



TUGAS AKHIR - TK145501

**PABRIK KERTAS CETAK DARI KENAF  
(*Hibiscus cannabinus*) DENGAN PROSES  
SODA**

EGI HEDYA RAMADHANI  
NRP. 2314 030 029

HANDINI DWI REKSA PALUPI  
NRP. 2314 030 042

Dosen Pembimbing  
Ir. Elly Agustiani, M.Eng.

Dosen Co Pembimbing  
Nurlaili Humaidah, S.T, M.T.

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA  
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



---

TUGAS AKHIR - TK145501

**PABRIK KERTAS CETAK DARI KENAF  
(*Hibiscus cannabinus*) DENGAN PROSES  
SODA**

EGI HEDYA RAMADHANI  
NRP. 2314 030 029

HANDINI DWI REKSA PALUPI  
NRP. 2314 030 042

Dosen Pembimbing  
Ir. Elly Agustiani, M.Eng.

Dosen Co Pembimbing  
Nurlaili Humaidah, S.T, M.T.

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA  
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



---

FINAL PROJECT - TK145501

**PRINTING PAPER MILL FROM KENAF (*Hibiscus  
cannabinus*) BY SODA PROCESS**

EGI HEDYA RAMADHANI  
NRP. 2314 030 029

HANDINI DWI REKSA PALUPI  
NRP. 2314 030 042

Supervisor  
Ir. Elly Agustiani, M.Eng.

Co-Supervisor  
Nurlaili Humaidah, S.T, M.T.

STUDY PROGRAM OF DIII CHEMICAL ENGINEERING  
DEPARTEMEN OF CHEMICAL ENGINEERING INDUSTRY  
Faculty of Vocational  
Institute Technology of Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

# LEMBAR PENGESAHAN

## LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL : PABRIK KERTAS CETAK DARI KENAF (*Hibiscus Cannabinus*) DENGAN PROSES SODA

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Departemen Teknik Kimia Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Egi Hedy Ramadhanani  
Handini Dwi Rekso Palupi

(NRP 2314 030 029)  
(NRP 2314 030 042)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing

Dosen Co Pembimbing



Ir. Elly Agustiani, M.Eng.  
NIP. 19580819 198503 2 002



Nurlaili Humaidah, ST, MT  
NIP. 2300201308001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri  
FV-ITS



Ir. Agung Subyakto, M.S.  
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 24 JULI 2017

## LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 12 Juli 2017 untuk tugas akhir dengan judul **“Pabrik Kertas Cetak dari Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) dengan Proses Soda”**, yang disusun oleh :

Egi Hedyah Ramadhani  
Handini Dwi Reksa Palupi

(NRP 2314 030 029)  
(NRP 2314 030 042)


Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Ir. Sri Murwanti, MT.



.....


2. Ir. Imam Syafril, MT.



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Elly Agustiani, M.Eng.



.....

2. Nurlaili Humaidah, ST, MT.



.....

SURABAYA, 24 JULI 2017

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat – Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **Pabrik Kertas Cetak dari Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) dengan Proses Soda.**

Laporan tugas akhir ini merupakan tahap akhir dari penyusunan tugas akhir yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (Amd) di Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi ITS. Pada kesempatan kali ini atas segala bantuan dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini, kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat, Hidayah-Nya serta memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Ayah, Ibu, adik, serta keluarga yang senantiasa telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis secara moril dan materiil serta do'a yang membuat penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu serta usaha yang maksimal.
3. Bapak Ir. Agung Subaktyo, MS selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi ITS.
4. Ibu Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT selaku Ka Sie Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi ITS.
5. Ibu Ir. Elly Agustiani M. Eng selaku dosen pembimbing kami.
6. Ibu Nurlaili Humaidah, ST, MT selaku dosen pembimbing kami.
7. Bapak Ir. Imam Syafril, MT dan Ibu Ir. Sri Murwanti, MT selaku dosen penguji.
8. Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P, M.Pd selaku dosen wali dari mahasiswi Egi Hedy R.
9. Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng selaku dosen wali dari mahasiswi Handini Dwi Reksa P.

10. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi ITS.
11. Kedua orang tua dan keluarga kami yang telah banyak memberikan dukungan moral dan materiil.
12. Rekan – rekan seperjuangan angkatan 2014 serta angkatan 2015 dan angkatan 2016.
13. Teman dan sahabat yang telah memberikan dukungan selama ini.
14. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, Juli 2017  
Penyusun

## **PABRIK KERTAS CETAK DARI KENAF (*Hibiscus Cannabinus*) DENGAN PROSES SODA**

Nama Mahasiswa : Egi Hedy Ramadhan (2314 030 029)  
Handini Dwi Reksa P (2314 030 042)  
Program Studi : Departemen Teknik Kimia Industri  
Dosen Pembimbing : Ir. Elly Agustiani, M. Eng.  
Nurlaili Humaidah, ST.MT.

### **ABSTRAK**

*Industri kertas merupakan salah satu industri di Indonesia yang memiliki prospek yang cukup baik di masa mendatang, serta dapat memberikan kontribusi dalam perekonomian Indonesia. Ketersediaan kenaf yang belum banyak dimanfaatkan, serta peluang untuk diolah menjadi kertas cukup baik, maka direncanakan pendirian pabrik kertas dengan bahan baku kenaf. Pabrik kertas ini bekerja dengan proses soda. Berdasarkan bahan baku, kemudahan transportasi, sumber air, dan lahan, rencana lokasi pendirian pabrik adalah di Kutai, Kalimantan Timur.*

*Pembuatan kertas dengan proses soda melalui 4 tahap, yaitu tahap pre-treatment, tahap pemasakan yang bertujuan untuk menghilangkan lignin dengan menggunakan larutan NaOH 10% pada temperatur 170°C dengan tekanan 8 bar, tahap ketiga yaitu bleaching yang bertujuan untuk meningkatkan brightness pada kertas dengan peroksida-klorinasi-ekstraksi alkali masing-masing sebagai delignifikasi, melarutkan hasil degradasi lignin dan meningkatkan brightness kertas minimal 75%, serta tahap terakhir adalah tahap post-treatment yang bertujuan untuk pembentukan lembaran kertas dan mengurangi kadar air pada kertas, sehingga kertas hanya memiliki kadar air sebesar 5%.*

*Pabrik kertas bekerja secara kontinyu dan beroperasi selama 300 hari/tahun dengan kapasitas produksi 75.000 ton/tahun. Bahan baku berupa kenaf yang dibutuhkan yaitu 111.947.100 kg/tahun dengan bahan baku pendukung berupa NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, serta Cl<sub>2</sub>. Kebutuhan utilitas berupa air sanitasi, air umpan boiler, air make up kondensat dan air proses masing – masing 51600; 47.984.028; 9.596.805,3; 401.549.142 m<sup>3</sup>/tahun. Limbah yang dihasilkan dari industri ini yaitu black liquor, limbah pencucian bubur pulp serta limbah padat.*

**Kata Kunci:** Kertas, Pulp, Kenaf (*Hibiscus cannabinus*), Soda, Brightness, Pandia Digester, ISO



## **PRINTING PAPER MILL FROM KENAF (*Hibiscus Cannabinus*) BY SODA PROCESS**

Nama Mahasiswa : Egi Hedy Ramadhan (2314 030 029)  
Handini Dwi Rekso P (2314 030 042)  
Program Studi : Departemen Teknik Kimia Industri  
Dosen Pembimbing : Ir. Elly Agustiani, M. Eng.  
Nurlaili Humaidah, ST.MT.

### **ABSTRACT**

*Paper industry is one industry in Indonesia which has a bright prospect in the future and contribute to the economy of Indonesia. Availability of kenaf not yet widely used, the planned establishment of paper mill with raw material kenaf. This paper mill worked by process of Soda. Based on the supply of raw materials, the availability of water, and the easy of transportation, so the location of establishment of the factory selected in the area Kutai of East Kalimantan.*

*There are 4 steps in reeds paper making with the soda process. The first step is the pre treatment with the purpose to eliminate the impurities on raw materials. The second step is cooking and bleaching, cooking with 10% NaOH solution by cooking temperature 170°C and pressure 8 bar. Bleaching using hydrogen peroxide-chlorine-extraction alkaly, from the process of bleaching obtained minimum brightness 75%. The last stage, as well as finishing the drying stage where the pulp is reduced up to 5% water content and formed sheet.*

*Paper mill works and operates continuously for 300 day/year with a production capacity of 75.000 ton/year. Kenaf that needed is around 111.947.100 kg/year with supporting materials like NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and Cl<sub>2</sub>. The utility needs are water sanitation, water process and make up water each of 51600; 47.984.028; 9.596.805,3; 401.549.142 m<sup>3</sup>/year. Waste produced from this industry is black liquor, pulp slurry leaching waste and solid waste.*

**Key word:** Paper, Pulp, Kenaf (*Hibiscus cannabinus*), Soda, Brightness, Pandia Digester, ISO

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang .....	I-1
I.2 Dasar Teori .....	I-7
I.3 Kegunaan .....	I-15
I.4 Sifat Fisika dan Kimia .....	I-15
<b>BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES</b>	
II.1 Macam Proses.....	II-1
II.2 Seleksi Proses .....	II-10
II.3 Uraian Proses Terpilih.....	II-14
<b>BAB III NERACA MASSA</b> .....	III-1
<b>BAB IV NERACA PANAS</b> .....	IV-1
<b>BAB V SPESIFIKASI ALAT</b> .....	V-1
<b>BAB VI UTILITAS</b>	
VI.1 Sistem Pengolahan Air.....	VI-1
VI.2 Proses Pengolahan Air .....	VI-6
VI.3 Perhitungan Kebutuhan Air .....	VI-8
VI.4 Steam .....	VI-10
<b>BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA</b>	
VII.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Secara Umum .....	VII-1
VII.2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Secara Khusus .....	VII-7
VII.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Alat .....	VII-10

## **BAB VIII INSTRUMENTASI**

VIII.1 Alat Ukur Secara Umum ..... VIII-1

VIII.2 Sistem Instrumentasi pada Pabrik Kertas

Cetak dari Kenaf..... VIII-4

**BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA.... IX-1**

**BAB X KESIMPULAN..... X-1**

**DAFTAR NOTASI..... x**

**DAFTAR PUSTAKA ..... xii**

### **LAMPIRAN :**

APPENDIX A NERACA MASSA ..... A-1

APPENDIX B NERACA PANAS ..... B-1

APPENDIX C SPESIFIKASI ALAT ..... C-1

Flowsheet Proses Pabrik Kertas Cetak dari Kenaf

Flowsheet Utilitas Pabrik Kertas Cetak dari Kenaf

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar I.1</b> Peta Lokasi Pabrik Kertas.....	I-4
<b>Gambar I.2</b> Kenaf ( <i>Hibiscus cannabinus</i> ).....	I-6
<b>Gambar I.3</b> Struktur Selulosa.....	I-7
<b>Gambar I.4</b> Struktur Hemiselulosa.....	I-7
<b>Gambar I.5</b> Struktur Lignin.....	I-8

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel I.1</b> Perkembangan Inpor, Ekspor, Produksi, dan Konsumsi Kertas Tahun 2010-2014 di Indonesia .....	I-2
<b>Tabel I.2</b> Sifat Fisika Serat Kenaf ( <i>Hibiscus cannabinus</i> ) .....	I-5
<b>Tabel I.3</b> Komposisi Serat Kenaf ( <i>Hibiscus cannabinus</i> ) .....	I-5
<b>Tabel II.1</b> Kondisi Operasi dari Berbagai Macam Proses Pembuatan <i>Pulp</i> .....	II-6
<b>Tabel II.2</b> Keuntungan dan Kerugian Berbagai Proses Secara Kualitatif .....	II-7
<b>Tabel III.1</b> Komposisi Kenaf .....	III-1
<b>Tabel III.2</b> Neraca Massa pada Belt Conveyor .....	III-1
<b>Tabel III.3</b> Neraca Massa pada Rotary Cutter.....	III-2
<b>Tabel III.4</b> Neraca Massa pada Vibrating Screen .....	III-2
<b>Tabel III.5</b> Neraca Massa pada Chip Bin .....	III-3
<b>Tabel III.6</b> Neraca Massa pada Tangki Pengenceran NaOH ...	III-3
<b>Tabel III.7</b> Neraca Massa pada Pandia Digester .....	III-3
<b>Tabel III.8</b> Neraca Massa pada Blow Tank.....	III-4
<b>Tabel III.9</b> Neraca Massa pada Washer I .....	III-5
<b>Tabel III.10</b> Neraca Massa pada Tangki Pengenceran H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ....	III-5
<b>Tabel III.11</b> Neraca Massa pada Mixer H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> <i>Bleaching</i> .....	III-6
<b>Tabel III.12</b> Neraca Massa pada Reaktor H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	III-6
<b>Tabel III.13</b> Neraca Massa pada Washer II.....	III-7
<b>Tabel III.14</b> Neraca Massa pada Tagki Pengenceran Pulp.....	III-8
<b>Tabel III.15</b> Neraca Massa pada Reaktor <i>Chlorination</i> .....	III-8
<b>Tabel III.16</b> Neraca Massa pada Washer III .....	III-9
<b>Tabel III.17</b> Neraca Massa pada Tangki Pengenceran NaOH .....	III-9
<b>Tabel III.18</b> Neraca Massa pada Mixer Ekstraksi Alkali .....	III-10
<b>Tabel III.19</b> Neraca Massa pada Reaktor Ekstraksi Alkali .....	III-10
<b>Tabel III.20</b> Neraca Massa pada Washer IV .....	III-11
<b>Tabel III.21</b> Neraca Massa pada <i>Storage Tank</i> .....	III-11
<b>Tabel III.22</b> Neraca Massa pada Head Box .....	III-12
<b>Tabel III.23</b> Neraca Massa pada Wire Part .....	III-12
<b>Tabel III.24</b> Neraca Massa pada Drum Dryer .....	III-12

<b>Tabel III.25</b>	Neraca Massa pada Calendering Stack .....	III-13
<b>Tabel IV.1</b>	Neraca Panas Pada Tangki Pengenceran NaOH ....	IV-1
<b>Tabel IV.2</b>	Neraca Panas Pada Pandia Digester (R-210) .....	IV-2
<b>Tabel IV.3</b>	Neraca Panas Pada Blow Tank.....	IV-4
<b>Tabel IV.4</b>	Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-224) .....	IV-5
<b>Tabel IV.5</b>	Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter I.....	IV-6
<b>Tabel IV.6</b>	Neraca Panas Pada Mixer H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	IV-8
<b>Tabel IV.7</b>	Neraca Panas Pada Reaktor H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	IV-9
<b>Tabel IV.8</b>	Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-243) .....	IV-10
<b>Tabel IV.9</b>	Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter II .....	IV-11
<b>Tabel IV.10</b>	Neraca Panas PadaTangki Pengenceran Pulp .....	IV-13
<b>Tabel IV.11</b>	Neraca Panas Pada Reaktor Klorin .....	IV-14
<b>Tabel IV.12</b>	Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-263) .....	IV-15
<b>Tabel IV.13</b>	Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter III .....	IV-16
<b>Tabel IV.14</b>	Neraca Panas Pada Mixer NaOH .....	IV-17
<b>Tabel IV.15</b>	Neraca Panas Pada Reaktor NaOH .....	IV-18
<b>Tabel IV.16</b>	Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-282) .....	IV-20
<b>Tabel IV.17</b>	Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter (H-280) .....	IV-21
<b>Tabel IV.18</b>	Neraca Panas Pada Dryer .....	IV-22
<b>Tabel VI.1</b>	Baku Mutu Air Umpan Boiler.....	VI-3
<b>Tabel VI.2</b>	Syarat Air Pendingin .....	VI-5
<b>Tabel VI.3</b>	Kebutuhan Air Umpan Boiler Pabrik.....	VI-5
<b>Tabel VI.4</b>	Kebutuhan Air Proses pada Pabrik.....	VI-9
<b>Tabel VI.5</b>	Kebutuhan Steam .....	VI-11

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang Masalah**

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka bertambah pula kebutuhan manusia terhadap barang keperluan sehari-hari termasuk diantaranya kertas. Peningkatan kebutuhan kertas terlihat seiring meningkatnya konsumsi kertas di Indonesia (*Bintaryanto, 2013*).

Perkembangan ini mengakibatkan permintaan bahan baku pulp dan kertas meningkat, yang sampai saat ini masih didominasi oleh kayu. Pada perkembangannya, permintaan bahan baku kayu tersebut ternyata tidak bisa diimbangi oleh ketersediaan dan pasokan kayu yang ada. Hal ini disebabkan karena kayu ternyata juga digunakan sebagai bahan baku utama oleh industri pengolahan kayu yang lainnya. Rendahnya ketersediaan kayu telah menimbulkan kekhawatiran akan keberlangsungan proses produksi industri pulp dan kertas, sehingga diperlukan suatu usaha untuk mencari sumber serat alternatif selain kayu. Indonesia merupakan Negara dengan biodiversitas yang tinggi sehingga peluang untuk mendapatkan sumber serat baru sangat terbuka (*Marsoem, 2009*).

Salah satu bahan baku pengganti industri pulp dan kertas yang mudah dalam proses pengelolannya adalah kenaf. Kenaf memiliki serat yang cukup potensial untuk dikembangkan dan dimanfaatkan secara optimal. Serat dari tanaman kenaf ini dapat dimanfaatkan menjadi pulp, kertas, tali, karung goni dan juga papan fiber. Penggunaan kenaf sebagai bahan baku pembuatan kertas dapat menghasilkan kertas yang cerah, berkualitas tinggi dan juga tidak mudah berubah warna menjadi kekuningan (*Hakin, 2004*).

Selain menghasilkan kertas yang berkualitas tinggi, pemilihan kenaf sebagai bahan baku pengganti pada industri kertas dan kayu, tanaman kenaf memiliki beberapa keunggulan lainnya, seperti daya adaptasi yang luas sehingga dapat



dikembangkan pada berbagai lahan/tanah seperti lahan banjir, lahan gambut, dan lahan tadah hujan/lahan kering. Tanaman kenaf memiliki masa panen yang relatif lebih cepat yakni berkisar 3-5 bulan. Di sisi lain, kenaf merupakan salah satu tanaman perkebunan yang mampu menyerap karbondioksida dalam jumlah besar karena memiliki laju fotosintesis yang tinggi, sehingga selain bermanfaat sebagai bahan baku pembuatan pulp dan kertas, kenaf juga turut berkontribusi mengurangi emisi CO<sub>2</sub> melalui penghematan energi, serta mengurangi laju deforestasi dan emisi gas berbau lainnya. Dengan demikian, kenaf diharapkan mampu membantu pemerintah dalam upaya penurunan emisi gas rumah kaca disamping manfaatnya sebagai penyedia bahan baku serat alam untuk kebutuhan industri yang ramah lingkungan. Beberapa kawasan di Indonesia yang memiliki lahan yang berpotensi untuk mengembangkan budi daya kenaf adalah Riau, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur (*Santoso, 2015*).

### **1.1.1 Sejarah Teknologi Pulp dan Kertas**

Teknologi pulp dan kertas yang tercatat dalam sejarah adalah berawal pada peradaban Cina yang menyumbangkan kertas bagi dunia. Tsai Lun orang yang pertama kali menemukan kertas dari bahan bambu yang mudah di dapat di seantero Cina pada tahun 101 SM. Selanjutnya, teknik pembuatan kertas jatuh ke tangan orang-orang Arab pada masa Abbasiyah terutama setelah kalahnya pasukan Dinasti Tang dalam pertempuran Talas pada tahun 751 Masehi, dimana para tawanan-tawanan perang mengajarkan cara pembuatan kertas kepada orang-orang Arab sehingga pada zaman Abbasyah, munculah pusat-pusat industri kertas baik di Bagdad maupun Samarkand dan kota-kota industri lainnya, kemudian menyebar ke Italia dan India, lalu Eropa (*Wikipedia, 2014*).

Kemudian, Fourdinner pada tahun 1804 mengupgrade mesin pembuat pulp Louis Robert yang dikenal dengan nama mesin Fourdinner, kemudian pada tahun 1809 John Dikinson mengupgrade mesin fourdinner menjadi mesin silinder. Pulp yang





dihasilkan dari proses sebelumnya kurang baik, Watt dan Burges pada tahun 1825-1854 menemukan proses soda untuk meningkatkan kualitas pulp yang dihasilkan dengan menggunakan bahan kimia. Tregghmen (Amerika) pada tahun 1866 menemukan proses sulfit menghasilkan *pulp* dengan tingkat kemurnian selulose tinggi untuk memperbaharui proses soda. Dahl (Danzig) pada tahun 1879 menemukan proses kraft (sulfat) untuk memperbaharui proses kimia yang sudah ada dengan selektifitas delignifikasi yang tinggi dari proses sulfit (Casey, 1980).

Saat ini terdapat metode baru dalam proses pembuatan *pulp* dan kertas yang bernama organosolv. *Organosolv pulping* merupakan proses pemisahan serat dan lignin menggunakan berbagai macam pelarut organik, misalnya aseton, etanol, metanol, asam formiat, asam asetat dll (Marsoem, 2009).

### **I.1.2 Kapasitas Pabrik**

Dalam menentukan kapasitas produksi ketika akan mendirikan sebuah pabrik, hal penting yang harus dilakukan adalah melakukan analisa pasar. Penentuan kapasitas produksi tersebut merupakan hal dasar yang wajib dilakukan ketika akan membangun sebuah yang pabrik, karena dengan mengetahui kapasitas produksi sebuah pabrik, maka dapat ditentukan pula neraca massa, neraca panas, dan spesifikasi alat. Bahan baku yang akan digunakan oleh pabrik kertas ini adalah kenaf (*Hibiscus cannibinus*).

Berikut beberapa factor penting dalam perhitungan kapasitas produksi yaitu :

1. Ketersediaan bahan baku
2. Jumlah ekspor kertas di Indonesia
3. Jumlah impor kertas di Indonesia
4. Jumlah konsumsi kertas di Indonesia

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik kertas dari kenaf (*Hibiscus cannibinus*) ini adalah kapasitas pabrik. Pabrik kertas dengan bahan baku kenaf ini

---



direncanakan akan mulai beroperasi tahun 2022.

Berikut ini adalah data impor, ekspor, produksi serta konsumsi kertas periode waktu 2009-2014 :

**Tabel I.1** Perkembangan Impor, Ekspor, Produksi dan Konsumsi Kertas Tahun 2010-2014 di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)	Ekspor (ton/tahun)	Produksi (ton/tahun)	Konsumsi (ton/tahun)
2010	11.727,84	38.434,538	39.476	11.629,85
2011	13.241,002	30.452,868	2.178,6	126.825,2
2012	12.054,234	36.184,868	27.687	10.756
2013	10.054,435	52.427,334	2.820,33	5.797,67
2014	11.442,551	61.414,512	1.568,36	817,5

Sumber : Badan Pusat Statistik Nasional

Berdasarkan hasil grafik yang diperoleh dari data **Tabel I.1**, maka perkiraan volume kebutuhan produksi. Impor, ekspor, serta konsumsi kertas (dalam ton) pada tahun 2020 dapat dihitung. Berikut persamaan yang digunakan :

- Produksi :  $y = (-7517,4)x + 2.10^7$
- Impor:  $y = (-375.71)x + 767642$
- Ekspor :  $y = 6793x - 10^7$
- Konsumsi :  $y = (-14.268)x + 3.10^7$

Berdasarkan persamaan diatas, maka didapatkan konversi produksi, impor, ekspor, dan konsumsi kertas pada tahun 2022 adalah:

- Produksi : 4.814.852 ton/tahun
- Impor : 8.707,8 ton/tahun
- Ekspor : 3.722.668 ton/tahun
- Konsumsi : 1.178.640

Maka perkiraan kebutuhan kertas pada tahun 2022 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 & [\text{Kekurangan ketersediaan kertas}]_{2020} \\
 &= [\text{produksi} + \text{impor}]_{2020} - [\text{ekspor} + \text{konsumsi}]_{2020} \\
 &= [4.814.852 + 8.707,8] + [3.722.668 + 1.178.640] \\
 &= -77.748,2 \text{ ton/tahun} \approx -100.000 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$



Dengan asumsi adanya pabrik kertas lain yang masih beroperasi dan jumlah bahan baku yang tersedia, maka kapasitas pabrik baru yang akan beroperasi adalah 75% dari total kebutuhan kertas di tahun 2020, sehingga didapatkan kapasitas pabrik sebagai berikut :

Kapasitas pabrik =  $(75\% \times 100.000 \text{ ton/tahun}) = 75.000 \text{ ton/tahun}$

Kapasitas yang ditentukan = 75.000 ton/tahun

Kenaf yang dibutuhkan untuk produksi kertas ditentukan dengan metode sebagai berikut :

Kapasitas pabrik per tahun : 75.000 ton/tahun

Kapasitas pabrik per jam : 250.000 kg/hari

Basis : 1000 kg/hari

Konversi : 67%

Kenaf yang dibutuhkan : 111.947,1 ton/tahun

Maka, kapasitas pabrik yang akan dibangun tahun 2020 yaitu 75.000 ton/tahun = 250 ton/hari dengan masa kerja 300 hari.

### **I.1.3 Lokasi Pabrik**

Ada beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik, antara lain: penyediaan bahan baku, pemasaran produk, fasilitas transportasi dan tenaga kerja. Pemilihan lokasi suatu juga merupakan salah satu penunjang keberhasilan suatu pabrik dan akan mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan pabrik tersebut.

Pabrik kertas ini akan direncanakan dibangun di Kutai Timur, Kalimantan Timur. Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik di Kutai, Kalimantan Timur antara lain sebagai berikut:

#### **1. Ketersediaan Bahan Baku**

Lokasi pabrik kertas direncanakan akan didirikan di Kutai, Kalimantan Timur karena di daerah tersebut memiliki luas lahan kosong yang cukup luas, yakni sekitar 750.147 Ha. Selain itu, saat ini pemerintah Kalimantan sedang mengembangkan budidaya kenaf di wilayah tersebut serta kondisi geografis serta ekologis Kutai Timur sangat cocok untuk pertumbuhan kenaf. Sehingga dengan ini, bahan baku kenaf dapat terpenuhi untuk



proses produksi.

## 2. Ketersediaan Air

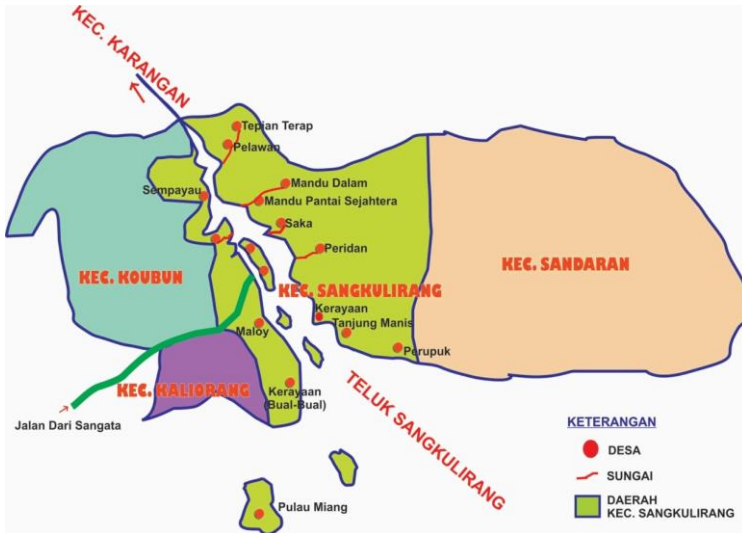
Air merupakan hal terpenting pada suatu pabrik. Kebutuhan air pabrik meliputi air pendingin proses, air umpan boiler, air konsumsi umum, dan air sanitasi serta air pemadam bila terjadi kecelakaan. Di daerah Kutai ketersediaan air sangat memadai karena dilintasi oleh aliran sungai Mahakam yang memiliki beberapa anak sungai.

## 3. Transportasi

Pendirian pabrik ditempatkan di Kutai, Kalimantan Timur dengan pertimbangan untuk mempermudah sarana transportasi. Karena daerah ini berlokasi dekat dengan Pelabuhan Maloy sehingga mempermudah kegiatan ekspor, impor, dan pengangkutan bahan baku lainnya jika diperlukan.

## 4. Sumber Daya Manusia (SDM)

Indonesia mempunyai tenaga yang ahli dan terampil dalam pengelolaan industri *pulp* dan kertas, karena Indonesia telah mempunyai pengalaman yang panjang dalam bidang industri *pulp* dan kertas. Disadari bahwa industri *pulp* dan kertas di Indonesia telah berdiri pada tahun 1923. Selain itu, adanya Akademi Teknologi *Pulp* dan Kertas (ATPK) dan perguruan tinggi lainnya mampu mensuplai kebutuhan SDM yang terampil di bidang industri *pulp* dan kertas.



Gambar I.1 Peta Lokasi Pabrik Kertas

## I.2 Dasar Teori

### I.2.1 Pulp dan Kertas

Kertas merupakan bahan yang tipis dan rata, yang dihasilkan dengan kompresi serat. Serat yang digunakan biasanya adalah serat alami, dan mengandung selulosa dan hemiselulosa. Kertas merupakan bahan yang sering dipakai dan selalu berhubungan dengan manusia. Setidaknya sampai saat ini kertas masih dipercaya sebagai bahan yang paling efektif dan efisien sebagai media buku. Sehingga dengan demikian kertas merupakan sarana yang tergolong vital dalam kehidupan manusia yang kebutuhannya semakin meningkat dari tahun ke tahun (Hadi, 2008)

### I.2.2 Kenaf

Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) merupakan tumbuhan non kayu berbatang tunggal yang banyak tumbuh di pulau Jawa dan Kalimantan. Tumbuhan ini merupakan penghasil serat sehingga



dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *pulp* dan kertas (Widyaningsih, 2007).

Dalam Kardiansyah dan Sugesty (2014), Ibrahim menyatakan bahwa kenaf (*Hibiscus cannabinus*) termasuk ke dalam tanaman tropis tahunan cepat tumbuh dari keluarga *Malvaceae* yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan benang, kanvas, dan karung. Telah banyak penelitian terhadap kenaf sebagai bahan nonkayu yang berpotensi digunakan sebagai bahan baku *pulp* dan kertas bersamaan meningkatnya permintaan global untuk kebutuhan kertas dan produk kertas.

Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) tumbuh secara ramping dengan batang yang lurus dan memiliki ketinggian sekitar 3,5 – 4 meter dan diameter sekitar 4 cm. Tanaman ini mencapai kematangan atau siap dipanen dalam waktu 120-130 hari dari masa penyemaian. Tanaman kenaf berasal dari Afrika tengah timur, yang kemudian tumbuh secara luas di India dan beberapa daerah di Asia Selatan lainnya. Tanaman ini siap dipanen ketika berumur 4 – 5 bulan. Hasil panen per hektar sangat bervariasi. Ketika tanaman ini benar-benar dibudidayakan dan ditanam dengan baik, maka akan menghasilkan 15-20 ton/hektar (Casey, 1980).

Menurut Kardiansyah dan Sugesty (2014), sifat fisika dari serat kenaf adalah sebagai berikut :

**Tabel I.2** Sifat Fisika Serat Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)

Parameter	Keterangan
Panjang serta (L), mm	4,24
Diameter luar (D), $\mu\text{m}$	28,09
Diameter dalam (lumen) (l), $\mu\text{m}$	10,33
Tebal dinding (w), $\mu\text{m}$	8,88



Menurut Sudjindro (2011), komposisi serat kenaf adalah sebagai berikut :

**Tabel I.3** Komposisi Serat Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)

Parameter	Persentase
Selulosa	65,7%
Hemiselulosa	20%
Lignin	11,3%
Abu	3%

Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*  
Divisi : *Tracheophyta*  
Sub Divisi : *Spermathophytina*  
Kelas : *Magnoliopsida*  
Ordo : *Malvales*  
Famili : *Malvaceae*  
Genus : *Hibiscus L.*  
Spesies : *Hibiscus cannabinus L.*



**Gambar I.2** Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)

### I.2.3 Selulosa

Selulosa merupakan struktur dasar sel-sel tanaman. Selulosa terdapat pada semua rumput laut, flagelata, dan bacteria. Di dalam kayu, selulosa tidak hanya disertai dengan poliosa dan lignin, tetapi juga terikat di dalam kayu, sehingga diperlukan proses pemisahan dengan perlakuan secara kimia. Selulosa merupakan bahan dasar dari beberapa produk teknologi seperti kertas, film, serat, aditif, dan lain sebagainya. *Pulp* yang kemudian dapat diproses lagi menjadi kertas berasal dari kayu ataupun tanaman non kayu yang berserat. Dalam pembuatan *pulp*, diperlukan berbagai bahan kimia yang dapat diproses pada keadaan asam, netral, ataupun alkali, dan pada tekanan tertentu sehingga menghasilkan kertas yang memiliki sifat-sifat yang berbeda (D. Fangel dan G. Wegener, 1995).

Selulosa dapat larut dalam asam pekat. Proses pelarutan selulosa dimulai dengan degradasi struktur serat yang akan menghasilkan disintegrasi yang sempurna menjadi molekul-

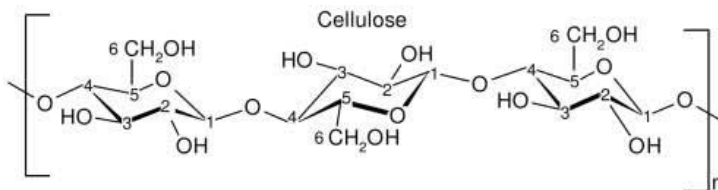




molekul individual dengan panjang rantai yang tidak berubah. Degradasi structural supramolekul terjadi dengan pembengkakan yang kuat dalam ketebalannya pada saat pelarutan serat selulosa dalam kompleks logam, sedangkan dalam pelarut tak berair yang mengandung amina dan pelarut organik polar. Proses pelarutan berlangsung perlahan-lahan dimulai pada permukaan serat (D. Fangel dan G. Wegener, 1995).

Selulosa merupakan senyawa organik ( $C_6H_{10}O_5$ ) penyusun utama kayu berupa polimer alami yang panjang dan linier terdiri dari residu  $\beta$ -D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosida pada posisi C1 dan C4. 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, 2009). Sifat penting pada selulosa yang penting untuk pembuatan kertas:

1. Gugus aktif alkohol (dapat mengalami oksidasi)
2. Derajat polimerisasi (serat menjadi panjang).



**Gambar I.3** Struktur Selulosa

Menurut Casey (1980), selulosa dapat dibedakan menjadi :

**a. Selulosa Alpha**

Selulosa jenis ini merupakan selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP 600-1500 pada suhu 200°C dan merupakan bentuk sesungguhnya yang telah dikenal sebagai selulosa. Selulosa alpha ini dapat dipakai sebagai penduga atau penentu tingkat kemurnian



selulosa.

### b. Selulosa Betha

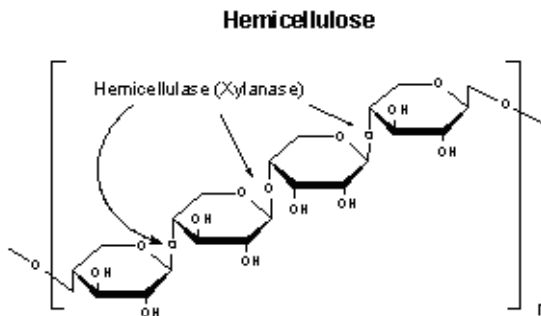
Selulosa jenis ini termasuk ke dalam golongan selulosa berantai pendek, dapat larut dalam NaOH 17,5% pada suhu 200°C dan akan mengendap bila larutan tersebut berubah menjadi larutan yang memiliki suasana asam.

### c. Selulosa Gamma

Untuk selulosa jenis ini mudah larut dalam larutan NaOH 17,5% pada suhu 200°C dan tidak akan membentuk endapan setelah larutan tersebut dinetralkan.

## I.2.4 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel tumbuhan yang terdiri dari kumpulan beberapa unit gula/heteropolisakarida dan dikelompokkan berdasarkan residu gula utama sebagai penyusunnya seperti xilan, mannan, galactan dan glucan. Umumnya, hemiselulosa tidak larut dalam air, tetapi larut dalam larutan alkali encer, sehingga lebih mudah untuk dihidrolisis oleh selulosa. Hemiselulosa mempunyai berat molekul rendah dibandingkan dengan selulosa dan terdiri dari D-xilosa, D-mannosa, D-galaktosa, D-glukosa, L-arabinosa, 4-O-metil glukoronat, D-galakturonat dan asam D-glukoronat (Casey, 1980).



**Gambar I.4** Struktur Hemiselulosa



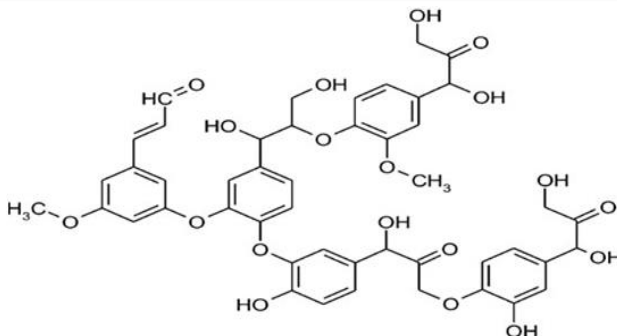
Hilangnya selulosa akan mengakibatkan adanya lubang diantara fibril dan berkurangnya ikatan antar serat, namun kada hemiselulosanya yang terlalu tinggi akan menyebabkan kertas tembus cahaya, kaku dan rapuh (*Casey, 1980*).

### **I.2.5 Pentosan**

Pentosan adalah bagian dari hemiselulosa yang terdapat dalam dinding sel. Pentosan merupakan bagian dari hemiselulosa dengan jumlah atom karbon 5 ( $C_5$ ). Rendahnya pentosan 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, 2005*).

### **I.2.6 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, 2009*).



Lignin

Gambar I.5 Struktur Lignin

Reaksi dengan senyawa-senyawa tertentu banyak dimanfaatkan dalam proses pembuatan *pulp* dan kertas dimana lignin yang terbentuk dapat dipisahkan, sedangkan reaksi oksidasi terhadap lignin banyak dipergunakan dalam proses pemutihan. Lignin dapat mengurangi daya pengembangan serat serta ikatan antar serat (D. Fanfel dan G. Wegener, 1995).

*Pulp* dan kertas akan mempunyai sifat fisik atau kekuatan yang baik jika mengandung sedikit lignin karena lignin bersifat menolak air (*hydrophobic*) dan kaku, sehingga menyulitkan dalam proses penggilingan. Lignin juga mempunyai gugus pembawa warna (gugus kromofor) yang akan bereaksi dengan larutan pemasak pada digester sehingga menyebabkan wana *pulp* yang dihasilkan akan menjadi gelap. Banyaknya lignin juga akan berpengaruh pada banyaknya konsumsi bahan kimia dalam pemasakan dan pemutihan (Casey, 1980).

### I.2.7 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, 2005).



### I.3 Kegunaan

Kertas merupakan bahan yang tipis dan rata, yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari *pulp*. Serat yang digunakan biasanya merupakan serat alami, dan mengandung selulosa serta hemiselulosa. *Pulp* yang dihasilkan dengan proses soda dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan produk kertas fungsional seperti :

- Kertas budaya terdiri atas : kertas koran, kertas tulis cetak dan, kertas berharga (kertas untuk saham, kertas perangko, dll.
- Kertas tissue terdiri atas : kertas tissue rumah tangga dan kertas sigaret.
- Kertas industri : kertas glasin dan kertas tahan minyak, kertas berlapis (laminated), kertas perkamen.

Secara umum, kertas memiliki beberapa kegunaan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sebagai media komunikasi
2. Sebagai media menulis
3. Sebagai media melukis
4. Sebagai kemasan makanan

### I.4 Sifat Fisika dan Kimia

Menurut Perry's (1997), sifat unsur kimia penyusun bahan baku berserat, baik kayu maupun non kayu adalah sebagai berikut :

#### a. Selulosa

- Wujud : Polimer padat
- Warna : Putih
- Spesifik gravity :  $1,61 \text{ g/cm}^3$
- Rumus molekul :  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$



- Kapasitas panas : 0,32 cal/g°C

### b. Hemiselulosa

- Larut dalam alkali encer dan air panas
- Terhidrolisa oleh asam-asam encer menjadi furfural

### c. Lignin

- Larut dalam larutan NaOH
- Kurang larut dalam air
- Reaktif karena mengandung gugus karboksi, metoksil dan karbonil

## I.5 Bahan Baku Pendukung

### I.5.1 NaOH ( Natrium Hidroksida)

#### Sifat fisika

Adapun beberapa sifat dari Natrium Hidroksida menurut MSDS yaitu :

- Berat Molekul : 40 gr/mol
- Titik lebur : 318°C
- Titik didih : 1390°C
- Kelarutan dalam air : 111 g/100 ml (20°C)
- Berupa cairan
- Tidak berbau
- Larut dalam air

#### Sifat kimia

- Bersifat Korosif dan higrokopis
- Mudah larut dalam air dingin, etanol, eter dan gliserin
- Mudah bereaksi dengan logam, asam, alkali, zat pengoksidasi, zat pereduksi

### 1.5.2 Klorin (Cl<sub>2</sub>)

#### Sifat Fisik

Adapun beberapa sifat dari Klorin menurut MSDS yaitu :

- Berat molekul : 71 gr/mol



- Titik lebur :  $-101^{\circ}\text{C}$
- Titik didih :  $-34,05^{\circ}\text{C}$
- Densitas :  $2,7 \text{ kg/m}^3$  (pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$ )
- Kelarutan dalam air :  $8620 \text{ mg/L}$
- Berwarna kijau kekuningan, dan berupa fase gas

### Sifat Kimia

- Dalam bentuk ion klorida, unsur ini adalah pembentuk garam dan senyawa lain yang tersedia di alam dalam jumlah yang sangat berlimpah dan diperlukan untuk pembentukan hampir semua bentuk kehidupan, termasuk manusia.
- Dalam bentuk gas, klorin berwarna kuning kehijauan, dan sangat beracun. Dalam bentuk cair atau padat, klor sering digunakan sebagai oksidan, pemutih, atau desinfektan.

(Meirina, 2011)

### I.5.3 $\text{H}_2\text{O}_2$ (Hidrogen Peroksida)

Berdasarkan MSDS, berikut adalah sifat fisika hydrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) :

- Sifat Fisika

Parameter	Keterangan
Berat molekul	34 gr/mol
Bentuk	Cair
<i>Melting point</i> ( $^{\circ}\text{C}$ )	-0,41
<i>Boiling point</i> ( $^{\circ}\text{C}$ )	150
Densitas ( $25^{\circ}\text{C}$ , gr/ml)	1,4425
Viskositas ( $20^{\circ}\text{C}$ , Cp)	1,245
Panas Pembentukan (J/kg)	367,52
Kapasitas panas ( $25^{\circ}\text{C}$ , J/g.K)	2,628
Konstanta disosiasi ( $20^{\circ}\text{C}$ )	$1,78 \times 10^{-12}$
Konduktivitas termal	$4 \times 10^{-7}$

Menurut Kirk (2000), selain memiliki sifat fisika, hydrogen



peroksida juga memiliki sifat kimia, diantaranya sebagai berikut :

- Sifat Kimia
  - $\text{H}_2\text{O}_2$  dapat mereduksi senyawa logam (II) peroksida
 
$$\text{M}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{M} \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
  - Dapat terdekomposisi membentuk air dan  $\text{O}_2$ 

$$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$$
  - $\text{H}_2\text{O}_2$  dapat mereduksi senyawa oksida
 
$$\text{AgO} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$$

$$2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_2$$
  - $\text{H}_2\text{O}_2$  pekat dapat bereaksi dengan hidrasin hidrat membentuk nitrogen dan air disertai ledakan
 
$$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NH}_2\text{NH}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$$

## I.6 Produk

### I.6.1 Produk Utama (Kertas)

Menurut SNI 7274:2008, kertas cetak memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Wujud : Padatan
- Bentuk : Lembaran
- Warna : Putih
- Daya Regang : Maks. 4%
- Ketahanan Cabut : Min. 300 P.m/s
- Index Tarik : 2 kN/m
- Brightness : Min. 75% ISO
- Kadar Air : 4,5 – 6,0%

### I.6.2 Produk Samping (Black Liquor)

Produk samping yang dihasilkan adalah *black liquor*. Komposisi bahan kimia yang terkandung dalam *Black Liquor* adalah NaOH,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  (Thomas M, 1989) dan juga masih mengandung bahan total belerang tereduksi (TRS) yang tidak menguap. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan *Econotech* bahwa didalam *Black Liquor* terdapat logam-logam yang diantaranya merupakan logam berbahaya antara lain :





Timbal, Besi, Mangan, Nikel, Zink, Cadmium, Chromium, Cobalt, Tembaga dan Arsen. Keberadaan logam-logam tersebut jika melewati ambang batas maka dapat mencemari lingkungan. *Black Liquor* sangat berperan penting dalam industri pulp, karena dapat didaur ulang menjadi lindi hijau dimana pada *recovery boiler* diasup oleh natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) agar kekurangan  $\text{SO}_4^{2-}$  pada digester dapat dipenuhi pada green liquor mengalami proses caustisasi menjadi lindi putih (*TPL, 2002*).



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **MACAM DAN URAIAN PROSES**

#### **II.1. Macam Proses**

Pembuatan *pulp* bertujuan untuk memisahkan bahan serat dengan bahan lain seperti lignin yang tidak diinginkan dalam proses pembuatan kertas. *Pulp* dapat dihasilkan dari serabut *cellulose* dan digunakan dalam industri kertas dan *cellulose* lain juga derivat-derivatnya, misalnya: rayon *viscos*, *cellulose* nitrat, *cellulose* asetat dan *carboxymethyl cellulose*. Proses pembuatan *pulp* ada tiga macam, yaitu : proses mekanis, semi kimia dan kimia (*Casey, 1980*).

##### **II.1.1. Proses Mekanis**

Proses mekanis digunakan untuk pengolahan bahan baku kayu. Pelepasan serat-serat yang dilakukan dengan cara mekanis dengan cara pengeringan dan penggerusan. Bahan baku pada proses ini biasanya kayu yang berserat panjang. Tidak digunakan bahan kimia, sedang *yield* yang didapat sekitar 95% (*Casey, 1980*).

Beberapa cara pembuatan *pulp* secara mekanis adalah:

###### **II.1.1.1. Stone grounwood (SGW)**

Proses ini menggunakan batu gerinda untuk menguraikan bahan baku. Kayu gelondongan yang tidak berkulit (panjang 60-120 cm, terutama kayu lunak, namun tidak keras) ditekan pada sisi yang panjang sejajar dengan batu asah yang berputar, sedangkan air disemprotkan pada bagian yang mengasah. Gesekan dapat menaikkan suhu dalam daerah pengasahan hingga 150-190°C dan dapat melenturkan komponen lignin kayu. Serat-serat yang tersobek dari permukaan kayu dan diangkut ke arah rongga-rongga pengasah. Teori yang pasti apa yang terjadi dalam pengasahan belum diketahui, tetapi umumnya diterima bahwa prosedur meliputi pelepasan serat permukaan kayu oleh kekasaran batu asah dan sekaligus menggiling serat-serat menjadi



unit-unit kecil rendemen yang diperoleh antara 93-98%. Kekuatan dan derajat putih *pulp* yang dihasilkan rendah. Energi dan air yang diperlukan cukup banyak (*Casey, 1980*).

### **II.1.1.2. Refiner Mechanical Pulping (RMP)**

Proses ini menggunakan penggilingan cakram (*disk refiner*) untuk menguraikan bahan baku *pulp*. Bahan baku utamanya adalah kayu jarum. Pada umumnya untuk semua proses penggilingan mekanik terdapat dua operasi dasar yang dilakukan selama penggilingan: pelepasan kayu menjadi serat-serat tunggal dan berkas serat, dan fibrilasi yang meliputi perubahan serat-serat menjadi unsur-unsur *fibriler*. Karena kualitas dan sifat-sifat *pulp* mekanik terutama tergantung pada sifat serat, maka jumlah tahapan penggilingan dan terutama rancang bangun penggiling sangat penting. Pada dasarnya penggilingan *pulp* mekanik dapat dilakukan dalam satu (proses tahap-tunggal), dua, tiga atau empat tahap (proses tahap ganda), dengan kecenderungan ke penggilingan dua tahap. Hal ini disebabkan karena keuntungan dalam bahan baku kayu dan pemakaian energi. Pada saat ini tahap pertama kebanyakan menggunakan tekanan sedangkan tahap-tahap berikutnya dilakukan di bawah kondisi tekanan atmosfer (*Casey, 1980*).

Ada dua jenis tipe dasar refiner yang digunakan untuk proses ini, yaitu *single-disc refiner* dan *double-disc refiner*. Pengaturan posisi cakram refiner, pola cakram, konsistensi *inlet pulp* dan energi spesifik yang diberikan pada serpih, merupakan faktor-faktor yang penting yang berpengaruh terhadap kualitas *pulp* yang dihasilkan. Proses ini juga menggunakan serbuk gergaji (*saw dust*) atau kayu-kayu berkualitas rendah (*Casey, 1980*).

### **II.1.1.3. Termo Mechanical Pulping (TMP)**

Proses ini mirip dengan proses *Refiner Mechanical Pulping*, yaitu menggunakan penggilingan cakram untuk menghasilkan bahan baku. Namun ada perbedaan utama yang



membedakan kedua proses tersebut, yaitu pada proses *Thermo Mechanical Pulping (TMP)*, serpih mendapat perlakuan suhu dan tekanan tinggi sebelum masuk ke dalam penggilingan cakram. Proses dasar meliputi *impregnasi* dan langkah pemanasan pendahuluan terhadap serpih kayu yang dicuci dengan uap jenuh dibawah tekanan. Kemudian serpih-serpih yang diperlakukan awal ini dimasukkan ke dalam penggilingan cakram untuk pelepasan serat pada suhu dan tekanan yang kira-kira sama seperti dalam tahap pemanasan pendahuluan. Tahap penggilingan kedua biasanya dilakukan pada tekanan atmosfer. Oleh karena itu bahan yang telah dilepas seratnya telah tereksansi ke dalam suatu siklon dimana uap dihilangkan dan digiling dalam satu atau dua tahap untuk memperoleh derajat giling yang diinginkan. Bahan-bahan yang tidak lolos dari penggilingan dan penyaringan disatukan dan didaur ulang dengan langkah penggilingan atau digiling secara terpisah (*Biermann, 1996*).

Pemberian suhu tinggi mengakibatkan pelunakan komponen lignin dan penghilangan komponen yang mudah larut dalam air dan komponen yang mudah menguap. Rendemen yang diperoleh pada proses ini lebih rendah dibandingkan dengan proses mekanis biasa, namun memiliki sifat fisik yang lebih kuat (*Biermann, 1996*).

#### **II.1.1.4. *Chemi Mechanical Pulping (CMP)***

Proses *Chemi Mecahanical Pulp* adalah perkembangan dari refiner *mechanical pulp* yang diperlakukan dengan bahan kimia pada temperatur ruangan. Bahan kimia yang paling sering digunakan adalah sodium sulfit, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan sodium peroksida dalam bentuk tunggal ataupun dalam campuran. Hanya 2-6 % bahan kimia yang digunakan dari berat kayu, dan sampai 50 % bahan kimia yang ditambahkan bereaksi dengan *pulp* tanpa melarutkan selulosa kayu. *Yield* tidak boleh dibawah 90% jika yang dibutuhkan adalah kualitas *pulp* yang bagus. Beberapa jenis kayu keras, yang tidak cocok diproses dengan SGW atau TMP, sangat cocok menggunakan proses ini yang saat ini sangat



mungkin untuk menghindari hilangnya bahan baku saat proses produksi. Perlakuan yang berlebihan pada permukaan kepingan kayu akan menurunkan kualitas. Meskipun proses ini sederhana seperti pada proses RMP, perhatian yang lebih tetap diperlukan pada proses pengontrolan (United Nations Industrial Development Organization, 1979)

Dalam suatu proses kimia-mekanika yang digambarkan belum lama ini digunakan serpih-serpih yang dihancurkan untuk menaikkan efisiensi impregnasi. Cairan impregnasi alkali peroksida ( $\text{NaOH}$  atau  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) diberikan pada suhu  $40\text{-}60^\circ\text{C}$  pada tekanan atmosfer selama 1,5-2 jam sebelum penggilingan konsistensi rendah (5%). *Pulp-pulp* cerah (derajat putih 70%) rendeman tinggi (86-93 %) dihasilkan dari campuran kayu keras perancis yang mengandung 50% kayu *oak*, 25% *beech* dan 25% *birch*. Perlakuan dengan hidrogen peroksida juga dilakukan dalam tahap penggilingan sedang delignifikasi oleh asam parasetat digunakan dalam perlakuan akhir setelah penggilingan. Dalam proses ini komersial variasi perlakuan pendahuluan sulfit dan bisulfit dilakukan terutama terhadap kayu lunak dan perlakuan pendahuluan natrium hidroksida atau natrium sulfit terhadap kayu keras. Natrium bisulfit (pada pH 4-6) merupakan bahan kimia yang cocok sebagai perlakuan pendahuluan, yang menyebabkan sulfonasi lignin. Proses ini merupakan perkembangan dari proses *Termo Mechanical Pulping*. Pada proses ini selain digunakan panas untuk melunakkan lignin, juga diberikan sedikit bahan kimia agar komponen lignin akan lebih mudah dihilangkan (*Biermann, 1996*).

