

SKRIPSI

**“PRA RANCANGAN PABRIK KERTAS DARI TANDAN
KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN KAPASITAS
200.000 TON/TAHUN”**



Oleh:

Aprilia Miranda Delau

2110017411011

Sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana pada Jurusan Teknik
Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

2026



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI – UNIVERSITAS BUNG HATTA
Kampus III – Jl. Gajah Mada, Gunung Pangilun, telp. (0751) 54257 Padang

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

PRA RANCANGAN PABRIK KERTAS DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
(TKKS) DENGAN KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

OLEH:

APRILIA MIRANDA DELAU

2110017411011

Disetujui oleh:

Pembimbing

Ir. Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D

Diketahui oleh:

Fakultas Teknologi Industri

Jurusan Teknik Kimia

Ketua



Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T

Dr. Maria Ulfah, S.T., M.T

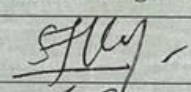
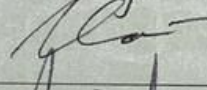
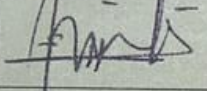


JURUSAN TEKNIK KIMIA

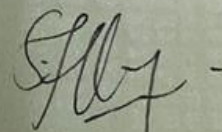
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI – UNIVERSITAS BUNG HATTA
Kampus III – Jl. Gajah Mada, Gunung Pangilun, telp. (0751) 54257 Padang

**LEMBAR PENGESAHAN REVISI LAPORAN SKRIPSI /
PRA RANCANGAN PABRIK**

Nama : Aprilia Miranda Delau
NPM : 2110017411011
Tanggal Sidang : 11 Februari 2026

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Pembimbing	Ir. Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D	
Penguji	1. Dr. Maria Ulfah, S.T., M.T	
	2. Dr. Firdaus, S.T., M.T	

Pembimbing,



Ir. Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI – UNIVERSITAS BUNG HATTA
Kampus III– Jl. Gajah Mada, Gunung Pangilun, telp. (0751) 54257 Padang

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI

PRA RANCANGAN PABRIK KERTAS DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
(TKKS) DENGAN KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

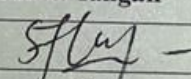
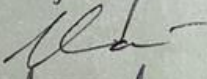
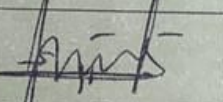
Oleh:

Aprilia Miranda Delau

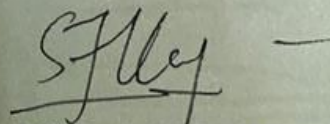
2110017411011

Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Bung Hatta Dengan Team Penguji:

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Pembimbing	Ir. Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D	
Penguji	1. Dr. Maria Ulfah, S.T., M.T	
	2. Dr. Firdaus, S.T., M.T	

Pembimbing,



Ir. Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D

SKRIPSI

“PRA RANCANGAN PABRIK KERTAS DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN”



Oleh:

Aprilia Miranda Delau

2110017411011

**Sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana pada Jurusan Teknik
Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

2026

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PRA RANCANGAN PABRIK KERTAS DARI TANDAN
KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN KAPASITAS
200.000 TON/TAHUN**

OLEH:

APRILIA MIRANDA DELAU

2110017411011

Disetujui Oleh:

Pembimbing

Ir. Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D

Diketahui Oleh:

Fakultas Teknologi Industri

Jurusan Teknik Kimia

Dekan

Ketua

**Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T.,
M.T.**

Dr. Maria Ulfah, S.T., M.T.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan pra rancangan pabrik ini. Pra Rancangan Pabrik merupakan salah satu persyaratan akademis yang harus dipenuhi di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, Padang yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik Kertasdari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Kapasitas Produksi 200.000 Ton/Tahun”**

Doa, dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak sangat berarti bagi Penulis. Dalam kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T. M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
2. Ibu Dr. Maria Ulfah, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Ibu Ir. Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing Skripsi/Pra Rancangan Pabrik.
4. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Bung Hatta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya untuk penyelesaian tugas akhir ini.
5. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Mama tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, kasih sayang, serta motivasi kepada penulis selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dan terimakasih juga kepada papa atas doa dan dukungannya.
6. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada kakak, abang, dan adik tercinta atas doa, dukungan, serta semangat yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Rekan-rekan di Teknik Kimia 21 yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan bertukar pendapat.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritikan untuk perbaikan yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat.

Padang, 2 September 2025

Penulis

INTISARI

Pabrik Kertas dengan bahan baku Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), dirancang dengan kapasitas produksi 200.000 ton/tahun. Pendirian pabrik Kertas ini akan didirikan di Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat. Dasar dari pemilihan lokasi ini adalah dari analisa Strength, Weakness, Opportunities, and Threat (SWOT) dari berbagai aspek, yaitu ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, tenaga kerja, utilitas, dan iklim.

Kertas diproduksi dengan mereaksikan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan NaOH di dalam Digester. Di dalam digester terjadi reaksi dengan kondisi operasi temperatur 150°C, waktu 6 jam dan tekanan 6,5 atm. Pabrik ini beroperasi selama 300 hari per tahun dengan luas area 6,5 Ha. Tenaga kerja yang dibutuhkan 252 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas yang dipimpin seorang Direktur dengan stuktur organisasi sistem garis dan staf. Hasil analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan dengan jumlah investasi sebesar \$156.474.438 dengan laju pengembalian modal ROR sebesar 49,35 %, waktu pengembalian modal selama 2 tahun 2 bulan dan titik impas (BEP) sebesar 24,8%.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	9
KATA PENGANTAR	ii
INTISARI	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1. 2 Kapasitas Produksi	2
1. 3 Lokasi Pabrik	4
BAB II TINJAUAN TEORI	10
2.1 Tinjauan Umum	10
2.2 Tinjauan Proses	15
2.3 Sifat Fisik & Kimia Bahan	18
2.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	23
BAB III TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES	27
3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram	27
3.2 Deskripsi Proses dan Flowsheet	29
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	36
4.1 Neraca Massa	36
4.2 Neraca Energi	41
BAB V UTILITAS	42
5.1 Unit Penyediaan Air, Steam dan Listrik	42
5.2 Unit Pengolahan Limbah	52
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	54

6.1 Spesifikasi Peralatan Utama	54
6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas	76
BAB VII TATA LETAK PABRIK DAN K3LH	87
7.1 Tata Letak Pabrik	87
7.2 Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan Hidup	90
BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN	99
8.1 Struktur Organisasi	99
8.2 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji	106
BAB IX ANALISA EKONOMI	110
9.1 Total Capital Investment (TCI)	110
9.2 Biaya Produksi (<i>Total Production Cost</i>)	111
9.3 Harga Jual (<i>Total Sales</i>)	112
9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik	112
BAB X TUGAS KHUSUS	114
10.1 Pendahuluan	114
10.2 Ruang Lingkup Rancangan	114
10.3 Rancangan	115
10.4 Kesimpulan Hasil Rancangan	131
BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN	136
11.1 Kesimpulan	136
11.2 Saran	137
DAFTAR PUSTAKA	138

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Produksi Kertas	2
Tabel 1. 2 Produksi TKKS Tahun 2017 -2021	3
Tabel 1. 3 Kebutuhan Kertas Tahun 2017 - 2021	3
Tabel 1. 4 Analisa SWOT Lokasi Alternatif 1	5
Tabel 1. 5 Analisa SWOT Lokasi Alternatif 2	6
Tabel 1. 6 Analisa SWOT Lokasi Alternatif 3	7
Tabel 1. 7 Nilai Hasil Analisa SWOT	8
Tabel 2. 1 Perbandingan Proses Pembuatan Pulp.....	17
Tabel 2. 2 Klasifikasi Proses Pembuatan Pulp Kimia	17
Tabel 2. 3 Sifat Fisika Selulosa	19
Tabel 2. 4 Sifat Fisika Hemiselulosa	19
Tabel 2. 5 Sifat Fisika Lignin	20
Tabel 2. 6 Sifat Fisika Natrium Hidroksida	20
Tabel 2. 7 Sifat Fisika Air	21
Tabel 2. 8 Sifat Fisika Natrium Hypochlorite	21
Tabel 2. 9 Sifat Fisika Hydrogen Peroxide	22
Tabel 2. 10 Sifat Fisika Kalsium Karbonat	22
Tabel 2. 11 Sifat Fisika Starch	23
Tabel 2. 12 Spesifikasi TKKS	23
Tabel 2. 13 Spesifikasi Natrium Hidroksida	24
Tabel 2. 14 Spesifikasi Air	24
Tabel 2. 15 Spesifikasi NaOCl	24
Tabel 2. 16 Spesifikasi Hydrogen Peroxide	25
Tabel 2. 17 Spesifikasi Hydrogen Peroxide	25
Tabel 2. 18 Spesifikasi Starch	25
Tabel 4. 1 Neraca Massa Tangki Pelarutan NaOH	36
Tabel 4. 2 Neraca Massa Tangki Pencucian	36
Tabel 4. 3 Neraca Massa Alat Digester	37
Tabel 4. 4 Neraca Massa Alat Vibrating Screen	37
Tabel 4. 5 Neraca Massa Alat Mixing Tank	38
Tabel 4. 6 Neraca Massa Tangki Pelarutan H ₂ O ₂	38

Tabel 4. 7 Neraca Massa Bleacher	38
Tabel 4. 8 Neraca Massa pada Washer	39
Tabel 4. 9 Neraca Massa Alat Mixing Tank	39
Tabel 4. 10 Neraca Massa pada Wet Pressing	40
Tabel 4. 11 Neraca Massa pada Drying	40
Tabel 4. 12 Neraca Energi pada Digester	41
Tabel 4. 13 Neraca Energi pada Bleacher	41
Tabel 4. 14 Neraca Energi pada Drying	41
Tabel 5. 1 Kualitas Air Sungai	42
Tabel 5. 2 Persyaratan Air Proses	50
Tabel 5. 3 Persyaratan Air Umpan Boiler	51
Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Sanitasi	52
Tabel 5. 5 Kebutuhan Air Proses	53
Tabel 5. 6 Kebutuhan Air Umpan Boiler	53
Tabel 6. 1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan TKKS (WH-1011)	54
Tabel 6. 2 Spesifikasi Bucket Elevator (BE-1021)	55
Tabel 6. 3 Spesifikasi Cutting Mill (CM-1031)	55
Tabel 6. 4 Spesifikasi Vibrating Screen (VS-1041)	56
Tabel 6. 5 Spesifikasi Horizontal Conveyor Washer (HC-1001)	57
Tabel 6. 6 Spesifikasi Bucket Elevator (BE-1022)	58
Tabel 6. 7 Spesifikasi Horizontal Conveyor (HC-1002)	58
Tabel 6. 8 Spesifikasi Bin Feeder (BF-1011)	59
Tabel 6. 9 Spesifikasi Digester (DG-1061)	60
Tabel 6. 10 Spesifikasi Tangki Penyimpanan NaOH (T-1001)	61
Tabel 6. 11 Spesifikasi Tangki Pelarutan NaOH (MT-1101)	62
Tabel 6. 12 Spesifikasi Pompa NaOH (P-1101)	63
Tabel 6. 13 Spesifikasi Vibrating Screen (VS-1042)	63
Tabel 6. 14 Spesifikasi Tangki Penampungan HBL (T-1071)	64
Tabel 6. 15 Spesifikasi Pompa Black Liquor (P-1102)	65
Tabel 6. 16 Spesifikasi Tangki Penampungan Pulp (T-1072)	66
Tabel 6. 17 Spesifikasi Pompa Pulp (P-1103)	67
Tabel 6. 18 Spesifikasi Tangki Bleaching (BL-2081)	67

Tabel 6. 19 Spesifikasi Tangki Penyimpanan H ₂ O ₂ (T-1072).....	69
Tabel 6. 20 Spesifikasi Tangki Pelarutan H ₂ O ₂ (MT-1104).....	69
Tabel 6. 21 Spesifikasi Pompa H ₂ O ₂ (P-1104).....	70
Tabel 6. 22 Spesifikasi Pompa Pulp 2 (P-1105).....	71
Tabel 6. 23 Spesifikasi Rotary Drum Vacuum Filter (RV-2091).....	72
Tabel 6. 24 Spesifikasi Screw Conveyor (SC-2001).....	72
Tabel 6. 25 Spesifikasi Tangki Pelarutan Starch (MT-3105).....	73
Tabel 6. 26 Spesifikasi Gudang Starch (WH-1012).....	74
Tabel 6. 27 Spesifikasi Screw Conveyor (SC-2002).....	75
Tabel 6. 28 Spesifikasi Paper Machine.....	75
Tabel 6. 29 Spesifikasi Pompa Air Sungai.....	76
Tabel 6. 30 Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai.....	76
Tabel 6. 31 Spesifikasi Tangki Pelarutan Alum.....	77
Tabel 6. 32 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur Tohor.....	78
Tabel 6. 33 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit.....	79
Tabel 6. 34 Spesifikasi Unit Pengolahan Raw Water.....	80
Tabel 6. 35 Spesifikasi Bak Pencampuran.....	80
Tabel 6. 36 Spesifikasi Bak Pembentukan Flok.....	81
Tabel 6. 37 Spesifikasi Bak Sedimentasi.....	82
Tabel 6. 38 Spesifikasi Bak Penampung Berpelampung.....	82
Tabel 6. 39 Spesifikasi Sand Filter.....	83
Tabel 6. 40 Spesifikasi Bak Penampungan Air Bersih.....	83
Tabel 6. 41 Spesifikasi Softener Tank.....	84
Tabel 6. 42 Spesifikasi Tangki Air Demin.....	85
Tabel 6. 43 Spesifikasi Deaerator.....	85
Tabel 6. 44 Spesifikasi Boiler.....	86
Tabel 8. 1 Karyawan Shift dan Non Shift.....	104
Tabel 8. 2 Karyawan Non Shift.....	105
Tabel 8. 3 Waktu Kerja Karyawan Non Shift.....	106
Tabel 9. 1 Biaya Komponen Total Capital Investment.....	111
Tabel 9. 2 Biaya Komponen Manufacturing Cost.....	111
Tabel 9. 3 Biaya Komponen General Expenses.....	111

Tabel 9. 4 Harga Jual	112
Tabel 9. 5 Harga Jual Produksi Pabrik	112
Tabel 9. 6 Laba Kotor dan Laba Bersih	112
Tabel 10. 1 Spesifikasi Digester (DG-1061)	Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.
Tabel 10. 2 Spesifikasi Pompa NaOH (P-1101)	Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.
Tabel 10. 3 Spesifikasi Screw Conveyor (SC-2001)	Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.
Tabel 10. 4 Spesifikasi Rotary Drum Vacuum Filter (RV-2091)	Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Persamaan Linier Produksi Kertas	4
Gambar 1. 2 Peta Lokasi Pabrik Kertas di Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat.....	6
Gambar 1. 3 Peta Lokasi Pabrik Kertas di Kota Dumai, Riau	7
Gambar 1. 4 Peta Lokasi Pabrik Kertas di Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat.....	8
Gambar 2. 1 Struktur Selulosa	12
Gambar 2. 2 Struktur Hemiselulosa	13
Gambar 2. 3 Struktur Lignin	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pembuatan Kertas dari TKKS	28
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pembuatan Kertas dari TKKS	28
Gambar 5. 1 Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi	43
Gambar 5. 2 Flowsheet Utilitas Prarancangan Pabrik Kertas Kapasitas 200.00 ton/tahun	46
Gambar 7. 1 Tata Letak Lingkungan Pabrik	89
Gambar 8. 1 Struktur Organisasi Perusahaan	109
Gambar 9. 1 Grafik Break Even Point (BEP)	113

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Neraca Massa.....	LA-1
Lampiran B Neraca Energi.....	LB-1
Lampiran C Spesifikasi Alat.....	LC-1
Lampiran D Analisa Ekonomi.....	LD-1

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kertas memegang peranan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional, yang tercermin dari peningkatan tingkat konsumsi kertas setiap tahunnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), pertumbuhan industri kertas dan barang dari kertas yaitu 4,52% pada tahun 2023, meningkat dari tahun sebelumnya yaitu 3,73 %. Dengan kapasitas terpasang nasional industri *pulp* sebesar 11,45 juta/tahun dan industri kertas sebesar 21,19 juta ton/tahun, menempatkan Indonesia menjadi produsen peringkat ke-8 dunia untuk *pulp* dan peringkat ke-5 dunia untuk kertas. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini yaitu dengan mencari alternatif lain untuk bahan baku pembuatan *pulp* dan kertas selain kayu, yaitu dengan memanfaatkan limbah agroindustri seperti Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang dihasilkan dari industri pengolahan minyak kelapa sawit dan memiliki potensi besar sebagai bahan baku alternatif dalam berbagai industri berbasis selulosa, seperti *pulp* dan kertas. Pada tahun 2024, potensi limbah TKKS di Indonesia diperkirakan mencapai 21 juta ton per tahun (Firman, Syahwan, 2024). Namun, pemanfaatan limbah ini masih sangat minim. Dalam praktik industri kelapa sawit, TKKS umumnya dibakar untuk dijadikan pupuk kalium atau dibiarkan membusuk di lahan. Pembakaran TKKS kini telah dilarang karena menghasilkan emisi karbon yang berkontribusi pada pemanasan global. Selain itu, TKKS yang dibiarkan membusuk dapat menarik kumbang yang merusak tanaman kelapa sawit hasil peremajaan. Disisi lain, kandungan holoselulosa dalam TKKS yang mencapai 65,45% (terdiri dari 25,3% hemiselulosa dan 40% selulosa) menunjukkan potensi besar TKKS sebagai bahan baku pembuatan *pulp* dan kertas. Kandungan lignin sebesar 27,23% juga mendukung struktur serat yang diperlukan dalam proses tersebut. Dengan ketersediaan limbah yang melimpah dan sifat kimiawi yang mendukung, TKKS dapat menjadi solusi bahan baku yang lebih ramah lingkungan sekaligus mengurangi ketergantungan pada kayu (M. Teguh, 2023). Hal ini membuka peluang besar untuk mengembangkan teknologi dan

investasi yang fokus pada pemanfaatan TKKS sebagai sumber bahan baku utama bagi industri berbasis selulosa.

Beberapa negara pada industri kertas telah memanfaatkan limbah padat TKKS tersebut sebagai bahan baku pembuatan kertas, namun di Indonesia belum dilakukan pengolahan lanjut dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Sehingga peluang untuk membuka pabrik kertas di Indonesia yang berbahan baku TKKS ini memiliki kekuatan karena tidak terlalu memiliki pesaing di Indonesia. Pendirian pabrik ini akan menyerap tenaga kerja, sehingga memperkecil angka kemiskinan dan tingkat pengangguran akan menurun.

Teknologi pengolahan TKKS menjadi kertas terus berkembang, baik dari segi mesin maupun prosesnya. Penggunaan mesin crusher untuk mempersiapkan TKKS sebagai bahan baku *pulp*, penggunaan mesin masher untuk menggiling TKKS, penggunaan mesin gimmick untuk membuat *pulp* mekanis, dan proses kimia yang menggunakan NaOH 10-20 % dari berat kering serat TKKS. Kemajuan teknologi pengolahan TKKS menjadi kertas diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah TKKS dan mengurangi limbah TKKS.

1.2 Kapasitas Produksi

Menentukan kapasitas produksi perancangan pabrik kertas berdasarkan pertimbangan dari pabrik kertas yang telah ada dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1. 1 Produksi Kertas

No	Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)	Jenis Produk
1	PT Indah Kiat Pulp & Paper (IKPP)	Perawang (Riau), Serpong (Tangerang)	3.000.000	Kertas budaya, kertas karton
2	Riau Andalan Pulp & Paper (RAPP)	Pangkalan Kerinci, Riau	1.015.000	Kertas koran, kertas HVS
3	PT Suparma Tbk	Surabaya, Jawa Timur	255.000	Kertas karton, kertas tissue
4	PT Pabrik Kertas	Mojokerto, Jawa Timur	700.000	Kertas kemasan, kertas

	Indonesia (Pakerin)			karton, kraft
5	PT Toba Pulp	Toba Samosir, Sumatera	240.000	Kertas tissue

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2021) didapatkan data mengenai produksi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) di Indonesia dengan 5 tahun terakhir berturut-turut. Produksi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) di Indonesia setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut ini :

Tabel 1. 2 Produksi TKKS Tahun 2018 -2022

Tahun	TKKS (ton)
2018	18.661.859
2019	19.540.866
2020	21.880.378
2021	22.963.924
2022	23.621.342

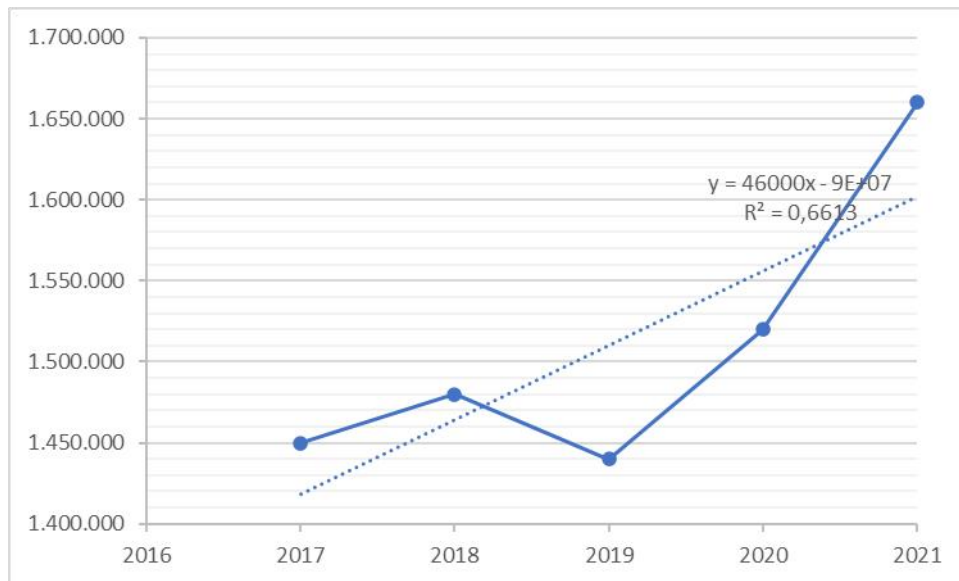
Sumber : Badan Pusat Statistik, 2021

Tabel 1. 3 Kebutuhan Kertas Tahun 2018 - 2022

Tahun	Kebutuhan Kertas (ton)
2018	1.450.000
2019	1.480.000
2020	1.440.000
2021	1.520.000
2022	1.660.000

Sumber : Kemendagri , 2023

Berdasarkan data diatas maka dapat di prediksi untuk kebutuhan kertas di tahun yang akan datang.



Gambar 1. 1 Grafik Persamaan Linier Produksi Kertas

Dari Gambar 1.1 dapat diperkirakan produksi kertas pada tahun 2030 sejumlah 3.380.000 ton/tahun. Peningkatan kapasitas terpasang industri *pulp* dan kertas dalam negeri tersebut disebabkan karena kebutuhan kertas kemasan di Indonesia akan meningkat setiap tahunnya karena pertumbuhan industri kemasan yang memakai kemasan selain plastik. Hal ini terjadi karena produsen barang-barang konsumsi semakin banyak yang menggunakan kemasan selain plastik untuk kemasan yang ramah lingkungan.

Dari ketersediaan bahan baku TKKS di Sumatera Barat diperkirakan sebanyak 615.400 ton/tahun maka dari itu kapasitas pabrik yang akan didirikan sebesar 200.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan kertas di Indonesia.

1.3 Lokasi Pabrik

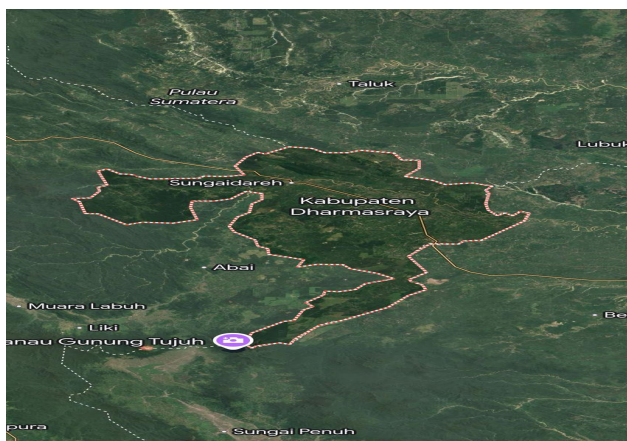
Pemilihan lokasi pendirian pabrik Kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) direncanakan di tiga daerah yaitu pada Provinsi Sumatera Barat di lokasi pertama di Kabupaten Dharmasraya, lokasi kedua di Provinsi Riau di Kota Dumai dan lokasi ketiga Kabupaten Pesisir Selatan di Provinsi Sumatera Barat, beragamnya lokasi yang akan dipilih membuat pemilihan lokasi dilakukan dengan menggunakan analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities* dan *Threat*).

1.3.1 Lokasi Alternatif 1: Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat

Tabel 1. 4 Analisa SWOT Lokasi Alternatif 1

Lokasi	Variabel	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Dharmasraya	Bahan Baku	Adanya pabrik CPO di sekitar sebagai penghasil bahan baku TKKS	Bahan baku ditanam sendiri	Lahan yang tersedia cukup luas	Dibuat jalan dari pabrik menuju hutan untuk pengangkutan bahan baku
	Pemasaran	Adanya transportasi darat	Hanya bergantung kepada jalur darat lintas Sumatera yang sering jalannya terhambat	Dekat dengan pabrik hilir dan cukup luas daerah pemasaran	Peningkatan pemasaran di dalam dan luar provinsi
	Tenaga Kerja	Dapat memanfaatkan tenaga kerja lokal	Rendahnya tenaga kerja berbasis teknik	Terserapnya tenaga kerja di daerah tersebut dan lulusan institusi sekitar	Perusahaan yang lebih mapan bisa menawarkan gaji yang lebih tinggi
	Utilitas	Adanya sungai batang hari	Sumber listrik tergantung PLN	Kebutuhan air dapat tercukupi karena dekat dengan sungai dan sumber listrik dari PLN	Pengolahan air sebagai sumber utilitas
	Kondisi Daerah	Cuaca dan iklim di daerah ini tropis	Terkadang ada terjadi banjir	Jauh dari keramaian kota	Persaingan dengan pabrik lain

Peta lokasi alternatif 1 yaitu Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat yang dapat dilihat pada Gambar 1.2



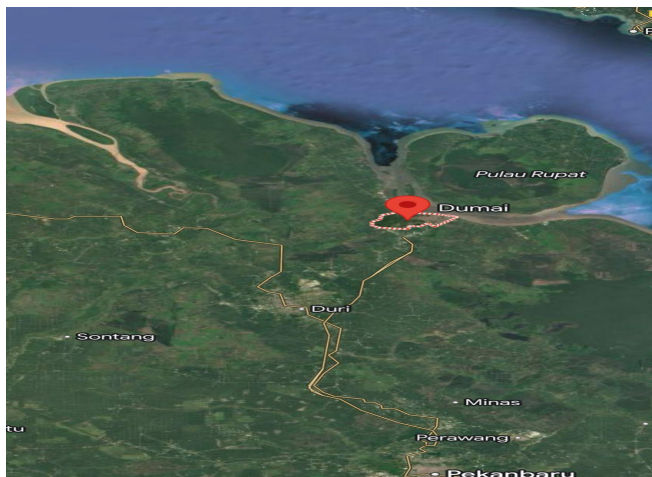
Gambar 1. 2 Peta Lokasi Pabrik Kertas di Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat

1.3.2 Lokasi Alternatif 2 : Kota Dumai, Riau

Tabel 1. 5 Analisa *SWOT* Lokasi Alternatif 2

Lokasi	Variabel	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Dumai	Bahan Baku	Dekat dengan pabrik CPO sebagai sumber bahan baku	Tergantung dengan pemasok	Tersedia sumber bahan baku	Penjualan bahan baku masih terbagi-bagi
	Pemasaran	Transportasi melalui jalan darat karena berada di jalan lintas	Hanya pemasaran melalui darat karena tidak adanya pelabuhan	Cukup luas tujuan daerah pemasaran	Peningkatan pemasaran di dalam dan luar provinsi
	Tenaga Kerja	Dapat memanfaatkan tenaga kerja lokal	Membutuhkan pelatihan tenaga kerja	Terserapnya tenaga kerja di daerah tersebut	Pelatihan terhadap teknologi pengolahan pulp dan kertas
	Utilitas	Dekat dengan sungai	Dapat mempercepat korosi	Kebutuhan air mencukupi karena dekat dengan sungai	Pengolahan air sebagai sumber utilitas
	Kondisi Daerah	Cuaca di daerah ini cukup stabil	Terkadang ada cuaca ekstrim	Berada di keramaian untuk memudahkan pemasaran	Memperluas daerah pabrik

Peta lokasi alternatif 2 yaitu Kota Dumai, Riau yang dapat dilihat pada Gambar 1.4



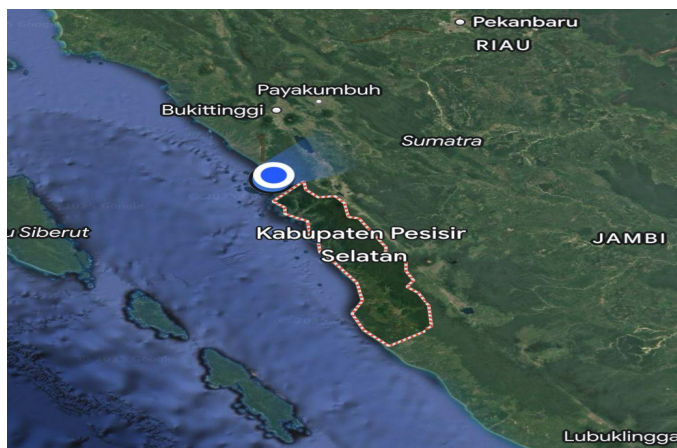
Gambar 1. 3 Peta Lokasi Pabrik Kertas di Kota Dumai, Riau

1.3.3 Lokasi Alternatif 3 : Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat

Tabel 1. 6 Analisa SWOT Lokasi Alternatif 3

Lokasi	Variabel	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Pesisir Selatan	Bahan Baku	Adanya pabrik CPO di sekitar sebagai penghasil bahan baku TKKS	Bahan baku yang ditanam sendiri	Lahan yang tersedia cukup luas di daerah ini	Penjualan bahan baku masih terbagi-bagi
	Pemasaran	Adanya transportasi darat untuk melakukan pemasaran	Hanya pemasaran melalui darat karena tidak adanya pelabuhan	Dekat dengan pabrik hilir dan cukup luas daerah pemasaran	Peningkatan pemasaran di dalam dan luar provinsi
	Tenaga Kerja	Dapat memanfaatkan tenaga kerja lokal	Rendahnya tenaga kerja berbasis teknik	Terserapnya tenaga kerja di daerah tersebut	Pelatihan terhadap teknologi pengolahan pulp dan kertas
	Utilitas	Daerah ini dekat dengan sungai	Sumber listrik tergantung PLN	Kebutuhan air mencukupi karena dekat dengan sungai	Pengolahan air sebagai sumber utilitas
	Kondisi Daerah	Kondisi cuaca di daerah ini tropis	Terkadang ada cuaca ekstrim	Jauh dari keramaian kota	Memperluas daerah pabrik

Peta lokasi alternatif 3 yaitu Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat yang dapat dilihat pada Gambar 1.4



Gambar 1. 4 Peta Lokasi Pabrik Kertas di Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat

1.3.4 Pemilihan Lokasi Pabrik

Berikut ini nilai hasil dari analisa SWOT dari ketiga lokasi yang akan didirikan pabrik kertas dapat dilihat pada Tabel 1.6

Tabel 1. 7 Nilai Hasil Analisa SWOT

Variabel	Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat	Kota Dumai, Riau	Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat
Bahan Baku	5	5	5
Pemasaran	5	4	3
Tenaga Kerja	5	5	4
Utilitas	4	4	4
Kondisi Daerah	4	3	4
Total	23	21	20

Berdasarkan nilai analisa SWOT yang telah dilakukan diperoleh nilai yang tinggi pada lokasi Kabupaten Dharmasraya. Karena adanya kesediaan bahan baku di daerah tersebut yang belum diolah sebagaimana mestinya yang bisa dijadikan sebagai bahan baku alternatif pembuatan kertas. Pemasaran di daerah tersebut juga bagus karena memiliki letak yang strategis karena berada di persimpangan jalur lintas Sumatera, letak ini menjadikan Kabupaten Dharmasraya ramai dilalui. yang dipilih untuk pendirian pabrik kertas yaitu Kabupaten Dharmasraya karena

merupakan salah satu daerah penghasil sawit di Sumatera Barat. Kabupaten Dharmasraya juga memiliki kebun koleksi Plasma Nutfah Sawit Dunia sehingga Kabupaten Dharmasraya juga memiliki limbah TKKS yang cukup untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan kertas.

BAB II

TINJAUAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Kertas

Kertas merupakan lembaran yang didapat dari deposisi serat-serat tanaman, mineral, serat sintesis atau campuran-campurannya dengan atau tanpa penambahan zat-zat lain dari suatu suspensi dalam cairan-cairan, uap atau gas, sehingga serat-serat jalin menjalin berbelit-belit menjadi suatu kesatuan yang mempunyai kekuatan. Jadi, kertas adalah lembaran dari suatu jaringan serat (Ridho Ilahi,2024).

Pada umumnya kertas dapat dibagi menjadi dalam 3 bagian yaitu sebagai berikut :

- a. *Cultural paper* (kertas budaya, yang terdiri dari jenis kertas *news print* (kertas koran) *writing*, *printing* dan *business* (kertas cetak, tulis dan keperluan bisnis) dan kertas khusus.
- b. *Industrial paper* (kertas *industry*), yang terdiri dari *wrapping*, *packaging* dan *kraft*, *boards*, *cigarette* dan kertas khusus.
- c. *Other paper* (kertas lainnya), yang terdiri dari *tissued*, *house hold* dan kertas lainnya.

2.2.2 Pulp

Pulp adalah bahan serat kering yang dibentuk melalui proses pemisahan serat secara kimiawi atau mekanik dari bahan kayu atau non kayu yang memiliki selulosa, limbah serat atau limbah kertas. *Pulp* dapat berbentuk gumpalan atau dibentuk menjadi lembaran. *Pulp* yang diangkut dan dijual dalam bentuk bubur kertas adalah sebagai bahan setengah jadi. Saat tersuspensi dalam air, serat terdispersi dan menjadi lebih lentur. *Pulp* ini dapat dicetak menjadi lembaran kertas.

Proses pembuatan *pulp* dan kertas dipengaruhi oleh kondisi proses antara lain sebagai berikut :

- a. Konsentrasi larutan pemasak, dengan konsentrasi larutan pemasak yang makin besar, maka jumlah larutan pemasak yang bereaksi dengan lignin yang

semakin banyak. Akan tetapi, pemakaian larutan pemasak yang berlebihan tidak terlalu baik karena akan menyebabkan selulosa terdegradasi.

- b. Suhu, dengan meningkatnya suhu, maka akan meningkatkan laju delignifikasi (penghilangan lignin).
- c. Waktu pemasakan, dengan semakin lamanya waktu pemasakan akan menyebabkan reaksi hidrolisis lignin makin meningkat. Namun, waktu pemasakan yang terlalu lama akan menyebabkan selulosa terhidrolisis, sehingga hal ini akan menurunkan kualitas *pulp*.
- d. Ukuran bahan baku, yaitu luas kontak antar bahan baku dengan larutan pemasakan berbeda. Semakin kecil ukuran bahan baku akan menyebabkan luas kontak antara bahan baku dengan larutan pemasak semakin luas, sehingga proses dan reaksi menjadi lebih baik.

2.2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) adalah limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit. TKKS memiliki banyak manfaat, diantaranya yaitu sebagai pupuk organik, batako, biobriket, bahan baku papan serat dan bahan baku kertas. TKKS memiliki kandungan, yaitu :

- a. Selulosa

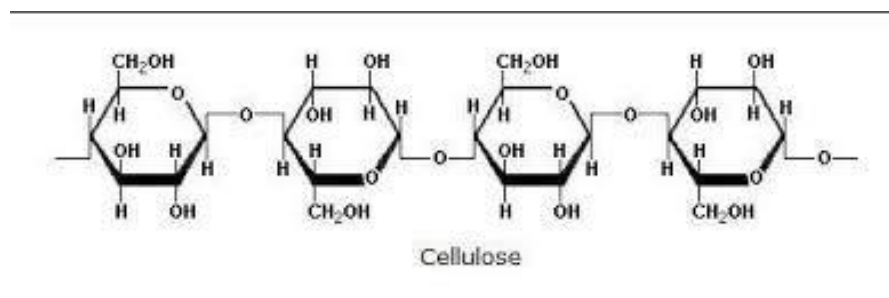
Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$. Dalam hal ini n adalah jumlah pengulangan unit gula atau derajat polimerisasi yang harganya bervariasi berdasarkan sumber selulosa dan perlakuan yang diterimanya. Kebanyakan serat untuk pembuat pulp mempunyai harga derajat polimerisasi 600-1500. Selulosa mempunyai peran yang menentukan penggunaannya dalam pembuatan kertas. Dalam pembuatan pulp diharapkan serat-serat mempunyai kadar selulosa yang tinggi. Sifat-sifat bahan yang mengandung selulosa berhubungan dengan derajat polimerisasi molekul selulosa. Berkurangnya berat molekul dibawah tingkat tertentu akan menyebabkan berkurangnya ketangguhan. Serat selulosa menunjukkan sejumlah sifat yang memenuhi kebutuhan pembuatan kertas. Keseimbangan terbaik sifat-sifat pembuatan kertas terjadi Ketika kebanyakan lignin tersisih dari serat. Ketangguhan serat terutama ditentukan oleh bahan mentah dan

proses yang digunakan dalam pembuatan *pulp*. Molekul selulosa seluruhnya berbentuk linier dan mempunyai kecenderungan kuat membentuk ikatan-ikatan hydrogen, baik dalam satu rantai polimer selulosa maupun antar rantai polimer yang berdampingan. Ikatan hidrogen ini menyebabkan selulosa bisa terdapat dalam ukuran besar, dan memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi. Dalam pembuatan *pulp* ada gugus dan ikatan kimia. Selulosa yang akan beraksi antara lain :

- Gugus Hidroksil, tiap satuan gugus anhidrus glukosa mengandung tiga buah gugus hidroksil
- Adanya ikatan *Glycosydic* yang menghubungkan satu anhidrus glukosa satu sama lain
- Adanya gugus pereduksi

Dengan adanya gugus pereaksi tersebut, selulosa dapat mengadakan reaksi adisi dengan alkali kuat, asam mineral maupun air. Bila atom hidrogen dalam satu atau keseluruhan dari gugus hidroksil diganti natrium atau mono valent metal lainnya maka selulosa akan membentuk “*Cellulocates* ” ialah ikatan yang identik dengan “*Alkoholates* “.

