasilkan selulosa per hektar 2-6 kali lebih besar dari pinus. Peningkatan biomassa bambu petung per hari 10-30%, sementara itu peningkatan biomassa pohon kayu hanya 2,5% (Fatriasari, W. & Hermiati 2008). Selain itu bambu petung merupakan salah satu sumber daya alam yang mudah untuk pengelolaannya sebagai bahan baku subtitusi industri pulp dan kertas. Tanaman tersebut memiliki beberapa keunggulan antara lain cepat tumbuh bahkan dalam jangka waktu tiga tahun sudah dapat dipanen, serta sifat anatomi bambu terutama sifat-sifat turunan seratnya lebih baik daripada kayu (Sukaton,2004) dalam (Jalali 2019).



Gambar 2.1. Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*)

Tabel 2.1. Parameter Bambu Petung

Parameter	Bambu Petung
Panjang Serat	±4,693 mm
Diameter Serat	± 0,025 mm
Diameter Lumen	± 0,007 mm
Tebal Dinding Serat	± 0,009 mm
Berat Jenis	± 0,51
% Zat terlarut dalam benzene	± 0,91
% Zat terlarut dalam air panas	± 7,19
% Zat terlarut dalam air dingin	± 5,67
% Zat terlarut dalam NaOH 1%	± 24,06
% Kadar Selulosa	53
% Kadar Lignin	30,20
% Kadar Hemiselulosa	83,80
% Kadar abu	4,63
% Kadar Silika	3,51

Sumber: (Fatriasari, W. & Hermiati 2008)

Berdasarkan tabel diatas, Bambu petung memiliki serat yang cukup panjang sehingga berdasarkan kriteria penilaian kayu Indonesia untuk bahan baku pulp dan kertas, dilihat dari panjang serat bambu petung termasuk dalam kelas mutu satu. Semakin panjang serat maka akan membantu membentuk jalinan antar ikatan serat pada proses pembuatan kertas. Panjang Serat berpengaruh terhadap kekuatan kertas, mudah tidaknya pencucian pulp dan juga kehalusan lembaran kertas. Semakin tipis dinding serat maka akan mempermudah serat melembek dan menjadi lebih pipih sehingga memperluas permukaan terjadinya ikatan antar serat, sehingga kekuatan tarik, jebol dan lipatya tinggi (Fatriasari, W. & Hermiati 2008).

Berdasarkan kandungan lignin, kadar hemiselulosa, bambu petung diprediksi menghsailkan pulp dengan mutu yang baik dan rendemen pulp yang tinggi. Selulosa yang tinggi

mengindikasi serat yang kuat, warna pulp lebih putih, relatif tahan terhadap bahan kimia dalam proses pemisahan dan pemurnian serta tidak larut dalam pelarut organik netral dan air (Fatriasari, W. & Hermiati 2008).

Kandungan yang dibutuhkan dalam proses pembutan kertas yaitu selulosa dalam bentuk serat sehingga sebagian besar tanaman dapat digunakan sebagai bahan baku kertas. Bahan baku alternatif sebagai pengganti kayu dalam pembuatan kertas salah satunya adalah bambu. Yang mana bambu petung memiliki kandungan selulosa tertinggi dari jenis bambu lainnya yaitu sebesar 53%. Sehingga bambu petung sangat cocok digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas.

Tabel 2.2. Komposisi Kimia Bambu Petung

No	Parameter	Kadar
1	Selulosa	53%
2	Pentosa	19%
3	Lignin	25%
4	Abu	3%

Sumber: (Arfenti and Sofia 2015)

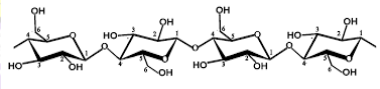
Komposisi kimia dalam bambu petung diuraikan sebagai berikut :

1. Selulosa

   Selulosa merupakan senyawa organik ($C_6H_{10}O_5$) penyusun utama kayu berupa polimer alami yang panjang dan linier terdiri dari residu β-D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosida pada posisi C_1 dan C_4. Selulosa mempunyai sifat antara lain berwarna putih, berserat, tidak larut dalam air dan pelarut organik serta mempunyai kuat tarik yang tinggi.

Dalam kondisi asam yang kuat dan konsentrasi alkohol yang berlebih, akan terjadi reaksi etherifikasi selulosa yaitu reaksi antara selulosa dengan alkohol membentuk ether (Artati, Effendi, and Haryanto 2020). Sifat penting pada selulosa yang penting untuk pembuatan kertas:

a. Gugus aktif alkohol (dapat mengalami oksidasi)
b. Derajat polimerisasi (serat menjadi panjang).
   Makin panjang serat, kertas makin kuat dan tahan terhadap degradasi (panas, kimia dan biologi)



Gambar 2.2. Struktur Selulosa

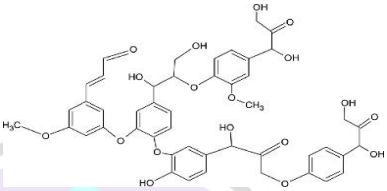
2. Pentosa

   Pentosa adalah bagian dari hemiselulosa yang terdapat dalam dinding sel. Kadar pentosa pada bambu petung sebesar 19%. Rendahnya pentose menyebabkan serat lebih mudah dibentuk secara mekanis dan kontak antar serat dapat lebih sempurna karena salah satu sifatnya yang elastis dan dapat mengembangkan serat. Kandungan pentosan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerapuhan benang rayon atau turunan selulosa yang dihasilkan (Pasaribu and Praptiwi 2014).