### **II.1.2. Proses Semi Kimia (NSSC)**

Proses-proses pembuatan *pulp* secara semikimia pada dasarnya ditandai dengan perlakuan kimia yang didahului dengan tahap penggilingan secara mekanik. *Pulp* semikimia merupakan kelompok khusus terutama dari kayu keras dengan rendemen antara 65-95 %. Proses semikimia dibagi menjadi beberapa metode, diantaranya adalah proses Semikimia Sulfit Netral



(NSSC), proses soda dingin, dan proses semikimia lainnya. Namun proses yang paling penting adalah proses NSSC karena telah digunakan secara luas di Amerika sejak 1926 dan hingga 20 tahun terakhir digunakan di daerah Eropa. Proses pemasakan pada NSSC dilakukan pada suhu antara 160-190°C, pelepasan serat dengan penggilingan cakram, impregnasi dilakukan pada suhu sekitar 125°C dengan lindi hitam natrium sulfit. Larutan natrium sulfit biasanya dipertahankan pada pH 7 atau sedikit lebih tinggi (hingga pH 10) dengan sejumlah kecil natrium hidroksida, natrium karbonat, natrium bikarbonat atau natrium. Suhu pemasakan bervariasi antara 15 menit-8 jam. Dalam proses NSSC, pada umumnya spesies kayu keras merupakan bahan baku yang khusus digunakan. Sejumlah besar kayu keras yang digunakan dalam pembuatan *pulp* NSSC meliputi kayu dengan kerapatan rendah, sedang hingga tinggi dengan kandungan lignin yang berbeda. Penggunaan utama dan khusus dari *pulp* NSSC untuk menghasilkan pembungkus berombak, bahan kertas koran, kertas tahan-lemak, kertas surat menyurat dan kertas kualitas lain (Fengel *et al*, 1995).

Proses semi kimia yang lain adalah proses alkali dingin yaitu perendaman bahan baku dalam larutan NaOH pada suhu kamar dan tekanan atmosfer. *Brightness* kertasnya lebih rendah dibandingkan dengan proses netral sulfit (Casey, 1980).

### II.1.3. Proses Kimia

Tujuan pembuatan *pulp* dengan proses kimia adalah untuk merusak dan melarutkan zat pengikat serat yang terdiri dari lignin, pentosa dan lain-lain. Proses pemasakan bahan baku dengan larutan kimia dilakukan di dalam *digester*. Selama pemasakan lignin bereaksi dengan larutan kimia pemasak dan membentuk senyawa-senyawa terlarut yang mudah dicuci dan sebagian dari selulosa ikut bereaksi juga. Hal ini akan menurunkan rendemen *pulp* yang dihasilkan (Sherve's, 1986).

Berdasarkan bahan kimia yang digunakan untuk pemasakan, pembuatan *pulp* dengan bahan kimia dapat dibedakan

---



menjadi tiga macam proses, yaitu:

### II.1.3.1. Proses Sulfat

Menurut Fengel et al (1995), proses sulfat mempunyai kandungan rendemen yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan proses soda. Menurut Sherve's (1986), pada proses sulfat larutan pemasak yang digunakan adalah sodium hidroksida dan sodium sulfite, dimana sodium hidroksida dihasilkan dari reduksi sulfat selama proses insenerasi dan sodium hidroksida dihasilkan dari hidrolisa sodium sulfite didalam air dengan serat yang dihasilkan sangat baik akan tetapi warnanya jelek, sehingga proses ini digunakan untuk membuat kertas berkekuatan tinggi seperti kantong semen dan kertas bungkus.

Proses pemasakan biasanya dilakukan pada suhu antara 160 °C hingga 180 °C pada tekanan antara 7 dan 11 bar. Proses pembuatan *pulp* cepat yang sinambung menggunakan suhu 190-200 °C, hanya membutuhkan waktu pemasakan 15-30 menit (Fengel et al, 1995).

### II.1.3.2. Proses Sulfite

Dari segi kimia lindi pemasak *pulp* sulfite berbeda-beda tergantung dari bentuk-bentuk yang mungkin dari belerang dioksida dalam larutan berair dan macam basa yang ditambahkan pada sistem ini. Reaksi belerang dioksida dengan air pada dasarnya menghasilkan  $\text{SO}_3$  yang terlarut atau asam sulfite ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), Bisulfite (hidrogen sulfite) ( $\text{HSO}_3^-$ ), Monosulfite ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) (Fengel et al, 1995).

Tingkat pH lindi tergantung dari asam sulfite, monosulfite dan bisulfite. Kisaran pH pada proses sulfite adalah pH (1,5-9), harga pH tergantung pemasak yang digunakan. Mengenai bahan baku kayu tidak dapat digunakan spesies dengan kandungan resin yang tinggi (misalnya pinus dan bahan kayu keras) atau serpih dengan jumlah kulit yang banyak (Fengel et al, 1995).

Proses sulfite menggunakan bahan kimia aktif, yaitu asam sulfite, kalsium bisulfite, sulfur dioksida yang dinyatakan dalam larutan  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$  dengan  $\text{H}_2\text{SO}_3$  berlebih. Bahan baku yang





biasa digunakan biasanya kayu lunak dan larutan pemasaknya yaitu  $\text{SO}_2$  dan  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  banyak (Fengel et al, 1995).

Kandungan sisa lignin dapat bervariasi antara 10-15% dalam *pulp* sulfit rendemen tinggi yang tidak dikelantang, tetapi umumnya dalam hal *pulp* kayu lunak berkisar antara 3-5% dan 1-3% dalam *pulp* kayu keras banyak (Fengel et al, 1995).

### II.1.3.3. Proses Soda / Alkali

Proses ini digunakan untuk bahan baku non kayu seperti *bagasse*, jerami, damen, dan jenis rumput-rumputan yang lain. Larutan pemasak yang digunakan adalah NaOH dan selama proses pemasakan, larutan NaOH berfungsi sebagai pereaksi lignin, Pelarut senyawa lignin dan karbohidrat, pereaksi asam organik dan resin yang ada dalam bahan baku, adsorben serat dalam jumlah kecil. Proses soda ada dua macam, yaitu:

#### 1. *Fractinating cooking*

*Fractinating cooking* terdiri dari dua tahap. Tahap pertama soda dimasukkan kurang lebih 10 % dari jumlah soda total yang dibutuhkan dan dipanaskan dengan *steam* sampai  $130^\circ\text{C}$  dengan waktu pemasakan kurang lebih 30 menit. Kemudian sebagian *black liquor* dibuang. Pada tahap kedua, soda ditambahkan semua sampai jumlah yang dibutuhkan. Pemasakan dilakukan sampai suhu  $170^\circ\text{C}$  dengan tekanan 7-11 bar. Keuntungan dari proses ini adalah menambah kekuatan *pulp* serta proses pencuciannya mudah.

#### 2. Tanpa *friktionating cooking*

Pada proses ini soda dimasukkan sekaligus tanpa dilakukan pembuangan sesuai dengan yang dibutuhkan. Larutan NaOH yang digunakan pada proses soda sekitar 18-35% berat bahan baku kering. Larutan ini mempunyai pengaruh degradasi yang lebih kecil daripada larutan pemasak asam. Degradasi selulosa oleh larutan NaOH pekat dapat terjadi pada suhu diatas  $100^\circ\text{C}$ . Semakin tinggi temperatur pemasakan maka jumlah selulosa yang hilang akan lebih banyak daripada lignin.

Penambahan unsur sulfur dalam jumlah kecil ke dalam

---



larutan pemasak akan meningkatkan kemampuan pemucatan, kekuatan, dan rendemen *pulp*.  $\text{Na}_2\text{S}$  dalam larutan pemasak akan mempercepat proses penetrasi, menghasilkan pemasakan yang homogen dan kekuatan *pulp* yang tinggi, namun warna kurang baik. Tahapan proses soda meliputi pengolahan bahan baku, pemasakan, pencucian, penyaringan dan pemucatan.

Menurut Surest (2010), adapun faktor yang berpengaruh dalam pembuatan pulp sebagai berikut :

- 1) Konsentrasi Pelarut  
Semakin tinggi konsentrasi larutan alkali, akan semakin banyak selulosa yang larut. Larutan NaOH berfungsi dalam pemisahan dan penguraian serat selulosa dan nonselulosa.
- 2) Perbandingan Cairan Pemasak terhadap Bahan Baku  
Perbandingan cairan pemasak terhadap bahan baku haruslah memadai agar pecahan-pecahan lignin sempurna 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).
- 3) Temperatur Pemasakan  
Temperatur pemasakan berhubungan dengan laju reaksi. Temperatur yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pemecahan makromolekul yang semakin banyak, sehingga produk yang larut dalam alkali pun akan semakin banyak.
- 4) Lama Pemasakan  
Lama pemasakan yang optimum pada proses delignifikasi adalah sekitar 60-120 menit dengan kandungan lignin konstan setelah rentang waktu tersebut. Semakin lama waktu pemasakan, maka kandungan lignin di dalam pulp tinggi, karena lignin yang tadi telah terpisah dari raw pulp dengan berkurangnya konsentrasi NaOH akan kembali menyatu dengan raw pulp dan sulit untuk memisahkannya lagi.

Terdapat persamaan antara proses *kraft* dan soda. Proses *kraft* merupakan bagian dari proses *alkali*. Sistem pemasakan *alkali*

---



bertekanan pada suhu tinggi dapat dilakukan melakukan penambahan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium sulfida yang dinamakan lindi putih, proses ini dilakukan sebagai bahan pemasak dan lindi bekas yang dihasilkan dipekatkan dengan cara diuapkan dan dibakar. Leburan yang terdiri atas natrium karbonat diubah kembali menjadi natrium hidroksida dengan kalsium hidroksida karena natrium karbonat digunakan untuk imbuhan maka proses pemasakan disebut sebagai proses soda.

#### II.1.3.4. Proses *Organosolv*

*Organosolv* merupakan proses *pulping* yang menggunakan bahan yang lebih mudah didegradasi seperti pelarut organik. Pada proses ini, penguraian lignin terutama disebabkan oleh pemutusan ikatan eter (Artati et al, 2009).

Pemanfaatan biomassa secara efisien dapat dilakukan dengan menerapkan konsep *biomass refining* yaitu pemrosesan dengan menggunakan pelarut organik (*organosolv processes*), dengan cara melakukan fraksionasi biomassa menjadi komponen-komponen utama penyusunnya: selulosa, hemiselulosa dan lignin, tanpa banyak merusak ataupun mengubahnya. Variabel-variabel yang berpengaruh dalam proses *organosolv* dapat dianalogkan dengan variabel-variabel dalam proses *kraft* maupun proses *pulping* kimia pada umumnya. Ada 5 (lima) variabel penting dalam *pulping* kimia, yaitu komposisi larutan pemasak, konsentrasi alkali, lama pemasakan, suhu pemasakan, dan rasio bahan baku dengan cairan pemasak. Pada proses *pulping* kimia, konsentrasi larutan pemasakan dan waktu pemasakan merupakan salah satu faktor yang paling penting (Marsoem et al, 2009).



## II.2 Seleksi Proses

**Tabel II.1** Kondisi Operasi dari Berbagai Macam Proses Pembuatan *Pulp*

Macam proses	Kondisi Operasi				
	Yield (%)	Suhu (°C)	pH	Waktu Operasi	Energi (kWh/ton)
1. Mekanis					
• SGW (Stone Ground Wood)	95-97 96-97	160 140	-	Tidak diketahui Tidak diketahui	800-1500
• RMP (Refiner Mechanical Pulping)	92-94	130	-	2-3 menit	1200-2200
• TMP (Termo Mechanical Pulping)	>90	30	4-6	1,5-2 jam	1400-1900
• CMP (Chemic Mechanical Pulping)	85-95	70	4-6	1-2 jam	2000-2500
• CMTP (Chemi Termo Mechanical Pulping)					2000-2500
2. Semikimia (NSSC)	75-85	160-80	7-10	15-60 menit	2600-3000
3. Kimia					
• Sulfit	43-48	125-43		3-7 jam	2600-3000
• Sufat	45-55	165-75	1-2	1-2 jam	2600-3000
• Alkali/Soda	50-70	155-75	13-14	0,5-3 jam	2600-3000
• Acetocell	75-85	70-100	13-14	60-90 menit	2600-3000

(Ulmann's 2003; Amraini; 2010)

**Tabel II.2** Keuntungan dan Kerugian Berbagai Proses Secara Kualitatif

No.	Proses	Keuntungan	Kerugian
1	Mekanis	1. Daya cetak kertas baik	1. Kekuatan pulp rendah
		2. Ramah Lingkungan	
		3. Didapatkan serat yang banyak	
2	Semi Kimia	1. Rendemen Tinggi	1. Tidak cocok untuk nonwood
		2. Persyaratan kualitas dan spesies kayu rendah	
3	Kimia a) Sulfat/Kraft	1. Dapat digunakan untuk semua jenis kayu dan kualitas kayu	1. Rendemen yang lebih rendah daripada pembuatan pup sulfat (45-50%)
		2. Waktu pemasakan pendek	2. Warna gelap jika tidak dikelantang
		3. Sifat pulp baik	3. Persoalan bau
	b) Sulfat	1. Rendemen yang lebih tinggi pada bilangan kappa tertentu yang mengakibatkan	1. Harga kekuatan dan pulp lebih rendah daripada prses sulfat



		kebutuhan kayu lebih	
		2. Derajat pulp yang tidak dikelantang lebih tinggi daripada proses sulfat	2. Keterbatasan sistem pemutihan bahan kimia
		3. Biaya instalasi lebih rendah	3. Persoalan kerak
		4. Tidak ada persoalan bau	4. Proses pemasakan lama
			5. Persoalan pencemaran lingkungan
	c) Alkali soda	1. Proses sederhana	1. Proses delignifikasi kurang sempurna
		2. Mengolah bahan baku non kayu	2. Biaya produksi tinggi
		3. Sedikit bahan kimia	3. Rendemen pemasakan yang rendah
			4. Kurang ramah lingkungan
	d) Organsolv	1. Ramah lingkungan	1. pencucian pulp tidak dapat menggunakan air
2. Daur ulang		2. Bahan kimia	



		lindi hitam mudah dilakukan karena tanpa unsur sulfur	bersifat menguap sehingga mudah terbakar jika digester mengalami kebocoran
		3. Bahan mudah didredasi	3. Tidak cocok untuk proses pulping dengan campuran dan beberapa jenis kayu
		4. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> rendemen pulp yang dihasilkan tinggi	
		5. Tidak menyebabkan timbulnya pencemaran gas berbau	
		6. Proses dapat dilakukan pada temperatur dan tekanan rendah	
		7. Biaya operasi murah	

(Casey, 1980; Fenge et al, 1985; Nugroho, 2009)



### II.3. Uraian Proses Terpilih

Proses pembuatan kertas dari Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) ini dilakukan dengan proses soda karena proses ini mudah untuk mengolah semua jenis bahan non kayu, kebutuhan energi dan penggunaan bahan kimia relatif rendah, serta meningkatkan rendemen dan kualitas *pulp*. Pada proses ini dilakukan dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Proses *pre-treatment*
2. Proses pemasakan dan *bleaching*
3. Proses *post treatment*

#### II.3.1. Deskripsi Proses Terpilih

##### II.3.1.1. Proses *Pre-treatment*

Pembuatan pulp dari bahan kenaf memerlukan *pre-treatment* (proses pengolahan awal) sebelum masuk ke proses pemasakan. Proses ini bertujuan untuk mengubah ukuran kenaf menjadi chip atau serpihan kayu. Bahan baku yang berupa kenaf dari hasil penebangan disimpan pada area *open yard* dengan suhu 32°C. Syarat bahan baku kenaf yang berusia minimal 3,5 bulan.

Kenaf ditampung pada area *open yard*, kemudian kenaf tersebut diangkut menggunakan *belt conveyor* (J-112), untuk selanjutnya dicacah menggunakan *cutter* (C-110) dengan ukuran tebal serpih  $\pm 6$  mm. Chip yang lolos akan dibawa menuju *vibrating screen* sedangkan chip yang tidak lolos akan dibawa menuju ke *solid waste*. Chip tersebut memasuki *screening* yang bertujuan untuk memisahkan chip-chip yang berukuran standar dengan yang tidak memenuhi ukuran standar berdasarkan klasifikasi chip tersebut. Dari *cutter* (C-110), kenaf masuk ke alat *vibrating screen* (H-211), kemudian kenaf ditampung ke dalam *chip bin* (F-212) dan selanjutnya diangkut menggunakan *bucket elevator* (J-213) menuju *screw conveyor* (J-214) untuk dibawa ke digester pada proses pemasakan.

##### II.3.1.2 Proses Pemasakan dan *Bleaching*

Bahan baku dari proses persiapan dibawa menuju

---





*digester* (R-210) dengan *screw conveyor* (J-214). Bahan baku dimasak dengan larutan pemasak NaOH 10% yang berasal dari tangki pengenceran NaOH (M-213) dengan rasio padatan-cairan 1:7, proses pemasakan terjadi pada suhu pemasakan 170°C dengan waktu pemasakan 3,5 jam dan tekanan sebesar 6,5-7 atm.

Setelah pemasakan selesai, *pulp* yang dihasilkan dialirkan menggunakan pompa (L-221) ke dalam *blow tank* (F-222). Kemudian *pulp* dialirkan menggunakan pompa (L-223) menuju ke *rotary vacuum filter* (H-220). Setelah keluar dari RVF (H-220), bubur *pulp* dialirkan menuju proses *bleaching*.

Bubur *pulp* dari proses pemasakan dialirkan menuju proses *bleaching* menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Pulp* menuju mixer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (M-231) untuk pencampuran antara penambahan air proses untuk menjaga konsistensi pulp sebesar 10% dan menambahkan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebanyak 3% yang berasal dari tangki harian H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, kemudian dipompa dengan pompa (L-234) menuju reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (R-230), kemudian ditambahkan steam hingga temperatur sebesar 90°C selama 1 jam dengan tekanan 5 bar dan rentang pH 10,5-11. Setelah dari reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (R-230) *pulp* dipompa dengan pompa (L-241) menuju *blow tank* (F-242), kemudian dipompa dengan pompa (L-243) proses pencucian dengan menggunakan alat RVF (H-240). Setelah proses pencucian, *pulp* dialirkan menuju tangki pengenceran pulp (M-251) untuk pencampuran antara penambahan air proses untuk menjaga konsistensi pulp sebesar 10%, kemudian dipompa dengan pompa (L-254) menuju reaktor Cl<sub>2</sub> (R-250) untuk penambahan gas Cl<sub>2</sub> sebanyak 3% yang berasal dari tangki harian Cl<sub>2</sub>. Setelah dari reaktor Cl<sub>2</sub> (R-250) *pulp* dipompa dengan pompa (L-261) menuju *blow tank* (F-262), kemudian dipompa dengan pompa (L-264) proses pencucian dengan menggunakan alat RVF (H-260). Setelah proses pencucian, *pulp* dialirkan menuju mixer NaOH (M-271) untuk pencampuran antara penambahan air proses untuk menjaga konsistensi pulp sebesar 10% dan menambahkan larutan NaOH sebanyak 2,7% yang berasal dari tangki harian NaOH, kemudian dipompa dengan pompa (L-254) menuju reaktor NaOH (R-250),

---



kemudian ditambahkan steam hingga temperatur sebesar 70°C selama 1 jam dan rentang pH 10,5-11. Setelah dari reaktor NaOH (R-250) *pulp* dipompa dengan pompa (L-281) menuju proses pencucian dengan menggunakan alat RVF (H-280). Selanjutnya bubur *pulp* masuk kedalam tangki pengenceran (M-311). Dari proses *bleaching* menghasilkan kecerahan sebesar 90%

### **II.3.1.3. Proses *Post treatment***

Bubur *pulp* dipompa dengan pompa (L-312) menuju ke *head box* (X-313). Dari *head box* (X-313) menuju ke *wire part* (X-314) untuk membentuk lembaran kertas, setelah itu menuju ke *rotary drum dryer* (B-310) untuk dilakukan pengeringan hingga lembaran kertas memiliki kadar air 5%. Kemudian lembaran kertas, menuju *Calendering Stack* (X-315) untuk lebih menghaluskan permukaan kertas, kemudian menuju *roll* (X-316) dan dihasilkan gulungan paper.

### **BAB III NERACA MASSA**

Kapasitas : 75.000 ton/tahun  
                   250.000 kg/hari  
 Operasi : 300 hari/tahun, 24 jam/hari  
 Satuan Massa : kg  
 Basis Waktu : 1 hari

Untuk kapasitas 250 ton/hari, dibutuhkan bahan baku kenaf sebanyak 373.157 kg kenaf/hari atau 373,157 ton kenaf/hari dengan komposisi kenaf sebagai berikut :

**Tabel III.1** Komposisi Kenaf

<b>Komposisi</b>	<b>Persentase (%)</b>	<b>Bahan Baku (kg)</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
Selulosa	65,7	373.157	245.164,149
Hemiselulosa	20	373.157	74.631,4
Lignin	11,3	373.157	42.166,741
Abu	3	373.157	11.194,71
<b>Jumlah</b>	<b>100</b>	<b>Jumlah</b>	<b>373.157</b>

#### **I. Tahap *Pre-Treatment***

##### **I.1 Belt Conveyor (J-112)**

Fungsi : Untuk memindahkan kenaf dari open yard menuju rotary cutter.

**Tabel III.2** Neraca Massa pada Belt Conveyor

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>



Aliran 1		Aliran 2	
Selulosa	245.164,149	Selulosa	245.164,149
Hemiselulosa	74.631,4	Hemiselulosa	74.631,4
Lignin	42.166,741	Lignin	42.166,741
Abu	11.194,71	Abu	11.194,71
<b>Jumlah</b>	<b>373.157</b>	<b>Jumlah</b>	<b>373.157</b>

### I.2 Rotary Cutter (C-110)

Fungsi : Untuk mencacah kenaf menjadi serpihan kenaf.

**Tabel III.3** Neraca Massa pada Rotary Cutter

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 2		Aliran 3	
Selulosa	245.164,149	Selulosa	245.164,149
Hemiselulosa	74.631,4	Hemiselulosa	74.631,4
Lignin	42.166,741	Lignin	42.166,741
Abu	11.194,71	Abu	11.194,71
<b>Total</b>	<b>373.157</b>	<b>Total</b>	<b>373.157</b>



### I.3 Vibrating Screen (H-211)

Fungsi : Untuk memisahkan chip-chip kenaf yang berukuran standar dan yang tidak memenuhi standar untuk selanjutnya dibawa menuju *solid waste*.

Tabel III.4 Neraca Massa pada Vibrating Screen

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 3		Aliran 4	
Selulosa	245.164,149	Selulosa	2.451,64149
Hemiselulosa	74.631,4	Hemiselulosa	746,314
Lignin	42.166,74	Lignin	421,66741
Abu	11.194,71	Abu	111,9471
		<b>Jumlah</b>	<b>3.731,57</b>
		Selulosa	242712,5075
		Hemiselulosa	73.885,086
		Lignin	41.745,07
		Abu	11.082,76
		<b>Jumlah</b>	<b>369.425,43</b>
<b>Total</b>	<b>373.157</b>	<b>Total</b>	<b>373.157</b>

### I.4 Chip Bin (F-212)

Fungsi : Untuk menyimpan chip kenaf yang akan diproses di dalam digester.

**Tabel III.5** Neraca Massa pada Chip Bin

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 5		Aliran 6	
Selulosa	242.712,5075	Selulosa	242.712,5075
Hemiselulosa	73.885,086	Hemiselulosa	73.885,086
Lignin	41.745,07359	Lignin	41.745,07359
Abu	11.082,7629	Abu	11.082,7629
<b>Total</b>	<b>369.425,43</b>	<b>Total</b>	<b>369.425,43</b>

## II. Tahap Pemasakan

### II.1 Tangki Pengenceran NaOH 10% (M-213)

Fungsi : Untuk membuat larutan NaOH 10%

**Tabel III.6** Neraca Massa pada Tangki Pengenceran NaOH

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 8		Aliran 10	
NaOH	258.598	NaOH	258.598
Air	280.148	Air	2.327.380
Aliran 9			
Air Proses	2.047.233		



<b>Total</b>	<b>2.585.978</b>	<b>Total</b>	<b>2.585.978</b>
--------------	------------------	--------------	------------------

**II.2 Pandia Digester (R-210)**

Fungsi : Untuk mengubah chip kenaf menjadi pulp

Jenis : Continuous Digester

**Tabel III.7 Neraca Massa pada Pandia Digester**

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
Aliran 7		Aliran 12	
Selulosa	242.712,5075	Selulosa	242.712,5075
Hemiselulosa	73.885,086	Hemiselulosa	36.942,543
Lignin	41.745,07359	Lignin	4.174,507359
Abu	11.082,7629	Air	3.757
Aliran 10		Black Liquor	
NaOH	258.598	NaOH (s)	250.248,7863
Air	2.327.380	Abu	11.082,7629
		Na-Ligninat	42.162,52433
		Air	2.327.380
		Hemiselulosa (s)	36.942,543
<b>Total</b>	<b>2.955.403,44</b>	<b>Total</b>	<b>2.955.403,44</b>



### II.3 Blow Tank (F-222)

Fungsi : Menyimpan pulp untuk sementara dan melepaskan uap air

**Tabel III.8** Neraca Massa pada Blow Tank

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 12		Aliran 14	
Selulosa	242.712,5075	Selulosa	242.712,5075
Hemiselulosa	36.942,543	Hemiselulosa	36.942,543
Lignin	4.174,507369	Lignin	4.174,507369
Air	3.757	Air	162
Black Liquor		Black Liquor	
NaOH	250.248,7863	NaOH	250.248,7863
Abu	11.082,7629	Abu	11.082,7629
Na-Ligninat	42.162,52433	Na-Ligninat	42.162,52433
Air	2.327.380,209	Air	2.327.380,209
Hemiselulosa (s)	36.942,543	Hemiselulosa (s)	36.942,543
		Aliran 13	
		Uap Air	3.594,832681
<b>Total</b>	<b>2.955.403,44</b>	<b>Total</b>	<b>2.955.403,44</b>





**II.4 Washer I (H-220)**

Fungsi : Untuk mencuci pulp dari *black liquor* dengan menggunakan air

Type : *Rotary Vacuum Filter*

**Tabel III.9 Neraca Massa pada Washer I**

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 14		Aliran 20	
Selulosa	242.712,5075	Selulosa	237.858,2574
Hemiselulosa	36.942,543	Hemiselulosa	36.203,69214
Lignin	4.174,507359	Lignin	4.091,017212
Air	162	Air	194.321,0207
Black Liquor		Aliran 19 (Black Liquor)	
NaOH	250.248,7863	NaOH	250.248,7863
Abu	11.082,7629	Abu	11.082,7629
Na-Ligninat	42.162,52433	Na-Ligninat	42.162,52433
Air	2.327.380,209	Air	9.521.730,012
Hemiselulosa (s)	36.942,543	Hemiselulosa (s)	36.942,543
Aliran 18		Selulosa	4.854,25015
Air Proses	7.388.508,6	Hemiselulosa	738,85086



		Lignin	83,49014718
<b>Total</b>	<b>10.340.317,21</b>	<b>Total</b>	<b>10.340.317,21</b>

### III. Tahap *Bleaching*

#### III.1 *Peroxide Bleaching*

##### III.1.1 Tangki Pengenceran H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2,25% (M-233)

Fungsi : Untuk membuat larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2,25%

**Tabel III.10** Neraca Massa pada Tangki Pengenceran H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 21		Aliran 23	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.979,714115	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.979,714115
Air	16.285,9996	Air	303.229,8021
Aliran 22			
Air Proses	286.943,8025		
<b>Total</b>	<b>310.209,5162</b>	<b>Total</b>	<b>310.209,5162</b>

##### III.1.2 Mixer *Peroxide Bleaching* (M-231)

Fungsi : Untuk mencampurkan pulp dengan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebelum dimasukkan ke dalam reaktor

**Tabel III.11** Neraca Massa pada Mixer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> *Bleaching*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)



Aliran 20		Aliran 25	
Selulosa	237.858,2574	Selulosa	237.858,2574
Hemiselulosa	36.203,69214	Hemiselulosa	36.203,69214
Lignin	4.091,017212	Lignin	4.091,017212
Air	194.321,0207	Air	1.615.751,858
Aliran 23		H <sub>2</sub> O	6.979,714115
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.979,714115		
Air	303.229,8021		
Aliran 24			
Air Proses	1.118.201,035		
<b>Total</b>	<b>1.900.884,539</b>	<b>Total</b>	<b>1.900.884,539</b>

### III.1.3 Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Bleaching (R-230)

Fungsi : Untuk mereaksikan bahan baku yang berasal dari mixer

**Tabel III.12** Neraca Massa pada Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 25		Aliran 27	
Selulosa	237.858,2574	Selulosa	237.858,2574
Hemiselulosa	36.203,69214	Hemiselulosa	14.481,47686



Lignin	4.091,017212	Lignin	1.454,610327
Air	1.615.751,858	Air	164
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.979,714115	Black Liquor :	
		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.670,615037
		Air	1.615.751,858
		(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1.781,865274
		Hemiselulosa (s)	21.722,21528
<b>Total</b>	<b>1.900.884,539</b>	<b>Total</b>	<b>1.900.884,539</b>

#### III.1.4 Washer II (H-240)

Fungsi : Untuk mencuci pulp dari black liquor dengan menggunakan air

Type : *Rotary Vacuum Filter*

**Tabel III.13** Neraca Massa pada Washer II

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 28		Aliran 34	
Selulosa	237.858,2574	Selulosa	233.101,0922
Hemiselulosa	14.481,47686	Hemiselulosa	14.191,84732
Lignin	2.454,610327	Lignin	2.405,518121
Air	164	Air	127.362,5369



Black Liquor		Aliran 33 (Black Liquor)	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.670,615037	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.670,615037
Air	1.615.751,858	(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1.781,865274
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1.781,865274	Hemiselulosa (s)	21.722,21528
Hemiselulosa (s)	21.722,21528	Selulosa	4.757,165147
Aliran 32		Hemiselulosa	289,6295371
Air Proses	4.752.211	Lignin	49,09220654
		Air	6.240.764,309
<b>Total</b>	<b>6.653.095,886</b>	<b>Total</b>	<b>6.653.095,886</b>

### III.2 Chlorination

#### III.2.1 Tangki Pengenceran Pulp (M-251)

Fungsi : Untuk mencampurkan pulp dengan air

**Tabel III.14** Neraca Massa pada Tangki Pengenceran Pulp

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 34		Aliran 36	
Selulosa	233.101,0922	Selulosa	233.101,0922
Hemiselulosa	14.191,84732	Hemiselulosa	14.191,84732
Lignin	2.405,518121	Lignin	2.405,518121
Air	127.362,5369	Air	5.992.762,984



Aliran 35			
Air Proses	5.865.400,447		
<b>Total</b>	<b>6.242.461,441</b>	<b>Total</b>	<b>6.242.461,441</b>

### III.2.2 Reaktor *Chlorination* (R-250)

Fungsi : Untuk mereaksikan pulp dengan  $\text{Cl}_2$

**Tabel III.15** Neraca Massa pada Reaktor *Chlorination*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 36		Aliran 38	
Selulosa	233.101,0922	Selulosa	233.101,0922
Hemiselulosa	14.191,84732	Hemiselulosa	14.191,84732
Lignin	2.405,518121	( $\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{O}_3\text{Cl}$ )	2.866,57576
Air	5.992.762,984	Air	5.992.762,984
Aliran 37		Black Liquor :	
$\text{Cl}_2$	7.490,9537	$\text{Cl}_2$	6.542,110471
		HCl	487,7856189
<b>Total</b>	<b>6.249.952,395</b>	<b>Total</b>	<b>6.249.952,395</b>



**III.2.3 Washer III (H-260)**

Fungsi : Untuk mencuci pulp tahap klorinasi dari black liquor dengan menggunakan air

**Tabel III.16 Neraca Massa pada Washer III**

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 39		Aliran 45	
Selulosa	233.101,0922	Selulosa	228.439,0704
Hemiselulosa	14.191,84732	Hemiselulosa	13.908,01037
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2.866,57576	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2.089,244245
Air	6.172.546	Air	432.352,8794
Black Liquor :		Aliran 44 (Black Liquor)	
Cl <sub>2</sub>	6.542,110471	Cl <sub>2</sub>	6.542,110471
HCl	487,7856189	Selulosa	4.662,0218
Aliran 43		Hemiselulosa	283,83695
Air Proses	15.624.881	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	57,331515
		Air	21.185.291,09
		HCl	487,7856189
<b>Total</b>	<b>21.374.833,38</b>	<b>Total</b>	<b>21.374.833,38</b>



### III.3 Ekstraksi Alkali

#### III.3.1 Tangki Pengenceran NaOH 10% (M-273)

Fungsi : Untuk membuat larutan NaOH 10%

**Tabel III.17** Neraca Massa pada Tangki Pengenceran NaOH

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 47		Aliran 49	
NaOH	735	NaOH	735
Air	797	Air	6.619
Aliran 48			
Air Proses	5.822		
<b>Total</b>	<b>7.355</b>	<b>Total</b>	<b>7.355</b>

#### III.3.2 Mixer Ekstraksi Alkali (M-271)

Fungsi : Untuk mencampurkan pulp dengan larutan NaOH

**Tabel III.18** Neraca Massa pada Mixer Ekstraksi Alkali

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 45		Aliran 50	
Selulosa	228.439,0704	Selulosa	228.439,0704
Hemiselulosa	13.908,01037	Hemiselulosa	13.908,01037





(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2.809,244245	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2.809,244245
Air	432.352,8794	Air	3.089.781
Aliran 49		NaOH	735
NaOH	735		
Air	6.619		
Aliran 46			
Air Proses	2.650.809,19		
<b>Total</b>	<b>3.335.673,084</b>	<b>Total</b>	<b>3.335.673,084</b>

**III.3.3 Reaktor Ekstraksi Alkali (R-270)**

Fungsi : Untuk mereaksikan pulp dengan NaOH

**Tabel III.19** Neraca Massa pada Reaktor Ekstraksi Alkali

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 50		Aliran 52	
Selulosa	228.439,0704	Selulosa	228.439,0704
Hemiselulosa	13.908,01037	Hemiselulosa	13.908,01037
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	1.809,244245	Air	3.089.781
Air	3.089.781	Black Liquor :	
NaOH	735	NaOH	211,6005843



		(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	2.566,955114
		NaCl	766,1575214
<b>Total</b>	<b>3.335.673,084</b>	<b>Total</b>	<b>3.335.673,084</b>

### III.3.4 Washer IV (H-280)

Fungsi : Untuk mencuci pulp hasil dari ekstraksi alkali dari black liquor dengan menggunakan air.

**Tabel III.20** Neraca Massa pada Washer IV

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 52		Aliran 58	
Selulosa	228.439,0704	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.908,01037	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	3.089.781	Air	228.579,28
Black Liquor :		Aliran 57 (Black Liquor)	
NaOH	211,6005843	NaOH	211,6005843
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	2.566,955114	(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	2.566,955114
NaCl	766,1575214	NaCl	766,1575214
Aliran 56		Selulosa	4.568,781407
Air Proses	8.339.182,7	Hemiselulosa	278,1602075
		Air	11.200.384,72



<b>Total</b>	<b>11.674.855,793</b>	<b>Total</b>	<b>11.674.855,793</b>
--------------	-----------------------	--------------	-----------------------

**III.3.5 Storage Tank (M-311)**

Fungsi : Untuk menampung pulp untuk sementara serta mengatur konsistensinya

**Tabel III.21 Neraca Massa pada Storage Tank**

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
Aliran 58		Aliran 60	
Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	228.579	Air	7.679.171,165
Aliran 59			
Air Proses	7.450.592		
<b>Total</b>	<b>7.916.671,304</b>	<b>Total</b>	<b>7.916.671,304</b>

**IV. Tahap Post-Treatment**

**IV.1 Head Box (X-313)**

Fungsi : Untuk menyimpan pulp sebelum didistribusikan ke wire part

**Tabel III.22 Neraca Massa pada Head Box**

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>



Aliran 61		Aliran 62	
Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	7.679.171,165	Air	7.679.171,165
<b>Total</b>	<b>7.916.671,304</b>	<b>Total</b>	<b>7.916.671,304</b>

#### IV.2 Wire Part (X-314)

Tabel III.23 Neraca Massa pada Wire Part

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 62		Aliran 64	
Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	7.679.171	Air	290.278
		Aliran 63	
		Drain Water	7.388.893
<b>Total</b>	<b>7.916.617,304</b>	<b>Total</b>	<b>7.916.617,304</b>

**IV.3 Drum Dryer (B-310)**

Fungsi : Untuk mengurangi kadar air pada lembaran kertas.

**Tabel III.24** Neraca Massa pada Drum Dryer

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 64		Aliran 66	
Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	290.278	Air	12.500
		Aliran 65	
		Uap Air	277.778
<b>Total</b>	<b>527.778</b>	<b>Total</b>	<b>527.778</b>

**IV.4 Calendering Stack (X-315)**

Fungsi : Untuk meratakan permukaan kertas

**Tabel III.25** Neraca Massa pada Calendering Stack

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 66		Aliran 67	
Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017



---

---

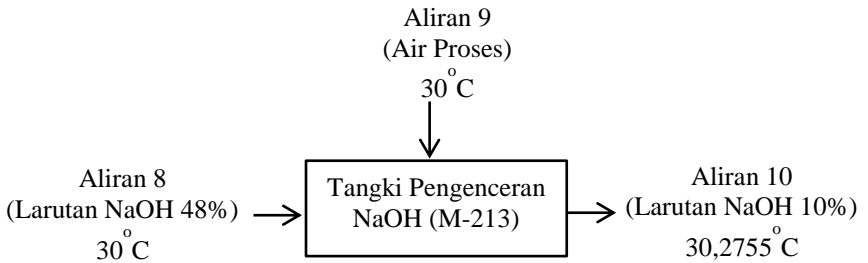
Air	12.500	Air	12.500
<b>Total</b>	<b>250.000</b>	<b>Total</b>	<b>250.000</b>

## BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas Produksi : 75.000,00 ton/tahun  
 : 250.000,00 kg/hari  
 Operasi : 300,00 ton/tahun  
 Satuan massa : kkal  
 Basis waktu : 1 hari  
 Suhu referen : 25°C

### 1. Tangki Pengenceran NaOH (M-213)

Fungsi : Untuk mengencerkan konsentrasi larutan  
 NaOH 48% menjadi larutan NaOH 10%



**Tabel IV.1** Neraca Panas Pada Tangki Pengenceran NaOH (M-213)

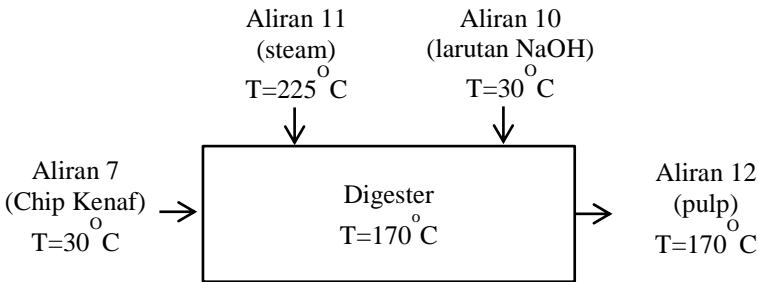
Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy (kkal)	Komponen	Enthalpy (kkal)
Aliran 8		Aliran 10	
Larutan NaOH 48%	2108380,2	Larutan NaOH 10%	12254356,14
Aliran 9			



Air proses	10222855,94	$\Delta H_s$	1240
<b>Total</b>	<b>12331236,14</b>	<b>Total</b>	<b>12331236,14</b>

2. Pandia Digester

Fungsi : Untuk mereaksikan lignin dalam kenaf dengan larutan NaOH pada  $T=170^{\circ}\text{C}$



Tabel IV.2 Neraca Panas Pada Pandia Digester (R-210)

Masuk		Keluar	
<b>Aliran (7) dari Screw Conveyor</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>	<b>Aliran (12) ke Blow Tank</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>
Selulosa	388340,012	Pulp	
Hemiselulosa	116048,7947	Selulosa	11261860,35
Lignin	66482,15592	Hemiselulosa	1682707,522
Abu	11082,7629	Lignin	192798,2522
Total	581953,7255	Air	569941,7327
		Black liquor	
<b>Aliran (10) dari Tangki Pengenceran</b>		NaOH	32795353,69



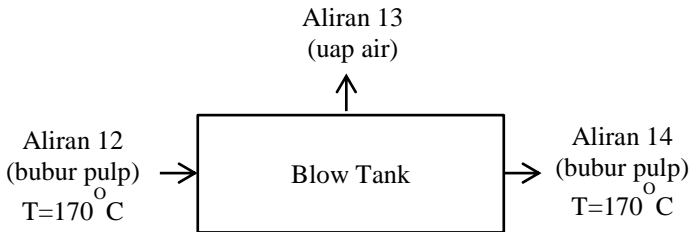


<b>NaOH</b>			
Larutan NaOH	12254356,14	Abu Na-Lignat	321400,1241
		Air	1869945,329
		Hemiselulosa	353061250,3
		sis	1682707,522
		Total	403437964,8
<b>Aliran (11) dari Boiler</b>			
Steam (Qsupply)	65033433306		
$\Delta H$ reaksi	-		
	64642907291		
<b>Total</b>	403437964,8	<b>Total</b>	403437964,8



## 3. Blow Tank

Fungsi : Menampung bubuk pulp dan melepaskan uap air



Tabel IV.3 Neraca Panas Pada Blow Tank

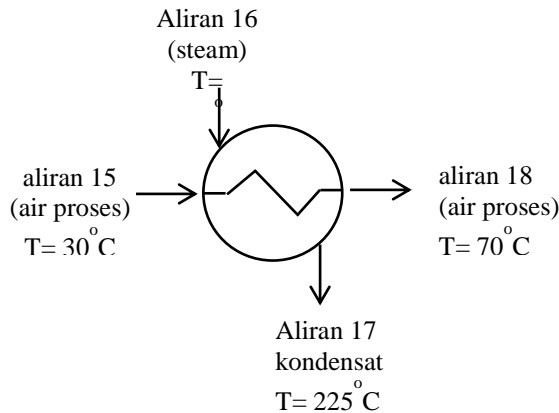
Masuk		Keluar	
Aliran (12) dari digester	Enthalpy (kkal)	Aliran (13) ke udara	Enthalpy (kkal)
Pulp:		uap air	545332,5229
Selulosa	11261860,35	<b>Aliran (14) ke washer</b>	
Hemiselulosa	1682707,522		
Lignin	192798,2522	Pulp:	
Air	569941,7327	Selulosa	11261860,35
Black liquor		Hemiselulosa	1682707,522
Larutan NaOH sisa	32795353,69	Lignin	192798,2522
Abu	321400,1241	Air	24609,20977
Na-Lignat	1869945,329	Black liquor:	
Air	353061250,3	Larutan NaOH sisa	32795353,69
Hemiselulosa sisa	1682707,522	Abu	321400,1241
	403437964,8	Na-Lignat	1869945,329



		Air	353061250,3
		Hemiselulosa	1682707,522
		sisia	402892632,3
<b>Total</b>	403437964,8	<b>Total</b>	403437964,8

4. Heat exchanger (E-224)

Fungsi : untuk meningkatkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C



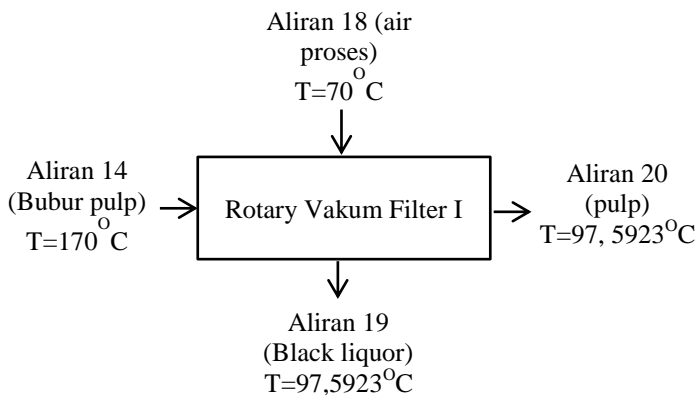
**Tabel B.6** Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-224)

Masuk		Keluar	
Aliran (15) dari air proses	Enthalpy (kkal)	Aliran (18) ke washer I	Enthalpy (kkal)
Air proses	36894517,69	Air proses	332915115
<b>Steam</b>	451847177,4	<b>Kondensat</b>	155826580
<b>Total</b>	488741695	<b>Total</b>	488741695



## 5. Rotary Vakuum Filter I

Fungsi: memisahkan pulp dari larutan pemasak (*black liquor*)



Tabel IV.5 Neraca Panas Pada Rotary Vakuum Filter I

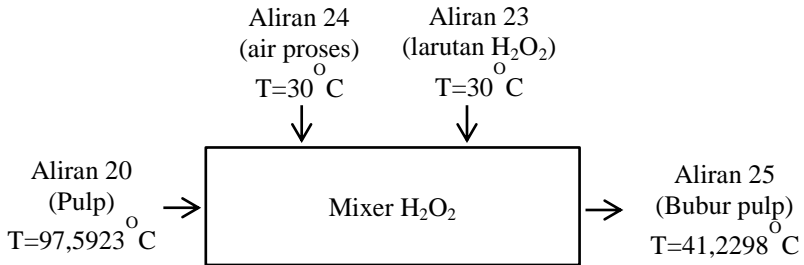
Masuk		Keluar	
Aliran (14) dari Blow Tank	Enthalpy (kkal)	Aliran (19) ke Pengolahan limbah	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Black liquor:	
Selulosa	11261860,35	NaOH	16418558,36
Hemiselulosa	1682707,522	Abu	160904,7045
Lignin	192798,2522	Na-Lignat	936163,2995
Air	24609,20977	Air	695006141,3
Black liquor:		Hemiselulosa sisa	842425,1779
NaOH	32795353,69	Selulosa	112762,0169
Abu	321400,1241	Hemiselulosa	16848,50356
Na-Lignat	1869945,329	Lignin	1930,437699
Air	353061250,3	Total	713495733,8
Hemiselulosa	1682707,522		



sis			
Total	401209924,8	<b>Aliran (20) ke mixer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	
<b>Aliran (18) dari Heat Exchanger (E-224)</b>		Pulp:	
Air proses	332915114,8	Selulosa	5525338,83
		Hemiselulosa	825576,6743
		Lignin	94591,44724
		Air	14183798,8
		Total	20629305,75
<b>Total</b>	734125039,6	<b>Total</b>	734125039,6

6. Mixer  $H_2O_2$ 

Fungsi: mencampurkan larutan  $H_2O_2$ , pulp dan air proses menjadi bubur pulp

Tabel IV.6 Neraca Panas Pada Mixer  $H_2O_2$ 

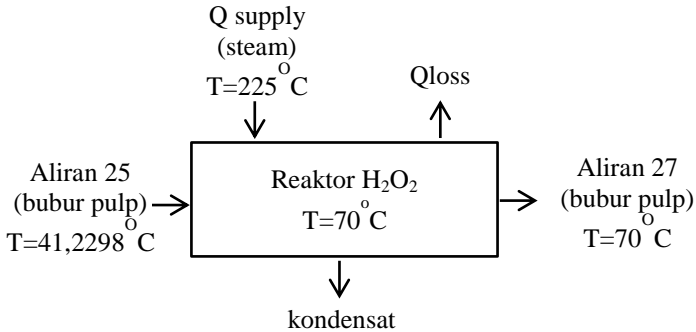
Masuk		Keluar	
Aliran (20) dari washer I	Enthalpy (kkal)	Aliran (25) ke Reaktor $H_2O_2$	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Bubur Pulp:	
Selulosa	5525338,83	Selulosa	1235329,112
Hemiselulosa	825576,6743	Hemiselulosa	184578,5265
Lignin	94591,44724	Lignin	21148,3082
Air	14131605,81	Air	26189317,39
Total	20577112,76	$H_2O_2$	70233,41552
		Total	27700606,75
Aliran (23) dari tangki pengenceran $H_2O_2$			
$H_2O_2$	21637,11376		
Air	1518120,004		
Total	1539757,118		



<b>Aliran (24) Dari Utilitas</b>			
Air proses	5583736,87		
<b>Total</b>	<b>27700606,75</b>	<b>Total</b>	<b>27700606,75</b>

7. Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Fungsi = untuk Mereaksikan bubuk pulp dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk *bleaching*



**Tabel IV.7 Neraca Panas Pada Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

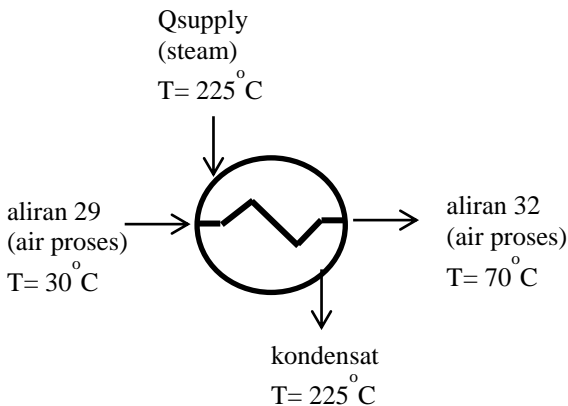
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Aliran (25) dari Mixer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>	<b>Aliran (27) ke Tangki (F-242)</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	1235329,112	Selulosa	3425158,906
Hemiselulosa	184578,5265	Hemiselulosa	204710,0738
Lignin	21148,3082	Lignin	35182,35691
Air	26189317,39	Air	7373,403962
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	70233,41552		
<b>Total</b>	<b>27700606,75</b>	<b>Black Liquor : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	<b>186110,1595</b>



Qsupply	16176641,49	Air (C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	72803355,09 24341,57874
ΔHreaksi	33924880,52	Hemiselulosa sisia	307065,1107
		Total	76993296,68
		Qloss	808832,0744
<b>Total</b>	<b>77802128,76</b>	<b>Total</b>	<b>77802128,76</b>

## 8. Heat Exchanger (E-243)

Fungsi: untuk meningkatkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C



**Tabel IV.8** Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-243)

Masuk		Keluar	
Aliran (29) dari Utilitas	Enthalpy (kkal)	Aliran (32) ke Washer II	Enthalpy (kkal)
Air Proses	23730167,36	Air Proses	214127515

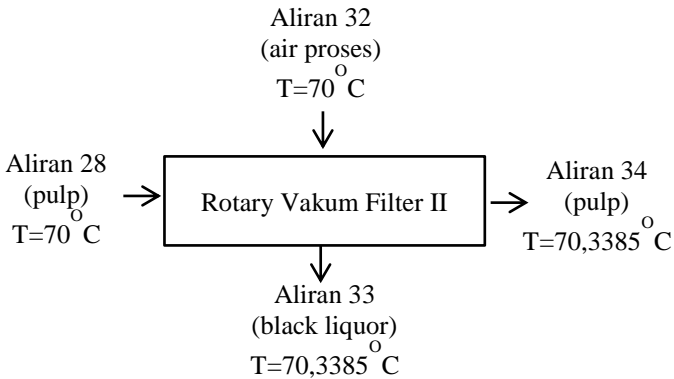




<b>Steam</b>	290623372	<b>Kondensat</b>	100226024
<b>Total</b>	314353539	<b>Total</b>	314353539

9. Rotary Vakum Filter II

Fungsi: memisahkan pulp dengan larutan pemasak (*black liquor*)



**Tabel IV.9** Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter II

Masuk		Keluar	
Aliran (28) dari Tangki (F-242)	Enthalpy (kkal)	Aliran (34) Ke Mixer C12	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	3425158,906	Selulosa	3363481,778
Hemiselulosa	204710,0738	Hemiselulosa	201023,8421
Lignin	35182,35691	Lignin	34548,82522
Air	7373,403962	Air	5750435,145
	3672424,741	Total	9349489,591
Black Liquor : H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	186110,1595	<b>Aliran (33) ke Pengolahan</b>	

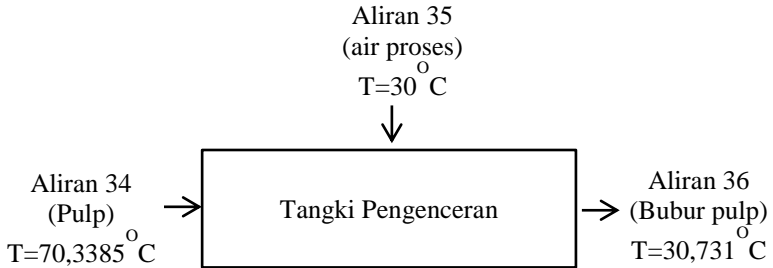


		<b>Limbah</b>	
Air (C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	72803355,09	Black Liquor :	
Hemiselulosa sisa	24341,57874	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	186488,6307
	307065,1107	Hemiselulosa sisa	24391,07945
Total	73320871,94	Selulosa	307689,5542
<b>Aliran (32) dari Heat Exchanger (E-243)</b>		Hemiselulosa	68642,48527
Air	214127515	Lignin sisa	4102,527389
		Air	708,8970079
		Total	281771322,1
<b>Total</b>	291120811,7	<b>Total</b>	592019,355
			291120811,7