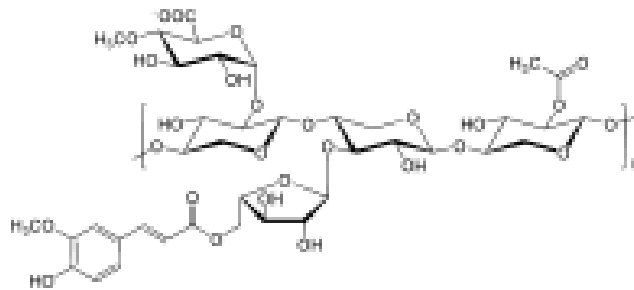
Reaksi oksidasi dari selulosa akan menyebabkan sebagian dari gugus anhidroksil ini akan berubah menjadi gugus aldehid dan akhirnya menjadi gugus karboksil dan terbentuk pula *Ester* dan *Ether*. Sedangkan gugus glikosidik dapat putus rantainya, karena terjadi terhidrolisa oleh asam, juga oleh reaksi oksidasi. Karena terjadi reaksi-reaksi tersebut diatas, maka panjang rantai selulosa akan menjadi lebih pendek sehingga banyak serat yang hilang waktu pemasakan. Struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Struktur Selulosa
Sumber : (Neliti,2024)

b. Hemiselulosa

Hemiselulosa tersusun atas glukosa rantai pendek dan bercabang. Hemiselulosa lebih mudah larut dalam air dan biasanya dihilangkan dalam proses *pulping*. Hemiselulosa memiliki derajat polimerisasi lebih kecil dari 300. Selama pembuatan *pulp* hemiselulosa akan bereaksi lebih cepat dibandingkan dengan selulosa. Selain itu, hemiselulosa bersifat hidrofilik (mudah menyerap air) yang menyebabkan struktur hemiselulosa menjadi kurang teratur. Hemiselulosa akan memberikan fibrilasi yang lebih baik dari pada selulosa dan meningkatkan kualitas kertas. Struktur hemiselulosa dapat dilihat pada Gambar 2.2



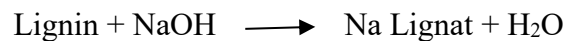
Gambar 2. 2 Struktur Hemiselulosa
Sumber : (Neliti,2024)

c. Lignin

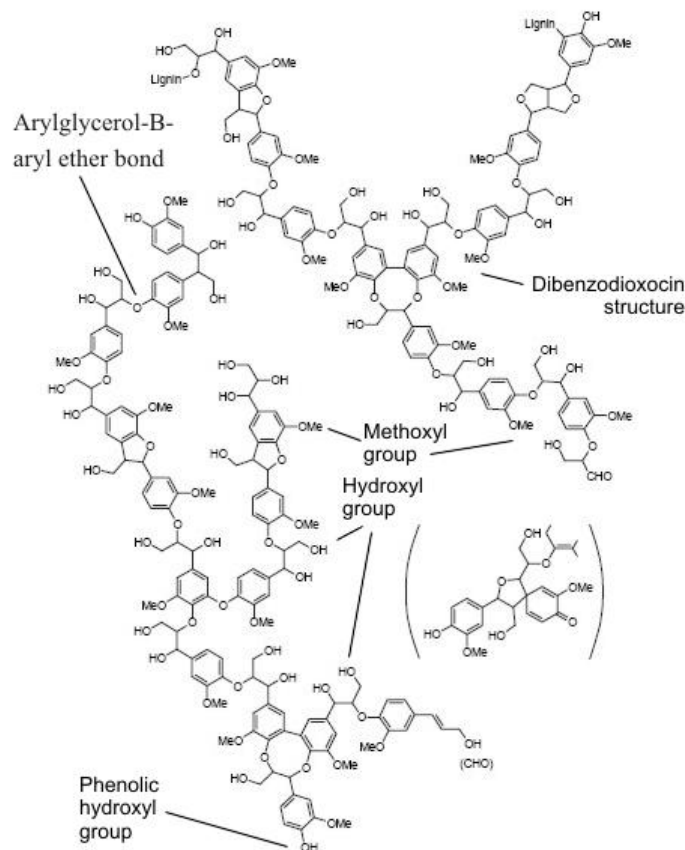
Lignin adalah polimer yang sangat kompleks, juga merupakan komponen utama penyusun dari TKKS dengan kandungan 17-32 %. Lignin dipisahkan melalui proses pemutihan. Lignin merupakan senyawa yang tidak diharapkan dalam pembuatan *pulp* dan kertas karena akan membuat lembaran kaku dan mengurangi aktivitas ikatan permukaan antara serat dan dapat menurunkan kualitas kertas yang dihasilkan. Pada proses pembuatan *pulp* dan kertas, zat ini kurang menguntungkan karena menimbulkan masalah terhadap konsumsi bahan kimia pemasak, menghambat penetralan larutan pemasak dan mengakibatkan kualitas *pulp* yang dihasilkan kurang baik. Jika menggunakan bahan baku yang mengandung resin, maka dalam proses pembuatan kertas sering timbul masalah (*pith trouble*). Masalah ini disebabkan beberapa *pith* yang dilepaskan pada proses penggilingan (*beating* dan *refining*) akan cenderung terkumpul sebagai partikel koloidal sehingga akan menyumbat *wire* pada mesin kertas atau terkumpul pada

belt dan melekat pada mesin membentuk gumpalan sehingga kertas berlubang dan kotor (Ridho Ilahi,2024).

Reaksi kimia dari lignin pada saat proses pemasakan *pulp* dapat menjadi substansi yang reaktif disebabkan adanya gugus hidroksil, karbonil dan metoksil yang terdapat di dalam molekul lignin. Reaksi lignin tergantung pada proses yang dijalankan, jika dalam proses soda, lignin akan membentuk natrium lignat berdasarkan reaksi :



Lignin lain yang tidak diinginkan adalah adanya material yang tidak dikehendaki dalam serat seperti silika, besi, dan mangan karena dapat menimbulkan masalah pada pengoperasian alat dan akan menurunkan kualitas *pulp* yang dihasilkan. Struktur dari lignin dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Struktur Lignin
Sumber : (M. Teguh,2024)

2.2 Tinjauan Proses

2.2.1. Proses Pembuatan *Pulp*

Dalam pembuatan kertas dari TKKS adalah pembuatan *pulp* terlebih dulu. Pembuatan *pulp* yaitu untuk melepaskan serat-serat yang dapat dikerjakan secara kimia atau secara mekanik atau dengan kombinasi kedua cara tersebut. Pemisahan serat selulosa dapat dilakukan dengan berbagai macam proses berikut, yaitu :

a. Proses Mekanik

Proses ini merupakan proses yang paling sederhana dibandingkan dengan dua proses lainnya. Prinsip pembuatan *pulp* secara mekanis yakni dengan cara pengikisan menggunakan alat seperti gerinda. Pada proses ini digunakan sejumlah tenaga mekanis untuk menghancurkan bahan baku yang mengandung selulosa untuk mendapatkan serat.

b. Proses Semi Kimia

Proses semi kimia pada umumnya digunakan oleh industri yang tidak terlalu membutuhkan derajat keputihan yang tinggi pada produk seratnya. Proses ini, sesuai dengan namanya, merupakan gabungan proses mekanis dan kimia, dimana bahan kimia yang digunakan tidak terlalu banyak dan tenaga mekanis yang digunakan juga tidak sebesar proses mekanis. Dalam prosesnya terdapat pengerjaan yang hanya dilakukan secara mekanis tanpa bantuan zat kimia.

Proses semikimia ditandai dengan adanya penambahan senyawa kimia seperti natrium karbonat, natrium hidroksida, natrium sulfat dan senyawa kimia lain yang digunakan untuk memurnikan *pulp* hasil mekanik. Peralatan dan proses pembuatan *pulp* sama dengan proses pembuatan *pulp* secara mekanik.

c. Proses Kimia

Proses kimia merupakan proses yang paling banyak digunakan oleh *industry pulp*. Sesuai dengan namanya, seluruh proses pembuatan *pulp* mulai dari pemutusan ikatan lignoselulosa pada *chips* hingga pencucian, menggunakan zat kimia.

Pulp kimia yang dihasilkan merupakan hasil pemasakan dari kepingan kayu dengan bahan kimia di dalam digester, Dimana dalam proses ini panas yang diberikan dan bahan kimia dapat mengurangi lignin dan mengikat serat selulosa secara bersamaan tanpa adanya pengurangan serat selulosa. Dalam proses kimia ini diperoleh *yield* 50 % dengan kadar lignin 3-5% sehingga *pulp* yang dihasilkan mempunyai kekuatan tarik yang tinggi. Dalam proses ini juga terjadi proses *bleaching*, yaitu proses pemucatan warna *pulp* sehingga dihasilkan *pulp* dengan tingkat kecerahan yang tinggi.

Beberapa proses yang termasuk kedalam proses kimia secara umum adalah proses sulfat, sulfit, dan soda.

1) Proses Soda

Sistem pemasakan yang menggunakan tekanan 6,5 – 10,8 atm dengan temperatur 150 – 176°C dan menambahkan NaOH yang berfungsi sebagai larutan pemasak dengan perbandingan 4,5 : 1 dari bahan baku yang digunakan dengan lama waktu pemasakan 6 – 8 jam. Larutan yang dihasilkan dipekatkan dengan cara penguapan. Keuntungan proses soda adalah mudah mendapatkan Kembali bahan kimia hasil pemasakan (*recovery*) NaOH dari bahan baku yang dipakai dan *yield* yang diperoleh dari proses ini adalah 40 – 55 %. Reaksi yang terjadi pada saat proses pemasakan adalah :



2) Proses Sulfit

Dalam proses sulfit digunakan campuran H_2SO_3 dan ion bisulfat untuk melarutkan lignin. Proses ini memisahkan lignin sebagai garam-garam asam lignosulfonate dan sebagian besar struktur molekul lignin tetap utuh. Bahan kimia basa untuk bisulfit berlangsung dalam rentang pH yang lebar. Asam sulfit menunjukkan bahwa pembuatan *pulp* dibuat dengan kelebihan asam sulfur (pH 1-2), sedangkan pemasakan bisulfit dibuat di bawah kondisi yang kurang asam (pH 3-5). *Pulp* sulfit lebih cerah dan mudah diputihkan, tetapi lembaran kertasnya lebih lemah dibandingkan *pulp* sulfat (*kraft*).

3) Proses *Kraft*

Proses *kraft* menggunakan bahan pemasak natrium hidroksida yang ditambahkan natrium sulfat. Dalam proses ini natrium sulfat yang ditambahkan, direduksi di dalam tungku pemulihan menjadi natrium sulfida yang dibutuhkan untuk delignifikasi. Pada proses ini digunakan bahan pemutih sehingga *pulp* yang dihasilkan mempunyai derajat putih yang berkualitas tinggi. Untuk proses ini sering kali digunakan dalam proses pembuatan *pulp* dikarenakan pemulihan-pemulihan bahan kimia yang lebih sederhana dan sifat-sifat *pulp* nya yang lebih baik. Walaupun proses ini sering digunakan namun proses mempunyai kelemahan yang sukar diatasi seperti bau gas (SO_2 dan Cl_2) yang tidak enak dan kebutuhan kimia pemutih yang tinggi untuk *pulp kraft*. Keuntungan proses ini adalah proses lebih fleksibel karena dapat digunakan untuk berbagai jenis bahan baku (Muhammad Teguh,2024).

Dengan rincian proses diatas, dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut ini :

Tabel 2. 1 Perbandingan Proses Pembuatan *Pulp*

No	Mekanis	Semi Kimia	Kimia
1	Tidak memerlukan bahan kimia	Gabungan antara mekanis dan kimia	Memerlukan bahan kimia
2	Hasilnya tinggi (90-95%)	Hasilnya menengah (55-90%)	Hasilnya rendah (40-55%)
3	Serat yang dihasilkan 1. Pendek 2. Tidak stabil 3. Tidak kuat	Serat yang dihasilkan tergantung pada kebutuhan produk yang diinginkan	Serat yang dihasilkan : 1. Putih 2. Tergantung bahan baku 3. Kuat dan stabil
4	Sulit untuk bleaching karena kadar lignin yang tinggi	Mudah untuk dibleaching	Mudah untuk dibleaching

Sumber : (Ridho Ilahi ,2024)

Sementara itu, klasifikasi proses pembuatan *pulp* secara kimia dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Klasifikasi Proses Pembuatan *Pulp* Kimia

Tipe	Proses Sulfit	Proses Soda	Proses Sulfat/Kraft
Bahan baku	Cocok untuk kayu lunak	Cocok untuk bahan baku serat pendek	Umumnya kayu, baik serat pendek maupun serat panjang
Bahan pemasak	H_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$	NaOH	NaOH , NaCO_3 , Na_2S

Lama pemasakan	6-12 jam	6-8 jam	2-5 jam
Temperatur	125-160 °C	160-176 °C	160-180 °C
Tekanan	6-7,5 atm	6,5-10,8 atm	6,5-9,2 atm
Kekuatan	Lunak	Kuat	Lebih kuat
Yield	45-55%	40-55%	40-55%
Warna	Lebih putih	Coklat	Agak coklat

Sumber : (M.Teguh,2024)

Berdasarkan proses pembuatan *pulp* dan data-data yang ada pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2, proses pada pra rancangan pabrik kertas dari TKKS dipilih proses kimia dengan menggunakan proses soda dan cairan pemasak natrium hidroksida. Adapun keunggulan dalam proses soda ini adalah sebagai berikut ini :

1. Pemilihan bahan kimia yang lebih sederhana
2. Bahan kimia yang ekonomis
3. Sifat *pulp* yang kuat

2.2.2. Proses Pembuatan Kertas

Pembuatan kertas secara umum diawali dengan persiapan bahan baku berupa pulp yang akan dijadikan bubur pulp pada alat *Head Box* Dimana terjadi proses penguraian serat, pemisahan, dan penambahan zat aditif setelah itu masuk pada tahapan pembentukan lembaran kertas dengan proses penyaringan secara kontinyu dan pembentukan jalinan serat menjadi lembaran kertas setelah itu lembaran kertas akan dipress diantara dua buah *roll* yang saling berputar untuk mengurangi kadar air dan membentuk serat yang telah dijalin setelah melewati proses *press* karena kandungan air yang masih tinggi, selanjutnya lembaran kertas dimasukkan pada alat *dryer* untuk mengurangi kadar air sampai 2-10 % setelah itu kertas dilanjutkan dimasukkan ke gudang penyimpanan produk.

2.3 Sifat Fisik & Kimia Bahan

Suatu zat memiliki karakteristik masing-masing yang membedakannya dengan zat lain, tetapi tidak sedikit pula zat yang mempunyai persamaan sifat dengan zat lain sehingga dapat dimasukkan dalam satu golongan. Karakteristik zat ini akan menentukan bagaimana zat tersebut dapat dimanfaatkan. Dalam hal ini sifat-sifat suatu zat dapat dibagi menjadi sifat fisika dan kimia.

2.3.1 Bahan Baku

1. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Jenis Serat : Serat Lurus

a. Selulosa

Tabel 2. 3 Sifat Fisika Selulosa

Sifat Fisika	Nilai
Bentuk fisik	Amorf
Rumus Molekul	$(C_6H_{10}O_5)_n$
Spesific Gravity	1,3 – 1,4
Berat Molekul	162 kg/kmol
Tidak larut dalam air dan pelarut organik	
Larut dalam asam mineral pekat	

Sumber : Rahman A & Mulyadin A, 2020

Sifat-sifat kimia :

- Terhidrolisa relative lebih cepat pada temperatur tinggi
- Mudah berubah karena pengaruh panas, cahaya, udara, dan asam
- Terhidrolisa sempurna dalam suasana asam menghasilkan glukosa
- Tiap unit glukosa dalam selulosa mengandung gugus karboksil ($-COOH$) yang menyebabkan selulosa bereaksi dengan asam
- Tidak bereaksi dengan alkali

b. Hemiselulosa

Tabel 2. 4 Sifat Fisika Hemiselulosa

Sifat Fisika	Nilai
Warna	Putih
Rumus Molekul	$(C_5H_8O_4)_n$
Kapasitas Panas	1,0544 kkal/kmol °C
Berat Molekul	132 kg/kmol
Tidak larut dalam air dan pelarut organik	

Sumber : Rahman A & Mulyadin A, 2020

Sifat-sifat kimia :

- Terhidrolisa dalam larutan asam membentuk glukosa
- Bereaksi dengan asam asetat membentuk selulosa asetat

c. Lignin

Tabel 2. 5 Sifat Fisika Lignin

Sifat Fisika	Nilai
Bentuk fisik	Amorf
Rumus Molekul	$(C_{10}H_{12}O_4)_n$
Kapasitas Panas	0,2824 kkal/kmol °C
Berat Molekul	196 kg/kmol
ΔH_f°	55,6100 kkal/kmol

Sumber : Rahman A & Mulyadin A, 2020

Sifat-sifat kimia :

- Reaksi dengan alkali menghasilkan senyawa lignin yang larut dalam air
- Pembakaran senyawa lignin beserta turunannya akan menghasilkan gas sintesis (*raw syngas*)

2.3.2 Bahan Penunjang

1. Natrium Hidroksida

Tabel 2. 6 Sifat Fisika Natrium Hidroksida

Sifat Fisik	Nilai
Rumus Molekul	NaOH
Bentuk Fisik	Kristal
Warna	Putih
Berat Molekul	40,01 kg/kmol
Titik Didih	1390°C
Titik Lebur	318,4°C
Kapasitas Panas	0,81 kkal/kmol°C
Panas Pembentukan	-101,96 kkal/kmol
Kelarutan dalam Air	347 g/100ml (100°C)
pH Larutan	13

Sumber : Aditama Muhammad, 2024

Sifat-sifat kimia :

- Dalam larutan natrium hidroksida, HCl dinetralkan akan terbentuk garam netral dan air

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$$
- Sedikit bereaksi dengan logam Fe, Mg, Ca dan Cl pada suhu kamar

2. Air

Tabel 2. 7 Sifat Fisika Air

Sifat Fisik	Nilai
Rumus Molekul	H ₂ O
Bentuk Fisik	Cair
Warna	Tidak Berwarna
Berat Molekul	18,0153 gr/mol
Titik Didih	100 °C (373,15 K) (212 °F) (pada 1 atm)
Titik Lebur	0 °C (273,15 K) (32 °F) (pada 1 atm)
Temperatur Kritis	374 °C
Tekanan Kritis	217 atm
Spesifik Gravity	1,00 (4 °C)
Densitas	997 kg/m ³ (pada T=30 °C)
Viskositas	0,8949 cp
Kapasitas Panas	1 kal/gr
Indeks Bias	1,333 (20 °C)
Panas Pembentukan	80 kal/gr
Panas Penguapan	540 kal/gr

Sumber : Aditama Muhammad, 2024

Sifat-sifat kimia :

- Dapat melarutkan banyak elektrolit
- Dapat menghantarkan Listrik yang tinggi

2. Natrium Hypochlorite

Tabel 2. 8 Sifat Fisika Natrium Hypochlorite

Sifat Fisik	Nilai
Bentuk Fisik	Padat
Warna	Kehijauan
Titik Didih	101 °C (214 °F ; 374K)
Titik Lebur	18°C (64°F ; 291K)
Kelarutan dalam Air	29,3 g/ 100 ml (0 °C)
Densitas	1,11 gr/cm ³

Sumber : Aditama Muhammad, 2024

Sifat-sifat kimia :

- Sodium hipoklorit merupakan bahan utama dalam cairan pemutih. Zat ini digunakan secara luas sebagai zat pemutih pada pakaian (*tekstil*), detergen, industri kertas dan serbuk kayu (*pulp*) serta digunakan sebagai zat pengoksidasi pada produk organik dalam industri petrokimia, penyulingan produk minyak bumi
- Pada jumlah besar digunakan juga sebagai desinfektan dalam air dan pengolahan air limbah serta peralatan sanitasi

3. *Hydrogen Peroxide*

Tabel 2. 9 Sifat Fisika *Hydrogen Peroxide*

Sifat Fisik	Nilai
Rumus Molekul	H ₂ O ₂
Bentuk Fisik	Padat
Warna	Tidak Berwarna
Titik Cair	-33 °C

Sumber : Hidayatul Azizah, 2023

Sifat-sifat kimia :

- Reaksi dekomposisi hydrogen peroksida menghasilkan air dan gas oksigen, serta panas reaksi. Oksigen yang dihasilkan bisa menyebabkan *over pressure* serta membantu terjadinya kebakaran. Reaksi dekomposisi H₂O₂ dipengaruhi oleh konsentrasi, suhu, adanya katalis, pH dan kontaminan lain industri petrokimia

4. Kalsium Karbonat

Tabel 2. 10 Sifat Fisika Kalsium Karbonat

Sifat Fisik	Nilai
Rumus Molekul	CaCO ₃
Bentuk Fisik	Padat
Warna	Abu-Abu Muda
Bau	Tidak Berbau
Titik Lebur	825°C

Sumber : Hidayatul Azizah, 2023

Sifat-sifat kimia :

- Larut dalam air dalam kelarutan dalam air 0,014 g/l pada 20 °C
- Stabilitas kimia stabil dibawah kondisi ruangan standar (suhu kamar)

5. Starch

Tabel 2. 11 Sifat Fisika Starch

Sifat Fisik	Nilai
Rumus Molekul	$(C_6H_{10}O_5)_n$
Bentuk Fisik	Padat
Warna	Putih
Bau	Sedikit Tajam

Sumber : Hidayatul Azizah, 2023

Sifat-sifat kimia :

- Merupakan bahan yang tidak bersifat korosif
- Reaktif dengan zat-zat pengoksidasi

2.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.4.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Spesifikasi TKKS dapat dilihat dari Tabel 2.12

Tabel 2. 12 Spesifikasi TKKS

Spesifikasi	
Wujud	Padat
Komposisi	(%)
- Selulosa	- 38,76 %
- Hemiselulosa	- 26,39 %
- Lignin	- 22,14%
- Kadar Abu	- 6,51 %
- Zat Ekstraktif	- 6,20 %

Sumber : Hidayatul Azizah, 2023

2.4.2 Spesifikasi Bahan Penunjang

1. Natrium Hidroksida

Spesifikasi Natrium Hidroksida dapat dilihat dari Tabel 2.13

Tabel 2. 13 Spesifikasi Natrium Hidroksida

Spesifikasi	
Wujud	Kristal/serbuk
Warna	Putih
Kemurnian (%) :	
- NaOH	- 99%
- H ₂ O	- 1%

Sumber : Alibaba, 2024

2. Air

Spesifikasi Air dapat dilihat dari Tabel 2.14

Tabel 2. 14 Spesifikasi Air

Spesifikasi	
Wujud	Cair
Syarat fisik :	
- Warna	- Tidak berwarna
- Bau	- Tidak berbau
- pH	- Netral
- Pengotor	- Tidak mengandung pengotor seperti lumpur, buih/busa dan lemak
Syarat kimia :	
- Kandungan logam berat (Pb, As, Hg)	- Tidak boleh ada

Sumber : PT. Brataco, 2024

3. NaOCl

Spesifikasi NaOCl dapat dilihat pada Tabel 2.15

Tabel 2. 15 Spesifikasi NaOCl

Spesifikasi	
Wujud	Padat
Warna	Kehijauan- Kuning

Kemurnian (%) :	
- NaOCL	- 92 %
- H ₂ O	- 8 %

Sumber : Alibaba, 2024

4. Hydrogen Peroxide

Spesifikasi Hydrogen Peroxide dapat dilihat pada Tabel 2.16

Tabel 2. 16 Spesifikasi Hydrogen Peroxide

Spesifikasi	
Wujud	Cairan
Warna	Bening
Konsentrasi	5 %

Sumber : Alibaba, 2024

5. Kalsium Karbonat

Spesifikasi Kalsium Karbonat dapat dilihat pada Tabel 2.17

Tabel 2. 17 Spesifikasi Kalsium Karbonat

Spesifikasi	
Wujud	Cairan
Warna	Abu-abu muda
Konsentrasi	9 %

Sumber : merk, MSMDS Kalsium Karbonat, 2024

6. Starch

Spesifikasi Starch dapat dilihat pada Tabel 2.18

Tabel 2. 18 Spesifikasi Starch

Spesifikasi	
Wujud	Cairan
Warna	Abu-abu muda
Konsentrasi	9 %

Sumber : merk, MSMDS Kalsium Karbonat, 2024

2.43 Spesifikasi Bahan Produk

1. Produk Kertas

Pulp yang dihasilkan disesuaikan dengan standar yang berlaku seperti pada Tabel 2. 19

Tabel 2.19 Spesifikasi Produk Kertas

Spesifikasi	
Berat Jenis	200 – 600 gsm
Ketebalan	0,2 – 1,5 mm
Jumlah Lapisan	1 – 5 lapis
Warna Permukaan	Putih, coklat, abu-abu, polos atau coated
Daya Serap Air	20 – 60 g/m ²
Kekuatan Tarik	≥5 N/m
Ketahanan Lipatan	20 – 100+ kali
pH	6 - 8

Sumber : BSN, 2024

BAB III

TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES

3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram

3.1.1 Tahapan Proses

Proses produksi kertas dibagi menjadi tiga tahapan proses sebagai berikut :

1. *Stock Preparation* (Proses persiapan bahan baku kertas)
2. *Paper Machine* (Proses pembuatan lembaran kertas)
3. *Finishing and Converting* (Proses penyelesaian kertas tahap akhir)

Masing-masing tahapan tersebut terdiri dari proses sebagai berikut :

1. Stock Preparation

Proses yang terjadi di sesi ini meliputi pencucian (*washing*), pencacahan, pengayakan, pemasakan, pengepresan, pemutihan, dan pemurnian sehingga diperoleh *pulp* dalam bentuk bubur.

2. Paper Machine

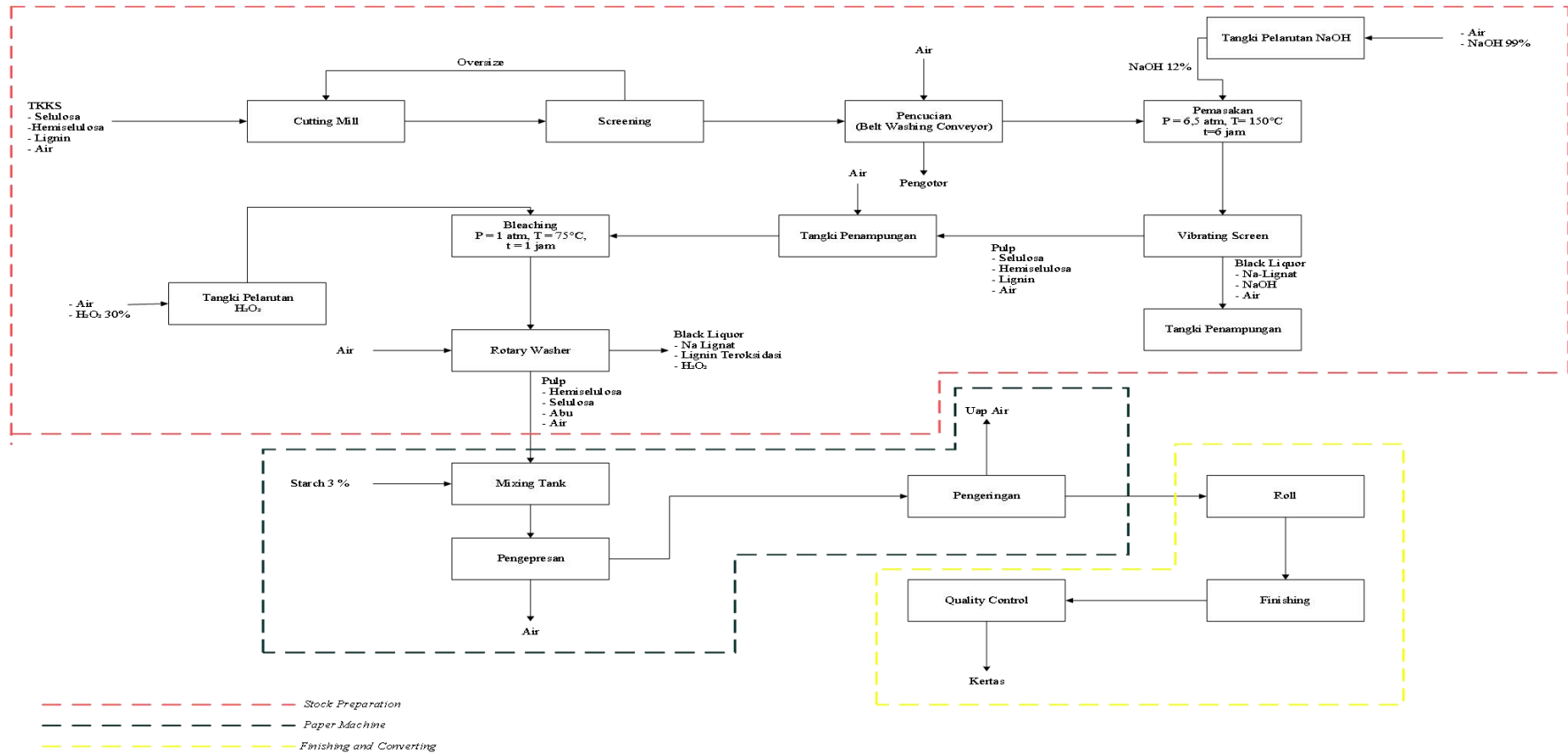
Pada sesi *Paper Machine*, bubur *pulp* yang dihasilkan dari bagian *stock preparation* diproses lebih lanjut menjadi kertas dalam bentuk jumbo roll. Proses yang terjadi di sesi ini meliputi proses pencampuran (*mixing*), pembersihan (*cleaning*), penyaringan (*screening*), pengurangan kadar air (*dewatering*), pengepresan (*pressing*), pengeringan (*drying*), *surface sizing*, *calendaring* dan *reeling*.

3. Finishing and Converting

Kertas hasil dari sesi *Paper Machine* yang berbentuk *jumbo roll* diperiksa kualitasnya oleh sesi *Quality Controll* (QC). Kertas yang memenuhi syarat dikirim ke sesi *Finishing-Converting*.

3.1.2 Blok Diagram

Diagram alir proses pembuatan kertas dari TKKS dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pembuatan Kertas dari TKKS

3.2 Deskripsi Proses dan Flowsheet

3.2.1 Deskripsi Proses

1. Tahap Persiapan Bahan Baku (*Stock Preparation*)

Pada tahap persiapan bahan baku terdapat beberapa tahapan proses agar diperoleh bubur *pulp*. Tahapan proses tersebut adalah sebagai berikut:

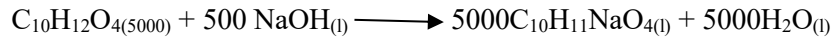
- Pencucian & Pencacahan

TKKS yang didapat dari Pabrik CPO yang berada di Kabupaten Dharmasraya dimasukkan kedalam gudang penyimpanan. Penyimpanan ini dilakukan untuk menjaga ketersediaan bahan baku untuk produksi. TKKS kemudian dikirim ke tempat pengecilan ukuran menggunakan *bucket elevator* (BE-1021), proses ini dilakukan agar panas dan bahan kimia masuk merata ke serat. Alat yang digunakan dalam tahap pengecilan ukuran adalah *Cutiing Mill* (CM-1031). TKKS yang telah memenuhi standar akan dilanjutkan ke proses pencucian sedangkan TKKS yang belum mencapai ukuran standar akan di *reject* kembali dan dilakukan pengecilan ukuran kembali. Proses pencucian menggunakan *belt washing conveyor* (HC-1001), pembersihan dilakukan dengan cara di *spray* menggunakan air. Selanjutnya TKKS dikirim ke *bin feeder* (BF-1011) sebelum dimasak di dalam *digester* (DG-1061).

Sementara itu, padatan natrium hidroksida berkadar 99% dilarutkan di dalam tangki pelarut (MT- 1101) menjadi larutan NaOH 12%. Larutan NaOH 12% dipilih pada proses pembuatan pulp dari TKKS karena konsentrasi tersebut cukup kuat untuk melarutkan lignin secara efektif. Konsentrasi ini umum digunakan pada proses soda untuk bahan non-kayu, untuk memberikan keseimbangan antara kualitas pulp yang baik dan rendemen yang tetap tinggi.

2. Pemasakan (*Digesting Area*)

Secara umum, area ini adalah tempat dimana TKKS diolah menjadi *Pulp* melalui suatu proses digesti. Digesti yang dimaksud adalah penghancuran komponen lignin dari TKKS. Tahap ini merupakan reaksi utama pada proses pembuatan *Pulp*. Rumus lignin $C_{10}H_{11}O_{4(n)}$, Nilai n pada lignin yang umumnya berada pada kisaran 1000 - 8000. Pada perancangan ini digunakan nilai n sebesar 5000. Dalam proses ini terjadi reaksi mengikuti persamaan :



- Pengisian Bahan

Proses pengisian TKKS kedalam Digester (DG-1061) dilakukan sampai *Digester* (DG-1061) terisi 60%. Sisa ruangan ini berfungsi sebagai tempat larutan pemasak dengan perbandingan 4 : 1.

- Pemanasan dan Pemasakan

Proses pemanasan dilakukan dengan menggunakan steam saturasi dengan suhu 200 °C (tekanan 15,5 bar) yang dialirkan melalui *Coil* di dalam *Digester* (DG-1061). Proses pemanasan dilakukan hingga temperatur 150 °C. Sedangkan proses pemasakan dilakukan sampai 6 jam dan tekanan 6,5 atm. Pada proses pemasakan ini lignin terlarut menjadi *Black Liquor* dan serat selulosa terpisah membentuk *Pulp*.

- Pemisahan

Proses pemisahan antara *Black Liquor* (larutan pemasak yang telah mengandung lignin) dan *pulp* dilakukan dengan menggunakan alat *Vibrating Screen* (VS-1042), dimana prinsip kerja pemisahan *Vibrating Screen* (VS-1042) berdasarkan beda ukuran partikel, sehingga *Black Liquor* akan jatuh ke bawah saringan sedangkan *Pulp* akan tertahan didalam saringan, *Black Liquor* sisa pemasakan dapat dimanfaatkan kembali untuk dalam pemasakan berikutnya sebagai *Starter* dalam pemasakan.

- Pencucian

Proses pencucian ini dilakukan Rotary Drum Washer (WS-2091) untuk menghilangkan sisa *Black Liquor* yang masih menempel pada pulp dan menurunkan kadar lignin.

- Penyimpanan sementara

Setelah proses pencucian pulp dikirim ke *Mixing Tank* (MT-1102) untuk penyimpanan sementara sebelum masuk ke proses selanjutnya. Pada *Mixing Tank* (MT-1102) ada penambahan air untuk mengencerkan *Slurry*, menurunkan viskositas, dan mengatur konsistensi *Pulp*.

3. *Bleaching*

Proses *bleaching* bertujuan untuk memutihkan pulp dengan menghilangkan sisa lignin yang masih terdapat pada serat. Pada proses ini, pulp direaksikan dengan larutan H_2O_2 5% yang disiapkan di dalam tangki. Larutan H_2O_2 kemudian dialirkan ke heater untuk dipanaskan hingga suhu $75^\circ C$, selanjutnya dialirkan ke bleacher untuk proses *bleaching*. Proses *bleaching* berlangsung selama 60 menit pada temperatur $75^\circ C$. Untuk mempertahankan temperatur tersebut, bleacher dilengkapi dengan steam jacket dan dibantu dengan proses pengadukan agar reaksi berlangsung merata. Setelah proses *bleaching* selesai, pulp dipisahkan dari larutan H_2O_2 sebelum dilanjutkan ke tahap pencucian.

4. Pencucian

Hasil dari proses ini kemudian *Pulp* disaring menggunakan *Rotary Vacuum Drum Filter* (RV-2091) untuk memisahkan lignin yang telah terlarut. *Pulp* berwarna coklat akan memasuki tahap pencucian yang secara umum berguna untuk mengeluarkan *Liquor-Liquor* yang terkandung di dalam *Pulp* serta memisahkan material material lain yang tidak diinginkan. Tujuan dari pencucian ini sendiri secara detail adalah sebagai berikut :

- Menurunkan bilangan kappa
- Memisahkan *Liquor* dari *Pulp*
- Memisahkan *Knot*, *Shive*, dan partikel pengotor lainnya seperti debu dan pasir
- Mengurangi *Sodacarry Over* atau *soda Loss* ($<15\text{kg/adt}$)
- *Washing*

Setelah tahap pencucian, bahan dialirkan kembali ke dalam mixing tank untuk dilakukan proses pencampuran. Tahap berikutnya adalah penambahan zat aditif sesuai dengan formulasi yang telah ditentukan..

5. Penambahan Aditif

Perbaikan sifat kertas dilakukan dengan jalan penambahan zat aditif. Adapun zat aditif yang ditambahkan *starch* 3% berfungsi sebagai bahan pengisi (*Filter*), bahan penguat (*strength additives*). *sizing agent*, pewarna, bahan penolong proses (*processing aids*), pencerah (*optical brightener*), proses ini dilakukan dalam tangki pencampuran (MT-3105).

6. Sheet Forming

Sheet Forming adalah proses pembentukan lembaran kertas. Air dan *suspensi* serat disaring diatas saringan yang berputar secara kontinyu untuk membentuk jaringan serat basah yang diusahakan seseragam mungkin. Jaringan serat basah inilah yang akan menjadi calon lembaran kertas. Sistem *Sheet Forming* dilakukan di *Head Box (paper machine)*. Aliran bubur *pulp* dari *head box* tadi kemudian dibagi ke dalam pipa-pipa kecil agar aliran *pulp* yang akan melewati proses *Dewatering* agar bubur *pulp* lebih tersebar merata. Dalam proses *Sheet Forming* terdapat empat tahapan lanjutan yang akan dijelaskan sebagai berikut.

a. Pengepresan (*Pressing*)

Proses *Pressing* dilakukan dengan melewati kertas pada wet presses (*paper machine*) dengan cara kerja dua silinder bersentuhan yang berputar berlawanan arah. Proses *pressing* terdiri dari 3 tahap, yaitu :

1. *First Pressing*

Pada *pressing* tahap pertama terjadi pengurangan kadar air pada lembaran kertas hingga 50%-60%. Lembaran kertas yang masih basah kemudian dibawa dengan bantuan *felt* untuk diproses lebih lanjut agar kandungan air dalam lembaran kertas berkurang.

2. Second Pressing

Pada tahap ini terjadi pengaturan ketebalan kertas (*thickness*) dan pengurangan kadar air hingga 40%-50%.

3. Third Pressing

Pada tahap ini dilakukan penghalusan permukaan kertas (*smoothing*). Tahap ini hanya dilakukan untuk pembuatan kertas dengan gramatur di atas 120 gsm.

b. Pengeringan (*Drying*)

Proses *Drying* merupakan proses pengurangan kadar air yang dilakukan dengan alat *Cylinder Dryer (paper machine)*. Proses ini dilakukan dengan menggunakan *steam* secara bertahap dari 50 – 130 °C yang dilewatkan melalui *Cylinder Dryer*. *Cylinder Dryer* dilapisi oleh sejenis kain kanvas yang berguna untuk menyerap air di dalam kertas dan juga dapat menahan panas yang dikeluarkan steam dari dalam drum. Proses *drying* dibagi menjadi dua tahap, yaitu :

- Drying I

Drying I terdiri dari 3 group drying dengan total 22 buah *Cylinder Dryer*. *Moisture Content* keluaran drying I berkisar antara 2 – 3 %. Sebelum memasuki proses *drying II*, pada lembaran kertas dilakukan proses *Surface Sizing* terlebih dahulu dengan cara melapisi permukaan kertas dengan *Starch Solution*. *Surface Sizing* dilakukan untuk meningkatkan daya tahan kertas terhadap penetrasi tinta, memperkuat permukaan kertas dan meningkatkan kehalusan (*smoothness*) kertas.

- Drying II

Drying II terdiri dari dua kelompok *Drying* dengan total 12 unit *Cylinder Dryer*. Setiap kelompok berfungsi untuk mengurangi kadar air secara bertahap, sehingga bahan mencapai tingkat kekeringan yang diinginkan sebelum memasuki proses berikutnya.

c. Pembentukan permukaan & ketebalan (*Calendering*)

Proses *Calendering* dilakukan *Calender* (CL-4161) dengan melewati lembaran kertas pada 4 buah *roll* yang berputar berlawanan arah satu dengan lainnya agar permukaan kertas menjadi lebih halus dan untuk mendapatkan ketebalan kertas (*thickness*) yang sesuai. Untuk produksi *Drawing Paper* yang memerlukan permukaan yang cenderung kasar, tidak diperlukan proses *Calendering*.