3. Lignin

   Lignin merupakan bagian terbesar dari selulosa. Penyerapan sinar (warna) oleh pulp terutama berkaitan dengan komponen ligninnya. Untuk mencapai derajat keputihan yang tinggi, lignin tersisa harus dihilangkan dari pulp, dibebaskan dari gugus yang menyerap sinar kuat

sesempurna mungkin. Lignin akan mengikat serat selulosa yang kecil menjadi serat-serat panjang. Lignin tidak akan larut dalam larutan asam tetapi mudah larut dalam alkali encer dan mudah diserang oleh zat-zat oksida lainnya (Artati, Effendi, and Haryanto 2020).



Gambar 2.3. Struktur Lignin

4. Abu

Kadar abu yang tinggi tidak diharapkan dalam pembuatan pulp karena dapat mempengaruhi kualitas kertas. Komponen abu yang diserap pohon dari tanah sebagai unsur mikro, mengharuskan unsur ini dikembalikan lagi ke tanah melalui pemupukan atau pemberian abu (Pasaribu and Praptiwi 2014).

Sifat fisika tanaman bambu petung adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Sifat fisika bambu petung

Tinggi tanaman	± 30 m
Diameter batang	± 10-20 cm
Panjang ruas	± 40-57 cm
Tebal dinding bulu	± 0,85-1,62 cm
Panjang serat	± 4-5 mm
Berat jenis	± 0,57-0,69 gr/cm3
Warna	putih-kuning
Akar pendek berkumpul rapat	

sampai tinggi diatas tanah	
Pemanenan bambu	usia 3-4 tahun

Sumber : (Tri Wulandari 2019)

Tabel 2.4. Sifat kimia bambu petung

Parameter	**Kadar**
Kelarutan dalam air dingin	4,5 %
Kelarutan dalam air panas	6 %
Kelarutan dalam 1% NaOH	22 %
Kelarutan dalam etanol benzene	1 %

Sumber: (Arfenti and Sofia 2015)

2.1.2 Bahan Penunjang

1. Asam Asetat

a. Sifat Fisika

Tabel 2.5. Sifat Fisika Asam Asetat:

Rumus molekul	CH_3COOH
Berat molekul	60,05 g/mol
Bentuk	Cairan
Warna	Tidak berwarna
Titik didih	118 ℃
Spesifik grafity	$1{,}049^{20/4}$

Sumber: (MSDS Acetic Acid 2019)

b. Sifat Kimia

- Asam asetat mengesterfikasi alkohol secara non katalis. Reaksi ini pada dasarnya diperlambat dengan pengurangan air.

  $CH_3COOH + ROH \rightarrow CH_3COOR + H_2O$

- Asam asetat dapat membentuk asam asetat anhydrat jika bereaksi dengan asam asetat.
- Ester tak jenuh dapat dibuat dari kombinasi proses oksidasi esterfikasi dengan katalis logam mulia. Ethylene dilewatkan pada katalis palladiumlithium dan menghasilkan vinil asetat.

  CH_2 - CH_2 + ½ O_2 + CH_3COOH → CH_2 – $CHOOCH_3$ + H_2O

2. Natrium Hidroksida
   a. Sifat Fisika

      Tabel 2.6. Sifat Fisika Natrium Hidroksida

Parameter	Keterangan
Berat molar (BM)	34,0147 g/mol
Densitas	4 g/cm^3
Titik didih	150,2℃ (423,35K)
Titik lebur	-11℃ (262,15 K)
Wujud	Tidak berwarna dan tidak berbau

      Sumber: (MSDS NaOH 2007)

   b. Sifat Kimia

      Sifat Kimia NaOH yaitu: pH = 14, sangat korosif, mudah larut dalam air, dan NaOH membentuk basa kuat bila dilarutkan dalam air. Senyawa ini sangat mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida.

3. Hidrogen Perioksida
   a. Sifat Fisika

      Tabel 2.7. Sifat Fisika H_2O_2

Parameter	Keterangan
Warna	Tidak berwarna

Bau	Tidak berbau
Titik didih	108℃
Titik lebur	-33℃
Volatility	100%

Sumber : (MSDS H_2O_2 2021)

b. Sifat Kimia

Sifat kimia H2O2 yaitu pH = 2,02 (H_2O_2 50%), sangat korosif, memiliki tekanan uap 3,1 kPa pada 20℃ dan mudah larut dalam air.