10. Tangki Pengenceran Pulp

Fungsi: mencampurkan pulp dengan air proses

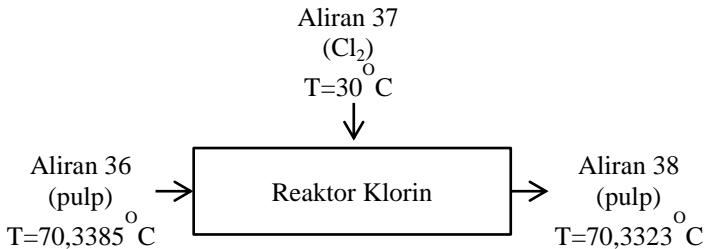


Tabel IV.10 Neraca Panas Pada Tangki Pengenceran

Masuk		Keluar	
Aliran (34) dari washer I	Enthalpy (kkal)	Aliran (36) ke Reaktor Cl <sub>2</sub>	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	3363481,778	Selulosa	475258,2019
Hemiselulosa	201023,8421	Hemiselulosa	28404,5629
Lignin	34548,82522	Lignin	4881,730788
Air	5753306,63	Air	38132693,72
Total	9352361,075	Total	38641238,21
<b>Aliran (35) Dari Utilitas</b>			
Air proses	29288877,13		
<b>Total</b>	<b>38641238,21</b>	<b>Total</b>	<b>38641238,21</b>

11. Reaktor  $\text{Cl}_2$ 

Fungsi: Mereaksikan bubur pulp dengan  $\text{Cl}_2$  untuk *bleaching*



Tabel IV.11 Neraca Panas Pada Reaktor Klorin

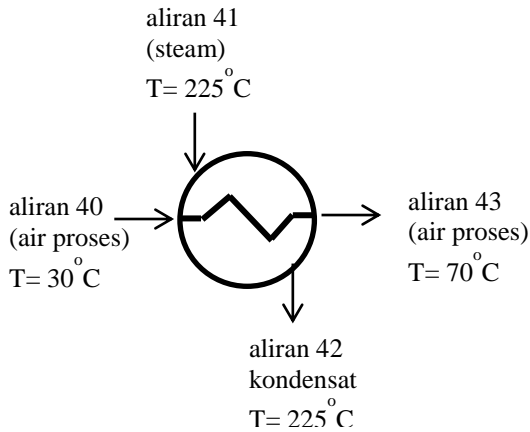
Masuk		Keluar	
<b>Aliran (36) dari Tangki Pengenceran Pulp</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>	<b>Aliran (38) ke Tangki Penampung Pulp</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	475258,2019	Selulosa	475236,7673
Hemiselulosa	28404,5629	Hemiselulosa	28403,28182
Lignin	4881,730788	( $\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{O}_3\text{Cl}$ )	5553,747704
Air	38132693,72	Air	38130973,89
	38641238,21	Black Liquor	
		:	
		$\text{Cl}_2$	4734,912426
		HCl	590,4706825
		<b>Total</b>	<b>38645493,07</b>
<b>Aliran (37) dari Mixer <math>\text{Cl}_2</math></b>			
$\text{Cl}_2$	4254,861718		



<b>Total</b>	38645493,07	<b>Total</b>	38645493,07
--------------	-------------	--------------	-------------

12. Heat Exchanger (E-263)

Fungsi: untuk meningkatkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C



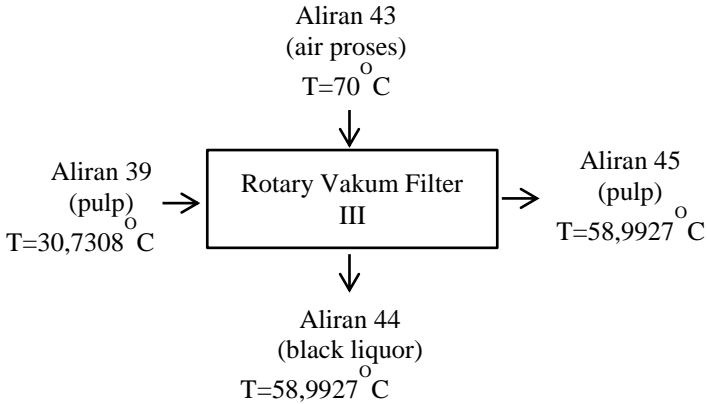
Tabel IV.12 Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-263)

Masuk		Keluar	
Aliran (40) dari Utilitas	Enthalpy (kkal)	Aliran (43) ke Washer III	Enthalpy (kkal)
Air Proses	78022843,2	Air Proses	704033700
Steam	955545801	Kondensat	329534944,6
<b>Total</b>	<b>1033568645</b>	<b>Total</b>	<b>1033568645</b>



13. Rotary Vakum Filter III

Fungsi: memisahkan pulp dari larutan pemasak (*black liquor*)



Tabel IV.13 Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter III

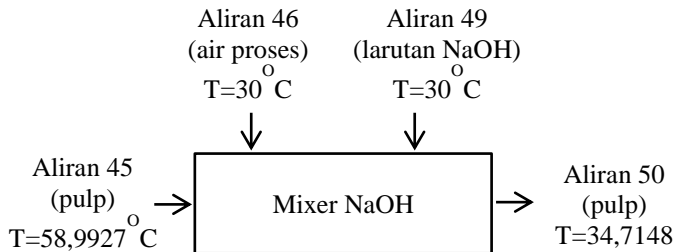
Masuk		Keluar	
Aliran (39) Dari Blow Tank	Enthalpy (kkal)	Aliran (44) ke Pengolahan Limbah Cair	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Black Liquor :	
Selulosa	475236,7673	Cl <sub>2</sub>	138628,9959
Hemiselulosa (C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	28403,28182	Selulosa	50988,09626
Air	5817,133485	Hemiselulosa (C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	3047,38473
	38130973,89	Air	595,8609309
Black Liquor :		HCl	725008613,9
Cl <sub>2</sub>	4734,912426		3167,576466
HCl	590,4706825		725205041,8
	38645756,4	Aliran (45) Ke Mixer NaOH	



		<b>Pulp:</b>	
Aliran (43) dari Heat Exchanger (E-263)		Selulosa	2498416,717
Air Proses	704033700	Hemiselulosa (C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	149321,8518
		Air	30581,85844
			14796094,16
			17474414,6
<b>Total</b>	742679456,4	<b>Total</b>	742679456,4

14. Mixer NaOH

Fungsi: mencampurkan pulpdengan larutan NaOH dan air proses untuk mendapat konsistensi pulp 18%



Tabel IV.14 Neraca Panas Pada Mixer NaOH

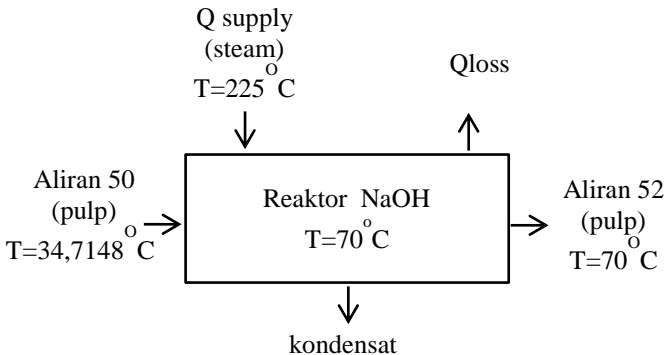
Masuk		Keluar	
Aliran (45) dari Rotary Vacum Filter III	Enthalpy (kkal)	Aliran (50) ke Reaktor NaOH	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	2498416,717	Selulosa	710136,661
Hemiselulosa	149321,8518	Hemiselulosa	42442,44786



(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	30581,85844	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	8692,424565
Air	14796094,16	Air	29976737,18
Total	17474414,59	NaOH	6457,408567
<b>Aliran (49) dari Tangki Pengenceran NaOH</b>		Total	30744466,12
Larutan NaOH	33235,84298		
<b>Aliran (46) dari Utilitas</b>			
Air proses	13236815,69		
<b>Total</b>	30744466,12	<b>Total</b>	30744466,12

## 15. Reaktor NaOH

Fungsi: mereaksikan pulp dengan larutan NaOH untuk bleaching



Tabel IV.15 Neraca Panas Pada Reaktor NaOH

Masuk	Keluar
-------	--------



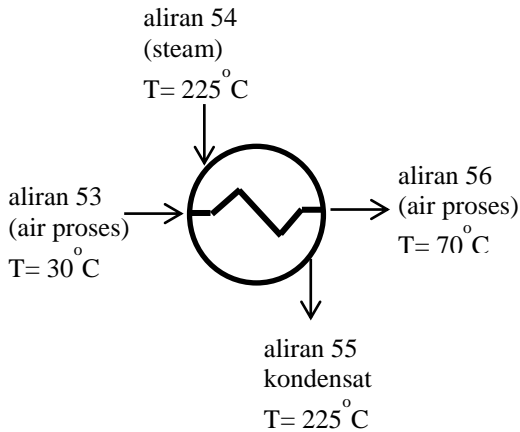


<b>Aliran (45) dari Rotary Vacum Filter III</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>	<b>Aliran (50) ke Reaktor NaOH</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>
<b>Pulp:</b>		<b>Pulp:</b>	
Selulosa	2498416,717	Selulosa	710136,661
Hemiselulosa	149321,8518	Hemiselulosa	42442,44786
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	30581,85844	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	8692,424565
Air	14796094,16	Air	29976737,18
Total	17474414,59	NaOH	6457,408567
<b>Aliran (49) dari Tangki Pengenceran NaOH</b>		<b>Total</b>	<b>30744466,12</b>
Larutan NaOH	33235,84298		
<b>Aliran (46) dari Utilitas</b>			
Air proses	13236815,69		
<b>Total</b>	<b>30744466,12</b>	<b>Total</b>	<b>30744466,12</b>



## 16. Heat Exchanger (E-282)

Fungsi: Fungsi: untuk meningkatkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C



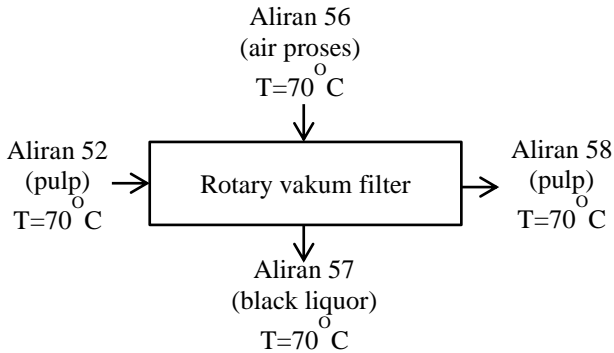
**Tabel IV.16** Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-282)

Masuk		Keluar	
Aliran (53) dari Utilitas	Enthalpy (kkal)	Aliran (56) ke Wsher IV	Enthalpy (kkal)
Air Proses	41641709	Air Proses	375751064
<b>Steam</b>	509986030	<b>Kondensat</b>	175876675
<b>Total</b>	551627739	<b>Total</b>	551627739



17. Rotary Vakum Filter IV

Fungsi: untuk memisahkan pulp dari larutan pemasak (*black liquor*)



Tabel IV.17 Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter (H-280)

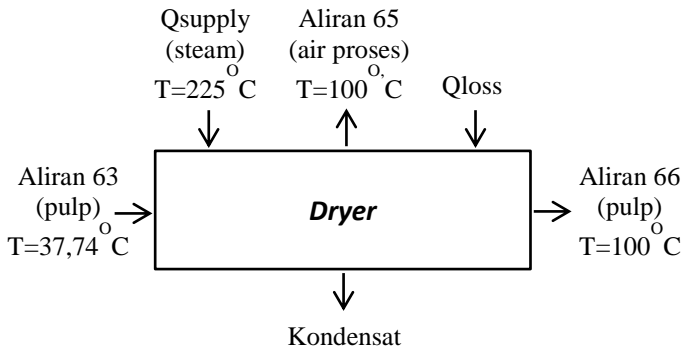
Masuk		Keluar	
Aliran (52) dari Reaktor NaOH	Enthalpy (kkal)	Aliran (57) Ke Pengolahan Limbah	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Black Liquor :	
Selulosa	3289522,613	NaOH	8606,007362
Hemiselulosa	196603,5548	(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	35066,47833
Air	139220910,2	NaCl	7240,188577
		Selulosa	65790,45227
Black Liquor :		Hemiselulosa	3932,071097
NaOH	8606,007362	Air	504672534,9
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	35066,47833	Total	504793170,1
NaCl	7240,188577		
Total	142757949,1	Aliran (58) ke Tangki Pengenceran Pulp	



		Pulp:	
<b>Aliran (56) dari Heat Exchanger (E-282)</b>		Selulosa	3223732,161
Air	375751064,1	Hemiselulosa	192671,4838
		Air	10299439,49
		Total	13715843,1
<b>Total</b>	<b>518509013,2</b>	<b>Total</b>	<b>518509013,2</b>

## 18. Dryer

Fungsi: mengurangi kadar air dalam kertas



Tabel IV.18 Neraca Panas Pada Dryer

Masuk		Keluar	
<b>Aliran (63) dari Wire Part</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>	<b>Aliran (65) ke Udara</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>
Lembaran kertas basah		Uap Air	177667604,1
Selulosa	912678,781		



Hemiselulosa	54547,70004	<b>Aliran (66) ke Calendering</b>	
Air	3693351,225	Lembaran Kertas Kering	
Total	4660577,706	Selulosa	5372886,935
		Hemiselulosa	321119,1396
Qsupply	189093192,6	Air	937500,5492
		Total	6631506,624
		Qloss	9454659,631
Total	193753770,3	Total	193753770,3



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB V**

### **SPESIFIKASI ALAT**

#### **1. *Open Yard (F-111)***

Fungsi kenaf	: Untuk menyimpan bahan baku
Kapasitas	: 15.548,21 kg/jam
Rate Volumetrik	: 50,16 m <sup>3</sup> /jam
Panjang	: 50 m
Lebar	: 120 m
Jumlah	: 1 unit

#### **2. *Belt Conveyor (J-112)***

Fungsi	: Untuk mengangkut kenaf dari <i>open yard</i> menuju <i>rotary cutter</i>
Type	: <i>Throughed belt on 45° idlers with rolls equal length</i>
Kapasitas	: 20,12 ton/jam
Bahan Kontruksi	: Karet
Panjang	: 10 m
Kemiringan	: 10°
Ukuran Lump Max	: 33,18 mm
<i>Cross Sectional Area</i>	: 0,06 m <sup>2</sup>
<i>Belt Plies</i>	: 3 min. ; 5 maks.
Lebar Belt	: 28 cm
Kecepatan Belt	: 39,65 m/min
Power Motor	: 3 hp
Jumlah	: 1 unit

#### **3. *Rotary Cutter (C-110)***

Fungsi	: Untuk memotong kenaf menjadi ukuran yang lebih kecil
Rate Massa	: 15.548,21 kg/jam
Rate Volumetrik	: 50,16 m <sup>3</sup> /jam
Diameter feed max.	: 0,5 m



Power	: 32 hp
Jumlah	: 1 unit

#### 4. *Vibrating Screen* (H-211)

Fungsi dari potongan kenaf	: Untuk menyaring zat impuritis
Kapasitas	: 15.548,21 kg/jam
Rate Volumetrik	: 15.548,21 kg/jam
Panjang Vibrating	: 4,12 m
Lebar Vibrating	: 2,06 m
Luas Vibrating	: 6,17 m <sup>2</sup>
Bahan Kontruksi	: SA 240, Grade M, Type 316
Power	: 13 hp
Jumlah	: 1 unit

#### 5. *Chip Bin* (F-212)

Fungsi	: Untuk menyimpan sementara chip kenaf sebelum menuju <i>bucket elevator</i>
Type	: Silinder tegak tanpa tutup atas dan tutup bawah konis
Kapasitas	: 2.191,912 cuft
Diameter Tangki	
- <i>Inside Diameter</i>	: 108 in
- <i>Outside Diameter</i>	: 114 in
Tinggi Tangki	: 660,03 in
Tebal Shell	
- Course 1	: 3/16 in
- Course 2	: 3/16 in
- Course 3	: 3/16 in
- Course 4	: 3/16 in
- Course 5	: 3/16 in
Tebal Konis	: 3/16 in
Bahan Kontruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C



**6. Bucket Elevator (J-212)**

Fungsi	: untuk membawa kenaf dari vibrating screen ke screw conveyor
Type	: Centrifugal-Discharge Bucket
Kapasitas	: 93,29 ton
Bahan	: Carbon Steel
Ukuran Bucket	: 8 x 5 x 5 1/2
Bucket Spacing	: 12,00 in
Tinggi Elevator	: 25,00 in
Power Motor	: 1,5 hp
Jumlah	: 1,00 unit

**7. Tangki Pengenceran NaOH (M-213)**

Fungsi	: Untuk mengencerkan NaOH 48% menjadi NaOH 10%
Type	: Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah standar dishead dilengkapi dengan pengaduk

Dimensi Tangki :

Kapasitas	: 8 cuft.493,39
Tinggi	: 740,57 in
Diameter	
- Inside Diameter	: 168 in
- Outside Diameter	: 180 in
Tebal Shell	: 7/16 in
Tebal Tutup Atas	: 5/8 in
Tebal Tutup Bawah	: 5/18 in
Bahan Kontruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah	: 1 unit

Dimensi Pengaduk :

Jenis Pengaduk	: Propeller
Diameter Pengaduk	: 60 in
Kecepatan Putaran	: 1 rps
Power Motor	: 5 hp



Jumlah : 1 unit

### 8. Pandia Digester (R-210)

Fungsi : Untuk mengubah serat kenaf menjadi pulp dan terjadi proses delignifikasi

Type : *Continuous Pandia Digester*

Kapasitas : 16.790 cuft

Waktu Tinggal : 3,5 jam

Bahan Kontruksi : 316 Stainless Steel

Diameter Tube :

- *Inside Diameter* : 18 in

- *Outside Diameter* : 20 in

Panjang Tube : 180 in

Jumlah Tube : 635

Screw in Tube :

- Bahan Kontruksi : 316 Stainless Steel

- Power : 2 hp

- Kecepatan : 8 rpm

Rotary Discharge Valve :

- Bahan Kontruksi : 316 Stainless Steel

- Diameter : 18 in

- Jumlah : 1

### 9. Blow Tank (F-222)

Fungsi : Untuk menyimpan sementara pulp setelah proses delignifikasi

Type : Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah standar dishead

Kapasitas : 10.069,8 cuft

Tinggi : 768 in

Diameter

- *Inside Diameter* : 180 in

- *Outside Diameter* : 192 in

Tebal Shell



---

- Course 1	: 1/2 in
- Course 2	: 7/16 in
- Course 3	: 3/8 in
- Course 4	: 3/8 in
- Course 5	: 5/16 in
- Course 6	: 1/4 in
- Course 7	: 1/4 in
- Course 8	: 1/5 in
Tebal Tutup Atas	: 1/4 in
Tebal Tutup Bawah	: 3/4 in
Bahan Kontruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah	: 1 unit

#### 10. Pompa (L-223)

Fungsi	: Memompa pulp dari <i>blow tank</i> menuju <i>washer I</i>
Type	: <i>Centrifugal Pump</i>
Material Case	: Cast Iron
Material Rotor	: Carbon Steel
<i>Suction Pressure</i>	: 40,45 psi
<i>Discharge Pressure</i>	: 14,7 psi
Beda Ketinggian	: 13 ft
Ukuran Pipa	: 20 in OD, sch 80
Power Pipa	: 2 hp
Jumlah	: 1 unit

#### 11. Rotary Vacuum Filter (H-220)

Fungsi	: Untuk mencuci pulp yang keluar dari <i>blow tank</i>
Type	: <i>Rotary Drum Filter</i>
Kapasitas	: 430.846,55 kg/jam
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 90,57°C
Berat Filtrat yang Keluar	: 411.160,13 kg/jam
Berat Cake yang Dihasilkan	: 19.686,42 kg/jam

---




---

Densitas Cake	: 1.013,062 kg/m <sup>3</sup>
Densitas Filtrat	: 951,124 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas Filtrat	: 0,001685 kg/m.s
Volume Filtrat	: 432,29 m <sup>3</sup> /jam
Massa Dry Cake	: 11.589,71 kg/jam
Kandungan Air pada Cake	: 41%
Penurunan Tekanan	: 67 kPa
Waktu Siklus	: 5 menit
Bagian Filter yang Tercelup	: 30%
Luas Filter	: 496.082,57 m <sup>2</sup>
Diameter Filter	: 281,06 m
Tinggi Filter	: 562,12 m
Waktu Tinggal	: 90 s
Kecepatan Putaran	: 0,06 rpm
Jumlah	: 1 unit

## 12. Mixer (M-231)

Fungsi	: Untuk mencampurkan pulp dengan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dan air
Type	: Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah standar dishead dilengkapi dengan pengaduk

### Dimensi Tangki :

Kapasitas	: 6.514,77 cuft
Tinggi	: 739,98 in
Diameter	
- <i>Inside Diameter</i>	: 156 in
- <i>Outside Diameter</i>	: 168 in
Tebal Shell	
- Course 1	: 3/8 in
- Course 2	: 3/8 in
- Course 3	: 5/16 in
- Course 4	: 5/16 in
- Course 5	: 1/4 in
- Course 6	: 1/4 in

---



---

- Course 7	: 3/16 in
Tebal Tutup Atas	: 3/16 in
Tebal Tutup Bawah	: 5/8 in
Bahan Kontruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah	: 1
<u>Dimensi Pengaduk :</u>	
Jenis Pengaduk	: Propeller
Diameter Pengaduk	: 52 in
Kecepatan Putaran	: 1 rps
Power Motor	: 3 hp
Jumlah	: 1 unit

### 13. **Head Box (X-313)**

Fungsi	: Untuk mendistribusikan pulp secara merata ke atas <i>wire part</i>
Type	: <i>Three-Pass Baffles Headbox</i>
Kecepatan Alir Roll	: 1,5 ft
Diameter Roll	: 16 in
Jumlah Roll	: 3 roll
Ketebalan Roll	: 0,25 in
Kecepatan Putar Roll	: 30 rpm
Ketinggian <i>Head Box</i>	: 10 m
<i>Jet Geometry</i>	: 45,95 ft/s
Jumlah	: 1 unit

### 14. **Wire Part (X-314)**

Fungsi	: Untuk membentuk pulp menjadi lembaran kertas
Type	: <i>Metal Wire</i>
Panjang Wire	: 35,7 m
Lebar Wire	: 3,9 m

### 15. **Drum Reel (X-315)**

Fungsi	: Untuk menyimpan lembaran kertas dalam bentuk roll
--------	---

---

Dimensi Roller :

Volume	: 339,4 m <sup>3</sup>
Diameter	: 8 m
Tinggi	: 8 m
Jumlah	: 500 roller

**16. Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (R-230)**

Fungsi : Untuk mereaksikan lignin dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk meningkatkan *brightness*

Type : *Mixed Flow Reactor*

Jumlah : 1 unit

Dimensi Tangki :

Kapasitas : 9.381,22 cuft

Tinggi : 844,14 in

Diameter

- *Inside Diameter* : 180 in

- *Outside Diameter*: 192 in

Tebal Shell : 1 ¼ in

Tebal Tutup Atas : 1 ¾ in

Tebal Tutup Bawah : 1 ¾ in

Bahan Kontruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C

Dimensi Pengaduk :

Jenis Pengaduk : Propeller

Diameter Pengaduk : 60 in

Kecepatan Putaran : 1 rps

Power Motor : 5 hp

Dimensi Jacket

V<sub>steam</sub> : 2.595.796,52 cuft/jam

Diameter

- *Inside Diameter* : 15,21 ft

- *Outside Diameter* : 16,04 ft

Tinggi Jacket : 70,34 ft

Luas Area Steam : 20,44 ft<sup>2</sup>

Kec. Superficial Steam : 126.979,09 ft/jam

**17. Heat Exchanger (E-224)**

Fungsi : Untuk menaikkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C  
Type : Shell and Tube Heat Exchanger  
Jumlah : 4 unit

Shell Side:

Inside diameter : 39 in  
Passes : 1

Tube Side:

Numer : 1330  
Outside Diameter : 3/4 in  
BWG : 18 BWG  
Pitch : 15/16 in triangular pitch  
Passes : 2

**18. Dryer (B-310)**

Fungsi : untuk mengurangi kadar air kertas dari wire part  
Jenis : Counter-current Rotary Dryer  
Volume Rotary Dryer : 680,50 ft<sup>2</sup>  
Luas Permukaan Rotary Dryer : 375,63 ft<sup>2</sup>  
Diameter Dryer : 5,58 ft  
Panjang Dryer : 27,88 ft  
Diameter nozzle : 0,94 ft  
Jumlah Dryer : 5,71 rpm  
Waktu tinggal : 14,38 menit  
Jumlah : 1 unit

**19. Calendering (X-315)**

Fungsi permukaan kertas	: untuk menghaluskan
<i>Speed</i>	= 1500 m/min
Jumlah <i>roll</i>	= 12 roll
<i>Paper rolls width</i>	= 650 mm
<i>Roll diameter</i>	= 1200 mm
<i>Caore diameter</i>	= 75 atau 150 mm



## **BAB VI UTILITAS**

Dalam sebuah pabrik, utilitas merupakan bagian yang sangat penting karena utilitas berhubungan dengan proses industri. Dalam hal ini, utilitas dari pabrik kertas dari kenaf dengan proses acetocell adalah terdiri atas :

1. Unit Pengolahan Air  
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air pendingin, air proses, air sanitasi dan air pengisi boiler.
2. Unit Pembangkitan Steam  
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan steam pada proses evaporasi, pemanasan dan supply pembangkitan tenaga listrik.
3. Unit Pembangkitan Tenaga Listrik  
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan listrik bagi alat-alat, bangunan, jalan raya, dan lain sebagainya.
4. Unit Bahan Bakar  
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan bahan bakar bagi alat-alat, generator , boiler, dan sebagainya.

### **VI.1 Sistem Pengolahan Air**

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia  $H_2O$ , satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

Kebutuhan air dalam pabrik ini direncanakan diambil dari air sungai di sekitar pabrik. Sedangkan untuk unit pengolahan air buangan akan diproses di *Waste Water Treatment*.



Dalam pabrik ini sebagian besar air dimanfaatkan sebagai air proses dan sebagai media perpindahan energi. Untuk melaksanakan fungsi tersebut, air harus mengalami proses pengolahan terlebih dahulu sehingga pabrik dapat berfungsi dengan optimum, aman dan efisien. Secara umum fungsi air di pabrik ini terbagi dalam beberapa sistem pemakaian, masing-masing mempunyai persyaratan kualitas yang berbeda sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Sistem pemakaian tersebut antara lain adalah :

1. Sebagai air umpan boiler
2. Sebagai air sanitasi
3. Sebagai air pendingin
4. Sebagai air proses

### VI.1.1 Air Umpan Boiler

Air umpan adalah air yang disuplai ke boiler untuk dirubah menjadi *steam*. Sedangkan sistem air umpan adalah sistem penyediaan air secara otomatis untuk boiler sesuai dengan kebutuhan *steam*.

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses.

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air umpan boiler adalah:

- Zat – zat penyebab korosi  
Korosi dalam ketel disebabkan karena tidak sempurnanya pengaturan pH dan penghilangan oksigen, penggunaan kembali air kondensat yang banyak mengandung bahan-bahan pembentuk karat dan korosi yang terjadi selama ketel tidak dioperasikan.
- Zat penyebab '*scale foaming*'  
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan



silica (Alerts, G., Santika, S.S., 1987).

- Zat penyebab *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan biasanya menyebabkan busa [foam] pada boiler, karena adanya zat – zat organik, anorganik dan zat tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas tinggi.

Sebelum air dari unit pengolahan air digunakan sebagai umpan boiler, dilakukan pelunakan air. Adapun tujuannya adalah untuk menghilangkan  $Mg^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$  yang mudah sekali membentuk kerak. Kerak akan menghalangi perpindahan panas sehingga akan menyebabkan over heating yang memusat dan menyebabkan pecahnya pipa.

**Tabel VI.1** Baku Mutu Air Umpan Boiler

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
pH	Unit	10,5 – 11,5
Conductivity	Mmhos/cm	Max. 5000
TDS	Ppm	Max. 3500
P-Alkalinity	Ppm	-
M-Alkalinity	Ppm	Max. 800
O-Alkalinity	Ppm	Min. 2,5 x SiO <sub>2</sub>
T. Hardness	Ppm	-
Silica	Ppm	Max. 150
Besi	Ppm	Max. 2
Phosphat Residual	Ppm	20 – 50



Sulfite Residual	Ppm	20 – 50
pH Condensate	Unit	8 – 9

### VI.1.2 Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan mandi, minum, memasak, mencuci, dan sebagainya. Pada dasarnya air sanitasi memiliki memiliki baku mutu yang sama dengan air bersih. Berikut baku mutu air sanitasi berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor: 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang syarat dan pengawasan kualitas air :

#### a. Fisik

- Bau : Tidak berbau
- TDS : 1500 mg/L
- Kekeruhan : 25 NTU
- Rasa : Tidak berasa
- Suhu : Suhu udara  $\pm 3^{\circ}\text{C}$
- Warna : 50 TCU

#### b. Kimia

- Kesadahan : 500 mg/L
- pH : 6,5 – 9
- Besi :  $<1$  mg/L
- Detergen :  $<0,5$  mg/L
- Mangan :  $<0,5$  mg/L
- Seng :  $<16$  mg/L

#### c. Biologis

Tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri patogen.

Untuk memenuhi persyaratan-persyaratan diatas dapat dilakukan proses penjernihan sebelumnya dan untuk bakteriologis (penghilangan bakteri) perlu ditambahkan kaporit ( $\text{CaOCl}_2$ ) sebagai desinfektan yang fungsinya adalah untuk mencegah berkembang biaknya bakteri pada sistem distribusi air sanitasi.



### VI.1.3 Air Pendingin

Untuk kelancaran dan efisiensi kerja dari air pendingin, maka perlu diperhatikan persyaratan untuk air pendingin dan air umpan boiler : (Lamb : 302)

**Tabel VI.2 Syarat Air Pendingin**

Parameter	Satuan	Nilai
Konduktivitas	Mhos/cm	<1000
Turbiditas	Ppm	<10
Suspended Solid	Ppm	<10
Total Hardness	Ppm as CaCO <sub>3</sub>	<100
Total Iron	Ppm as Fe	<1,0
Residual Chlorine	Ppm as Cl <sub>2</sub>	0,5 – 1,0
Silicate	Ppm as SiO <sub>2</sub>	<150
Total Chromate	Ppm as CrO <sub>4</sub>	1,5 – 2,5
pH		6,5 – 7,5

### VI.1.4 Air Proses

Air proses adalah air yang digunakan dalam proses pembuatan kertas. 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



## VI.2 Proses Pengolahan Air

Proses pengolahan air meliputi :

- a. Pengolahan secara fisika, seperti pengendapan *suspended solid* tanpa koagulan (*plan sedimentation*), pemisahan atau penyaringan minyak dan kotoran padat lainnya
- b. Pengolahan secara kimia atau klarifikasi terutama untuk memisahkan kontaminan yang terlarut.
- c. Pengolahan secara fisika lanjutan, seperti proses penyaringan/filtrasi, terutama untuk menyempurnakan proses kimia.
- d. Pengolahan khusus yang tergantung pada penggunaannya, seperti;
  - Pelunakan dengan kapur
  - Pelunakan dengan menggunakan kation
  -

### 1. Pengendapan Kotoran

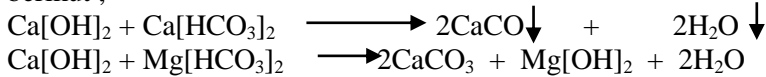
Air yang diambil dari sungai sebelum masuk bak penampung dilewatkan saringan (*strainer*) untuk mengurangi kotoran seperti sampah dan lain – lain. Setelah itu air dilewatkan ke bak *skimming* untuk menyaring kandungan minyak dan air dalam lemak akan mengendap, sedangkan air secara overflow dari bak penampung dialirkan ke pengolahan berikutnya.

### 2. Penambahan Bahan Kimia

Pada bak flokulator dengan dengan pengadukan cepat disertai penambahan dengan tawas  $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$  agar larutan tawas dapat tercampur sempurna dengan air yang diolah. Tujuan penambahan tawas adalah untuk memperbesar ukuran partikel padatan yang sukar mengendap sehingga waktu pengendapan menjadi lebih cepat. Setelah terbentuk gumpalan – gumpalan, air dialirkan ke bak berpengaduk dengan kecepatan lambat (5 – 8 rpm) yang disertai penambahan larutan kapur  $[Ca(OH)_2]$ . Tujuan pengadukan lambat disini adalah untuk membantu memperbesar flok – flok sehingga menjadi berat. Sedangkan penambahan larutan kapur bertujuan untuk mengikat



kesadahan karbonat (diktat utilitas hal III-9). Melalui reaksi berikut ;



Air kemudian dialirkan secara overflow ke bak pengolahan berikutnya.

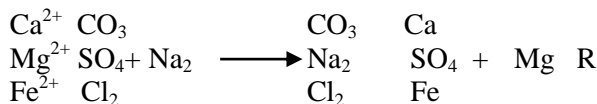
### 3. Penyaringan

Kemudian air mengalir dengan dengan flow rate yang lambat dalam bak sedimentasi atau *clarifier* agar flok – flok yang sudah terbentuk tidak rusak. Di bak sedimentasi ini air diberi kesempatan untuk mengendap sebaik mungkin. Air jernih dari bagianatas ditampung dalam bak penampung sementara, kemudian dipompa ke *sand filter* yang berfungsi untuk menangkap partikel – partikel kecil yang tidak dapat diendapkan. Partikel – partikel tersebut akan tertahan oleh butiran pasir dan kerikil . Air yang lolos merupakan air yang jernih dan dan bersih yang kemudian ditampung dalam bak penampung air bersih. Untuk air sanitasi ditambahkan kaporit sebagai pembunuh kuman. Untuk air proses dapat langsung digunakan, sedangkan untuk air umpan boiler dilakukan demineralisasi pada kation *exchanger*.

### 4. Pengolahan Pelunakan

Ion exchanger terdiri dari kation dan anion exchanger. Pada kation exchanger, ion positif seperti  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  diganti dengan ion  $\text{Na}^{2+}$  dari resin kation  $[\text{RNa}_2]$ , sedangkan pada anion exchanger ion negatif seperti  $\text{Cl}^-$  diikat oleh resin basa kuat  $[\text{ROH}]$ . Reaksi yang terjadi pada reaksi demineralisasi yaitu :

- **Kation exchanger**



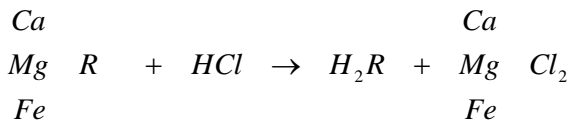
Resin akan jenuh setelah bekerja selama 36 jam yang



ditunjukkan dengan kenaikan konduktivitas anion, penurunan FMA [*free mineral acid*], kenaikan pH, total hardness lebih besar dari 0.

Untuk efektifitas operasi, unit ini juga dilengkapi dengan fasilitas regenerasi untuk mengembalikan kemampuan resin, yaitu dengan menambahkan larutan HCl ke dalam kation exchanger. Regenerasi yang terjadi yaitu :

Kation exchanger, dengan menggunakan HCl 5%



### VI.3 Perhitungan Kebutuhan Air

#### VI.3.1 Air sanitasi

Untuk keperluan air sanitasi diperlukan air sebanyak 0,2 m<sup>3</sup>/hari untuk tiap karyawan (*Kemmer.N.Frank., hal 351*).

Jumlah karyawan	:	500	orang
Kebutuhan air untuk 500 karyawan	:	100	m <sup>3</sup> /hari
Cadangan (10%)	:	10	m <sup>3</sup> /hari
<b>Total</b>	:	<b>110</b>	<b>m<sup>3</sup>/hari</b>

Untuk kebutuhan laboratorium, taman, *service water*, *hydrant* diperlukan air sebanyak 40% dari kebutuhan air sanitasi karyawan.

Kebutuhan lain-lain	:	68,8	m <sup>3</sup> /hari
<b>Kebutuhan air sanitasi pabrik</b>	:	<b>172</b>	<b>m<sup>3</sup>/hari</b>
<b>Kebutuhan air sanitasi pabrik</b>	:	<b>7,17</b>	<b>m<sup>3</sup>/jam</b>

#### VI.3.2 Air Umpan Boiler

Air yang dibutuhkan = steam yang dibutuhkan

**Tabel VI.3** Kebutuhan Air Umpan Boiler pada Pabrik

No.	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1.	Pandia Digester (R-210)	130989029,4





2.	Heat Exchanger (E-224)	674398,77
3.	Reaktor H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	36854,04656
4.	Heat Exchanger (E-243)	433766,277
5.	Heat Exchanger (E-263)	1426187,76
6.	Reaktor NaOH	228859,0334
7.	Heat Exchanger (E-282)	761173,18
8.	Dryer	430797,0434
<b>Total</b>		<b>134981066</b>

Air umpan boiler yang dibutuhkan = steam yang dibutuhkan :

$$\frac{\text{Rate massa air}}{\rho} = \frac{134981066}{998,68} = 135159,48 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan :

90% dari kondensat kembali ke air umpan boiler

Jadi : Air kondensat yang diresirkulasi adalah 80% dari total kondensat

$$= 80\% \times 160337,4896 \text{ m}^3$$

$$= 108127,58 \text{ m}^3$$

Make up water = 135159,48 – 108127,58 m<sup>3</sup>

$$= 27031,9 \text{ m}^3$$

### VI.3.3 Air Proses

Tabel VI.4 Kebutuhan Air Proses pada Pabrik

No	Nama Peralatan	Kebutuhan Air (kg/jam)
1.	Tangki Pengenceran NaOH 10%	2.047.233
2.	Washer I	7.388.508,6
3.	Tangki Pengenceran H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	285.943,8025



4.	Mixer H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.118.201,035
5.	Washer II	4.752.211
6.	Mixer Cl <sub>2</sub>	6.045.183,336
7.	Washer III	16.074.338
8.	Tangki Pengenceran NaOH	5.822
9.	Mixer Ekstraksi Alkali	2.695.555,153
10.	Washer IV	8.482.509,6
11.	Storage Tank	7.446.579
<b>Total</b>		56.342.084,5

Air proses yang dibutuhkan:

$$\frac{\text{Rate massa air}}{\rho} = \frac{56.342.084,5}{995,68} = \frac{56.586,5383 \text{ m}^3}{\text{jam}}$$

$$= \frac{1.358.076,92 \text{ m}^3}{\text{hari}}$$

Air sungai yang diambil dari sungai :

1. air sanitasi = 172,0 m<sup>3</sup> /hari
  2. Make up water boiler = 32067,49792m<sup>3</sup> /hari
  3. air proses = 1.358.076,92 m<sup>3</sup>/hari +
- Total = 1.390.316,42 m<sup>3</sup>/hari**  
**= 57929,85 m<sup>3</sup>/jam**

#### VI.4 Steam

Pada pabrik pulp ini, steam mempunyai peranan yang sangat penting. Steam yang digunakan adalah saturated steam. Kebutuhan steam untuk pabrik pulp adalah sebagai berikut :

**Tabel VI.5** Kebutuhan Steam

No.	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1.	Pandia Digester (R-210)	130989029,4
2.	Heat Exchanger (E-224)	674398,77
3.	Reaktor H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	36854,04656
4.	Heat Exchanger (E-243)	433766,277
5.	Heat Exchanger (E-263)	1426187,76
6.	Reaktor NaOH	228859,0334
7.	Heat Exchanger (E-282)	761173,18
8.	Dryer	430797,0434
<b>Total</b>		<b>134981066</b>

### VI.5 Listrik

Tenaga listrik untuk pabrik ini disuplai oleh jaringan PLN dan sebagai cadangan dipakai generator set untuk mengatasi keadaan bila sewaktu – waktu terjadi gangguan PLN. Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk masing – masing ruangan atau halaman di sekitar pabrik yang memerlukan penerangan. Tenaga listrik untuk pabrik ini disuplai oleh dua sumber, yaitu:

- a. Perusahaan Listrik Negara (PLN), merupakan sumber listrik utama dari pabrik pulp ini.

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), digunakan untuk cadangan jika listrik dari PLN padam atau apabila daya dari PLN tidak mencukupi.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB VII**

### **KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA**

#### **VII.1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Secara Umum**

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah suatu program yang dibuat pemerintah yang harus dipatuhi dan dilaksanakan pengusaha maupun pekerja sebagai upaya mencegah timbulnya kecelakaan akibat kerja dan penyakit akibat kerja dengan cara mengenali hal yang berpotensi menimbulkan kecelakaan dan penyakit akibat kerja serta tindakan antisipatif apabila terjadi kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Tujuannya adalah untuk menciptakan tempat kerja yang nyaman, dan sehat sehingga dapat menekan serendah mungkin resiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja (*Ilfani & Nugrahaeni, 2013*)

##### **VII.1.1 Usaha-usaha Keselamatan Kerja**

Keselamatan kerja berarti proses merencanakan dan mengendalikan situasi yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja melalui persiapan prosedur operasi standar yang menjadi acuan dalam bekerja. Keselamatan kerja adalah membuat kondisi kerja yang aman dengan dilengkapi alat-alat pengaman, penerangan yang baik, menjaga lantai dan tangga bebas dari air, minyak, nyamuk dan memelihara fasilitas air yang baik. Keselamatan kerja menunjuk pada perlindungan kesejahteraan fisik dengan tujuan mencegah terjadinya kecelakaan atau cedera terkait dengan pekerjaan (*Kusuma & Darmastuti, 2010*)

Menurut Suma'mur (1981), tujuan keselamatan kerja adalah:

1. Para pegawai mendapat jaminan keselamatan dan kesehatan kerja.
2. Agar setiap perlengkapan dan peralatan kerja dapat digunakan sebaik-baiknya.
3. Agar semua hasil produksi terpelihara keamanannya.
4. Agar adanya jaminan atas pemeliharaan dan peningkatan gizi pegawai.



5. Agar dapat meningkatkan kegairahan, keserasian, dan partisipasi kerja.
6. Terhindar dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan kerja.
7. Agar pegawai merasa aman dan terlindungi dalam bekerja

Menurut Kusuma & Darmastuti (2010), keselamatan kerja bertalian dengan kecelakaan kerja, yaitu kecelakaan yang terjadi di tempat kerja atau dikenal dengan istilah kecelakaan industri. Kecelakaan industri ini secara umum dapat diartikan sebagai suatu kejadian yang tidak diduga semula dan tidak dikehendaki yang mengacaukan proses yang telah diatur dari suatu aktivitas. Kecelakaan kerja merupakan kecelakaan seseorang atau kelompok dalam rangka melaksanakan kerja di lingkungan perusahaan yang terjadi secara tiba-tiba, tidak diduga sebelumnya, tidak diharapkan terjadi, menimbulkan kerugian ringan sampai yang paling berat dan bisa menghentikan kegiatan pabrik secara total. Penyebab kecelakaan kerja dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu:

1. Kecelakaan yang disebabkan oleh tindakan manusia yang tidak melakukan tindakan penyelamatan. Contohnya pakaian kerja, penggunaan peralatan pelindung diri, falsafah perusahaan, dan lain-lain.
2. Kecelakaan yang disebabkan oleh keadaan lingkungan kerja yang tidak aman. Contohnya penerangan, sirkulasi udara, temperatur, kebisingan, getaran, penggunaan indikator warna, tanda peringatan, sistem upah, jadwal kerja, dan lain-lain.

### VII.1.2 Sebab-sebab Terjadinya Kecelakaan Kerja

Menurut Suma'mur (1996), kecelakaan akibat kerja adalah kecelakaan berhubung dengan hubungan kerja pada perusahaan. Hubungan kerja dapat berarti bahwa kecelakaan itu terjadi karena pekerjaan atau pada waktu melaksanakan pekerjaan. Kadang-kadang kecelakaan akibat kerja diperluas ruang lingkungannya, sehingga meliputi juga kecelakaan-kecelakaan



tenaga kerja yang terjadi pada saat perjalanan atau transport ke dan dari tempat kerja. Pada pabrik kertas ini, keselamatan dan kesehatan kerja adalah bagian yang mendapatkan perhatian khusus, oleh karena itu pengabaian keselamatan kerja dapat mengakibatkan kecelakaan kerja. Maka dari itu, dilakukan usaha-usaha pencegahan yang bertujuan untuk melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan, menjamin keselamatan setiap orang yang berada di tempat kerja dan memelihara serta menggunakan sumber produksi secara aman dan efisien.

Berikut ini merupakan teori tiga faktor utama tentang penyebab kecelakaan:

1. Faktor manusia

Faktor manusia ini meliputi:

- a. Umur : Umur harus mendapat perhatian karena akan mempengaruhi kondisi fisik, mental, kemampuan kerja, dan tanggung jawab seseorang.
- b. Jenis Kelamin : Secara anatomis, fisiologis dan psikologis tubuh wanita dan pria memiliki perbedaan sehingga dibutuhkan penyesuaian-penyesuaian dalam beban dan kebijakan kerja, diantaranya yaitu hamil dan haid.
- c. Masa kerja.
- d. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) : Penggunaan seperangkat alat yang digunakan tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya atau kecelakaan kerja.
- e. Tingkat Pendidikan : Semakin tinggi tingkat pendidikan seseorang, maka mereka cenderung untuk menghindari potensi bahaya yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan.
- f. Perilaku pekerja.
- g. Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
- h. Peraturan K3 : Sebaiknya peraturan dibuat dan Menurut Suma'mur (1989), menyatakan bahwa bahaya-



bahaya yang mungkin dapat menimpa para pekerja adalah sebagai berikut :

**1. Bahaya Fisik**

- a. Kebisingan diatas 95 dB
- b. Suhu tinggi/rendah
- c. Penerangan
- d. Ventilasi
- e. Tata ruang yang tidak teratur

**2. Bahaya Mekanik**

- a. Benda-benda bergerak atau berputar
- b. Sistem pengamanan tidak bekerja atau tidak terpasang

**3. Bahaya Kimia**

Bahan-bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja adalah bahan-bahan bersifat racun dan dapat merusak kulit bila tersentuh.

**4. Bahaya Kebocoran**

Kebocoran aliran steam pada proses pembuatan pulp ini merupakan bahaya laten yang harus diwaspadai. Maka dari itu pada perpipaan yang akan dilalui steam hendaknya dilakukan penanganan dan pengawasan khusus. Karena kebocoran pada sistim perpipaan ini akan menimbulkan bahaya yang berakibat fatal, mengingat steam yang digunakan dalam pabrik ini adalah steam bertekanan dan bersuhu tinggi. Kebocoran juga dapat terjadi pada semua sambungan pipa, tangki-tangki penampung reaktor dan heat exchanger. Maka sebaiknya untuk pipa diletakkan diatas permukaan tanah dan bila terpaksa dipasang dibawah tanah, serta dilengkapi dengan fire stop dan drainage (pengeluaran) pada jarak tertentu untuk mencegah terjadinya kontaminasi.

**5. Bahaya Kebakaran dan Ledakan**

Dapat terjadi pada hampir semua alat yang dapat disebabkan karena adanya loncatan bunga api, aliran listrik, serta tekanan yang terlalu tinggi.





### VII.1.3 Alat-alat Pelindung Diri

Menurut Undang-undang Keselamatan kerja No.1 tahun 1970 dalam buku *P.K.Suma'mur (1989)*, untuk mengurangi kecelakaan akibat kerja, maka perusahaan harus menyediakan alat pelindung diri yang sesuai dengan jenis perusahaannya masing-masing. Alat pelindung diri yang diperlukan pada pabrik pulp antara lain :

#### 1. Pelindung Kepala

Alat pelindung kepala berfungsi untuk melindungi kepala dari jatuhnya alat-alat industri serta benturan-benturan benda keras. Alat yang biasa digunakan adalah :

*Safety Helmet* : Melindungi kepala dari benturan. Digunakan pada semua unit, kecuali dilaboratorium atau didalam ruangan.

#### 2. Pelindung Mata

Alat pelindung mata dapat melindungi mata dari percikan bahan-bahan korosif, gas atau steam yang dapat menyebabkan iritasi pada mata. Secara umum bentuknya dapat dibedakan atas :

*Goggles* : kaca mata pengaman terhadap debu. Digunakan pada unit pre-treatment dan diruang terbuka.

#### 3. Pelindung Telinga

Alat pelindung telinga bekerja sebagai penghalang antar sumber bunyi dan telinga bagian dalam. Selain berfungsi untuk melindungi telinga karena kebisingan yang dapat menyebabkan kehilangan pendengaran sementara maupun permanen, alat pelindung telinga juga dapat melindungi telinga dari percikan api atau semburan gas tekanan tinggi.

a. *Ear muff* : Melindungi telinga dari suara bising di atas 95dB. Digunakan disekitar boiler, reaktor digester dan reaktor *bleaching*.

b. *Ear plug* : Melindungi telinga dari suara bising kurang dari 95 dB. Digunakan di *press part*, area pompa, dan *dryer*.



#### 4. Pelindung Tangan

Berfungsi untuk melindungi tangan dari bahan-bahan panas, iritasi, korosif, dan arus listrik. Alat yang biasa digunakan adalah:

- a. Sarung tangan karet : Melindungi tangan dari bahan kimia
- b. Sarung tangan asbes : Melindungi tangan dari panas. Digunakan disekitar digester, tangki penyimpanan bahan kimia, dan tangki *bleaching*.

#### 5. Pelindung Kaki

Alat ini berfungsi untuk melindungi kaki dari jatuhnya benda-benda keras, terpercik aliran panas dan bahan kimia yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pompa/pipa. Alat pelindung kaki ini berupa sepatu yang terbuat dari bahan semi karet. Alat ini digunakan disemua area pabrik.

#### 6. Pelindung Pernafasan

Terdapat dua jenis alat pelindung pernafasan :

- a. *Full face masker* : Pelindung muka dan pernafasan dari gas-gas kimia. Digunakan disekitar area pemasakan pulp (digester), tangki *bleaching*, dan tangki penyimpanan bahan kimia.
- b. *Half Masker* : Melindungi muka dari debu kurang dari 10 mikron dan gas tertentu. Digunakan disekitar area pre-treatment, post treatment, dan pengolahan limbah.

#### 7. Pelindung Badan

*Cattle pack* berfungsi sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada system perpompaan yang mempunyai suhu lebih besar dari 100<sup>o</sup>C selain itu melindungi badan dari percikan bahan yang korosif dan aliran panas dari kebocoran pompa.

#### 8. Safety Belt

Digunakan untuk pekerja yang bekerja ditempat tinggi dan melindungi diri dari bahaya jatuh. Selain itu pabrik pulp ini dilengkapi dengan fasilitas pemadam kebakaran. Fasilitas pemadam kebakaran antara lain :

- a. Tangki penampungan air 1-3, kapasitasnya 300 m<sup>3</sup>



- b. Satu *fire jockey pump* bertekanan 3 kg/cm<sup>2</sup>
- c. Dua *hydrant pump* bertekanan 7 kg/cm<sup>2</sup>
- d. Sebuah *foam tank* bertekanan 1,8 m<sup>3</sup>
- e. Empat *foam hydrant*
- f. Empat *water hydrant*

## VII.2. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Secara Khusus

### VII.2.1 Usaha-Usaha Keselamatan Kerja

Menurut *P.K.Suma'mur (1989)*, untuk menghindari bahaya-bahaya tersebut maka dilakukan usaha-usaha pencegahan dan pengamanan yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing unit di pabrik pulp yaitu :

#### 1. Bangunan Fisik

Yang meliputi bangunan pabrik. Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- a. Konstruksi bahan bangunan yang digunakan.
- b. Bangunan yang satu dengan yang lainnya dipisahkan dengan jalan yang cukup lebar dan tidak ada jalan buntu.
- c. Terdapat dua jalan keluar dari bangunan.
- d. Adanya peralatan penunjang untuk pengamanan dari bahaya alamiah seperti petir dan angin.

#### 2. Peralatan yang Menggunakan Sistem Perpindahan Panas

Peralatan yang memakai sistem perpindahan panas harus diberi isolator, misalnya : Boiler, Kondensor, *Heater* dan sebagainya. Disamping itu di dalam perancangan faktor keselamatan (*safety factor*) harus diutamakan, antara lain dalam hal pengelasan (pemilihan sambungan las), faktor korosi, tekanan (*stress*). Hal ini memegang peranan penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja, efisiensi dan produktivitas operasional, terutama untuk mencegah kehilangan panas pada alat – alat tersebut. Selain itu harus diupayakan agar suhu ruangan tidak terlalu tinggi dengan jalan memberi ruang (*space*) yang cukup untuk peralatan, mencegah kebocoran steam yang terlalu besar, serta



pemasangan alat – alat kontrol yang sesuai.