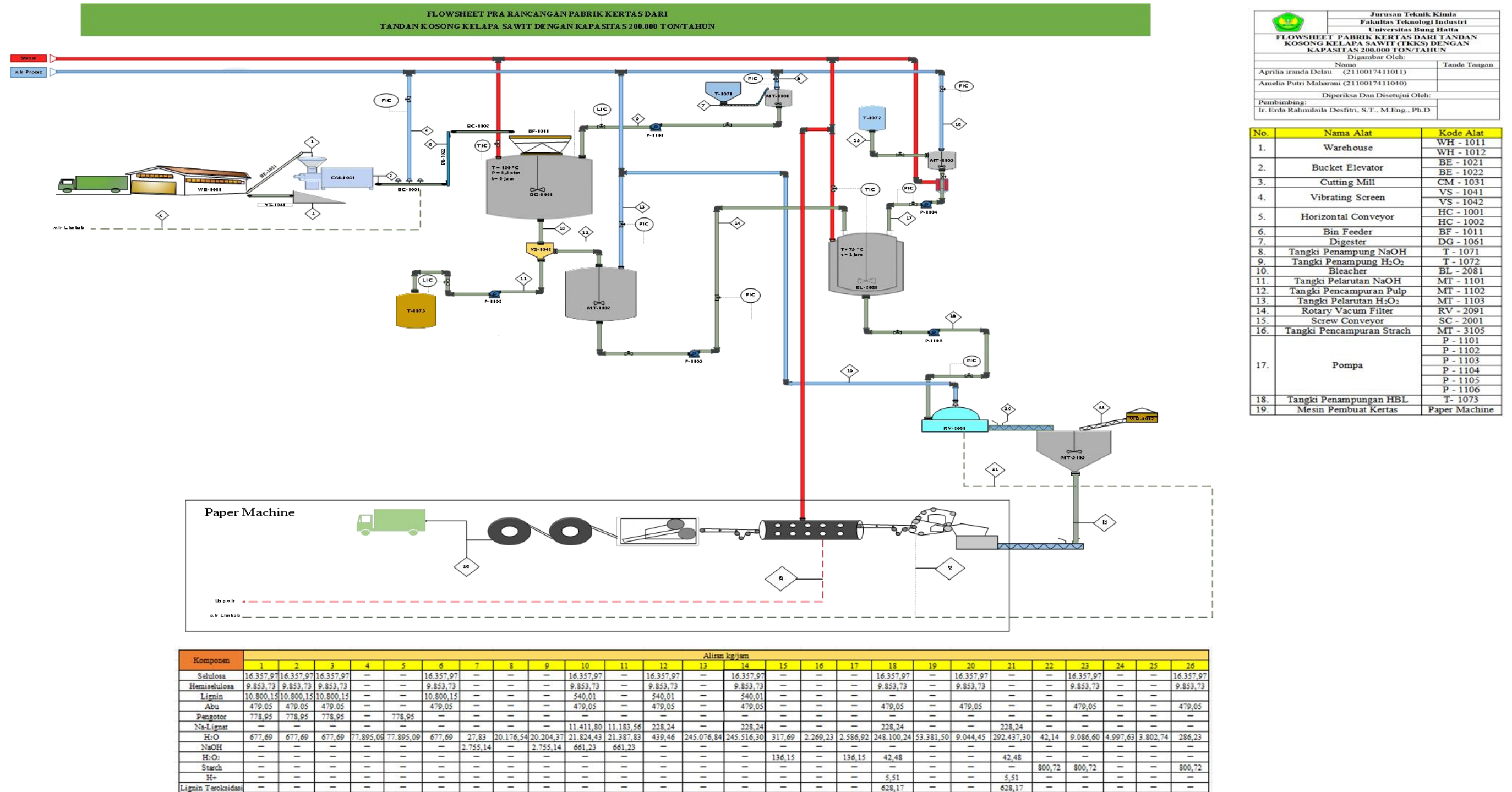
d. Penggulungan

Pada bagian ini, lembaran kertas digulung menjadi *Jumbo Roll* menggunakan alat *Reeler* (RE-4171). Proses ini bertujuan untuk mengumpulkan lembaran kertas agar lebih mudah disimpan, diangkut, dan diproses pada tahap berikutnya.”

Alat *Reeler* bekerja dengan mengatur ketegangan dan kecepatan gulungan agar roll kertas terbentuk rapi dan seragam. Dengan demikian, kualitas permukaan kertas tetap terjaga dan risiko kerutan atau sobekan dapat diminimalkan selama proses penggulungan.

3.2.2 Flowsheet

Adapun flowsheet pembuatan kertas dari TKKS dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Flowsheet Pembuatan Kertas

BAB IV
NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

Neraca massa dan neraca energi merupakan keterangan yang dapat menunjukkan banyaknya massa dan panas yang masuk, keluar, dan terakumulasi pada setiap peralatan proses. Neraca massa dan neraca energi ini berguna untuk menentukan spesifikasi dan ukuran dari peralatan yang digunakan.

4.1 Neraca Massa

Berdasarkan perhitungan neraca massa yang telah dilakukan, diperoleh neraca massa untuk masing – masing peralatan yang digunakan.

Kapasitas Pabrik

= 200.000 ton/tahun

Operasi Pabrik

= 300 hari kerja/tahun

Kapasitas Pabrik

= 200.000 ton/tahun x 1000 kg

300 hari x (24 jam/hari)

Tahun

= 27.777,78 kg/jam

4.1.1 Tangki Pelarutan NaOH

Fungsi : Tempat untuk melarutkan padatan NaOH membentuk larutan NaOH 12 %

Tabel 4. 1 Neraca Massa Tangki Pelarutan NaOH

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	F1	F2	F3
NaOH	2.755,14	-	2.755,14
H2O	27,83	20.176,54	20.204,37
Sub Total	2.782,97	20.176,54	22.959,51
Total	22.959,51		22.959,51

4.1.2 Pencucian

Fungsi : Tempat untuk menghilangkan pengotor yang terdapat pada TKKS

Tabel 4. 2 Neraca Massa Tangki Pencucian

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	F4	F5	F6	F7
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97	-
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73	-
Lignin	10.800,15	-	10.800,15	-

Abu	479,05	-	479,05	-
Pengotor	778,95	-	-	778,95
H2O	677,69	77.895,09	677,69	77.895,09
Sub Total	38.947,54	77.895,09	38.947,54	78.895,09
Total	116.842,63		116.842,63	

4.1.3 Digester

Fungsi : Untuk mereaksikan lignin dengan alkali membentuk Na-Lignat yang larut dalam air

Tabel 4. 3 Neraca Massa Alat Digester

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	F6	F3	F8
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Lignin	10.800,15	-	540,01
Abu	479,05	-	479,05
Na-Lignin	-	-	11.411,80
H2O	677,69	20.204,37	21.824,32
NaOH	-	2.755,14	661,23
Sub Total	38.168,59	22.959,51	61.128,10
Total	61.128,10		61.128,10

4.1.4 Vibrating Screen

Fungsi : Sebagai alat penyaring *pulp* terhadap larutan black liquor

Tabel 4. 4 Neraca Massa Alat *Vibrating Screen*

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	F8	F9	F10
Selulosa	16.357,97	16.357,97	-
Hemiselulosa	9.853,73	9.853,73	-
Lignin	540,01	540,01	-
Abu	479,05	479,05	-
Na-Lignin	11.411,80	228,24	11.183,56
H2O	21.824,32	436,49	21.387,83
NaOH	661,23	-	661,23
Sub Total	61.128,10	27.895,48	33.232,62
Total	61.128,10	61.128,10	

4.1.5 Mixing Tank

Fungsi : Untuk mencampurkan *pulp* dengan air dengan perbandingan 1 : 9

Tabel 4. 5 Neraca Massa Alat *Mixing Tank*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	F9	F11	F12
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Lignin	540,01	-	540,01
Abu	479,05	-	479,05
Na-Lignin	228,24	-	228,24
H2O	436,49	245.076,84	245.513,32
Sub Total	27.895,48	245.076,84	272.972,32
Total	272.972,32		272.972,32

4.1.6 Tangki Pelarutan H2O2

Fungsi : Tempat untuk mengencerkan larutan H2O2 menjadi larutan H2O2 5 %

Tabel 4. 6 Neraca Massa Tangki Pelarutan H2O2

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	F13	F14	F15
H2O2	136,15	-	136,15
H2O	317,69	2.269,23	2.586,92
Sub Total	453,85	2.269,23	2.723,08
Total	2.723,08		2.723,08

4.1.7 Bleacher

Fungsi : Alat pemutih *pulp* dengan cara mengoksidasi sisa lignin

Tabel 4. 7 Neraca Massa *Bleacher*

Komponen	Input (kg/jam)		Output(kg/jam)
	F12	F15	F16
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Lignin	540,01	-	-
Abu	479,05	-	479,05
Na-Lignin	228,24	-	228,24

H ₂ O	245.513,32	2.586,92	248.100,24
H ₂ O ₂	-	136,15	42,48
Na ⁺	-	-	-
H ⁺	-	-	5,51
Lignin Teroksidasi	-	-	628,17
Sub Total	272.972,32	2.723,08	275.695,39
Total	275.695,39		275.695,39

4.1.8 Rotary Vacuum Washer

Fungsi : Mencuci *pulp* keluaran dari *bleacher*

Tabel 4. 8 Neraca Massa pada *Rotary Vacuum Washer*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	F16	F17	F18	F19
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97	-
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73	-
Abu	479,05	-	479,05	-
H ₂ O	248.100,24	53.381,50	9.044,45	292.437,30
H ₂ O ₂	42,48	-	-	42,48
H ⁺	5,51	-	-	5,51
Na-Lignat	228,24	-	-	228,24
Lignin Teroksidasi	628,17	-	-	628,17
Sub Total	275.695,39	53.381,50	35.735,20	293.341,69
Total	329.076,90		329.076,90	

4.1.9 Mixing Tank

Fungsi : Untuk mencampurkan *pulp* dengan *strach*

Tabel 4. 9 Neraca Massa Alat *Mixing Tank*

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	F19	F20	F21
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Abu	479,05	-	479,05
H ₂ O	9.044,45	42,14	9.086,60
<i>Strach</i>	-	800,72	800,72
Sub Total	35.735,20	842,87	36.578,07

Total	36.578,07	36.578,07
--------------	------------------	------------------

4.1.10 Paper Machine

Fungsi : Untuk mengurangi kadar air kertas hingga 45 % dengan menggunakan paper machine

Tabel 4. 10 Neraca Massa pada Paper Machine

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	F21	F22	F23
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Abu	479,05	-	479,05
H ₂ O	9.086,60	4.997,63	4.088,97
Strach	800,72	-	800,72
Sub Total	36.578,07	4.997,63	31.580,44
Total	36.578,07	36.578,07	

4.1.11 Drying

Fungsi : Untuk mengurangi kadar air kertas hingga 3-5 % dengan menggunakan paper mechine

Tabel 4. 11 Neraca Massa pada Drying

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	F23	F24	F25
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Abu	479,05	-	479,05
H ₂ O	4.088,97	3.802,74	286,23
Strach	800,72	-	800,72
Sub Total	31.580,44	3.802,74	27.777,70
Total	31.580,44	31.580,44	

4.2 Neraca Energi

Berdasarkan perhitungan neraca energi yang telah dilakukan, diperoleh neraca energi untuk masing – masing peralatan yang digunakan.

4.2.1 Digester

Tabel 4. 12 Neraca Energi pada Digester

Input	Kkal/jam	Output	Kkal/jam
Q ₁ Q ₂ Q _{steam in} Q _R	60,69 5.700,21 590.722,51 221.787,86	Q _{steam out} Q ₃	153.938,78 220.756,77
Total	374.695,55	Total	374.695,55

4.2.2 Bleacher

Tabel 4. 13 Neraca Energi pada Bleacher

Input	Kkal/jam	Output	Kkal/jam
Q ₁ Q ₂ Q _{Steam in} Q _R	71.129,152 762,499 1.553.533,445 - 643.154,5851	Q ₃ Q _{Steam out}	619.966,259 362.304,252
Total	982.270,510	Total	982.270,510

4.2.3 Drying

Tabel 4. 14 Neraca Energi pada Drying

Input	Kkal/batch	Output	Kkal/batch
Q ₁ Q _{steam in}	489,2481928 23.835.658,58	Q ₂ Q ₃ Q _{steam out}	18.277.296,6 64,92319335 5.558.786,31
Total	23.836.147,83	Total	23.836.147,83

BAB V
UTILITAS

Unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit-unit yang lain dalam suatu pabrik atau sarana penunjang untuk menjalankan suatu pabrik dari tahap awal sampai produk akhir. Utilitas yang diperlukan pada pra rancangan Pabrik Kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan kapasitas 200.000 ton/tahun ini meliputi :

5.1 Unit Penyediaan Air, Steam dan Listrik

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) digunakan dari sungai yang ditampung di dalam bak penampung sementara sebelum digunakan sebagai air sanitasi, air proses dan air umpan boiler. Kualitas air sungai dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5. 1 Kualitas Air Sungai

Parameter		Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa		
				TS.1	TS.2	TS.3
Fisika	Suhu	°C	Deviasi 3	27,2	27,1	27,2
	TDS	Mg/l	1000	21	21	21
	TSS	Mg/l	50	53*	52*	49
	Bau	-	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau	Tidak Berbau
	Warna	TCU	-	67	66	67
	Kekeruhan	FAU	-	17	16	16
Kimia	pH	-	6-9	6,4	6,4	6,4
	COD	Mg/l	10	47,2*	35,3*	43,1
	BOD	Mg/l	2	16,992*	12,708*	15,516*
	Cu	Mg/l	0,02	0,00082	0,01592	0,00547
	Hg	Mg/l	0,001	0,00094	0,00097	0,00095
	Cr6+	Mg/l	0,05	0,013	0,03	0,047
	DO	Mg/l	Min 6	1,9	2,19	2,21
Mikrobiologi	Total kaliform	Jml/100 ml	1000	170	39	47
	Colifaecal	Jml/100 ml	100	14	4	6,8

1. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang mengandung mineral dan tidak mengandung kotoran atau bakteri. Air sanitasi digunakan untuk para karyawan lingkungan pabrik (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid/mushalla, kantin, dan lain-lain). Karena air ini berhubungan langsung dengan kesehatan, maka air sanitasi harus memenuhi standar kualitas sebagai berikut :

Syarat fisika yaitu :

- Suhu : di bawah suhu kamar
- Warna : tidak berwarna
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan : < 1 mg SiO₂/liter

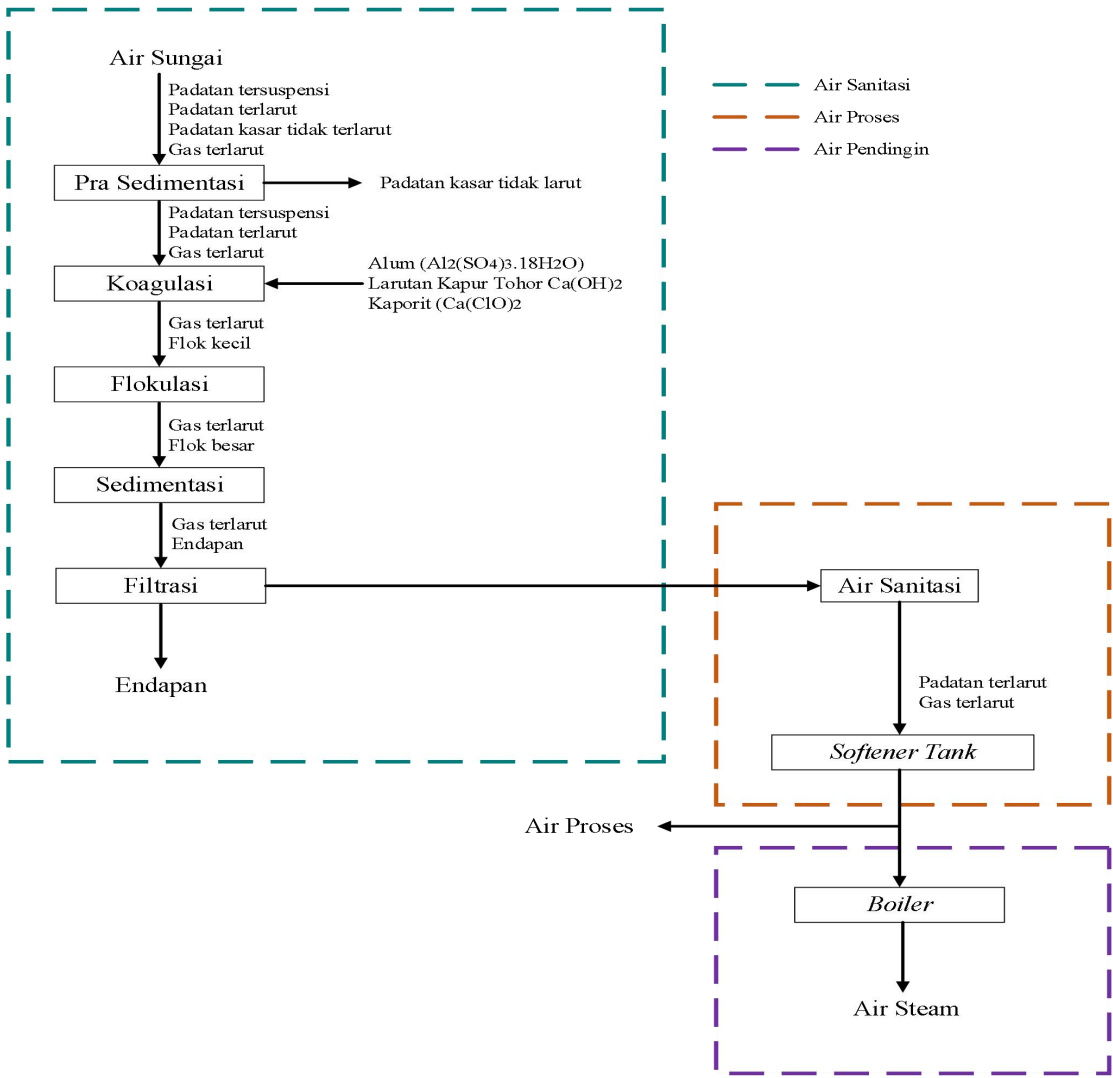
Syarat kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat-zat organik maupun anorganik yang terlarut dalam air, seperti PO₄³⁻, Hg²⁺, Cu²⁺ dan logam-logam berat lainnya yang beracun.

Syarat bakteriologis :

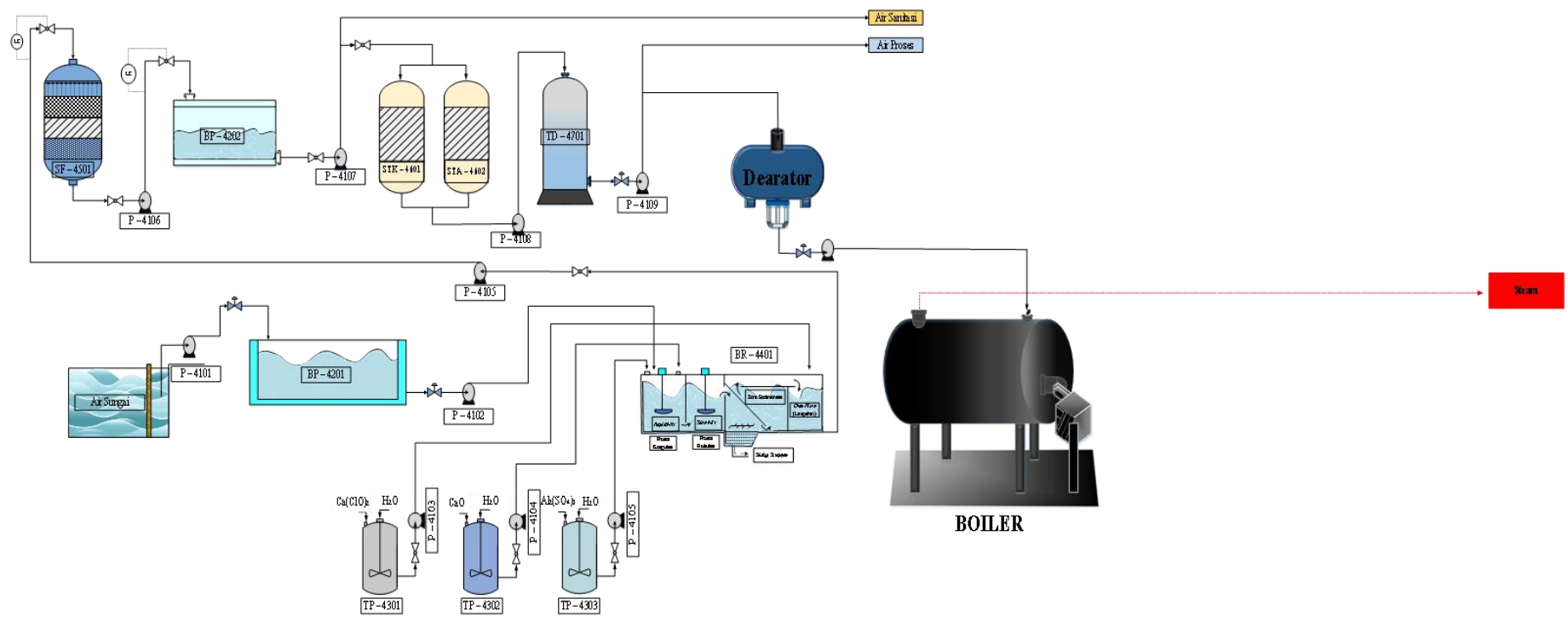
- Air sanitasi tidak mengandung kuman maupun bakteri terutama bakteri patogen

Pengolahan air sanitasi dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5. 1 Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi

FLOWSHEET UTILITAS PRA RANCANGAN PABRIK KERTAS DARI
 TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN



	Jurusan Teknik Kimia	
	Fakultas Teknologi Industri	
	Universitas Bung Hatta	
UTILITAS PABRIK KERTAS DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN		
Digambar Oleh:		
Nama		Tanda Tangan
Aprilia iranda Delau (2110017411011)		
Amelia Putri Maharani (2110017411040)		
Diperiksa Dan Disetujui Oleh:		
Pembimbing:		
Ir. Erda Rahmilla Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D		

No.	Nama Alat	Kode Alat
1.	Bak Penampung Air Sungai	BP - 4201
2.	Tangki Pelarut Alum	TP - 4301
3.	Tangki Pelarut Kapur	TP - 4302
4.	Tangki Pelarut Kaporit	TP - 4303
5.	Bak Raw Water	BR - 4401
6.	Sand Filter	SF - 4501
7.	Bak Penampung Air Bersih	BP - 4202
8.	Softener Tank	ST - 4601
9.	Tangki Demin Water	TD - 4701
10.	Pompa	P - 4101
11.	Dearator	D - 301
12.	Boiler	B - 302

Gambar 5. 2 Flowsheet Utilitas Pra rancangan Pabrik Kertas Kapasitas 200.00 ton/tahun

a. Proses Presedimentasi

Air sungai sebelum dikirim ke unit utilitas, dipisahkan terlebih dahulu dari kotoran yang berupa zat padat kasar yang terapung dengan cara memasang saringan disekitar suction pompa pengambil air, lalu dipompakan dan dialirkan ke bak penampung.

b. Proses Pengolahan Air Baku

Air dari bak penampungan dialirkan ke bak pengolahan raw water yang terdiri dari empat buah bak, yaitu bak pembentukan koagulan/ *Mixing Chamber*, bak pembentukan flok-flok/ *Flocculation Chamber*, bak sedimentasi/ *Sedimentation Chamber*, bak penampungan limpahan air bersih/ *Float Chamber*. Bak pengolahan air baku berfungsi untuk menghilangkan padatan terlarut dengan cara menambahkan bahan kimia sehingga terbentuk gumpalan dari kotoran-kotoran yang tersuspensi dalam air. Pengolahan air baku terbagi menjadi tiga tahap :

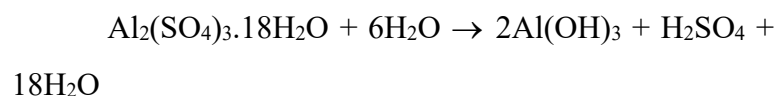
1) Proses Koagulasi

Air dari bak penampungan dialirkan ke bak pembentukan koagulan, pada bak ini diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut :

- Larutan Alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$)

Bahan kimia ini untuk menggabungkan beberapa molekul melalui penetralan muatan.

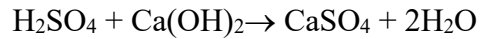
Reaksi yang terjadi :



- Larutan Kapur Tohor ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Bahan ini digunakan untuk menetralkan air yang dihasilkan pada unit pengendapan sehingga memperoleh nilai pH=7.

Reaksi yang terjadi :



- Larutan Calcium Hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$)

Penambahan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ berfungsi sebagai :

- Desinfektan berfungsi membunuh bakteri yang terdapat dalam air.
- Menghilangkan senyawa nitrogen dalam air, terutama amoniak.
- Mengontrol rasa, bau, dan warna.
- Meminimalkan H_2S .
- Meminimalkan Mn & Fe.
- Mengontrol alga & lumut.
- Sebagai bahan pendukung koagulasi

2) Proses Flokulasi

Proses flokulasi, yaitu penggabungan flok-flok kecil menjadi flok yang berukuran besar. Proses flokulasi juga bisa dipercepat dengan penambahan zat kimia tertentu (*flokulan aid*), seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Faktor utama yang mempengaruhi keefektifan koagulasi dan flokulasi air adalah tingkat kekeruhan air, padatan tersuspensi, pH, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, serta dosis koagulan.

Pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi dapat menghilangkan padatan tersuspensi sebesar 60-90%, BOD sebesar 40-70%, COD sebesar 30-60%, fosfor sebesar 70-90%, dan bakteri patogen yang menempel pada padatan tersuspensi sebesar 80-90% (U.S. EPA, 1987). Koagulan-koagulan yang terbentuk dialirkan bersama air ke bak pembentukan flok. Pada bak ini dilengkapi dengan pengaduk yang berputar dengan lambat sehingga koagulan-koagulan saling bergabung membentuk flok-flok.

3) Proses Sedimentasi

Flok-flok yang terbentuk dialirkan bersama air ke bak sedimentasi. Flok-flok ini akan mengendap dengan proses sedimentasi, dimana flok akan terbentuk pada bagian dasar tangki dan air bersih dialirkan pada bagian atas (limpahan). Bak sedimentasi ini dilengkapi dengan *sludge scrapper* yang bertujuan untuk mengangkut lumpur agar lumpur lebih cepat keluar.

c. Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Pada pengolahan air, filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi – flokulasi – sedimentasi sehingga dihasilkan air yang bersih. filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi flokulasi-sedimentasi sehingga dihasilkan air yang bersih.

Air bersih dari bak pengolahan air baku diteruskan ke *sand filter*, guna memisahkan kotoran – kotoran halus yang masih terdapat dalam air dan menghilangkan bau, rasa dan warna yang masih terdapat pada air tersebut. Penyaring yang digunakan pada *sand filter* adalah pasir silika, karbon aktif, dan kerikil. Agar pasir tidak ikut terbawa didalam air, maka pada bagian bawah *sand filter*, diberi penyaring. Air yang keluar dari *sand filter* ditampung pada tangki penampungan air bersih. Air bersih ini sebagian digunakan untuk air sanitasi dan sebagian lagi dilakukan Demineralisasi untuk mendapatkan air proses.

2. Air Proses

Air baku ini berasal dari aliran sungai Kabupaten Dharmasraya sebagian digunakan untuk air sanitasi dan sebagian lagi dilakukan demineralisasi untuk mendapatkan air proses yang diharapkan memiliki spesifikasi sesuai dengan syarat air yang digunakan untuk air proses. Ketidaksesuaian kriteria air

menurut standar kualitas, maka harus memenuhi standar kualitas pada Tabel 5.3

Tabel 5. 2 Persyaratan Air Proses

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
pH		10,5 – 11,5
Konduktivitas	mhos/cm	5000 max
TDS	Mg/L	3500 max
P - Alkalinity	Mg/L	-
M - Alkalinity	Mg/L	800 max
O - Alkalinity	Mg/L	2,5 x SiO ₂ min
Total Hardness	Mg/L	-
Silika	Mg/L	150 max
Besi	Mg/L	2 max
Phospat Residu	Mg/L	20 – 50
Residu Sulfat	Mg/L	20 – 50
pH Kondensat		8,0 – 9,0

(Sumber : PT. Nalco Indonesia)

Selain itu air yang digunakan harus bebas dari mineral – mineral atau unsur yang menyebabkan kesadahan air menjadi tinggi. Ion – ion seperti Ca²⁺ dan Mg²⁺ akan menyebabkan tingginya kesadahan air disamping juga Mn²⁺ dan Fe²⁺ / Fe³⁺. Ion – ion penyebab kesadahan ini harus dieliminasi sekecil mungkin sehingga konsentrasinya maksimum 0,05 ppm.

3. Air Umpan Boiler

Air yang digunakan untuk umpan boiler harus bebas dari mineral-mineral atau unsur yang menyebabkan kesadahan air menjadi tinggi. Ion-ion seperti Ca²⁺ dan Mg²⁺ akan menyebabkan tingginya kesadahan air disamping juga Mn²⁺ dan Fe²⁺/Fe³⁺. Ion-ion penyebab kesadahan ini harus dieliminasi sekecil mungkin sehingga konsentrasinya maksimum 0,05 ppm.

Adapun kriteria air umpan boiler menurut standar kualitas dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5. 3 Persyaratan Air Umpan Boiler

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
pH	Unit	>9,2
Konduktivitas	μs/cm	< 6000
Kesadahan Total (Ca, Mg)	mmol/l	< 0,01
Besi	mg/l	< 0,3
Tembaga	mg/l	< 0,05
Silika	mg/l	-
Oksigen	mg/l	< 0,05
Minyak/Lemak	mg/l	< 1
Zat Organik	-	

Sumber : (Metrohm.com,2024)

5.1.2 Unit Pembangkit *Steam*

Unit ini berfungsi memenuhi kebutuhan steam pabrik kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), *steam* dihasilkan oleh boiler dan digunakan untuk keperluan proses. Air umpan boiler yang telah bebas dari kesadahan dan gas terlarut kemudian dialirkan ke dalam *steam* boiler. Jenis boiler yang digunakan adalah *fire tube boiler*. Gas panas yang dihasilkan dari proses pembakaran dialirkan melewati tube-tube dan memanaskan air yang ada disekeliling tube. Energi panas yang dilepaskan gas diserap oleh air sehingga air mengalami perubahan dari fasa cair menjadi fasa uap (*saturated* atau *superheated steam*). *Steam* yang dihasilkan memiliki temperatur 152 °C, kemudian dikirim ke plant untuk digunakan pada unit heater. Kondensat yang dihasilkan kemudian dialirkan ke deaerator kembali.

5.1.3 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik kertas direncanakan untuk non proses (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid/musholla, kantin dan lain-lain) dan keperluan proses seperti menggerakkan pompa, penerangan dan peralatan instrumentasi. Sumber pengadaan listrik untuk kebutuhan-

kebutuhan tersebut diperoleh dari PT.PLN dan sebagai cadangan digunakan genset.

5.2 Unit Pengolahan Limbah

Limbah suatu industri merupakan hal yang tidak dapat diabaikan keberadaannya. Limbah yang tidak dikelola dengan baik bisa berdampak bagi lingkungan. Kandungan bahab-bahan organik yang tinggi pada limbah yang dihasilkan dapat menjadi sumber pertumbuhan mikroba. Sehingga limbah industri secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat apabila tidak dikelola dengan benar. Pabrik kertas dalam memproduksi kertas juga menghasilkan bermacam-macam limbah khususnya limbah black liquor. Penanganan limbah pada pabrik kertas khususnya black liquor dijual kepada PT. dan limbah air sisa pencucian dialirkan ke sungai karena tidak mengandung senyawa kimia berbahaya.

Adapun kebutuhan air pada Pra Rancangan Pabrik Kertas dengan Kapasitas 200.000 Ton/Tahun adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan Air Sanitasi

Adapun kebutuhan air sanitasi pada Pabrik Kertas dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Sanitasi

Total Kebutuhan Air Sanitasi	Laju Alir (m³/hari)
Perumahan	25,20
Air untuk karyawan	12,60
Laboratorium	2,00
Pemadam kebakaran	54,00
Masjid, Kantin, dan Klinik	7,50
TOTAL	101,30

2. Kebutuhan Air Proses

Adapun kebutuhan air proses pada Pabrik Kertas dapat dilihat pada Tabel 5.5

Tabel 5. 5 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Laju Alir (Kg/Jam)
<i>Washer</i>	77.895,09
Tangki Pencampuran Pulp	245.076,84
Tangki Pencampuran NaOH	20.176,54
Tangki Pelarutan H ₂ O ₂	2.269,23
<i>Rotary Vacuum Filter</i>	53.381,50
TOTAL	55.650,73

3. Kebutuhan Air Umpan Boiler

Adapun kebutuhan air umpan boiler pada Pabrik Kertas dapat dilihat pada Tabel 5.16

Tabel 5. 6 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Nama Alat	Laju Alir (Kg/Jam)
<i>Digester</i>	88,02
<i>Bleacher</i>	2.363,35
<i>Drying</i>	36.260,51
TOTAL	39.505,87

BAB VI

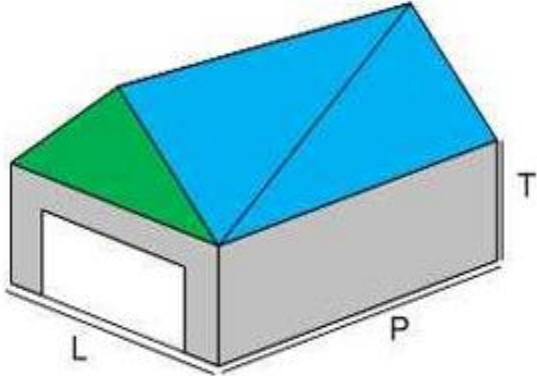
SPESIFIKASI PERALATAN

Berdasarkan perhitungan pada lampiran C diperoleh spesifikasi peralatan pada pra rancangan pabrik kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawi (TKKS) seperti uraian di bawah ini :

6.1 Spesifikasi Peralatan Utama

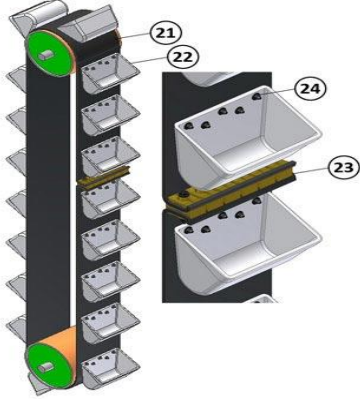
6.1.1 Gudang Penyimpanan TKKS (WH-1011)

Tabel 6. 1 Spesifikasi Gudang Penyimpanan TKKS (WH-1011)

Spesifikasi	
Nama	Gudang penyimpanan bahan baku TKKS
Kode	WH-1011
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat persiapan awal bahan baku TKKS
Lama Penyimpanan	7 hari
Sifat Bahan	Tidak korosif, tidak volatile, higrokopis
Fasa Bahan yang disimpan	Padat
Data Design	
Gambar	
Tipe	Warehouse
Bahan Konstruksi	Baja ringan dan bata beton
Temperatur	Suhu ruang
Kapasitas	384 m ³
Panjang (P)	12 meter
Lebar (L)	8 meter
Tinggi (T)	4 meter

6.1.2 Bucket Elevator (BE-1021)

Tabel 6. 2 Spesifikasi Bucket Elevator (BE-1021)

Spesifikasi	
Nama	Bucket Elevator
Kode	BE-1021
Jumlah	1 unit
Fungsi	Transportasi TKKS ke Cutting Mill
Data Design	
Gambar	
Tipe	Bucket Elevator
Temperatur	Suhu ruang
Tinggi Elevator	25,94 ft
Panjang x Lebar Bucket	15 cm x 10 cm
Kecepatan	0,8579 ft/menit
Daya Elevator	0,5 HP

6.1.3 Cutting Mill (CM-1031)

Tabel 6. 3 Spesifikasi Cutting Mill (CM-1031)

Spesifikasi	
Nama	<i>Cutting Mill</i>
Kode	CM-1031
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengecilkan Ukuran TKKS
Data Design	

Gambar	
Tipe	Cutting Mill
Bahan Konstruksi	Karbon Stell
Ukuran TKKS Akhir	3-45 mm
Temperatur	Suhu Ruang
Kapasitas	43,27 ton/jam
Tinggi Cutting Mill	4 meter
Diameter	4 meter
Daya Elevator	44 HP

6.1.4 *Vibrating Screen (VS-1041)*

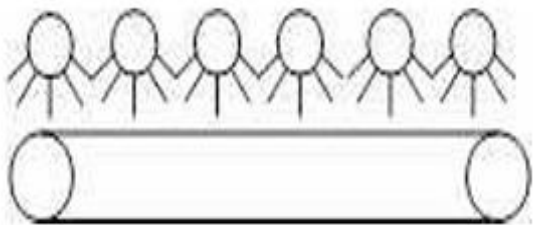
Tabel 6. 4 Spesifikasi *Vibrating Screen (VS-1041)*

Spesifikasi	
Nama	<i>Vibrating Screen</i>
Kode	VS-1041
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat penyeragaman ukuran TKKS
Data Design	
Gambar	

Tipe	<i>Vibrating Screen</i>
Bahan Konstruksi	Karbon Stell
Ukuran Screen	5 mesh
Temperatur	Suhu Ruang
Kapasitas	61.128,10 kg/jam
Ukuran Mesin	512 cm x 259 cm x 306 cm
Daya	3 HP

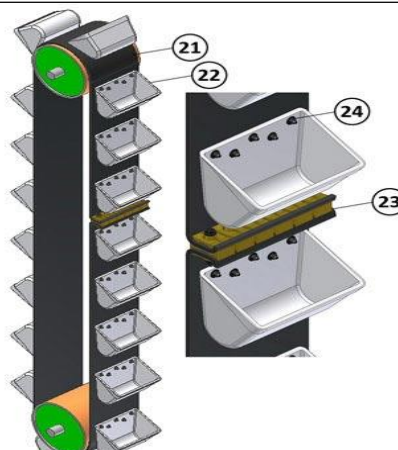
6.1.5 *Horizontal Conveyor Washer (HC-1001)*

Tabel 6. 5 Spesifikasi *Horizontal Conveyor Washer (HC-1001)*

Spesifikasi	
Nama	<i>Horizontal Conveyor Washer</i>
Kode	HC-1001
Jumlah	1 unit
Fungsi	Transportasi TKKS ke Bucket Elevator (BE-1021)
Data Design	
Gambar	
Tipe	<i>Horizontal Conveyor Washer</i>
Bahan Konstruksi	Karbon Stell
Temperatur	Suhu Ruang
Kapasitas	116,84 ton/jam
Lebar Konveyor	40 cm
Panjang Konveyor	10 m
Kecepatan Diset	0,33 m/menit
Daya Konveyor	3 HP

6.1.6 Bucket Elevator (BE-1022)

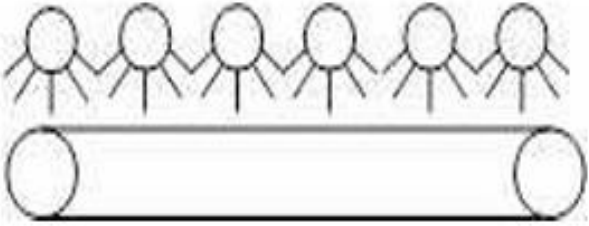
Tabel 6. 6 Spesifikasi Bucket Elevator (BE-1022)

Spesifikasi	
Nama	Bucket Elevator
Kode	BE-1022
Jumlah	1 unit
Fungsi	Transportasi TKKS ke Conveyor
Data Design	
Gambar	
Tipe	Bucket Elevator
Temperatur	Suhu ruang
Kapasitas	116.842,63 kg/jam
Tinggi Elevator	70 ft
Jarak Bucket	50,8 cm
Panjang x Lebar Bucket	22,86 cm x 15,24 cm
Kecepatan	2,8 ft/menit
Daya Elevator	2 HP

6.1.7 Horizontal Conveyor (HC-1002)

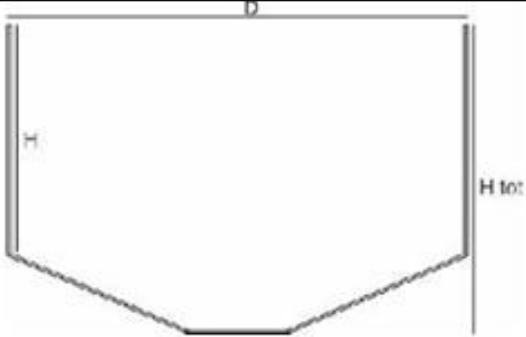
Tabel 6. 7 Spesifikasi Horizontal Conveyor (HC-1002)

Spesifikasi	
Nama	Horizontal Conveyor Washer
Kode	HC-1002
Jumlah	1 unit
Fungsi	Transportasi TKKS ke Bin Feeder