4. Air

a. Sifat Fisika

Tabel 2.8. Sifat Fisika Air

Parameter	**Keterangan**
Berat Molekul (BM)	18 g/mol
Titik didih	100℃
Titik beku	0℃
Densitas	1 g/cm^3
Kapasitas panas	1,0005 Kkal/Kg.K
Panas pembentukan	-68317,4 Kkal/mol
Penampilan	Cairan bening

Sumber: (MSDS air)

b. Sifat Kimia

Sifat kimia air (H_2O) yaitu: air merupakan pelarut dan penghantar listrik yang baik, air bersifat netral dengan pH=7, dan air dapat menguraikan garam menjadi asam dan basa.

2.1.3 Produk Utama Kertas dari Bambu

a. Sifat Fisika Kertas

Tabel 2.9. Sifat Fisika Kertas

Parameter	**Keterangan**

Wujud	Padatan
Warna	Putih
Kadar air	4,5-6%
Daya regang	4%
Index tarik	2 kN/m

Sumber: (Handini dkk, 2017)

b. Sifat Kimia Kertas

Tabel 2.10. Sifat Kimia Kertas

Komposisi	Kadar (%)
Abu	<5
Selulosa	45-60
Hemiselulosa	35-40

Sumber: (Silvi Nelly 2021)

2.2 Pemilihan Proses Pembuatan Pulp

Jenis pembuatan pulp bertujuan untuk menghasilkan serat selulosa yang murni terlepas satu sama lain. Terdapat 4 macam proses pembuatan pulp yaitu proses mekanis, proses semi-kimia, proses kimia dan proses organosolvent (Arfenti and Sofia 2015).

2.2.1 Proses Mekanis Pembuatan Pulp

Pada proses mekanis tidak menggunakan bahan-bahan kimia. Menurut (Biermen, 1996) dalam proses mekanis ada empat hal yang saling berkaitan tetapi berbeda pada prosesnya yang merupakan dasar dari proses mekanis yaitu:

a. *Stone Ground Wood* (SGW)

Pada proses ini batu gerinda digunakan untuk menguraikan bahan baku. Kayu gelondongan yang tidak berkulit terutama kayu lunak tetapi juga tidak keras dengan panjang 60-120 cm ditekan pada sisi yang panjang sejajar dengan batu asah yang berputar sedangkan air disemprot pada bagian yang sedang mengasah.

b. *Refiner Mechanical Pulping* (RMP)

Pada proses ini digunakan penggilingan cakram (disk refiner) untuk menguraikan bahan baku. Kayu jarum adalah bahan baku utama untuk proses ini. Ada dua jenis tipe refiner yang digunakan pada proses ini yaitu *single-disc refiner* dan *double-disc refiner*. Proses ini juga menggunakan serbuk gergaji (*saw dust*) atau kayu-kayu berkualitas rendah.

c. *Termo Mechanical Pulping* (TMP)

Pada proses ini juga menggunakan penggilingan cakran namun perbedaannya yaitu pada proses TMP serpih mendapat perlakuan suhu dan tekanan tinggi sebelum masuk ke penggilingan cakram.

d. *Chemi Mechanical Pulping* (CMP)

Proses ini merupakan perkembangan dari refiner mechanical pulping yang diperlakukan dengan bahan kimia pada suhu ruangan. Bahan kimia yang sering digunakan adalah sodium sulfit, NaOH, Na_2CO_3, dan sodium peroxide dalam bentuk tunggal maupun campuran.

e. *Chemi Termo Mechanical Pulping* (CTMP)

Dalam proses ini komersil variasi perlakuan pendahuluan sulfit dan bisulfit dilakukan terutama terhadap kayu lunak dan perlakuan pendahuluan natriom hidroksida atau natrium sulfit terhadap kayu keras. Proses ini merupakan perkembangan dari proses TMP. Selain digunakan panas, pada proses ini juga diberikan sedikit bahan kimia agar komponen lignin lebih mudah dihilangkan.

2.2.2 Proses Semi Kimia Pembuatan Pulp

Proses semi kima adalah gabungan dari proses mekanis dan proses kimia. Tahap awal dari proses ini adalah pengolahan bahan baku dengan bahan kima untuk memutuskan ikatan lignin dan selulosa dan dilajutkan dengan proses mekanis.

2.2.3 Proses Kimia Pembuatan Pulp

Terdapat beberapa metode pembuatan pulp menggunakan proses kimia yaitu:

a. Proses Sulfat (Proses Kraft)

Proses ini merupakan proses yang paling banyak diterapkan oleh pabrik kertas di dunia. Proses ini disebut kraft karena pulp yang dihasilkan mempunyai kekuatan lebih tinggi dari proses mekanis dan proses semi kimia, namun rendemen yang dihasilkan lebih kecil dari keduanya dikarenakan komponen yang terdegradasi seperti lignin, ekstraktif dan mineral lebih banyak.