### 3. Perpipaan

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- a. Perpipaan diletakkan diatas permukaan tanah agar mudah penanganannya apabila terjadi kebocoran.
- b. Dipasang *safety valve* untuk mengatasi apabila terjadi kebocoran.
- c. Dilakukan tes hidrostatis sebelum pipa-pipa dipasang agar tidak terjadi stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu.

### 4. Isolasi

Dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kebakaran pada instalasi listrik dan sebagai safety pada alat-alat yang menimbulkan panas selama proses berlangsung, juga pada kabel-kabel instrumentasi dan kawat-kawat listrik di area yang memungkingkan terjadinya kebakaran dan ledakan.

### 5. Ventilasi

Fungsi dari ventilasi adalah untuk sirkulasi udara baik didalam ruangan maupun pada bangunan lainnya sehingga keadaan dalam ruangan tidak terlalu panas. Ruang kerja harus cukup luas, tidak membatasi atau membahayakan gerak pekerja, serta dilengkapi dengan sistem ventilasi yang baik sesuai dengan kondisi tempat kerjanya. Hal ini dapat menciptakan kenyamanan kerja serta dapat memperkecil bahaya keracunan akibat adanya gas-gas yang keluar akibat kebocoran, sehingga pekerja dapat bekerja leluasa, aman, nyaman, karena selalu mendapatkan udara yang bersih.

### 6. Sistem Alarm Pabrik

Sistem alarm pabrik digunakana untuk mendeteksi asap jika terjadi kebakaran atau tanda bahaya sehingga bila terjadi bahaya sewaktu-waktu pada karyawan dapat segera diketahui.

### 7. Alat-alat Bergerak

Alat – alat berputar atau bergerak seperti motor pada pompa ataupun kipas dalam *blower*, motor pada pengaduk harus



selalu berada dalam keadaan tertutup, minimal diberi penutup pada bagian yang bergerak, serta harus diberi jarak yang cukup dengan peralatan yang lainnya, sehingga bila terjadi kerusakan bisa diperbaiki dengan mudah.

#### **8. Sistem Kelistrikan**

Penerangan di dalam ruangan harus cukup baik dan tidak menyilaukan agar para pekerja dapat bekerja dengan baik dan nyaman. Setiap peralatan yang dioperasikan secara elektrik harus dilengkapi dengan pemutusan arus (sekering) otomatis serta dihubungkan dengan tanah (*ground*) dalam bentuk arde.

#### **9. Karyawan**

Pada karyawan diberi bimbingan dan pengarahan agar karyawan melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan jiwanya maupun orang lain, serta berlangsungnya proses produksi. Bimbingan berupa kursus-kursus safety dan juga pendisiplinan dalam pemakaian lat pelindung diri, serta memberikan suatu penghargaan terhadap karyawan teladan .

#### **10. Instalasi Pemadam Kebakaran**

Instalasi semacam ini mutlak untuk setiap pabrik karena bahaya kebakaran mungkin terjadi dimanapun, terutama di tempat – tempat yang mempunyai instalasi pelistrikan. Kebakaran dapat disebabkan karena adanya api kecil, kemudian secara tidak terkontrol dapat menjadi kebakaran besar. Untuk meminimalkan kerugian material akibat bahaya kebakaran ini setiap pabrik harus memiliki dua macam instalasi pemadam kebakaran, yaitu :

- a. Instalasi tetap : *hydran, sprinkel, dry chemical power*
- b. Instalasi tidak tetap : *fire extinguisher*
- c. Untuk instalasi pemadam tetap perangkatnya tidak dapat dibawa – bawa, diletakkan ditempat – tempat tertentu yang rawan bahaya kebakaran, misalnya : dekat reaktor, boiler, diruang operasi (Operasi Unit), atau *power station*. Sedangkan instalasi pemadam kebakaran tidak



- tetap perangkatnya dapat dibawa dengan mudah ke tempat dimana saja.
- d. Upaya pencegahan dan penanggulangan kebakaran di pabrik ini adalah :
  - e. Peralatan seperti boiler atau peralatan lain yang mudah terbakar (meledak) diletakkan dibagian bawah serta dijauhkan dari peralatan lain
  - f. Antara unit satu dengan unit yang lainnya diberi jarak yang cukup, tidak terlalu berdekatan untuk menghambat laju api dan memberi ruang yang cukup bagi usaha pemadaman bila sewaktu – waktu terjadi kebakaran.
  - g. Bangunan – bangunan seperti : *workshop* (bengkel perbaikan), *laboratorium quality control*, serta kantor administrasi diletakkan terpisah dari *operating unit* dan *power station*
  - h. Memberlakukan larangan merokok di lokasi pabrik
  - i. Menempatkan instalasi pemadam kebakaran tetap berupa *hydran*, *dry chemical* dan *foam extinguisher* di tempat – tempat yang rawan bahaya kebakaran serta memiliki satu unit kendaraan pemadam kebakaran beserta anggota yang terlatih dan terampil
  - j. Menyediakan tabung – tabung pemadam api disetiap ruangan

### VII.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Alat

#### 1. Alat-Alat Utama

##### ❖ Digester dan Tangki Bleaching

- a. Memberikan alat kontrol dan pengendali berupa temperatur controller, pressure indicator dan level indicator controller agar proses dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
- b. Setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak pada alat maupun pipa-pipa.
- c. Setiap orang tidak boleh terlalu dekat dengan digester diberikan radius minimal bagi operator serta diberi pagar



pembatas dan isolator pada alat.

❖ **Washer**

- a. Memasang alat control dan alat pengendali berupa temperatur indikator controller, selain itu dipasang flow indicator controller untuk mencatat dan mengatur debit aliran air pencuci yang diperlukan agar penggunaan air pencuci dapat lebih efektif.
- b. Selain itu setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak pada alat maupun pipa-pipa.
- c. Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung tangan dan alat pelindung kaki.

❖ **Dryer**

- a. Proses utama pada dryer adalah pengurangan kadar air dari lembaran pulp, selain itu juga banyak steam yang disuplai. Sedangkan kandungan air maupun kondensat yang dihasilkan dapat menyebabkan korosi dan kerak pada alat, maka pencegahannya antara lain dengan melakukan pembersihan alat dari kerak dan korosi yang dilakukan setiap tahun sekali disaat pabrik shut down.
- b. Memberikan alat control dan pengendali berupa temperatur controller, pressure indicator, dan level indicator controller agar proses dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
- c. Selain itu pengendalian korosi dapat dilakukan dengan mengolah air kondensat yang akan dimanfaatkan lagi dengan mengontrol kualitas air dari segi kesadahan, pH, alkalinitas, maupun besarnya T hardness, sehingga tidak mengganggu kerja dari dryer sendiri.
- d. Untuk operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan, alat pelindung kaki, dan alat pelindung badan, karena suhu disekitar dryer tinggi.

## **2. Alat-Alat Pembantu**

❖ **Tangki Penampung**

- a. Karena bahan yang ditampung berupa slurry yaitu bubur



pulp, maka harus dilengkapi dengan sistem pengamanan berupa pemberian label dan spesifikasi bahan.

- b. Setiap satu tahun sekali dilakukan shut down untuk membersihkan kerak serta pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.
- c. Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung tangan, dan alat pelindung kaki.

#### ❖ Pompa

- a. Pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa dan karakteristik pompa disesuaikan dengan bahan yang akan dialirkan.
- b. Dilakukan shut down untuk pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.

#### ❖ Perpipaan

- a. Dilakukan pengecatan secara bertahap pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa bercat merah sedangkan aliran fluida dingin digunakan pipa bercat biru.
- b. Dilakukan shut down untuk pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.
- c. Penempatan perpipaan harus aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja dan karyawan.

#### ❖ Heat Exchanger

- a. Pada area Heat Exchanger harus dilengkapi dengan isolator untuk menghindari radiasi panas tinggi.
- b. Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung badan, karena suhu disekitar Heat Exchanger sangat tinggi.
- c. Dilakukan shut down untuk pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.

#### ❖ Boiler

- a. Pada boiler mempunyai level suara sampai batas 85 dB maksimal.
  - b. Untuk para operator diwajibkan menggunakan alat pelindung kepala, alat pelindung tangan, alat pelindung kaki, dan alat pelindung badan.
-





- c. Dilakukan shut down untuk pengecekan secara berkala oleh petugas K-3.

### **3. Area Pabrik**

- a. Menyediakan jalan diantara plant satu dengan yang lainnya untuk kelancaran transportasi bahan baku, produk, dan para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (misalnya : kebakaran).
- b. Menyediakan hydrant disetiap plant untuk menanggulangi dan pencegahan awal jika terjadi kebakaran/peledakan.
- c. Memasang alarm disetiap plant sebagai tanda peringatan adanya keadaan darurat.

Menyediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB VIII**

### **ALAT UKUR DAN INSTRUMENTASI**

#### **VIII.1 Alat Ukur secara Umum**

Instrumentasi merupakan bagian terpenting dalam setiap proses industri kimia. Instrumentasi berfungsi untuk mengawasi /mengontrol kualitas dan kuantitas proses produksi. Instrumentasi ini dapat merupakan suatu petunjuk/indikator, perekam dan dapat pula berupa pengontrol/controller. Komponen utama Instrumen terdiri dari sensor dan transduser. Bagian sensor menghasilkan sinyal respon variabel fisik, pemakaian jenis pemrosesan sinyal tergantung informasi yang dibutuhkan. Pabrik dilengkapi dengan instrumen yang digunakan untuk mengukur mencatat maupun untuk membetulkan penyimpangan yang terjadi pada variabel proses yang optimal yaitu suhu, aliran fluida, konsentrasi gas dan likuida.

Tujuan dan pemasangan peralatan instrumentasi adalah;

1. Menjaga keamanan operasi suatu proses dengan cara menjaga variabel proses berada dalam operasi proses yang aman serta mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya dan memutus hubungan secara otomatis.
2. Membantu mempermudah pengoperasian alat
3. Menjaga jalannya proses sehingga berada dalam batas operasi yang aman.
4. Mengetahui dengan cepat adanya gangguan, kerusakan dan kesalahan dalam operasi.
5. Menahan biaya produksi serendah mungkin dengan memperhatikan faktor lain
6. Menjaga kualitas produk yang baik dan sesuai dengan standard yang telah ditetapkan.
7. Mendapatkan rate atau laju alir produksi sesuai dengan yang diinginkan.
8. Menjamin keselamatan dan efisiensi kerja.

Dalam sistem pengendalian ada dua variabel proses, yaitu;



1. Variabel utama  
yaitu variabel yang sangat penting berpengaruh dan mudah dikendalikan antara lain; tekanan, suhu, tinggi permukaan, dan laju alir.
2. Variabel lain  
yaitu variabel yang diharapkan dapat dikendalikan melalui variabel utama. Variabel tersebut antara lain; konsentrasi, pH, kekentalan, dan rapat massa.

Pengendalian variabel proses tersebut dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Secara manual biasanya peralatan yang dikontrol hanya diberi instrumen penunjuk saja. Sedangkan untuk instrumen otomatis diperlukan beberapa elemen, yaitu:

- **Sensor**  
sensor adalah suatu alat yang sangat sensitif terhadap perubahan besaran fisik yang terjadi dalam suatu proses. Besaran fisik tersebut oleh sensor dirubah menjadi besaran lain yang setara dengan perubahan proses.
- **Elemen penguat**  
elemen tersebut berfungsi sebagai pengubah besaran fisik dari sensor hingga langsung dapat dibaca dan diamati
- **Controller**  
*Control* elemen sering sebagai *controller* adalah alat pengukur yang berfungsi mengatur besaran proses supaya berada pada kondisi yang diinginkan dan menjaga peralatan untuk dapat beroperasi secara optimum sehingga kondisi operasi dapat dipertahankan konstan.
- **Final Control**  
*Final control* berfungsi untuk mewujudkan signal koreksi dari *controller* menjadi aksi yang dapat mengembalikan kondisi variabel proses ke harga yang telah ditetapkan bila terjadi penyimpangan.

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan instrumentasi adalah sensitivity, readability, accuracy, precision, faktor ekonomi, bahan konstruksi dan pengaruh pemasangan

---



instrumentasi pada kondisi tertentu.

### VIII.1.1 Jenis-Jenis Alat Control dalam Bidang Industri

#### • Pengatur Suhu (Temperatur)

1. Temperatur controller (TC)  
Berfungsi mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.
2. Temperatur indikator (TI)  
Berfungsi mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung.
3. Temperatur indikator controller (TIC)  
Berfungsi untuk mencatat dan mengendalikan temperatur operasi.

#### • Pengaruh Tekanan (Pressure)

1. *Pressure Indicator* (PI)  
Berfungsi tekanan pada alat secara terus – menerus sesuai dengan kondisi yang diminta.
2. *Pressure Controller* (PC)  
Berfungsi mengendalikan tekanan operasi sesuai dengankondisi yang diminta.
3. *Pressure Indicator Controller* (PIC)  
Berfungsi mencatat dan mengatur tekanan dalam alat secara terus – menerus sesuai dengan yang diminta.

#### • Pengatur Aliran (Flow)

1. *Flow Indicator Controller* (FIC)  
Berfungsi menunjukkan dan mengalirkan laju aliran dalam suatu peralatan secara kontinyu.
  2. *Flow Indicator* (FI)  
Berfungsi menunjukkan laju suatu aliran dalam suatu peralatan.
  3. *Flow Controller* (FC)  
Berfungsi mengendalikan laju aliran dalam peralatan.
  4. *Flow Recorder* (FR)
-



Berfungsi mencatat debit aliran dalam alat secara terus menerus.

5. *Flow Recorder Control (FRC)*

Berfungsi untuk mencatat dan mengatur debit aliran cairan secara terus – menerus.

• **Pengatur tinggi cairan**

1. *Level Indicator (LI)*

Berfungsi mengetahui tinggi cairan dalam suatu alat.

2. *Level Controller (LC)*

Berfungsi untuk mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan.

3. *Level Indicator Controller (LIC)*

Berfungsi mencatat dan mengatur serta mengendalikan tinggi cairan suatu alat.

Alat – alat kontrol yang berada di pasaran sangat beragam, untuk itu diperlukan kriteria yang akan digunakan pada pabrik pulp dari bagasse ini yaitu:

- a. Mudah dalam perawatan maupun perbaikan jika terjadi kerusakan.
  - b. Suku cadang mudah diperoleh
  - c. Mudah dalam pengoperasiannya
  - d. Harga lebih murah dan kualitas yang cukup memadai

## VIII.2 Sistem Instrumentasi pada Pabrik Kertas Cetak dari Kenaf

Sistem instrumentasi yang dipasang pada pabrik pulp dari kenaf dengan proses soda adalah sebagai berikut :

No	Nama Alat	Kode alat	Instrumentasi
1	Pandia Digester	R-210	<i>Temperature indicator [TI]</i> <i>Pressure indicator [PI]</i> <i>Temperature controller [TC]</i> <i>Level controller [LC]</i> <i>Flow controller [FC]</i>



3	Reaktor H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	R-230	<i>Temperature indicator [TI] Pressure indicator [PI] Temperature controller [TC] Level controller [LC] Flow controller [FC]</i>
4	Reaktor Klorinasi	R – 310	<i>Level controller [LC] Flow controller [FC]</i>
5	Reaktor Ekstraksi Alkali	R-320	<i>Temperature indicator [TI] Pressure indicator [PI] Temperature controller [TC] Level controller [LC] Flow controller [FC]</i>
7	Washer I	H – 220	<i>Flow rate controller [FC]</i>
8	Washer II	H – 240	<i>Flow rate controller [FC]</i>
9	Washer III	H – 260	<i>Flow rate controller [FC]</i>
10	Washer IV	H – 280	<i>Flow rate controller [FC]</i>
11	<i>Heat exchanger</i>	E-224	<i>Temperature controller [TC]</i>
12	<i>Heat exchanger</i>	E-243	<i>Temperature controller [TC]</i>
13	<i>Heat exchanger</i>	E-263	<i>Temperature controller [TC]</i>
14	<i>Heat exchanger</i>	E-282	<i>Temperature controller [TC]</i>
15	<i>Blow tank</i>	F – 222	<i>Level indikator [LI] Flow rate controller [FC]</i>
16	Tangki pengenceran	M-251	<i>Level controller [LC] Flow rate controller [FC]</i>
17	Tangki pengenceran	M-311	<i>Level controller [LC] Flow rate controller [FC]</i>
18	Tangki penampung sementara	F-242	<i>Level controller [LC] Flow rate controller [FC]</i>



---

---

19	Tangki penampung sementara	F-262	Level controller [LC] <i>Flow rate controller</i> [FC]
20	Mixer bleaching 1	M-231	Level controller [LC] <i>Flow rate controller</i> [FC]
21	Mixer bleaching 2	M-271	Level controller [LC] <i>Flow rate controller</i> [FC]
22	Head box	X – 412	Level indikator [LI]
23	Dryer	B – 310	Temperatur controller [TC]



## **BAB IX**

### **PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA**

Semua kegiatan industri mempunyai potensi untuk menimbulkan dampak terhadap lingkungannya. Seperti halnya pabrik pulp yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair, padat maupun gas. Apabila limbah tersebut tidak diolah terlebih dahulu akan mengakibatkan pencemaran sehingga menurunkan kualitas sungai dan merugikan ekosistem yang ada disekitarnya (*Metcalf, 1979*).

Unit pengolahan limbah di pembuatan pulp ini mempunyai tujuan untuk :

1. Mengurangi kadar polutan dalam air limbah tidak
2. menimbulkan pencemaran.
3. Mengurangi pencemaran udara yang ditimbulkan oleh gas buang.
4. Melindungi ekosistem air dari dampak kekurangan oksigen akibat tertutupnya permukaan air oleh limbah.
5. Menghindari timbulnya penyakit atau gangguan kesehatan.
6. Mencegah timbulnya bau yang tidak enak.

Sistem pengolahan limbah dipabrik pulp ini meliputi perlakuan fisik, kimia dan biologi yang terdiri atas 3 tahap yaitu :

#### 1. Tahap Pertama (Primary Treatment)

Pada unit ini terjadi pemisahan pencemar dengan cara penyaringan dan pengendapan biasa. Limbah dari plant-plant dialirkan ke effluent melalui penyaringan (*screening*) kasar yang terdiri dari 2 tingkat. Selanjutnya limbah dimasukkan kedalam pembersih pasir (*great removal*) dengan diberi gelembung-gelembung udara agar pasir dapat meluap keatas. Limbah yang tidak mengandung pasir tersebut dinetralisasi agar tidak terlalu asam atau basa. Selanjutnya limbah dipompa dengan effluent pumping pit untuk diendapkan dalam primary setting tank secara gravitasi. Overflownya mengalami *secondary treatment*, sedangkan peralatannya dikeruk dan dialirkan ke proses



dewatering untuk dijadikan limbah padat.

## 2. Tahap Kedua (Secondary Treatment)

Pada tahap yang kedua limbah mengalami perlakuan biologi dimana tangki-tangki dialiri dengan lumpur yang mengandung mikroorganisme (bakteri) yang akan menguraikan zat-zat organik dalam limbah. Pada unit ini terdapat tangki aerasi dimana di atas tangki terdapat baling-baling yang berputar dan berfungsi untuk mengalirkan oksigen ke dalam tangki yang bermanfaat bagi mikroorganisme aerob. Serta diberi *nutrient* sebagai nutrisi mikroorganisme untuk berkembang. Setelah proses secondary treatment, limbah diendapkan dalam *secondary clarifier* untuk mengendapkan suspended solid yang ada. Air overflow yang keluar dari secondary clarifier langsung dibuang ke sungai karena sudah merupakan air bersih, sedangkan endapannya dialirkan ke tangki aerasi sebanyak 40% dan sisanya dijadikan satu dengan endapan dari *primary settling tank* untuk mengalami *dewatering*.

## 3. *Dewatering*

Tahap *dewatering* terjadi proses limbah dari bentuk endapan dijadikan bentuk padatan. Proses ini menggunakan alat bed filter press yang terdiri dari dua buah wire dimana endapan dilewatkan diantaranya. Alat dari endapan tersebut diserap secara vakum dan filtratnya dialirkan kembali ke *primary settling tank*. Limbah yang keluar dari bed filter press sudah dalam bentuk padatan dan dibuang ke penimbunan akhir. Limbah ini dapat digunakan untuk kesuburan tanah karena banyak mengandung N,P,K,C yang sangat baik untuk kesuburan tanah.

Bahan kimia yang ditambahkan untuk proses pengolahan limbah yaitu :

### 1. Alum

Berfungsi untuk memisahkan partikel yang terlarut sehingga terbentuk flok kecil / halus yang mudah berikatan.

### 2. Polimer



Berfungsi untuk mengikat flok halus dan membentuk flok yang lebih besar sehingga mudah untuk diendapkan. Hal ini dikarenakan berat jenisnya yang lebih besar dari berat jenis air.

3. NaOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Berfungsi sebagai penstabil pH. Larutan ini hanya ditambahkan apabila air limbah terlalu asam pada pH kurang dari 6 dan basa pada pH lebih dari 8.

4. Urea dan TSP

Berfungsi sebagai nutrient bakteri.

### **IX.1 Usaha-usaha Menangani dan Memanfaatkan Limbah**

Dalam industri pulp dari bangasse dengan proses soda ini umumnya menghasilkan limbah berupa :

- Limbah Cair

1. *Black liquor*

Cairan black liquor yang masih banyak mengandung cairan pemasak dan sedikit padatan yang terikut. Untuk memanfaatkan kembali cairan pemasak yang terkandung didalamnya maka didirikan unit recovery untuk mengolah kembali cairan black liquor yang dapat dimanfaatkan kembali berupa NaOH yang akan dipergunakan kembali untuk cairan pemasak di digester.

2. Setelah proses pencucian pulp di tahap bleaching juga menghasilkan limbah cair yang selanjutnya akan ditreatment di unit TPL dan dibuang ke aliran sungai terdekat.

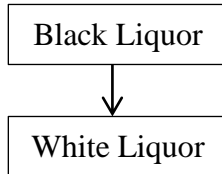
- Limbah Padat

Sumber – sumber limbah padat dari pabrik pulp berasal dari pemisahan pith dari serat-serat bagasse. Waste ini bisa dimanfaatkan untuk bahan bakar pada boiler setelah proses lanjut, yaitu dengan pengeringan pith dan pengepresan kadar air.

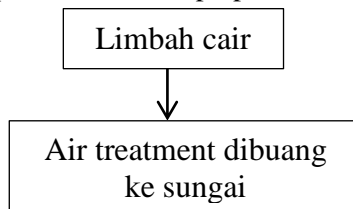


### 1. Limbah cair

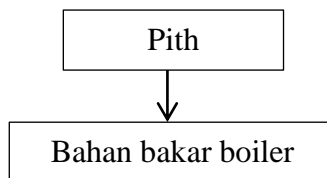
- Black liquor



- Hasil pencucian bubur pulp



### 2. Limbah padat



## IX.2 Dampak Yang Ditimbulkan dari Limbah

Dari sekian banyak permasalahan yang timbul, yang paling penting dan yang perlu diperhatikan adalah :

- Penyumbatan

Penyumbatan dipipa, shower, nozzle wire dan felt biasanya terjadi akibat meningkatnya sistem daur ulang dari air bekas. Biasanya masalah ini dapat dihindari dengan menghilangkan kandungan air yang akan didaur ulang. Selanjutnya seluruh peralatan yang ada dipakai, direncanakan sesuai



penggunaannya. Penggunaan felt sintetis memungkinkan untuk dapat dilakukan pembersihan secara efektif sehingga masalah mengenai penyumbatan dapat dikurangi. Penyumbatan umumnya dapat disebabkan oleh adanya serat-serat panjang dalam air yang ukurannya 0,3 min.

- Kerak/Deposit

Kerak/deposit terbentuk dari hasil kristalisasi/koagulan bahan-bahan non resin. Kerak merupakan hasil gabungan dari anion karbonat dan sulfat dengan kation Ca, Mg, Fe, dan Ba. Sebagian kerak umumnya hasil dari deposit  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{MgCO}_3$ . Salah satu cara untuk mengontrol kerak adalah lewat kontrol batas kesadahan air dalam sistem dengan cara membatasi kadar kation. Air yang mengandung senyawa besi dan mangan dapat menolong pertumbuhan bakteri besi dan mangan sebagai kontribusi terbentuknya deposit.

- Lendir dan bau

Kombinasi antara *mikrobicide* dan *dispersing agent* sebagian besar lebih efektif dan ekonomis untuk mengontrol lendir dan bau.

- Korosi

Korosi adalah kerusakan logam karena peristiwa elektrokimia atau aktivitas bakteri. Laju korosi dipengaruhi oleh interaksi kompleks dari banyaknya padatan terlarut seperti klorida dan sulfat, kesadahan, alkalinitas, keasaman, suhu, dan batas konsentrasi. Banyak faktor yang mempengaruhi korosi membuat permasalahan menjadi sulit dan kompleks untuk mengontrolnya. Sebagian besar pabrik mengatasi masalah korosi ini dengan menggunakan bahan stainless steel atau fiber glass. Dalam keadaan aerobik, korosi elektrolisa akan menjadi mudah terjadi, begitupun sebaliknya. Kontrol terhadap bakteri dapat dilakukan dengan pemakaian *microbiocide* secara efektif.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB X**

### **KESIMPULAN**

Dari hasil perhitungan dan perencanaan “Pabrik Kertas Cetak dari Kenaf dengan Proses Soda”. Dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Renacana operasi  
Pabrik kertas ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 300 hari/tahun, 24 jam/hari.
2. Kapasitas produksi  
Kapasitas produksi pabrik kertas ini sebesar 75000 ton kertas/tahun
3. Bahan baku dan bahan pendukung  
Bahan baku:
  - Bahan baku utama yang diperlukan sebesar 373.157 kg/hari
  - Bahan baku pendukung:
    - a. NaOH
    - b. Cl<sub>2</sub>
    - c. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
4. Produk  
Produk yang dihasilkan pabrik ini adalah kertas dengan kadar air 5%
5. Utilitas
  - Air sanitasi = 172,0 m<sup>3</sup>/hari
  - Air proses = 1.358.076,92 m<sup>3</sup>/hari
  - Air make up boiler = 32067,49792 m<sup>3</sup>/hari
6. Pengolahan limbah
  - Limbah cair = black liquor, limbah pencucian bubur pulp
  - Limbah padat = *impurities* dan *pith*

## DAFTAR NOTASI

No.	Notasi	Keterangan	Satuan
1.	m	Massa	kg/hari
2.	Cp	Kapasitas Panas	kkal/kg. C
3.	N	Normalitas	N
4.	BM	Berat Molekul	gr/mol
5.	V	Volume	m <sup>3</sup>
6.	$\Delta E$	Kontribusi Elemen	kJ/kmol. K
7.	DP	Derajat Polimerisasi	-
8.	n	Jumlah Koefisien	-
9.	$\Delta H^{\circ}f$	Entalpi Pembentukan	kkal/kmol
10.	T	Temperatur	C
11.	Q	Kalor yang Dibutuhkan	kkal/hari
12.	$\Delta H$	Perubahan Entalpi	-
13.	r	Jari-Jari	m
14.	S	Allowable Stress	psia
15.	P	Tekanan	psi
16.	R	Rate	m <sup>2</sup> /s
17.	$\rho$	Densitas	kg/m <sup>3</sup>
18.	Nre	Bilangan Reynold	-
19.	P	Power Pengaduk	hp



20.	D	Diameter	ft
21.	Z	Ketinggian	m
22.	$W_s$	Laju Alir Umpan Masuk	lb/h
23.	$\mu$	Viskositas	kg/ms
24.	$\Delta p$	Perbedaan Tekanan	Pa
25.	F	Fraksi	-
26.	A	Luas Area	m <sup>2</sup>
27.	$C_A$	Konsentrasi	lbmol/cuft
28.	t	Waktu	s
29.	$\lambda$	Panas Laten	Kcal/kg
30.	$F_{AO}$	Laju Alir Molar	Lbmol/s

## DAFTAR PUSTAKA

- Bajpai, P. 2012. *Environmentally Benign Approaches for Pulp Bleaching (2nd ed.)*. Amsterdam: Elsevier.
- Biermann, C. J. (1996). *Handbook of Pulping and Papermaking (2nd ed.)*. United Kingdom: Academic Press Limited.
- Britt, K. W. (1970). *Handbook of Pulp and Paper Technology*. Belanda: Van Nastrand Reinhold.
- Casey, J. P. (1984). *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology (3rd ed.)*. New York: John Willey and Sons
- E.Brownell, L., & H.Young, E. 1959. *Process Equipment Design (1st ed.)*. New York: John Willey and Sons inc.
- Fengel, D., & Wenger, G. 1995. *Kayu, Kimia Ultra Struktur Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Pers.
- Fuadi, A. M. (2008). Pemutihan Pulp dengan Hidrogen Peroksida. 123-128.
- Himmelblau, D. M., & Riggs, J. B. 1989. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering (5th ed.)*. New Jersey: PTR Prentice Hall inc.
- Hougen, Watson, & Regat. 1943. *Chemical Process Principle (2nd ed.)*. New York: John Willey and Sons inc.
- J.Geankoplis, C. (1997). *Transport Process and Unit Operations (3rd ed.)*. India: Asoke K.Ghosh, Prentice-Hall.
- Kern. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw Hill
- Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering (3rd ed.)*. New York: Jhon Willey and Sons inc.
- Material Safety Data Sheets Sodium Hydroxide*
- Material Safety Data Sheets Hydrogen Peroxide*
- Material Safety Data Sheets Chlorine*
- Othmer, K. &. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology (3rd ed.)*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Pasaribu, G. (2005). Analisis Komponen Kimia Empat Jenis Kayu Asal Sumatera Utara. 1-11.

- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (4th ed.). New York: McGraw Hill.
- Perry's. (1997). *Chemical Engineer's Handbook*.
- Smith, J., Ness, H. V., & Abbott, M. (2001). *Chemical Engineering Thermodynamics* (6th ed.). New York: McGraw Hill.
- Sixta, H. 2006. *Hanbook of pulp (Vol. I)*. Austria: Wiley VCH.
- Ullman, s. 2004. *Encyclopedia of industrial chemistry*. New York: wiley Interscience.
- Ulrich, G. (1999). *A guide Engineering Process and Economics*. New York: John Willey and Sons inc.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment*. United State America: Butterworth-Heinemann.
- Wikanaji, D. 2011. *Kuliah Pilihan PT Kertas Leces*. Surabaya: D3 Teknik Kimia.

## APPENDIKS A NERACA MASSA

Kapasitas : 75.000 ton/tahun  
: 250.000 kg/hari  
Operasi : 300 hari/tahun, 24 jam/hari  
Basis Waktu : 1 hari  
Satuan : kg

Untuk memenuhi kapasitas 250.000 kg/hari, maka dibutuhkan bahan baku kenaf sebanyak 373.157 kg/hari atau 373,157 ton/hari dengan komposisi kenaf sebagai berikut :

**Tabel A.1** Komposisi Kenaf

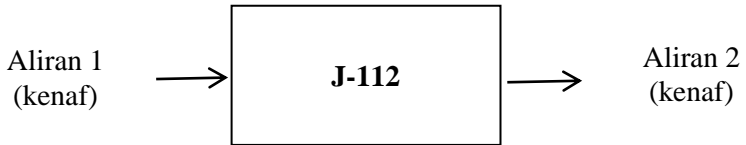
<b>Kandungan</b>	<b>Persentase (%)</b>	<b>Bahan Baku</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
Selulosa	65,7	373157	245.164,149
Hemiselulosa	20	373157	74.631,4
Lignin	11,3	373157	42.166,741
Abu	3	373157	11.194,71
<b>Jumlah</b>	<b>100</b>	<b>Jumlah</b>	<b>373.157</b>

### **I. Tahap *Pre-Treatment***

#### **I.1 Belt Conveyor (J-112)**

Fungsi : Untuk memindahkan kenaf dari tempat penyimpanan (open yard) menuju rotary cutter.

## Appendiks A Neraca Massa

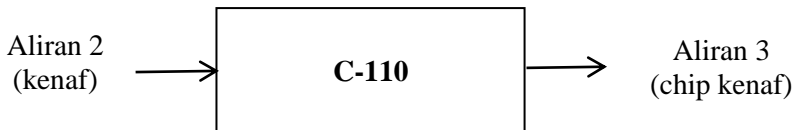


**Tabel A.2** Neraca Massa pada Belt Conveyor

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 1		Aliran 2	
Selulosa	245164,149	Selulosa	245164,149
Hemiselulosa	74631,4	Hemiselulosa	74631,4
Lignin	42166,741	Lignin	42166,741
Abu	11194,71	Abu	11194,71
<b>Total</b>	<b>373157</b>	<b>Total</b>	<b>373157</b>

### I.2 Rotary Cutter (C-110)

Fungsi : Untuk mencacah kenaf menjadi chip kenaf



**Tabel A.3** Neraca Massa pada Rotary Cutter

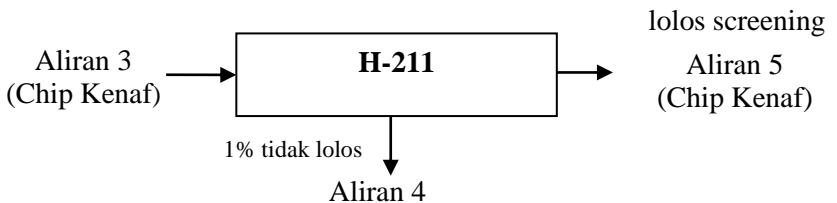
Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 2		Aliran 3	
Selulosa	245.164,149	Selulosa	245.164,149

## Appendiks A Neraca Massa

Hemiselulosa	74.631,4	Hemiselulosa	74.631,4
Lignin	42.166,741	Lignin	42.166,741
Abu	11.194,71	Abu	11.194,71
<b>Total</b>	<b>373.157</b>	<b>Total</b>	<b>373.157</b>

### I.3 Vibrating Screen (H-211)

Fungsi : Untuk memisahkan chip-chip kenaf yang berukuran standar dan yang tidak memenuhi standar untuk selanjutnya dibawa menuju *solid waste*.



$$\begin{aligned}
 \text{Aliran 3} &= \text{Aliran 4} + \text{Aliran 5} \\
 \text{Aliran 4} &= 1\% \times \text{Aliran 3} \\
 &= 1\% \times 373.157 \\
 &= 3.731,57 \text{ kg} \\
 \text{Aliran 5} &= 373.157 - 3.731,57 \\
 &= 369.425,43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel III.4** Neraca Massa pada Vibrating Screen

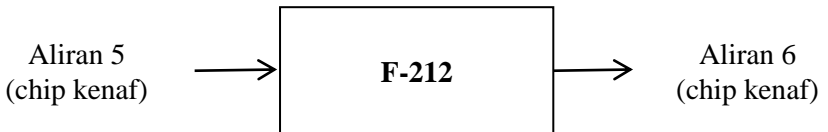
Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 3		Aliran 4	
Selulosa	245.164,149	Selulosa	2.451,64149

*Appendiks A Neraca Massa*

Hemiselulosa	74.631,4	Hemiselulosa	746,314
Lignin	42.166,74	Lignin	421,66741
Abu	11.194,71	Abu	111,9471
		Jumlah	3.731,57
		Selulosa	242712,5075
		Hemiselulosa	73.885,086
		Lignin	41.745,07
		Abu	11.082,76
		Jumlah	369.425,43
<b>Total</b>	<b>373.157</b>	<b>Total</b>	<b>373.157</b>

**I.4 Chip Bin (F-212)**

Fungsi : Untuk menyimpan chip kenaf yang selanjutnya akan diproses di dalam digester



**Tabel A.5 Neraca Massa pada Chip Bin**

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
Aliran 5		Aliran 6	
Selulosa	242.712,5075	Selulosa	242.712,5075
Hemiselulosa	73.885,086	Hemiselulosa	73.885,086
Lignin	41.745,07359	Lignin	41.745,07359

Abu	11.082,7629	Abu	11.082,7629
<b>Total</b>	<b>369.425,43</b>	<b>Total</b>	<b>369.425,43</b>

## II. Tahap Pemasakan

Fungsi : Untuk mengubah chip-chip kenaf menjadi pulp dengan penambahan bahan kimia NaOH. Data informasi yang diperoleh untuk perhitungan neraca massa pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan larutan NaOH dengan bahan baku berupa chip kenaf adalah 7 : 1 (*Biermann, 1996*).
2. Konsentrasi NaOH yang digunakan adalah 10% (*Casey, 1980*).
3. DP Kenaf : 85
4. BM Lignin : 15.300 kg/mol
5. Lignin yang bereaksi di dalam digester sebesar 90% (*Casey, 1980*).
6. Hemiselulosa yang terdegradasi sebesar 50% (*Casey, 1980*).
7. Uap air yang keluar dari blow tank sebesar 1,25% dari total bahan baku (PT. Leces).
8. Perbandingan bahan baku dan air pada proses pencucian adalah 1 : 2 (*Kirk & Othmer, 1978*).
9. Efisiensi washer adalah 98% (*Riegel, 1998*).

### II.1 Tangki Pengenceran NaOH 10% (M-213)

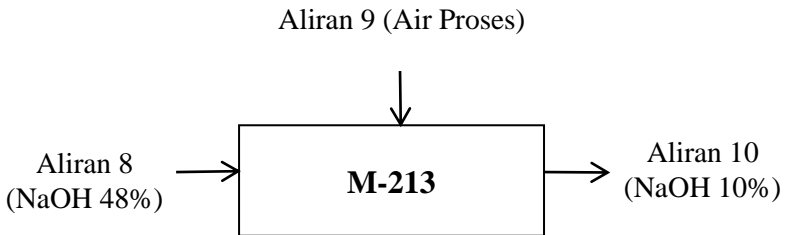
Fungsi : Untuk membuat larutan NaOH 10%

- Total bahan baku = 369.425,43 kg/hari, sehingga larutan NaOH yang dibutuhkan sebanyak  $7 \times 369.425,43 = 2.585.978$  kg/hari.
- NaOH yang ada pada bahan baku =  $10\% \times 2.585.978 = 258.598$  kg/hari.
- Air yang ada pada bahan baku =  $90\% \times 2.585.978 = 2.327.380$  kg/hari.
- NaOH yang ada di pasaran = 48%



## Appendiks A Neraca Massa

- NaOH dan air yang ada di dalam tangki =  $(100/48) \times 258.598 = 538.745$  kg/hari.
- Air pada NaOH 48% =  $538.745 - 258.598 = 280,148$  kg/hari.
- Air proses yang harus ditambahkan =  $2.327.380 - 280,148 = 2.047.233$  kg/hari.



**Tabel A.6** Neraca Massa pada Tangki Pengenceran NaOH

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 8		Aliran 10	
NaOH	258.598	NaOH	258.598
Air	280.148	Air	2.327.380
Aliran 9			
Air Proses	2.047.233		
<b>Total</b>	<b>2.585.978</b>	<b>Total</b>	<b>2.585.978</b>

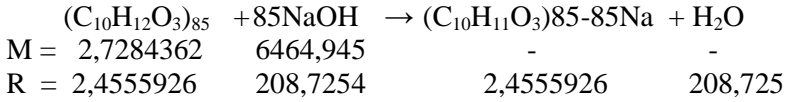
### II.2 Pandia Digester (R-210)

Fungsi : Untuk mengubah chip kenaf menjadi pulp

Jenis : Continuous Digester

Reaksi yang terjadi :

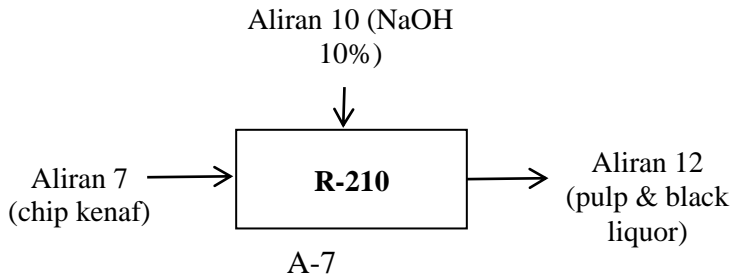
*Appendiks A Neraca Massa*



S = 0,2728436      6256,22                      2,4555926      208,725

**Tabel A.7** Stoikiometri Reaksi pada Proses Pemasakan dengan Menggunakan NaOH

Komposisi	BM	Berat (kg)	Mol
Lignin [M]	15300	41745,07359	2,728436182
NaOH [M]	40	258.598	6464,945025
Lignin [R]	15300	37570,56623	2,455592564
NaOH [R]	40	8349,014718	208,725368
Na-Lignat [R]	17170	42162,52433	2,455592564
H <sub>2</sub> O [R]	18	3757,056623	208,725368
Lignin [S]	15300	4174,507359	0,272843618
NaOH [S]	40	250248,7863	6256,219657
Na-Lignat [S]	17170	42162,52433	2,455592564
H <sub>2</sub> O [S]	18	3757,056623	208,725368



*Appendiks A Neraca Massa*

**Tabel A.8** Neraca Massa pada Pandia Digester

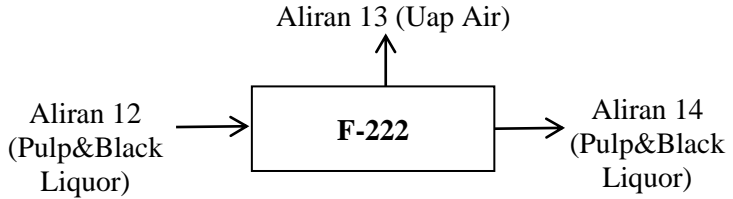
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
Aliran 7		Aliran 12	
Selulosa	242.712,5075	Selulosa	242.712,5075
Hemiselulosa	73.885,086	Hemiselulosa	36.942,543
Lignin	41.745,07359	Lignin	4.174,507359
Abu	11.082,7629	Air	3.757
Aliran 10		Black Liquor	
NaOH	258.598	NaOH (s)	250.248,7863
Air	2.327.380	Abu	11.082,7629
		Na-Ligninat	42.162,52433
		Air	2.327.380
		Hemiselulosa (s)	36.942,543
<b>Total</b>	<b>2.955.403,44</b>	<b>Total</b>	<b>2.955.403,44</b>

**II.3 Blow Tank (F-222)**

Fungsi : Untuk menyimpan pulp sementara dan melepaskan uap air.

## Appendiks A Neraca Massa

- Uap air yang dilepaskan dari blow tank menurut PT. Leces adalah sebesar 1,25%, maka :  
 $1,25\% \times 287.586,614 = 2.594,8327 \text{ kg}$



**Tabel A.9** Neraca Massa pada Blow Tank

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 12		Aliran 14	
Selulosa	242.712,5075	Selulosa	242.712,5075
Hemiselulosa	36.942,543	Hemiselulosa	36.942,543
Lignin	4.174,507369	Lignin	4.174,507369
Air	3.757	Air	162
Black Liquor		Black Liquor	
NaOH	250.248,7863	NaOH	250.248,7863
Abu	11.082,7629	Abu	11.082,7629
Na-Ligninat	42.162,52433	Na-Ligninat	42.162,52433
Air	2.327.380,209	Air	2.327.380,209
Hemiselulosa (s)	36.942,543	Hemiselulosa (s)	36.942,543

		Aliran 13	
		Uap Air	3.594,832681
<b>Total</b>	<b>2.955.403,44</b>	<b>Total</b>	<b>2.955.403,44</b>

#### II.4 Washer I (H-220)

Menurut J.Biermann (1996), *black liquor* merupakan sisa *liquor* dari proses pulping setelah proses tersebut selesai. Dalam *black liquor* terkandung banyak senyawa inorganik terdegradasi yang digunakan selama proses pulping, dan juga substansi kayu yang terlarut.

Fungsi : Untuk mencuci serat pulp dari *black liquor*

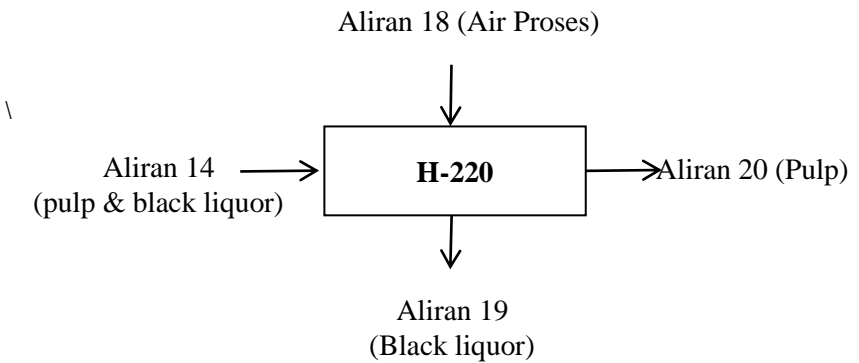
Type : *Rotary Vacuum Filter*

Perbandingan bahan baku dan air pada proses pencucian adalah 1 : 2,5 (*Kirk & Othmer, 1978*).

- Air yang diperlukan dalam washer :  
 $= 2,5 \times 2.955.403,44$   
 $= 7.388.509 \text{ kg}$
- Selulosa yang terbawa *black liquor* :  
 $= 2\% \times 242.712,5075$   
 $= 4.854,2502 \text{ kg}$
- Selulosa yang terkandung dalam pulp :  
 $= 98\% \times 242.712,5075$   
 $= 237.858,26 \text{ kg}$
- Hemiselulosa yang terbawa *black liquor* :  
 $= 2\% \times 36.942,543$   
 $= 738,85086 \text{ kg}$
- Hemiselulosa yang terkandung dalam pulp :  
 $= 98\% \times 36.942,543$   
 $= 36.203,692 \text{ kg}$
- Lignin yang terbawa *black liquor* :  
 $= 2\% \times 4.174,507369$   
 $= 83,490147 \text{ kg}$
- Lignin yang terkandung dalam pulp :

## Appendiks A Neraca Massa

- $= 98\% \times 4.174,507369$   
 $= 4.091,0172 \text{ kg}$
- Air yang terbawa *black liquor* :  
 $= 98\% \times 9.716.051,03$   
 $= 9.521.730,01 \text{ kg}$
- Air yang terkandung dalam pulp :  
 $= 2\% \times 9.716.051,03$   
 $= 194.321,02 \text{ kg}$



**Tabel A.10** Neraca Massa pada Washer I

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 14		Aliran 20	
Selulosa	242.712,5075	Selulosa	237.858,2574
Hemiselulosa	36.942,543	Hemiselulosa	36.203,69214
Lignin	4.174,507359	Lignin	4.091,017212
Air	162	Air	194.321,0207

## Appendiks A Neraca Massa

Black Liquor		Aliran 19 (Black Liquor)	
NaOH	250.248,7863	NaOH	250.248,7863
Abu	11.082,7629	Abu	11.082,7629
Na-Ligninat	42.162,52433	Na-Ligninat	42.162,52433
Air	2.327.380,209	Air	9.521.730,012
Hemiselulosa (s)	36.942,543	Hemiselulosa (s)	36.942,543
Aliran 18		Selulosa	4.854,25015
Air Proses	7.388.508,6	Hemiselulosa	738,85086
		Lignin	83,49014718
<b>Total</b>	<b>10.340.317,21</b>	<b>Total</b>	<b>10.340.317,21</b>

### III. Tahap *Bleaching*

#### III.1 *Peroxide Bleaching*

##### III.1.1 Tangki Pengenceran $H_2O_2$ (M-233)

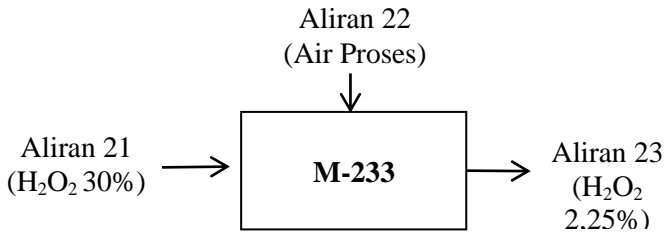
Data informasi yang diperoleh untuk perhitungan neraca massa pada proses pemutihan/pemucatan menggunakan  $H_2O_2$  adalah sebagai berikut :

- $H_2O_2$  yang ditambahkan adalah 3% dari bahan baku yang masuk (*Biermann, 1996*).
- Konsentrasi  $H_2O_2$  yang ditambahkan adalah 2,25% (*Ferrer, 2011*).
- BM Lignin = 15.300 kg/mol.
- DP Kenaf = 85 (asumsi).
- Lignin yang terlarut adalah 40% (*Casey, 1980*).
- Hemiselulosa yang terlarut adalah 60% (*Casey, 1980*).
- Konsistensi = 15% (*Casey, 1980*).

Fungsi : Untuk membuat larutan  $H_2O_2$  2,25%

Appendiks A Neraca Massa

- Total larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 3% x 10.340.317,21 kg  
= 310.209,52 kg
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> umpan = 2,25% x 310.209,52 kg  
= 6.979,71 kg
- Air yang terdapat pada H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 310.209,52 – 6.979,71  
= 303.230 kg
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang ada di pasaran = 30%
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+Air di dalam tangki = 6.979,71 : 30%  
= 23.265,714 kg
- Air yang ada pada H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% = 23.265,714 – 6.979,71  
= 16.286 kg
- Air proses yang ditambahkan = 303.230 – 16.286  
= 286.944 kg



Tabel A.11 Neraca Massa pada Tangki Pengenceran H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

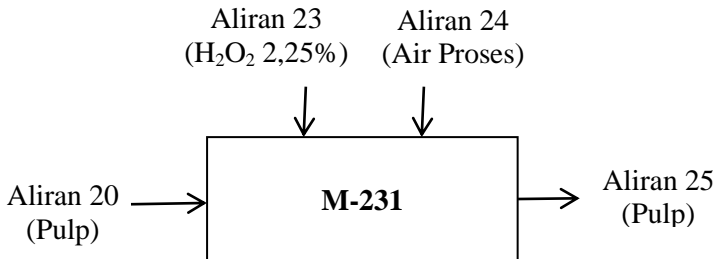
Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 21		Aliran 23	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.979,714115	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.979,714115
Air	16.285,9996	Air	303.229,8021
Aliran 22			
Air Proses	286.943,8025		



<b>Total</b>	<b>310.209,5162</b>	<b>Total</b>	<b>310.209,5162</b>
--------------	---------------------	--------------	---------------------

### III.1.2 Mixer $H_2O_2$ Bleaching (M-231)

Fungsi : Untuk mencampurkan pulp dengan larutan  $H_2O_2$  sebelum dimasukkan ke dalam reaktor.