Data Design	
Gambar	
Tipe	Horizontal Conveyor Washer
Bahan Konstruksi	Karbon Stell
Temperatur	Suhu Ruang
Kapasitas	116.842,63 kg/jam
Lebar Konveyor	45 cm
Panjang Konveyor	2 m
Kecepatan Diset	0,13 m/menit
Daya Konveyor	3 HP

6.1.8 Bin Feeder (BF-1011)

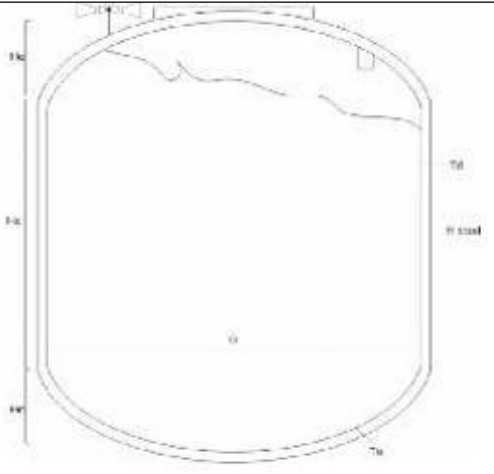
Tabel 6. 8 Spesifikasi Bin Feeder (BF-1011)

Spesifikasi	
Nama	Bin Feeder
Kode	BF-1011
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat penampungan TKKS sementara
Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Alas Conical (kerucut)

Bahan Konstruksi	Karbon Steel
Temperatur	Suhu ruang
Kapasitas	116.842,63 kg/jam
Diameter Bin Feeder	5,2 meter
Tinggi Conical	0,4 meter
Tinggi Bin Feeder	5,63 meter
Tebal Dinding Silinder	0,13 inci
Tebal Dinding Conical	0,13 inci

6.1.9 Digester (DG-1061)

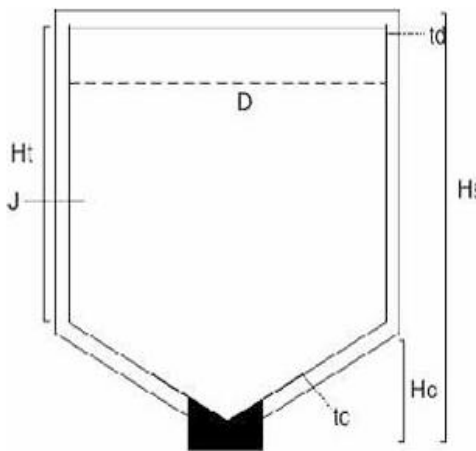
Tabel 6. 9 Spesifikasi Digester (DG-1061)

Spesifikasi	
Nama	Digester
Kode	DG-1061
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Pemasakan bubur pulp
Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Alas dan tutup ellipsoidal
Bahan Konstruksi	Stainless Steel Austenitic 18 Cr 8 Ni (SA-240 Grade 304)
Temperatur	150 °C
Tekanan	6,5 atm
Kapasitas	38.168,59 kg/jam
Diameter Digester	7,13 meter

Tinggi Silinder Digester	7,13 meter
Tinggi Digester	8,91 meter
Tebal Dinding Tangki	1,27 inci
Tebal Dinding Ellipsoidal	1,26 inci

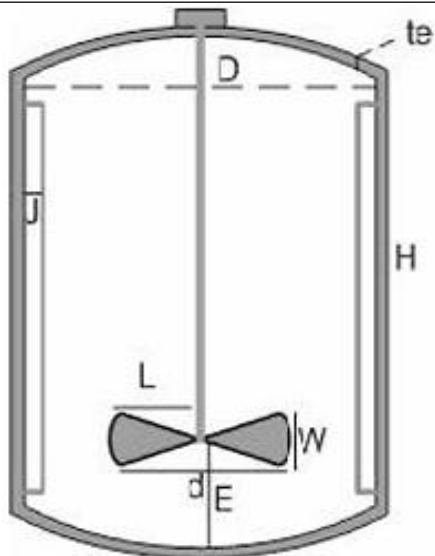
6.1.10 Tangki Penyimpanan NaOH (T-1001)

Tabel 6. 10 Spesifikasi Tangki Penyimpanan NaOH (T-1001)

Spesifikasi	
Nama	Tangki Penyimpanan NaOH
Kode	T-1001
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat penyimpanan NaOH
Lama Penyimpanan	3 hari
Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Alas Conical
Temperatur	30 °C
Diameter	5 meter
Tinggi	5,3 meter
Tebal Dinding Silinder	3,1 inci
Tebal Dinding Conical	3,1 inci
Kapasitas	1,31 m ³
Bahan Konstruksi	Carbon Steel

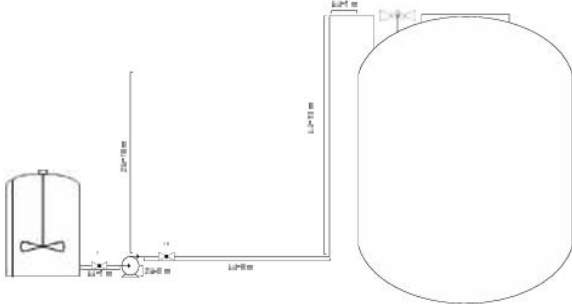
6.1.11 Tangki Pelarutan NaOH (MT-1101)

Tabel 6. 11 Spesifikasi Tangki Pelarutan NaOH (MT-1101)

Spesifikasi	
Nama	Tangki Pelarutan NaOH
Kode	MT-1101
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat pelarutan NaOH
Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Tutup Sedikit Ellipsoidal
Diameter	5,8 meter
Tinggi	5,8 meter
Tebal Dinding Silinder	0,18 inci
Diameter Pengaduk	1,9 meter
Panjang Daun Pengaduk	0,48 meter
Tinggi Pengaduk dari Dasar Tangki	1,9 meter
Lebar Baffle	0,48 meter
Kecepatan Putar Pengaduk	0,3 rps
Kapasitas	140,29 m ³
Daya Pengaduk	0,5 HP
Bahan Konstruksi	Carbon Steel

6.1.12 Pompa NaOH (P-1101)

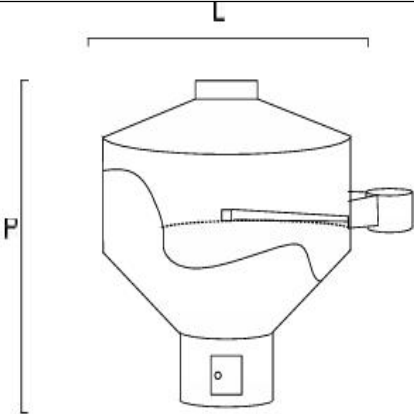
Tabel 6. 12 Spesifikasi Pompa NaOH (P-1101)

Spesifikasi	
Nama	Pompa NaOH
Kode	P-1101
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan NaOH ke Digester
Data Design	
Gambar	
Tipe	Centrifugal Pump
Laju Volumetrik	62,49 m ³ /jam
Ukuran Pipa	4 inci sch 40
Daya	3,48 HP

6.1.13 Vibrating Screen (VS-1042)

Tabel 6. 13 Spesifikasi Vibrating Screen (VS-1042)

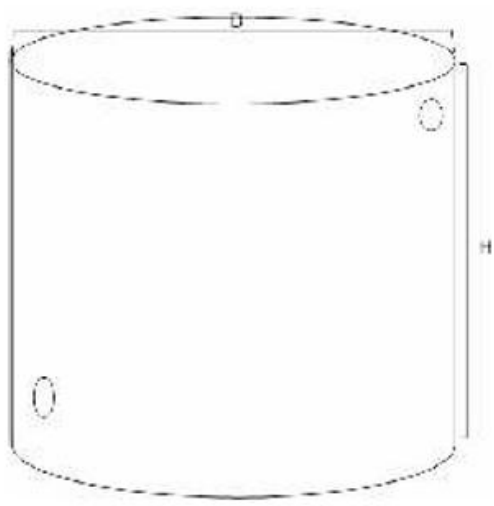
Spesifikasi	
Nama	Vibrating Screen
Kode	VS-1042
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memisahkan Pulp dengan Black Liduor
Data Design	

Gambar	
Tipe	ZS1224
Kapasitas	61.128,10 kg/jam
Panjang	1,2 meter
Lebar	2,4 meter
Tinggi	2 meter
Ukuran Screen	200 mesh
Daya	3 kW

6.1.15 Tangki Penampungan HBL (T-1071)

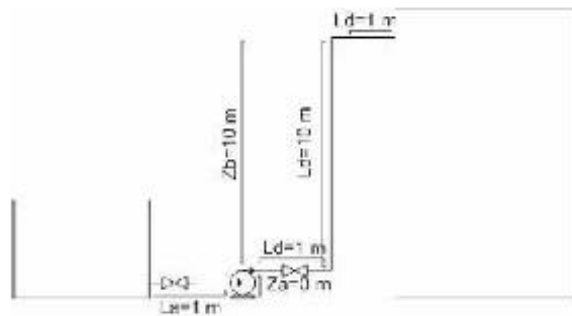
Tabel 6. 14 Spesifikasi Tangki Penampungan HBL (T-1071)

Spesifikasi	
Nama	Tangki Penampungan HBL
Kode	T-1071
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Menampung Black Liquor
Lama Penyimpanan	1 hari
Data Design	

Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Alas dan Tutup Datar
Bahan Konstruksi	Stainless Steel
Kapasitas	323,99 m ³
Diameter Tangki	14,4 meter
Tinggi Tangki	21,6 meter
Tebal Dinding Tangki	0,4 inci

6.1.16 Pompa Black Liquor (P-1102)

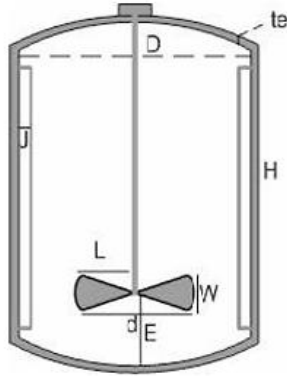
Tabel 6. 15 Spesifikasi Pompa Black Liquor (P-1102)

Spesifikasi	
Nama	Pompa Black Liquor
Kode	P-1102
Jumlah	12 unit
Fungsi	Mengalirkan HBL ke Tangki Penampungan HBL
Data Design	
Gambar	
Tipe	Centrifugal Pump

Laju Alir Volumetrik	360 m ³ /jam
Ukuran Pipa	4 inci sch 40
Daya	2,5 HP

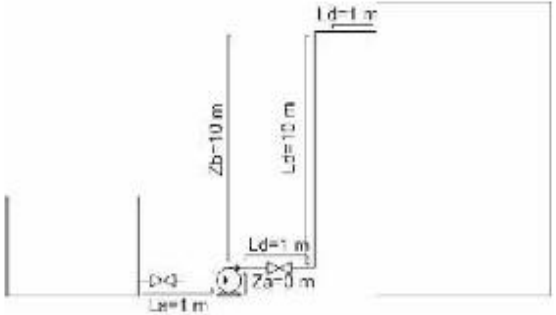
6.1.17 Tangki Penampungan Pulp (T-1072)

Tabel 6. 16 Spesifikasi Tangki Penampungan Pulp (T-1072)

Spesifikasi	
Nama	Tangki Penampungan Pulp
Kode	T-1072
Jumlah	6 unit
Fungsi	Tempat Menampung Pulp
Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Tutup Sedikit Ellipsoidal
Bahan Konstruksi	Stainless Steel
Kapasitas	1.636 m ³
Diameter	16 meter
Tinggi	16 meter
Tebal Dinding Tangki	0,42 inci
Diameter Pengaduk	5,20 meter
Panjang Daun Pengaduk	1,30 meter
Lebar Daun Pengaduk	1,04 meter
Tinggi Pengaduk dari Dasar	5,2 meter
Lebar Baffle	1,3 meter
Kecepatan Putar Pengaduk	0,11 rps
Daya Pengaduk	0,02 HP

6.1.18 Pompa Pulp (P-1103)

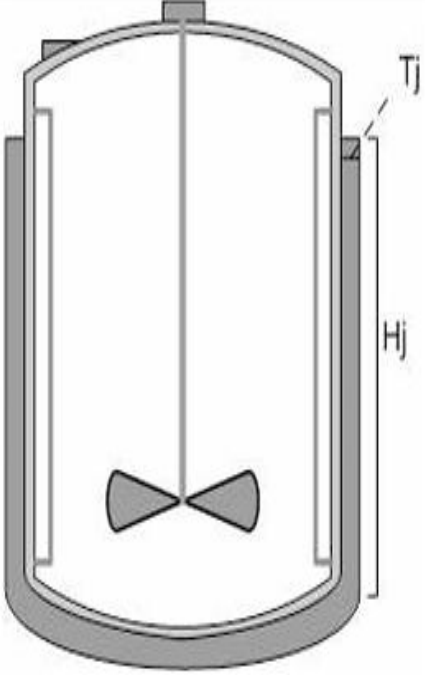
Tabel 6. 17 Spesifikasi Pompa Pulp (P-1103)

Spesifikasi	
Nama	Pompa Pulp
Kode	P-1103
Jumlah	12 unit
Fungsi	Mengalirkan Pulp ke Bleaching
Data Design	
Gambar	
Tipe	Centrifugal Pump
Laju Alir Volumetrik	306,23 m ³ /jam
Ukuran Pipa	12 inci sch 30
Daya	23 HP

6.1.19 Tangki Bleaching (BL-2081)

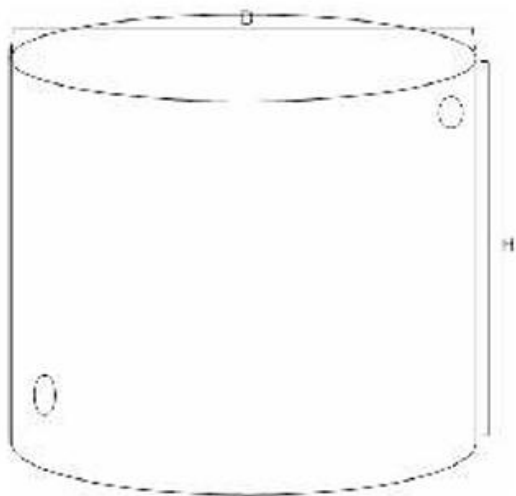
Tabel 6. 18 Spesifikasi Tangki Bleaching (BL-2081)

Spesifikasi	
Nama	Tangki Bleaching
Kode	BL-2081
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Pemutihan Pulp
Data Design	

Gambar	
Tipe Bahan Konstruksi Temperatur Kapasitas Diameter Tinggi Ellipsoidal Tinggi Tangki Bleaching Tebal Dinding Tangki Tebal Alas dan Tutup Ellipsoidal Diameter Pengaduk Panjang Daun Pengaduk Lebar Daun Pengaduk Tinggi Pengaduk dari Dasar Tangki Lebar Baffle Kecepatan Putar Pengaduk Daya Pengaduk Tebal Jaket Tinggi Jaket Diameter Luar Jaket	Silinder Vertikal dengan Tutup Sedikit Ellipsoidal Carbon Steel 75 °C 308,27 m ³ 12 meter 3 meter 15 meter 0,33 inci 0,33 inci 4 meter 1 meter 0,8 meter 4 meter 1 meter 0,15 rps 0,5 HP 0,04 inci 10,79 meter 12,3 meter

6.1.20 Tangki Penyimpanan H₂O₂ (T-1072)

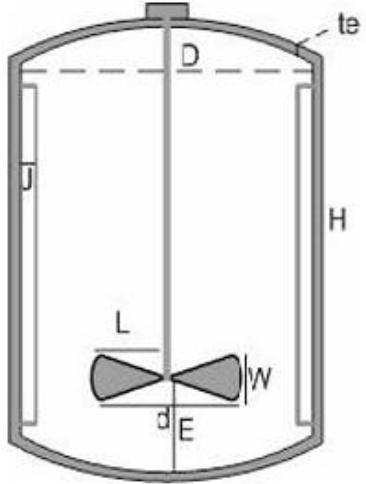
Tabel 6. 19 Spesifikasi Tangki Penyimpanan H₂O₂ (T-1072)

Spesifikasi	
Nama	Tangki Penyimpanan H ₂ O ₂
Kode	T-1072
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Penyimpanan H ₂ O ₂
Lama Penyimpanan	14 hari
Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Tutup Datar
Bahan Konstruksi	Stainless Steel
Kapasitas	136,15 kg/jam
Diameter Tangki	0,7 meter
Tinggi Tangki	1,08 meter
Tebal Dinding Tangki	0,05 inci

6.1.21 Tangki Pelarutan H₂O₂ (MT-1104)

Tabel 6. 20 Spesifikasi Tangki Pelarutan H₂O₂ (MT-1104)

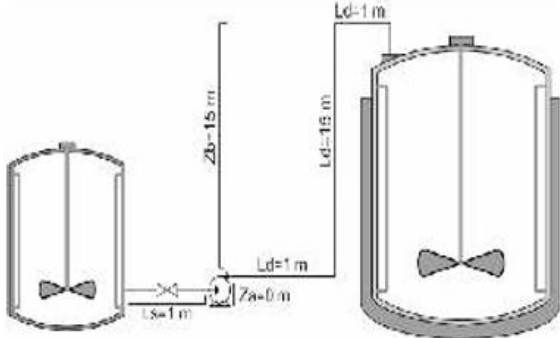
Spesifikasi	
Nama	Tangki Pelarutan H ₂ O ₂
Kode	MT-1104
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Penlarutan H ₂ O ₂

Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Tutup Sedikit Ellipsoidal
Bahan Konstruksi	Carbon Steel
Kapasitas	3,2 m ³
Diameter	1,7 meter
Tinggi	1,7 meter
Tebal Dinding Silinder	0,08 inci
Diameter Pengaduk	0,5 meter
Panjang Daun Pengaduk	0,13 meter
Lebar Daun Pengaduk	0,11 meter
Tinggi Pengaduk dari Dasar Tangki	0,55 meter
Lebar Baffle	0,13 meter
Kecepatan Putar Pengaduk	1,03 rps
Daya Pengadukan	0,5 HP

6.1.22 Pompa H₂O₂ (P-1104)

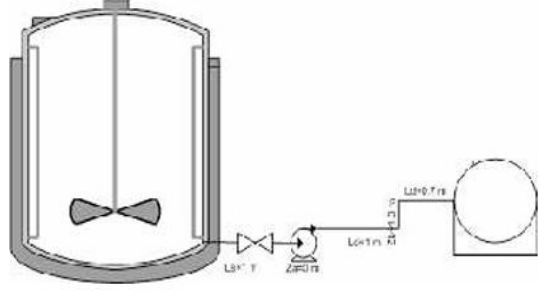
Tabel 6. 21 Spesifikasi Pompa H₂O₂ (P-1104)

Spesifikasi	
Nama	Pompa H ₂ O ₂
Kode	P-1104
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan H ₂ O ₂ ke Bleacher
Data Design	

Gambar	
Tipe	Centrifugal Pump
Laju Alir Volumetrik	1,90 m ³ /jam
Ukuran Pipa	1,5 inci sch 30
Daya	0,2 HP

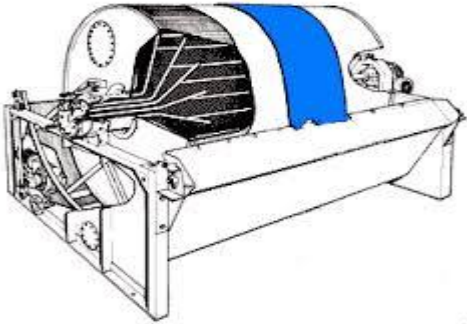
6.1.23 Pompa Pulp 2 (P-1105)

Tabel 6. 22 Spesifikasi Pompa Pulp 2 (P-1105)

Spesifikasi	
Nama	Pompa Pulp 2
Kode	P-1105
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan Pulp ke Rotary Vacuum Washer
Data Design	
Gambar	
Tipe	Centrifugal Pump
Laju Alir Volumetrik	306,23 m ³ /jam
Ukuran Pipa	12 inci sch 30
Daya	2,5 HP

6.1.24 Rotary Vacuum Washer (RV-2091)

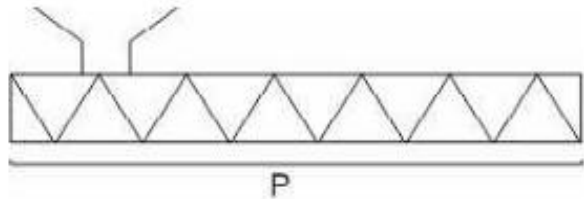
Tabel 6. 23 Spesifikasi Rotary Vacuum Washer (RV-2091)

Spesifikasi	
Nama	Rotary Drum Vacuum Washer
Kode	RV-2091
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Pencucian Pulp dari black liquor
Fasa yang Dipisahkan	Padat dan Cair
Data Design	
Gambar	
Tipe	Rotary Filter
Bahan Konstruksi	Stainless Steel (SA-240), Grade 304, 18 Cr-8Ni
Kapasitas	275.695,39 kg/jam
Diameter	6 ft
Panjang	10 ft

6.1.25 Screw Conveyor (SC-2001)

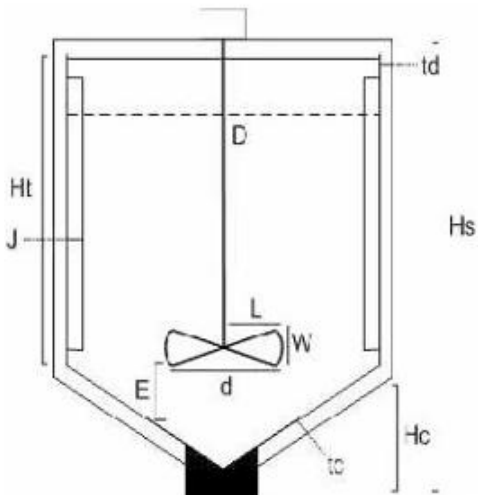
Tabel 6. 24 Spesifikasi Screw Conveyor (SC-2001)

Spesifikasi	
Nama	Screw Conveyor
Kode	SC-2001
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan Pulp ke Mixing Tank
Data Design	

Gambar	
Tipe	Screw Conveyor
Kapasitas	36,58 ton/jam
Panjang	15 meter
Kecepatan Putar	50 rpm
Daya	3 HP

6.1.26 Tangki Pelarutan Starch (MT-3105)

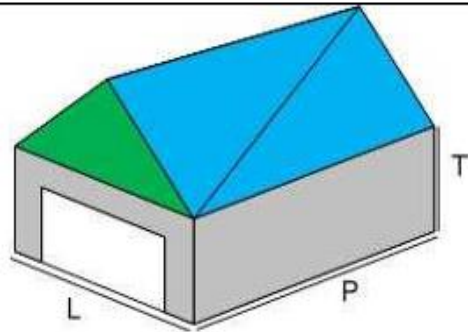
Tabel 6. 25 Spesifikasi Tangki Pelarutan Starch (MT-3105)

Spesifikasi	
Nama	Tangki Pelarutan Starch
Kode	MT-3105
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Pelarutan Starch
Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Tutup Sedikit Ellipsoidal
Diameter	1,15 meter
Tinggi	1,15 meter
Tebal Dinding Tangki	0,01 inci
Diameter Pengaduk	1,38 meter

Panjang Daun Pengaduk	0,09 meter
Lebar Daun Pengaduk	0,07 meter
Tinggi Pengaduk dari Dasar Tangki	0,38 meter
Lebar Baffle	0,09 meter
Kecepatan Putar Pengaduk	1,53 rps
Kapasitas	59,72 m ³
Daya Pengadukan	0,0020 HP
Bahan Konstruksi	Carbon Steel

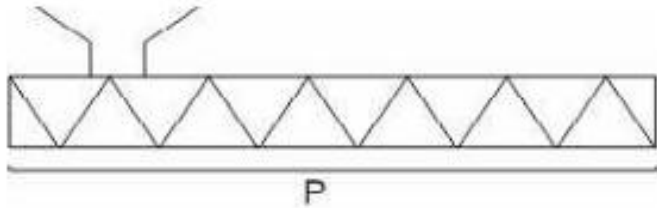
6.1.27 Gudang Starch (WH-1012)

Tabel 6. 26 Spesifikasi Gudang Starch (WH-1012)

Spesifikasi	
Nama	Gudang Penyimpanan Bahan Baku Starch
Kode	WH-1012
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Menyimpan Starch
Lama Penyimpanan	7 hari
Sifat Bahan	Tidak Korosif, Tidak Volatile, Higrokopis
Fasa Bahan	Padat
Data Design	
Gambar	
Tipe	Warehouse
Bahan Konstruksi	Baja Ringan dan Bata Beton
Temperatur	Suhu Ruang
Kapasitas	3,78 m ³
Panjang (P)	2,5 meter
Lebar (L)	1,7 meter
Tinggi (T)	0,85 meter

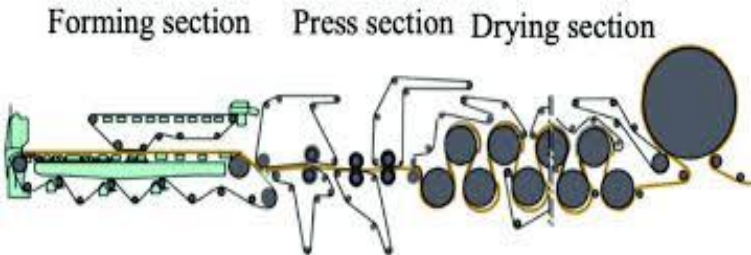
6.1.28 Screw Conveyor (SC-2002)

Tabel 6. 27 Spesifikasi *Screw Conveyor* (SC-2002)

Spesifikasi	
Nama	Screw Conveyor
Kode	SC-2001
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan Pulp dari Mixing Tank
Data Design	
Gambar	
Tipe	Screw Conveyor
Kapasitas	36,58 ton/jam
Panjang	15 meter
Kecepatan Putar	50 rpm
Daya	3 HP

6.1.29 Paper Machine

Tabel 6. 28 Spesifikasi Paper Machine

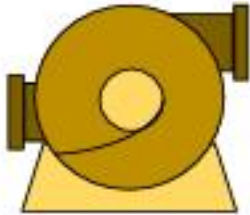
Spesifikasi	
Nama	Paper Machine
Jumlah	1 unit
Fungsi	Pembentukan Kertas
Data Design	
Gambar	
Kapasitas	1000 ton/hari

Lebar	10 meter
Panjang	100 meter
Kecepatan Produksi	100 km/hr

6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas

6.2.1 Pompa Air Sungai

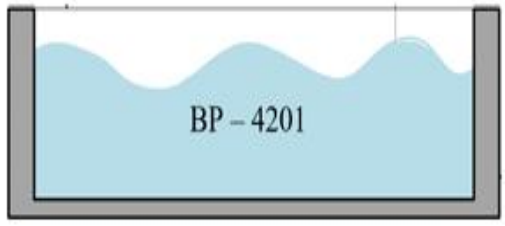
Tabel 6. 29 Spesifikasi Pompa Air Sungai

Spesifikasi	
Nama	Pompa Air Sungai
Kode	P-1001
Jumlah	6 unit
Fungsi	Memompakan aliran dari satu tempat ke tempat lain
Data Design	
Gambar	
Tipe	Rotary Pump
Bahan Konstruksi	Commercial Steel Pipe
Laju Volumetrik (Qv)	97,52 gal/menit
Kecepatan Aliran (V)	0,01 ft.lbf/lb
Daya Pompa	0,90 HP

6.2.2 Bak Penampung Air Sungai

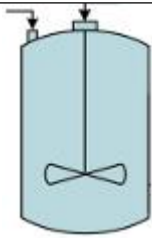
Tabel 6. 30 Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai

Spesifikasi	
Nama	Bak Penampung Air Sungai
Kode	BP-1101
Jumlah	1
Fungsi	Menampung Air Sungai Sebelum Diolah Menjadi Air Bersih

Data Design	
Gambar	
Material	Beton Panjang
Laju Alir Volumetrik (Qv)	19,93 m ³ /jam
Panjang	2 meter
Lebar	3 meter
Tinggi	1,54 meter

6.2.3 Tangki Pelarutan Alum

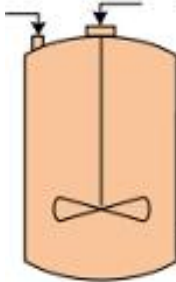
Tabel 6. 31 Spesifikasi Tangki Pelarutan Alum

Spesifikasi	
Nama	Tangki Pelarutan Alum
Kode	T-2201
Jumlah	1
Fungsi	Tempat Melarutkan Alum
Data Design	
Gambar	
Material	Carbon steel
Laju Alir Volumetrik (Qv)	36,38 m ³ /jam
Diameter Tangki (Dt)	0,51 m
Tinggi Tangki Total (Hc)	1,38 m
Tekanan Cairan (Pc)	0,01 psi
Tebal Dinding Tangki (td)	0,14 in
Tebal Dinding Alas (te)	0,14 in
Tebal Dinding Alas (te)	0,15 m
Diameter Pengaduk	0,03 m

Lebar Daun Pengaduk (W)	0,10 m
Tinggi Pengaduk (E)	5,04 rps
Kecepatan Pengaduk (N)	0,49 HP
Daya Pengaduk (BHP)	0,60 HP
Daya Motor (MHP)	

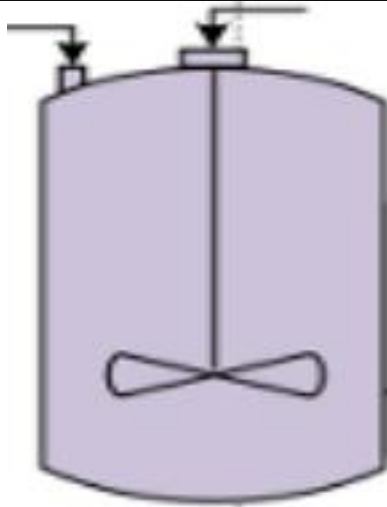
6.2.4 Tangki Pelarutan Kapur Tohor

Tabel 6. 32 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur Tohor

Spesifikasi	
Nama	Tangki Pelarutan Kapur Tohor
Kode	T-2202
Jumlah	1
Fungsi	Tempat Melarutkan Kapur Tohor
Data Design	
Gambar	
Material	Carbon steel
Laju Alir Volumetrik (Qv)	83,38 m ³ /jam
Diameter Tangki (Dt)	1,09 m
Tinggi Tangki Total (Hc)	1,82 m
Tekanan Cairan (Pc)	0,03 psi
Tebal Dinding Tangki (td)	0,15 in
Tebal Dinding Alas (te)	0,32 in
Diameter Pengaduk	0,33 m
Lebar Daun Pengaduk (W)	0,07 m
Tinggi Pengaduk (E)	0,07 m
Kecepatan Pengaduk (N)	2,65 rps
Daya Pengaduk (BHP)	1,37 HP
Daya Motor (MHP)	1,63 HP

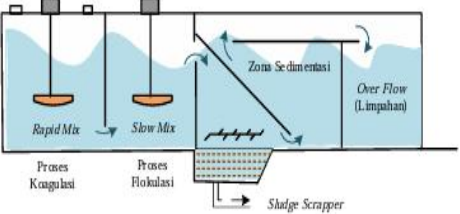
6.2.5 Tangki Pelarutan Kaporit

Tabel 6. 33 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit

Spesifikasi	
Nama	Tangki Pelarutan Kaporit
Kode	T-2203
Jumlah	1
Fungsi	Tempat Melarutkan Kaporit
Data Design	
Gambar	
Material	Carbon steel
Laju Alir Volumetrik (Q_v)	83,38 m ³ /jam
Diameter Tangki (D_t)	1,09 m
Tinggi Tangki Total (H_c)	2,46 m
Tekanan Cairan (P_c)	0,03 psi
Tebal Dinding Tangki (t_d)	0,32 in
Tebal Dinding Alas (t_e)	0,32 in
Diameter Pengaduk	0,33 m
Lebar Daun Pengaduk (W)	0,07 m
Tinggi Impeller dari dasar tangki	0,36 m
Lebar Baffle (J)	0,11 m
Kecepatan Pengaduk (N)	2,65 rps
Daya Pengaduk (BHP)	1,37 hP
Daya Motor (MHP)	1,63 hP

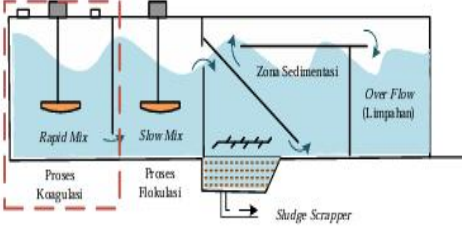
6.2.6 Unit Pengolahan Raw Water

Tabel 6. 34 Spesifikasi Unit Pengolahan Raw Water

Spesifikasi	
Nama	Unit Pengolahan <i>Raw Water</i>
Kode	BPR-2102
Jumlah	1
Fasa	Cair
Data Design	
Gambar	
Material	Beton bertulang
Bentuk	Persegi Panjang
Laju Alir Massa	19.873,68 kg/jam
Kapasitas unit	19,93 m ³ /jam
Panjang	64,64 m
Lebar	3,09 m
Tinggi	1,55 m

6.2.7 Bak Pencampuran

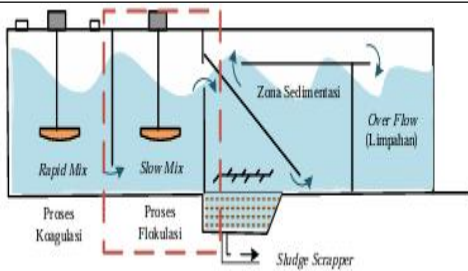
Tabel 6. 35 Spesifikasi Bak Pencampuran

Spesifikasi	
Nama	Bak Pencampuran
Jumlah	1
Fasa	Cair
Data Design	
Gambar	

Panjang	1,26 m
Lebar	4,19 m
Tinggi	2,10 m
Diameter Impeller	1,40 m
Panjang Daun Pengaduk	0,35 m
Lebar Daun Pengaduk	0,28 m
Tinggi Pengaduk	0,12 m
Kecepatan Pengaduk	0,16 rps
Daya Motor	2,00 hP

6.2.8 Bak Pembentukan Flok

Tabel 6. 36 Spesifikasi Bak Pembentukan Flok

Spesifikasi	
Nama	Bak Sedimentasi
Jumlah	1
Fasa	Cair
Data Design	
Gambar	 The diagram illustrates the internal structure and flow of a flocculation tank. It is divided into three main sections: 'Rapid Mix' (Proses Kogulasi), 'Slow Mix' (Proses Flokulasi), and 'Zona Sedimentasi'. The 'Rapid Mix' section features a vertical impeller. The 'Slow Mix' section also has a vertical impeller. The 'Zona Sedimentasi' section shows a slanted bottom with a 'Sludge Scraper' at the bottom. An 'Over Flow (Limpahan)' is indicated on the right side. Arrows show the flow of water from left to right through the tank.
Panjang	1,26 m
Lebar	4,19 m
Tinggi	2,10 m
Diameter Impeller	1,40 m
Panjang Daun Pengaduk	0,35 m
Lebar Daun Pengaduk	0,28 m
Tinggi Pengaduk	0,12 m
Kecepatan Pengaduk	0,16 rps
Daya Motor	2,00 hP

6.2.9 Bak Sedimentasi

Tabel 6. 37 Spesifikasi Bak Sedimentasi

Spesifikasi	
Nama	Bak Sedimentasi
Jumlah	1
Fasa	Cair
Data Design	
Gambar	
Panjang	1,89 m
Lebar	4,19 m
Tinggi	2,10 m

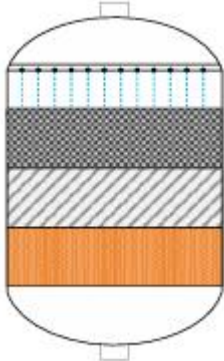
6.2.10 Bak Penampung Berpelampung

Tabel 6. 38 Spesifikasi Bak Penampung Berpelampung

Spesifikasi	
Nama	Bak Penampung Berpelampung
Jumlah	1
Fasa	Cair
Data Design	
Gambar	
Panjang	1,89 m
Lebar	4,19 m
Tinggi	2,10 m

6.2.11 Sand Filter

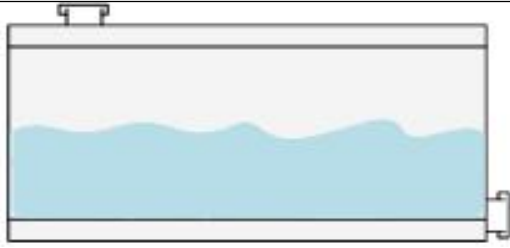
Tabel 6. 39 Spesifikasi Sand Filter

Spesifikasi	
Nama	<i>Sand Filter</i>
Kode	SF-2301
Jumlah	2
Fungsi	Menyaring Sisa-Sisa Flok dalam Air dari Bak Penampung Berpelampung
Data Design	
Gambar	
Material	Carbon steel
Bentuk	Silinder dengan alas dan tutup ellipsoidal
Laju Alir Massa (m)	19.873,68 kg/jam
Laju Alir Volumetrik (Qv)	19,93 m ³ /jam
Volume Tangki	11,39 m ³
Tinggi Tangki	4,98 m
Lebar Tangki	14,94 m
Tinggi	9,96 m

6.2.12 Bak Penampungan Air Bersih

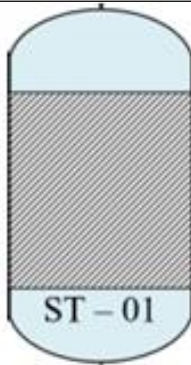
Tabel 6. 40 Spesifikasi Bak Penampungan Air Bersih

Spesifikasi	
Nama	Bak Penampungan Air Bersih
Kode	BP-2103
Jumlah	2
Fungsi	Menampung Air Bersih Hasil Penyaringan dari <i>Sand Filter</i>
Data Design	

Gambar	
Material	Beton bertulang
Bentuk	Persegi Panjang
Laju Alir Massa (m)	19.873,68kg/jam
Laju Alir Volumetrik (Qv)	19,93 m ³ /jam
Volume Bak	531,56 m ³
Panjang	13,35 m
Lebar	8,90 m
Tinggi	4,45 m

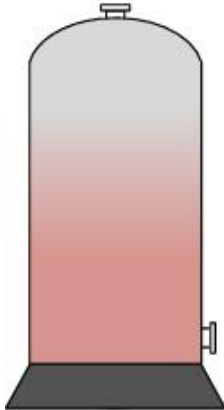
6.2.13 Softener Tank

Tabel 6. 41 Spesifikasi Softener Tank

Spesifikasi	
Nama	<i>Softener Tank</i>
Jumlah	2 unit
Fungsi	Tempat Pertukaran Kation dan Anion dalam Air dengan Ion-Ion dari Resin
Data Design	
Gambar	
Material	Carbon Steel
Laju Alir Volumetrik (Qv)	97,52 m ³ /jam
Diameter (Dt)	1,83 m
Tinggi (Ht)	1,83 m

6.2.14 Tangki Air Demin

Tabel 6. 42 Spesifikasi Tangki Air Demin

Spesifikasi	
Nama	Tangki Air Demin
Kode	TDW-3501
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat Penyimpanan Air Bersih Bebas Mineral
Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder Vertikal dengan Alas datar dan tutup ellipsoidal
Material	Carbon Steel
Laju Alir Massa (m)	19.873,68 kg/jam
Kapasitas Tangki	4,98 m ³
Diameter (Dt)	1,82 m
Tinggi (Ht)	4,28 m
Tebal Tangki	0,0025 m

6.2.15 Deaerator

Tabel 6. 43 Spesifikasi Deaerator

Spesifikasi	
Nama	Deaerator
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menghilangkan Gas Terlarut dalam Air Umpan Boiler

Data Design	
Tipe	<i>Duo-Tank Deaerator</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Panjang Tangki	8,02 m
Diameter	2,44 m

6.2.16 Boiler

Tabel 6. 44 Spesifikasi Boiler

Spesifikasi	
Nama	Boiler
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menghasilkan Steam
Data Design	
Tipe	<i>Fire-Tube Boiler</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Panjang	4,28 meter
Lebar	2,05 meter
Tinggi	2,16 meter
Tekanan Operasi	10 bar
Daya	70 HP

BAB VII

TATA LETAK PABRIK DAN K3LH

Susunan peralatan dan fasilitas dalam suatu rancangan alir proses merupakan syarat penting dalam memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik atau desain secara terperinci pada masa mendatang meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, tata letak peralatan dan kelistrikan. Hal ini secara khusus akan memberi informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tempat, sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum pabrik didirikan.