Keunggulan dari proses kraft ini yaitu mampu mengolah semua jenis kayu, mampu menghasilkan sifat kekuatan pulp yang tinggi dan sistem pendauran bahan kimianya yang sudah sangat baik. Di beberapa negara, keselamatan sangat penting dan menjadi alasan untuk melarang penggunaan sistem pembakar pendauran bahan kimia seperti Tomlinson karena bisa menyebabkan ledakan dari proses sulfat ini (Fatriasari et al. 2016).

Kraft biasa dimasak pada suhu 160℃-180℃, pada tekanan 7-11 bar dan dalam kurun waktu 4-5 jam sehingga biaya yang diperlukan untuk operasi relativ murah.

b. Proses Sulfit

Proses sulfit adalah proses pemasakan yang menggunakan metode asam. Bahan baku yang biasa digunakan pada proses ini yaitu

kayu lunak. Pulp hasil dari proses sulfit berwarna keruh, namun mudah dipucatkan. Kekurangan pada proses ini adalah larutan pemasak yang menggunakan bahan dasar kation Calsium sehingga sulit dalam pengambilan. Calsium ini akan mengakibatkan kerak pada alat-alat pemasak (Harsini and Susilowati 2000).

c. Proses Soda

Proses ini biasa digunakan untuk bahan baku dari limbah pertanian seperti merang, katebon, bagasse serta kayu lunak dan juga bahan baku non-kayu seperti jerami, eceng gondok, dan jenis rumput-rumputan. Proses pemasakan menggunakan metode proses basa. Larutan perebus yang digunakan yaitu NaOH yang berfungsi sebagai pereaksi lignin, pelarut senyawa lignin dan karbohidrat, pereaksi asam-asam organik dan resin yang ada dalam bahan baku, dan adsorben dalam jumlah kecil. Pada proses soda ini lebih menguntungkan dari segi teknis dan ekonomis dibandingkan proses lain karena tidak menghasilkan limbah yang begitu berbahaya bagi lingkungan sekitar (Harsini and Susilowati 2000).

Pembuatan pulp menggunakan proses soda memerlukan sedikit modal instalasi, disamping itu biaya bahan kimia yang relativ lebih murah karena penggunaan energi yang rendah. Pulp yang dihasilkan berkisar antara 86% dan 95%, dengan demikian selektivitas pelarutan lignin rendah. Kerugian pada proses ini adalah rendahnya derajat putih yaitu sekitar 40-50% (Silvi Nelly 2021).

2.2.4 Proses *Organosolvent* Pembuatan Pulp

Organosolv pulping merupakan proses pulping dengan menggunakan bahan pelarut organik seperti methanol, alcohol, acetone, asam asetat, dan lain-lain untuk menghilangkan kadar lignin. Proses pulping ini memiliki beberapa keunggulan yaitu ramah lingkungan dan tidak menghasilkan limbah sulfur. Proses *organosolv* ini memiliki proses *recorvery* limbah yang sederhana dengan peralatan konstruksi yang standart (Biermen, 1996).

a. Proses *Acetosolv*

Proses ini menggunakan asam asetat sebagai pelarut organik dan HCL atau asam clorida sebagai katalis. Chip sebelum dimasak, dilakukan screening terlebih dahulu. Pada proses screening, chip yang belum sesuai ukurannya dikembalikan ke proses cutter. Setelah melewati proses pemasakan kemudian masuk ke proses pemisahan. Pada proses pemisahan menghasilkan selulosa dan black liquor. *Black liquor* diolah lagi sebagai bahan baku boiler sedangkan seluloa lanjut ke proses bleaching, drying, dan menjadi pulp. Proses bleaching terdiri atas 2 tahap yaitu *bleaching* menggunakan ozon dan *bleaching* menggunakan peroksida (Muurinen 2000).

b. Proses *Acetocell*

Proses *acetocell* sama dengan proses acetosolv, yang membedakan proses ini adalah tidak menggunakan katalis asam kuat HCl yang dapat menyebabkan korosi pada alat ketika terjadi proses katalisasi. Jadi Proses pulping ini hanya menggunakan asam asetat sebagai pelarut. Kelebihan proses ini yaitu bebas senyawa sulfur, daur ulang limbah dapat dilakukan hanya dengan metode

penguapan dengan tingkat kemurnian yang cukup tinggi, dan nilai hasil daur ulangnya jauh lebih mahal dari pada hasil daur ulang limbah kraft (Muurinen 2000).

c. Proses *Allcell*

Proses *allcell* sama seperti proses acetocell, perbedaanya terletak pada pelarut yang mana pada proses ini menggunakan pelarut jenis alkohol seperti metanol, etanol, propanol, dan lain-lain (Muurinen 2000).