**Tabel A.12** Neraca Massa Pada Mixer  $H_2O_2$  Bleaching

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 20		Aliran 25	
Selulosa	237.858,2574	Selulosa	237.858,2574
Hemiselulosa	36.203,69214	Hemiselulosa	36.203,69214
Lignin	4.091,017212	Lignin	4.091,017212
Air	194.321,0207	Air	1.615.751,858
Aliran 23		$H_2O$	6.979,714115
$H_2O_2$	6.979,714115		
Air	303.229,8021		

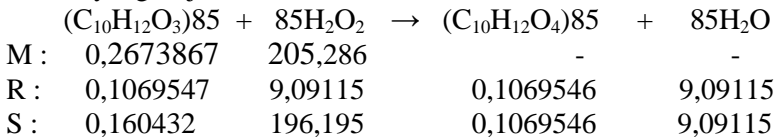
Aliran 24			
Air Proses	1.118.201,035		
<b>Total</b>	<b>1.900.884,539</b>	<b>Total</b>	<b>1.900.884,539</b>

### III.1.3 Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Bleaching (R-230)

Fungsi : Untuk mereaksikan bahan baku yang berasal dari mixer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bleaching

- Lignin yang bereaksi = 40% x 4.091,017212  
= 1.636,407 kg
- Hemiselulosa yang terlarut = 60% x 36.203,69214  
= 21.772,2 kg

Reaksi yang terjadi :

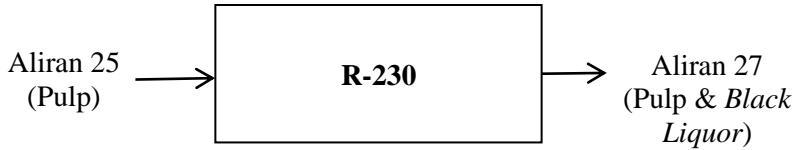


**Tabel A.13** Stoikiometri Reaksi pada Proses *Bleaching* menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Komposisi	BM	Berat (kg)	Mol
Lignin [M]	15300	4091,017212	0,2673867
H2O2 [M]	34	6.980	205,286
Lignin [R]	15300	1636,406885	0,1069547
H2O2 [R]	34	309,0990782	9,09115
(C10H12O4) [R]	16660	1781,865274	0,1069546
H2O [R]	18	163,6406885	9,09115
Lignin [S]	15300	2454,610327	0,160432
H2O2 [S]	34	6670,615037	196,195
(C10H12O4) [S]	16660	1781,865274	0,1069546

Appendiks A Neraca Massa

H <sub>2</sub> O	18	163,6406885	9,09115
------------------	----	-------------	---------



**Tabel A.14** Neraca Massa pada Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Bleaching

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 25		Aliran 27	
Selulosa	237.858,2574	Selulosa	237.858,2574
Hemiselulosa	36.203,69214	Hemiselulosa	14.481,47686
Lignin	4.091,017212	Lignin	1.454,610327
Air	1.615.751,858	Air	164
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.979,714115	Black Liquor :	
		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.670,615037
		Air	1.615.751,858
		(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1.781,865274
		Hemiselulosa (s)	21.722,21528
<b>Total</b>	<b>1.900.884,539</b>	<b>Total</b>	<b>1.900.884,539</b>

**III.1.4 Washer II (H-240)**

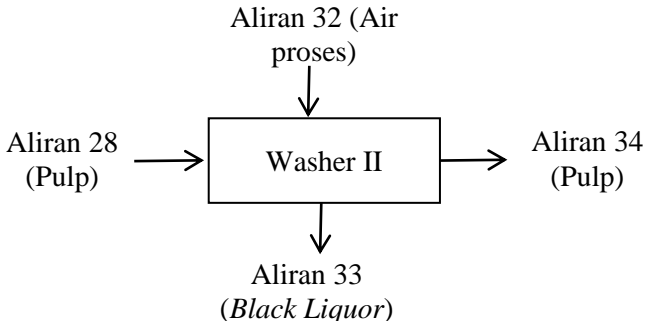
## Appendiks A Neraca Massa

Fungsi : Untuk mencuci pulp dari black liquor dengan menggunakan air

Tipe : *Rotary Vacuum Filter*

- Air yang diperlukan dalam washer :  
=  $2,5 \times 1.900.884,539$   
= 4.752.211 kg
- Selulosa yang terbawa *black liquor* :  
=  $2\% \times 237.858,2574$   
= 4.757,165147 kg
- Selulosa yang terkandung dalam pulp :  
=  $98\% \times 237.858,2574$   
= 233.101,0922 kg
- Hemiselulosa yang terbawa *black liquor* :  
=  $2\% \times 14.481,47686$   
= 289,6295371 kg
- Hemiselulosa yang terkandung dalam pulp :  
=  $98\% \times 14.481,47686$   
= 14.191,84732 kg
- Lignin yang terbawa *black liquor* :  
=  $2\% \times 1.454,610327$   
= 49,09220654 kg
- Lignin yang terkandung dalam pulp :  
=  $98\% \times 1.454,610327$   
= 2.405,518121 kg
- Air yang terbawa *black liquor* :  
=  $98\% \times 6.368.127$   
= 6.240.764,309 kg
- Air yang terkandung dalam pulp :  
=  $2\% \times 6.368.127$   
= 127.362,5369 kg

Appendiks A Neraca Massa



Tabel A.15 Neraca Massa pada Washer II

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 28		Aliran 34	
Selulosa	237.858,2574	Selulosa	233.101,0922
Hemiselulosa	14.481,47686	Hemiselulosa	14.191,84732
Lignin	2.454,610327	Lignin	2.405,518121
Air	164	Air	127.362,5369
Black Liquor		Aliran 33 (Black Liquor)	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.670,615037	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6.670,615037
Air	1.615.751,858	(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1.781,865274
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1.781,865274	Hemiselulosa (s)	21.722,21528
Hemiselulosa (s)	21.722,21528	Selulosa	4.757,165147

## Appendiks A Neraca Massa

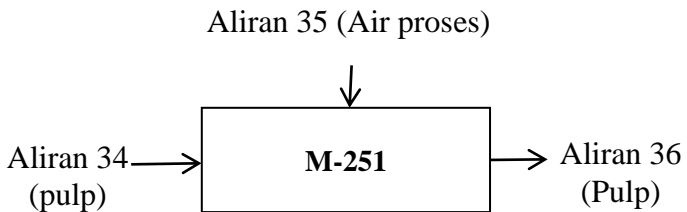
Aliran 32		Hemiselulosa	289,6295371
Air Proses	4.752.211	Lignin	49,09220654
		Air	6.240.764,309
<b>Total</b>	<b>6.653.095,886</b>	<b>Total</b>	<b>6.653.095,886</b>

### III.2 Chlorination Bleaching

#### III.2.1 Tangki Pengenceran Pulp (M-251)

Fungsi : Untuk mencampur pulp dengan air proses

- Konsistensi = 4% (Casey, 1980).  
= 7491 kg



**Tabel A.16** Neraca Massa pada Tangki Pengenceran Pulp

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 34		Aliran 36	
Selulosa	233.101,0922	Selulosa	233.101,0922
Hemiselulosa	14.191,84732	Hemiselulosa	14.191,84732
Lignin	2.405,518121	Lignin	2.405,518121
Air	127.362,5369	Air	5.992.762,984

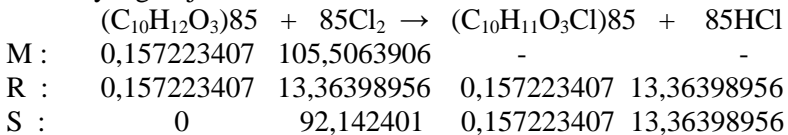
Aliran 35			
Air Proses	5.865.400,447		
<b>Total</b>	<b>6.242.461,441</b>	<b>Total</b>	<b>6.242.461,441</b>

### III.2.2 Reaktor *Chlorination Bleaching* (R-250)

Fungsi : Untuk mereaksikan pulp dengan Cl<sub>2</sub>

- Gas Cl<sub>2</sub> yang ditambahkan adalah 3% (*Biermann, 1969*)
- Gas Cl<sub>2</sub> yang ditambahkan = 3% x 249.698,4577  
= 7.490,95373

Reaksi yang terjadi :

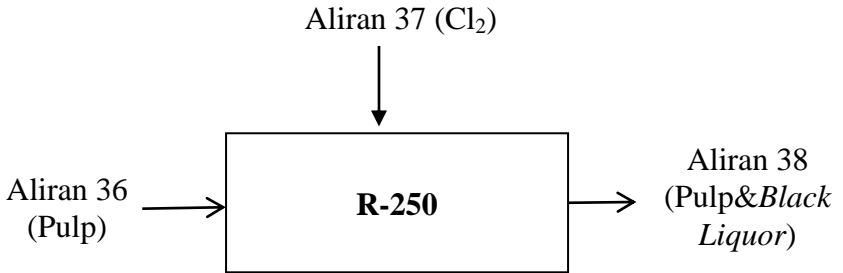


**Tabel A.17** Stoikiometri Reaksi pada Proses *Bleaching* dengan Cl<sub>2</sub>

Komposisi	BM	Berat (kg)	Mol (Kmol)
Lignin [M]	15300	2405,518121	0,157223407
Cl <sub>2</sub> [M]	71	7.490,95373	105,5063906
Lignin [R]	15300	2405,518121	0,157223407
Cl <sub>2</sub> [R]	71	948,8432587	13,36398956
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl) [R]	18232,5	2866,57576	0,157223407
HCl [R]	36	481,1036241	13,36398956
Lignin [S]	15300	0	0
Cl <sub>2</sub> [S]	71	6542,110471	92,142401
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl) [S]	18232,5	2866,57576	0,157223407

Appendiks A Neraca Massa

HCl [S]	36,5	487,7856189	13,36398956
---------	------	-------------	-------------



**Tabel A.18** Neraca Massa pada Reaktor *Chlorination Bleaching*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 36		Aliran 38	
Selulosa	233.101,0922	Selulosa	233.101,0922
Hemiselulosa	14.191,84732	Hemiselulosa	14.191,84732
Lignin	2.405,518121	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2.866,57576
Air	5.992.762,984	Air	5.992.762,984
Aliran 37		Black Liquor :	
Cl <sub>2</sub>	7.490,9537	Cl <sub>2</sub>	6.542,110471
		HCl	487,7856189
<b>Total</b>	<b>6.249.952,395</b>	<b>Total</b>	<b>6.249.952,395</b>



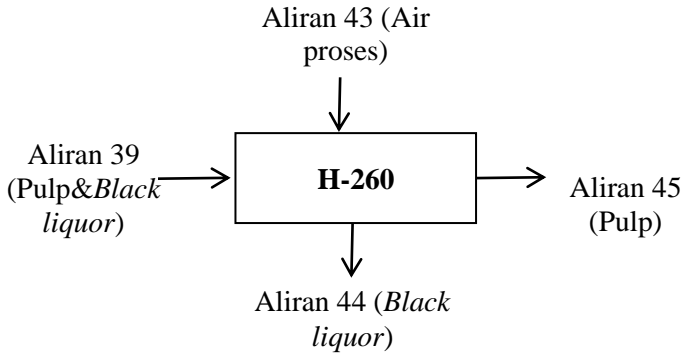
### III.2.3 Washer III (H-260)

Fungsi` : Untu mencuci pulp pada tahan klorinasi dari  
*black liquor* dengan menggunakan air

Tipe : *Rotary Vacuum Filter*

- Air yang ditambahkan =  $2,5 \times 6.249.952,395$   
= 15.624.881 kg
- Effisiensi = 98%
- Selulosa yang terbawa *black liquor*  
=  $2\% \times 233.101,0922$   
= 4.662,0218 kg
- Selulosa yang terkandung dalam pulp  
=  $98\% \times 233.101,0922$   
= 228.439,0704kg
- Hemiselulosa yang terbawa *black liquor*  
=  $2\% \times 14.191,84732$   
= 283,83695 kg
- Hemiselulosa yang terkandung dalam pulp  
=  $98\% \times 14.191,84732$   
= 13.908,01037 kg
- $(C_{10}H_{11}O_3Cl)$  yang terbawa *black liquor*  
=  $2\% \times 2.866,57576$   
= 57,331515 kg
- $(C_{10}H_{11}O_3Cl)$  yang terkandung dalam pulp  
=  $98\% \times 2.866,57576$   
= 2.809,244245 kg
- Air yang terbawa *black liquor*  
=  $98\% \times 21.617.644$   
= 21.801.946,4 kg
- Air yang terkandung dalam pulp  
=  $2\% \times 21.617.644$   
= 444.937,6817

Appendiks A Neraca Massa



**Tabel A.19** Neraca Massa pada Washer III

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 39		Aliran 45	
Selulosa	233.101,0922	Selulosa	228.439,0704
Hemiselulosa	14.191,84732	Hemiselulosa	13.908,01037
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2.866,57576	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2.089,244245
Air	6.172.546	Air	432.352,8794
Black Liquor :		Aliran 44 (Black Liquor)	
Cl <sub>2</sub>	6.542,110471	Cl <sub>2</sub>	6.542,110471
HCl	487,7856189	Selulosa	4.662,0218
Aliran 43		Hemiselulosa	283,83695
Air Proses	15.624.881	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	57,331515

## Appendiks A Neraca Massa

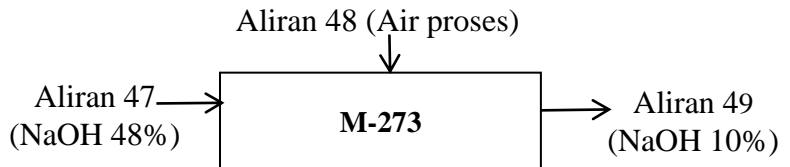
		Air	21.185.291,09
		HCl	487,7856189
<b>Total</b>	<b>21.374.833,38</b>	<b>Total</b>	<b>21.374.833,38</b>

### III.3 Ekstraksi Alkali

#### III.3.1 Tangki Pengenceran NaOH 10% (M-273)

Fungsi : Untuk membuat larutan NaOH 10%

- NaOH yang ditambahkan = 3% (*Kirk&Othmer, 1978*)
- Konsistensi = 18% (*Kirk&Othmer, 1978*)
- Konsentrasi = 10% (*Casey, 1980*)



**Tabel A.20** Neraca Massa pada Tangki Pengenceran NaOH

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 47		Aliran 49	
NaOH	735	NaOH	735
Air	797	Air	6.619
Aliran 48			

Appendiks A Neraca Massa

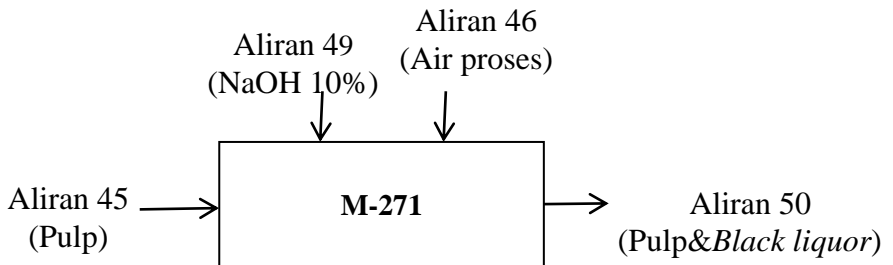
Air Proses	5.822		
<b>Total</b>	<b>7.355</b>	<b>Total</b>	<b>7.355</b>

**III.3.2 Mixer Ekstraksi Alkali (M-271)**

Fungsi : Untuk mencampurkan pulp dengan larutan

NaOH

Konsistensi : 18%



**Tabel A.21** Neraca Massa Pada Mixer Ekstraksi Alkali

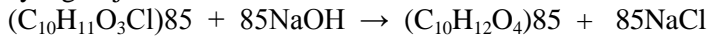
Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 45		Aliran 50	
Selulosa	228.439,0704	Selulosa	228.439,0704
Hemiselulosa	13.908,01037	Hemiselulosa	13.908,01037
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2.809,244245	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2.809,244245
Air	432.352,8794	Air	3.089.781
Aliran 49		NaOH	735

NaOH	735		
Air	6.619		
Aliran 46			
Air Proses	2.650.809,19		
<b>Total</b>	<b>3.335.673,084</b>	<b>Total</b>	<b>3.335.673,084</b>

### III.3.3 Reaktor Ekstraksi Alkali (R-270)

Fungsi : Untuk mereaksikan pulp dengan NaOH

Reaksi yang terjadi :



M : 0,154078938 18,38672437 - -

R : 0,154078938 13,09670977 0,154078938 13,09670977

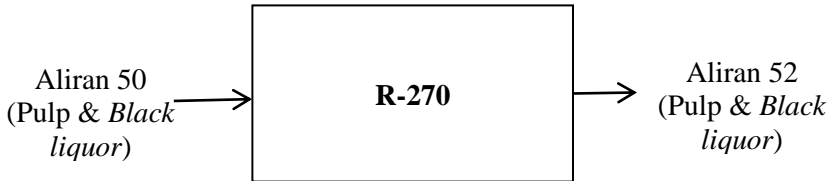
S : 0 5,290014607 0,154078938 13,09670977

**Tabel A.22** Stoikiometri Reaksi pada Proses Ekstraksi Alkali

Komposisi	BM	Berat (kg)	Mol (Kmol)
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl) [M]	18232,5	2809,244245	0,154078938
NaOH [M]	40	735	18,38672437
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl) [R]	18232,5	2809,244245	0,154078938
NaOH [R]	40	523,8683907	13,09670977
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> ) [R]	16660	2566,955114	0,154078938
NaCl [R]	58,5	766,1575214	13,09670977
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl) [S]	18232,5	0	0
NaOH [S]	40	211,6005843	5,290014607
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> ) [S]	16660	2566,955114	0,154078938

## Appendiks A Neraca Massa

NaCl [S]	58,5	766,1575214	13,09670977
----------	------	-------------	-------------



**Tabel A.23** Neraca Massa pada Reaktor Ekstraksi Alkali

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 50		Aliran 52	
Selulosa	228.439,0704	Selulosa	228.439,0704
Hemiselulosa	13.908,01037	Hemiselulosa	13.908,01037
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	1.809,244245	Air	3.089.781
Air	3.089.781	Black Liquor :	
NaOH	735	NaOH	211,6005843
		(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	2.566,955114
		NaCl	766,1575214
<b>Total</b>	<b>3.335.673,084</b>	<b>Total</b>	<b>3.335.673,084</b>

### III.3.4 Washer IV (H-280)

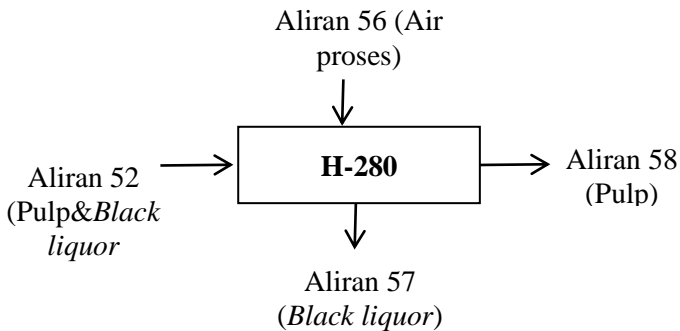
Fungsi : Untuk mencuci pulp hasil dari proses ekstraksi alkali dari *black liquor* dengan menggunakan air

Tipe : *Rotary Vacuum Filter*

- Air yang dibutuhkan = 2 x 3.335.673,084kg

## Appendiks A Neraca Massa

- = 8.482510 kg
- Effisiensi washer = 98%
- Selulosa yang terbawa *black liquor*  
= 2% x 228.439,0704  
= 4.568,781 kg
- Selulosa yang terkandung dalam pulp  
= 98% x 228.439,0704  
= 223.870,3 kg
- Hemiselulosa yang terbawa *black liquor*  
= 2% x 13.908,01037  
= 278,1602 kg
- Hemiselulosa yang terkandung dalam pulp  
= 98% x 13.908,01037  
= 13.629,85 kg
- Air yang terbawa *black liquor*  
= 98% x 11.428.964  
= 11.200.384,72 kg
- Air yang terkandung dalam pulp  
= 2% x 11.428.964  
= 228.579,28 kg



**Tabel A.24** Neraca Massa pada Washer IV

Masuk	Keluar
-------	--------

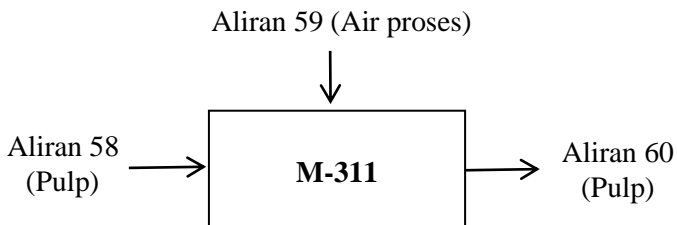
Appendiks A Neraca Massa

Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlaah (kg)
Aliran 52		Aliran 58	
Selulosa	228.439,0704	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.908,01037	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	3.089.781	Air	228.579,28
Black Liquor :		Aliran 57 (Black Liquor)	
NaOH	211,6005843	NaOH	211,6005843
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	2.566,955114	(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	2.566,955114
NaCl	766,1575214	NaCl	766,1575214
Aliran 56		Selulosa	4.568,781407
Air Proses	8.339.182,7	Hemiselulosa	278,1602075
		Air	11.200.384,72
<b>Total</b>	<b>11.674.855,793</b>	<b>Total</b>	<b>11.674.855,793</b>

**III.3.5 Storage Tank (M-311)**

Fungsi : Untuk menampung pulpa untuk sementara dan mengatur konsistensinya

Konsistensi = 3%





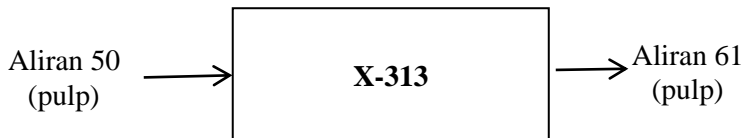
**Tabel A.25** Neraca Massa pada *Storage Tank*

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 58		Aliran 60	
Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	228.579	Air	7.679.171,165
Aliran 59			
Air Proses	7.450.592		
<b>Total</b>	<b>7.916.671,304</b>	<b>Total</b>	<b>7.916.671,304</b>

**IV. Tahap *Post-Treatment***

**IV.1 Head Box (X-313)**

Fungsi : Untuk menyimpan pulp sementara sebelum didistribusikan ke wire part



**Tabel A.26** Neraca Massa pada Head Box

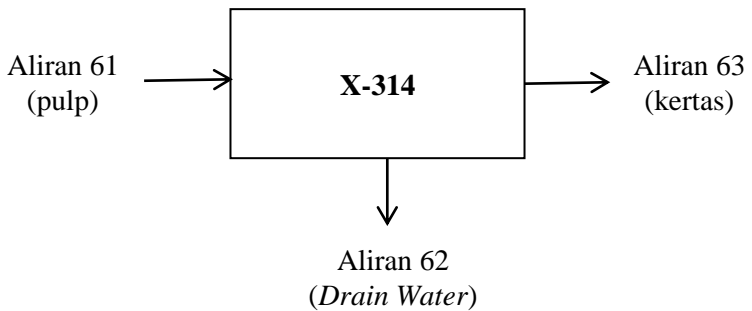
Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Aliran 60		Aliran 61	

## Appendiks A Neraca Massa

Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	7.679.171,165	Air	7.679.171,165
<b>Total</b>	<b>7.916.671,304</b>	<b>Total</b>	<b>7.916.671,304</b>

### IV.2 Wire Part (X-314)

Fungsi : Untuk mengatur konsistensi pulp hingga 45%



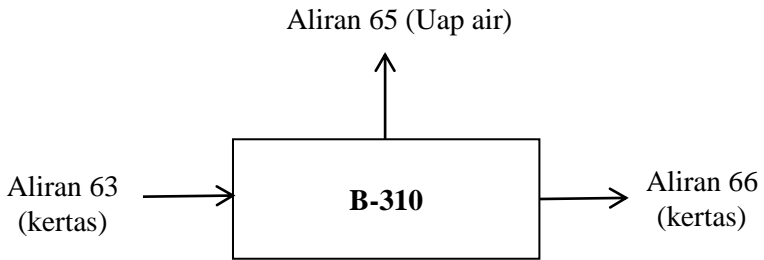
**Tabel A.27** Neraca Massa pada Wire Part

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
Aliran 61		Aliran 53	
Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	7.679.171	Air	290.278
		Aliran 62	
		Drain Water	7.388.893

<b>Total</b>	<b>7.916.617,304</b>	<b>Total</b>	<b>7.916.617,304</b>
--------------	----------------------	--------------	----------------------

**IV.3 Drum Dryer (B-310)**

Fungsi : Untuk mengurangi kadar air pada lembaran kertas  
 Kadar Air : 5%



**Tabel A.28 Neraca Massa pada Drum Dryer**

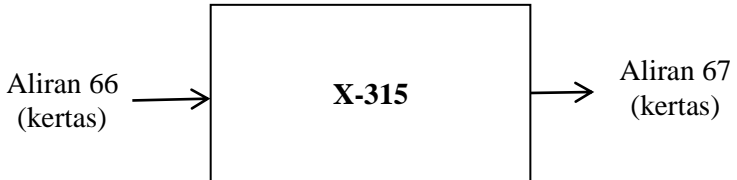
<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
Aliran 63		Aliran 66	
Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	290.278	Air	12.500
		Aliran 65	
		Uap Air	277.778

*Appendiks A Neraca Massa*

<b>Total</b>	<b>527.778</b>	<b>Total</b>	<b>527.778</b>
--------------	----------------	--------------	----------------

**IV.4 Calendering Stack (X-315)**

Fungsi : Untuk meratakan dan memperhalus permukaan kertas



**Tabel A.29** Neraca Massa pada Calendering Stack

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Jumlah (kg)</b>
Aliran 66		Aliran 67	
Selulosa	223.870,289	Selulosa	223.870,289
Hemiselulosa	13.629,85017	Hemiselulosa	13.629,85017
Air	12.500	Air	12.500
<b>Total</b>	<b>250.000</b>	<b>Total</b>	<b>250.000</b>

## APPENDIKS B NERACA PANAS

Kapasitas : 75000 ton/tahun = 250000 kg/hari  
Operasi : 300 hari/tahun  
Satuan panas : kkal  
Basis waktu : 1 hari  
Suhu referensi : 25°C

Perhitungan  $C_p$  dengan menggunakan hukum Kopps. Dengan rumus:

$$C_p = \sum_{i=1}^n N_i \Delta E_i$$

Dimana:

$C_p$  = kapasitas panas padatan pada 298,15°C  
 $n$  = jumlah elemen atom yang berbeda pada komponen  
 $N_i$  = jumlah elemen atom  $i$  pada komponen  
 $\Delta E_i$  = nilai kontribusi elemen atom  $i$  pada tabel 2-393

**Tabel B.1** Kontribusi Elemen Atom untuk Estimasi Kapsitas Panas Padatan pada 298,15°C

No.	Unsur	$\Delta E$ (kJ/kmol.K)
1.	C	10,89
2.	H	7,56
3.	O	13,42
4.	Cl	24.69
5.	Na	26,19

*Appendiks B Neraca Panas*

1. Lignin  $(C_{10}H_{12}O_3)_n = (C_{10}H_{12}O_3)_{85}$   
 Derajat Polimerisasi lignin = 85

Komponen	Jumlah	Dp	$\Delta E$	BM	Total	Satuan
C	10	85	10,89	10200	9256,5	kJ/Kmol.K
H	12	85	7,56	1020	7711,2	kJ/Kmol.K
O	3	85	13,42	4080	3422,1	kJ/Kmol.K
Total				15300	20389,8	kJ/Kmol.K
					4873,2792	kkal/Kmol.K
					0,318515	kkal/Kg.C

2. Hemiselulosa  $(C_5H_{10}O_5)_n = (C_5H_{10}O_5)_{1000}$   
 Derajat Polimerisasi lignin = 1000

Komponen	Jumlah	Dp	$\Delta E$	BM	Total	Satuan
C	5	1000	10,89	60000	54450	kJ/Kmol.K
H	10	1000	7,56	10000	75600	kJ/Kmol.K
O	5	1000	13,42	80000	67100	kJ/Kmol.K
Total				150000	197150	kJ/Kmol.K
					47119,981	kkal/Kmol.K
					0,3141332	kkal/Kg.C

3. Na-Lignat  $(C_{10}H_{11}O_3)_{85}-85Na$   
 Derajat Polimerisasi lignin = 1000

Komponen	Jumlah	Dp	$\Delta E$	BM	Total	Satuan
C	10	85	10,89	10200	9256,5	kJ/Kmol.K
H	11	85	7,56	935	7068,6	kJ/Kmol.K
O	3	85	13,42	4080	3422,1	kJ/Kmol.K
Na	1	85	26,19	1955	2226,15	kJ/Kmol.K
Total				17170	21973,35	kJ/Kmol.K
					5251,7567	Kkal/Kmol.K
					0,3040934	Kkal/Kg.C

4. Cl-Ligninat  $(C_{10}H_{11}O_3)_{85}-85Cl$

Komponen	Jumlah	Dp	$\Delta E$	BM	Total	Satuan
C	10	85	10,89	10200	9256,5	kJ/Kmol.K

*Appendiks B Neraca Panas*

H	11	85	7,56	935	7068,6	kJ/Kmol.K
O	3	85	13,42	4080	3422,1	kJ/Kmol.K
Cl	1	85	24,69	1955	2098,65	kJ/Kmol.K
Total				17170	21845,85	kJ/Kmol.K
					5221,2835	Kkal/Kmol.K
					0,3040934	Kkal/Kg.C

5. OH-Ligninat (C<sub>10</sub>H<sub>11</sub>O<sub>3</sub>)<sub>85</sub>-OH

Komponen	Jumlah	Dp	ΔE	BM	Total	Satuan
C	11	85	10,89	11220	10182,15	kJ/Kmol.K
H	12	85	7,56	1020	7711,2	kJ/Kmol.K
O	4	85	13,42	5440	4562,8	kJ/Kmol.K
Total				17680	22456,15	kJ/Kmol.K
					5367,1487	Kkal/Kmol.K
					0,3035718	Kkal/Kg.C

6. Cp Selulosa = 0,32 kkal/kg.°C (Perry,1997)
7. Cp abu (ash) = 0,2 kkal/kg.°C (engineeringtoolbox)
8. Larutan NaOH 48% = 0,783 kkal/kg.°C
9. Larutan NaOH 10% = 0,904 kkal/kg.°C
10. H<sub>2</sub>O = 0,9987 kkal/kg.°C (30-40°C)  
           1,0013 kkal/kg.°C (70°C)  
           1,0076 kkal/kg.°C (100°C)  
           1,0462 kkal/kg.°C (170°C)
11. Cl<sub>2</sub> = 0,1136 kkal/kg.°C (Ulrich, 1984)
12. HCl = 0,1908 kkal/kg.°C (Ulrich, 1984)
13. NaCl = 0,21 kkal/kg.°C (Perry,1997)

Data entalpi pembentukan (ΔH<sup>o</sup>f)

NaOH = -112,193 kkal/kmol

HCl = -22,063 kkal/kmol

H<sub>2</sub>O = -68,317,64 kkal/kmol

**Tabel B.2** Pembentukan Panas Tiap Gugus Fungsi (Perry,1997)

No.	Gugus Fungsi	Hf (kkal/kmol)
1	-CH <sub>3</sub>	-76,45
2	-CH <sub>2</sub> -	-26,8
3	-CH $\begin{array}{l} \parallel \\ \end{array}$	8,67
4	=CH-	37,97
5	-C- $\begin{array}{l}   \\   \end{array}$	79,72
6	-O-	-138,16
7	=C<	83,99
8	-CO-	-33,22
9	-OH	-208,04
10	-Na	-261,3753
11	-Cl	-71,55

Data panas pembentukan (Hf) :

1. Lignin

(-OH) = -12679,3021

(=C<) = 10237,78681

(-CH<sub>2</sub>-) = -1088,910134

(=CH-) = 6942,411568

(-CH<sub>3</sub>) = -3106,23805

(-CO-) = -1349,760994

(-O-) = -8420,363289

Total = -8375,466061 kkal/kmol

2. Na-Ligninat

(-OH) = -8452,868069

(=C<) = 8531,489006

(-CH<sub>2</sub>-) = -1088,910134

(=CH-) = -6942,411568

(-CH<sub>3</sub>) = -1553,119025

(-CO-) = -1349,760994

(-O-) = -8420,363289



## Appendiks B Neraca Panas

(Na) = -5309,966659

Total = -10701,0876 kkal/kmol

### 3. OH-Ligninat

(-OH) = -8452,868069

(=C<) = 8531,489006

(-CH<sub>2</sub>-) = -1088,910134

(=CH-) = -6942,411568

(-CH<sub>3</sub>) = -3106,23805

(-CO-) = -1349,760994

(-O-) = -11227,15105

Total = -8044,729924 kkal/kmol

### 4. Cl-Ligninat

(-OH) = -8452,868069

(=C<) = 8531,489006

(-CH<sub>2</sub>-) = -1088,910134

(=CH-) = -6942,411568

(-CH<sub>3</sub>) = -1553,119025

(-CO-) = -1349,760994

(-O-) = -8420,363289

(Cl) = -1453,573136

Total = -6844,694073 kkal/kmol

Berikut adalah data lain yang diperlukan (Smith Vanness, ed.6)

Sat.Steam (°C)	H liq.	H.Vap	$\lambda$	Kkal/kg
225	966,78	2.803,3	1.836,52	438,938
100		2.676,10		639,603

**1. Tangki Pengenceran NaOH (M-213)**

Fungsi : Untuk mengencerkan konsentrasi larutan NaOH 48% menjadi larutan NaOH 10%

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 8*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Larutan NaOH	538745	0,783	5	2108380,2
<b>Total</b>				2108380,2

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 9*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air Proses	2.047.233	0,9987	5	10222855,94
<b>Total</b>				10222855,94

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 10*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Larutan NaOH	2.585.978	0,904	5,27553	12254356,14
<b>Total</b>				12254356,14

Enthalpy pelarutan

Komponen	Massa	kgmol	Heat of Solution
NaOH	258.598	6464,945025	62

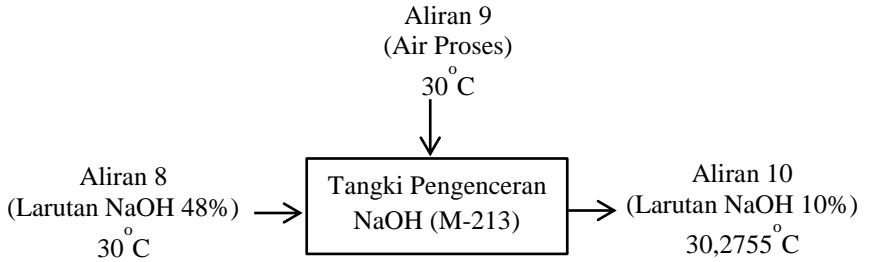
$$\Delta H_s = \frac{\text{mol air}}{\text{mol NaOH}} \times \text{heat of solution}$$

$$\Delta H_s = \frac{129298,901}{6464,945} \times 62$$

$$= 1240$$

Appendiks B Neraca Panas

Komponen	Kgmol	Heat of Solution	$\Delta H_s$
NaOH	20	62	1240



**Tabel B.3** Neraca Panas Pada Tangki Pengenceran NaOH (M-213)

Masuk		Keluar	
Komponen	Enthalpy (kkal)	Komponen	Enthalpy (kkal)
Aliran 8		Aliran 10	
Larutan NaOH 48%	2108380,2	Larutan NaOH 10%	12254356,14
Aliran 9			
Air proses	10222855,94	$\Delta H_s$	1240
<b>Total</b>	<b>12331236,14</b>	<b>Total</b>	<b>12331236,14</b>

**2. Pandia Digester (R-210)**

Fungsi : Untuk mereaksikan lignin dalam kenaf dengan larutan NaOH pada  $T=170^{\circ}\text{C}$

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 7*

Komponen	Massa (kg)	$C_p$ (kkal/kg $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$H = m \times C_p \times \Delta T$ (kkal)
Selulosa	242712,5075	0,32	5	388340,012
Hemiselulosa	73885,086	0,3141	5	116048,795

Appendiks B Neraca Panas

Lignin	41745,07359	0,319	5	66482,156
Abu	11082,7629	0,2	5	11082,763
<b>Total</b>				581953,726

Enthalpy Bahan Pada Aliran 10

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Larutan NaOH	2.585.978	0,904	5,27553	12254356,14
<b>Total</b>				12254356,14

$$(C_{10}H_{12}O_3)_{85} + 85NaOH \rightarrow (C_{10}H_{11}O_3)_{85} + 85Na + 85 H_2O$$

Mula-mula (kmol)	2,728436182	6464,945025		
Reaksi (kmol)	2,455592564	208,725368	2,455592564	208,725368
Sisa (kmol)	0,272843618	6256,219657	2,455592564	208,725368

ΔH°<sub>25</sub>

Komponen	Koef	Kgmol	ΔHf (kkal/kmol)	H = n x mol x ΔHf (kkal)	TOTAL
Lignin	1	2,455592564	-9464,376	-23240,65181	-1990512883
NaOH	85	208,725368	-112.193	-1990489643	
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>85</sub> -85Na	1	2,455592564	-6.844,69	-16807,77987	-1212084894
H <sub>2</sub> O	85	208,725368	-68.317,64	-1212068086	
ΔH° <sub>25</sub> = ΣH <sub>Produk</sub> - ΣH <sub>Reaktan</sub> (Himmelblau, 1989)					778427989

ΣH<sub>R</sub>

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Lignin	37570,56623	0,318514978	5	59833,94032
NaOH	8349,014718	0,9038	5,27553	3908,2732

ΣH<sub>p</sub>

(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>85</sub> -85Na	42162,52433	-10701,0876	145	-65421805579
H <sub>2</sub> O	3757,056623	1,0462	145	569941,7327

*Appendiks B Neraca Panas*

$$\Delta H_{\text{Reaksi}} = \Sigma H_P + \Delta H_{25}^{\circ} - \Sigma H_R \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

$$= -64642907291 \text{ kkal}$$

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 12*

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp (kkal/kg.°C)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>H = m x Cp x ΔT (kkal)</b>
Selulosa	242712,5075	0,32	145	11261860,35
Hemiselulosa	36942,543	0,314133206	145	1682707,522
Lignin	4174,507359	0,318514978	145	192798,2522
Air	3757,056623	1,0462	145	569941,7327
Black Liquor				
Larutan NaOH sisa	250248,7863	0,9038	145	32795353,69
Abu	11082,7629	0,2	145	321400,1241
Na-Lignat	42162,52433	0,305868182	145	1869945,329
Air	2327380,209	1,0462	145	353061250,3
Hemiselulosa sisa	36942,543	0,314133206	145	1682707,522
<b>Total</b>				<b>403437964,8</b>

Menghitung H11 atau Hsteam:

$$H_{\text{steam}} = m_{\text{steam}} \times (H_v - H_L) + m_{\text{steam}} \times C_p \times \Delta T$$

$$H_{\text{steam}} = m_{\text{steam}} \times (670 - 231,06) + m_{\text{steam}} \times 1,0462 \times (225 - 170)$$

$$H_{\text{steam}} = m_{\text{steam}} \times (438,94) + m_{\text{steam}} \times 57,54$$

$$H_{\text{steam}} = m_{\text{steam}} \times 496,48$$

Neraca Panas:

$$H7 + H10 + H11 + \Delta H_{\text{Reaksi}} = H12$$

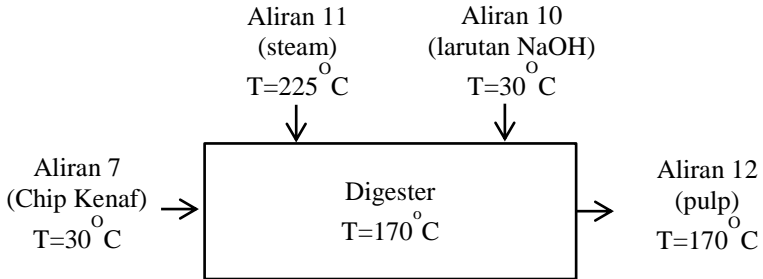
$$581953,7255 + 12254356,14 + m_{\text{steam}} \times 496,48 + (-64642905212) = 403437964,8$$

$$m_{\text{steam}} = 130989029,4 \text{ kg}$$

Maka:

Appendiks B Neraca Panas

H<sub>steam</sub> = 65033433306 kkal



Tabel B.4 Neraca Panas Pada Pandia Digester (R-210)

Masuk		Keluar	
Aliran (7) dari Screw Conveyor	Enthalpy (kkal)	Aliran (12) ke Blow Tank	Enthalpy (kkal)
Selulosa	388340,012	Pulp	
Hemiselulosa	116048,7947	Selulosa	11261860,35
Lignin	66482,15592	Hemiselulosa	1682707,522
Abu	11082,7629	Lignin	192798,2522
Total	581953,7255	Air	569941,7327
		Black liquor	
<b>Aliran (10) dari Tangki Pengenceran NaOH</b>		NaOH	32795353,69
Larutan NaOH	12254356,14	Abu	321400,1241
		Na-Lignat	1869945,329
		Air	353061250,3
		Hemiselulosa sisa	1682707,522
		Total	403437964,8
<b>Aliran (11) dari Boiler</b>			

*Appendiks B Neraca Panas*

Steam (Qsupply)	65033433306		
$\Delta H$ reaksi	-64642907291		
<b>Total</b>	403437964,8	<b>Total</b>	403437964,8

### 3. Blow Tank

Fungsi : Menampung bubuk pulp dan melepaskan uap air

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 12*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	H = m x Cp x $\Delta T$ (kkal)
Selulosa	242712,5075	0,32	145	11261860,35
Hemiselulosa	36942,543	0,314133206	145	1682707,522
Lignin	4174,507359	0,318514978	145	192798,2522
Air	3757,056623	1,0462	145	569941,7327
Black Liquor				
Larutan NaOH sisa	250248,7863	0,9038	145	32795353,69
Abu	11082,7629	0,2	145	321400,1241
Na-Lignat	42162,52433	0,305868182	145	1869945,329
Air	2327380,209	1,0462	145	353061250,3
Hemiselulosa sisa	36942,543	0,314133206	145	1682707,522
Total				403437964,8

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 13*

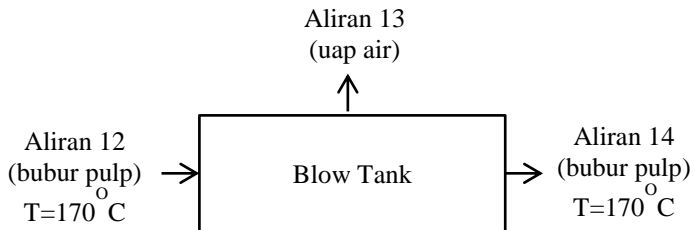
Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	H = m x Cp x $\Delta T$ (kkal)
Uap air	3594,832681	1,0462	145	545332,5229

Appendiks B Neraca Panas

<b>Total</b>	545332,5229
--------------	-------------

*Enthalpy* Bahan Pada Aliran 14

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp (kkal/kg.°C)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>H = m x Cp x ΔT (kkal)</b>
Selulosa	242712,5075	0,32	145	11261860,35
Hemiselulosa	36942,543	0,314133206	145	1682707,522
Lignin	4174,507359	0,318514978	145	192798,2522
Air	162,2239419	1,0462	145	24609,20977
Black Liquor				
Larutan NaOH sisa	250248,7863	0,9038	145	32795353,69
Abu	11082,7629	0,2	145	321400,1241
Na-Lignat	42162,52433	0,305868182	145	1869945,329
Air	2327380,209	1,0462	145	353061250,3
Hemiselulosa sisa	36942,543	0,314133206	145	1682707,522
<b>Total</b>				402892632,3





*Appendiks B Neraca Panas*

**Tabel B.5** Neraca Panas Pada Blow Tank

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Aliran (12) dari digester</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>	<b>Aliran (13) ke udara</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>
Pulp:		uap air	545332,5229
Selulosa	11261860,35	<b>Aliran (14) ke washer</b>	
Hemiselulosa	1682707,522		
Lignin	192798,2522	Pulp:	
Air	569941,7327	Selulosa	11261860,35
Black liquor		Hemiselulosa	1682707,522
Larutan NaOH		Lignin	192798,2522
sisa	32795353,69	Air	24609,20977
Abu	321400,1241	Black liquor:	
Na-Lignat	1869945,329	Larutan NaOH	
Air	353061250,3	sisa	32795353,69
Hemiselulosa	1682707,522	Abu	321400,1241
sisa	403437964,8	Na-Lignat	1869945,329
		Air	353061250,3
		Hemiselulosa sisa	1682707,522
			402892632,3
<b>Total</b>	403437964,8	<b>Total</b>	403437964,8

**4. Heat Exchanger (E-224)**

Fungsi : untuk meningkatkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 15*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	7388508,6	0,9987	5	36894517,69
<b>Total</b>				36894517,69

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 18*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	7388508,6	1,0013	45	332915114,8
<b>Total</b>				332915114,8

$$\begin{aligned} H_{16} \text{ (steam masuk)} &= m_{\text{steam}} \times H_v \\ &= m_{\text{steam}} \times 670 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{17} \text{ (kondensat)} &= m_{\text{steam}} \times H_L \\ &= m_{\text{steam}} \times 231,06 \end{aligned}$$

Neraca panas:

$$H_{15} + H_{16} = H_{18} + H_{17}$$

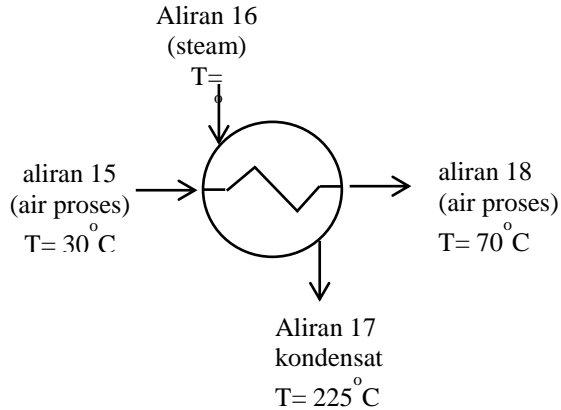
$$36894517,69 + m_{\text{steam}} \times H_v = 332915114,8 + m_{\text{steam}} \times H_L$$

$$m_{\text{steam}} \times (H_v - H_L) = 296020597,1$$

$$m_{\text{steam}} \times (630 - 231,06) = 296020597,1$$

$$m_{\text{steam}} = 674398,77$$

## Appendiks B Neraca Panas



**Tabel B.6** Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-224)

Masuk		Keluar	
Aliran (15) dari air proses	Enthalpy (kkal)	Aliran (18) ke washer I	Enthalpy (kkal)
Air proses	36894517,69	Air proses	332915115
<b>Steam</b>	451847177,4	<b>Kondensat</b>	155826580
<b>Total</b>	488741695	<b>Total</b>	488741695

### 5. Rotary Vakum Filter I

Fungsi: memisahkan pulp dari larutan pemasak (*black liquor*)

*Enthalpy* Bahan Pada Aliran 14

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	$H = m \times Cp \times \Delta T$ (kkal)
Selulosa	242712,5075	0,32	145	11261860,35
Hemiselulosa	36942,543	0,314133206	145	1682707,522
Lignin	4174,507359	0,318514978	145	192798,2522
Air	162,2239419	1,0462	145	24609,20977

*Appendiks B Neraca Panas*

Black Liquor				
Larutan NaOH sisa	250248,7863	0,9038	145	32795353,69
Abu	11082,7629	0,2	145	321400,1241
Na-Lignat	42162,52433	0,305868182	145	1869945,329
Air	2327380,209	1,0462	145	353061250,3
Hemiselulosa sisa	36942,543	0,314133206	145	1682707,522
<b>Total</b>				402892632,3

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 18*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kckl/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	7388508,6	1,0013	45	332915114,8
<b>Total</b>				332915114,8

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 20*

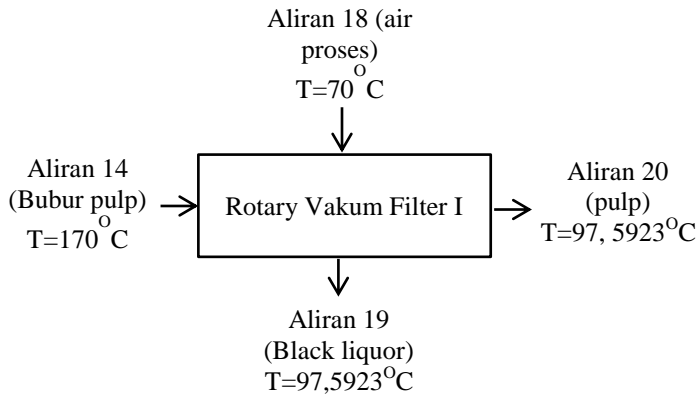
Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Pulp:				
Selulosa	237858,2574	0,32	72,59232467	5525338,83
Hemiselulosa	36203,69214	0,314133206	72,59232467	825576,6743
Lignin	4091,017212	0,318514978	72,59232467	94591,44724
Air	194321,0207	1,0055	72,59232467	14183798,8
<b>Total</b>				20629305,75

*Enthalpy Bahan Pada Aliran 19*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Black Liquor :				
Larutan NaOH	250248,7863	0,9038	72,59232467	16418558,36

Appendiks B Neraca Panas

siswa				
Abu	11082,7629	0,2	72,59232467	160904,7045
Na-Lignat	42162,52433	0,305868182	72,59232467	936163,2995
Air	9521730,012	1,0055	72,59232467	695006141,3
Hemiselulosa siswa	36942,543	0,314133206	72,59232467	842425,1779
Selulosa	4854,25015	0,32	72,59232467	112762,0169
Hemiselulosa	738,85086	0,314133206	72,59232467	16848,50356
Lignin	83,49014718	0,318514978	72,59232467	1930,437699
<b>Total</b>				713495733,8



**Tabel B.7** Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter I

Masuk		Keluar	
Aliran (14) dari Blow Tank	Enthalpy (kkal)	Aliran (19) ke Pengolahan limbah	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Black liquor:	
Selulosa	11261860,35	NaOH	16418558,36
Hemiselulosa	1682707,522	Abu	160904,7045
Lignin	192798,2522	Na-Lignat	936163,2995
Air	24609,20977	Air	695006141,3

*Appendiks B Neraca Panas*

Black liquor:		Hemiselulosa sisa	842425,1779
NaOH	32795353,69	Selulosa	112762,0169
Abu	321400,1241	Hemiselulosa	16848,50356
Na-Lignat	1869945,329	Lignin	1930,437699
Air	353061250,3	Total	713495733,8
Hemiselulosa sisa	1682707,522		
<b>Total</b>	<b>401209924,8</b>	<b>Aliran (20) ke mixer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	
<b>Aliran (18) dari Heat Exchanger (E-224)</b>		<b>Pulp:</b>	
Air proses	332915114,8	Selulosa	5525338,83
		Hemiselulosa	825576,6743
		Lignin	94591,44724
		Air	14183798,8
		Total	20629305,75
<b>Total</b>	<b>734125039,6</b>	<b>Total</b>	<b>734125039,6</b>

**6. Mixer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Fungsi: mencampurkan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pulp dan air proses menjadi bubur pulp

*Enthalpy Bahan Aliran 20*

Komponen	Massa (kg)	C <sub>p</sub> (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x C <sub>p</sub> x ΔT (kkal)
Pulp:				
Selulosa	237858,2574	0,32	72,59232467	5525338,83
Hemiselulosa	36203,69214	0,314133206	72,59232467	825576,6743
Lignin	4091,017212	0,318514978	72,59232467	94591,44724
Air	194321,0207	1,0055	72,59232467	14131605,81

Appendiks B Neraca Panas

<b>Total</b>	20577112,76
--------------	-------------

*Enthalpy* Bahan Aliran 23

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp (kkal/kg.°C)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>H = m x Cp x ΔT (kkal)</b>
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6979,714115	0,62	5	21637,11376
Air	303229,8021	1,0013	5	1518120,004
<b>Total</b>				1539757,118

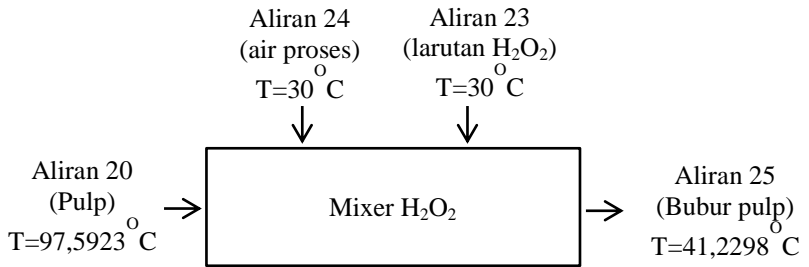
*Enthalpy* Bahan Aliran 24

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp (kkal/kg.°C)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>H = m x Cp x ΔT (kkal)</b>
Air Proses	1118201,035	0,9987	5	5583736,87
<b>Total</b>				5583736,87

*Enthalpy* Bahan Aliran 25

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp (kkal/kg.°C)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>H = m x Cp x ΔT (kkal)</b>
Bubur Pulp:				
Selulosa	237858,2574	0,32	16,22984847	1235329,112
Hemiselulosa	36203,69214	0,314133206	16,22984847	184578,5265
Lignin	4091,017212	0,318514978	16,22984847	21148,3082
Air	1615751,858	0,9987	16,22984847	26189317,39
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6979,714115	0,62	16,22984847	70233,41552
<b>Total</b>				27700606,75

Appendiks B Neraca Panas



Tabel B.8 Neraca Panas Pada Mixer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Masuk		Keluar	
Aliran (20) dari washer I	Enthalpy (kkal)	Aliran (25) ke Reaktor H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Bubur Pulp:	
Selulosa	5525338,83	Selulosa	1235329,112
Hemiselulosa	825576,6743	Hemiselulosa	184578,5265
Lignin	94591,44724	Lignin	21148,3082
Air	14131605,81	Air	26189317,39
Total	20577112,76	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	70233,41552
		Total	27700606,75
<b>Aliran (23) dari tangki pengenceran H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>			
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	21637,11376		
Air	1518120,004		
Total	1539757,118		
<b>Aliran (24) Dari Utilitas</b>			
Air proses	5583736,87		



Appendiks B Neraca Panas

<b>Total</b>	27700606,75	<b>Total</b>	27700606,75
--------------	-------------	--------------	-------------

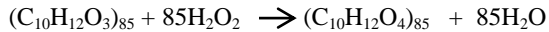
7. Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Fungsi = untuk Mereaksikan bubur pulp dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk *bleaching*

Enthalpy Bahan Aliran 25

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Bubur Pulp:				
Selulosa	237858,2574	0,32	16,22984847	1235329,112
Hemiselulosa	36203,69214	0,314133206	16,22984847	184578,5265
Lignin	4091,017212	0,318514978	16,22984847	21148,3082
Air	1615751,858	0,9987	16,22984847	26189317,39
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6979,714115	0,62	16,22984847	70233,41552
<b>Total</b>				27700606,75

Reaksi yang terjadi:



Mula-mula (kmol) 0,267386746 205,2857093

Reaksi (kmol) 0,106954698 9,09114936 0,106954698 9,09114936

Sisa (kmol) 0,160432048 196,1945599 0,106954698 9,09114936

ΔH°<sub>25</sub>

Komponen	Koef	Kgmol	ΔHf (kkal/kmol)	H = n x mol x ΔHf	TOTAL
Lignin	1	0,106954698	-9464,376195	-1012,259501	-86697894,47
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	85	9,09114936	-112.193	-86696882,21	
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1	0,106954698	-8.044,73	-860,4216623	-52793159,3
H <sub>2</sub> O	85	9,09114936	-68.317,64	-52792298,88	
$\Delta H^{\circ}_{25} = \sum H_{\text{Produk}} - \sum H_{\text{Reaktan}} \quad (\text{Himmelblau, 1989})$					33904735,17

Appendiks B Neraca Panas

$\Sigma H_R$

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	H = m x Cp x $\Delta T$ (kkal)
Lignin	1636,406885	0,318514978	16,22984847	8459,323281
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	309,0990782	0,62	16,22984847	3110,311345
$\Sigma H_P$				
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1781,865274	0,303571757	45	24341,57874
H <sub>2</sub> O	163,6406885	1,0013	45	7373,403962

$$\Delta H_{\text{Reaksi}} = \Sigma H_P + \Delta H_{25}^{\circ} - \Sigma H_R \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

$$= 33924880,52$$

Enthalpy Bahan Aliran 27

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	H = m x Cp x $\Delta T$ (kkal)
Selulosa	237858,2574	0,32	45	3425158,906
Hemiselulosa	14481,47686	0,314133206	45	204710,0738
Lignin	2454,610327	0,318514978	45	35182,35691
Air	163,6406885	1,0013	45	7373,403962
Black Liquor :				
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6670,615037	0,62	45	186110,1595
Air	1615751,858	1,0013	45	72803355,09
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1781,865274	0,303571757	45	24341,57874
Hemiselulosa sisa	21722,21528	0,314133206	45	307065,1107
<b>Total</b>				76993296,68

$$Q_{\text{supply}} = m. \text{ Steam} \times \lambda$$

$$= 438,938 \times m. \text{ Steam}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_{\text{supply}}$$

$$= 5\% \times 438,938 \text{ m. Steam}$$

Appendiks B Neraca Panas

= 21,9469 m. Steam

Neraca panas:

$H_{25} + Q_{supply} + \Delta H \text{ reaksi} = H_{27} + Q_{loss}$

$27700606,75 + 438,938 \text{ m.steam} + 33924880,52 = 76993296,68$

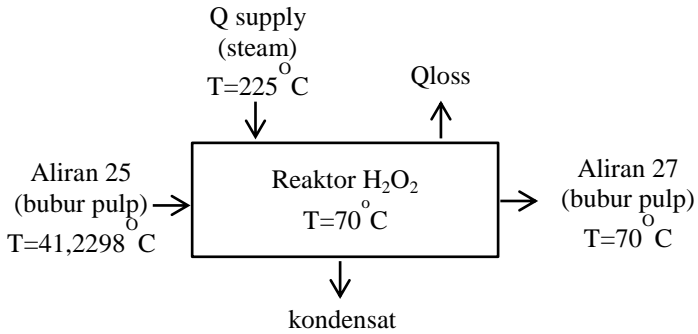
$+ 21,9469 \text{ m. Steam}$

Massa steam = 36854,04656 kg

Maka:

$Q_{supply} = 16176641,49 \text{ kkal}$

$Q_{loss} = 808832,0744 \text{ kkal}$



Tabel B.9 Neraca Panas Pada Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Masuk		Keluar	
Aliran (25) dari Mixer H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Enthalpy (kkal)	Aliran (27) ke Tangki (F-242)	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	1235329,112	Selulosa	3425158,906
Hemiselulosa	184578,5265	Hemiselulosa	204710,0738
Lignin	21148,3082	Lignin	35182,35691
Air	26189317,39	Air	7373,403962
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	70233,41552		
Total	27700606,75	Black Liquor : H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	186110,1595

*Appendiks B Neraca Panas*

Qsupply	16176641,49	Air	72803355,09
		(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	24341,57874
ΔHreaksi	33924880,52	Hemiselulosa	307065,1107
		sisa	307065,1107
		<b>Total</b>	<b>76993296,68</b>
		Qloss	808832,0744
<b>Total</b>	<b>77802128,76</b>	<b>Total</b>	<b>77802128,76</b>

**8. Heat Exchanger (E-243)**

Fungsi: untuk meningkatkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C

*Enthalpy Bahan Aliran 29*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	4.752.211	0,9987	5	23730167,36
<b>Total</b>				<b>23730167,36</b>

*Enthalpy Bahan Aliran 32*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	4.752.211	1,0013	45	214127515
<b>Total</b>				<b>214127515</b>

$$\begin{aligned}
 H_{30} \text{ (steam masuk)} &= m_{\text{steam}} \times H_v \\
 &= m_{\text{steam}} \times 670
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{31} \text{ (kondensat)} &= m_{\text{steam}} \times H_L \\
 &= m_{\text{steam}} \times 231,06
 \end{aligned}$$

Neraca panas:

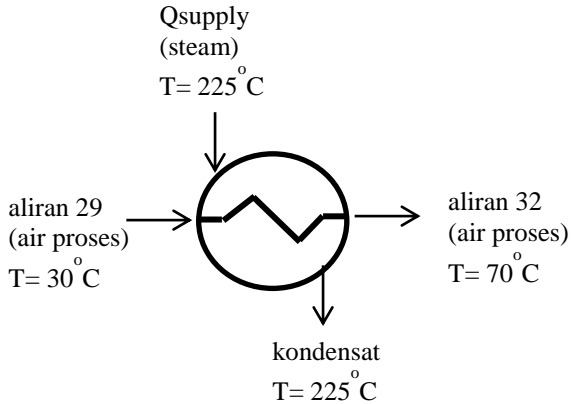
$$H_{29} + H_{30} = H_{31} + H_{32}$$

$$23730167,36 + m_{\text{steam}} \times H_v = m_{\text{steam}} \times H_L + 214127515$$

$$m_{\text{steam}} \times (H_v - H_L) = 190397348$$

$$m_{\text{steam}} \times (630 - 231,06) = 190397348$$

$$m_{\text{steam}} = 433766,277$$



**Tabel B.10** Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-242)

Masuk		Keluar	
Aliran (29) dari Utilitas	Enthalpy (kkal)	Aliran (32) ke Washer II	Enthalpy (kkal)
Air Proses	23730167,36	Air Proses	214127515
<b>Steam</b>	290623372	<b>Kondensat</b>	100226024
<b>Total</b>	314353539	<b>Total</b>	314353539

**9. Rotary Vakum Filter II**

Fungsi: memisahkan pulp dengan larutan pemasak(*black liquor*)

*Enthalpy* Bahan Aliran 28

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	237858,2574	0,32	45	3425158,906
Hemiselulosa	14481,47686	0,314133206	45	204710,0738
Lignin	2454,610327	0,318514978	45	35182,35691
Air	163,6406885	1,0013	45	7373,403962
Black Liquor :				
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6670,615037	0,62	45	186110,1595
Air	1615751,858	1,0013	45	72803355,09
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1781,865274	0,303571757	45	24341,57874
Hemiselulosa sisa	21722,21528	0,314133206	45	307065,1107
<b>Total</b>				76993296,68

*Enthalpy* Bahan Aliran 32

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	4.752.211	1,0013	45	214127515
<b>Total</b>				214127515

*Enthalpy* Bahan Aliran 34

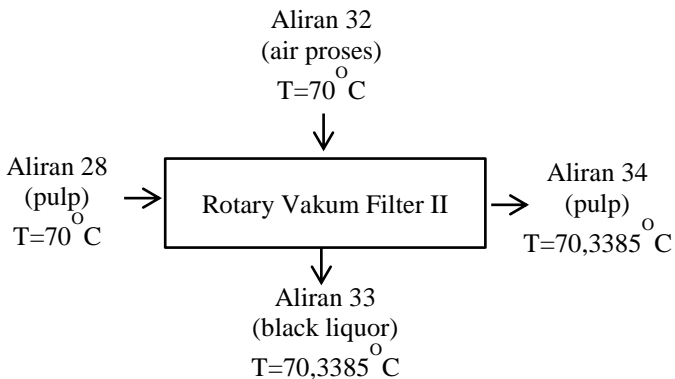
Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	233101,0922	0,32	45,0915114	3363481,778
Hemiselulosa	14191,84732	0,314133206	45,0915114	201023,8421

Appendiks B Neraca Panas

Lignin	2405,518121	0,318514978	45,0915114	34548,82522
Air	127362,5369	1,0013	45,0915114	5750435,145
<b>Total</b>				9349489,591

Enthalpy Bahan Aliran 33

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Black Liquor :				
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	6670,615037	0,62	45,0915114	186488,6307
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	1781,865274	0,303571757	45,0915114	24391,07945
Hemiselulosa sisa	21722,21528	0,314133206	45,0915114	307689,5542
Selulosa	4757,165147	0,32	45,0915114	68642,48527
Hemiselulosa	289,6295371	0,314133206	45,0915114	4102,527389
Lignin sisa	49,09220654	0,318514978	45,0915114	705,0780657
Air	6240764,309	1,0013	45,0915114	281771322,1
<b>Total</b>				592019,355



**Tabel B.11** Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter II

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
<b>Aliran (28) dari Tangki (F-242)</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>	<b>Aliran (34) Ke Mixer C12</b>	<b>Enthalpy (kkal)</b>
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	3425158,906	Selulosa	3363481,778
Hemiselulosa	204710,0738	Hemiselulosa	201023,8421
Lignin	35182,35691	Lignin	34548,82522
Air	7373,403962	Air	5750435,145
	3672424,741	Total	9349489,591
Black Liquor :		<b>Aliran (33) ke Pengolahan Limbah</b>	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	186110,1595	Black Liquor :	
Air	72803355,09	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	186488,6307
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	24341,57874	(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	24391,07945
Hemiselulosa sisa	307065,1107	Hemiselulosa sisa	307689,5542
Total	73320871,94	Selulosa	68642,48527
		Hemiselulosa	4102,527389
<b>Aliran (32) dari Heat Exchanger (E-243)</b>		Lignin sisa	708,8970079
Air	214127515	Air	281771322,1
		Total	592019,355
<b>Total</b>	<b>291120811,7</b>	<b>Total</b>	<b>291120811,7</b>



### 10. Tangki Pengenceran Pulp

Fungsi: mencampurkan pulp dengan air proses

#### Enthalpy Bahan Aliran 34

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	233101,0922	0,32	45,0915114	3363481,778
Hemiselulosa	14191,84732	0,314133206	45,0915114	201023,8421
Lignin	2405,518121	0,318514978	45,0915114	34548,82522
Air	127362,5369	1,0013	45,0915114	5753306,63
<b>Total</b>				9352361,075

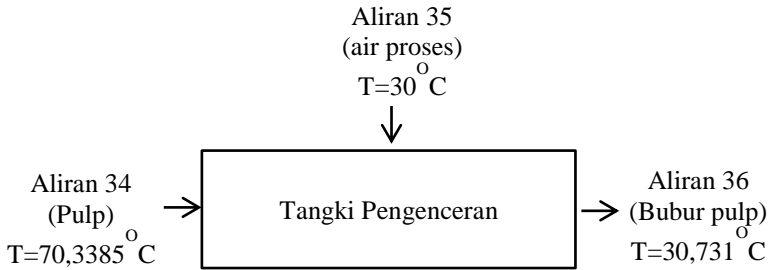
#### Enthalpy Bahan Aliran 35

Komponen	Massa	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT	H = m.Cp.ΔT (kkal)
Air	5865400,447	0,9987	5	29288877,13
<b>Total</b>				29288877,13

#### Enthalpy Bahan Aliran 36

Komponen	Massa	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	233101,0922	0,32	6,371406787	475258,2019
Hemiselulosa	14191,84732	0,314133206	6,371406787	28404,5629
Lignin	2405,518121	0,318514978	6,371406787	4881,730788
Air	5992762,984	0,9987	6,371406787	38132693,72
<b>Total</b>				38641238,21

Appendiks B Neraca Panas



**Tabel B.12** Neraca Panas Pada Tangki Pengenceran

Masuk		Keluar	
Aliran (34) dari washer I	Enthalpy (kkal)	Aliran (36) ke Reaktor Cl <sub>2</sub>	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	3363481,778	Selulosa	475258,2019
Hemiselulosa	201023,8421	Hemiselulosa	28404,5629
Lignin	34548,82522	Lignin	4881,730788
Air	5753306,63	Air	38132693,72
Total	9352361,075	Total	38641238,21
<b>Aliran (35) Dari Utilitas</b>			
Air proses	29288877,13		
<b>Total</b>	<b>38641238,21</b>	<b>Total</b>	<b>38641238,21</b>

### 11. Reaktor Klorin

Fungsi: Mereaksikan bubur pulp dengan Cl<sub>2</sub> untuk *bleaching*

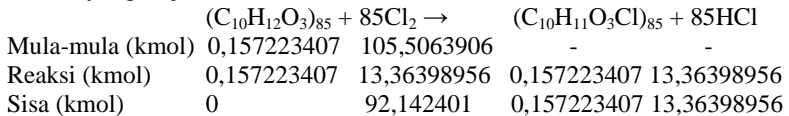
Enthalpy Bahan Aliran 36

Komponen	Massa	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	233101,0922	0,32	6,371406787	475258,2019
Hemiselulosa	14191,84732	0,314133206	6,371406787	28404,5629
Lignin	2405,518121	0,318514978	6,371406787	4881,730788
Air	5992762,984	0,9987	6,371406787	38132693,72
<b>Total</b>				38641238,21

Enthalpy Bahan Aliran 37

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Cl <sub>2</sub>	7490,95373	0,1136	5	4254,861718
<b>Total</b>				4254,861718

Reaksi yang terjadi:



$\Delta H_{25}^{\circ}$

Komponen	Koef	Kgmol	ΔHf (kkal/kmol)	H = n x mol x ΔHf	TOTAL
Lignin	1	0,157223407	-9464,376195	-1488,021466	-1488,021466
Cl <sub>2</sub>	85	13,36398956	0	0	
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl) <sub>85</sub>	1	0,157223407	-6.844,69	-1076,146119	-26169,04111
HCl	85	13,36398956	-22,06	-25092,89499	
$\Delta H_{25}^{\circ} = \Sigma H_{\text{Produk}} - \Sigma H_{\text{Reaktan}}$ (Himmelblau, 1989)					-24681,01965

*Appendiks B Neraca Panas*

$\Sigma H_R$

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	H = m x Cp x $\Delta T$ (kkal)
Lignin	2405,518121	0,318514978	5,73100258	4391,057215
Cl <sub>2</sub>	949	0,1136	5	538,9429709

$\Sigma H_P$

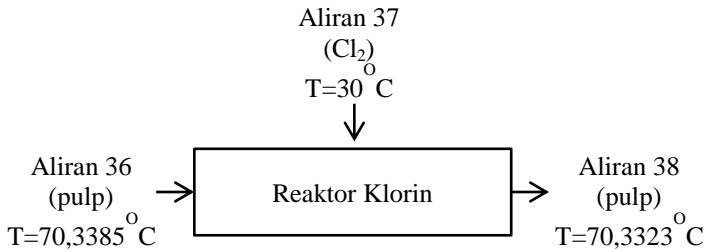
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl) <sub>85</sub>	2866,57576	0,304093387	5	4358,533665
HCl	487,7856189	0,19	5	463,3963379

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{Reaksi}} &= \Sigma H_P + \Delta H_{25}^{\circ} - \Sigma H_R \quad (\text{Geankoplis, 2003}) \\ &= -25279,7634 \end{aligned}$$

*Enthalpy Bahan Aliran 38*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	H = m x Cp x $\Delta T$ (kkal)
Selulosa	233101,0922	0,32	6,37111943	475236,7673
Hemiselulosa	14191,84732	0,314133206	6,37111943	28403,28182
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2866,57576	0,304093387	6,37111943	5553,747704
Air	5992762,984	0,9987	6,37111943	38130973,89
Black Liquor :				
Cl <sub>2</sub>	6542,110471	0,1136	6,37111943	4734,912426
HCl	487,7856189	0,19	6,37111943	590,4706825
<b>Total</b>				38645493,07

Appendiks B Neraca Panas



**Tabel B.13** Neraca Panas Pada Reaktor Klorin

Masuk		Keluar	
Aliran (36) dari Tangki Pengenceran Pulp	Enthalpy (kkal)	Aliran (38) ke Tangki Penampung Pulp	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	475258,2019	Selulosa	475236,7673
Hemiselulosa	28404,5629	Hemiselulosa	28403,28182
Lignin	4881,730788	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	5553,747704
Air	38132693,72	Air	38130973,89
	38641238,21	Black Liquor :	
		Cl <sub>2</sub>	4734,912426
		HCl	590,4706825
		Total	38645493,07
<b>Aliran (37) dari Mixer Cl<sub>2</sub></b>			
Cl <sub>2</sub>	4254,861718		
<b>Total</b>	<b>38645493,07</b>	<b>Total</b>	<b>38645493,07</b>

**12. Heat Exchanger (E-263)**

Fungsi: untuk meningkatkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C

*Enthalpy Bahan Aliran 40*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	15.624.881	0,9987	5	78022843,2
<b>Total</b>				78022843,2

*Enthalpy Bahan Aliran 43*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	15624880,99	1,0013	45	704033700
<b>Total</b>				704033700

$$\begin{aligned} H_{41} \text{ (steam masuk)} &= m_{\text{steam}} \times H_v \\ &= m_{\text{steam}} \times 670 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{42} \text{ (kondensat)} &= m_{\text{steam}} \times H_L \\ &= m_{\text{steam}} \times 231,06 \end{aligned}$$

Neraca panas:

$$H_{40} + H_{41} = H_{43} + H_{42}$$

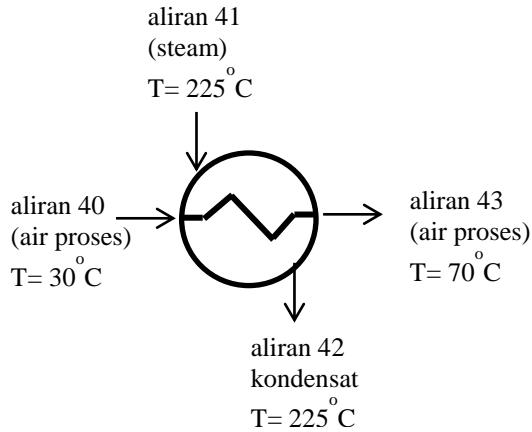
$$78022843,2 + m_{\text{steam}} \times H_v = 704033700 + m_{\text{steam}} \times H_L$$

$$m_{\text{steam}} \times (H_v - H_L) = 626010857$$

$$m_{\text{steam}} \times (630 - 231,06) = 626010857$$

$$m_{\text{steam}} = 1426187,76 \text{ kg}$$

## Appendiks B Neraca Panas



**Tabel B.14** Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-263)

Masuk		Keluar	
Aliran (40) dari Utilitas	Enthalpy (kkal)	Aliran (43) ke Washer III	Enthalpy (kkal)
Air Proses	78022843,2	Air Proses	704033700
Steam	955545801	Kondensat	329534944,6
<b>Total</b>	<b>1033568645</b>	<b>Total</b>	<b>1033568645</b>

### 13. Rotary Vakum Filter III

Fungsi: memisahkan pulp dari larutan pemasak (*black liquor*)

*Enthalpy* Bahan Aliran 39

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	$H = m \times Cp \times \Delta T$ (kkal)
Selulosa	233101,0922	0,32	6,37111943	475236,7673
Hemiselulosa	14191,84732	0,314133206	6,37111943	28403,28182

*Appendiks B Neraca Panas*

(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2866,57576	0,318514978	6,37111943	5817,133485
Air	5992762,984	0,9987	6,37111943	38130973,89
Black Liquor :				
Cl <sub>2</sub>	6542,110471	0,1136	6,37111943	4734,912426
HCl	487,7856189	0,19	6,37111943	590,4706825
<b>Total</b>				38645756,4

*Enthalpy Bahan Aliran 43*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	15.624.881	1,0013	45	704033700
<b>Total</b>				704033700

*Enthalpy Bahan Aliran 45*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	228439,0704	0,32	34,17783231	2498416,717
Hemiselulosa	13908,01037	0,314133206	34,17783231	149321,8518
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2809,244245	0,318514978	34,17783231	30581,85844
Air	432352,8794	1,0013	34,17783231	14796094,16
<b>Total</b>				17474414,59

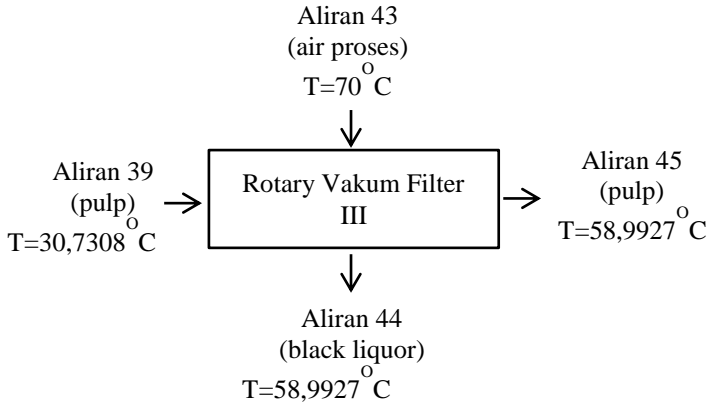
*Enthalpy Bahan Aliran 44*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Black Liquor :				
Cl <sub>2</sub>	6542,110471	0,62	34,17783231	138628,9959
Selulosa	4662,021844	0,32	34,17783231	50988,09626
Hemiselulosa	283,8369464	0,314133206	34,17783231	3047,38473
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	57,33151521	0,304093387	34,17783231	595,8609309



Appendiks B Neraca Panas

Air	21185291,09	1,0013	34,17783231	725008613,9
HCl	487,7856189	0,19	34,17783231	3167,576466
<b>Total</b>				725205041,8



Tabel B.15 Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter III

Masuk		Keluar	
Aliran (39) Dari Blow Tank	Enthalpy (kkal)	Aliran (44) ke Pengolahan Limbah Cair	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Black Liquor :	
Selulosa	475236,7673	Cl <sub>2</sub>	138628,9959
Hemiselulosa	28403,28182	Selulosa	50988,09626
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	5817,133485	Hemiselulosa	3047,38473
Air	38130973,89	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	595,8609309
Black Liquor :		Air	725008613,9
Cl <sub>2</sub>	4734,912426	HCl	3167,576466
HCl	590,4706825		725205041,8
	38645756,4	Aliran (45) Ke Mixer NaOH	

*Appendiks B Neraca Panas*

		<b>Pulp:</b>	
Aliran (43) dari Heat Exchanger (E-263)		Selulosa	2498416,717
Air Proses	704033700	Hemiselulosa	149321,8518
		(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	30581,85844
		Air	14796094,16
			17474414,6
<b>Total</b>	742679456,4	<b>Total</b>	742679456,4

**14. Mixer NaOH**

Fungsi: mencampurkan pulpdengan larutan NaOH dan air proses untuk mendapat konsistensi pulp 18%

*Enthalpy Bahan Aliran 45*

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp (kkal/kg.°C)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>H = m x Cp x ΔT (kkal)</b>
Selulosa	228439,0704	0,32	34,17783231	2498416,717
Hemiselulosa	13908,01037	0,314133206	34,17783231	149321,8518
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2809,244245	0,318514978	34,17783231	30581,85844
Air	432352,8794	1,0013	34,17783231	14796094,16
<b>Total</b>				17474414,59

*Enthalpy Bahan Aliran 49*

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp (kkal/kg.°C)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>H = m x Cp x ΔT (kkal)</b>
Larutan NaOH	7.355	0,9038	5	33235,84298
<b>Total</b>				33235,84298

*Enthalpy Bahan Aliran 46*

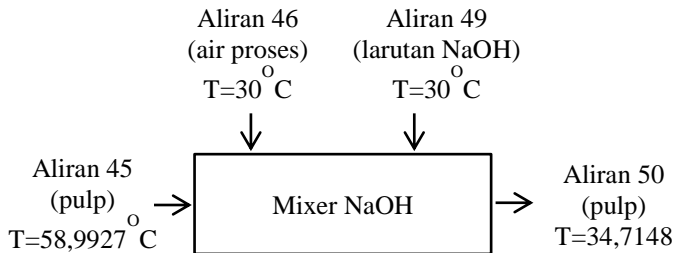
<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp</b>	<b>ΔT</b>	<b>H = m x Cp x ΔT</b>
-----------------	-------------------	-----------	-----------	------------------------

Appendiks B Neraca Panas

		(kkal/kg.°C)	(°C)	(kkal)
Air	2650809,19	0,9987	5	13236815,69
<b>Total</b>				13236815,69

Enthalpy Bahan Aliran 50

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	228439,0704	0,32	9,714525025	710136,661
Hemiselulosa	13908,01037	0,314133206	9,714525025	42442,44786
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2809,244245	0,318514978	9,714525025	8692,424565
Air	3089781,29	0,9987	9,714525025	29976737,18
NaOH	735,468975	0,9038	9,714525025	6457,408567
<b>Total</b>				307444466,12



Tabel B.16 Neraca Panas Pada Mixer NaOH

Masuk		Keluar	
Aliran (45) dari Rotary Vacuum Filter III	Enthalpy (kkal)	Aliran (50) ke Reaktor NaOH	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	2498416,717	Selulosa	710136,661
Hemiselulosa	149321,8518	Hemiselulosa	42442,44786

*Appendiks B Neraca Panas*

(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	30581,85844	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	8692,424565
Air	14796094,16	Air	29976737,18
Total	17474414,59	NaOH	6457,408567
<b>Aliran (49) dari Tangki Pengenceran NaOH</b>		Total	30744466,12
Larutan NaOH	33235,84298		
<b>Aliran (46) dari Utilitas</b>			
Air proses	13236815,69		
<b>Total</b>	30744466,12	<b>Total</b>	30744466,12

### 15. Reaktor NaOH

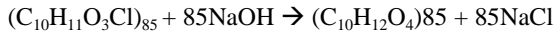
Fungsi: mereaksikan pulp dengan larutan NaOH untuk bleaching

*Enthalpy Bahan Aliran 50*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	228439,0704	0,32	9,714525025	710136,661
Hemiselulosa	13908,01037	0,314133206	9,714525025	42442,44786
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	2809,244245	0,318514978	9,714525025	8692,424565
Air	3089781,29	0,9987	9,714525025	29976737,18
NaOH	735,468975	0,9038	9,714525025	6457,408567
<b>Total</b>				30744466,12

## Appendiks B Neraca Panas

Reaksi yang terjadi:



Mula-mula (kmol) 0,154078938 18,38672437

Reaksi (kmol) 0,154078938 13,09670977 0,154078938 13,09670977

Sisa (kmol) 0 5,290014607 0,154078938 13,09670977

$\Delta H_{25}^{\circ}$

Komponen	Koef	Kgmol	$\Delta H_f$ (kkal/kmol)	H = n x mol x $\Delta H_f$	TOTAL
Cl-Lignin	1	0,154078938	-6844,694073	-1054,623197	-124896583,1
NaOH	85	13,09670977	-112,193	-124895528,5	
OH-Lignin	1	0,154078938	-8.044,73	-1239,523447	-108344294,9
NaCl	85	13,09670977	-97.324,00	-108343055,4	
$\Delta H_{25}^{\circ} = \Sigma H_{\text{Produk}} - \Sigma H_{\text{Reaktan}}$ (Himmelblau, 1989)					16552288,19

$\Sigma H_R$

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	H = m x Cp x $\Delta T$ (kkal)
Cl-Lignin	2809,244245	0,318514978	9,714809777	8692,679357
NaOH	524	0,9038	9,714809777	4599,692858
$\Sigma H_p$				
OH-Lignin	2566,955114	0,303571757	45	35066,47833
NaCl	766,1575214	0,21	45	7240,188577

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{Reaksi}} &= \Sigma H_p + \Delta H_{25}^{\circ} - \Sigma H_R \quad (\text{Geankoplis, 2003}) \\ &= 16581302,87 \text{ kkal} \end{aligned}$$

*Enthalpy Bahan Aliran 52*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	H = m x Cp x $\Delta T$ (kkal)
Selulosa	228439,0704	0,32	45	3289522,613
Hemiselulosa	13908,01037	0,314133206	45	196603,5548

Appendiks B Neraca Panas

Air	3089781,29	1,0013	45	139220910,2
Black Liquor :				
NaOH	211,6005843	0,9038	45	8606,007362
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	2566,955114	0,303571757	45	35066,47833
NaCl	766,1575214	0,21	45	7240,188577
Total				142757949,1

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{supply}} &= m. \text{ Steam} \times \lambda \\
 &= 438,938 \times m. \text{ Steam} \\
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{supply}} \\
 &= 5\% \times 438,938 \text{ m. Steam} \\
 &= 21,9469 \text{ m. Steam}
 \end{aligned}$$

Neraca panas:

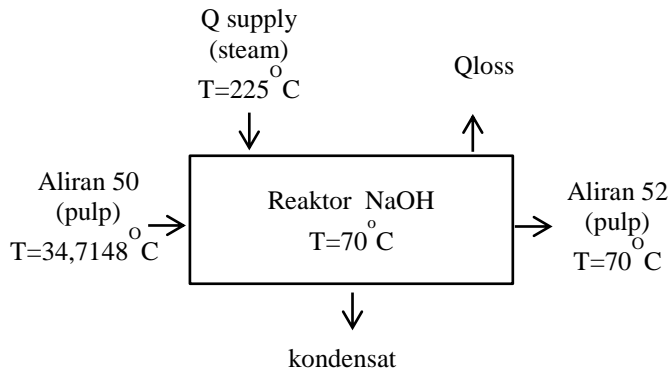
$$\begin{aligned}
 H_{50} + Q_{\text{supply}} + \Delta H \text{ reaksi} &= H_{52} + Q_{\text{loss}} \\
 30744466,12 + 438,938 \text{ m. steam} + 16581302,87 &= \\
 142757949,1 + 21,9469 \text{ m. Steam}
 \end{aligned}$$

Massa steam = 228859,0334 kg

Maka:

$$Q_{\text{supply}} = 100454926,4 \text{ kkal}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5022746,321 \text{ kkal}$$



**Tabel B.17** Neraca Panas Pada Reaktor NaOH

Masuk		Keluar	
Aliran (45) dari Rotary Vacuum Filter III	Enthalpy (kkal)	Aliran (50) ke Reaktor NaOH	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Pulp:	
Selulosa	2498416,717	Selulosa	710136,661
Hemiselulosa	149321,8518	Hemiselulosa	42442,44786
(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	30581,85844	(C <sub>10</sub> H <sub>11</sub> O <sub>3</sub> Cl)	8692,424565
Air	14796094,16	Air	29976737,18
Total	17474414,59	NaOH	6457,408567
<b>Aliran (49) dari Tangki Pengenceran NaOH</b>		Total	30744466,12
Larutan NaOH	33235,84298		
<b>Aliran (46) dari Utilitas</b>			
Air proses	13236815,69		
<b>Total</b>	30744466,12	<b>Total</b>	30744466,12

**16. Heat Exchanger (E-282)**

Fungsi: Fungsi: untuk meningkatkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C

*Enthalpy* Bahan Aliran 53

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	8.339.183	0,9987	5	41641708,8
<b>Total</b>				41641708,8

## Appendiks B Neraca Panas

### Enthalpy Bahan Aliran 56

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Air	8.339.183	1,0013	45	375751064,1
<b>Total</b>				375751064,1

$$\begin{aligned} H_{54} \text{ (steam masuk)} &= m_{\text{steam}} \times H_v \\ &= m_{\text{steam}} \times 670 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{55} \text{ (kondensat)} &= m_{\text{steam}} \times H_L \\ &= m_{\text{steam}} \times 231,06 \end{aligned}$$

Neraca panas:

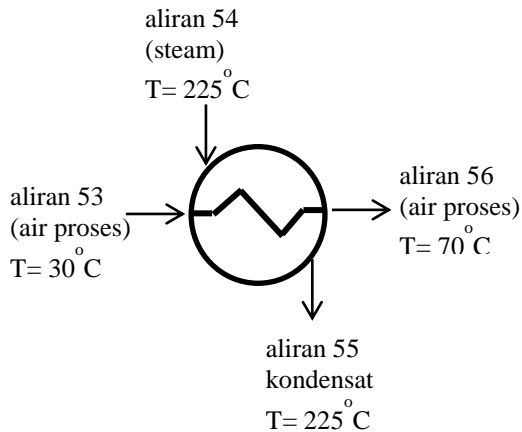
$$H_{53} + H_{54} = H_{55} + H_{56}$$

$$41641708,8 + m_{\text{steam}} \times H_v = m_{\text{steam}} \times H_L + 375751064,1$$

$$m_{\text{steam}} \times (H_v - H_L) = 334109355$$

$$m_{\text{steam}} \times (630 - 231,06) = 626010857$$

$$m_{\text{steam}} = 761173,18 \text{ kg}$$





Appendiks B Neraca Panas

**Tabel B.18** Neraca Panas Pada Heat Exchanger (E-282)

Masuk		Keluar	
Aliran (53) dari Utilitas	Enthalpy (kkal)	Aliran (56) ke Wsher IV	Enthalpy (kkal)
Air Proses	41641709	Air Proses	375751064
<b>Steam</b>	509986030	<b>Kondensat</b>	175876675
<b>Total</b>	551627739	<b>Total</b>	551627739

**17. Rotary Vakum Filter IV**

Fungsi: untuk memisahkan pulp dari larutan pemasak (*black liqour*)

*Enthalpy* Bahan Aliran 52

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	$H = m \times Cp \times \Delta T$ (kkal)
Selulosa	228439,0704	0,32	45	3289522,613
Hemiselulosa	13908,01037	0,314133206	45	196603,5548
Air	3089781,29	1,0013	45	139220910,2
Black Liquor :				
NaOH	211,6005843	0,9038	45	8606,007362
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	2566,955114	0,303571757	45	35066,47833
NaCl	766,1575214	0,21	45	7240,188577
Total				142757949,1

*Enthalpy* Bahan Aliran 56

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	$\Delta T$ (°C)	$H = m \times Cp \times \Delta T$ (kkal)
Air	8.339.183	1,0013	45	375751064,1

*Appendiks B Neraca Panas*

<b>Total</b>	375751064,1
--------------	-------------

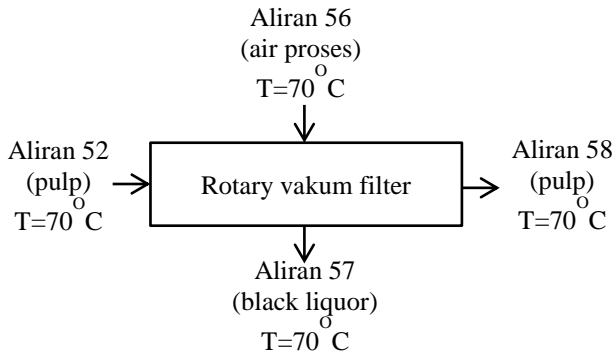
*Enthalpy Bahan Aliran 58*

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp (kkal/kg.°C)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>H = m x Cp x ΔT (kkal)</b>
Selulosa	223870,289	0,32	45	3223732,161
Hemiselulosa	13629,85017	0,314133206	45	192671,4838
Air	228579,28	1,0013	45	10299439,49
<b>Total</b>				13715843,1

*Enthalpy Bahan Aliran 57*

<b>Komponen</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Cp (kkal/kg.°C)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>H = m x Cp x ΔT (kkal)</b>
Black Liquor :				
NaOH	211,6005843	0,9038	45	8606,007362
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	2566,955114	0,303571757	45	35066,47833
NaCl	766,1575214	0,21	45	7240,188577
Selulosa	4568,781407	0,32	45	65790,45227
Hemiselulosa	278,1602075	0,314133206	45	3932,071097
Air	11200384,72	1,0013	45	504672534,9
<b>Total</b>				504793170,1

Appendiks B Neraca Panas



**Tabel B.19** Neraca Panas Pada Rotary Vakum Filter (H-280)

Masuk		Keluar	
Aliran (52) dari Reaktor NaOH	Enthalpy (kkal)	Aliran (57) Ke Pengolahan Limbah	Enthalpy (kkal)
Pulp:		Black Liquor :	
Selulosa	3289522,613	NaOH	8606,007362
Hemiselulosa	196603,5548	(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	35066,47833
Air	139220910,2	NaCl	7240,188577
Black Liquor :		Selulosa	65790,45227
NaOH	8606,007362	Hemiselulosa	3932,071097
(C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub> )	35066,47833	Air	504672534,9
NaCl	7240,188577	Total	504793170,1
Total	142757949,1	<b>Aliran (58) ke Tangki Pengenceran Pulp</b>	
		Pulp:	
<b>Aliran (56) dari Heat Exchanger (E-282)</b>		Selulosa	3223732,161
Air	375751064,1	Hemiselulosa	192671,4838
		Air	10299439,49

*Appendiks B Neraca Panas*

		Total	13715843,1
<b>Total</b>	518509013,2	<b>Total</b>	518509013,2

**18. Dryer**

Fungsi: mengurangi kadar air dalam kertas

*Enthalpy Bahan Aliran 63*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	223870,289	0,32	12,74006124	912678,781
Hemiselulosa	13629,85017	0,314133206	12,74006124	54547,70004
Air	290277,9478	0,9987	12,74006124	3693351,225
<b>Total</b>				4660577,706

*Enthalpy Bahan Aliran 65*

Komponen	Massa (kg)	H vap	H = m x H vap (kkal)
Uap air	277.778	639,603	177667604,1
<b>Total</b>			177667604,1

*Enthalpy Bahan Aliran 66*

Komponen	Massa (kg)	Cp (kkal/kg.°C)	ΔT (°C)	H = m x Cp x ΔT (kkal)
Selulosa	223870,289	0,32	75	5372886,935
Hemiselulosa	13629,85017	0,314133206	75	321119,1396
Air	12500,00732	1	75	937500,5492
<b>Total</b>				6631506,624

$$Q_{\text{supply}} = m. \text{ Steam} \times \lambda$$

$$= 438,938 \times m. \text{ Steam}$$

$$Q_{\text{loss}} = 5\% \times Q_{\text{supply}}$$

## Appendiks B Neraca Panas

$$= 5\% \times 438,938 \text{ m. Steam}$$

$$= 21,9469 \text{ m. Steam}$$

Neraca panas:

$$H_{63} + Q_{\text{supply}} = H_{65} + H_{66} + Q_{\text{loss}}$$

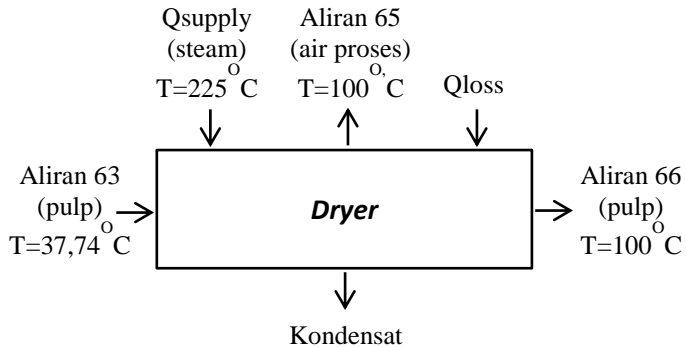
$$4660577,706 + 438,938 \text{ m. steam} = 177667604,1 + 6631506,624 + 21,9469 \text{ m. Steam}$$

$$\text{Massa steam} = 430797,0434 \text{ kg}$$

Maka:

$$Q_{\text{supply}} = 189093192,6 \text{ kkal}$$

$$Q_{\text{loss}} = 9454659,631 \text{ kkal}$$



**Tabel B.20** Neraca Panas Pada Dryer

Masuk		Keluar		
Aliran (63) dari Wire Part	Enthalpy (kkal)	Aliran (65) ke Udara	Enthalpy (kkal)	
Lembaran kertas basah		Uap Air	177667604,1	
Selulosa	912678,781	<b>Aliran (66) ke Calendering</b>		
Hemiselulosa	54547,70004		Lembaran Kertas Kering	
Air	3693351,225			
Total	4660577,706	Selulosa	5372886,935	

*Appendiks B Neraca Panas*

		Hemiselulosa	321119,1396
Qsupply	189093192,6	Air	937500,5492
		Total	6631506,624
		Qloss	9454659,631
Total	193753770,3	Total	193753770,3

## APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT

Kapasitas : 75.000 ton/tahun  
: 250 ton/hari  
Operasi : 300 hari/tahun, 24 jam/hari

### 1. *Open Yard* (F-111)

Fungsi : Untuk menyimpan bahan baku kenaf  
Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
Temperatur = 30°C  
Rate Massa = 15.548,21 kg/jam

#### Dasar Perancangan :

Rate Massa = 15.548,21 kg/jam  
*Bulk Density* = 19,350811 lb/cuft  
(tabel 21-4 Perry)  
= 310 kg/m<sup>3</sup>  
*Rate Volumetric* =  $\frac{15.548,21}{310}$   
= 50,16 m<sup>3</sup>/jam  
Panjang = 50 m  
Lebar = 120 m

(Ulrich, 1984)

#### Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menyimpan bahan baku kenaf  
Kapasitas : 15.548,21 kg/jam  
Rate Volumetrik : 50,16 m<sup>3</sup>/jam  
Panjang : 50 m  
Lebar : 120 m  
Jumlah : 1 unit

### 2. *Belt Conveyor* (J-112)

Fungsi : Untuk mengangkat kenaf dari *open yard* menuju *rotary cutter*

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Type : *Throughed belt on 45° idlers with rolls equal length*

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
Temperatur = 30°C  
Rate Massa = 15.548,21 kg/jam

### Dasar Perancangan :

Rate Massa = 15.548,21 kg/jam

*Bulk Density* = 19,350811 lb/cuft  
= 310 kg/m<sup>3</sup>

*Rate Volumetric* =  $\frac{15.548,21}{310}$   
= 50,16 m<sup>3</sup>/jam

Untuk *belt conveyor* dengan kapasitas 15.548,21 kg/jam (15,54821 ton/jam), spesifikasi (*Perry, 1997*) :

Lebar Belt = 28 cm

*Cross Sectional Area of Load* = 0,06 m<sup>2</sup>

Kecepatan Belt = 30,5 m/min

*Belt Plies* = 3 min ; 5 maks

Ukuran Lump Maksimal = 33,18 mm

Daya Angkat = 0,175 hp/3,05 m

Daya Pusat = 0,275 hp/30,48 m

Daya Tambahan untuk Tripper = 1,314 hp

### Perhitungan :

Untuk keamanan 30%, maka :

Kapasitas = 1,3 x 15.548,21  
= 20.212,67 kg/jam  
= 20,21267 ton/jam

Dengan kapasitas 20,21267 ton/jam, maka :

Kecepatan Belt =  $(20,21267/15,54826) \times 30,48$   
= 39,65 m/min

Daya Angkat =  $(30/100) \times (0,175/3,05) \times 10$  m  
= 0,172 hp + 0,175 hp  
= 0,347 hp

Daya Pusat =  $(30/100) \times (0,275/30,48) \times 10$  m



## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} &= 0,027 \text{ hp} + 0,275 \\ &= 0,302 \text{ hp} \\ \text{Daya Tambahan untuk Tripper} &= 1,314 \\ \text{Daya Total} &= 0,347 + 0,302 + 1,314 \\ &= 1,963 \text{ hp} \\ \text{Efisiensi motor 80\%, maka :} & \\ \text{Power Motor} &= 1,963/80\% \\ &= 2,45 \text{ hp} \quad \approx \quad 3 \text{ hp} \end{aligned}$$

### Spesifikasi :

Fungsi	: Untuk mengangkut kenaf dari <i>open yard</i> menuju <i>rotary cutter</i>
Type	: <i>Throughed belt on 45° idlers with rolls equal length</i>
Kapasitas	: 20,12 ton/jam
Bahan Kontruksi	: Karet
Panjang	: 10 m
Kemiringan	: 10°
Ukuran Lump Max	: 33,18 mm
<i>Cross Sectional Area</i>	: 0,06 m <sup>2</sup>
<i>Belt Plies</i>	: 3 min. ; 5 maks.
Lebar Belt	: 28 cm
Kecepatan Belt	: 39,65 m/min
Power Motor	: 3 hp
Jumlah	: 1 unit

### 3. Rotary Cutter (C-110)

Fungsi	: Untuk memotong kenaf menjadi ukuran yang lebih kecil
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm Temperatur = 30°C Rate Massa = 15.548,21 kg/jam = 4,32 kg/s

### Dasar Perancangan :

$$\text{Rate Massa} = 15.548,21 \text{ kg/jam}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} \text{Bulk Density} &= 19,350811 \text{ lb/cuft} \\ &= 310 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Rate Volumetric} &= \frac{15.548,21}{310} \\ &= 50,16 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

### Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Power} &= 100 \text{ rh (kg/s)} \\ &= 23,15 \text{ kW} \\ &= 23,15 \times 1,341022 \\ &= 31,05 \text{ hp} \quad \approx \quad 32 \text{ hp} \end{aligned}$$

### Spesifikasi :

Fungsi yang lebih kecil	: Untuk memotong kenaf menjadi ukuran yang lebih kecil
Rate Massa	: 15.548,21 kg/jam
Rate Volumetrik	: 50,16 m <sup>3</sup> /jam
Diameter feed max.	: 0,5 m
Power	: 32 hp
Jumlah	: 1 unit

### 4. Vibrating Screen (H-211)

Fungsi potongan kenaf	: Untuk menyaring zat impuritis dari potongan kenaf
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm Temperatur = 30°C Rate Massa = 15.548,21 kg/jam = 4,32 kg/s

### Dasar Perancangan :

$$\begin{aligned} \text{Rate Massa} &= 15.548,21 \text{ kg/jam} \\ \text{Bulk Density} &= 19,35 \text{ lb/cuft} \\ &= 310 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Rate Volumetric} &= \frac{15.548,21}{310} \\ &= 50,16 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

**Perhitungan :**

Dari tabel 19-6, Perry 7th edition halaman 19-20, diperoleh :

Untuk ukuran 2,5 mesh :

- Diameter wire = 0,319 in = 0,81 mm
- Sieve Opening = 0,066 in = 1,68 mm

Perkiraan kapasitas screen (sesuai dengan pers. 19-7, Perry 7th edition halaman 19-23), didapatkan :

$$A = \frac{0,4 \times Ct}{Cu \times F_{AO} \times F_s}$$

Dimana,

Ct : Rate bahan yang masuk (ton/jam)

Cu : Kapasitas unit (0,15 ton/h.ft<sup>2</sup>)

F<sub>AO</sub> : Luas bukaan (%)

F<sub>s</sub> : Luas faktor slot = 1

Dari pers. 19-22, berdasarkan fig. 19-21 Perry 7th edition hal. 19-24, didapatkan :

$$\begin{aligned} F_{AO} &= 100 \times \frac{a^2}{a^2 + d^2} \\ &= 100 \times \frac{(1,68)^2}{(1,68)^2 + (0,81)^2} \\ &= 100 \times \frac{2,82}{2,82 + 0,66} \\ &= 100 \times 0,81 \\ &= 81\% \end{aligned}$$

$$A = 51,19 \text{ ft}^2$$

Disiapkan screen dengan tambahan luas sebesar 30%, sehingga :

$$\begin{aligned} A &= 1,3 \times 51,19 \\ &= 66,43 \text{ ft}^2 \\ &= 6,17 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$Power (P) = C/4$$

Dimana,

C : Rate Volumetric (m<sup>3</sup>/jam)

Sehingga :

$$\begin{aligned} P &= 50,16/4 \\ &= 12,54 \text{ hp} \approx 13 \text{ hp} \end{aligned}$$

**Spesifikasi :**

Fungsi : Untuk menyaring zat impuritis dari potongan kenaf  
 Kapasitas : 15.548,21 kg/jam  
 Rate Volumetrik : 15.548,21 kg/jam  
 Panjang Vibrating : 4,12 m  
 Lebar Vibrating : 2,06 m  
 Luas Vibrating : 6,17 m<sup>2</sup>  
 Bahan Kontruksi : SA 240, Grade M, Type 316  
 Power : 13 hp  
 Jumlah : 1 unit

**5. Chip Bin (F-212)**

Fungsi : Untuk menyimpan sementara chip kenaf sebelum menuju *bucket elevator*  
 Type : Silinder tegak tanpa tutup atas dan tutup bawah konis  
 Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 Temperatur = 30°C  
 Rate Massa = 15.392,726 kg/jam

**Dasar Perancangan :**

Rate Massa = 15.391,791 kg/jam  
 Bulk Density = 19,350811 lb/cuft  
 = 310 kg/m<sup>3</sup>  
 Rate Volumetric = 15.392,726  

$$\frac{15.392,726}{310}$$
 = 49,654 m<sup>3</sup>/jam  
 = 1753,529 cuft/jam

Asumsi : Waktu tinggal = 1 hari  
 Volume bahan = 80% volume tangki  
 Volume bahan = Rate Volumetric x Masa tinggal  
 = 1753,529 x 1  
 = 1753,529 cuft  
 Volume tangki = 1753,529 : 80%

$$= 2.191,912 \text{ cuft}$$

**Menentukan Ukuran Tangki dan Ketebalannya**

$$\begin{aligned} \text{Asumsi dimensi rasio (H/D)} &= 4 \\ \text{Volume tangki} &= \frac{1}{4} \pi (D^2) H \\ 2.191,912 &= \frac{1}{4} \pi (D^2) 4D \end{aligned}$$

Sehingga didapat,

$$\begin{aligned} D &= 8,87 \text{ ft} \approx 9 \text{ ft} = 108 \text{ in} \\ H &= 36 \text{ ft} \approx 40 \text{ ft} = 480 \text{ in} \end{aligned}$$

**Menentukan Tebal Minimu Shell**

Tebal shell berdasarkan ASME *Code* untuk *cylindric tank* :

$$t \text{ min} = \frac{P \times r}{fE - 0,6P} + C$$

(Brownell, pers. 13-1,hal. 254)

Dimana,

- t min : Tebal shell minimum (in)
- P : Tekanan tangki (psi)
- r : jari-jari tangki (in)
- C : Faktor korosi (digunakan 1/8 in)
- E : Faktor pengelasan, digunakan *double welded butt joint* (E = 0,8)
- f : *Stress Allowable*, bahan kontruksi CS SA-283
- Grade C (f = 12.650)

$$P \text{ operasi} = P \text{ hidrostatik}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \frac{\rho \times H}{144}$$

$$= 0,134 H \text{ psi}$$

P design diambil 20% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan, sehingga :

$$P \text{ design} = 1,2 \times 0,134 H$$

$$= 0,161 H \text{ psi}$$

$$\text{Jari-jari (r)} = D/2$$

$$= 108/2$$

$$\begin{aligned}
 &= 54 \text{ in} \\
 \text{Sehingga,} \\
 t \text{ min} &= \frac{0,161 H \times 54}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,161 H)} + 0,125 \\
 &= 0,0007 H + 0,125
 \end{aligned}$$

**Perhitungan Tebal Tiap Shell pada Tiap Course**

**Course 1**

$$\begin{aligned}
 t \text{ min} &= 0,0007 (40) + 0,125 \\
 &= 0,154 \text{ in} \\
 &= 3/16 \text{ in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (108 + (3/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= 2,76
 \end{aligned}$$

**Course 2**

$$\begin{aligned}
 t \text{ min} &= 0,0007 (32) + 0,125 \\
 &= 0,148 \text{ in} \\
 &= 3/16 \text{ in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (108 + (3/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= 2,76
 \end{aligned}$$

**Course 3**

$$\begin{aligned}
 t \text{ min} &= 0,0007 (24) + 0,125 \\
 &= 0,142 \text{ in} \\
 &= 3/16 \text{ in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (108 + (3/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= 2,76
 \end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

### Course 4

$$\begin{aligned}
 t \text{ min} &= 0,0007 (16) + 0,125 \\
 &= 0,137 \text{ in} \\
 &= 3/16 \text{ in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (108 + (3/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= 2,76
 \end{aligned}$$

### Course 5

$$\begin{aligned}
 t \text{ min} &= 0,0007 (8) + 0,125 \\
 &= 0,131 \text{ in} \\
 &= 3/16 \text{ in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (108 + (3/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= 2,76 \\
 OD &= ID + 2t \\
 &= 108 + 2(3/16) \\
 &= 108 + 0,4 \\
 &= 108,4 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Jika berpatokan pada ASME, maka nilai OD adalah 114 in

### **Menentukan Tebal**

#### **a. Tebal Tutup Bawah (konis)**

$$\text{Tebal conical} = \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6P)} + C$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 0,5 \times \text{sudut konis} \\
 &= 0,5 \times 120^\circ \\
 &= 60^\circ
 \end{aligned}$$

Sehingga,

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} \text{Tebal conical} &= \frac{0,161 (40) \times 108}{2 \cos (60) ((12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,161 (40)))} \\ &= 0,09 \text{ in} \quad (\text{dipake tebal standar } 3/16 \text{ in}) \end{aligned}$$