7.1 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk. Tata letak suatu pabrik memainkan peranan yang penting dalam menentukan biaya produksi, serta efisiensi dan keselamatan kerja. Oleh karena itu tata letak pabrik harus disusun secara cermat untuk menghindari kesulitan dikemudian hari.

Suatu rancangan pabrik yang rasional mencakup penyusunan area proses, storage (persediaan) dan area pemindahan/area alternatif (area handling) pada posisi yang efisien dan dengan melihat faktor-faktor sebagai berikut (Timmerlaus, 2004) :

- a) Urutan proses produksi dan kemudahan aksesibilitas operasi, jika suatu produk perlu diolah lebih lanjut maka pada unit berikutnya disusun berurutan sehingga sistem perpipaan dan penyusunan letak pompa lebih sederhana
- b) Pengembangan lokasi baru atau perluasan lokasi yang telah ada sebelumnya
- c) Distribusi ekonomis dari fasilitas logistik (bahan baku dan bahan pelengkap), fasilitas utilitas (pengadaan air, *steam*, tenaga listrik dan bahan bakar), bengkel untuk pemeliharaan/ perbaikan alat serta peralatan pendukung lainnya
- d) Bangunan menyangkut luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat

- e) Pertimbangan kesehatan, keamanan dan keselamatan seperti kemungkinan kebakaran/ peledakan
- f) Masalah pembuangan limbah
- g) Alat-alat yang dibersihkan/dilepas pada saat *shut down* harus disediakan ruang yang cukup sehingga tidak mengganggu peralatan lainnya
- h) Pemeliharaan dan perbaikan
- i) Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik harus dipertimbangkan dengan kemungkinan dari perubahan proses/ mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi
- j) Service area, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja

Penyusunan tata letak peralatan proses, tata letak bangunan dan lain-lain akan berpengaruh secara langsung pada investasi modal, biaya produksi, efisiensi kerja dan keselamatan kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti :

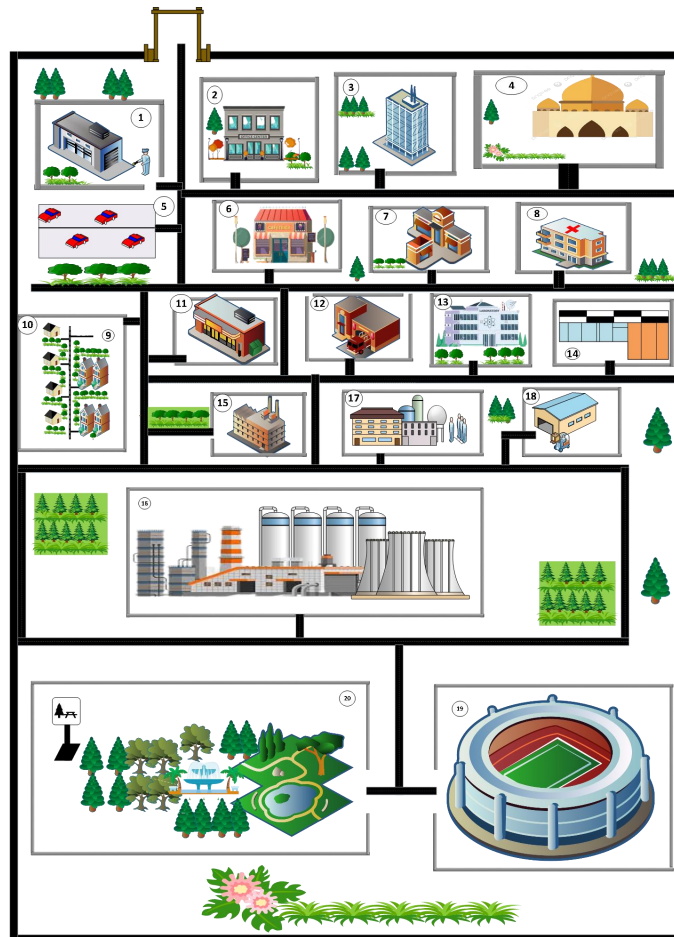
1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produk sehingga memudahkan proses material handling
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak
3. Menurunkan ongkos produksi
4. Meningkatkan keselamatan kerja
5. Mengefisienkan kerja semaksimal mungkin
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik

Pabrik kertas dari TKKS ini direncanakan akan didirikan di Pasaman Barat , Sumatera Barat dengan luas area 6,5 Ha, dengan perincian sebagai berikut:

- Area Pabrik : 1 Ha
- Area Perumahan : 1 Ha
- Area Perkantoran : 1 Ha

- Area Perluasan : 3,5 Ha

Tata letak lingkungan pabrik dan tata peralatan pabrik dapat dilihat pada Gambar 7.1



Gambar 7. 1 Tata Letak Lingkungan Pabrik

Keterangan :

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1. Security Pos | 11. Gedung Serba Guna |
| 2. Kantor Pusat | 12. Kantor Pemadam |
| 3. Kantor Ligbang | 13. Laboratorium |
| 4. Mesjid | 14. Bengkel |
| 5. Parkiran | 15. Pengolahan Utilitas |
| 6. Kantin | 16. Control Room |

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 7. Kantor HSE/K3 | 17. Pengolahan Limbah |
| 8. Klinik | 18. Daerah Pabrik |
| 9. Perumahan Pegawai | 19. Lapangan Tennis |
| 10. Perumahan Direktur | 20. Taman |

7.2 Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan Hidup

Suatu usaha perencanaan dalam pengaturan peralatan pabrik sehingga seluruh karyawan, masyarakat sekitar dan lingkungan terhindar dari bahaya yang ditimbulkan oleh pabrik.

Dalam melaksanakan pekerjaan setiap karyawan perlu disiplin untuk menghindari bahaya yang mungkin terjadi. Dengan adanya keselamatan kerja suatu pabrik, berarti ada usaha untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, meminimalisirkan kecelakaan saat bekerja. Selain bahaya yang bersumber dari dalam pabrik, bahaya juga dapat berasal dari luar pabrik berupa faktor alam, seperti angin, gempa, petir dan sebagainya.

Usaha– usaha yang perlu diperhatikan untuk menanggulangi bahaya– bahaya yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut :

- 1) Tangki dipilih yang tahan tekan, tahan korosi dan dilengkapi dengan mandhole dan handhole untuk pemeriksaan dan pemeliharaan
- 2) Memakai jaket untuk mencegah kebocoran pada suatu sistem pemipaan
- 3) Pipa– pipa yang dialiri fluida panas dan beracun diberi warna kontras dan dipasang jauh dari tempat karyawan lewat
- 4) Lampu–lampu penerangan pada pabrik harus dipasang memadai
- 5) Kabel– kabel listrik pada daerah suatu proses diberi isolasi khusus yang tahan terhadap panas
- 6) Bangunan– bangunan yang tinggi harus diberi penangkal petir
- 7) Ventilasi udara untuk laboratorium dan ruang penyimpanan bahan kimia harus cukup, agar sirkulasi udara baik
- 8) Sistem pemadaman kebakaran disesuaikan dengan jenis proses

- 9) Pengontrolan harus diadakan secara periodic untuk semua peralatan dan instalasi pabrik

7.2.1 Sebab-Sebab Terjadinya Kecelakaan

Secara umum sebab terjadinya kecelakaan sebagai berikut ini :

1. Lingkungan fisik

Lingkungan fisik meliputi mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain– lain.

Kecelakaan terjadi akibat :

- Kesalahan perencanaan
- Rusaknya peralatan
- Kesalahan waktu pembelian
- Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat

2. Manusia (Karyawan)

Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan) antara lain :

- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan
- Ketidak cocokan karyawan dengan peralatan proses atau lingkungan kerja
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja
- Ketidak mampuan fisik, mental serta faktor bakat lainnya

3. Sistem Manajemen

Adapun kecelakaan yang disebabkan oleh system manajemen sebagai berikut :

- Kurangnya perhatian terhadap keselamatan kerja
- Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan pabrik dan modifikasi pabrik
- Tidak mengadakan inspeksi peralatan
- Kurang perhatian pada sistem penganggulangan bahaya

7.2.2 Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja

Untuk meningkatkan keselamatan kerja yang harus diperhatikan dahulu adalah perkiraan perkiraan di daerah mana yang paling rawan dengan kecelakaan. Kemudian mengetahui jenis kecelakaan apa saja yang dapat terjadi.

Di lokasi pabrik selulosa asetat ini kemungkinan jenis kecelakaan yang terjadi adalah :

1. Kecelakaan karena ledakan dan kebakaran dapat terjadi terutama di area proses dan utilitas. Hal– hal yang perlu diperhatikan :
 - Cara pemasangan peralatan proses pabrik
 - Kondisi operasi yang terjadi pada masing– masing alat
 - Pemeriksaan terhadap peralatan hendaknya dilakukan secara rutin
 - Menyediakan alat pemadam kebakaran serta alat penyelamatan yang baru
2. Kecelakaan secara fisik

Kecelakaan ini terjadi karena :

- Benturan

Pencegahan dapat dilakukan dengan :

- Memberi pagar pembatas pada peralatan yang bergerak
- Mewajibkan setiap karyawan memakai helm dan sepatu pengaman apabila masuk ke lokasi pabrik.

7.2.3 Jenis-Jenis dan Tindakan untuk Menghindari / Mengurangi Kecelakaan Kerja

Untuk mencegah gangguan daya kerja, ada beberapa usaha yang dapat dilakukan agar para buruh tetap produktif dan mendapatkan jaminan perlindungan keselamatan kerja yaitu:

1. Pemeriksaan kesehatan sebelum bekerja (calon pekerja) untuk mengetahui apakah calon pekerja tersebut serasi dengan pekerjaan barunya baik secara fisik maupun mental
2. Pemeriksaan kesehatan berkala/ulangan yaitu untuk mengevaluasi apakah faktor-faktor penyebab itu telah menimbulkan gangguan pada pekerja

3. Pendidikan tentang kesehatan dan keselamatan kerja diberikan kepada para buruh secara kontinu agar mereka tetap waspada dalam menjalankan pekerjaannya
4. Pemberian informasi tentang peraturan-peraturan yang berlaku di tempat kerja sebelum mereka memulai tugasnya, tujuannya agar mereka mentaatinya
5. Penggunaan pakaian pelindung
6. Isolasi terhadap operasi atau proses yang membahayakan misalnya proses pencampuran bahan kimia berbahaya dan pengoperasian mesin yang sangat bising
7. Pengaturan ventilasi setempat/lokal, agar bahan-bahan/gas sisa dapat dihisap dan dialirkan keluar
8. Substitusi bahan yang lebih berbahaya dengan bahan yang kurang berbahaya atau tidak berbahaya sama sekali
9. Pengadaan ventilasi umum untuk mengalirkan udara ke dalam ruang kerja sesuai dengan kebutuhan.

7.2.4 Peraturan-Peraturan Pemerintah Terkait dengan K3

Daftar Peraturan Pemerintah tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja :

1. Peraturan Pemerintah No. 7 Tahun 1973 : Tentang Pengawasan atas Peredaran, Penyimpanan dan Penggunaan Pestisida
2. Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 1973 : Tentang Pengaturan dan Pengawasan Keselamatan Kerja di Bidang Pertambangan
3. Peraturan Pemerintah No. 11 Tahun 1979 : Tentang Keselamatan Kerja pada Pemurnian dan Pengolahan Minyak dan Gas Bumi
4. Peraturan Pemerintah No. 14 Tahun 1993 : Tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Sosial Tenaga Kerja
5. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2004 : Tentang Pengelolaan dan Investasi Dana Program Jamsostek
6. Peraturan Pemerintah No. 01 Tahun 2005 : Tentang Penangguhan Mulai Berlakunya Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2004 tentang Penyelesaian Perselisihan Hubungan Industrial
7. Peraturan Pemerintah No. 64 th. 2005 : Tentang Perubahan Keempat Atas Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 1993 Tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Sosial Tenaga Kerja

8. Peraturan Pemerintah No. 15 Tahun 2007 : Tentang Tata Cara Memperoleh Informasi Ketenagakerjaan dan Penyusunan Serta Pelaksanaan Perencanaan Tenaga Kerja
9. Peraturan Pemerintah No.76 Tahun 2007 : Tentang Perubahan Kelima Atas Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 1993 Tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Sosial Tenaga Kerja
10. Peraturan Pemerintah No. 84 Tahun 2010 tentang Perubahan Ketujuh atas Peraturan Pemerintah No. 14 Tahun 1993 tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Sosial Tenaga Kerja
11. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja

7.2.5 Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan resiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya. Kewajiban itu sudah disepakati oleh pemerintah melalui Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia.

Semua jenis APD harus digunakan sebagaimana mestinya, gunakan pedoman yang benar-benar sesuai dengan standar keselamatan kerja (K3LH/ Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup).

Hukum yang mendasari, yaitu :

1. Undang-undang No.1 tahun 1970.
 - a) Pasal 3 ayat (1) butir f : Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat syarat untuk memberikan APD
 - b) Pasal 9 ayat (1) butir c : Pengurus diwajibkan menunjukkan dan menjelaskan pada tiap tenaga kerja baru tentang APD.
 - c) Pasal 12 butir b : Dengan peraturan perundangan diatur kewajiban dan atau hak tenaga kerja untuk memakai APD.
2. PerMenKerTrans No.Per.01/MEN/1981

Pasal 4 ayat (3) menyebutkan kewajiban pengurus menyediakan alat pelindung diri dan wajib bagi tenaga kerja untuk menggunakannya untuk pencegahan penyakit akibat kerja.

3. PerMenKerTrans No.Per.03/MEN/1982

Pasal 2 butir I menyebutkan memberikan nasehat mengenai perencanaan dan pembuatan tempat kerja, pemilihan alat pelindung diri yang diperlukan dan gizi serta penyelenggaraan makanan ditempat kerja.

4. PerMenKerTrans No.Per.03/Men/1986

Pasal 2 ayat (2) menyebutkan tenaga kerja yang mengelola pestisida harus memakai alat-alat pelindung diri yg berupa pakaian kerja, sepatu lars tinggi, sarung tangan, kacamata pelindung atau pelindung muka dan pelindung pernafasan.

Macam- Macam Alat Pelindung Diri :

1. *Safety Helmet*

Safety Helmet merupakan alat pelindung kepala yang melindungi kepala dari benda-benda yang bisa mengenai kepala secara langsung.



2. Tali Keselamatan (*safety belt*)

Berfungsi sebagai alat pengaman ketika menggunakan alat transportasi ataupun peralatan lain yang serupa (mobil, pesawat, alat berat dan lain-lain). Sehingga saat kita terjatuh ada tali pengaman yang menyangga tubuh kita.



3. Sepatu Karet (sepatu boot)

Berfungsi sebagai alat pengaman saat bekerja di tempat yang becek ataupun berlumpur. Kebanyakan di lapisi dengan metal untuk melindungi kaki dari benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia dsb.



4. Sepatu pelindung (*safety shoes*)

Seperti sepatu biasa tapi dari bahan kulit dilapisi metal dengan sol dari karet tebal dan kuat. Berfungsi untuk mencegah kecelakaan fatal yang menimpa kaki karena tertimpa benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia dsb.



5. Sarung Tangan

Berfungsi sebagai alat pelindung tangan pada saat bekerja di tempat atau situasi yang dapat mengakibatkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan di sesuaikan dengan fungsi masing-masing pekerjaan.



6. Penutup Telinga (*Ear Plug / Ear Muff*)

Berfungsi sebagai pelindung telinga pada saat bekerja di tempat yang bising. Sumbat Telinga Sumbat telinga yang baik adalah menahan frekuensi tertentu saja, sedangkan frekuensi untuk bicara biasanya (komunikasi) tak terganggu.



7. Kaca Mata Pengaman (*Safety Glasses*)

Berfungsi sebagai pelindung mata ketika bekerja (misalnya mengelas) agar tidak terkena benda-benda.



8. Masker (*Respirator*)

Berfungsi sebagai penyaring udara yang dihirup saat bekerja di tempat dengan kualitas udara buruk (misal berdebu, beracun dsb).



9. Pelindung wajah (*Face Shield*)

Berfungsi sebagai pelindung wajah dari percikan benda asing saat bekerja (misal pekerjaan menggerinda).



10. Jas Hujan (*Rain Coat*)

Berfungsi melindungi dari percikan air saat bekerja (misal bekerja pada waktu hujan atau sedang mencuci alat).



BAB VIII

ORGANISASI PERUSAHAAN

Keberhasilan suatu perusahaan dalam meningkatkan pendapatannya sangat tergantung pada struktur, bentuk dan manajemen dari perusahaan tersebut. Pengelolaan suatu perusahaan yang baik memerlukan suatu struktur organisasi yang sesuai, hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas sumber daya manusia yang pada akhirnya akan meningkatkan pendapatan perusahaan.

8.1 Struktur Organisasi

Struktur organisasi akan menentukan kelancaran aktivitas perusahaan dalam pencapaian keuntungan yang maksimal dan perkembangan perusahaan yang baik. Dalam pengelolaan perusahaan direncanakan memakai sistem *Line and Staff Organization*. Pemilihan sistem ini didasarkan atas beberapa azas yang akan dijadikan pedoman, antara lain :

- Pembagian tugas dan wewenang yang jelas
- Sistem control atas kerja yang telah dilaksanakan
- Kesatuan perintah dan tanggung jawab

Pada sistem ini garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis, dimana :

- Pimpinan yang terpusat pada satu tangan tidak akan menyebabkan timbulnya kesimpangsiuran dalam menjalankan tugas (adanya kesatuan komando)
- Kepala bagian merupakan orang yang ahli dibidangnya
- Keputusan dapat dijalankan dengan cepat

Ada dua kelompok penting yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi *line and staff*, yaitu :

- Sebagai garis atau line yaitu orang– orang yang melaksanakan tugas pokok operasional produksi
- Sebagai staff yaitu orang– orang yang membantu tugas dari para dewan direksi dan kepala bagian. Perusahaan dipimpin oleh seorang direktur utama yang dibantu oleh direksi. Dalam kegiatan operasionalnya direksi dibantu oleh staff dan kepala

departemen. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris yang merupakan wakil dari pemegang saham mayoritas sebagai badan tertinggi yang berkewajiban menentukan kebijaksanaan umum dan mengawasi jalan perusahaan

Tugas dan Wewenang

Pembagian tugas dan wewenang merupakan hal yang sangat penting dalam suatu kegiatan guna kelancaran operasi perusahaan. Adapun tugas dan wewenang tiap jabatan adalah sebagai berikut :

1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris selaku pimpinan tertinggi yang diangkat oleh rapat pemegang saham untuk masa jabatan tertentu mempunyai tugas dan wewenang :

- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah
- Menilai dan menyetujui rencana direktur, target laba perusahaan, lokasi sumber dana dan penyerahan pemasaran
- Mengawasi tugas– tugas direktur dan membantunya dalam hal yang penting
- Sebagai wakil pemilik saham, dewan ini bertanggung jawab langsung kepada pemilik saham

2. Direktur Utama

Direktur utama membawahi direktur keuangan, administrasi dan umum serta direktur teknik dan produksi. Tugas dan wewenang direktur utama, yaitu :

- Menyusun target laba perusahaan, lokasi sumber– sumber dana dan penyerahan pemasaran
- Membuat keputusan serta membuat perjanjian kerjasama dan kontrak kerja dengan pihak luar organisasi
- Menetapkan kebijakan umum dalam perencanaan dan pelaksanaan program perusahaan

3. Direktur Umum

Direktur umum bertanggung jawab kepada direktur utama dan membawahi masing masing kepala bagian. Direktur umum ini terdiri atas direktur teknik dan produksi, direktur administrasi dan umum, serta direktur keuangan dan pemasaran.

Tugas dan wewenang direktur umum yaitu :

- Melaksanakan tugas khusus yang diberikan oleh pimpinan dan melakukan pengawasan terhadap tugas-tugas yang diberikan kepada bawahan sesuai dengan bidang masing masing
- Bertanggung jawab terhadap pimpinan atas tugas yang diberikan kepadanya serta menerima laporan dari bawahan
- Mengawasi pelaksanaan rencana yang diberikan oleh pimpinan dan memberikan saran terhadap persoalan yang timbul

4. Kepala Bagian

Tugas dan wewenang kepala bagian adalah sebagai berikut :

- Bertanggung jawab kepada direktur atas tugas yang diberikan untuk mencapai target yang telah direncanakan
- Mengawasi kualitas dan kuantitas barang-barang dan peralatan yang menjadi tanggung jawabnya
- Menciptakan kerja sama yang baik dan menjamin keselamatan para karyawan dan memberikan saran-saran serta membuat laporan secara berkala kepada atasan

Kepala bagian ini terdiri atas :

a). Bagian Keuangan dan Pemasaran

Bagian ini terbagi atas 2 bagian, yaitu :

1. Bagian anggaran dan akuntansi, mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengelola anggaran pendapatan dan belanja perusahaan
- Mengatur dan menyerahkan gaji karyawan
- Mengatur dan merencanakan pembelian barang investasi
- Mengatur dan mengawasi setiap pengeluaran dan pembelian bahan baku dan penjualan produk
- Membuat dan membukukan pemasukan dan pengeluaran perusahaan

2. Bagian pemasaran

Mempunyai wewenang untuk melaksanakan pemasaran produksi.

Bagian pemasaran mempunyai wewenang sebagai berikut :

- Menentukan daerah– daerah pemasaran hasil produksi
- Meningkatkan hubungan kerjasama yang baik dengan perusahaan luar

b). Bagian Logistik

Bagian logistik mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengatur penerimaan, pergudangan dan suplay bahan baku serta alat– alat yang merupakan kebutuhan produksi
- Bertanggung jawab terhadap tersedianya bahan baku dan alat– alat yang cukup untuk kelangsungan proses produksi

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi dua bagian, yaitu :

1. Perlengkapan

Tugasnya membeli barang yang dibutuhkan perusahaan dalam bidang proses produksi, kebutuhan pegawai dan lain– lain

2. Gudang

Tugasnya menyimpan dan mendistribusikan barang– barang jadi, suku cadang, bahan kimia dan lain– lain

c). Bagian Administrasi dan Personalia

Tugas dan wewenang pengoperasiannya terbagi empat, yaitu :

1. Bagian personalia

Tugas dan wewenang bagian ini adalah :

- Menerima dan memberhentikan tenaga kerja yang sesuai dengan kemampuan dan keahlian masing– masing
- Memberikan penilaian terhadap prestasi karyawan
- Memberikan latihan dan peningkatan bagi peningkatan mutu dan prestasi karyawan

2. Bagian administrasi dan tata usaha

Bagian ini bertugas membuat dan mengatur kelancaran administrasi dalam perusahaan.

3. Bagian hubungan masyarakat

Bagian ini mempunyai tanggung jawab dalam mengelola hubungan dengan masyarakat dan izin– izin yang menyangkut perusahaan

4. Bagian umum

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- Memberikan pelayanan bagi semua unsur dalam organisasi di bidang kesejahteraan dan fasilitas– fasilitas Kesehatan

- Bertanggung jawab terhadap keamanan dan keselamatan yang meliputi satuan pengamanan (satpam) dan pemadam kebakaran

d). Bagian Produksi

Bagian produksi bertanggung jawab terhadap proses produksi, yaitu mengoperasikan peralatan atau mengendalikan proses terutama penyediaan utilitas, pengemasan, pengepakan produk dan perencanaan produksi yang akan datang. Bagian produksi dibagi dua bagian, kedua bagian ini mempunyai tanggung jawab sendiri-sendiri, diantaranya :

1. Bagian Produksi

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- Melaksanakan dan mengawasi operasi selama proses berlangsung
- Mengawasi persediaan bahan baku dan penyimpanan hasil produksi

2. Bagian Utilitas

Bagian ini bertanggung jawab terhadap penyediaan air, listrik dan lain-lainnya yang berkaitan dengan kelancaran fungsional utilitas

e). Bagian Teknik

Bagian ini bertanggung jawab memelihara semua peralatan fisik pabrik. Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas dua bagian, yaitu :

1. Bagian teknik pemeliharaan mesin dan peralatan (maintenance), mempunyai wewenang :

- Mengawasi dan menyelenggarakan pemeliharaan peralatan
- Melakukan perbaikan untuk kelancaran operasi

2. Bagian teknik umum

Bagian ini bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan-perbaikan fasilitas penunjang lainnya

f). Bagian Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas :

1. Bagian pengendalian mutu

Mempunyai tugas :

- Membuat program dan melaksanakan suatu penelitian guna meningkatkan mutu produksi dan efisiensi proses produksi
- Mengawasi pelaksanaan penelitian dan analisa hasil produksi

2. Bagian Laboratorium

Mempunyai tugas dan wewenang :

- Melakukan Analisa terhadap bahan baku yang terlibat dalam proses produksi
- Melakukan analisa semua bahan yang terlibat untuk mengontrol proses produksi

Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada Pra Rancangan Pabrik Kertas dari TKKS ini dapat dilihat pada Tabel 8.1 dan Tabel 8.2

Tabel 8. 1 Karyawan *Shift* dan *Non Shift*

No	Jabatan	Jumlah
1	Presiden Direktur	1
2	Kadiv Produksi	1
3	Kadiv Keuangan	1
4	Kadiv Pengembangan	1
5	Kadiv Administrasi	1
6	Kadiv Pemasaran	1
7	Staff Ahli	10
8	Litbang	10
9	Kabag Operasi	1
10	Kabag Teknik	1
11	Kabag Maintenance	1
12	Kepala SHE-Q	1
13	Kabag Laboratorium	1
14	Kabag Audit	1
15	Kabag Project	1
16	Kabag Strategi	1
17	Kabag Komunikasi	1
18	Kabag Logistik	1
19	Kabag Pemasaran	1
20	Kabag HRD	1
21	Kabag Service	1
22	Kabag Medis	1

23	Dokter	2
24	Perawat	2
25	Sopir	5
26	Security	8
27	Karyawan Operasi Proses	156
28	Karyawan SHE-Q	10
29	Karyawan Laboratorium	10
30	Karyawan Audit	4
31	Karyawan Keuangan	5
32	Karyawan Logistik dan Pemasaran	10
Total		252

Tabel 8. 2 Karyawan Non Shift

No	Jabatan	Jumlah
1	Presiden Direktur	1
2	Kadiv Produksi	1
3	Kadiv Keuangan	1
4	Kadiv Pengembangan	1
5	Kadiv Administrasi	1
6	Kadiv Pemasaran	1
7	Staff Ahli	10
8	Litbang	10
9	Kabag Operasi	1
10	Kabag Teknik	1
11	Kabag Maintenance	1
12	Kepala SHE-Q	1
13	Kabag Laboratorium	1
14	Kabag Audit	1
15	Kabag Project	1
16	Kabag Strategi	1
17	Kabag Komunikasi	1
18	Kabag Logistik	1
19	Kabag Pemasaran	1
20	Kabag HRD	1
21	Kabag Service	1

22	Kabag Medis	1
23	Karyawan SHE-Q	10
24	Karyawan Audit	4
25	Karyawan Keuangan	5
26	Karyawan Logistik dan Pemasaran	10
Total		69

Sistem Kerja

Pabrik Kertas dari TKKS ini beroperasi selama 300 hari setahun secara semi batch dengan waktu kerja 24 jam sehari. Untuk menjaga kelancaran produksi serta mekanisme administrasi dan pemasaran, masa waktu kerja dibagi dengan shift dan non shift.

a. Waktu Kerja Karyawan *Non Shift*

Tabel 8. 3 Waktu Kerja Karyawan Non Shift

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin s/d Kamis	08.00 – 17.00	12.00 – 13.00
Jum'at	08.00 – 17.00	11.30 – 13.00

b. Waktu Kerja Karyawan Shift

Pembagian jam kerja terdiri dari 3 shift dan 4 group, dimana 3 group melakukan shift sedangkan satu shift libur. Setiap group dikepalai seorang foreman shift. Pengaturan jam kerja shift ini adalah :

- Shift Pagi: jam 07.00 – 15.00
- Shift Sore : jam 15.00 – 22.00
- Shift Malam : jam 22.00 – 07.00

8.2 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Pada pabrik Kertas dari TKKS ini sistem gaji karyawan ditentukan berdasarkan jabatan, tanggung jawab serta keahlian karyawan tersebut. Pembagian karyawan pabrik ini dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Karyawan tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan suatu keputusan direktur dan mendapat gaji bulanan sesuai kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direktur tanpa surat keputusan direktur dan mendapat upah harian yang dibayar setengah bulan sekali sesuai dengan hari kerja.

3. Karyawan tidak tetap (kontrak)

Karyawan tidak tetap adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik saat diperlukan sesuai perjanjian yang disepakati dan diberhentikan sesuai masa kontrak kerja. Keselamatan seluruh karyawan selama jam kerja dijamin dengan asuransi tenaga kerja.

Kesejahteraan Sosial Karyawan

Jaminan sosial diberikan kepada karyawan, antara lain :

1. Tunjangan

- Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan
- Tunjangan lembur yang diberikan pada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja

2. Cuti

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja setahun
- Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti mendadak diberikan kepada karyawan apabila terjadi hal– hal diluar dugaan

3. Perlengkapan kerja karyawan produksi

Perlengkapan kerja diberikan kepada karyawan berupa safety shoes, safety earring, helm, pakaian, masker dan kacamata

4. Pengobatan

- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang– undang yang berlaku
- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan

5. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

Sesuai dengan yang telah diatur pada pasal 15 ayat 2 Peraturan Menteri Tenaga dan Transmigrasi Republik Indonesia No. PER.07/MEN/V/2010, premi Asuransi ditetapkan sebesar Rp. 400.000,- yang terdiri dari :

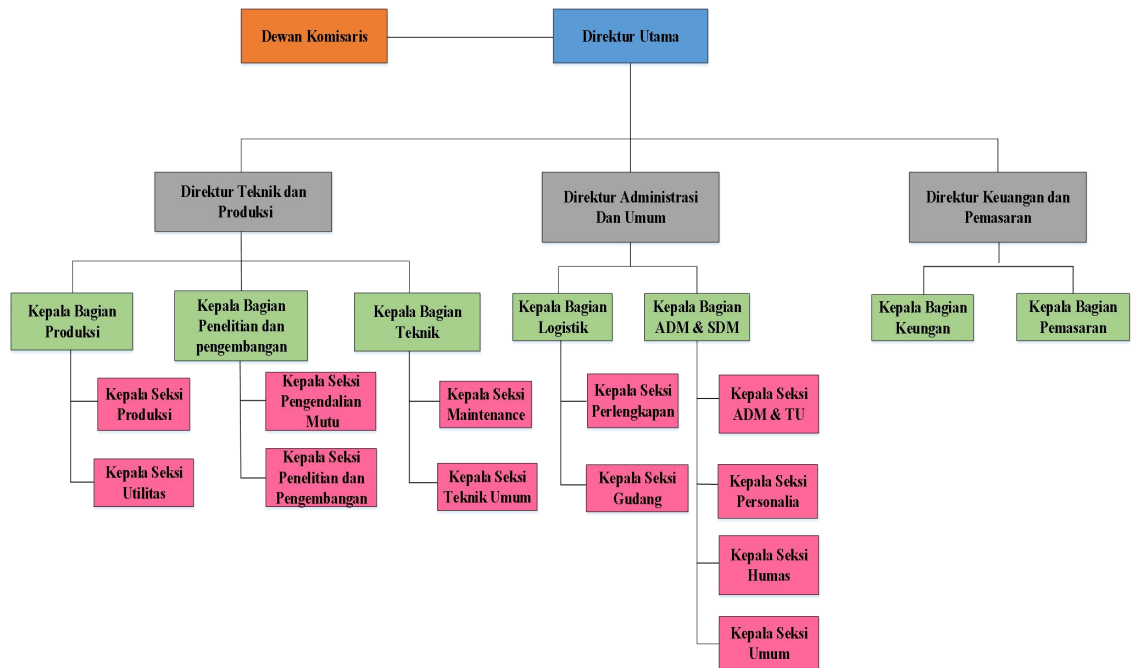
- Premi Asuransi TKI Pra Penempatan sebesar Rp. 50.000,-
- Premi Asuransi TKI Masa Penempatan sebesar Rp. 300.000,-
- Premi Asuransi TKI Purna Penempatan sebesar Rp. 50.000,

PP No 84 Tahun 2013 menetapkan jaminan kesehatan bagi tenaga kerja. Pasal 9 ayat (2) berbunyi sbb:

Besarnya iuran program jaminan sosial tenaga kerja, adalah :

- Jaminan kecelakaan kerja yang perincian besarnya iuran berdasarkan kelompok jenis usaha sebagaimana tercantum dalam lampiran 1, antara lain :
 Kelompok I : 0,24% dari upah sebulan
 Kelompok II : 0,54% dari upah sebulan
 Kelompok III : 0,89% dari upah sebulan
 Kelompok IV : 1,27% dari upah sebulan
 Kelompok V : 1,74% dari upah sebulan
- Jaminan Hari Tua sebesar 5,70% dari upah sebulan
- Jaminan Kematian, sebesar 0,30% dari upah sebulan

Berikut struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada Gambar 8.1



Gambar 8. 1 Struktur Organisasi Perusahaan

BAB IX

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi diperlukan untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik serta tinjauan kelayakan suatu pabrik. Faktor – faktor yang perlu ditinjau dalam analisa ekonomi adalah :

1. Investasi yang dibutuhkan untuk pendirian suatu pabrik sampai beroperasi yang dikenal dengan istilah *Total Capital Investment*
2. Biaya produksi (*Total Production Cost*)
3. Harga jual produk yang dihasilkan
4. Tinjauan kelayakan dari investasi yang disebut *Profitability Measure of Investment*. Tinjauan kelayakan ini terdiri atas perhitungan laba kotor dan laba bersih, laju pengembalian modal (*Rate of Return*), waktu pengembalian modal (*Pay Out Time*), serta titik impas (*Break Event Point*)

9.1 Total Capital Investment (TCI)

Total Capital Investment (TCI) adalah sejumlah modal yang ditanamkan/diresikokan untuk mendirikan pabrik sampai pabrik siap beroperasi. *Total Capital Investment* terbagi 2, yaitu :

a. Fixed Capital Investment (FCI)

Fixed Capital Investment atau investasi biaya tetap adalah modal yang dikeluarkan untuk pembelian dan pemasangan peralatan pabrik serta alat penunjang lainnya sehingga pabrik dapat beroperasi.

b. Working Capital Investment (WCI)

Working Capital Investment atau investasi biaya kerja adalah modal atau biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik sampai menghasilkan produk perdana. Biaya ini dimaksudkan untuk membiayai start up, gaji karyawan, pembelian bahan baku, pajak dan kebutuhan lainnya.

Berdasarkan perhitungan lampiran D didapatkan *Total Capital Investment* seperti pada Tabel 9.1

Tabel 9. 1 Biaya Komponen *Total Capital Investment*

No	Komponen Total Capital Investment	Biaya (US\$)	Biaya (Rp)
1.	<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	133.003.273	2.168.944.218.896
2.	<i>Work Capital Investment</i> (WCI)	23.471.166	382.754.862.158
3.	<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	156.474.438	2.551.699.081.054

9.2 Biaya Produksi (*Total Production Cost*)

Total Production Cost adalah biaya yang diperkirakan untuk menjalankan pabrik. Biaya produksi terbagi 2, yaitu :

a. *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost adalah biaya yang berhubungan dengan produksi yang terdiri dari *Direct Manufacturing Cost*, biaya tetap (*fixed Charge*) dan *Plant Overhead Cost*. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, didapatkan harga *manufacturing cost* seperti pada Tabel 9.2

Tabel 9. 2 Biaya Komponen *Manufacturing Cost*

No	Komponen <i>Manufacturing Cost</i>	Biaya (US\$)	Biaya (Rp)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	42.636.991	695.300.595.048
2.	<i>Fixed Charge</i>	17.556.432	286.300.636.894
3.	<i>Plant Overhead Cost</i>	5.69.731	92.458.857.375

b. *General Expenses (GE)*

General expenses adalah biaya yang diperlukan untuk keperluan administrasi, distribusi, penjualan produk, penelitian dan pembiayaan lainnya. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, *general expenses* dan *total production* yang didapatkan seperti pada Tabel 9.3

Tabel 9. 3 Biaya Komponen *General Expenses*

	<i>General Expenses</i>	<i>Total Production Cost</i>
US\$	7.937.624	35.964.918
Rp.	129.442.400.300	586.496.109.496

9.3 Harga Jual (*Total Sales*)

Produk utama yang dihasilkan pada pabrik adalah kertas. Berikut daftar harga produk di pasaran disajikan pada Tabel 9.4

Tabel 9. 4 Harga Jual

Nama Produk	Harga/kg		Harga/ton	
	USD	Rp.	USD	Rp.
Kertas	0,75	15.000	149.999.580	2.446.110.650.871
Total				2.446.110.650.871

Sehingga didapatkan harga penjualan sesuai produk yang dihasilkan pabrik sesuai dengan kapasitas ton/tahun dapat dilihat pada Tabel 9.5

Tabel 9. 5 Harga Jual Produksi Pabrik

No.	Produk	Produksi	Harga Pasaran	Harga Jual	
		Kg/tahun	USD	USD	Rp.
1.	Kertas	199.999.440	0,75	219.689.252,71	3.582.571.504.102
Total				219.689.252,71	3.582.571.504.102

9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik

Tinjauan kelayakan pabrik kertas dengan kapasitas 200.000 ton/tahun ini dapat dilihat dari 4 bagian berikut

9.4.1 Laba Kotor dan Laba Bersih

Laba adalah hasil yang diperoleh dari total penjualan dikurangi total biaya produksi. Laba kotor adalah laba sebelum dikeluarkan pajak, sedangkan laba bersih adalah laba yang diperoleh setelah dikeluarkan pajak. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, diperoleh laba sebagai berikut seperti pada Tabel 9.6

Tabel 9. 6 Laba Kotor dan Laba Bersih

	Laba Kotor	Laba Bersih
US\$	102.967.725	77.225.819
Rp.	1.679.146.730.802	1.259.360.048.101

9.4.2 Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return*)

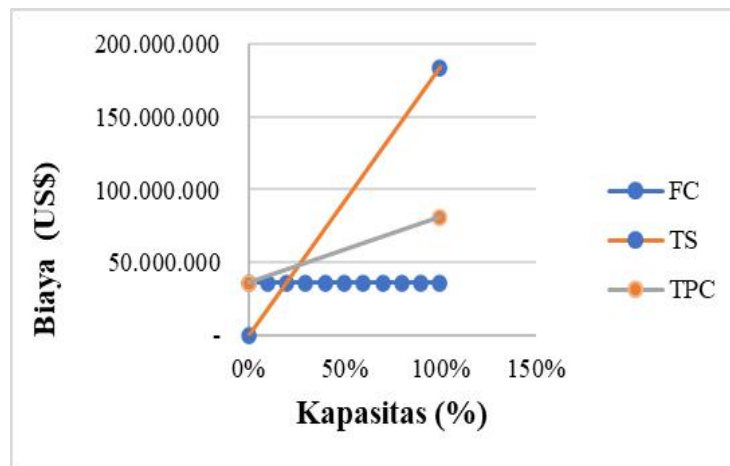
Rate of Return (ROR) merupakan perbandingan antara laba yang diperoleh tiap tahun terhadap modal yang ditanamkan. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan nilai ROR sebesar 49,35 %. Hal ini menandakan bahwa pabrik Kertas dengan kapasitas produksi 200.000 ton/tahun layak didirikan.

9.4.3 Waktu Pengembalian Modal (*Rate of Return*)

Pay Out Time (POT) merupakan lamanya waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal yang dipinjam. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, nilai POT yang didapatkan adalah 2 tahun 2 bulan.