Tabel 2.11. Perbandingan proses organosolvent pembuatan kertas:

Macam Proses Organosolv	**Kondisi Operasi**						
	Yield (%)	Suhu (℃)	Waktu Operasi	Pelarut	Brightness (Kecerahan)	Biaya operasi	Kualitas produk
Acetosolv	40	110	2-5 jam	CH_3COOH + Katalis HCL	Coklat agak terang	Mahal	Kualitas pulp baik
Acetocell	43-46	170	3-5 jam	Asam asetat	Derajat putih baik	Lebih murah	Kualitas pulp baik
Alcell	43	180	5 menit tiap stage	Alkohol	Derajat putih baik	Lebih murah	Kualitas pulp baik

Sumber: (Arfenti and Sofia 2015)

Proses pembuatan pulp dari bambu ini dilakukan dengan proses Organosolv jenis acetocell, yaitu dengan penambahan larutan CH_3COOH tanpa katalis HCl karena proses ini ramah lingkungan, energi yang dibutuhkan rendah, dan dapat meningkatkan rendeman dan kualitas pulp. Semakin besar konsentrasi larutan asam asetat akan memberikan kadar alfa selulosa yang lebih besar. Sedangkan pada proses alcell, jika konsentrasi pelarut

alcohol seperti methanol dan etanol bertambah maka akan menyebabkan rusaknya selulosa dan rendemen pulp yang dihasilkan akan semakin rendah.

2.3 Uraian Proses Pembuatan Kertas dari Bambu

Berikut adalah uraian proses secara rinci pra-rancang bangun pabrik pembuatan kertas dari bambu dengan proses *organosolv acetocell* (Arfenti and Sofia 2015):

1. Tahap *Pre-Treatment*

   Pembuatan pulp yang berbahan baku bambu yaitu bambu petung memerlukan pre-treatment atau proses pengolahan awal sebelum masuk ke proses pemasakan. Proses ini memiliki tujuan untuk mengubah ukuran bambu menjadi chip atau serpihan kayu. Bahan baku berupa bambu petung yang ditebang disimpan pada gudang penyimpanan dengan suhu 32℃. Syarat bahan baku bampu petung yang siap digunakan yaitu bambu harus berusia minimal 3 tahun.

   Bambu petung dari gudang penyimpanan akan diangkut menggunakan *Belt Conveyor* (J-112) menuju *Drum Chipper* (C-113) untuk dicacah menjadi serpihan kemudian menuju ke Ball Mill (C-114) untuk dihancurkan kembali menjadi serpihan dengan tebal serpih ± 6 mm. Chip kemudian disaring menggunkan *Vibrating screening* (H-115), chip yang tidak lolos akan dibawa kembali ke *Ball Mill* (C-114) sedangkan chip yang lolos akan di tampung di *Bin* (F-116). Selanjutnya chip akan masuk ke tahap pemasakan.

2. Tahap Pemasakan

   Chip yang sudah melalui proses pre-teratment akan dibawa menuju menuju *Tangki Digester* (R-110) untuk dimasak pada suhu 170℃ selama ± 180 menit dalam tekanan 7,6 atm menggunakan *Screw Conveyor* (J-117). Pada proses pemasakan, degradasi lignin mengakibatkan selulosa yang sebelumnnya terikat oleh lignin akan terlepas dari lignin sehingga di dapat

kandungan pulp dengan kadar selulosa yang lebih tinggi. Mekanisme reaksi pemasakan serta degradasi lignin dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut :

$[C_{10}H_{10}O_2]_n$	+	$_nCH_3COOH$	+	$_nH_2O$	→	$_nC_6H_3C_4H_9O_3$	+	$_nCH_3COOH$
Lignin		Asam Asetat		Air		Aseto Ligninat		Asam asetat

Pemasakan dilakukan menggunakan tangki digester yang memiliki sifat continuous. Setelah proses pemasakan, hasil pulp akan dipompa ke dalam *Blow Tank* I (F-122). Pulp kemudian dipompa ke *Rotary Vacuum Filter I* (H-124) untuk Mencuci bubur pulp dari *black liquor* dengan menggunakan air. Selanjutnya masuk ke tahap pemutihan.