### Tinggi konis :

$$\begin{aligned} h &= \frac{\text{OD}}{2 \tan \alpha} \\ &= \frac{108}{2 \tan (60)} \\ &= 178,1 \text{ in} \\ &= 14,78 \text{ ft} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki} &= H + h \\ &= 40 + 14,78 \\ &= 54,78 \text{ ft} \\ &= 660,03 \text{ in} \end{aligned}$$

### Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menyimpan sementara chip kenaf sebelum menuju *bucket elevator*

Type : Silinder tegak tanpa tutup atas dan tutup bawah konis

Kapasitas : 2.191,912 cuft

Diameter Tangki

- *Inside Diameter* : 108 in

- *Outside Diameter* : 114 in

Tinggi Tangki : 660,03 in

Tebal Shell

- Course 1 : 3/16 in

- Course 2 : 3/16 in

- Course 3 : 3/16 in

- Course 4 : 3/16 in

- Course 5 : 3/16

Tebal Konis : 3/16 in

Bahan Kontruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C



**6. Bucket Elevator (J-212)**

Fungsi : untuk membawa kenaf dari vibrating screen ke screw conveyor

Type discharge : bucket elevator for centrifugal-

Kondisi operasi : Tekanan : 1 atm  
 Temperatur : 30°C  
 Rate Mass : 15392,71 kg/jam

Dasar Perancangan:

Rate Mass = 15392,71 kg/jam

Bulk Density = 19,35081149 lb/cuft  
 = 310 kg/m<sup>3</sup>

Rate Volumetrik =  $\frac{15392,71}{310}$   $\frac{\text{kg/jam}}{\text{kg/m}^3}$   
 = 49,65 m<sup>3</sup>/jam

Untuk bucket elevator kapasitas 15558,21 kg/jam, spesifikasi (perry,1997):

Ukuran Bucket = 8 x 5 x 5 1/2 in  
*Bucket Spacing* = 12,00 in  
*Elevator Center* = 25,00 ft  
*Head Shaft* = 43 rpm  
*Power Head Shaft* = 1,6 hp  
*Power Tambahan* = 0,04 hp

**Perhitungan:**

Asumsi waktu tinggal selama 5 jam, maka:

Kapasitas = Rate Mass x waktu tinggal  
 = 15392,71 kg/jam x 5 jam  
 = 76963,54 kg

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Untuk keamanan 20%, maka:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 1,2 \times 76963,54 \\ &= 92356,25 \text{ kg} \\ &= 92,36 \text{ ton}\end{aligned}$$

Dengan kapasitas 92,36 ton, maka:

$$\begin{aligned}\text{Head Shaft} &= (92,36/130) \times 43 \\ &= 30,55 \text{ rpm} \\ \text{Power Head Shaft} &= (92,36/130) \times 1,6 \\ &= 1,14 \text{ hp} \\ \text{Power Tambahan} &= 0,04 \text{ hp} \\ \text{Power Total} &= 1,14 + 0,04 \\ &= 1,18 \text{ hp}\end{aligned}$$

Efisiensi motor 80%, maka:

$$\begin{aligned}\text{Power Motor} &= 1,47 \text{ hp} \\ &= 1,5 \text{ hp}\end{aligned}$$

### Spesifikasi:

Fungsi : untuk membawa kenaf dari vibrating screen ke screw conveyer

Kapasitas : 93,29 ton

Bahan : Carbon Steel

Ukuran Bucket : 8 x 5 x 5 1/2

Bucket Spacing : 12,00 in

Tinggi Elevator : 25,00 in

Power Motor : 1,5 hp

Jumlah : 1,00 unit

### 7. Tangki Pengenceran NaOH (M-213)

Fungsi : Untuk mengencerkan NaOH 48% menjadi NaOH 10%

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Type : Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah standar dishead dilengkapi dengan pengaduk

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 Temperatur = 30°C

### Dasar Perhitungan :

Bahan Masuk :

Komponen	Laju Alir (kg/jam)	Fraksi Berat	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )
NaOH	10.774,91	0,1	1.111,1
H <sub>2</sub> O	96.974,17	0,9	995,68
<b>Total</b>	<b>107.749,08</b>	<b>1</b>	

Viskositas campuran = 7,387 cp  
 = 0,007387 kg/ms  
 = 0,005 lb/fts

Densitas campuran densitas) =  $\sum$  (fraksi berat x  
 = 1.120 kg/m<sup>3</sup>  
 = 69,93 lb/cuft

Rate Massa = 107.749,08 kg/jam  
 = 237.586,73 lb/jam

*Rate Volumetric* =  $\frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas campuran}}$   
 =  $\frac{237.586,73}{69,93}$   
 = 3.397,36 cuft/jam

Asumsi : Waktu Tinggal = 2 Jam  
 Volume Larutan = 80% Volume Tangki

Sehingga,  
 Volume Larutan = Rate Volumetric x Waktu Tinggal  
 = 3.397,36 x 2

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 &= 6.794,72 \text{ cuft} \\
 \text{Volume Tangki} &= \text{Volume Larutan} & : & 80\% \\
 &= 6.794,72 & : & 80\% \\
 &= 8.493,39 \text{ cuft}
 \end{aligned}$$

### Menentukan Ukuran Tangki dan Ketebalannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi dimensi rasio (H/D)} &= 4 \quad (\text{Ulrich : Table 4-27}) \\
 \text{Volume Tangki} &= 1/4 \pi (D^2) H \\
 &= 1/4 \pi (D^2) 4D \\
 8.493,39 &= 1/4 (3,14) 4 (D^3)
 \end{aligned}$$

Sehingga didapat :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 13,93 \text{ ft} \\
 &\approx 14 \text{ ft} = 168 \text{ in} \\
 \text{Tinggi (H)} &= 56 \text{ ft} = 672 \text{ in}
 \end{aligned}$$

### Menentukan Tebal Minimum Shell :

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk *cylindrical tank* :

$$t \text{ min} = \frac{P \times r}{fE - 0,6P} + C$$

Dimana,

- t min : Tebal shell minimum (in)
- P : Tekanan tangki (psi)
- r : jari-jari tangki (in)
- C : Faktor korosi (digunakan 1/8 in)
- E : Faktor pengelasan, digunakan *double welded butt joint* (E = 0,8)
- f : *Stress Allowable*, bahan konstruksi CS SA-283 Grade C (f = 12.650)

$$\begin{aligned}
 \text{P operasi} &= \text{P hidrostatik} \\
 \text{P hidrostatik} &= \frac{\rho \times H}{144} \\
 &= \frac{69,93 \times 56}{144}
 \end{aligned}$$

$$= 27,2 \text{ psi}$$

P design diambil 20% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan, sehingga :

$$\begin{aligned} \mathbf{P \text{ total}} &= \mathbf{P \text{ hidrostatik}} \\ &= 27,2 \text{ psi} \\ \mathbf{P \text{ design}} &= 1,2 \times 27,2 \\ &= 32,64 \text{ psi} \end{aligned}$$

Sehingga,

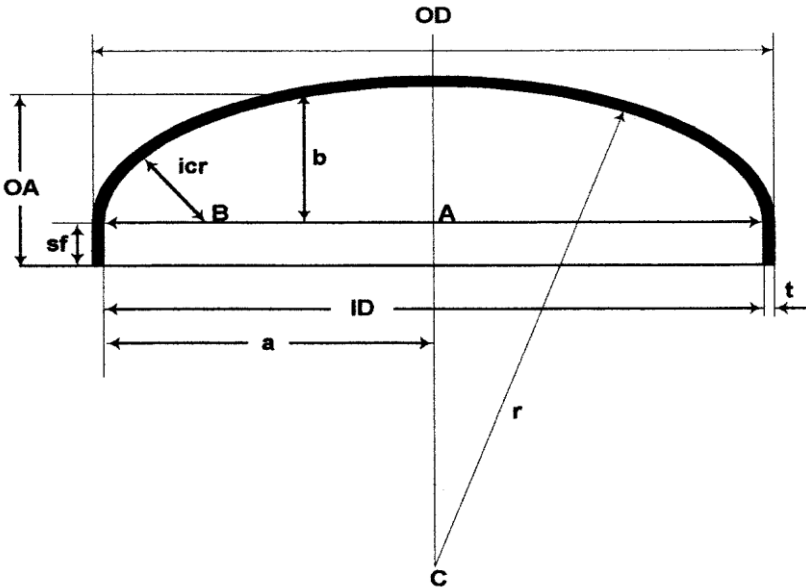
$$\begin{aligned} t \text{ min} &= \frac{32,64 \times 84}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 32,64)} + 0,125 \\ &= 0,271 + 0,125 \\ &= 0,3964 \quad (\text{dipakai tebal standar } 7/16) \\ \mathbf{OD} &= \mathbf{ID} + 2t \\ &= 168 + 2(0,396) \\ &= 168,793 \text{ in} \end{aligned}$$

Jika berpatokan pada ASME, maka nilai OD adalah 180 in

### Menentukan Tebal Head dan Dishead

Bentu Head = Standar dishead (terispherical dishead head)

Appendiks C Spesifikasi Alat



Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 Brownell-Young :

$$th = \frac{0,855 \times P \times r}{(f \times E) - (0,1 \times P)} + C$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young didapatkan :

$$\begin{aligned} icr &= 11 \\ r &= 170 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} th &= \frac{(0,855 \times 32,64 \times 170)}{(12.650 \times 0,8) - (0,1 \times 32,64)} + 0,125 \\ &= 0,47 + 0,125 \\ &= 0,595 \text{ in} \quad (\text{dipakai tebal standar } 5/8) \end{aligned}$$

$$OD = 180 \text{ in} = 15 \text{ ft}$$

$$ID = OD - 2th$$

*Appendiks C Spesifikasi Alat*

$$\begin{aligned}
 &= 180 - 2 (0,595) \\
 &= 180 - 1,75 \\
 &= 178,75 \text{ in} \\
 \\
 a &= \text{ID} : 2 \\
 &= 178,25 : 2 \\
 &= 89,375 \text{ in} \\
 \\
 BC &= r - \text{icr} \\
 &= 170 - 11 \\
 &= 159 \text{ in} \\
 \\
 AB &= (\text{ID} : 2) - \text{icr} \\
 &= 89,375 - 11 \\
 &= 78,375 \\
 \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{((159)^2) - ((78,375)^2)} \\
 &= 138,3 \text{ in} \\
 \\
 b &= r - AC \\
 &= 170 - 138,3 \\
 &= 31,7 \text{ in} \\
 \\
 OA &= 34,28 \text{ in} \\
 \text{Tinggi Tangki} &= H + 2OA \\
 &= 672 + 2(34,28) \\
 &= 672 + 68,56 \\
 &= 740,56 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipakai tebal head 5/8 in, sehingga :

$$\begin{aligned}
 \frac{\text{Icr}}{D} &= \frac{11}{180} \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Untuk rasio icr terhadap OP sekitar 6% dengan persamaan 5.11 Brownell-Young, dihitung volume head :

$$\begin{aligned}V &= 0,000049 \times (ID)^3 \\V &= 0,000049 \times (178,8)^3 \\&= 279,86 \text{ cuft}\end{aligned}$$

Untuk tebal dan ukuran dishead memiliki nilai yang sama dengan head.

### Perhitungan Sistem Pengaduk :

Dipakai jenis pengaduk tipe propeller dengan 4 baffles  
(Geankoplis, Table 3.4-1)

$$\begin{array}{l} - \frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \qquad - \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \\ - \frac{H}{D_t} = 1 \qquad - \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \\ - \frac{C}{D_t} = \frac{1}{3} \qquad - \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}\end{array}$$

Dimana :

Dt	= Diameter Tangki	(ft)
Da	= Diameter Pengaduk	(ft)
W	= Lebar Pengaduk	(ft)
H	= Tinggi Larutan	(ft)
L	= Tinggi Pengaduk	(ft)
C	= Tinggi Pengaduk dari Dasar Tangki	(ft)
J	= Lebar Baffles	(ft)

Maka diperoleh :

$$\begin{array}{l} - D_a = \frac{15}{3} = 5,00 \text{ ft} \\ - W = \frac{5}{5} = 1,00 \text{ ft}\end{array}$$



### Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 - L &= \frac{5}{4} = 1,25 \text{ ft} \\
 - H &= \frac{15}{1} = 15 \text{ ft} \\
 - C &= \frac{15}{3} = 5,00 \text{ ft} \\
 - J &= \frac{15}{12} = 1,25 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

#### Kebutuhan Power Pengaduk :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter Pengaduk} &= 5,00 \text{ ft} = 1,524 \text{ m} \\
 &= 60 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan Putaran} = 60 \text{ rpm} = 1 \text{ rps}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nre} &= \frac{\rho N D a^2}{\mu} \\
 &= \frac{1120 \times 1 \times 2,33}{0,007} \\
 &= 352602,73 \text{ (laminer)}
 \end{aligned}$$

Menggunakan curve 5 pada figure 3.4-5, Geankoplis edisi 4 halaman 159, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 \text{Np} &= 0,38 \\
 \text{Power Pengaduk} &= \text{Np} \times \rho \times N^3 \times Da^5 \\
 &= 3498,970511 \text{ W} \\
 &= 3,498970511 \text{ W} \\
 &= 4,692119455 \text{ hp} \approx 5 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

#### Spesifikasi :

Fungsi : Untuk mengencerkan NaOH

## Appendiks C Spesifikasi Alat

48% menjadi NaOH 10%

Type : Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah standar dishead dilengkapi dengan pengaduk

### Dimensi Tangki :

Kapasitas : 8 cuft.493,39  
Tinggi : 740,57 in  
Diameter  
- *Inside Diameter* : 168 in  
- *Outside Diameter* : 180 in  
Tebal Shell : 7/16 in  
Tebal Tutup Atas : 5/8 in  
Tebal Tutup Bawah : 5/18 in  
Bahan Kontruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C  
Jumlah : 1 unit

### Dimensi Pengaduk :

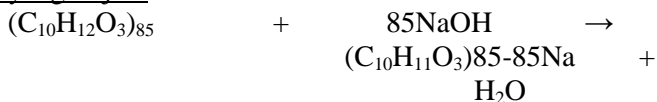
Jenis Pengaduk : Propeller  
Diameter Pengaduk : 60 in  
Kecepatan Putaran : 1 rps  
Power Motor : 5 hp  
Jumlah : 1 unit

## 8. Pandia Digester (R-210)

Fungsi : Untuk mengubah serat kenaf menjadi pulp dan terjadi proses delignifikasi

Type : *Continuous Pandia Digester*

### Reaksi yang terjadi



Kondisi Operasional : Temperatur = 170°C  
Tekanan = 8 bar  
Waktu = 3,5 jam

Appendiks C Spesifikasi Alat

**Dasar Perhitungan :**

Komponen	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Laju Alir (kg/jam)	Fraksi	Fraksi x Densitas
Selulosa	1.650	10113,021	0,082125	135,5062505
Hemiselulosa	1.520	3078,54525	0,025	38,00000013
Lignin	1.330	1739,378066	0,014125	18,78625006
Abu	759	461,7817875	0,00375	2,81250001
NaOH	2.130	10774,91667	0,087500068	186,3751441
Air	897	96974,16667	0,787499932	706,387439
<b>Total</b>		<b>123141,81</b>	<b>1</b>	<b>1087,87</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Rate Massa} &= 123.141,81 \text{ kg/jam} \\
 &= 271.527,69 \text{ lb/jam} \\
 \text{Densitas} &= 1.087,87 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 67,92 \text{ lb/cuft} \\
 \text{Rate Volumetric} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{271.527,69}{1.087,87} \\
 &= 3.997,5 \text{ cuft/jam}
 \end{aligned}$$

**Perhitungan Dimensi Reaktor :**

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{C_{AO} \times V}{F_{AO}} \\
 C_{AO} &= \frac{\text{mol masuk}}{\text{Volume feed}} \\
 &= \frac{85.752,5}{3.997,5}
 \end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\text{Sehingga,} \quad = \quad 21,452 \quad \text{lbmol/cuft}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{t \times F_{A0}}{C_{A0}} \\ &= \frac{3,5 \times 85.752,5}{21,452} \\ &= 13.991 \quad \text{cuft} \end{aligned}$$

Untuk perancangan, ditambahkan faktor kelonggaran sebesar 20%, sehingga :

$$\begin{aligned} V_R &= 1,2 \times 13.991 \\ &= 16.790 \quad \text{cuft} \end{aligned}$$

### Direncanakan :

#### A. Menghitung Jumlah Tube

Menurut Christy, 1967 :

- Diameter tube = 18 in = 1,5 ft
- Panjang tube = 15 ft = 180 in

$$\text{Volume tube} = \frac{\pi \times D^2 \times H}{4}$$

$$= 26,5 \quad \text{cuft}$$

$$\text{Jumlah tube} = \frac{\text{Volume reaktor}}{\text{Volume tube}}$$

$$= \frac{16.790}{26,5} \quad :$$

$$26,5$$

$$= 635$$

#### B. Menentukan Tebal Minimum Shell

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk tanfki silinder :

$$t_{\min} = \frac{P \times r}{fE - 0,6P} + C$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Dimana,

t min : Tebal shell minimum (in)  
 P : Tekanan tangki (psi)  
 r : jari-jari tangki (in)  
 C : Faktor korosi (digunakan 1/8 in)  
 E : Faktor pengelasan, digunakan *double welded butt joint* (E = 0,8)  
 f : *Stress Allowable*, bahan konstruksi CS SA-283 (f = 12.650)  
 Grade C

**P operasi** = **8 bar = 116,03 psi**

**P hidrostatis** = 
$$\frac{\rho \times H}{144}$$
  
 = **7,075 psi**

P design diambil 20% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan, dimana P total adalah :

**P total** = **P operasi** + **P hidrostatis**  
 = **116,03 psi** + **7,075 psi**  
 = **123,11 psi**

Sehingga,

t min = 
$$\frac{123,11 \times 9}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 123,11)} + 0,125$$
  
 = 0,11029 + 0,125  
 = 0,23259 (dipakai tebal standar 1/4)  
 OD = ID + 2t  
 = 18 + 2 (1/4)  
 = 18,5 in

Distandardkan menurut ASME, OD = 20 in

### Spesifikasi :

Fungsi : Untuk mengubah serat kenaf menjadi pulp dan terjadi proses delignifikasi  
 Type : *Continuous Pandia Digester*  
 Kapasitas : 16.790 cuft  
 Waktu Tinggal : 3,5 jam

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Bahan Kontruksi : 316 Stainless Steel

Diameter Tube :

- *Inside Diameter* : 18 in

- *Outside Diameter* : 20 in

Panjang Tube : 180 in

Jumlah Tube : 635

Screw in Tube :

- Bahan Kontruksi : 316 Stainless Steel

- Power : 2 hp

- Kecepatan : 8 rpm

Rotary Discharge Valve :

- Bahan Kontruksi : 316 Stainless Steel

- Diameter : 18 in

- Jumlah : 1

### 9. *Blow Tank* (F-222)

Fungsi : Untuk menyimpan sementara pulp setelah proses delignifikasi

Type : Silinder dengan tutuk atas dan tutup bawah dishead

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Temperatur = 170°C

#### Perhitungan :

Bahan Masuk :

Komponen	Rate Massa	Fraksi	Densitas	Fraksi x Densitas
Selulosa	10113,02115	0,082125002	1650	135,5063
Hemiselulosa	1539,272625	0,0125	1520	19,0000
Lignin	173,9378066	0,0014125	1330	1,8786
Air	156,5416667	0,001271231	897	1,1403

*Appendiks C Spesifikasi Alat*

NaOH sisa	10427,03276	0,084675002	2130	180,3578
Abu sisa	461,7817875	0,00375	750	2,8125
Na-Ligninat	1756,771847	0,01426625	951,13	13,5690
Air sisa	96974,17538	0,787500015	897	706,3875
Hemiselulosa terdegradasi	1539,272625	0,0125	1520	19,0000
<b>Total</b>	<b>123141,81</b>	<b>1</b>		<b>1079,652</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Densitas} &= 1.079,652 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Rate Massa} &= 123.141,81 \text{ kg/jam} \\
 \text{Rate Volumetric} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{271.572,69}{67,41} \\
 &= 4.027,92 \text{ cuft/jam} \\
 \text{Asumsi : Waktu tinggal} &= 2 \text{ Jam} \\
 \text{Volume larutan} &= 80\% \text{ volume tangki} \\
 \text{Sehingga,} \\
 \text{Volume larutan} &= \text{Rate volumetric} \times \text{Waktu tinggal} \\
 &= 4.027,92 \times 2 \\
 &= 8.055,84 \text{ cuft} \\
 \text{Volume tangki} &= \text{Volume larutan} : 80\% \\
 &= 8.055,84 : 80\% \\
 &= 10.069,8 \text{ cuft}
 \end{aligned}$$

**Menentukan Ukuran Tangku dan Ketebalannya :**

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi dimensi rasio (D/H)} &= 4 \\
 \text{Volume} &= \frac{1}{4} \pi (D^2) H \\
 &= \frac{1}{4} \pi (D^2) 4D
 \end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 10.069,8 &= 1/4 (3,14) 4D^3 \\
 \text{Sehingga didapatkan :} \\
 \text{Diameter (D)} &= 14,75 \text{ ft} \\
 &= 15 \text{ ft} = 180 \text{ in} \\
 \text{Tinggi (H)} &= 60 \text{ ft} \\
 &= 64 \text{ ft} = 768 \text{ in}
 \end{aligned}$$

### Menentukan Tebal Minimum Shell

Tebal shell berdasarkan ASME *Code* untuk *cylindrical tank* :

$$t \text{ min} = \frac{P \times r}{fE - 0,6P} + C$$

Dimana,

- t min : Tebal shell minimum (in)
- P : Tekanan tangki (psi)
- r : jari-jari tangki (in)
- C : Faktor korosi (digunakan 1/8 in)
- E : Faktor pengelasan, digunakan *double welded butt joint* (E = 0,8)
- f : *Stress Allowable*, bahan konstruksi CS SA-283 Grade C (f = 12.650)

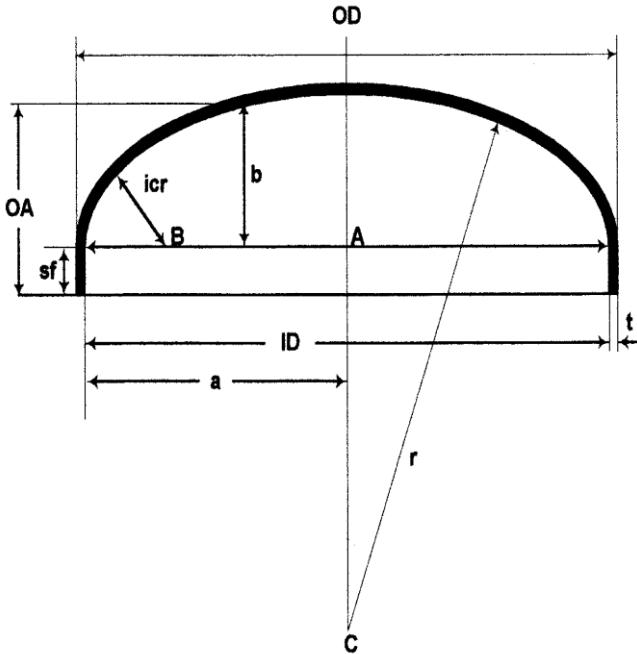
$$\begin{aligned}
 \mathbf{P \text{ operasi}} &= \mathbf{P \text{ hidrostatik}} \\
 \mathbf{P \text{ hidrostatik}} &= \frac{\mathbf{\rho \times H}}{\mathbf{144}} \\
 &= \mathbf{0,47 H \text{ psi}}
 \end{aligned}$$

P design diambil 20% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan.



$$\begin{aligned}
 P \text{ design} &= 1,2 \times 0,47 H \\
 &= 0,56 H \text{ psi}
 \end{aligned}$$

**Perhitungan Tebal Shell pada Tiap Course**



**Course 1**

$$\begin{aligned}
 t \text{ min} &= \frac{0,56 (64) \times 90}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (64))} + 0,125 \\
 &= \frac{3.235,75}{10.098,42836} + 0,125 \\
 &= 0,45 \text{ in} \\
 &= 1/2 \text{ in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (180 + (1/2)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10}
 \end{aligned}$$

Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 &= 4,7 \quad \text{ft} \\
 \text{Course 2} \\
 t \text{ min} &= \frac{0,56 (56) \times 90}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (56))} + 0,125 \\
 &= \frac{2.831,28}{10.101,12} + 0,125 \\
 &= 0,41 \quad \text{in} \\
 &= 7/16 \quad \text{in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (180 + (7/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= 4,7 \quad \text{ft} \\
 \text{Course 3} \\
 t \text{ min} &= \frac{0,56 (48) \times 90}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (48))} + 0,125 \\
 &= \frac{2.224,58}{10.105,17} + 0,125 \\
 &= 0,35 \quad \text{in} \\
 &= 3/8 \quad \text{in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (180 + (3/8)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= 4,7 \quad \text{ft} \\
 \text{Course 4} \\
 t \text{ min} &= \frac{0,56 (40) \times 90}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (40))} + 0,125 \\
 &= \frac{2.002,34}{10.106,52} + 0,125 \\
 &= 0,33 \quad \text{in} \\
 &= 3/8 \quad \text{in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n}
 \end{aligned}$$

*Appendiks C Spesifikasi Alat*

$$= \frac{3,14 \times (180 + (3/8)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10}$$

$$= 4,7 \quad \text{ft}$$

**Course 5**

$$t \text{ min} = \frac{0,56 (32) \times 90}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (32))} + 0,125$$

$$= \frac{1.617,87}{10.109,21} + 0,125$$

$$= 0,29 \quad \text{in}$$

$$= 5/16 \quad \text{in}$$

$$L = \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n}$$

$$= \frac{3,14 \times (180 + (5/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10}$$

$$= 4,7 \quad \text{ft}$$

**Course 6**

$$t \text{ min} = \frac{0,56 (24) \times 90}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (24))} + 0,125$$

$$= \frac{1.213,4}{10.111,91} + 0,125$$

$$= 0,24 \quad \text{in}$$

$$= 1/4 \quad \text{in}$$

$$L = \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n}$$

$$= \frac{3,14 \times (180 + (1/4)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10}$$

$$= 4,7 \quad \text{ft}$$

**Course 7**

$$t \text{ min} = \frac{0,56 (16) \times 90}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (16))} + 0,125$$

$$= \frac{3.235,75}{10.098,42836} + 0,125$$

$$= 0,205 \quad \text{in}$$

$$= 1/4 \quad \text{in}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\ &= \frac{3,14 \times (180 + (1/4)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\ &= 4,7 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

### Course 8

$$\begin{aligned} t \text{ min} &= \frac{0,56 (8) \times 90}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (8))} + 0,125 \\ &= \frac{404.568}{10.117,3036} + 0,125 \\ &= 0,165 \quad \text{in} \\ &= 3/16 \quad \text{in} \end{aligned}$$

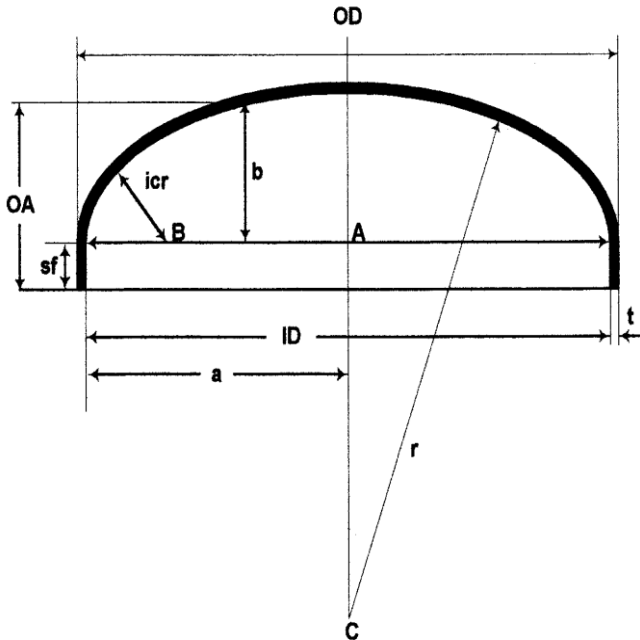
$$\begin{aligned} L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\ &= \frac{3,14 \times (180 + (3/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\ &= 4,7 \quad \text{ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2t \\ &= 180 + 2 (3/16) \\ &= 180 + 0,375 \end{aligned}$$

Distandarkan menurut ASME, OD adakah = 192 in

### **Menentukan Tebal Head dan Dishead**

Bentuk head = Standar dishead (orispherical dishead head)



Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 (*Geankoplis*) :

$$th = \frac{0,855 \times P \times r}{(f \times E) - (0,1 \times P)} + C$$

Dari tabel 2.7 Brownell-Young

$$icr = 11 \frac{1}{2}$$

$$R = 170$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \frac{\rho \times H}{144} \\ &= 0,47 H \text{ psi} \end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

P design diambil 20% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{P\ design} &= \mathbf{1,2 \times 0,47\ H} \\
 &= \mathbf{0,56\ H\ psi} \\
 &= \mathbf{4,49\ psi}
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \text{th} &= \frac{(0,855 \times 4,49 \times 170)}{(12.650 \times 0,8) - (0,1 \times 4,49)} + 0,125 \\
 &= 0,1895\ \text{in} \quad (\text{dipakai tebal standar } 1/4)
 \end{aligned}$$

$$\text{OD} = 192\ \text{in} = 16\ \text{ft}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ID} &= \text{OD} - 2\text{th} \\
 &= 192 - 2(0,25) \\
 &= 192 - 0,5 \\
 &= 191,5\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{a} &= \text{ID} : 2 \\
 &= 191,5 : 2 \\
 &= 95,75\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BC} &= r - \text{icr} \\
 &= 170 - 11\ 1/2 \\
 &= 160,63\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{AB} &= (\text{ID} : 2) - \text{icr} \\
 &= 95,75 - 11\ 1/2 \\
 &= 84,25\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{AC} &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{((160,63)^2) - ((84,25)^2)} \\
 &= 136,8\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{b} = r - \text{AC}$$

Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= 170 - 136,8$$

$$= 33,24 \text{ in}$$

$$\text{OA1} = 34,99 \text{ in}$$

Dipakai tebal head 1/4 in (tabel 5.7 Brownell-Young) :

$$\frac{\text{Icr}}{\text{D}} = \frac{11 \frac{1}{2}}{192}$$

$$= 0,06$$

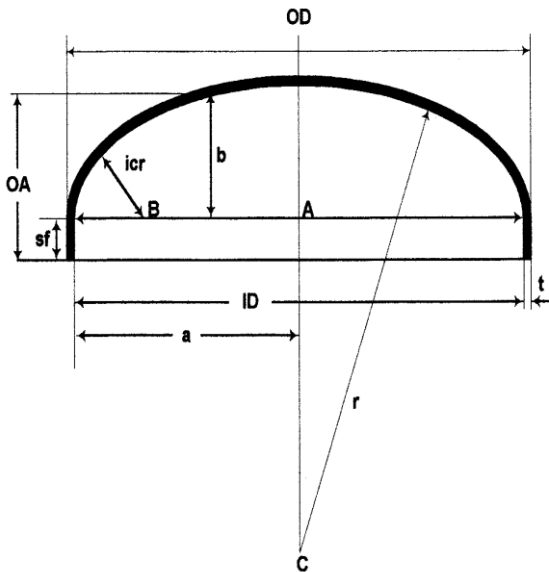
Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6% dengan persamaan 5.11 Brownell-Young, dihitung volume head :

$$\text{V} = 0,000049 \times (\text{ID})^3$$

$$\text{V} = 0,000049 \times (180)^3$$

$$= 285,77 \text{ cuft}$$

Bentuk dished = Standar dishead (torispherical dishead head)



## Appendiks C Spesifikasi Alat

Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 (*Geankoplis*) :

$$th = \frac{0,855 \times P \times r}{(f \times E) - (0,1 \times P)} + C$$

Dari tabel 2.7 Brownell-Young

$$Icr = 11 \frac{1}{2}$$

$$R = 170$$

$$\begin{aligned} \mathbf{P \text{ hidrostatik}} &= \frac{\rho \times H}{144} \\ &= \mathbf{0,47 H \text{ psi}} \end{aligned}$$

P design diambil 20% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan.

$$\begin{aligned} \mathbf{P \text{ design}} &= \mathbf{1,2 \times 0,47 H} \\ &= \mathbf{0,56 H \text{ psi}} \\ &= \mathbf{35,95 \text{ psi}} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} th &= \frac{(0,855 \times 35,95 \times 170)}{(12.650 \times 0,8) - (0,1 \times 35,95)} + 0,125 \\ &= 0,64 \text{ in} \quad (\text{dipakai tebal standar } 3/4) \end{aligned}$$

$$OD = 192 \text{ in} = 16 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} ID &= OD - 2th \\ &= 192 - 2(0,75) \\ &= 192 - 1,5 \\ &= 190,5 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= ID : 2 \\ &= 190,5 : 2 \\ &= 95,25 \text{ in} \end{aligned}$$

$$BC = r - icr$$



## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= 170 - 11 \frac{1}{2}$$

$$= 160,63 \text{ in}$$

$$\text{AB} = (\text{ID} : 2) - \text{icr}$$

$$= 95,25 - 11 \frac{1}{2}$$

$$= 85,88 \text{ in}$$

$$\text{AC} = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$= \sqrt{((160,63)^2) - ((85,88)^2)}$$

$$= 135,7 \text{ in}$$

$$b = r - \text{AC}$$

$$= 170 - 135,7$$

$$= 34,3 \text{ in}$$

$$\text{OA2} = 36,51 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi Tangki} = H + \text{OA1} + \text{OA2}$$

$$= 71,50 \text{ in}$$

Dipakai tebal head  $\frac{3}{4}$  in (tabel 5.7 Brownell-Young) :

$$\frac{\text{Icr}}{\text{D}} = \frac{11 \frac{1}{2}}{192}$$

$$= 0,06$$

Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6% dengan persamaan 5.11 Brownell-Young, dihitung volume head :

$$V = 0,000049 \times (\text{ID})^3$$

$$V = 0,000049 \times (180)^3$$

$$= 285,77 \text{ cuft}$$

### Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menyimpan sementara pulp setelah proses delignifikasi

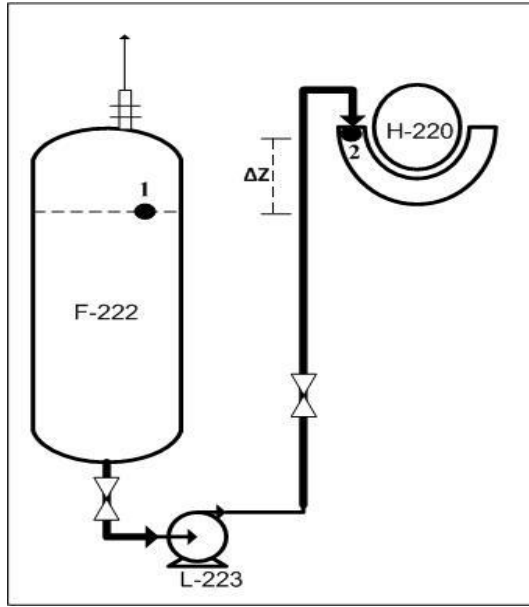
## Appendiks C Spesifikasi Alat

Type	: Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah standar dishead
Kapasitas	: 10.069,8 cuft
Tinggi	: 768 in
Diameter	
- <i>Inside Diameter</i>	: 180 in
- <i>Outside Diameter</i>	: 192 in
Tebal Shell	
- Course 1	: 1/2 in
- Course 2	: 7/16 in
- Course 3	: 3/8 in
- Course 4	: 3/8 in
- Course 5	: 5/16 in
- Course 6	: 1/4 in
- Course 7	: 1/4 in
- Course 8	: 1/5 in
Tebal Tutup Atas	: 1/4 in
Tebal Tutup Bawah	: 3/4 in
Bahan Kontruksi	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Jumlah	: 1 unit

### 10. Pompa (L-233)

Fungsi	: Untuk Memompa pulp dari <i>blow tank</i> menuju <i>washer I</i>
Type	: <i>Centrifugal Pump</i>
Tujuan	: Untuk menghitung power pompa

Appendiks C Spesifikasi Alat



Komponen	Rate Massa	fraksi	Densitas kg/m <sup>3</sup> )	fraksi x ρ
Selulosa	10113,02115	0,082125002	1650	135,5062526
Hemiselulosa	1539,272625	0,0125	1520	19,00000036
Lignin	173,9378066	0,0014125	1330	1,878625036
Air	156,5416667	0,001271231	897	1,140294086
NaOH sisa	10427,03276	0,084675002	2130	180,3577535
Abu sisa	461,7817875	0,00375	750	2,812500054
Na-Ligninat	1756,771847	0,01426625	951,13	13,56898729
Air sisa	96974,17538	0,787500015	897	706,3875135

*Appendiks C Spesifikasi Alat*

Hemiselulosa terdegradasi	1539,272625	0,0125	1520	19,00000036
<b>Total</b>	<b>123141,81</b>	<b>1</b>		<b>1079,65</b>

Rate Massa	=	123.141,81	kg/jam
	=	271.527,69	lb/jam
Densitas campuran	=	1.079,65	kg/m <sup>3</sup>
	=	67,411	lb/cuft
Viskositas campuran	=	0,325	kg/ms
Rate Fluida (Q)	=	4.027,921	cuft/jam
	=	1,119	cuft/s
	=	502,215	gpm
	=	0,032	m <sup>3</sup> /s

Asumsi aliran turbulen

$$D_{i,opt} = 3,9 \times q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 7,09$$

(Timmerhaus, pers. 15 hal. 496)

Ditetapkan tipe pipa	:		
sch	=	120	
OD	=	8,625 in	= 0,72
ft			
ID	=	7,187 in	= 0,60
ft			
A	=	0,28	ft <sup>2</sup>

(Perry, table 10-22)

Kecepatan linear aliran (v)	= Rate Fluida	:	A
	= 1,119	:	0,28
	= 3,97		ft/s

$$\text{Reynold Number (Nre)} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

$$= \frac{1,079,65 \times 72,72 \times 0,18}{\mu}$$

Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= \frac{0,325}{44.109,49}$$

(Asumsi aliran turbulen dapat diterima)

**Menentukan Kerja Pompa :**

$$\Delta v^2/(2gc) + \Delta z(g/gc) + \Delta(P/\rho) + \sum hf = -Ws$$

(Geankoplis, pers.2.7-28, hal. 103)

Dimana,

- Faktor energi kinetik  $\Delta v^2/(2gc)$

$$V1 = \frac{Q1}{A1} = \frac{1,12}{176,6} = 0,006$$

$$V2 = \frac{Q2}{A1} = \frac{1,12}{0,28} = 3,974$$

$$\Delta v = (V2)^2 - (V1)^2 = 15,79 - 0,0000401 = 15,788866$$

$$\Delta v^2/(2gc) = 0,25 \text{ ft/s}$$

- Beda tinggi ( $\Delta Z$ ) = 13 ft

- Titik referensi : P1 = Tekanan *blow tank*

$$= 40,45 \text{ psi}$$

P2 = Tekanan *washer 1*

$$\Delta(P/\rho) = -0,382$$

Perhitungan  $\sum hf$  (total liquid fraksi) :

Digunakan : 4 buah elbow 90°

1 buah globe valve

1 buah gate valve

\* friksi dalam 4 buah elbow 90°

:

$$hf_1 = \frac{4 \times kf \times v^2 / 2\alpha gc}{2} \times \frac{K}{f} = \frac{4}{2} \times \frac{0,75}{1} \times \frac{15,79}{32,174} = 0,74 \text{ ft/bf/l}$$

\* friksi dalam 1 buah globe valve (Wide

Appendiks C Spesifikasi Alat

Open) :

$$\begin{aligned}
 hf_2 &= \frac{K}{f} \times \frac{v^2}{2\alpha gc} = 6 \\
 &= \frac{6}{2} \times \frac{1}{32,174} \times \frac{15,79^2}{b} \\
 &= 1,47 \text{ ftlbf/l}
 \end{aligned}$$

\* friksi dalam 1 buah gate valve (Wide Open) :

$$\begin{aligned}
 hf_3 &= \frac{K}{f} \times \frac{v^2}{2\alpha gc} = 0,17 \\
 &= \frac{0,17}{2} \times \frac{1}{32,174} \times \frac{15,79^2}{b} \\
 &= 0,04 \text{ ftlbf/l}
 \end{aligned}$$

\* friksi sepanjang pipa :

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi panjang pipa total, } \Delta L &= 170 \text{ ft} \\
 &= 51,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk Commercial Steel :

$$\epsilon = 0,000046$$

Maka:

$$\epsilon/D = 2,341E-05$$

Dari figure 2.10-3 Geankopolis didapatkan :

$$\begin{aligned}
 f &= 0,0057 \\
 f &= 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2gc} \\
 \text{(Geankopolis, pers. 2.10-5)} \\
 &= \frac{4 \times 0,006 \times 170 \times 15,79^2}{2 \times 32,174}
 \end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= \frac{0,6 \times 2 \times 32,17}{1,59} \text{ ft.lbf/lb}$$

(Geankoplis, pers. 2.10-5, hal.93)

\*kehilangan karena kontraksi :

$$K_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$

(Geankoplis, pers. 2.10-16,hal.98)

Karena  $A_1 \gg A_2$ , maka :  $A_1/A_2 = 0$

$$K_c = 0,55$$

$$h_c = K_c \times \frac{v^2}{2\alpha gc}$$

$$= \frac{0,55 \times 15,79}{2 \times 1 \times 32,17}$$

$$= 0,13 \text{ ft.lbf/lb}$$

\*kehilangan karena ekspansi :

$$K_e = 1 \times \left(\frac{A_2}{A_1}\right)$$

(Geankoplis, pers. 2-10-15,hal.98)

Karena  $A_1 \gg A_2$ , maka :  $A_1/A_2 = 0$

$$K_e = 1$$

$$h_e = K_e \times \frac{v^2}{2\alpha gc}$$

$$= \frac{1 \times 15,79}{2 \times 1 \times 32,17}$$

$$= 0,25 \text{ ft.lbf/lb}$$

Sehingga,

$$\Sigma hf = hf_1 + hf_2 + hf_3 + ff + hc + he$$

$$= 4,22 \text{ ft.lbf/lb}$$

Persamaan Bernoulli menjadi :

$$-W_s = \frac{\Delta v^2}{2gc} + \Delta z \left(\frac{g}{gc}\right) + \frac{\Delta(P/\rho)}{gc} + \Sigma hf$$

$$= 0,25 + 4,04 + (-0,382) + 4,22$$

$$= 8,122 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\text{Kapasitas} = 502,21 \text{ cuf/s}$$

$$\eta = 1 - 0,12Q^{-0,27}$$

(Ulrich, pers. 4-95a, hal. 205)

$$\begin{aligned}
 &= 0,98 \\
 &= 98\% \\
 W_p &= (-W_s / \eta) \\
 &= (8,122 / 0,98) \\
 &= 8,31 \text{ ft.lbf/lb} \\
 BHP &= \frac{W_p \times m}{550} \\
 &= \frac{8,31 \times 75,42}{550} \\
 &= 1,14 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Dari figure 14-38 Timmerhaus hal. 521, diketahui efisiensi motor adalah 82%, sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Power (P)} &= \frac{BHP}{\text{efisiensi motor}} \\
 &= \frac{1,14}{0,82} \\
 &= 1,39 \text{ hp} \approx 2 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

**Spesifikasi :**

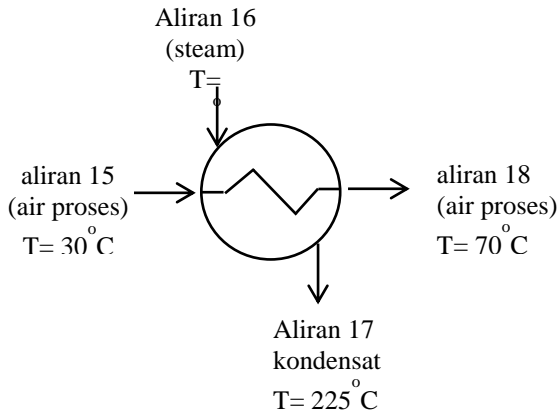
- Fungsi : Memompa pulp dari *blow tank* menuju *washer I*
- Type : *Centrifugal Pump*
- Material Case : Cast Iron
- Material Rotor : Carbon Steel
- Suction Pressure* : 40,45 psi
- Discharge Pressure* : 14,7 psi
- Beda Ketinggian : 13 ft
- Ukuran Pipa : 20 in OD, sch 80
- Power Pipa : 2 hp
- Jumlah : 1 unit

**11. Heat Exchanger (E-224)**

- Fungsi : Untuk menaikkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C
- Type : *Shell and Tube Heat Exchanger*



## Appendiks C Spesifikasi Alat



**Diketahui :**

**Fluida Panas**

Nama	Steam	Nama	Air proses
<i>Rate Mass</i> (lb/h)	137905,11	<i>Rate Mass</i> (lb/h)	1435297,75
Suhu Masuk (T1)	437°F	Suhu Masuk (t1)	86°F
Suhu Keluar (T2)	437°F	Suhu Keluar (t2)	158°F

- $\Delta P$  yang diijinkan : 10 psi  
*fouling factor* (Rd) fluida panas : 0.001  
*fouling factor* (Rd) fluida dingin : 0.002  
 Total *dirt factor* (Rd) : 0.003

\* Data Rd fluida panas dan dingin diperoleh dari Kern, table 12

**1. Heat Balance**

Air Proses

$$\begin{aligned}
 Q &= m \times C_p \times \Delta T \\
 &= 1476584,78 \times 0,999 \times (158-86) \\
 &= 103238096,78 \text{ btu/hr}
 \end{aligned}$$

Steam

$$\begin{aligned}
 Q &= m \times \lambda \\
 &= 141872,02 \times 438,94 \\
 &= 60531794,19 \text{ btu/hr}
 \end{aligned}$$

2.  $\Delta t$

Hot Fluid		Cold Fluid	Diff.	
437°F	Higher Temp	158°F	279°F	$\Delta t_1$
437°F	Lower Temp	86°F	351°F	$\Delta t_2$
0°F	Differences	72°F	72°F	

Ketika R=0, maka  $\Delta t = \text{LMTD}$

$$\begin{aligned}
 \text{LMTD} &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \\
 &= 313,62^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

3. *Caloric Temperature*

$$\begin{aligned}
 T_c &= \frac{T_1 + T_2}{2} \\
 T_c &= \frac{437 + 437}{2} = 437^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_c &= \frac{t_1 + t_2}{2} \\
 t_c &= \frac{86 + 158}{2} = 122^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

**Fluida Panas : Tube Side, Steam**

4. **Flow Area**

$$\begin{aligned}
 a't &= 0,334 \text{ in}^2 \\
 &\text{(Kern, table 10)} \\
 at &= \frac{Nt \times a't}{144 \text{ n}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1330 \times 0,334}{144 \times 2}$$

$$= 1,54 \text{ ft}^2$$

**5. Gt (untuk pressure drop) = W/at**

$$Gt = W/at$$

$$= 137905,11/0,59$$

$$= 89407,66 \text{ lb}/(\text{hr})(\text{ft}^2)$$

**6. At Tc = 437°F**

$$\mu_{\text{steam}} = 0,017 \text{ cp}$$

(Kern, figure 15)

$$\mu_{\text{steam}} = 0,04 \text{ lb}/(\text{ft})(\text{hr})$$

$$D = 0,652$$

(Kern,

table 10)

$$D = 0,05 \text{ ft}$$

$$\text{Ret} = DG/\mu$$

$$= 0,05 \times 89407,66 / 0,04$$

$$= 118122,86$$

Ret untuk pressure drop

**9. Kondensasi Steam**

$$h_{io} = 1500 \text{ BTU}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})$$

**10. tw\***

$$tw = tc + \frac{h_{io}}{h_{io} + h_o} (Tc - tc)$$

$$tw = 122 + \frac{1500}{1500 + 981,19} (437 - 122)$$

$$tw = 363,77^\circ\text{F}$$

**Fluida Dingin : Shell Side, Air Proses**

**4'. Flow Area**

$$a_s = (\text{area of shell}) - (\text{area of tubes})$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} &= 1/144 \times (\pi \times ID^2/4) - (Nt \times \pi \times OD^2/4) \\ &= 1/144 \times (\pi \times 39^2/4) - (1330 \times \pi \times 0.75^2/4) \\ &= 4,21 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

### 5'. Gs

$$\begin{aligned} G_s &= W/as \\ &= 1476584,78/4,21 \\ &= 340663,48 \text{ lb/(hr)(ft}^2\text{)} \end{aligned}$$

### 6'. At $tc = 122^\circ\text{F}$ , $\mu = 2\mu_{\text{water}}$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{air}} &= 0,60 \text{ cp} \\ &\text{(Kern, figure 14)} \\ \mu_{\text{air}} &= 1,45 \text{ lb/(ft)(hr)} \\ De &= 4as / (\text{wetted perimete}) \\ De &= 4as / (Nt \times \pi \times OD/12) \\ &= 0,07 \\ Res &= DeG / \mu \\ &= 15148,65495 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7'. jH &= 50 \\ &\text{(Kern, figure 24)} \end{aligned}$$

### 8'. $tc = 122^\circ\text{F}$

$$\begin{aligned} k &= 0,37 \\ &\text{(Kern, table 4)} \\ c &= 1 \\ &\text{(Kern, figure 2)} \\ (c\mu/\mu_w)^{1/3} &= 1,57 \end{aligned}$$

### 9'. $ho$

$$\begin{aligned} ho &= jH \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} \times \varphi_s \\ \frac{ho}{\varphi_s} &= 454,38 \end{aligned}$$

**11'. At  $t_w = 312,430^\circ\text{F}$ ,  $\mu_w = 2\mu_{\text{water}}$**

$$\begin{aligned}\mu_w &= 0,1 \\ (\text{Kern, figure 14}) \\ &= 0,1 \times 2,42 = 0,24 \text{ lb}/(\text{ft})(\text{hr}) \\ \varphi_s &= (\mu/\mu_w)^{0,14} \\ &= 1,29\end{aligned}$$

**12'. Corrected Coefficient,  $h_o$**

$$\begin{aligned}h_o &= \left(\frac{h_o}{\varphi_s}\right) \times \varphi_s \\ &= 583,93 \text{ BTU}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F}/\text{ft})\end{aligned}$$

**13. Koefisien Keseluruhan,  $U_c$  :**

$$\begin{aligned}U_c &= \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} \\ U_c &= 420,31 \text{ BTU}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F}/\text{ft})\end{aligned}$$

**14. Desain Keseluruhan,  $U_D$  :**

$$\begin{aligned}a'' &= 0,1963 \\ (\text{Kern, table 4}) \\ A &= Nt \times BWG \times a'' \\ &= 1330 \times 18'0'' \times 0,1963 \\ &= 4699,42 \text{ ft}^2 \\ U_D &= Q/(A \cdot \Delta t) \\ &= 70,05 \text{ BTU}/(\text{hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})\end{aligned}$$

**15.  $R_d$**

$$\begin{aligned}R_d &= \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} \\ &= 0,0119 \text{ (hr})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})/\text{BTU}\end{aligned}$$

**Pressure Drop Tube**

**1. Specific volume**

$$\begin{aligned}v &= 1,26 \text{ lb}/\text{ft} \\ (\text{Kern, table 7})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= (1/1,258)/62,5 \\
 &= 0,01271 \\
 \text{Ret} &= 118122,86 \\
 f &= 0,00017 \\
 &\text{(Kern, table 26)}
 \end{aligned}$$

**2.  $\Delta P_t$**

$$\begin{aligned}
 \Delta P_t &= \frac{1}{2} \times \frac{f G_t^2 L_n}{5,22 \times 10^{10} D s \phi_t} \\
 \Delta P_t &= \frac{1}{2} \times \frac{0,00017 \times 89407,66^2 \times 18 \times 2}{5,22 \times 10^{10} \times 0,05 \times 0,1271 \times 1} \\
 &= 0,68 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

**Pressure Drop Shell**

**1'. S**

$$\begin{aligned}
 s &= 1 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F} \\
 &\text{(kern, tabel 6)}
 \end{aligned}$$

**2'.  $De'$**

$$\begin{aligned}
 De' &= 4 \times \text{flow area/frictional wetted perimeter} \\
 &= 4xas/(Nt \times \mu \times OD/12 + \mu \times ID/12) \\
 &= 0,063221 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Re's &= De'Gs/\mu \\
 &= 14832,67
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= 0,00025 \\
 &\text{(kern, figure 26)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P_s &= \frac{1}{2} \times \frac{f G_s^2 L_n}{5,22 \times 10^{10} De' s \phi_t} \\
 \Delta P_t &= \frac{1}{2} \times \frac{0,00025 \times 14832,67^2 \times 18 \times 1}{5,22 \times 10^{10} \times 0,063221 \times 1 \times 1} \\
 &= 0,06157 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