9.4.4 Titik Impas(*Break Even Point*)

Break Even Point (BEP) atau yang lebih dikenal dengan sebutan titik impas merupakan suatu kondisi dimana hasil penjualan produk sama dengan biaya produksi. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan BEP sebesar 24,8 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada 24,8 % dari kapasitas produksi yang terjual di pasaran pabrik sudah bisa menutupi biaya produksi atau pabrik dinyatakan baru balik modal. Kurva BEP ini dapat dilihat pada Gambar 9.1



Gambar 9. 1 Grafik *Break Even Point (BEP)*

BAB X

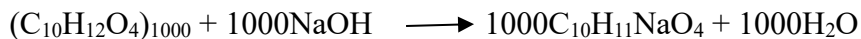
TUGAS KHUSUS

10.1 Pendahuluan

Industri kimia merupakan industri yang mengolah bahan baku menjadi produk dengan memanfaatkan proses-proses kimia. Kertas merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari proses kimia. Kertas adalah bahan yang tipis dan rata, yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari pulp yang telah mengalami pengerjaan penggilingan, ditambah dengan penunjung yang saling menempel dan jalin-menjalin. Pulp dapat dibuat dengan menggunakan tiga proses, yaitu dengan proses sulfat, sulfit dan soda, sedangkan bahan tambahan yang biasa digunakan dalam proses pembuatan kertas adalah starch.

Proses soda dalam pembuatan kertas menggunakan teknik pemasakan. Bahan baku ampas tebu dimasak dengan dengan NaOH untuk melepaskan ikatan lignoselulosa. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

Reaksi Pemasakan :



Perancangan pabrik kertas harus mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, pemilihan proses dan peralatan yang digunakan serta pemasaran hasil produksi. Tahapan proses produksi kertas meliputi, Persiapan bahan baku, pemasakan, proses pemutihan pulp, dan proses pembuatan kertas. Sebelum proses produksi berjalan, langkah awal yang terlebih dahulu dilakukan yaitu, membuat rancangan peralatan proses yang digunakan.

10.2 Ruang Lingkup Rancangan

Perancangan peralatan proses yang digunakan dalam produksi kertas, terdiri atas rancangan reaktor, alat transportasi, alat pemisah, dan perancangan tangki. Reaktor merupakan tempat terjadinya reaksi kimia dalam proses produksi kertas, alat transportasi fluida cair berupa pompa, alat transportasi berupa *screw conveyor*, dan alat pencuci berupa *rotary vacuum washer*. Rancangan lengkap peralatan proses dapat dilihat pada sub bab rancangan.

10.3 Rancangan

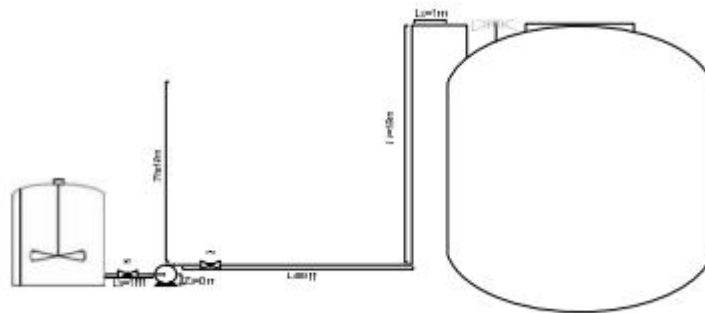
1. Pompa (P-1104)

Fungsi : Mengalirkan lar.H₂O₂ ke bleacher (BL-2081)

Tipe : Rotary pump

Bahan : Commercial steel pipe

Gambar :



Data :

- Laju alir massa, Q : $2723,08 \frac{kg}{jam} = 1,66 \frac{lb}{dt}$
- Densitas lar. H₂O₂, ρ : $1.588,29 \text{ kg/m}^3 = 98,95 \text{ lb/ft}^3$
- Viskositasp lar H₂O₂, μ : $0.002218 \text{ lb/ft.hr}$
- Tinggi pompa terhadap cairan masuk, Z_a : $0 \text{ m} = 0 \text{ ft}$
- Tinggi pompa terhadap cairan keluar, Z_b : $15 \text{ m} = 49,2 \text{ ft}$
- Panjang pipa hisap, L_s : $1 \text{ m} = 3.28 \text{ ft}$
- Panjang pipa buang, L_d : $17 \text{ m} = 55,76 \text{ ft}$
- Factor keamanan 10%

Laju alir volumetrik, Q_v

$$Q_p = \frac{Q}{0,9}$$

$$= \frac{2723,08 \text{ kg/jam}}{0,9} = 3025,64 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
 Q_v &= \frac{Q_p}{\rho} \\
 &= \frac{3025,64 \text{ kg/jam}}{1.588,29 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 1,90 \text{ m}^3/\text{jam} = 0.02 \text{ ft}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Diameter optimum, D_{opt}

Asumsi aliran turbulen

$$\begin{aligned}
 D_{opt} &= 3,9 \cdot Q_v^{0.45} \cdot \rho^{0.13} && (\text{Peter, Pers 14.15}) \\
 &= 3,9 \cdot (0.02 \text{ ft}^3/\text{dt})^{0.45} \cdot (100,83 \text{ kg/ft}^3)^{0.13} \\
 &= 1,18 \text{ inci}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 11 Kern, diperoleh pipa baja dengan ukuran sebagai berikut :

	Suction (a)	Discharge (b)
IPS	1,5 in Sch 30	
ID	1,61 in = 0,133 ft	1,61 in = 0,133 ft
OD	1,9 in = 0,157 ft	1,9 in = 0,157 ft
a''	2,04 in ² = 0,014 ft ²	

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
1/8	0.405	40*	0.269	0.058	0.106	0.070	0.25
		80†	0.215	0.036		0.056	0.32
1/4	0.540	40*	0.364	0.104	0.141	0.095	0.43
		80†	0.302	0.072		0.079	0.54
3/8	0.675	40*	0.493	0.192	0.177	0.129	0.57
		80†	0.423	0.141		0.111	0.74
1/2	0.840	40*	0.622	0.304	0.220	0.163	0.85
		80†	0.546	0.235		0.143	1.09
3/4	1.05	40*	0.824	0.534	0.275	0.216	1.13
		80†	0.742	0.432		0.194	1.43
1	1.32	40*	1.049	0.864	0.344	0.274	1.68
		80†	0.957	0.718		0.250	2.17
1 1/4	1.66	40*	1.380	1.50	0.435	0.362	2.28
		80†	1.278	1.28		0.335	3.00
1 1/2	1.90	40*	1.610	2.04	0.498	0.422	2.72
		80†	1.500	1.76		0.393	3.64
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	5.03
2 1/2	2.88	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
		80†	2.323	4.23		0.609	7.67
3	3.50	40*	3.068	7.38	0.917	0.804	7.58
		80†	2.900	6.61		0.760	10.3
4	4.50	40*	4.026	12.7	1.178	1.055	10.8
		80†	3.826	11.5		1.002	15.0
6	6.625	40*	6.065	28.9	1.734	1.590	19.0
		80†	5.761	26.1		1.510	28.6
8	8.625	40*	7.981	50.0	2.258	2.090	28.6
		80†	7.625	45.7		2.000	43.4
10	10.75	40*	10.02	78.8	2.814	2.62	40.5
		60	9.75	74.6		2.55	54.8

Kecepatan aliran, V

V_a = V_b, karena ukuran pipa hisap dan pipa buang sama

$$V = \frac{Q_v}{a''}$$

$$= \frac{0,02 \frac{ft^3}{dt}}{0,014073 ft^2} = 1,33 ft/dt$$

Bilangan Reynolds, N_{Re}

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times d}{\mu} \quad (\text{Mc Cabe, pers.9.17})$$

$$= \frac{98,95 \frac{lb}{ft^3} \times 1,33 \frac{ft}{dt} \times 0,133721 ft}{0,002218 \frac{lb}{ft \cdot dt}} = 7,921$$

Rugi Gesek

- Pipa hisap (suction)

Pada pipa hisap, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa

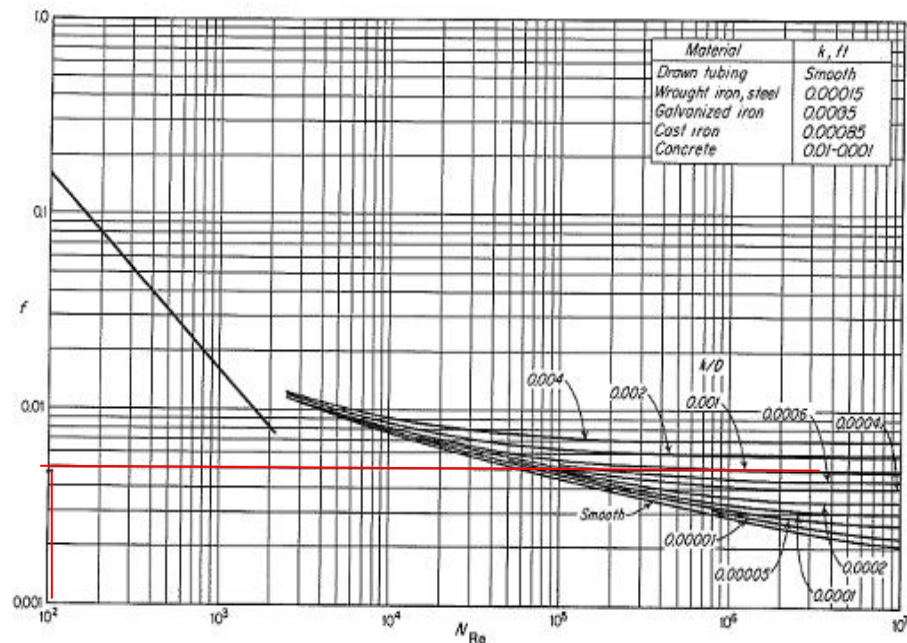
$$h_{fss} = \frac{4 \times f \times \Delta L \times V^2}{ID^2 \times gc} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah commercial steel pipe,
dimana,

$$K = 0.00035 \text{ ft} \quad (\text{Mc Cabe, Fig. 5.9})$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0.00035 \text{ ft}}{0.133721 \text{ ft}} = 0.00261$$

$$f = 0.067 \Rightarrow \text{Liat Grafik}$$



Maka,

$$h_{fss} = \frac{4 \times 0,067 \times 3,28 \text{ ft} \times \left(1,33 \frac{\text{ft}}{\text{dt}}\right)^2}{0,1337 \times 2 \times 32,2 \text{ ft/dt}^2}$$

$$= 0,18 \text{ ft.lbf/lb}$$

- Pipa buang (discharge)

Pada pipa buang, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa, pengaruh fitting dan valve.

- Rugi gesek akibat kulit

Maka,

$$h_{fssd} = \frac{4 \times 0,03 \times 55,76 \text{ ft} \times \left(1,33 \frac{\text{ft}}{\text{dt}}\right)^2}{0,13372 \times 2 \times 32,2 \text{ ft/dt}^2}$$

$$= 1,37 \text{ ft.lbf/lb}$$

- Rugi gesek akibat fitting dan valve

$$h_{fd} = K_f \frac{v^2}{2gc}$$

$$K_f(\text{elbow } 90^\circ) = 0,9 \times 2 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$K_f(\text{globe valve}) = 10 \times 1$$

TABLE 5.1
Loss coefficients for standard
threaded pipe fittings†

Fitting	K_f
Globe valve, wide open	10.0
Angle valve, wide open	5.0
Gate valve	
Wide open	0.2
Half open	5.6
Reduced bore	2.2
Tee	1.8
Elbow	
90°	0.9
45°	0.4

$$\text{Total Kf} = 2 \times 0,9 + 1 \times 10 = 11,8$$

Maka,

$$h_{fd} = 11,8 + \frac{\left(1,33 \frac{ft}{dt}\right)^2}{2 \times 32,2 \frac{ft}{dt^2}} = 0,05 \frac{ft \cdot lb_f}{lb}$$

Sehingga, total rugi gesek adalah

$$\begin{aligned} &= hf_{ss} + hf_{sd} + h_{fd} \\ &= (0,18 + 1,37 + 0,05) \frac{ft \cdot lb_f}{lb} \\ &= 1,60 \frac{ft \cdot lb_f}{lb} \end{aligned}$$

Daya pompa (BHP)

Daya pompa dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Bernoulli :

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{g Z_a}{g_c} + \frac{a_a v_a^2}{2 g_c} + \eta W_P = \frac{P_b}{\rho} + \frac{g Z_b}{g_c} + \frac{a_b v_b^2}{2 g_c} + h_f$$

Atau

$$\eta W_P = \left(\frac{P_b}{\rho} + \frac{g Z_b}{g_c} + \frac{a_b v_b^2}{2 g_c} \right) - \left(\frac{P_a}{\rho} + \frac{g Z_a}{g_c} + \frac{a_a v_a^2}{2 g_c} \right) + h_f$$

Dimana

$$P_a = P_b$$

$$V_a = V_b$$

$$\rho_a = \rho_b$$

$$g/g_c = 1$$

$$\alpha_a = \alpha_b$$

$$\eta = 80\% \quad (\text{Peters, Fig. 14.37})$$

Sehingga persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi :

$$\eta W_P = (Z_b - Z_a) + h_f$$

$$0.8 W_P = (49.2 - 0) \text{ ft} + 1.60 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$W_P = 63.50 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{W_P \times Q}{550} \\ &= \frac{63.50 \text{ ft.lbf/lb} \times 1.66 \text{ lb/dt}}{550} \\ &= 0.19 \text{ HP} \end{aligned}$$

Daya motor (MHP)

$$\text{MPH} = \frac{\text{BHP}}{\eta}$$

$$\eta = 80\%$$

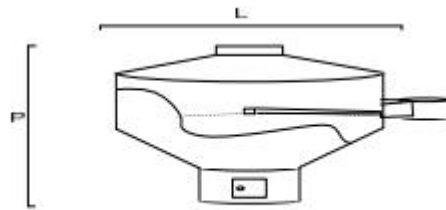
$$\begin{aligned} \text{MPH} &= \frac{0.19 \text{ HP}}{0.80} \quad (\text{Peters, Fig 14.38}) \\ &= 0.24 \text{ HP} \end{aligned}$$

2. Vibrating Screen (VS-1042)

Fungsi : Memisahkan ukuran Pulp dengan Black Liquor

Jumlah : 2 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir Umpan, Q : 61.128,10 kg/jam
- Tekanan : Tekanan Ruang
- Temperatur : 150 °C

Rancangan Vibrating Screen

Untuk merancang Vibrating Screen kita menggunakan catalog dari Henan Pingyuan Mining Machinery Co.,Ltd, dengan alamat website

<http://pkmachinery.com/vibrating-screen/linear-vibrating-screen.html>.

Tabel C.8 Spesifikasi Vibrating Screen

Type	Layer	Sieve Dimension (mm)	Sieve Mesh (mesh)	Particle Size (mm)	Capacity (t/h)	Power (kW)	Double Amplitude (mm)	Frequency (r.p.m)	Screen Angle (degree)
ZS-520	1-5	500X2000	2-325	<20mm	<5	0.37x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-525	1-5	500X2500	2-325	<20mm	<8	0.37x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-612	1-5	600X1200	2-325	<20mm	<3	0.37x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-1020	1-5	1000X2000	2-325	<20mm	<12	0.75x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-1025	1-5	1000X2500	2-325	<20mm	<16	0.75x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-1030	1-5	1000X3000	2-325	<20mm	<20	1.1x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-1224	1-5	1200X2400	2-325	<20mm	<23	1.5x2	6-10	1460/960	0-10

Berdasarkan data laju alir umpan, maka direncanakan *vibrating screen* berbentuk Balok dengan ukuran ayakan 2.5 mesh dan 5 mesh.

- Ukuran Screen : (1.2 x 2.4) meter
- Sudut Kemiringan : 10 °
- Daya : 3 kW

3. Tangki Pelarutan NaOH 12% (MT-1101)

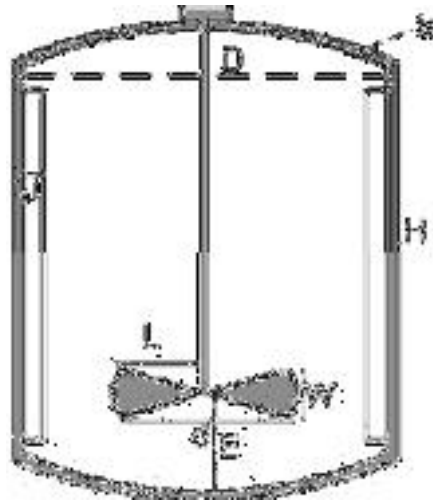
Fungsi : Tempat pelarutan bahan baku NaOH

Tipe : Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup sedikit ellipsoidal

Bahan : Carbon steel

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir NaOH, Q : 22959,51 kg/jam
- Laju alir air, Qp : 129.510,99 kg/jam
- Densitas NaOH, ρ : 2130 kg/m³
- Densitas air, ρ_p : 1000 kg/m³
- Temperatur : suhu ruang
- Tekanan : tekanan ruang
- Densitas campuran, ρ_c : 1.086,82 kg/m³ = 67,71 lb/ft³
- Viskositas campuran, μ_c : 3,3 cP = 7,986 lb/ft.hr = 0,002218 lb/ft.dt

Kapasitas tangki, Vt

$$V = \frac{(Q + Q_p)}{\rho_c}$$

$$= \frac{22959,51 \text{ kg/jam} + 129.510,99 \text{ kg/jam}}{1.086,82 \text{ kg/m}^3} = 140,29 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 10%

Maka,

$$V = 0,9 V$$

$$V_t = \frac{V}{0,9}$$

$$= \frac{140,29 \frac{m^3}{jam}}{0,9} = 155,88 m^3/jam$$

Dimensi tangki

- Volume silinder, V_s

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^3$$

- Diameter tangki, D_t

$$V_t = V_s + V_e$$

$$= \left(\frac{\pi}{4} \times D_t^3 \right)$$

$$= \frac{\pi}{4} D_t^3$$

$$D_t^3 = \frac{4V_t}{\pi}$$

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \times 155,88 m^3}{3,14}}$$

$$= 5,83 m$$

- Tinggi tangki, H_t

Tinggi silinder, $H_s = D_t = 5,83 m$

- Tebal dinding tangki, td

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

- Tekanan desain, P : 14.7 psi
- Jari-jari tangki, R : 2,917 m = 114,84 in
- Allowable stress, S : 13700 psi (Walas, Tabel 18.4)
- Efisiensi pengelasan, E : 0.85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0.002 in/thn (Perry's Tabel 23-2)

Maka,

$$t_d = \frac{14,7 \text{ psi} \times 114,84 \text{ in}}{(13700 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 14,7 \text{ psi})} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 20 \text{ tahun}$$

$$= 0,185 \text{ in}$$

Desain pengaduk

Untuk umpan dengan viskositas ≤ 4.000 cP, maka dipilih pengaduk jenis propeller berdaun tiga (Walas, hal 288) Untuk mencegah vortex, maka pada tangki dipasang baffle

• Diameter pengaduk, d

$$d = \frac{D_t}{3}$$

$$= \frac{5,83 \text{ m}}{3} = 1,94 \text{ m} = 6,38 \text{ ft}$$

• Panjang daun pengaduk, L

$$L = \frac{d}{4}$$

$$= \frac{1,94 \text{ m}}{4} = 0,49 \text{ m}$$

- Lebar daun pengaduk, W

$$W = \frac{d}{5}$$

$$= 1,94 \quad \frac{m}{5} = 0,39 \text{ m}$$

- Tinggi pengaduk dari dasar tangki, E

$$E = \frac{dt}{3}$$

$$= 5,83 \quad \frac{m}{3} = 1,94 \text{ m}$$

- Lebar baffle, J

$$J = \frac{dt}{12}$$

$$= 5,83 \quad \frac{m}{12} = 0,49 \text{ m}$$

- Kecepatan putar pengaduk, N

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g c}{\rho}\right)^{0,2}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_B}{d}\right)$$

$$\sigma : 0.0033 \text{ lb/ft}$$

$$g c : 32.2 \text{ ft/dt}^2$$

Maka,

$$N = \frac{\left(1,22 + 1,25 \left(\frac{D_t}{d}\right) \left(\frac{\sigma g c}{\rho}\right)^{0,25}\right)}{d}$$

$$N = 0,308 \text{ rps}$$

Daya pengadukan, P

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times d^2}{\mu}$$

$$= \frac{67,71 \frac{lb}{ft^3} \times 0,308 \text{ rps} \times (19,135 \text{ ft})^2}{0,002218 \frac{lb}{ft \cdot dt}} = 3.445.889,34$$

Karena $N_{Re} > 10000$, maka

$$P = \frac{K_T N^3 d^5 \rho}{g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 9.24})$$

$$K_T = 0.32 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 9.23})$$

$$P = \frac{0,32 \times (0,308 \text{ rps})^3 (19,135 \text{ ft})^5 \times 67,71 \text{ lb/ft}^3}{32,2 \text{ ft/dt}^2}$$

$$= 50.580,76 \text{ lb.ft/dt}$$

$$= 0,000068 \text{ HP} \approx 0.5 \text{ HP}$$

TABLE 18.3. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure^a

Item	Thickness t (in.)	Pressure P (psi)	Stress S (psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D, P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$t^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06, L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6, 2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D, P \leq 0.685SE$
Toriconical head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P) \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

^a Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6–1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).
Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

4. Bucket Elevator (BE-1021)

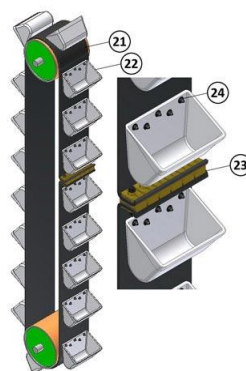
Fungsi : Transportasi TKKS ke Cutting Mill

Tipe : Bucket Elevator

Bahan : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

Kapasitas : 38947,5439 kg/jam

Faktor keamanan : 10%

Perhitungan :

a. Kapasitas *Bucket elevator*, W

$$W = 1,1 \times 38947,5439 \text{ kg/jam}$$

$$= 42.842,305 \text{ kg/jam}$$

Dengan kapasitas 42.842,305 kg/jam dipilih bucket elevator dengan spesifikasi menurut tabel 7-8 hal 7-13 *Perry's 5th edition* :

TABLE 21-8 Bucket-Elevator Specifications for Centrifugal-Discharge Buckets on Belt, Malleable-Iron, or Steel Buckets*

Size of bucket, in (mm), and bucket spacing, in (mm)†	Elevator centers, ft	Capacity, ton/hr (metric ton/hr)‡	Size of lumps handled, in (mm)¶	Bucket speed, ft/min (m/min)	r/min, head shaft	hp required at head shaft	Additional hp/ft for intermediate lengths	Head	Tail	Head	Tail	Belt width, in
6 x 4 x 4½ = 12	25	14 (12.7)	¾ (19.0)	225 (68.6)	43	1.0	0.02	1½	1½	20	14	7
(152 x 102 x 108) = (305)	50	14 (12.7)	¾ (19.0)	225 (68.6)	43	1.6	0.02	1½	1½	20	14	7
8 x 5 x 5½ = 14	25	27 (24.5)	1 (25.4)	225 (68.6)	43	1.6	0.04	1½	1½	20	14	9
(203 x 127 x 140) = (356)	50	30 (27.2)	1 (25.4)	260 (79.2)	41	3.5	0.05	1½	1½	24	14	9
	75	30 (27.2)	1 (25.4)	260 (79.2)	41	4.8	0.05	2½	1½	24	14	9
10 x 6 x 6½ = 16	25	45 (40.8)	1½ (32.0)	225 (68.6)	43	3.0	0.003	1½	1½	20	16	11
(254 x 152 x 159) = (406)	50	52 (47.2)	1½ (32.0)	260 (79.2)	41	5.2	0.07	2½	1½	24	16	11
	75	52 (47.2)	1½ (32.0)	260 (79.2)	41	7.2	0.07	2½	1½	24	16	11
12 x 7 x 7½ = 18	25	75 (68.1)	1½ (38.1)	260 (79.2)	41	4.7	0.1	2½	1½	24	18	13
	50	84 (76.3)	1½ (38.1)	300 (91.4)	38	8.9	0.115	2½	1½	30	18	13
(305 x 178 x 184) = (457)	75	84 (76.3)	1½ (38.1)	300 (91.4)	38	11.7	0.115	3½	2½	30	18	13
14 x 7 x 7½ = 18	25	100 (90.8)	1½ (44.5)	300 (91.4)	38	7.3	0.14	2½	2½	30	18	15
	50	100 (90.8)	1½ (44.5)	300 (91.4)	38	11.9	0.14	3½	2½	30	18	15
(355 x 170 x 184) = (457)	75	100 (90.8)	1½ (44.5)	300 (91.4)	38	14.3	0.14	3½	2½	30	18	15
16 x 8 x 8½ = 18	25	150 (136.2)	2 (50.8)	300 (91.4)	38	8.5	0.165	2½	2½	30	20	18
	50	150 (136.2)	2 (50.8)	300 (91.4)	38	12.6	0.165	3½	2½	30	20	18
(406 x 203 x 216) = (457)	75	150 (136.2)	2 (50.8)	400 (121.9)	38	16.7	0.165	3½	2½	30	20	18

*From Stephens-Adamson Division, Allis-Chalmers Corporation.
†Bucket size given width x projection x depth. Assumed bucket linear speed is 150 ft/min (45.7 m/min).
‡Elevator centers to nearest ft equivalent are 25 ft = 8 m, 50 ft = 15 m, and 75 ft = 23 m.
§Capacities and horsepower are given for materials having bulk densities of 100 lb/ft³ (1602 kg/m³). For other densities these will vary in direct proportion: a 50-lb/ft³ material will reduce the capacity and horsepower required by 50 percent.
¶If the amount of lump product is less than 15 percent of the total, lump size may be twice that given.

Ukuran BE : 10 x 6 x 6,5 in

Jarak antara BE : 16 in

Kecepatan *bucket* : 225 ft/menit

Tinggi elevator : 25 ft = 7,62 m = 300 in

Lebar belt : 11 in

Daya poros : 1,6 Hp

Ratio Hp/ tinggi : 0,06 Hp/ft

Putaran Poros : 43 rpm

b. Daya, Hp

Tinggi elevator = 25 ft = 7,62 m

$$\text{Daya} = (25 \times 0,06) + 1$$

$$= 2,58 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor 80%

$$= 2,58 \times 80\%$$

$$= 2,06 \text{ Hp}$$

Dipilih motor dengan daya 3 Hp

c. Menghitung jumlah bucket

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah bucket} &= 2 \times \left(\frac{\text{tinggi elevasi}}{\text{kedalaman bucket} + \text{spacing}} \right) \\
 &= 2 \times \left(\frac{300 \text{ in}}{6,5 \text{ in} + 16 \text{ in}} \right) \\
 &= 26,67 \text{ buah} \approx 27 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

10.4 Kesimpulan Hasil Rancangan

Hasil rancangan peralatan proses pabrik Kertas, terhadap pompa, digester, vibrating screen dan rotary vacuum filter, didapat dimensi sebagai berikut :

5. Pompa (P-1104)

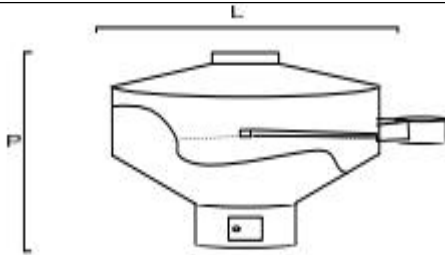
Tabel 10.1 Spesifikasi Pompa (P-1104)

Spesifikasi	
Nama	Pompa
Kode	P-1104
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan lar.H ₂ O ₂ ke bleacher
Data Design	
Gambar	

Tipe	Centrifugal Pump
Laju Alir Volumetrik	1,90 m ³ /jam
Ukuran Pipa	1,5 in Sch 30
Daya	0,24 HP

6. *Vibrating Screen* (VS-1041)

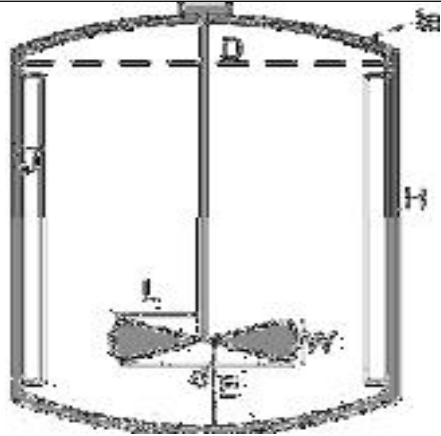
Tabel 10.2 Spesifikasi *Vibrating Screen* (VS-1041)

Spesifikasi	
Nama	<i>Vibrating Screen</i>
Kode	VS-1041
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memisahkan ukuran Pulp dengan Black Liquor
Data Design	
Gambar	
Tipe	ZS1224
Kapasitas	60 ton/h
Panjang	1,2 meter
Lebar	2 meter
Tinggi	3,48 HP

Ukuran Screen	200 mesh
Daya	3 kW

7. Tangki Pelarutan NaOH (MT-1101)

Tabel 10.3 Spesifikasi Tangki Pelarutan NaOH (MT-1101)

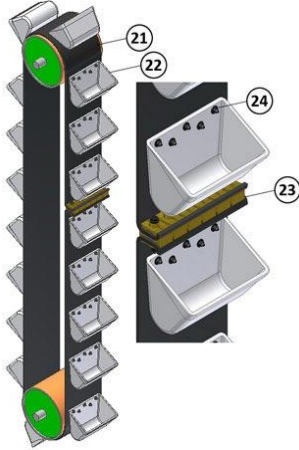
Spesifikasi	
Nama	Tangki Pelarutan NaOH
Kode	MT-1101
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat pelarutan NaOH
Data Design	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup sedikit ellipsoidal
Diameter	5,83 meter
Tinggi	5,83 meter
Tebal Dinding Silinder	0,185 in
Diameter pengaduk	1,94 meter

Panjang Daun Pengaduk	0,49 meter
Lebar Daun Pengaduk	0,39 meter
Tinggi Pengaduk dari dasar tangki	1,94 meter
Lebar Baffle	0,49 meter
Kecepatan Putar Pengaduk	0,308 rps
Kapasitas	140,29 m ³
Daya Pengadukan	0,5 HP
Bahan Konstruksi	Carbon Steel

8. Bucket Elevator (BE-1021)

Tabel 10.4 Spesifikasi Bucket Elevator (BE-1021)

Spesifikasi	
Nama	Bucket Elevator
Kode	BE-1021
Jumlah	1 unit
Fungsi	Transportasi TKKS ke Cutting Mill
Data Design	

Gambar	
Tipe	<i>Centrifugal discharge bucket elevator</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Kapasitas	38947,5439 kg/jam
Ukuran BE	10 x 6 x 6,5
Lebar <i>belt</i>	11,00 in
Putaran poros	43,00 rpm
Daya poros	1,60 Hp
Tinggi <i>elevator</i>	25,00 ft
<i>Bucket spacing</i>	16,00 in
<i>Bucket speed</i>	225,00 ft/mnt

BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN

11.1 Kesimpulan

Berikut uraian dan hasil perhitungan dari bab-bab sebelumnya pada pra rancangan pabrik kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pra rancangan pabrik kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan kapasitas 200.000 ton/tahun, direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri
2. Dari analisa dan ekonomi yang dilakukan, maka kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan kapasitas 200.000 ton/tahun layak didirikan di Kabupaten Dharmasraya Provinsi Sumatera Barat
3. Pra rancangan pabrik kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas dengan struktur organisasi line and staff dengan jumlah tenaga kerja 252 orang
4. Dari perhitungan analisa ekonomi, maka pabrik kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) ini layak didirikan dengan :

• Fixed Capital Investment (FCI)	=	US\$133.003.273
	=	Rp. 2.168.944.218.896
• Working Capital Investment (WCI)	=	US\$23.471.166
	=	Rp. 382.754.862.158
• Total Capital Investment (TCI)	=	US\$156.474.438
	=	Rp. 2.551.699.081.054
• Total Sales (TS)	=	US\$0,75
	=	Rp.12.230,5875

• Rate of Return (ROR)	=	49,35 %
• Pay of Time (POT)	=	2 tahun 2 bulan
• Break Event Point (BEP)	=	24,8%

11.2 Saran

Berdasarkan pertimbangan dari analisa ekonomi yang telah dilakukan pabrik kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) ini layak untuk dilanjutkan ke tahap rancangan pabrik. Untuk itu disarankan kepada pengurus dan pemilik modal untuk mempertimbangkan dan mengkaji ulang tentang rancangan pabrik kertas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama Muhammad, 2024, Pabrik Kertas-Pulp, Diakses Tanggal 16 Februari 2014, Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia, 2013.
- Bassel, William D., 1976, Preliminary Chemical Engineering Plant Design, New York, Elsevier.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat, 2012.
- Bagaskara, I., 2010, Pengembangan Industri Kertas, Jakarta, Bumi Aksara.
- Biermann, Christopher J., 1996, Handbook of Pulping and Papermaking, 2nd Edition, California, Academic Press.
- Brown, Royce N., 1997, Compressors : Selection and Sizing, 2nd Edition, United States of America, Butterworth-Heinemann.
- Hoval, 2005, Industrial Steam Boiler, Nottinghamshire, Hoval Limited.
- Irawadi, T.T., 1991, Produksi Enzim Ekstraseluler (Selulase dan Xilanase) dari *Neurospora* sp pada Substrat Limbah Padat Kelapa Sawit, Disertasi, Bogor, Institut Pertanian Bogor.
- ilahi, R. (2024). Pengantar Teknologi Pembuatan Kertas. Jakarta: Penerbit Teknologi Karya.
- Kern, Donald Q., 1965, Process Heat Transfer, Singapore : McGraw-Hill Book Company Inc.
- Kementerian Perhubungan RI. (2023). *Laporan tahunan Kementerian Perhubungan Republik Indonesia 2023*. Kementerian Perhubungan RI.
- Kementerian Perindustrian RI. (2023). *Outlook industri kimia dasar Indonesia 2023*. Kementerian Perindustrian RI.
- Loo, Sjaak van dan Jaap Koppejan, 2008, The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing, United Kingdom, Earthscan.

- McCabe, Warren L., Julian C. Smith dan Peter Harriott, 1993, Unit Operations of Chemical Engineering, 5th Edition, Singapore, McGraw-Hill Book Company Inc.
- Mujumdar, Arun S., 2006, Handbook of Industrial Drying, 3rd Edition, CRC Press.
- M. Teguh & Aditama, 2023 TKKS dapat menjadi solusi bahan baku yang lebih ramah lingkungan sekaligus mengurangi ketergantungan pada kayu.
- Perry, Robert H., dan Don W. Green, 2008, Perry's Chemical Engineer's Handbook, Singapore, McGraw-Hill Company Inc.
- Peters, Max S., dan Klaus D. Timmerhaus, 1991, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, International Edition, Singapore, McGraw-Hill Book Company Inc.
- Raymond C. Fort Jr., Barbara J. W. Cole, Raju Kovur, dan Andru O. Farrill, 2009, Oxidation of Lignin-carbohydrate Models. I. Oxidation of Aryl Glucosides by the Laccase from *Trametes versicolor*, Proceedings of the 1th International Symposium on Wood, Fiber, and Pulping Chemistry, Oslo, Norway.
- Rahman, A., & Mahyudin, A. (2020). Pengaruh Waktu Ultrasonikasi Terhadap Sifat Mekanik Selulosa Serat Pinang. *Jurnal Fisika Unand*, 9(3), 331–337
- Sixta, Herbert, 2006, Handbook of Pulp, Volume 1, Weinheim, Wiley-VCH.
- Sjostrom, E., 1995, Wood Chemistry, Jilid II, Yogyakarta, Diterjemahkan Oleh Hardjono S., UGM Press.
- Smith, J. M., H. C. Van Ness dan M. M. Abbott, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, New York, McGraw-Hill Company Inc.
- Teguh, M. (2024). Teknologi Pengolahan Bahan Baku Industri. Yogyakarta: Penerbit Teknologi Mandiri.
- Treybal, Robert E., 1980, Mass Transfer Operations, International Edition, Singapore, McGraw-Hill Company Inc.
- Walas, Stanley M., 1990, Chemical Process Equipment : Selection and Design, Massachusetts., Butterworth-Heinemann

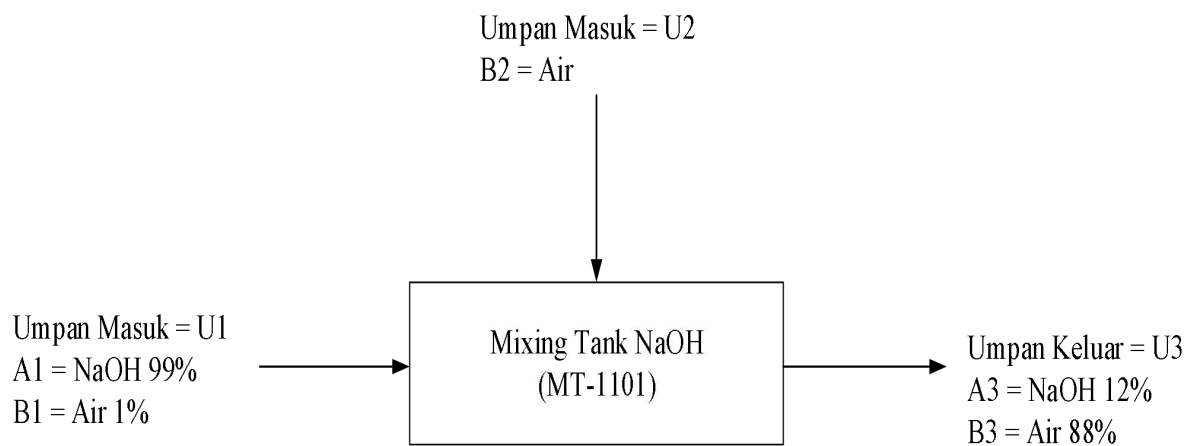
LAMPIRAN A

NERACA MASSA

Kapasitas Pabrik	= 200.000 ton/tahun
Operasi pabrik	= 300 hari/tahun
Waktu Operasi perhari	= 24 jam
Basis Perhitungan	= 1000 kg tandan kosong kelapa sawit

1. Tangki Pelarutan NaOH

Fungsi : Tempat melarutkan padatan NaOH membentuk larutan NaOH 12%



- Larutan NaOH yang akan dibuat

$$U3 = 50 \times \text{mol lignin} / 12\%$$

$$U3 = 50 \times 55,10 / 0,12$$

$$= 22.959,51 \text{ kg}$$

- Neraca Massa Komponen NaOH

$$\text{NaOH pada } U3 = U3 \times A3$$

$$= 22.959,71 \times 0,12$$

$$= 2.755,14 \text{ kg}$$

- Menghitung Aliran F1

$$U1 = \frac{A3 \times U3}{A1} = \frac{\frac{12}{100} \times 2.755,14}{\frac{99}{100}} = 2.782,97 \text{ Kg}$$

- Air

Air pada U1 = U1 – Jumlah NaOH pada U1

$$= 2.782,97 \text{ kg} - 2.755,14 \text{ kg} = 27,83 \text{ kg}$$

Air pada U3 = B3 x U3

$$= 0,12 \times 22.959,51 \text{ kg} = 2.755,14 \text{ kg}$$

Air pada U2 = B3 x U3 – B1 x U3

$$= 88\% \times 22.959,51 \text{ kg} - 1\% \times 2.782,97 \text{ kg} = 20.176,54 \text{ kg}$$

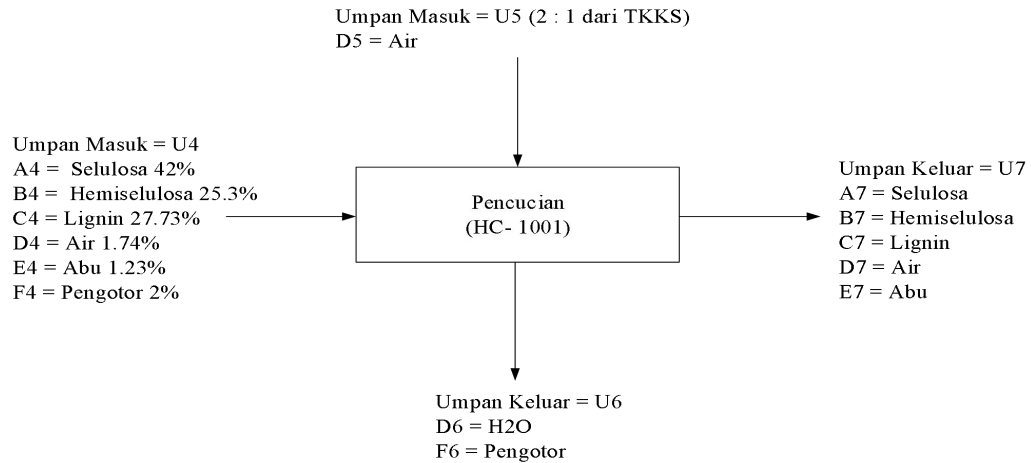
Tabel A.1 Neraca Massa Tangki Pelarutan NaOH