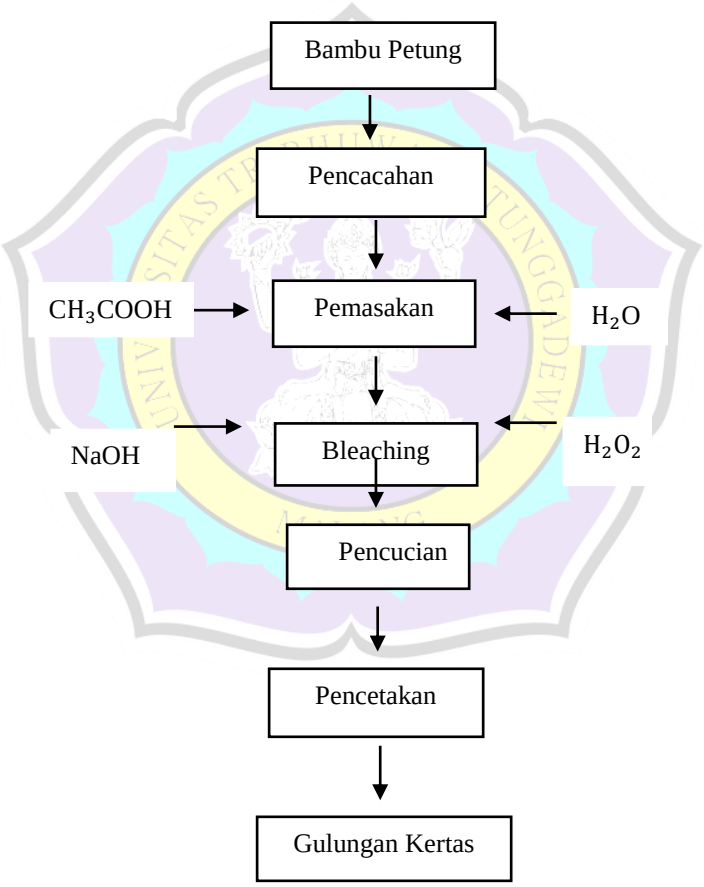
3. Tahap Pemutihan

   Bleaching dilakukan dalam beberapa tahapan yang memiliki tujuan untuk menghilangkan lignin tanpa merusak selulosa. Bubur pulp hasil proses pemasakan kemudian dimasukan ke dalam *Tangki Bleaching* (R-120) untuk memutihkan pulp dengan cara mencampur larutan H_2O_2 2,5% dan NaOH 1,25% dengan bubur pulp dengan konsistensi 10%. Selanjutmya pulp direaksikan dalam *Tangki Bleaching* (R-120) pada temperatur 70℃. Kemudian bubur pulp dipompa menuju *Rotary Vacuum Filter II* (H-132). Filtrat hasil washing kemudian masuk ke proses pengolahan limbah. Bubur pulp yang telah dicuci dipompa menuju *Blow Tank II* (F-133).

4. Tahap Post Treatment

   Bubur pulp yang siap dibuat pulp akan dikirim ke *Head Box* (X-135). Setelah dari *Head Box* (X-135) pulp akan dicetak menjadi lembaran diatas *Wire Part* (X-130) yang mempunyai ukuran kasar sebesar 70 mesh. Setelah dari *Wire Part* (X-130) jumlah kadar air sebesar 22%. Selanjutnya pulp akan menuju *Drum Drayer* (X-136). Setelah dari *Drum Drayer* (X-136),

gulungan pulp mempunyai kadar air sebesar 10% berat terhadap pulp. Gulungan kertas siap digunakan.



Gambar 2.4. Blok diagram proses pembuatan kertas

2.4 Instrumentasi

Instrumentasi merupakan alat atau perangkat untuk pengendalian sistem yang besar dan kompleks. Fungsi dari instrumentasi adalah sebagai alat pengukur, analisa, kendali, dan perekam. Fungsi tersebut dapat terpenuhi dengan melibatkan berbagai variabel yang diantaranya adalah level, tekanan, temperatur, flow rate, humiditas, pH, komposisi, dan lain sebaginya.

Instrumentasi adalah seperangkat instrument–instrument yang digunakan untuk mengontrol, memanipulasi, mengukur, menunjukan atau menghitung nilai suatu variabel proses. Instrument pada pra rancang pabrik kertas ini bertujuan untuk:

- Kondisi operasi suatu peralatan tetap terjaga pada kondisi yang aman
- Rate produksi diatur dalam batas-batas yang direncanakan
- Membantu mempermudah pengoperasian alat
- Lebih terjamin efisiensi dan keselamatan kerja

Sistem pengendalian di pabrik kertas dari bambu petung ini menggunakan *Distributed Control System* (DCS). Sistem ini mempergunakan komputer mikroprosesor yang membagi aplikasi besar menjadi sub-sub yang lebih kecil. Data yang diperoleh dari elemen-elemen sensor diolah dan disimpan. Pengendalian *Programmable Logic Controller* dengan cara mengubah data-data tersebut menjadi sinyal elektrik untuk pembukaan atau penutupan *valve*. Untuk melakukan perhitungan matematis yang rumit dan kompleks dibutuhkan *Supervisor Control System* (SCS).

Tabel 2.12. Sistem instrumentasi pada pabrik kertas dari bambu petung

Nama Alat	Kode	Alat Instrumentasi	Fungsi
Tangki Digester	R-110	Temperatur controller (TC)	Berfungsi mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta
		Pressure controller (PC)	Berfungsi mengendalikan tekanan Operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
		Level controller (LC)	Berfungsi untuk mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan
Tangki Bleaching	R-120	Level controller (LC)	Mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan.
		Temperatur Controller (TC)	Mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
Tangki Blow	F-122 & F-133	Level controller (LC)	Mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan.