**Spesifikasi:**

Fungsi : Untuk menaikkan suhu air proses dari 30°C menjadi 70°C  
Type : Shell and Tube Heat Exchanger  
Jumlah : 4 unit

Shell Side:

Inside diameter : 39 in  
Passes : 1

Tube Side:

Numer : 1330  
Outside Diameter : ¾ in  
BWG : 18 BWG  
Pitch : 15/16 in triangular pitch  
Passes : 2

**12. Rotary Vacuum Filter (H-220)**

Fungsi : Untuk mencuci pulp yang keluar dari *blow tank*  
Type : *Rotary Drum Filter*  
Jumlah : 1

**Kondisi Operasi :**

- Tekanan	=	1	atm
- Temperatur	=	90,54	°C
- Berat Filtrat yang keluar	=	411.160,13	kg/jam
- Densitas Cake	=	1.031,062	kg/m <sup>3</sup>
- Densitas Filtrat	=	951,124kg/m <sup>3</sup>	
- Viskositas Filtrat	=	0,001685	kg/ms
- Volume Filtrat	=	432,29	m <sup>3</sup> /jam
- Massa Dry Cake	=	11.589,71	kg/jam
- Kandungan air pada Cake	=	41%	

## Appendiks C Spesifikasi Alat

- Penurunan Tenakan = 0,66 atm  
= 67 kPa  
= 67000 Pa
- Waktu Siklus (t) = 5 menit  
= 300 sekon
- Bagian Filter Tercelup (f) = 30%

### Perhitungan :

Menghitung luas filter

$$m = \frac{V}{A \cdot t_c} \left[ \frac{2f \cdot (-\Delta P)}{t_c \cdot \mu \cdot C_s} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$m = \frac{\text{Massa wet cake}}{\text{massa dry cake}}$$

$$= \frac{19.686,42}{11.589,71}$$

$$= 1,7$$

$$C_x = \frac{\text{Massa dry cake}}{\text{Massa slurry}}$$

$$= \frac{11.589,71}{430.846,55}$$

$$= 0,0027$$

$$C_s = \frac{\rho \times C_x}{1 - m C_x}$$

$$= \frac{951,12 \times 0,0027}{2,57 \text{ kg/m}^3 \text{ slurry}}$$

$$= \frac{1 - 1,7 (0,0027)}{1 - 1,7 (0,0027)}$$

$$V/t_c = m \text{ slurry } (C_x) (C_s)$$

$$= 119,68 (0,0027) (2,57)$$

$$= 0,13 \text{ m}^3 \text{ filtrat/s}$$

$$\alpha = (4.37 \times 10^9)(-\Delta P)^{0.3}$$

$$\alpha = (4.37 \times 10^9)(67 \times 10^3)^{0.3}$$



## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\alpha = 122.547.336.851 \text{ m/kg}$$

$$\frac{V}{A \times t_c} = \left[ \frac{2f(-\Delta P)}{t_c \mu \alpha C_s} \right]^{1/2}$$

$$\frac{V}{A} = \frac{2 \times 0,3 \times 67000}{300 \times 0,001685 \times 122.547.336.851 \times 2,57}$$

$$\frac{V}{A} = 496.082,57 \text{ m}^2$$

### Menghitung Diameter Filter :

$$A = \pi D H$$

Diasumsikan bahwa  $H = 2D$ , sehingga,

$$A = 2 \pi D^2$$

$$496.082,57 = 2 \pi D^2$$

$$D = 281,06 \text{ m}$$

$$r = 140,53 \text{ m}$$

$$H = 562,12 \text{ m}$$

### Menghitung Waktu Tinggal :

$$t = f \times t_c$$

$$= 0,3 \times 300$$

$$= 90 \text{ sekon}$$

### Menghitung Kecepatan Putar :

$$N = f/t_c$$

$$= 0,3/5$$

$$= 0,06 \text{ rpm}$$

### Spesifikasi :

Fungsi	: Untuk mencuci pulp yang keluar dari <i>blow tank</i>
Type	: <i>Rotary Drum Filter</i>
Kapasitas	: 430.846,55 kg/jam
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 90,57°C
Berat Filtrat yang Keluar	: 411.160,13 kg/jam
Berat Cake yang Dihasilkan	: 19.686,42 kg/jam
Densitas Cake	: 1.013,062 kg/m <sup>3</sup>
Densitas Filtrat	: 951,124 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas Filtrat	: 0,001685 kg/m.s

### Appendiks C Spesifikasi Alat

Volume Filtrat	: 432,29 m <sup>3</sup> /jam
Massa Dry Cake	: 11.589,71 kg/jam
Kandungan Air pada Cake	: 41%
Penurunan Tekanan	: 67 kPa
Waktu Siklus	: 5 menit
Bagian Filter yang Tercelup	: 30%
Luas Filter	: 496.082,57 m <sup>2</sup>
Diameter Filter	: 281,06 m
Tinggi Filter	: 562,12 m
Waktu Tinggal	: 90 s
Kecepatan Putaran	: 0,06 rpm
Jumlah	: 1 unit

#### 13. Mixer (M-231)

Fungsi	: Untuk mencampurkan pulp dengan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dan air
Type	: Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah standar dishead dilengkapi dengan pengaduk
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm Temperatur = 30 °C

#### Perhitungan :

Mahan Masuk :

Komponen	Rate Massa	Fraksi	Densitas	Fraksi x Densitas
Selulosa	9910,7607	0,12512971	1650	206,46
Hemiselulosa	1508,4872	0,019045618	1520	28,95
Lignin	170,4591	0,002152155	1330	2,86
Air pada serat	8096,7092	0,102226146	977,81	99,96

*Appendiks C Spesifikasi Alat*

H2O2	290,8214	0,003671807	1070	3,93
Air pada H2O2	12634,5751	0,159519613	977,81	155,98
Air Proses	46592,0848	0,588254951	977,81	575,20
<b>TOTAL</b>	<b>79203,897</b>	<b>1</b>		<b>1073,34</b>

Densitas	=	1.074,34	kg/m <sup>3</sup>
		67,01	lb/cuft
Viskoasitas campuran	=	0,0978061	kg/ms
Rate Massa	=	79.203,897	kg.jam
	=	174.612,91	lb/jam

<i>Rate Volumetric</i>	=	<u>Rate Massa</u>	
		<u>Densitas</u>	
	=	174.612,91	
		67,01	
	=	2.605,9097	cuft/jam
Asumsi : Waktu Tinggal	=	2	Jam
Volume Larutan	=	80% volume tangki	
Volume Larutan	=	<i>Rate Volumetric</i> x Waktu tinggal	
	=	2.605,9097 x 2	
	=	5.211,82	cuft
Volume Tangki	=	Volume Larutan : 80%	
	=	5.211,82 : 80%	
	=	6.514,77	cuft

**Menentukan Ukuran Tangki dan Ketebalannya :**

Asumsi dimensi rasio (H/D)	=	4	
Volume Tanki	=	1/4 π (D <sup>2</sup> ) H	
	=	1/4 π (D <sup>2</sup> ) 4D	
6.514,77	=	1/4 (3,14) 4D <sup>3</sup>	

Sehingga didapatkan :

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 D &= 12,75 \quad \text{ft} \\
 &= 13 \quad \text{ft} &= 156 \quad \text{in} \\
 H &= 52 \quad \text{ft} \\
 &= 56 \quad \text{ft} &= 672 \quad \text{in}
 \end{aligned}$$

### Menentukan Tebal Minimum Shell :

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk *cylindrical tank* :

$$t \text{ min} = \frac{P \times r}{fE - 0,6P} + C$$

Dimana,

- t min : Tebal shell minimum (in)
- P : Tekanan tangki (psi)
- r : jari-jari tangki (in)
- C : Faktor korosi (digunakan 1/8 in)
- E : Faktor pengelasan, digunakan *double welded butt joint* (E = 0,8)
- f : *Stress Allowable*, bahan kontruksi CS SA-283 Grade C (f = 12.650)

$$P \text{ operasi} = P \text{ hidrostatik}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ hidrostatik} &= \frac{\rho \times H}{144} \\
 &= 0,47 H \text{ psi}
 \end{aligned}$$

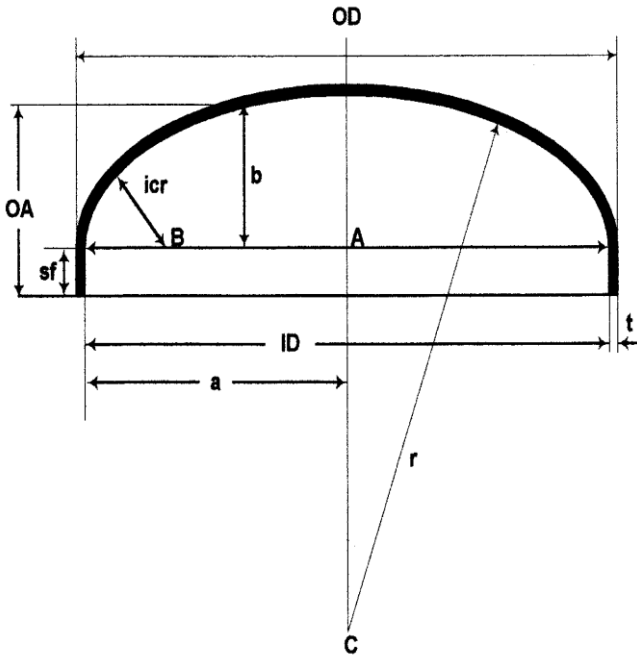
P design diambil 20% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan, sehingga :

$$\begin{aligned}
 P \text{ design} &= 1,2 \times P \text{ hidrostatik} \\
 &= 1,2 \times 0,47 H \\
 &= 0,56 H \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jari-jari (r)} &= 0,5 D \\
 &= 0,5 (156) \\
 &= 78 \text{ in}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Tebal Shell pada Tiap Course

Appendiks C Spesifikasi Alat



**Course 1**

$$\begin{aligned}
 t_{\min} &= \frac{0,56 (56) \times 78}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (56))} + 0,125 \\
 &= \frac{2.439,04}{10.101,184} + 0,125 \\
 &= 0,37 \text{ in} \\
 &= \frac{3}{8} \text{ in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (156 + (3/8)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= 4,08 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

**Course 2**

$$t_{\min} = 0,56 (48) \times 78 + 0,125$$

*Appendiks C Spesifikasi Alat*

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (48))}{2.090,6} + 0,125 \\
 &= \frac{10.103,918}{0,33 \text{ in}} \\
 &= \frac{3/8 \text{ in}}{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}} \\
 \text{L} &= \frac{12 \times n}{3,14 \times (156 + (3/8)) - (10 \times (5/32))} \\
 &= \frac{12 \times 10}{4,08 \text{ ft}}
 \end{aligned}$$

**Course 3**

$$\begin{aligned}
 \text{t min} &= \frac{0,56 (40) \times 78}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (40))} + 0,125 \\
 &= \frac{1.742,17}{10.106,5987} + 0,125 \\
 &= \frac{0,30 \text{ in}}{5/16 \text{ in}} \\
 \text{L} &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (156 + (5/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= \frac{4,08 \text{ ft}}{}
 \end{aligned}$$

**Course 4**

$$\begin{aligned}
 \text{t min} &= \frac{0,56 (32) \times 78}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (32))} + 0,125 \\
 &= \frac{1.393,74}{10.109,248} + 0,125 \\
 &= \frac{0,26 \text{ in}}{5/16 \text{ in}} \\
 \text{L} &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (156 + (5/16)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10}
 \end{aligned}$$

*Appendiks C Spesifikasi Alat*

$$= 4,08 \text{ ft}$$

**Course 5**

$$t \text{ min} = \frac{0,56 (24) \times 78}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (24))} + 0,125$$

$$= \frac{1.045,3}{10.111,936} + 0,125$$

$$= 0,23 \text{ in}$$

$$= 1/4 \text{ in}$$

$$L = \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n}$$

$$= \frac{3,14 \times (156 + (1/4)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10}$$

$$= 4,08 \text{ ft}$$

**Course 6**

$$t \text{ min} = \frac{0,56 (16) \times 78}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (16))} + 0,125$$

$$= \frac{696,87}{10.114,624} + 0,125$$

$$= 0,19 \text{ in}$$

$$= 1/4 \text{ in}$$

$$L = \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n}$$

$$= \frac{3,14 \times (156 + (1/4)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10}$$

$$= 4,08 \text{ ft}$$

**Course 7**

$$t \text{ min} = \frac{0,56 (8) \times 78}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 0,56 (8))} + 0,125$$

$$= \frac{348,43}{10.117,312} + 0,125$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

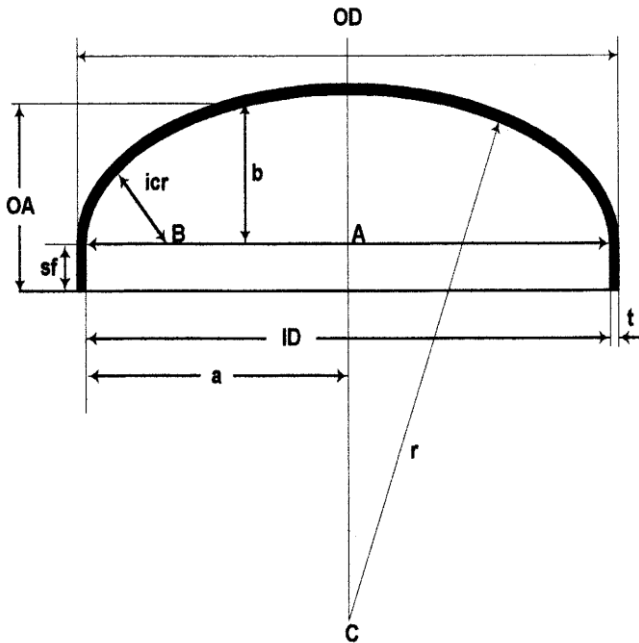
$$\begin{aligned}
 &= 0,16 \quad \text{in} \\
 &= 1/5 \quad \text{in} \\
 L &= \frac{\pi \times (D + \text{tebal shell}) - \text{panjang las}}{12 \times n} \\
 &= \frac{3,14 \times (180 + (1/5)) - (10 \times (5/32))}{12 \times 10} \\
 &= 4,08 \quad \text{ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 OD &= ID + 2t \\
 &= 156 + 2(1/5) \\
 &= 156,4
 \end{aligned}$$

Distandarkan menurut ASME, OD = 168 in

### Menentukan Tebal Head dan Dishead

Bentuk head = Standar dishead (orispherical dishead head)





## Appendiks C Spesifikasi Alat

Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 (*Geankoplis*) :

$$th = \frac{0,855 \times P \times r}{(f \times E) - (0,1 \times P)} + C$$

Dari tabel 2.7 Brownell-Young

$$Icr = 10 \frac{1}{8}$$

$$R = 144$$

$$\begin{aligned} \mathbf{P \text{ hidrostatik}} &= \frac{\rho \times H}{144} \\ &= \mathbf{0,47 H \text{ psi}} \end{aligned}$$

P design diambil 20% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan.

$$\begin{aligned} \mathbf{P \text{ design}} &= \mathbf{1,2 \times 0,47 H} \\ &= \mathbf{0,56 H \text{ psi}} \\ &= \mathbf{4,47 \text{ psi}} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} th &= \frac{(0,855 \times 4,47 \times 144)}{(12.650 \times 0,8) - (0,1 \times 4,4)} + 0,125 \\ &= 0,18 \text{ in} \quad (\text{dipakai tebal standar } 3/16) \end{aligned}$$

$$OD = 168 \text{ in} = 14 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} ID &= OD - 2th \\ &= 168 - 2(3/16) \\ &= 168 - 0,375 \\ &= 167,6 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= ID : 2 \\ &= 167,6 : 2 \\ &= 83,81 \text{ in} \end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 144 - 10 \frac{1}{8} \\ &= 133,88 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= (ID : 2) - icr \\ &= 83,81 - 10 \frac{1}{8} \\ &= 73,69 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= \sqrt{((133,88)^2) - ((73,69)^2)} \\ &= 111,8 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - AC \\ &= 144 - 111,8 \\ &= 32,23 \text{ in} \end{aligned}$$

$$OA1 = 33,92 \text{ in}$$

Dipakai tebal head = 3/16 in (tabel 5.7 Brownell-Young)

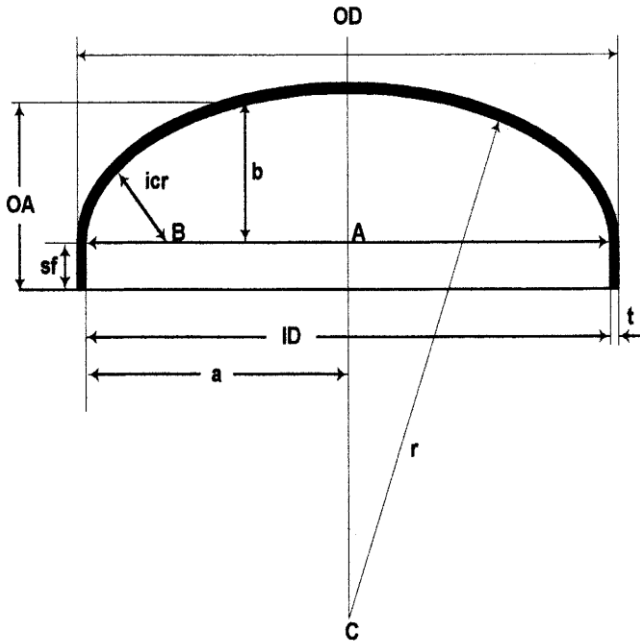
$$\begin{aligned} \frac{Icr}{OD} &= \frac{10 \frac{1}{8}}{168} \\ &= 0,06 = 6\% \end{aligned}$$

Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6% dengan persamaan 5.11 Brownell-Young, dihitung volume head :

$$\begin{aligned} V &= 0,000049 \times (ID)^3 \\ V &= 0,000049 \times (167,76)^3 \\ &= 230,79 \text{ cuft} \end{aligned}$$

Bentuk dishead = Standar dishead (torispherical dishead head)

Appendiks C Spesifikasi Alat



Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 (*Geankoplis*) :

$$th = \frac{0,855 \times P \times r}{(f \times E) - (0,1 \times P)} + C$$

Dari tabel 2.7 Brownell-Young

$$icr = 10 \frac{1}{8}$$

$$R = 144$$

$$\begin{aligned} \mathbf{P \text{ hidrostatis}} &= \frac{\rho \times H}{144} \\ &= \mathbf{0,47 H \text{ psi}} \end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

P design diambil 20% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{P\ design} &= \mathbf{1,2 \times 0,47\ H} \\
 &= \mathbf{0,56\ H\ psi} \\
 &= \mathbf{31,27\ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga,} \\
 \text{th} &= \frac{(0,855 \times 31,27 \times 144)}{(12.650 \times 0,8) - (0,1 \times 31,27)} + 0,125 \\
 &= 0,51\ \text{in} \quad (\text{dipakai tebal standar } 5/8)
 \end{aligned}$$

$$\text{OD} = 168\ \text{in} = 14\ \text{ft}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ID} &= \text{OD} - 2\text{th} \\
 &= 168 - 2(5/8) \\
 &= 168 - 1,25 \\
 &= 166,8\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{a} &= \text{ID} : 2 \\
 &= 166,8 : 2 \\
 &= 83,38\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BC} &= r - \text{icr} \\
 &= 144 - 10\ 1/8 \\
 &= 133,88\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{AB} &= (\text{ID} : 2) - \text{icr} \\
 &= 83,81 - 10\ 1/8 \\
 &= 73,25\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{AC} &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{((133,88)^2) - ((73,25)^2)} \\
 &= 112,1\ \text{in}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{b} = r - \text{AC}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= 144 - 112,1$$

$$= 31,94 \text{ in}$$

$$\text{OA2} = 34,07 \text{ in}$$

Dipakai tebal head = 3/16 in (tabel 5.7 Brownell-Young)

$$\frac{\text{Icr}}{\text{OD}} = \frac{10 \frac{1}{8}}{168}$$

$$= 0,06 = 6\%$$

Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6% dengan persamaan 5.11 Brownell-Young, dihitung volume head :

$$V = 0,000049 \times (\text{ID})^3$$

$$V = 0,000049 \times (166,8)^3$$

$$= 227,19 \text{ cuft}$$

$$\text{Tinggi Tangki} = H + \text{OA1} + \text{OA2}$$

$$= 739,98 \text{ in}$$

### **Perhitungan Sistem Pengaduk :**

Dipakai jenis pengaduk tipe propeller dengan 4 baffles (*Geankoplis, Table 3.4-1*)

$$- \frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad - \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$- \frac{H}{D_t} = 1 \quad - \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

$$- \frac{C}{D_t} = \frac{1}{3} \quad - \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

Dimana :

Dt	= Diameter Tangki	(ft)
Da	= Diameter Pengaduk	(ft)
W	= Lebar Pengaduk	(ft)
H	= Tinggi Larutan	(ft)
L	= Tinggi Pengaduk	(ft)
C	= Tinggi Pengaduk dari Dasar Tangki	(ft)
J	= Lebar Baffles	(ft)

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Maka diperoleh :

$$\begin{aligned}
 - \text{Da} &= \frac{13}{3} = 4,33 \text{ ft} \\
 - \text{W} &= \frac{4,33}{5} = 0,87 \text{ ft} \\
 - \text{L} &= \frac{4,33}{4} = 1,08 \text{ ft} \\
 - \text{H} &= \frac{13}{1} = 13 \text{ ft} \\
 - \text{C} &= \frac{13}{3} = 4,33 \text{ ft} \\
 - \text{J} &= \frac{13}{12} = 1,08 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

### Kebutuhan Power Pengaduk :

Diameter Pengaduk	=	4,33	ft	=	1,3	
					2	m
					=	52
						n
						r
Kecepatan putaran	=	60	rpm	=	1	ps

$$\begin{aligned}
 \text{Nre} &= \frac{\rho N D a^2}{\mu} \\
 &= \frac{1.073 \times 1 \times (1,32)^2}{0,007} \\
 &= 19.144,64 \text{ (laminer)}
 \end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Menggunakan curve 5 pada figure 3.4-5, Geankoplis edisi 4 halaman 159, didapatkan :

$N_p$	=	0,38
Power Pengaduk	=	$N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5$
	=	1.639,49 W
	=	1,64 kW
	=	2,2 hp
	=	3 hp

### **Spesifikasi**

Fungsi : Untuk mencampurkan pulp dengan

$H_2O_2$  dan air

Type : Silinder dengan tutup atas dan tutup bawah standar dishead dilengkapi dengan pengaduk

### Dimensi Tangki :

Kapasitas : 6.514,77 cuft

Tinggi : 739,98 in

Diameter

- *Inside Diameter* : 156 in

- *Outside Diameter* : 168 in

Tebal Shell

- Course 1 : 3/8 in

- Course 2 : 3/8 in

- Course 3 : 5/16 in

- Course 4 : 5/16 in

- Course 5 : 1/4 in

- Course 6 : 1/4 in

- Course 7 : 3/16 in

Tebal Tutup Atas : 3/16 in

Tebal Tutup Bawah : 5/8 in

Bahan Kontruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C

Jumlah : 1

### Dimensi Pengaduk :

Jenis Pengaduk : Propeller

Diameter Pengaduk : 52 in  
 Kecepatan Putaran : 1 rps  
 Power Motor : 3 hp  
 Jumlah : 1 unit

**14. Head Box (X-313)**

Fungsi : Untuk mendistribusikan pulp secara merata ke atas wire part  
 Type : *Three-Pass Baffles Headbox*  
 Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
 Temperatur = 30,35 °C  
 Rate Massa = 329.861,29kg/jam

Spesifik *head box* (Britt, 1970) :

- Kecepatan Alir Roll = 1,5 ft/s
- Diameter Roll = 16 in
- Jumlah = 3 roll
- Ketebalan Roll = 0,2 in
- Kecepatan Putar Roll = 30 rpm
- Ketinggian *Head Box* = 10 m

**Perhitungan :**

$$Jet\ Geometry\ (v) = \frac{1}{2} mv^2 = m g h$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

(Britt, 1970)

Dimana,

v : *Jet Geometry* (ft/s)  
 g : *Gravity* (ft/s<sup>2</sup>)  
 h : *Height of Fluida* dari *Open Slice* (ft)

Sehingga,

$$V = \sqrt{2gh}$$

$$= \sqrt{2 \times 32,17 \times 32,81}$$

$$= 45,95\ ft/s$$

**Spesifikasi :**



## Appendiks C Spesifikasi Alat

Fungsi	: Untuk mendistribusikan pulp secara merata ke atas <i>wire part</i>
Type	: <i>Three-Pass Baffles Headbox</i>
Kecepatan Alir Roll	: 1,5 ft
Diameter Roll	: 16 in
Jumlah Roll	: 3 roll
Ketebalan Roll	: 0,25 in
Kecepatan Putar Roll	: 30 rpm
Ketinggian <i>Head Box</i>	: 10 m
<i>Jet Geometry</i>	: 45,95 ft/s
Jumlah	: 1 unit

### 15. *Wire Part* (X-314)

Fungsi	: Untuk membentuk pulp menjadi lembaran kertas
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm Temperatur = 30 °C Rate Massa = 329.859,04 kg/jam

Spesifikasi *Wire Part* :

- Panjang *wire* = 35,79 m
- Lebar *wire* = 3,9 m

(PT. ADIPRIMA SURPARINTA)

### Spesifikasi

Fungsi	: Untuk membentuk pulp menjadi lembaran kertas
Type	: <i>Metal Wire</i>
Panjang Wire	: 35,7 m
Lebar Wire	: 3,9 m

### 16. *Drum Reel* (X-315)

Fungsi	: Untuk membentuk gulungan kertas
Kondisi Operasi	: Tekanan = 1 atm Temperatur = 30 °C Densitas Produk = 736,6 kg/m <sup>3</sup>

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\text{Jumlah Produk} = 250.000 \text{ kg/hari}$$

### Perhitungan :

Direncanakan kertas digulung dalam roller dengan berat 500 kg, maka :

$$\begin{aligned} \text{Volume Roller} &= \frac{25.000}{736,6} \\ &= 339,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Roller} &= 1/4 \pi D^2 H \\ 339,4 &= 1/4 (3,14) D^3 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} D &= 7,56 \text{ m} \\ &= 8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Roller} &= \text{Diameter Roller} = 8 \text{ m} \\ \text{Banyaknya roller yang digunakan} &= 25.000 : 500 \\ &= 500 \text{ roller} \end{aligned}$$

### Spesifikasi :

Fungsi : Untuk menyimpan lembaran kertas dalam bentuk roll

#### Dimensi Roller :

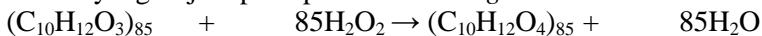
Volume : 339,4 m<sup>3</sup>  
 Diameter : 8 m  
 Tinggi : 8 m  
 Jumlah : 500 roller

### 17. Reaktor H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (R-230)

Fungsi : Untuk mereaksikan lignin dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk meningkatkan *brightness*

Type : *Mixed Flow Reactor*

Reaksi yang terjadi pada proses *bleaching* :



Komponen	Rate Massa	Fraksi	Densitas	Fraksi x Densitas

*Appendiks C Spesifikasi Alat*

Selulosa	9910,76	0,1251	1650	206,5
Lignin	170,46	0,0022	1330	2,86
Hemiselulosa	1508,49	0,0190	1520	28,95
Air pada serat	8096,71	0,1022	977,81	99,96
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	290,80	0,0037	1060	3,89
Air proses	59226,28	0,7478	977,81	731,2
<b>TOTAL</b>	<b>79203,50</b>	<b>1,0000</b>		<b>1073,31</b>

Rate Massa	=	79.203,5	kg/jam
	=	174.612,03	lb/jam
Densitas	=	1.073,31	kg/m <sup>3</sup>
	=	67,01	lb/cuft
Viskositas	=	0,003180	kg/ms
<i>Rate Volumetric</i>	=	Rate Massa/Densitas	
	=	174.612,03/67,01	
	=	2.605,89	cuft/jam
<b>Kondisi Operasi:</b>			
Temperatur	=	90	°C
Tekanan	=	5	bar
Rate Massa	=	174.612,03	lb/jam
Waktu	=	3	jam

**Perhitungan Dimensi Reaktor :**

$$t = \frac{C_{AO} \times V}{F_{AO}}$$

$$C_{AO} = \frac{\text{mol masuk}}{\text{Volume feed}}$$

$$= \frac{66.126,19}{\text{Volume feed}}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\text{Sehingga,} \quad = \frac{2.605,89}{25,376} \quad \text{lbmol/cuft}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{t \quad x \quad F_{Ao}}{C_{Ao}} \\ &= \frac{3 \quad x \quad 66.126,19}{25,376} \\ &= 7817,7 \quad \text{cuft} \end{aligned}$$

Untuk perancangan, ditambahkan faktor kelonggaran sebesar 20%, sehingga :

$$\begin{aligned} V_R &= 1,2 \quad x \quad 7.817,7 \\ &= 9.381,2 \quad \text{cuft} \end{aligned}$$

### Direncanakan :

#### A. Menghitung Dimensi Tangki

#### Menentukan Ukuran Tangki dan Ketebalannya :

#### Menentukan Ukuran Tangki dan Ketebalannya

$$\begin{aligned} \text{Asumsi dimensi rasio (H/D)} &= 4 \\ \text{Volume tangki} &= \frac{1}{4} \pi (D^2) H \\ 9.381,2 &= \frac{1}{4} \pi (D^2) 4D \end{aligned}$$

Sehingga didapat,

$$\begin{aligned} D &= 14.4 \text{ ft} \approx 15 \text{ ft} = 180 \text{ in} \\ H &= 60 \text{ ft} \approx 64 \text{ ft} = 768 \text{ in} \end{aligned}$$

#### Menentukan Tebal Minimu Shell

Tebal shell berdasarkan ASME *Code* untuk *cylindric tank* :

$$t \text{ min} = \frac{P \times r}{fE - 0,6P} + C$$

(Brownell, pers. 13-1, hal. 254)

Dimana,

t min : Tebal shell minimum (in)  
P : Tekanan tangki (psi)

## Appendiks C Spesifikasi Alat

r : jari-jari tangki (in)  
 C : Faktor korosi (digunakan 1/8 in)  
 E : Faktor pengelasan, digunakan *double welded butt joint* (E = 0,8)  
 f : *Stress Allowable*, bahan konstruksi CS SA-283 Grade C (f = 12.650)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{P \text{ operasi}} &= \mathbf{5 \text{ bar}} = \mathbf{72,5 \text{ psi}} \\
 \mathbf{P \text{ hidrostatik}} &= \frac{\mathbf{\rho \times H}}{\mathbf{144}} \\
 &= \mathbf{27,92 \text{ psi}}
 \end{aligned}$$

P design diambil 20% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan, sehingga :

$$\begin{aligned}
 \mathbf{P \text{ total}} &= \mathbf{P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik}} \\
 &= \mathbf{100,42 \text{ psi}} \\
 \mathbf{P \text{ design}} &= \mathbf{1,2 \times 100,42} \\
 &= \mathbf{120,5 \text{ psi}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jari-jari (r)} &= D/2 \\
 &= 180/2 \\
 &= 90 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Sehingga,

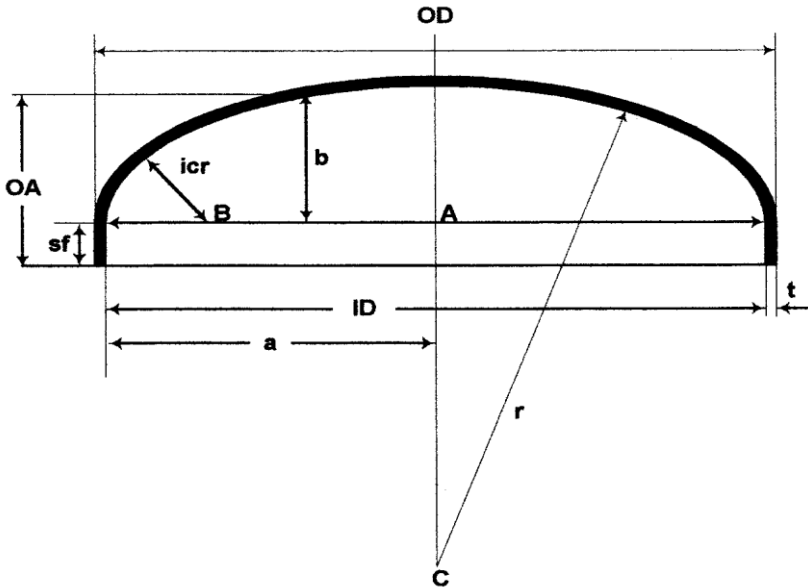
$$\begin{aligned}
 t \text{ min} &= \frac{120,5 \times 90}{(12.650 \times 0,8) - (0,6 \times 120,5)} + 0,125 \\
 &= 1,2 \text{ in} \quad (\text{dipakai tebal standar } 1 \frac{1}{4}) \\
 \text{OD} &= \text{ID} + 2t \\
 &= 182,5 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Distandarkan menurut ASME, OD = 192 in

### Menentukan Tebal Head dan Dishead

Bentu Head = Standar dishead (terispherical dishead head)

Appendiks C Spesifikasi Alat



Tebal head dihitung dengan persamaan 13.12 Brownell-Young :

$$th = \frac{0,855 \times P \times r}{(f \times E) - (0,1 \times P)} + C$$

Dari tabel 5.7 Brownell-Young didapatkan :

$$icr = 11 \frac{1}{2}$$

$$r = 170$$

Sehingga,

$$th = \frac{(0,855 \times 120,5 \times 170)}{(12.650 \times 0,8) - (0,1 \times 120,5)} + 0,125$$

$$= 0,47 + 0,125$$

$$= 1,73 \text{ in (dipakai tebal standar } 1 \frac{3}{4} \text{ in)}$$

$$OD = 192 \text{ in} = 16 \text{ ft}$$

*Appendiks C Spesifikasi Alat*

$$\begin{aligned}
 \text{ID} &= \text{OD} - 2\text{th} \\
 &= 192 - 2(1,75) \\
 &= 192 - 3,5 \\
 &= 188,5 \text{ in} \\
 \\
 \text{a} &= \text{ID} : 2 \\
 &= 188,5 : 2 \\
 &= 94,25 \text{ in} \\
 \\
 \text{BC} &= r - \text{icr} \\
 &= 170 - 11 \frac{1}{2} \\
 &= 158,5 \text{ in} \\
 \\
 \text{AB} &= (\text{ID} : 2) - \text{icr} \\
 &= 94,25 - 11 \frac{1}{2} \\
 &= 82,75 \text{ in} \\
 \\
 \text{AC} &= \sqrt{\text{BC}^2 - \text{AB}^2} \\
 &= \sqrt{((158,5)^2) - ((82,75)^2)} \\
 &= 135,2 \text{ in} \\
 \\
 \text{b} &= r - \text{AC} \\
 &= 170 - 135,2 \\
 &= 34,82 \text{ in} \\
 \\
 \text{OA} &= 38,07 \text{ in} \\
 \text{Tinggi Tangki} &= \text{H} + 2\text{OA} \\
 &= 768 + 2(38,07) \\
 &= 768 + 76,14 \\
 &= 844,14 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipakai tebal head  $1 \frac{3}{4}$  in (tabel 5.7 Brownell-Young), sehingga:

$$\frac{\text{Icr}}{\text{D}} = \frac{11 \frac{1}{2}}{192}$$

$$= 0,06$$

Untuk rasio icr terhadap OP sekitar 6% dengan persamaan 5.11 Brownell-Young, dihitung volume head :

$$\begin{aligned} V &= 0,000049 \times (ID)^3 \\ V &= 0,000049 \times (180)^3 \\ &= 285,77 \text{ cuft} \end{aligned}$$

## B. Menghitung Dimensi Pengaduk

**Perhitungan Sistem Pengaduk :**

**Perhitungan Sistem Pengaduk :**

Dipakai jenis pengaduk tipe propeller dengan 4 baffles

(Geankoplis, Table 3.4-1)

$$\begin{aligned} - \frac{Da}{Dt} &= \frac{1}{3} & - \frac{W}{Da} &= \frac{1}{5} \\ - \frac{H}{Dt} &= 1 & - \frac{L}{Da} &= \frac{1}{4} \\ - \frac{C}{Dt} &= \frac{1}{3} & - \frac{J}{Dt} &= \frac{1}{12} \end{aligned}$$

Dimana :

Dt	= Diameter Tangki	(ft)
Da	= Diameter Pengaduk	(ft)
W	= Lebar Pengaduk	(ft)
H	= Tinggi Larutan	(ft)
L	= Tinggi Pengaduk	(ft)
C	= Tinggi Pengaduk dari Dasar Tangki	(ft)
J	= Lebar Baffles	(ft)

Maka diperoleh :

$$\begin{aligned} - Da &= \frac{15}{3} = 5,00 \text{ ft} \\ - W &= \frac{5}{5} = 1,00 \text{ ft} \end{aligned}$$



*Appendiks C Spesifikasi Alat*

$$\begin{aligned}
 - L &= \frac{5}{4} = 1,25 \text{ ft} \\
 - H &= \frac{15}{1} = 15 \text{ ft} \\
 - C &= \frac{15}{3} = 5,00 \text{ ft} \\
 - J &= \frac{15}{12} = 1,25 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

**Kebutuhan Power Pengaduk :**

Diameter Pengaduk	=	5,00	ft	=	1,53	m
						= 60 in
Kecepatan putaran	=	60	rpm	=	1	rps

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{\rho N D a^2}{\mu} \\
 &= \frac{1.073,31 \times 1 \times (1,63)^2}{0,003189} \\
 &= 785.002,94 \text{ (laminer)}
 \end{aligned}$$

Menggunakan curve 5 pada figure 3.4-5, Geankoplis edisi 4 halaman 159, didapatkan :

Np	=	0,38
Power Pengaduk	=	Np x ρ x N <sup>3</sup> x Da <sup>5</sup>
	=	3.364,01 W
	=	3,36 W

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= 4,51 \quad \text{hp} \quad \approx \quad 5 \quad \text{hp}$$

### Menghitung Jacket Pemanas :

Jumlah Steam (175 <sup>0</sup> C)					
	=	36.854,04656	kg/jam		
	=	81.248,431	lb/jam		
V steam	=	F steam / ρ steam			
	=	81.248,431 / 0,0313			
	=	2.595.796,52	cuft/jam		
Diameter Dalam Jacket (D1)	=	Diameter Dalam + (2 x tebal shell)			
	=	182,5 in	= 15,21 ft		
Tinggi Jacket	=	Tinggi Reaktor			
	=	844,14 in	= 70,34 ft		
Asumsi Jarak Jacket	=	5 in	= 0,42 ft		
Diameter Luar Jacket (D2)	=	Diameter Dalam + (2 x jarak jacket)			
	=	192,5 in	= 16,04 ft		
Luas Area Steam (A)	=	$1/4 \pi (D2^2 - D1^2)$			
	=	20,44	ft <sup>2</sup>		
Kecepatan Superficial Steam (v) :					
v	=	Vsteam / A			
	=	2.595.796,52 / 20,44			
	=	126.979,09	ft/jam		

### Spesifikasi :

Fungsi		: Untuk mereaksikan lignin dengan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> untuk meningkatkan <i>brightness</i>
Type		: <i>Mixed Flow Reactor</i>
jumlah		: 1 unit
<u>Dimensi Tangki :</u>		
Kapasitas		: 9.381,22 cuft
Tinggi		: 844,14 in
Diameter		
- <i>Inside Diameter</i>		: 180 in

## Appendiks C Spesifikasi Alat

- *Outside Diameter* : 192 in
- Tebal Shell : 1 ¼ in
- Tebal Tutup Atas : 1 ¾ in
- Tebal Tutup Bawah : 1 ¾ in
- Bahan Kontruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C

### Dimensi Pengaduk :

- Jenis Pengaduk : Propeller
- Diameter Pengaduk : 60 in
- Kecepatan Putaran : 1 rps
- Power Motor : 5 hp

### Dimensi Jacket

- $V_{\text{steam}}$  : 2.595.796,52 cuft/jam
- Diameter
  - *Inside Diameter* : 15,21 ft
  - *Outside Diameter* : 16,04 ft
- Tinggi Jacket : 70,34 ft
- Luas Area Steam : 20,44 ft<sup>2</sup>
- Kec. Superficial Steam : 126.979,09 ft/jam

## **18. Rotary Drum Dryer (B-310)**

- Fungsi : untuk mengurangi kadar air kertas dari wire part
- Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm  
Temperatur = 100°C  
Rate Mass = 21990,75 kg/jam
- Jenis : Counter-current Rotary Dryer

### **Kondisi Operasi:**

- Temperatur steam masuk = 225 °C
- Temperatur bahan masuk = 37,7401 °C
- Temperatur bahan keluar = 100 °C
- Rate mass produk = 21990,75 kg/jam  
= 48480,82 lb/jam
- Jumlah steam = 17949,87681 kg/jam  
= 39572,30 lb/jam

## Appendiks C Spesifikasi Alat

– Q supply	= 32965246,58 kJ/jam	
	= 31245025,08 BTU/h	
– Densitas steam	= 0,04 kg/m <sup>3</sup>	
	= 0,03 lb/ft <sup>3</sup>	
– Densitas campuran	= 1232,49 kg/m <sup>3</sup>	
	= 76,94 lb/ft <sup>3</sup>	
– Volume campuran umpan	= 630,10	

Perhitungan Volume Rotary Dryer:

– Faktor kelonggaran	= 8%	
– Volume Rotary Dryer	= 630,10 x 1,08	
	= 680,50	ft <sup>3</sup>

Perhitungan Luas Permukaan Rotary Dryer

– Temperatur steam	= 225 °C	
	= 437 °F	
– Temperatur bahan masuk	= 37,7401 °C	
	= 99,93 °F	
– Temperatur bahan keluar	= 100 °C	
	= 212 °F	
– Ud (kern, table 8)	= 300 BTU/jam °F ft <sup>2</sup>	
– LMTD	= $\frac{(437-212)-(437-99,93)}{\ln \frac{(437-212)}{(437-99,93)}}$	
	= 277,27 °F	

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Permukaan Dryer, A} &= \frac{Q}{U_d \times \text{LMTD}} \\
 &= \frac{31245025,08}{300 \times 277,27} \\
 &= 375,63 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Desain Rotary Dryer:

$$Q = \frac{10,98 K f v^{2/3} \Delta t}{D_m^2} D_s \sqrt{\frac{\rho_t}{\rho_s}}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Dimana:

- $Q$  = Laju perpindahan panas (BTU/jam)  
 $K_f$  = Konduktivitas panas (BTU/(h.ft)(°F.ft))  
 $v$  = Volume dryer (ft<sup>3</sup>)  
 $D_s$  = selisih suhu (°F)  
 $D_m$  = Diameter nozzle (ft)  
 $\rho_t$  = Densitas bahan (lb/ft<sup>3</sup>)  
 $\rho_s$  = Densitas steam (lb/ft<sup>3</sup>)

Volume Dryer

$$\begin{aligned}
 V_m &= \frac{1}{4} \times \pi D^2 L && D:L = 1:5 \text{ (Perry, 1999)} \\
 &= \frac{5}{4} \times \pi D^3 \\
 680,50 &= \frac{5}{4} \times \pi D_m^3 \\
 D_m &= 5,58 \text{ ft} \\
 L &= 5 \times 5,58 \\
 &= 27,88 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas diperoleh  $D_s$ :

$$\begin{aligned}
 D_s &= \frac{Q D_m^2}{10,98 K_f v^{2/3} \Delta t \sqrt{\frac{\rho_t}{\rho_s}}} \\
 D_s &= \frac{31245025,08 \cdot 5,58^2}{10,98 \times 88 \times 1014,97^{2/3} \Delta t \sqrt{\frac{76,94}{0,03}}} \\
 D_s &= 0,94 \text{ ft} \\
 &= 28,74 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Menentukan jumlah putaran:

$$N = \frac{v}{\pi \times D}$$

Dimana:

$$V = \text{Kecepatan putaran linier} = 300\text{-}150 \text{ ft/menit}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

D = Diameter dryer (ft)

Diambil kecepatan linier  $v = 100$  menit

$$N = \frac{v}{\pi \times D}$$

$$= 5,71 \text{ rpm}$$

Range:  $N \times D = 23-35$  rpm

$$N \times D = 31,85 \text{ rpm}$$

Perhitungan waktu tinggal (Retention Time),  $\theta$

$$\theta = \frac{0,23 \times L}{S \times N^{0,9} \times D}$$

dimana:

L = Panjang Rotary Dryer (ft)

N = Rotasi (rpm)

S = Slope (ft/ft)

D = Diameter Rotary Dryer (ft)

$$\theta = \frac{0,23 \times L}{S \times N^{0,9} \times D}$$

$$\theta = \frac{0,23 \times 27,88}{1 \times 5,71^{0,9} \times 5,58}$$

$$= 0,24 \text{ jam}$$

$$= 14,38 \text{ menit}$$

### Spesifikasi:

Fungsi	:	untuk mengurangi
kadar air kertas dari wire part		
Jenis Dryer	:	Counter-current Rotary
Volume Rotary Dryer	:	680,50 ft <sup>2</sup>
Luas Permukaan Rotary Dryer	:	375,63 ft <sup>2</sup>
Diameter Dryer	:	5,58 ft
Panjang Dryer	:	27,88 ft
Diameter nozzle	:	0,94 ft
Jumlah Dryer	:	5,71 rpm
Waktu tinggal	:	14,38 menit
Jumlah	:	1 unit

**19. Calendering (X-315)**

Fungsi	: untuk menghaluskan permukaan kertas
Kondisi operasi	: Tekanan : 1 atm
	Temperatur : 30°C
	Rate Mass : 250.000 kg/jam
	: 551158,535 lb/jam
	: 250 ton/jam

Untuk calendering, spesifikasi dari *Voith Paper Finishing Inc.*:

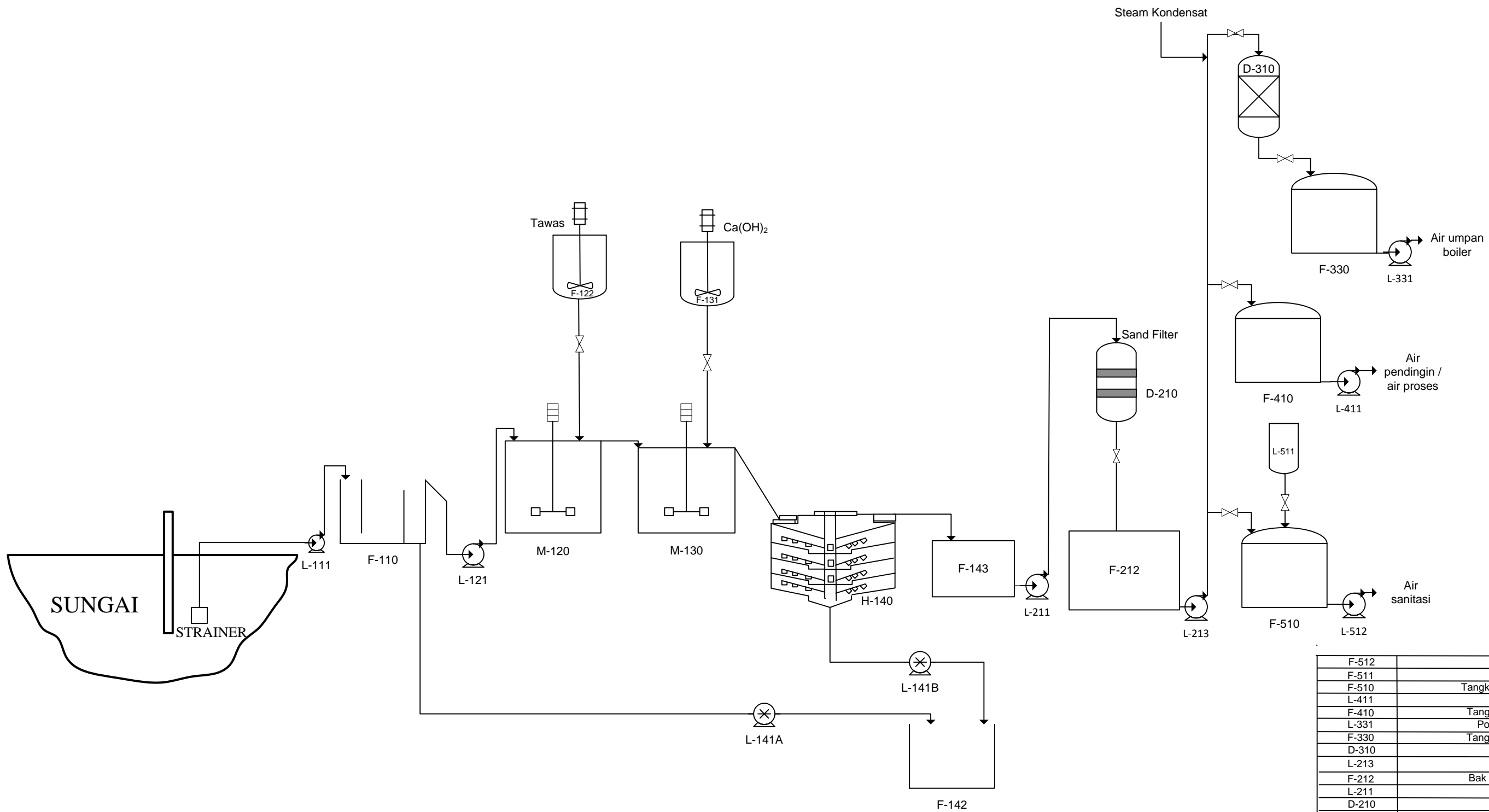
<i>Speed</i>	= 1500 m/min
Jumlah <i>roll</i>	= 12 roll
<i>Paper rolls width</i>	= 650 mm
<i>Roll diameter</i>	= 1200 mm
<i>Caore diameter</i>	= 75 atau 150 mm

**Spesifikasi:**

Fungsi	: untuk menghaluskan permukaan kertas
<i>Speed</i>	= 1500 m/min
Jumlah <i>roll</i>	= 12 roll
<i>Paper rolls width</i>	= 650 mm
<i>Roll diameter</i>	= 1200 mm
<i>Caore diameter</i>	= 75 atau 150 mm







F-512	Pompa Air Sanitasi	1
F-511	Tangki Desinfektan	1
F-510	Tangki Penampung Air Sanitasi	1
L-411	Pompa Air Proses	1
F-410	Tangki Penampung Air Proses	1
L-331	Pompa Air Umpan Boiler	1
F-330	Tangki Penampung Air Boiler	1
D-310	Kation Exchanger	1
L-213	Pompa Air Jernih	1
F-212	Bak Penampung Air Jernih	1
L-211	Pompa Air Bersih	1
D-210	Sand Filter	1
F-143	Bak Penampung Air Bersih	1
F-142	Bak Penampung Lumpur	1
L-141	Pompa lumpur	1
H-140	Clarifier	1
F-131	Tangki Ca(OH) <sub>2</sub>	1
M-130	Tangki flokulasi	1
F-122	Tangki Tawas	1
L-121	Pompa Air Dari Overflow Pengendapan	1
M-120	Tangki Koagulasi	1
L-111	Pompa Air Sungai	1
F-110	Tangki Skimming	1
KODE	NAMA ALAT	JUMLAH

DIGAMBAR OLEH :

1. Egi Hedy Ramadhani 2314 030 029  
 2. Handini Dwi Reksa Palupi 2314 030 042

DIPERIKSA OLEH :

Ir. Elly Agustiani M.Eng 19580819 198503 2 002  
 Nurilaili Humaidah, ST. MT 2300201308001

FLAWSHEET

PABRIK KERTAS CETAK DARI KENAF (*Hibiscus cannabinus*) DENGAN PROSES SODA

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2017



# **BIODATA PENULIS**

## **PENULIS I**



Egi Hedyah Ramadhani, penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 14 Februari 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK KARTIKA III pada tahun 2001, lulus dari SD Kalisari II/513 pada tahun 2007, lulus dari SMP Negeri 6 Surabaya pada tahun 2010 dan lulus dari SMA Negeri 3 Surabaya pada tahun 2013.

Setelah lulus SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS dengan Nomor Registrasi 2314 030 029. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Bidang Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Departemen Teknik Kimia Industri (2015-2016), serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. MITSUBISHI CHEMICAL INDONESIA.

Email : [egihedya@gmail.com](mailto:egihedya@gmail.com)

## **PENULIS II**



Handini Dwi Reksa Palupi, penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 21 Juli 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK MARDISIWI pada tahun 2002, lulus dari SDN PETEMON IX/357 pada tahun 2008, lulus dari SMP Negeri 4 Surabaya pada tahun 2011 dan lulus dari SMA Negeri 21 Surabaya pada tahun 2014.

Setelah lulus SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS dengan Nomor Registrasi 2314 030 042. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Departemen An-Nisa Lembaga Dakwah Jurusan di Departemen Teknik Kimia Industri (2016-2017), serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. WATOETOELIS.

Email : [handinipalupi@gmail.com](mailto:handinipalupi@gmail.com)