Komponen	Kg/jam		
	INPUT		OUTPUT
	Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3
NaOH	2.755,14	-	2.755,14
H ₂ O	27,83	20.176,54	20.204,37
Total	2.782,97	20.176,54	22.959,51
	22.959,51		

2. Pencucian

Fungsi : Tempat penghilangan kotoran yang terdapat pada ampas tebu

Perbandingan ampas tkks dengan air pencuci 1 : 2



- Neraca Massa Komponen Pengotor

$$U4 \times F4 = U6 \times F6$$

Pengotor hilang = $U4 \times F4$ (dianggap pengotor terbawa air 100%)

$$= 38.947,54 \text{ kg} \times 2\% = 778,95 \text{ kg}$$

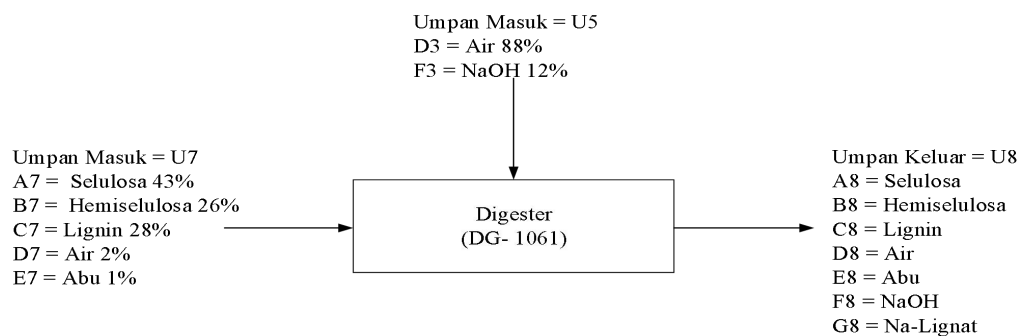
Tabel A.2 Neraca Massa Pencucian

Komponen	Kg/Batch			
	INPUT		OUTPUT	
	Aliran 4	Aliran 5	Aliran 6	Aliran 7
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97	-
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73	-
Lignin	10.800,15	-	10.800,15	-
Abu	479,05	-	479,05	-
Pengotor	778,95	-	-	778,95
H ₂ O	677,69	77.895,09	677,69	77.895,09
Total	38.947,54	77.895,09	38.168,59	78.674,04
	116.842,63		116.842,63	

3. Digester

Fungsi : Mereaksikan lignin dengan alkali membentuk Na-lignat yang larut

dalam air



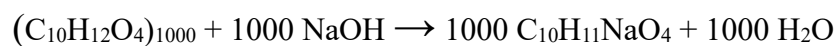
Neraca Massa Reaksi

Pada digester terjadi reaksi antara lignin dengan NaOH membentuk Na-Lignat

dan air sehingga dihitung neraca massa dengan reaksi sebagai berikut:

Konversi 95%

Reaksi :



Mula-mula	= 0,0551	68,88	
Bereaksi	= 0,0523	52,35	52,35
52,35			

Sisa (kg)	540,01	661,23	11.411,80
942,26			

Air pada U8 = (D7 x U7) + (D3 x U3) + air reaksi

$$= (2\% \times 38.168,59 \text{ kg}) + (88\% \times 22.959,51 \text{ kg}) + 52,35 \text{ kg}$$

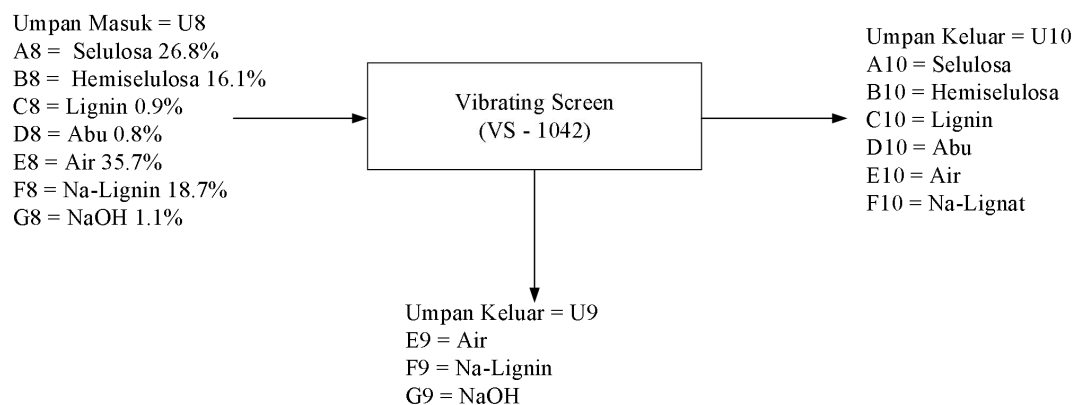
$$= 21.824,32 \text{ kg}$$

Tabel A.3 Neraca Massa *Digester*

Komponen	Kg/jam		
	INPUT		OUTPUT
	Aliran 7	Aliran 3	Aliran 8
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Lignin	10.800,15	-	540,01
Abu	479,05	-	479,05
Na-lignin	-	-	11.411,80
H ₂ O	677,69	20.204,37	21.824,32
NaOH	-	2.755,14	661,23
Total	38.168,59	22.959,51	61.128,10
	61.128,10		

4. *Vibrating Screen*

Fungsi : Memisahkan pulp dari padatan (*reject*) dan *black liquor*



Penyaringan menggunakan *vibrating screen* untuk penghilangan reject dengan

efisiensi 95-98%, maka diambil 98%

(Biermann,1996) :

- Na lignat

Kandungan Na-lignat pada aliran U9 = 98% dari Na-lignat pada aliran U8
 $= 98\% \times 11.411,80 \text{ kg}$
 $= 11.183,56 \text{ kg}$

Jadi banyaknya Na-Lignat yang keluar dari saringan sebanyak 11.183,56 kg

- Air

Kandungan air pada aliran U9 = 98% dari air pada aliran U8
 $= 98\% \times 21.824,32 \text{ kg}$
 $= 21.387,83 \text{ kg}$

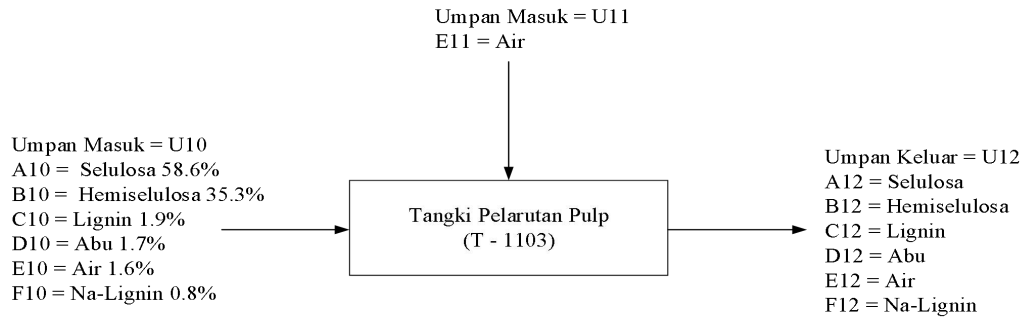
Jadi banyaknya air yang keluar dari saringan sebanyak 21.387,83 kg

Tabel A.4 Neraca Massa *Vibrating Screen*

Komponen	Input(kg/jam)	Output(kg/jam)	
	Aliran 8	Aliran 9	Aliran 10
Selulosa	16.357,97	16.357,97	
Hemiselulosa	9.853,73	9.853,73	
Lignin	540,01	540,01	
Abu	479,05	479,05	
Na-lignin	11.411,80	228,24	11.183,56
H ₂ O	21.824,32	436,49	21.387,83
NaOH	661,23	-	661,23
Total	61.128,10	27.895,48	33.232,62
		61.128,10	

5. Mixing

Fungsi : untuk pencampuran pulp dan air dengan perbandingan 1 : 9



$$\begin{aligned}
 \text{Total komponen pulp} &= (A10 + B10 + C10 + D10) \times U10 \\
 &= (58,6 + 35,3 + 1,9 + 1,7) \times 27.895,48 \text{ kg} \\
 &= 27.230,76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka jumlah air yang akan ditambahkan $9 \times 27.230,76 \text{ kg}$

Total air yang ditambah = 245.076,84 kg

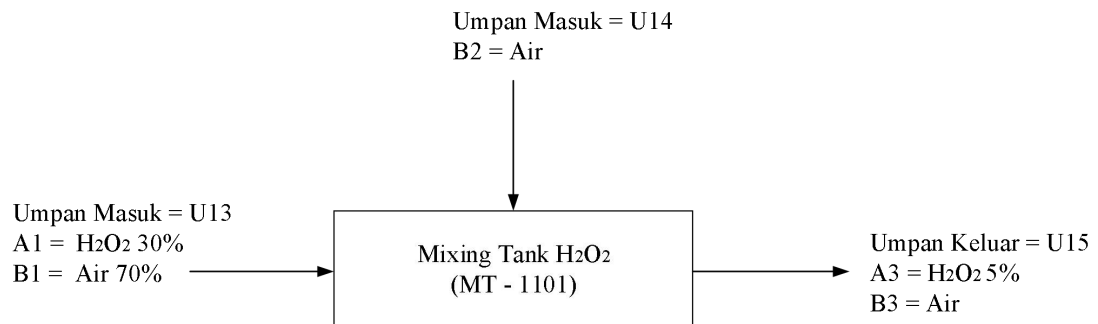
Tabel A.5 Neraca Massa *mixing*

Komponen	Kg/Jam		
	INPUT		OUTPUT
	Aliran 10	Aliran 11	Aliran 12
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Lignin	540,01	-	540,01
Abu	479,05	-	479,05
Na lignat	228,24	-	228,24
H2O	436,49	245.076,84	245.513,32
Total	27.895,48	245.076,84	272.972,32
	272.972,32		

6. Pelarutan H₂O₂

Fungsi : Tempat pengenceran larutan H₂O₂ 30% menjadi larutan H₂O₂ 5%

Perbandingan H₂O₂ dengan pulp 5 : 1000



Perbandingan Jumlah H₂O₂ dengan pulp = 5 : 1000

- Jumlah H₂O₂ yang akan dibuat
 - = 0,005 x total komponen pulp
 - = 0,005 x 27.230,76 kg
 - = 136,15 kg
- Menghitung aliran U15 = jumlah H₂O₂ x 100/5
 - = 136,15 kg x 100/5 = 2.723,08 kg

- Menghitung aliran U13

$$U13 = \frac{A15 \times U15}{U13} = \frac{\frac{5}{100} \times 2.723,08}{\frac{95}{100}}$$

- Neraca massa komponen air

$$(B1 \times U13) + (B2 \times U14) = B3 \times U15$$

- Air

$$\begin{aligned}\text{Air pada U13} &= \text{U13} - \text{Jumlah H}_2\text{O}_2 \text{ pada U13} \\ &= 453,85 \text{ kg} - 136,15 \text{ kg} \\ &= 317,69 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air pada U14} &= \text{air pada U15} - \text{air pada U13} \\ &= 2.586,92 \text{ kg} - 317,69 \text{ kg} \\ &= 2.269,23 \text{ kg}\end{aligned}$$

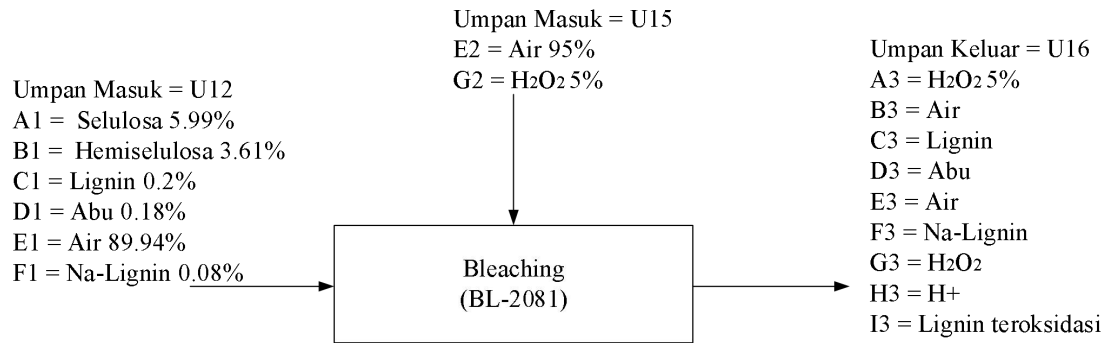
$$\begin{aligned}\text{Air pada U15} &= \text{U15} \times \text{B15} \\ &= 2.723,08 \times 95\% = 2.586,92 \text{ kg}\end{aligned}$$

Tabel A.6 Neraca Massa Tangki Pelarutan H₂O₂

Komponen	Kg/jam		
	INPUT		OUTPUT
	Aliran 13	Aliran 14	Aliran 15
H ₂ O ₂	136,15	-	136,15
H ₂ O	317,69	2.269,23	2.586,92
Total	453,85	2.269,23	2.723,08
	2.723,08		

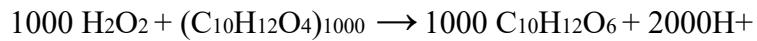
7. Bleacher

Fungsi : Memutihkan pulp dengan mengoksidasi sisa lignin



Konsentrasi *bleaching agent* (H₂O₂) : 5%

Reaksi :



Mula-mula	: 4,00	0,0000275514		
Bereaksi	: 2,76	0,0000275514	2,76	5,51
Sisa	: 1,25	-	2,76	5,51
(kg)	42,48 kg	0	628,17	5,51

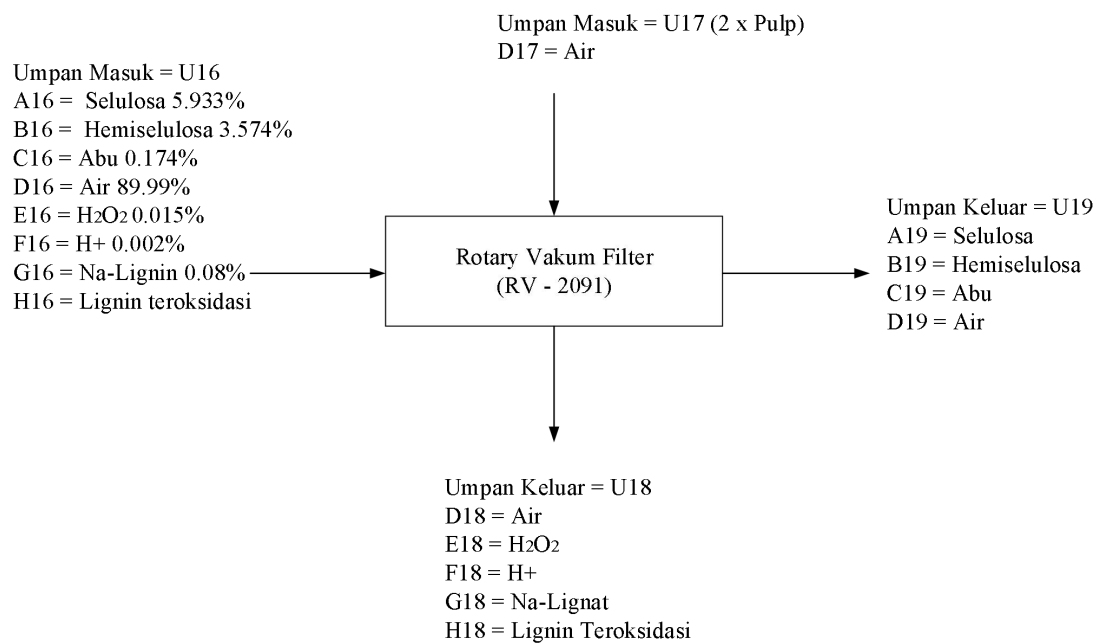
Tabel A.7 Neraca Massa pada *Bleacher*

Komponen	Kg/jam		
	INPUT		OUTPUT
	Aliran 12	Aliran 15	Aliran 16
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Lignin	540,01	-	-
Abu	479,05	-	479,05
Na-Lignat	228,24	-	228,24

H ₂ O	245.513,32	2.586,92	248.100,24
H ₂ O ₂	-	136,15	42,48
Na ⁺	-	-	-
H ⁺	-	-	5,51
Lignin Teroksidasi	-	-	628,17
Total	272.972,32	2.723,08	275.695,39
	275.695,39		

8. Rotary Vacuum Washer

Fungsi : Mencuci pulp keluaran bleacher menggunakan *vacuum drum washer*



Perbandingan jumlah air pencuci dengan pulp = 1.5 s/d 2.5 : 1 (Perry, s,1997)
diambil 2 : 1 perbandingan air pencuci dengan pulp, maka jumlah air pada aliran

$$U19 = 2 \times (A16 + B16 + C16) \times U16$$

$$U19 = 2 \times (5,9 + 3,5 + 0,1) \times 275.695,39 \text{ kg} = 53.381,50 \text{ kg}$$

Jumlah air yang terbawa oleh pulp 2 - 4% dari total air umpan dan air pencuci
diambil 3% (Pikka,2012)

$$\begin{aligned}
 \text{jumlah air yang terbawa pada U19} &= 3\% \times (D16 \times U16) + (U17 \times U17) \\
 &= 3\% \times (248.098,281 + 53.381,50) \\
 &\text{kg} \\
 &= 9.044,45 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

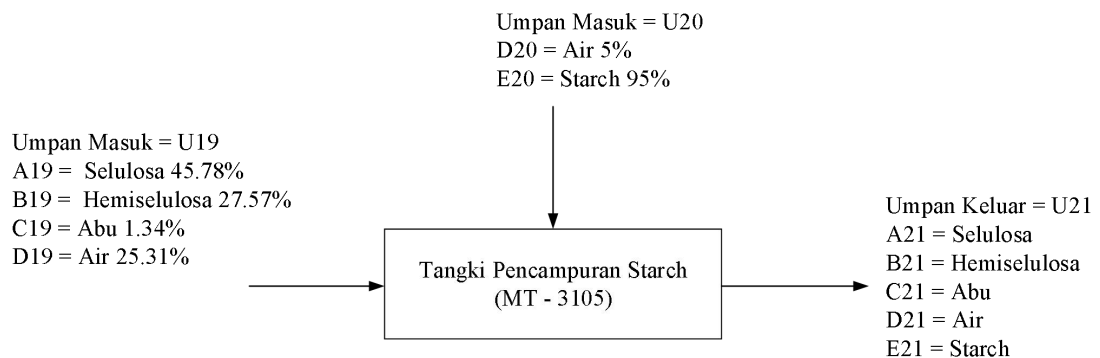
Table A.8 Neraca Massa pada Rotary Vacuum Washer

Komponen	Kg/jam			
	INPUT		OUTPUT	
	Aliran 16	Aliran 17	Aliran 19	Aliran 18
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97	-
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73	-
Abu	479,05	-	479,05	-
H ₂ O	248.100,24	53.381,50	9.044,45	292.437,30
H ₂ O ₂	42,48	-	-	42,48
H ⁺	5,51	-	-	5,51
Na-lignat	228,24	-	-	228,24
Lignin Teroksidasi	628,17	-	-	628,17
Total	275.695,39	53.381,50	35.735,20	293.341,69
	329.076,90		329.076,90	

9. Mixing Tank

Fungsi : Untuk pencampuran pulp dengan strach

Dengan persentase strach di dalam kertas adalah 3%



$$\begin{aligned}
 \text{Penambahan strach} &= \text{berat kertas} \times \text{persentase strach dalam kertas} \\
 &= (A19 + B19 + C19) \times U19 \times 3\% \\
 &= (45,78 + 27,57 + 1,34) \times 35.735,20 \text{ kg} \times 3\% \\
 &= 800,72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Aliran U20} &= \frac{1}{E20} \times \text{jumlah strach} \\
 &= \frac{1}{0,95} \times 800,72 \text{ kg} = 842,87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

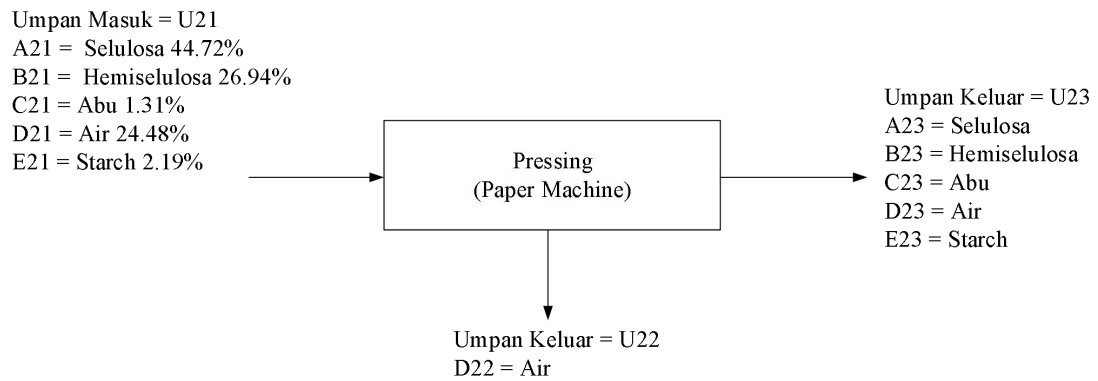
$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah air pada aliran U20} &= \text{total aliran U20} - \text{jumlah strach U20} \\
 &= 842,87 \text{ kg} - 800,72 \text{ kg} \\
 &= 42,14 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Table A.9 Neraca Massa pada *Mixing Tank*

Komponen	Kg/jam		
	INPUT		OUTPUT
	Aliran 19	Aliran 20	Aliran 21
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Abu	479,05	-	479,05
H ₂ O	9.044,45	42,48	9.086,60
Strach	-	800,72	800,72
Total	35.735,20	842,87	36.578,07
	36.578,07		

10. *Wet Pressing*

Fungsi : Mengurangi kadar air pulp hingga 55% menggunakan *paper machine*



U21 : Umpan masuk *wet pressing*

U22 : Air yang berkurang sebanyak 55% dari U21

U23 : pulp setelah pengurangan kadar air 55% dari U21

Pengurangan kadar air 55% pada aliran U22

$$\text{Jumlah air U23} = 45\% \times \text{jumlah air U21}$$

$$\text{Jumlah air U23} = 45\% \times 9.086,60 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah air U23} = 4.088,97 \text{ kg}$$

Neraca massa komponen air

Jumlah air hilang pada aliran U22

$$\text{U22} = \text{Jumlah air U21} - \text{Jumlah air U23}$$

$$= (9.086,60 \text{ kg}) - 104,99 \text{ kg}$$

$$= 4.997,63 \text{ kg}$$

Tabel A.10 Neraca Massa pada *wat pressing*

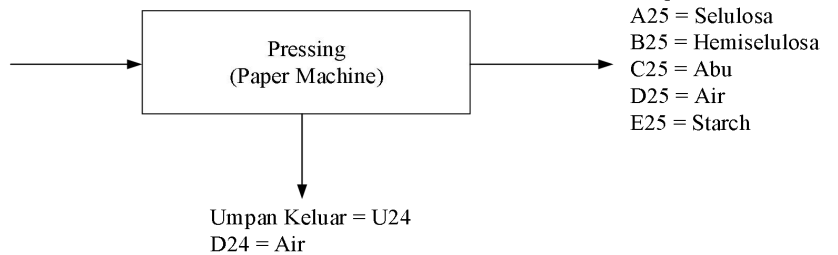
Komponen	Kg/jam		
	INPUT	OUTPUT	
	Aliran 21	Aliran 22	Aliran 23
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Abu	479,05	-	479,05
H ₂ O	9.086,60	4.997,63	4.088,97
Strach	800,72	-	800,72
Total	36.578,07	4.997,63	31.580,44
		36.578,07	

11. Drying

Fungsi : Mengurangi kadar air kertas hingga 3-5% menggunakan *paper machine*

Alat paper machine dapat menguapkan air sampai 93% dari kadar air awal

Umpan Masuk = U23
 A23 = Selulosa 51.8%
 B23 = Hemiselulosa 31.2%
 C23 = Abu 1.5%
 D23 = Air 12.9%
 F23 = Starch 2.5%



Pengurangan kadar air kertas 93% dari jumlah air umpan

$$\begin{aligned}
 U24 &= 93\% \times \text{jumlah air U23} \\
 &= 93\% \times 4.088,97 \text{ kg} \\
 &= 3.802,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah air yang masih terbawa bersama kertas (F24)

$$\begin{aligned}
 \text{U25} &= \text{jumlah air U23} - \text{jumlah air U24} \\
 &= 4.088,97 \text{ kg} - 3.802,74 \text{ kg} \\
 &= 286,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel A.11 Neraca Massa pada *Drying*

Komponen	Kg/jam		
	INPUT	OUTPUT	
	Aliran 23	Aliran 24	Aliran 25
Selulosa	16.357,97	-	16.357,97
Hemiselulosa	9.853,73	-	9.853,73
Abu	479,05	-	479,05
H ₂ O	4.088,97	3.802,74	286,23
Strach	800,72	-	800,72
Total	31.580,44	3.802,74	27.777,70
		31.580,44	

LAMPIRAN B

NERACA ENERGI

- Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai panas (Q)
- Menggunakan data Cp dalam bentuk konstanta

$$Q = m C_p \Delta T$$

Data Cp konstanta dapat diperoleh dari Perry's Chemical Handbook Vol.7 hal 354. Sedangkan data Cp konstanta untuk bahan yang dihitung berdasarkan gugus fungsi dapat dilihat pada buku Perry's *Chemical Handbook* Vol.7 hal 354

- Persamaan yang digunakan untuk menghitung panas reaksi (Qr)

$$Q = - \Delta H_R$$

$$- \Delta H_R = \Delta H^\circ_R + (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})$$

$$- \Delta H^\circ_R = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$- \Delta H_{\text{produk}} = \sum (m \cdot C_p \cdot \Delta T)_{\text{produk}}$$

$$- \Delta H_{\text{reaktan}} = \sum (m \cdot C_p \cdot \Delta T)_{\text{reaktan}}$$

Nilai data ΔH_f dapat diperoleh dari Perry's *Chemical Engineers'* Ed. 8th hal 2-185 dan David M. Himmelblau Ed.5th hal 1049. :

Tabel B.1 Nilai Kapasitas Panas Komponen

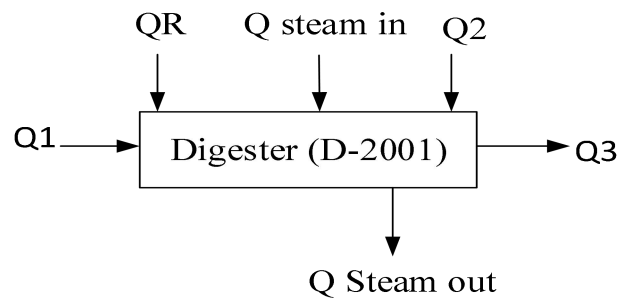
Komponen	BM (kg/kmol)	Cp (kkal/kg.K)
Hemisolulosa	52800	0.0763
Selulosa	162000	3.067
Lignin	39344	1.542
Abu	39344	0.0898
Air	18	0.998
Sodium Hidroksida	40	0,2816
Na-lignat	218	0.2976
Ion H ⁺	1	1.805

Hidrogen Peroksida	34	0.625
Lignin Teroksidasi	228	0.2931
Starch	162	0.3067

Tabel B.2 Nilai Panas Pembentukan Komponen

Komponen	Wujud	$\Delta H_f(\text{kkal/kmol})$
Lignin	Padat	55610
Na-lignat	Padat	72610
NaOH	Padat	-101720
H ₂ O	Cair	-68315
H ₂ O ₂	Cair	-44885.3268
Lignin teroksidasi	Cair	72610
H ⁺	Gas	14640

1. Digester



Kondisi operasi

Tekanan : 6,5 atm

Temperatur : 150°C

Waktu : 6 jam

T_{in} : 30°C

T_{out} : 150°C

T_{steam} : 200°C

Komposisi Panas Input (Q_1)

T = 30°C

Komponen	m	n	Cp	delta T	Q
	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kkal/kmol.°C)	(°C)	(kkal/jam)
Selulosa	16357,96843	0,010097511	3,067253107	5	0,154858116
Hemiselulosa	9853,728604	0,373247296	0,076272361	5	0,142342262
Lignin	10800,15392	0,055102826	1,541628417	5	0,424740413
Abu	479,0547898	7,984246497	0,089853826	5	3,58707549
H ₂ O	677,6872637	11,29478773	0,998375848	5	56,38221637
Total	38168,59301	19,71748186			60,69123266

Komposisi Panas Input (Q_2)

T = 30°C

Komponen	m	n	Cp	delta T	Q
	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kkal/kmol.°C)	(°C)	(kkal/jam)
NaOH	2755,141306	68,87853266	0,281659024	5	97,00130128
H ₂ O	20204,36958	1122,464977	0,998375848	5	5603,209614
Total	22959,51089	1191,343509			5700,210915

Komposisi Panas Output (Q_3)

T = 150°C

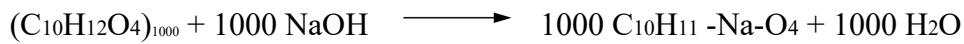
Komponen	m	n	Cp	delta T	Q
	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kkal/kmol.°C)	(°C)	(kkal/jam)
Selulosa	16357,96843	0,01010	3,06725	125	3,87145
Hemiselulosa	9853,728604	0,37325	0,07627	125	3,55856
Lignin	540,007696	0,00276	1,54163	125	0,53093
Abu	479,0547898	7,98425	0,08985	125	89,67689
Na lignin	11411,79529	52,34768	0,29763	125	1947,54655
H ₂ O	21824,31517	1212,46195	0,99838	125	151311,59141
NaOH	661,23391	16,53085	0,28166	125	582,00781
Total	61128,10390	1289,71083			153938,78359

Panas Reaksi (QR)

a. Menghitung Panas Pada Keadaan Standar ($\Delta H_r^\circ 25^\circ\text{C}$)

Berikut data entalpi komponen dalam keadaan standar ($\Delta H_f^\circ 25^\circ\text{C}$)

Reaksi :



$$\Delta H_f^\circ \text{ lignin} = 55.610 \text{ kkal/mol} \quad \text{mol lignin} = 0,0523476 \text{ kmol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ NaOH} = -101.720 \text{ kkal/mol} \quad \text{mol NaOH} = 52,34768 \text{ kmol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ Na-lignat} = 72.610 \text{ kkal/mol} \quad \text{mol Na-lignat} = 52,34768 \text{ kmol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O} = -44.885,53 \text{ kkal/mol} \quad \text{mol H}_2\text{O} = 52,34768 \text{ kmol}$$

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$= 67.909,777208 \text{ kkal/jam}$$

b. Menghitung Panas pada Kondisi Operasi

Reaksi berlangsung pada:

$$T_{\text{operasi}} = 150^\circ\text{C} = 373,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$Q_{\text{reaksi}} = (\Delta H_{\text{Produk}} + \Delta H_r^\circ) - \Delta H_{\text{Reaktan}}$$

$$\Delta H_{\text{produk}} = \Sigma (m \cdot C_p \cdot \Delta T)_{\text{produk}}$$

$$= 153.938,78359 \text{ kkal/jam}$$

$$\Delta H_{\text{reaktan}} = \Sigma (m \cdot C_p \cdot \Delta T)_{\text{reaktan}}$$

$$= 60,69123266 \text{ kkal/jam}$$

$$Q_{\text{reaksi}} = (\Delta H_{\text{Produk}} + \Delta H_f^\circ 25^\circ\text{C}) - \Delta H_{\text{Reaktan}} = -221.787,86443 \text{ kkal/jam}$$

Medium pemanas adalah *saturated steam* pada $T = 242^\circ\text{C}$ (lihat steam table)

$$H_f = 250,287 \text{ kkal/kg}$$

$$H_v = 669,742 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_s = 419,455 \text{ kkal/kg}$$

Beban Panas Reaktor (ΔQ)

$$\begin{aligned}\Delta Q &= (Q_{\text{out}} - Q_{\text{in}}) \text{ reaksi} \\ &= Q_8 - (Q_6 + Q_3 + Q_R) \\ &= 369.965,74588 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Jumlah Steam yang Dibutuhkan (mS)

$$\begin{aligned}\Delta Q &= m_s \cdot \lambda_s \\ m_s &= \Delta Q / \lambda_s \\ &= 882,0152027 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panas Steam Masuk ($Q_{\text{steam in}}$)

$$\begin{aligned}Q_{\text{steam1}} &= m_s \cdot H_v \\ &= 590.722,5146 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

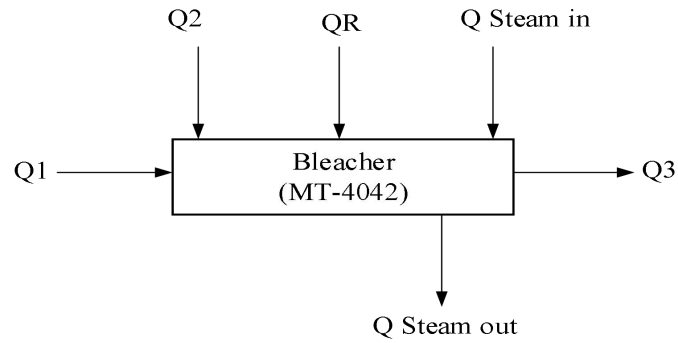
Panas Steam Keluar ($Q_{\text{steam out}}$)

$$\begin{aligned}Q_{\text{kondensat1}} &= m_s \cdot H_f \\ &= 220.756,7687 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Tabel B.3 Neraca Energi pada *Digester*

Input	kkal/jam	output	kkal/jam
Q ₁	60,69	Q ₃	153.938,78
Q ₂	5.700,21	Q _{steam out}	220.756,77
Q _{steam in}	590.722,51		
QR	(-221.787,86)		
Total	374.695,55		374.695,55

2. Bleacher



Kondisi operasi

$T_{\text{feed in}}$: 30,2229 °C

$T_{\text{in H}_2\text{O}_2}$: 30 °C

Tekanan : 1 atm

Waktu : 1 jam

Komposisi Panas Input (Q_1)

$T = 30,2229^\circ\text{C}$

Komponen	m	n	Cp	delta T	Q
	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kkal/kmol. °C)	(°C)	(kkal/jam)
Selulosa	16.357,96843	0,01010	3,06725	5,223	0,16176
Hemiselulosa	9.853,728604	0,37325	0,07627	5,223	0,14869
Lignin	540,007696	0,00276	1,54163	5,223	0,02218
Abu	479,0547898	7,984246497	0,08985	5,223	3,74703
Na-lignat	228,23591	1,04695	0,29763	5,223	1,62751
H ₂ O	245.513,322	13.639,6290	0,99838	5,223	71.123,44498
Total	272.972,3174	13.649,04630			71.129,15215

Komposisi Panas Input (Q₂)

T = 30°C

Komponen	m	n	Cp	delta T	Q
	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kkal/kmol.°C)	(°C)	(kkal/jam)
H ₂ O	2.586,92215	143,71790	0,99838	5,223	749,41276
H ₂ O ₂	136,15380	4,00452	0,62565	5,223	13,08576
Total	2.723,07595 2	147,72242			762,49851

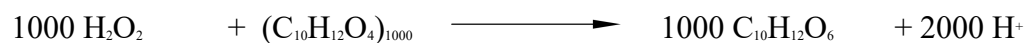
Komposisi Panas Output (Q₃)

T = 70°C

Komponen	m	n	Cp	delta T	Q
	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kkal/kmol.°C)	(°C)	(kkal/jam)
Selulosa	16.357,96843	0,01010	3,06725	45	1,39372
Hemiselulosa	9.853,728604	0,37325	0,07627	45	1,28108
Lignin	0	0	1,54163	45	0
Abu	479,0547898	7,984246497	0,08985	45	32,28368
Na-lignat	228,23591	1,04695	0,29763	45	14,02234
H ₂ O	248.100,2441	13.783,34690	0,99838	45	619.243,22910
H ₂ O ₂	42,47899	1,24938	0,62565	45	35,17545
H ⁺	5,51028	5,51028	1,80567	45	447,74007
Lignin Teroksidasi	628,17222	2,75514	1,54163	45	191,13319
Total	275.695,3934	13.802,27625			619.966,25863

a. Menghitung Panas Pada Keadaan Standar (ΔH_r°)Berikut data entalpi komponen dalam keadaan standar (ΔH_f°)

Reaksi :



$$\Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}_2 = -44885,3268 \text{ kkal/mol} \quad \text{mol H}_2\text{O}_2 = 0,002755141 \text{ kmol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ Lignin} = 55610 \text{ kkal/mol} \quad \text{mol lignin} = 2,76 \text{ kmol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ lignin teroks} = 72610 \text{ kkal/mol} \quad \text{mol lignin teroks} = 2,76 \text{ kmol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ H} = 0 \text{ kkal/mol} \quad \text{mol H}^+ = 5,51 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_r^\circ &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= 94.317,47859 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

b. Menghitung panas Pada Kondisi Operasi

Reaksi berlangsung pada

$$T_{\text{operasi}} = 70^\circ\text{C} = 373,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$Q_{\text{reaksi}} = (\Delta H_{\text{Produk}} + \Delta H_r^\circ) - \Delta H_{\text{Reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{produk}} &= \Sigma (m.C_p. \Delta T)_{\text{produk}} \\ &= 619.966,2586 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaktan}} &= \Sigma (m.C_p. \Delta T)_{\text{reaktan}} \\ &= 71.129,15215 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{reaksi}} = (\Delta H_{\text{Produk}} + \Delta H_r^\circ 25^\circ\text{C}) - \Delta H_{\text{Reaktan}} = -643.154,5851 \text{ kkal/jam}$$

Medium pemanas adalah *saturated steam* pada $T = 152^\circ\text{C}$ (lihat steam table)

$$H_f = 153,3014 \text{ kkal/kg}$$

$$H_v = 657,3449 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_s = 540,043 \text{ kkal/kg}$$

Beban Panas Reaktor (ΔQ)

$$\begin{aligned} \Delta Q &= (Q_{\text{out}} - Q_{\text{in}})_{\text{reaksi}} \\ &= Q_{16} - (Q_{12} + Q_{15} + Q_R) \\ &= 1.191.229,193 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Jumlah Steam yang Dibutuhkan (ms)

$$\Delta Q = m_s \cdot \lambda_s$$

$$M_s = \Delta Q / \lambda_s$$

$$= 2.363,346007 \text{ kg}$$

Panas Steam Masuk ($Q_{\text{steam in}}$)

$$Q_{\text{steam2}} = m_s \cdot H_v$$

$$= 1.553.533,445 \text{ kkal/jam}$$

Panas Steam Keluar ($Q_{\text{steam out}}$)

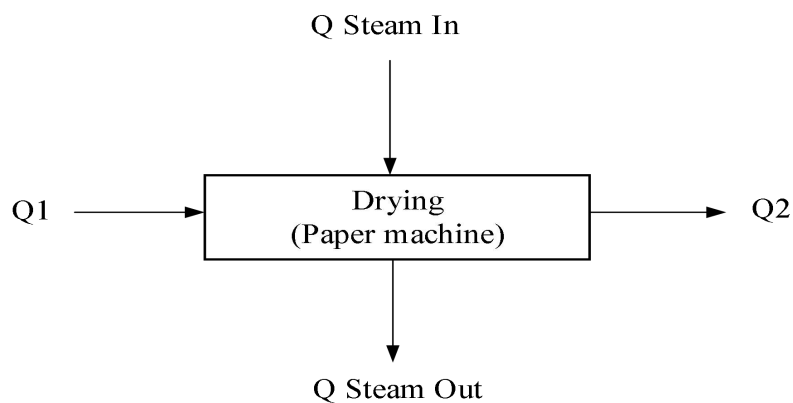
$$Q_{\text{kondensat2}} = m_s \cdot H_f$$

$$= 362.304,2515 \text{ kkal/jam}$$

Tabel B.6 Neraca Energi pada *Bleacher*

Input	kkal/jam	Output	kkal/jam
Q_1	71.129,152	Q_3	619.966,259
Q_2	762,499	$Q_{\text{steam out}}$	362.304,252
$Q_{\text{steam in}}$	1.553.533,445		
QR	-643.154,5851		
Total	982.270,510		982.270,510