Drum Dryer	X-136	Temperatur Controller (TC)	Mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

Berikut merupakan hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam memilih instrumentasi:

a. Harus merencanakan pemilihan alat serta tempat pemasangan agar initial failure dari alat tersebut setelah dipasang bisa dihindarkan.
b. Sifat-sifat instrument harus diingat dan harus dipilih dengan kriteria sebagai berikut:
   - *Reability* dengan kategori sedikit gangguan, sedikit kerusakan dan mudah ditangani.
   - *Maintenanbility*, alat ini harus diseleksi agar mudah dalam perawatan dan pemeliharaan dapat dilaksanakan dengan mudah dan dengan biaya perawatan yang murah.
c. Harus diperhatikan bahwa bila *reability* makin tinggi, maka material *instrument cost* makin rendah.

Pemasangan alat-alat kontrol ini ditempatkan pada bagian tertentu dari alat-alat proses.

2.5 Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Keselamatan kerja adalah segala upaya atau pemikiran yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya. Kegiatan industri pulp and paper mempunyai potensi bahaya yang dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan sehingga menimbulkan resiko terhadap karyawan, perusahaan dan masyarakat sekitar.

Industri kertas memiliki resiko yang tinggi karena memerlukan modal yang besar, teknologi canggih dan resiko bahaya yang dihadapi seperti kecelakaan, kebakaran, peledakan, pencemaran lingkungan dan lainnya. Tingginga resiko yang dihadapi oleh industi kertas ini memerlukan system keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Keselamatan

dan Kesehatan kerja merupakan faktor penting yang harus diterapkan untuk menjaga kelancaran produksi karena pengabaian terhadap keselamatan kerja dapat mengakibatkan terjadinya hal-hal tidak diinginkan, baik terhadap karyawan maupun peralatan yang digunakan (Ridho Fahrul, 2022).

Secara umum kecelakaan kerja disebebkan dua hal pokok yaitu perilaku kerja yang tidak aman (unsafe act) dan kondisi kerja yang tidak aman (unsafe condition). Bahaya yang umum ditemukan pada lingkungan kerja industri kertas yaitu bahaya suara (kebisingan), bahaya kebakaran, bahaya pada mesin potong dan suhu pada uap yang dihasilkan, serta bahaya listrik. Adapun peralatan keselamatan kerja pra rancang pabrik kertas dari bambu sebagai berikut (Nabila Putri, dkk, 2021):

1. Alat pelindung kepala

   Alat pelindung kepala adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan, terantuk, kejatuhan atau terpukul benda tajam atau benda keras yang melayang atau meluncur di udara, terpapar oleh radiasi panas, api, percikan bahan-bahan kimia, jasad renik (mikro oragnisme) dan suhu yang ekstrim.
2. Alat Pelindung Mata dan Muka

   Alat pelindung mata dan muka adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi mata dan muka dari paparan bahan kimia berbahaya, paparan partikel-partikel yang melayang di udara dan di badan air, percikan benda-benda kecil, panas atau uap panas, radiasi gelombang elektromagnetik yang mengion maupun yang tidak mengion, pancaran cahaya, benturan atau pukulan benda keras atau benda tajam.
3. Alat pelindung telinga

   Alat pelindung telinga adalah alat pelindung yang berfungsi melindungi alat pendengaran terhadap kebisingan atau tekanan.

4. Alat pelindung Pernafasan
   Alat pelindung pernafasan beserta kelengkapannya adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi organ pernafasan dengan cara menyalurkan udara bersih dan sehat dan atau menyaring cemaran bahan kimia, mikro organisme, partikel yang berupa debu, kabut (aerosol), uap, asap, gas/fume, dan sebgainya.
5. Alat pelindung tangan
   Alat pelindung tangan (sarung tangan) adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi tangan dan jari-jari tangan dari pejaan api, suhu panas, suhu dingin, radiasi elektromagnetik, radiasi mangion, arus listrik, bahan kimia, benturan, pukulan dan tergores, terinfeksi zat patogen (virus dan bakteri) dan jasad renik.
6. Alat pelindung kaki
   Alat pelindung kaki berfungsi untuk melindungi kaki dari tertimpa atau berbenturan dari benda-benda berat, tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau dingin, uap panas, terkena bahan kimia berbahaya, jasad renik, tergelincir.
7. Pakaian pelindung
   Pakaian pelindung berfungsi untuk melindungi badan Sebagian atau seluruh dari bahaya temperatur panas atau dingin yang ekstrim, pejanan api dan benda-benda panas, percikan bahan kimia, cairan logam panas, uap panas, benturan (*impact*) dengan mesin, peralatan dan bahan, tergores, radiasi, dan lain sebagainya.
8. Alat pelindung jatuh perorangan
   Berfungsi membatasi gerak pekerja agar tidak masuk ke tempat yang mempunyai potensi jatuh atau menjaga pekerja berada pada posisi kerja yang diinginkan dalam keadaan miring maupun tergantung dan menahan serta membatasi pekerja jatuh sehingga tidak membentur lantai dasar.
9. Alat pemadam kebakaran

Alat pemadam kebakaran (fire hydrant system) berfungsi untuk memadamkan api bila terjadi kebakaran. Alat ini biasanya diletakan di beberapa titik yang mudah dijangkau sehigga memudahkan saat dibutuhkan.

Untuk mencegah terjadinya suatu masalah pada industri yang dapat menyebabkan kerugian ataupun terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan maka diperlukan suatu metode untuk menganalisis hingga menangani suatu bahaya yaitu (Marbun Riniwati J, dkk, 2021):

a. Identifikasi resiko menggunakan metode *Job Hazard Analysis* (JHA) dengan tujuan mendapatkan risk event. JHA digunakan pada tahap identifikasi resiko dengan menguraikan pekerjaan untuk mengetahui potensi bahaya apa saja yang terdapat pada pekerjaan sehingga dapat diketahui risk event.
b. Analisis resiko untuk menentukan besarnya suatu resiko mengggunakan analisis semi kuantitatif yaitu metode Fine.
c. Evaluasi resiko dengan membandingkan tingkat resiko yang telah dihitung dengan kriteria standar yang digunakan.
d. Pengendalian resiko menggunakan hierarki pengendalian bahaya dengan memberikan rekomendasi pengendalian untuk mencegah atau meminimalisir bahaya yang terjadi berdasarkan tingkatan resiko yang sudah dianalisa dari evaluasi resiko.

2.6 Utilitas

2.6.1 Unit Penyediaan Air

Utilitas merupakan sarana penunjang suatu industri, karena utilitas merupakan penunjang proses utama dan memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Unit

penyediaan air berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baik ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitas.

Dalam proses pembuatan kertas dari bambu petung menggunakan air. Berikut merupakan unit yang memerlukan air tersebut yaitu:

1. Air Sanitasi

   Air sanitasi digunakan untuk keperluan para karyawan di lingkungan pabrik.

   Penggunaannya antara lain untuk konsumsi, mencuci, mandi, memasak, laboratorium, perkantoran dan lain-lain. Adapun syarat air sanitasi, meliputi:

   a. Syarat Fisik

      Tabel 2.13. Syarat Fisik Air Sanitasi

Suhu	Dibawah suhu udara
Bau	Tidak berbau
TDS	1500 mg/L
Rasa	Tidak berasa
Kekeruhan SiO_2	± 1 mg/L

   b. Syarat Kimia

      Table 2.14. Syarat Kimia Air Sanitasi

pH	6,5 – 8,5
Kesadahan	500 mg/L
Besi (Fe)	< 1 mg/L
Detergen	< 0,5 mg/L
Mangan (Mn)	< 0,5 mg/L
Seng (Zn)	< 16 mg/L

   c. Syarat Biologis

      Tidak mengandung kuman atau bakteri, terutama bakteri patogen.

2. Air Proses

   Air proses adalah air yang digunakan dalam proses pembuatan pulp. Air proses dalam pabrik ini digunakan untuk bahan baku pembuatan steam, proses pencucian (*washer*) pada *rotary vacuum filter*, dan pengenceran

pulp. Hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air adalah:

- Alkalinitas
- Keasaman (pH)
- Kekeruhan
- Warna
- Air yang digunakan tidak mengandung Fe dan Mn

2.6.2 Unit Penyediaan Steam

Steam atau uap adalah media pemanas bagi banyak unit operasi. Pada pabrik kertas ini, steam yang digunakan adalah saturated steam. Steam digunakan pada alat *digester, bleaching tank, dan dryer*.

2.6.3 Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Selain sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power-power yang dinilai penting.

1. Listrik dari PLN

   Unit penyediaan tenaga listrik yaitu untuk proses, daerah pengolahan air, penerangan, instrumentasi dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan sumber listrik utama dari pabrik kertas ini.

2. Listrik dari generator set

   Sumber listrik dari generator set digunakan sebagai tenaga listrik cadangan saat terjadi pemadamam tak terduga dari PLN.

2.6.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah *Diesel oil*, pemilihan jenis bahan bakar didasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut: Harganya relatif murah, mudah didapat, viskositas

rendah sehingga mudah mengalami pengabutan. *Heating Value*nya relatif tinggi, serta tidak menyebabkan kerusakan pada alat.

2.7 Lokasi Pendirian Pabrik

Pabrik kertas yang akan dibangun ini direncanakan dibangun di Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. Lokasi pabrik ini dipilih karena Kabupaten Bondowoso merupakan daerah penghasil bambu petung dengan luas lahan 24 ribu hektare. Saat ini pemerintah sedang meningkatkan budidaya bambu petung di wilayah tersebut. Selain itu kondisi geografis serta ekologis Kabupaten Bondowoso sangat cocok untuk pertumbuhan bambu petung sebagai bahan baku pulp dan kertas (Setiawan 2016).

Lokasi ini mendukung aspek ketersediaan bahan baku, sumber air, listrik, bahan bakar, tenaga kerja, sarana dan transportasi pemasaran. Untuk mengantisipasi kekurangan suplai bahan baku, bambu petung juga dapat diperoleh dari Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Jember.

UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI
MALANG