3. Drying



Komposisi Panas Input (Q₁)**T = 30°C**

Komponen	m	n	C _p	delta T	Q
	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kkal/kmol.°C)	(°C)	(kkal/jam)
Selulosa	157.500,00	0,00026	3,06725	5	2.415.461,82
Hemiselulosa	9487500	0,00958	0,07627	5	3618170,127
Abu	461250	0,205	0,08985	5	207225,3869
H ₂ O	3936995	12,90119	0,99838	5	19653003,61
Strach	770963	2988,22868	0,30673	5	1182369,32859
Total	917,5213812	13,11603	0		489,2481928

Komposisi Panas Output (Q₂)

Komponen	m	n	C _p	delta T	Q
	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kkal/kmol.°C)	(°C)	(kkal/jam)
H ₂ O	3661406	0,06011	0,99838	5	18277296,6
Total	3661406	0,06011			18277296,6

Komposisi Panas Output (Q₃)

Komponen	m	n	C _p	delta T	Q
	(kg/batch)	(kmol/batch)	(kkal/kmol.°C)	(°C)	(kkal/batch)
Selulosa	15750000	9,722222	3,06725	20	966184728,7
Hemiselulosa	9487500	359,38	0,07627	20	14472680,51
Abu	461250	7.687,50	0,08985	20	828901,5477
H ₂ O	275590	15.310,56	0,99838	20	84.388.720.111,11
strach	770963	2.988,23	0,30673	20	4729477,314
Total	673	0,009842593			64,92319335

Medium pemanas adalah *saturated steam* pada T = 30 °C (lihat steam table)

$$H_f = 153,3014 \text{ kkal/kg}$$

$$H_v = 657,3449 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_s = 540,043 \text{ kkal/kg}$$

Beban Panas Reaktor (ΔQ)

$$\begin{aligned}\Delta Q &= (Q_{\text{out}} - Q_{\text{in}})_{\text{reaksi}} \\ &= Q_{21} - (Q_{23} + Q_{22} + Q_R) \\ &= 18.276.872,27 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Jumlah Steam yang Dibutuhkan (ms)

$$\begin{aligned}\Delta Q &= m_s \cdot \lambda_s \\ M_s &= \Delta Q / \lambda_s \\ &= 36.260,50584 \text{ kg}\end{aligned}$$

Panas Steam Masuk ($Q_{\text{steam in}}$)

$$\begin{aligned}Q_{\text{steam2}} &= m_s \cdot H_v \\ &= 23.835.658,58 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Panas Steam Keluar ($Q_{\text{steam out}}$)

$$\begin{aligned}Q_{\text{kondensat2}} &= m_s \cdot H_f \\ &= 5.558.786,31 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Tabel B.9 Neraca Energi drying

Input	kkal/jam	Output	kkal/jam
Q_{21}	489,2481928	Q_{22}	18277296,6
	23835658,58	Q_{23}	64,92319335
$Q_{\text{steam in}}$		$Q_{\text{steam out}}$	5558786,31
Total	23836147,83		23836147,83

LAMPIRAN C

SPESIFIKASI ALAT

A. Spesifikasi Peralatan Utama

1. Gudang Penyimpanan TKKS WH-1011

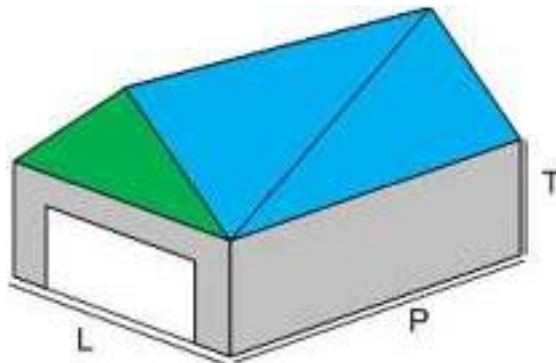
Fungsi : Tempat persiapan awal bahan baku TKKS

Tipe : Warehouse

Sifat bahan : Tidak korosif, tidak volatile, higroskopis

Jumlah : 2 unit

Gambar :



Data :

- Jumlah umpan (m) = 38.948 kg/jam

- Lama penyimpanan (t) = 7 hari

- Densitas umpan (ρ) = 965,8 kg/ m^2

Volume gudang, (V_g)

$$V_g = m \times t / \rho$$

$$= 38.948 \times \frac{7}{965,8}$$

$$= 282 \text{ m}^3$$

Ruang kosong (Vk) 20%

Volume gudang sebenarnya, (V)

$$V = V_g / (1 - v_k)$$

$$= \frac{282}{(1 - 20\%)} = 353 \text{ m}^3$$

Dimensi gudang

$$V = P \times L \times T$$

$$V = 6T \times 4T \times T$$

$$T = \sqrt[3]{\left(\frac{V}{6}\right)}$$

Jadi,

$$\text{Tinggi} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 12 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 8 \text{ m}$$

2 Bucket Elevator (BE-1021)

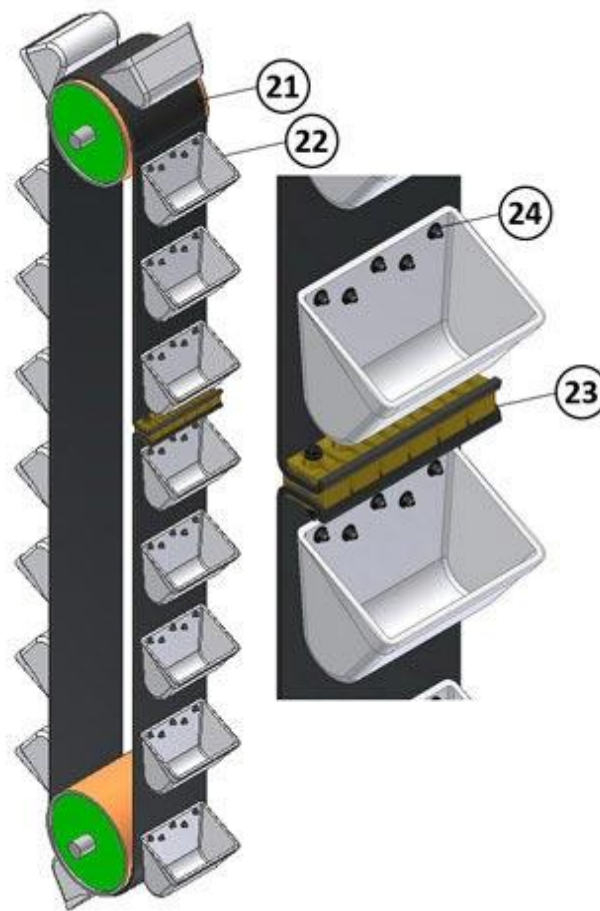
Fungsi : Transportasi TKKS ke Cutting Mill

Tipe : *Centrifugal discharge bucket elevator*

Bahan : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

Kapasitas : 38947,5439 kg/jam

Faktor keamanan : 10%

Perhitungan :

d. Kapasitas *Bucket elevator*, W

$$W = 1,1 \times 38947,5439 \text{ kg/jam}$$

$$= 42.842,305 \text{ kg/jam}$$

Dengan kapasitas 42.842,305 kg/jam dipilih bucket elevator dengan spesifikasi menurut tabel 7-8 hal 7-13 *Perry's 5th edition* :

TABLE 21-8 Bucket-Elevator Specifications for Centrifugal-Discharge Buckets on Belt, Malleable-Iron, or Steel Buckets*												
Size of bucket, in (mm), and bucket spacing, in (mm)†	Elevator centers, ft‡	Capacity, ton/h (metric tons/h)§	Size of lumps handled, in (mm)¶	Bucket speed, ft/min (m/min)	r/min, head shaft	hp required at head shaft	Additional hp/ft for intermediate lengths	Head	Tail	Head	Tail	Belt width, in
6 × 4 × 4½ = 12	25	14 (12.7)	¾ (19.0)	225 (68.6)	43	1.0	0.02	1½	1½	20	14	7
	50	14 (12.7)	¾ (19.0)	225 (68.6)	43	1.6	0.02	1½	1½	20	14	7
(152 × 102 × 108) = (305)	75	14 (12.7)	¾ (19.0)	225 (68.6)	43	2.1	0.02	1½	1½	20	14	7
8 × 5 × 5½ = 14	25	27 (24.5)	1 (25.4)	225 (68.6)	43	1.6	0.04	1½	1½	20	14	9
	50	30 (27.2)	1 (25.4)	260 (79.2)	41	3.5	0.05	1½	1½	24	14	9
(203 × 127 × 140) = (356)	75	30 (27.2)	1 (25.4)	260 (79.2)	41	4.8	0.05	2½	1½	24	14	9
10 × 6 × 6½ = 16	25	45 (40.8)	1½ (38.0)	225 (68.6)	43	3.0	0.003	1½	1½	20	16	11
	50	52 (47.2)	1½ (38.0)	260 (79.2)	41	5.2	0.07	2½	1½	24	16	11
(254 × 152 × 159) = (406)	75	52 (47.2)	1½ (38.0)	260 (79.2)	41	7.2	0.07	2½	1½	24	16	11
12 × 7 × 7½ = 18	25	75 (68.1)	1½ (38.1)	260 (79.2)	41	4.7	0.1	2½	1½	24	18	13
	50	84 (76.3)	1½ (38.1)	300 (91.4)	38	8.9	0.115	2½	1½	30	18	13
(305 × 178 × 184) = (457)	75	84 (76.3)	1½ (38.1)	300 (91.4)	38	11.7	0.115	2½	2½	30	18	13
14 × 7 × 7½ = 18	25	100 (90.8)	1½ (44.5)	300 (91.4)	38	7.3	0.14	2½	2½	30	18	15
	50	100 (90.8)	1½ (44.5)	300 (91.4)	38	11.0	0.14	3½	2½	30	18	15
(355 × 170 × 184) = (457)	75	100 (90.8)	1½ (44.5)	300 (91.4)	38	14.3	0.14	3½	2½	30	18	15
16 × 8 × 8½ = 18	25	150 (136.2)	2 (50.8)	300 (91.4)	38	8.5	0.165	2½	2½	30	20	18
	50	150 (136.2)	2 (50.8)	300 (91.4)	38	12.6	0.165	3½	2½	30	20	18
(406 × 203 × 216) = (457)	75	150 (136.2)	2 (50.8)	400 (121.9)	35	16.7	0.165	3½	2½	30	20	18

*From Stephens-Adamson Division, Allis-Chalmers Corporation.
†Bucket size given: width × projection × depth. Assumed bucket linear speed is 150 ft/min (45.7 m/min).
‡Elevator centers to nearest 8 ft equivalent are 25 ft = 8 m, 50 ft = 15 m, and 75 ft = 23 m.
§Capacities and horsepower are given for materials having bulk densities of 100 lb/ft³ (1602 kg/m³). For other densities these will vary in direct proportion: a 50-lb/ft³ material will reduce the capacity and horsepower required by 50 percent.
¶If the amount of lump product is less than 15 percent of the total, lump size may be twice that given.

Ukuran BE : 10 x 6 x 6,5 in

Jarak antara BE : 16 in

Kecepatan *bucket* : 225 ft/menit

Tinggi elevator : 25 ft = 7,62 m = 300 in

Lebar belt : 11 in

Daya poros : 1,6 Hp

Ratio Hp/ tinggi : 0,06 Hp/ft

Putaran Poros : 43 rpm

e. Daya, Hp

Tinggi elevator = 25 ft = 7,62 m

Daya = (25 x 0,06) + 1
= 2,58 Hp

Efisiensi motor 80%

= 2,58 x 80%

= 2,06 Hp

Dipilih motor dengan daya 3 Hp

f. Menghitung jumlah bucket

$$\begin{aligned}\text{Jumlah bucket} &= 2 \times \left(\frac{\text{tinggi elevasi}}{\text{kedalaman bucket} + \text{spacing}} \right) \\ &= 2 \times \left(\frac{300 \text{ in}}{6,5 \text{ in} + 16 \text{ in}} \right) \\ &= 26,67 \text{ buah} \approx 27 \text{ buah}\end{aligned}$$

3. Cutting Mill (CM-1031)

Fungsi : Mengecilkan Ukuran TKKS

Jumlah : 1 unit

Bahan : Karbon Steel



Data :

Laju Alir Umpan, $m = 38.947,54 \text{ kg/jam}$

Densitas Umpan , $\rho = 965,8 \text{ kg/m}^3$

Faktor Keamanan $f_k = 10\%$

Kapasitas Cutting Mill ,

$$C = \frac{m}{(1-f_k)}$$

$$= \frac{41.666,67}{(1-10\%)}$$

$$= 43275,04877 \text{ kg/jam} = 43,27504877 \text{ ton/jam}$$

Daya

diameter Produk, $d = 5000 \text{ } \mu\text{m}$

diameter umpan, $d_i = 40000 \text{ } \mu\text{m}$

$$W = 10W_i(1/\sqrt{d} - 1/\sqrt{d_i}), \text{ kWh/ton}, \quad (12.3)$$

$$= 10 \times 13,81 \times (1/\sqrt{5000} - 1/\sqrt{40000})$$

$$= 1,26252893 \text{ kWh/ton} = 0,941846582 \text{ HP/ton}$$

Jadi untuk kapasitas diatas

Maka, $W_t = W \times c$

$$= 0,941846582 \times 46,2962 = 43,6040084 \text{ HP}$$

Volume dengan faktor keamanan 10%

$$V = (m/\rho) / (1-fk)$$

$$= (38.947,54 / 965,8) / (1-0,1)$$

$$= 44,81 \text{ m}^3$$

Volume Cutting Mill

$$V = \frac{\pi}{4 \times D t^2 \times H s}$$

$$V = \frac{\pi}{4 \times D t^3}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V \times 4}{\pi}}$$

$$= \frac{47,94 \times 4}{3,14^{1,3}}$$

$$= 3,85 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$= 12,62 \text{ ft}$$

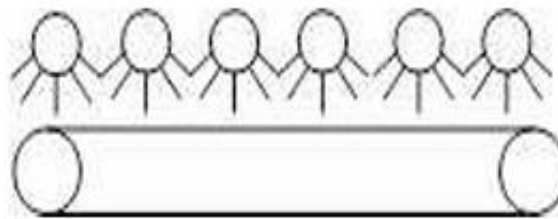
4. Horizontal Conveyor (HC-1001)

Fungsi : Tranportasi Bahan Padat

Jumlah : 2 unit

Bahan : Karbon Steel

Gambar :



Data :

Laju Alir Umpan, m = 116.842,63 kg/jam

Belt width in (cm)	Cross-sectional area of load ft ² (m ²)	Belt speed, ft/min (m/min)		Belt plies		Maximum lump size, in (mm)		Belt speed, ft/min (m/min)	Capacity and hp for 100-ft (30.48-m) material			Add for tripper hpl
		Normal	Maximum	Minimum	Maximum	Steady material, 80% under	Unsteady material, not over 20%		Capacity ton/h (metric ton/h)	hp/10-ft (3.05-m) lift	hp/100-ft (30.48-m) center	
14 (35)	0.11 (.010)	200 (61)	300 (91)	3	5	2.0 (51)	3.0 (76)	100 (30.5)	32 (20)	0.34	0.44	2.0
								200 (61.0)	64 (38)	0.68	0.68	
								300 (91.5)	96 (57)	1.04	1.32	
16 (40)	0.14 (.013)	200 (61)	300 (91)	3	5	2.5 (64)	4.0 (102)	100 (30.5)	44 (40)	0.46	0.56	2.5
								200 (61.0)	88 (80)	0.90	1.12	
								300 (91.5)	132 (120)	1.36	1.68	
18 (45)	0.18 (.017)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.0 (76)	5.0 (127)	100 (30.5)	54 (40)	0.58	0.70	3.0
								250 (76.2)	134 (122)	1.42	1.70	
								350 (106.7)	190 (172)	2.00	2.42	
20 (50)	0.22 (.020)	250 (76)	350 (107)	4	6	3.5 (80)	6.0 (152)	100 (30.5)	66 (60)	0.70	0.84	3.20
								250 (76.2)	164 (148)	1.72	2.06	
								350 (106.7)	230 (200)	2.44	2.90	
24 (60)	0.33 (.030)	300 (91)	400 (122)	4	7	4.5 (114)	8.0 (203)	100 (30.5)	98 (80)	1.02	1.62	3.5
								300 (91.5)	294 (207)	3.06	3.64	
								400 (121.9)	392 (350)	4.08	4.64	
30 (75)	0.53 (.040)	300 (91)	450 (137)	4	8	7.0 (178)	12.0 (305)	100 (30.5)	138 (143)	1.60	1.50	5.0
								300 (91.5)	474 (430)	4.80	4.50	
								450 (137.2)	710 (645)	7.20	6.74	
36 (90)	0.78 (.072)	400 (122)	600 (183)	4	9	8.0 (203)	15.0 (381)	100 (30.5)	230 (200)	2.44	1.50	7.0
								400 (121.9)	920 (835)	9.74	6.36	
								600 (182.9)	1380 (1253)	14.00	9.52	
42 (105)	1.09 (.101)	400 (122)	600 (183)	4	10	10.0 (254)	18.0 (457)	100 (30.5)	330 (300)	3.50	2.28	9.5
								400 (121.9)	1320 (1196)	14.00	9.12	
								600 (182.9)	1980 (1797)	21.20	13.68	
48 (120)	1.46 (.136)	400 (122)	600 (183)	4	12	12.0 (305)	21.0 (533)	100 (30.5)	440 (390)	4.96	3.64	12.8
								400 (121.9)	1760 (1590)	18.70	12.14	
								600 (182.9)	2640 (2387)	28.00	18.20	
54 (135)	1.90 (.177)	450 (137)	600 (183)	6	14	14.0 (350)	24.0 (610)	100 (30.5)	570 (517)	6.04	3.94	20.0
								450 (137.2)	2964 (2328)	27.20	17.70	
								600 (182.9)	3420 (3105)	36.20	23.60	
60 (150)	2.40 (.223)	450 (137)	600 (183)	6	16	16.0 (406)	28.0 (711)	100 (30.5)	720 (654)	7.64	4.98	23
								450 (137.2)	3240 (2941)	34.40	22.40	
								600 (182.9)	4700 (4265)	49.50	30.90	

Dari tabel Perry table 21-7 dengan kapasitas 47 ton/jam didapat:

Panjang Konveyor = 10 m
 Kecepatan Diset = 45 m
 Daya Konveyor = 30 menit

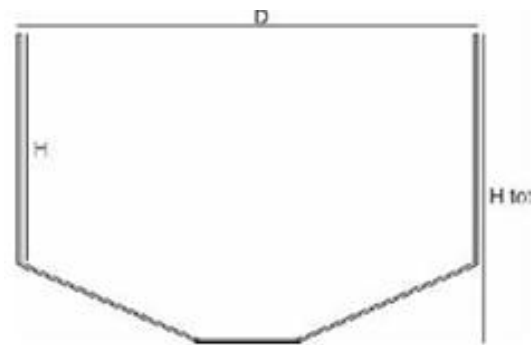
5. *Bin Feeder* (BF-1011)

Fungsi : Tempat penampungan TKKS sementara

Jumlah : 1 unit

Bahan : Karbon Steel

Gambar :



Data :

- Massa, m : 116.842,63 kg/jam
 - Densitas Umpan, ρ : 965.8 kg/m³

Kapasitas Bin Feeder, V_t

$$\begin{aligned} V_b &= m/\rho \\ &= 116.842,63 \text{ kg/jam} / 965.8 \text{ kg/m}^3 \\ &= 120,98 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Faktor Keamanan, f_k 10%

Maka,

$$V_b = 0,9 \times V_t$$

$$V_b = V_b/0,9$$

$$= 120,98 \text{ m}^3 / 0,9$$

$$= 134,42 \text{ m}^3$$

Dimensi Bin Feeder

Volume Silinder, V_s

$$V_s = \frac{\pi}{4 \times D b^2 \times H_s}$$

maka

$$V_s = \frac{\pi}{4 \times D b^3}$$

Volume Conical, V_c

$$V_s = \frac{\pi}{24 \times D b^2 \times H_c}$$

Maka

$$V_e = \frac{\pi}{4 \times D b^3}$$

Diameter Bin, D_b

$$V_t = V_s + V_e$$

$$V_t = \left(\frac{\pi}{4 \times D b^3} \right) + \left(\frac{\pi}{12 \times D b^3 \times \tan s^\circ} \right)$$

$$V_t = 0.9365 D b^3$$

$$D_b = \sqrt[3]{\left(\frac{V_t}{0.9365} \right)}$$

$$= \left(\frac{134,4}{0.9365} \right)^{1/3}$$

$$= 5,24 \text{ m}$$

$$= 206,14 \text{ in}$$

Tinggi Tangki, H_t

Tinggi silinder

$$H_s = D_t$$

$$= 5,24 \text{ m}$$

Tinggi Conical

$$H_e = 1/4 \times D_t$$

$$= 0,4038 \text{ m}$$

Tinggi Tangki Total

$$H_t = H_s + H_e$$

$$= 5,24 + 0,4038$$

$$= 5,64 \text{ m}$$

Tebal Dinding Tangki, t_d

$$t_d = \left(\frac{P \times R}{(S \times E - 0,6 \times P)} \right) + C \times 20 \quad (\text{walas, tabel 18.3})$$

Tekanan Desain, $P = 14,7 \text{ Psi}$

Jari-jari Tangki, $R = 2,62 \text{ m}$

$$= 103,07 \text{ in}$$

Allowble Stress, $S = 13700 \text{ psi}$ (walas, tabel 18.4)

efffisiensi Pengelasan, $E = 0,85$ (peter, table 4 hal 538)

faktor korosi yg diizinkan, $C = 0,002 \text{ in/thn}$ (perry's, tabel 23.2)

$$\begin{aligned} t_d &= \left(\frac{P \times R}{(S \times E - 0,6 \times P)} \right) + C \times 20 \\ &= \left(\frac{14,7 \times 103,07}{(13700 \times 0,85 - 0,6 \times 14,7)} \right) + 0,002 \times 20 \\ &= 0,17 \text{ in} \end{aligned}$$

Tebal tutup Conical, t_e

$$\begin{aligned}
 t_e &= \left(\frac{P \times D_t}{(2 \times S \times E - 0,2 \times P)} \right) + C \times 20 \\
 &= \left(\frac{14,7 \times 103,07}{(2 \times 14,7 \times 0,85 - 0,2 \times 14,7)} \right) + 0,002 \times 20 \\
 &= 0,17 \text{ in}
 \end{aligned}$$

6. *Digester* (DG-2081)

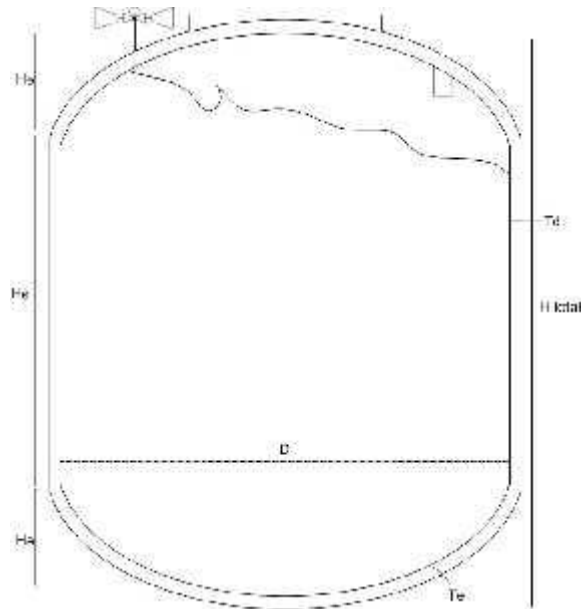
Fungsi : Tempat pemasakan tandan kosong kelapa sawit menjadi pulp

Tipe : Silinder vertikal dengan alas dan tutup *ellipsoidal*

Bahan : *Stainless Steel austenitic* 18 Cr 8 Ni (SA-240 Grade 304)

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir TKKS, Q : 38.168,59 kg/jam
- Laju alir lar.NaOH, Qp : 22.959,51 kg/jam
- Densitas TKKS, ρ : 965.8 kg/m³
- Densitas lar.NaOH, ρp : 1068.72 kg/m³
- Temperatur, T : 150°C
- Tekanan, P : 6.5 atm = 95.5237 psi
- Waktu operasi, t : 6 jam

Volume massa dan pelarut, V & Vp

$$V = \frac{Q}{\rho} = \frac{38.168,59 \text{ kg/jam}}{965,8 \text{ kg/m}^3} = 39,52011802 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Vp = \frac{Qp}{\rho p} = \frac{22.959,51 \text{ kg/jam}}{1068,72 \text{ kg/m}^3} = 21,4831855 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Densitas Campuran, ρc

$$\rho c = \frac{(Q + Qp)}{(V + Vp)}$$

$$\rho c = \frac{(38.168,59 + 22.959,51) \text{ kg/jam}}{(39,52011802 + 21,4831855) \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$\rho c = 1002,046 \text{ kg/jam}$$

Kapasitas digester, V_t

$$\begin{aligned} V_D &= \frac{(Q + Qp)}{\rho c} \\ &= \frac{(38.168,59 + 22.959,51) \text{ kg/jam}}{1002,046 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

$$= 61 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Faktor keamanan 10%

Maka,

$$V_D = 0,9 V_t$$

$$V_t = \frac{V_D}{0,9}$$

$$= \frac{61 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,9} = 67,7777 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dimensi digester

Volume silinder, V_s

$$V_s = \frac{\pi}{4} X D_D^3 X H_3$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} X D_D^3$$

Volume *ellipsoidal*, V_e

$$V_e = \frac{\pi}{6} X D_D^3 X H_e$$

$H_e = \frac{1}{4} D_D$ (Peter, tabel 4)

Maka,

$$V_e = \frac{\pi}{24} X D_D^3$$

Diameter digester, D_D

$$V_t = V_s + V_e$$

$$= \left(\frac{\pi}{4} X D_D^3 \right) + \left(\frac{\pi}{24} X D_D^3 \right)$$

$$= \frac{\pi}{3} D_D^3$$

$$D_D^3 = \frac{12 V_t}{7\pi}$$

$$D_D = \sqrt[3]{\frac{12 X 67,38392195 \text{ m}^3}{7 x 3,14}}$$

$$= 7,1316 \text{ m}$$

$$= 280,77 \text{ in}$$

Tinggi digester, HD

Tinggi silinder, $H_s = DD = 7,1316 \text{ m}$

Tinggi *ellipsoidal*, $H_e = \frac{1}{4} DD = \frac{1}{4} \times 7,1316 \text{ m} = 1,7829 \text{ meter}$

(Walas, Tabel 18.5)

Tangki direncanakan diletakkan di atas kaki penyangga yang terbuat dari besi dengan tinggi 3 m.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total, } H_t &= \text{tinggi silinder} + \text{tinggi } \textit{ellipsoidal} \\ &= 7,1316 \text{ m} + 1,7829 \text{ m} \\ &= 8,9145 \text{ m} \end{aligned}$$

• Tebal dinding digester, t_D

$$t_D = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

- Tekanan desain, P : 95.5237 psi
- Jari-jari digester, R : 3,5658 m = 140,38 in
- Allowable stress, S : 12900 psi (Walas, Tabel 18.4)
- Efisiensi pengelasan, E : 0.85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0.002 in/thn (Perry's Tabel 23-2)

Maka,

$$\begin{aligned} t_D &= \frac{95,5237 \text{ psi} \times 140,38 \text{ in}}{(12900 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 95,5237 \text{ psi})} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 20 \text{ tahun} \\ &= 1,27 \text{ in} \end{aligned}$$

Tebal alas dan tutup *ellipsoidal*, t_e

$$t_e = \frac{P D_D}{2SE - 0,2P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

$$= \frac{95,5237 \text{ psi} \times 280,77 \text{ in}}{(2 \times 12900 \times 0,85) - (0,2 \times 95,5237 \text{ psi})} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 20 \text{ tahun}$$

$$= 1,2641 \text{ in}$$

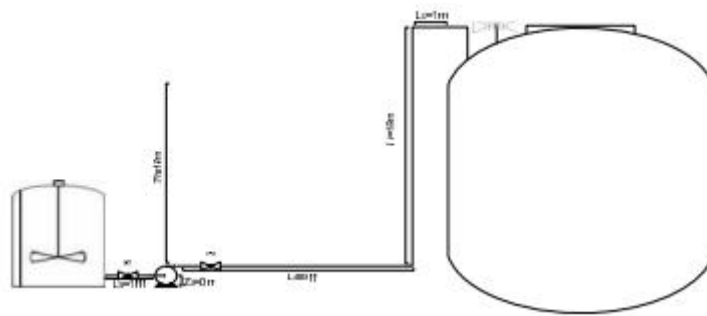
7. Pompa (P-1101)

Fungsi : Mengalirkan larutan NaOH dari Mixing Tank (MT-1101) ke *Digester*

Tipe : *centrifugal pump*

Bahan : *Commercial steel pipe*

Gambar :



Data :

- Laju alir massa, Q : $61128,10 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} = 14 \frac{\text{lb}}{\text{dt}}$
- Densitas lar.NaOH, ρ : $1.086,82 \text{ kg/m}^3 = 67,71 \text{ lb/ft}^3$
- Viskositasp lar.NaOH, μ : $0.002218 \text{ lb/ft.hr}$
- Tinggi pompa terhadap cairan masuk, Z_a : $0 \text{ m} = 0 \text{ ft}$
- Tinggi pompa terhadap cairan keluar, Z_b : $16 \text{ m} = 52,58 \text{ ft}$
- Panjang pipa hisap, L_s : $1 \text{ m} = 3,28 \text{ ft}$
- Panjang pipa buang, L_d : $26 \text{ m} = 85.28 \text{ ft}$
- Factor keamanan 10%

Laju alir volumetrik, Q_v

$$Q_p = \frac{Q}{0,9}$$

$$= \frac{61128,10 \text{ kg/jam}}{0,9} = 67920,1 \text{ kg/jam}$$

$$Q_v = \frac{Q_p}{\rho}$$

$$= \frac{67920,1 \text{ kg/jam}}{1.86,82 \text{ kg/jam}} = 62,49 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diameter optimum, D_{opt}

Asumsi aliran turbulen

$$D_{opt} = 3,9 * Q_v^{0.45} * \rho^{0.13} \quad (\text{Peter, Pers 14.15})$$

$$= 3,9 * (62,49 \text{ m}^3/\text{jam})^{0.45} * (1.86,82 \text{ kg/m}^3)^{0.13}$$

$$= 5,41 \text{ inci}$$

Berdasarkan Tabel 11 Kern, diperoleh pipa baja dengan ukuran sebagai berikut :

	Suction (a)	Discharge (b)
IPS	4 in Sch 40	
ID	4,026 in = 0,33 ft	4,026 in = 0,33 ft
OD	4,5 in = 0,37 ft	4,5 in = 0,37 ft
a''	12,7 in ² = 0,08 ft ²	

Kecepatan aliran, V

$V_a = V_b$, karena ukuran pipa hisap dan pipa buang sama

$$V = \frac{Q_v}{a'}$$

$$= \frac{0,61 \text{ ft}^3/\text{dt}}{0,08 \text{ ft}^2} = 7,0 \text{ ft/dt}$$

Bilangan Reynolds, N_{Re}

$$N_{Re} = \frac{\rho \times W \times D}{\mu} \quad (\text{Mc.Cabe, Pers. (9.17)})$$

$$= \frac{67,71 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 2,63 \frac{\text{ft}}{\text{dt}} \times 0,33 \text{ ft}}{0,002218 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{dt}}} = 71,42$$

Rugi Gesek

- Pipa hisap (*suction*)

Pada pipa hisap, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa

$$h_{fss} = \frac{4 \times f \times \Delta L \times V^2}{ID^2 \times g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.56})$$

$$r_H = \frac{ID}{4} \quad (\text{McCabe, Hal 103})$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *commercial steel pipe*,
dimana

$$k = 0,00035 \text{ ft}$$

$$\frac{k}{ID} = \frac{0,00035 \text{ ft}}{0,37 \text{ ft}} = 0,001$$

$$f = 0,005$$

Maka,

$$\begin{aligned} h_{fss} &= \frac{4 \times 0,005 \times 3,28 \text{ ft} \times (2,63 \frac{\text{ft}}{\text{dt}})^2}{0,33^2 \times 32,2 \text{ ft/dt}^2} \\ &= 3,88 \text{ ft} \cdot \text{lb/ft} \end{aligned}$$

Rugi gesek akibat *fitting* dan *valve*

$$h_{fd} = K_f \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 5.67})$$

$$K_f(\text{gate valve}) = 0.2 \times 1 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$\text{Total } K_f = 0.2 \times 1 = 0.2$$

Maka,

$$h_{fds} = 0.2 \times \frac{(2.86 \frac{ft}{dt})^2}{2 \times 32.2 \frac{ft}{dt^2}} = 0.008 \text{ ft} \cdot \text{lb} / \text{lb}$$

- Pipa buang (*discharge*)

Pada pipa buang, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa, pengaruh *fitting* dan *valve*.

• Rugi gesek akibat kulit

Maka,

$$H_{fds} = \frac{4 \times 0.005 \times 85.28 \frac{ft}{dt} \times (2.63 \frac{ft}{dt})^2}{0.33^2 \times 32.2 \frac{ft}{dt^2}} = 0.55 \text{ ft} \cdot \text{lb} / \text{lb}$$

• Rugi gesek akibat *fitting* dan *valve*

$$h_{fd} = K_f \frac{v^2}{2g_c}$$

$$K_f(\text{elbow } 90^\circ) = 0.9 \times 2 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$K_f(\text{globe valve}) = 10 \times 1 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 5.1})$$

$$\text{Total } K_f = 2 \times 0.9 + 1 \times 10 = 11.8$$

Maka,

$$h_{fd} = 11.8 \times \frac{(2.63 \frac{ft}{dt})^2}{2 \times 32.2 \frac{ft}{dt^2}} = 1.27 \text{ ft} \cdot \text{lb} / \text{lb}$$

Sehingga, total rugi gesek adalah

$$= h_{fss} + h_{fss} + h_{fd}$$

$$= (0.21 + 0.55 + 1.27) \text{ ft} \cdot \text{lb} / \text{lb}$$

$$= 14.3 \text{ ft} \cdot \text{lb} / \text{lb}$$

Daya pompa (BHP)

Daya pompa dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Bernoulli :

(McCabe, Pers. 4.32)

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{g Z_a}{\gamma_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{g Z_b}{\gamma_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f$$

Atau

$$\eta W_p = \left(\frac{P_b}{\rho} + \frac{g Z_b}{\gamma_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} \right) - \left(\frac{P_a}{\rho} + \frac{g Z_a}{\gamma_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} \right)$$

Dimana

$$P_a = P_b$$

$$V_a = V_b$$

$$\rho_a = \rho_b$$

$$g/g_c = 1$$

$$\alpha_a = \alpha_b$$

$$\eta = 70\% \quad (\text{Peters, Fig. 14.36})$$

Sehingga persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi :

$$\eta W_p = (Z_b - Z_a) + h_f$$

$$0.4 W_p = (54,48 - 0)\text{ft} + 2,02 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$W_p = 136,25 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\text{BHP} = \frac{W_p \times Q}{5,50} = \frac{136,26 \text{ ft.lbf/lb} \times 14 \text{ lb/dt}}{5,50}$$

$$= 2 \text{ HP}$$

Daya motor (MHP)

$$\text{MPH} = \frac{BHP}{\eta}$$

$$\eta = 40 \%$$

$$\text{MPH} = \frac{3,48 \text{ HP}}{0,40}$$

$$= 11,67 \text{ HP} \approx 9 \text{ HP}$$

Dengan cara yang sama, maka diperoleh daya pada masing-masing pompa untuk peralatan proses seperti pada Tabel C.1 berikut ini.

Tabel C.1 Spesifikasi pompa pada Peralatan Proses

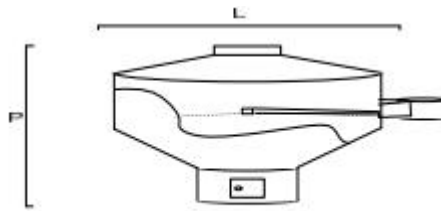
Kode Alat	Za (m)	Zb (m)	Ls (m)	Ld (m)	V (ft/s)	Hf (ft*lb/ft)	Daya (HP)
P-1101	0	16	1	26	7,00	14,34	11,3
P-1102	0	10	1	12	40,3	155,29	85,3
P-1103	0	15	1	17	3,79	0,85	19,1
P-1104	0	15	1	17	1,33	1,60	0,19
P-1105	0	1,2	1	3	3,79	0,84	1,8

8. Vibrating Screen (VS-1042)

Fungsi : Memisahkan ukuran Pulp dengan Black Liquor

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir Umpan, Q : 61.128,10 kg/jam
- Tekanan : Tekanan Ruang
- Temperatur : 150°C

Rancangan Vibrating Screen

Untuk merancang Vibrating Screen kita menggunakan catalog dari Henan Pingyuan Mining Machinery Co.,Ltd, dengan alamat website <http://pkmmachinery.com/vibrating-screen/linear-vibrating-screen.html>.

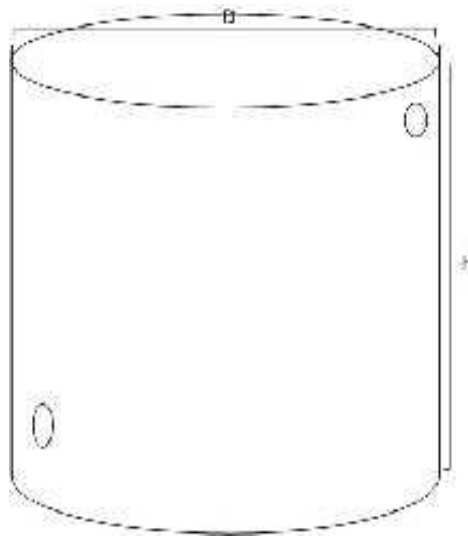
Berdasarkan data laju alir umpan, maka direncanakan *vibrating screen* berbentuk Balok dengan ukuran ayakan 2.5 mesh dan 5 mesh.

Type	Layer	Sieve Dimension (mm)	Sieve Mesh (mesh)	Particle Size(mm)	Capacity (t/h)	Power (kW)	Double Amplitude (mm)	Frequency (r.p.m)	Screen Angle (degree)
ZS-520	1-5	500X2000	2-325	<20mm	<5	0.37x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-525	1-5	500X2500	2-325	<20mm	<8	0.37x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-612	1-5	600X1200	2-325	<20mm	<3	0.37x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-1020	1-5	1000X2000	2-325	<20mm	<12	0.75x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-1025	1-5	1000X2500	2-325	<20mm	<16	0.75x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-1030	1-5	1000X3000	2-325	<20mm	<20	1.1x2	6-10	1460/960	0-10
ZS-1224	1-5	1200X2400	2-325	<20mm	<23	1.5x2	6-10	1460/960	0-10

- Ukuran Screen : (1.2 x 2.4) meter
- Sudut Kemiringan : 10°
- Daya : 3 kW

9. Tangki Penampungan H₂O₂ (T-1072)

- Fungsi : Tempat penyimpanan H₂O₂
- Tipe : Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar
- Bahan : *Stainless Steel*
- Jumlah : 1 buah
- Gambar :



Data :

- Laju alir massa, Q : 136,15 kg/jam
- Densitas, ρ : 3340 kg/m³
- Lama penyimpanan : 7 hari

Kapasitas tangki, V_t

$$V_p = \frac{Q \times t}{\rho}$$

$$= \frac{136,15 \frac{kg}{hari} \times 7 \text{ hari}}{3340 \frac{kg}{m^3}} = 0,040 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 10%

(Rule Of Thumb)

Maka,

$$V_p = 0,9 V_t$$

$$V_t = \frac{V_p}{0,9}$$

$$= \frac{0,040 \frac{m^3}{hari}}{0,9} = 0,045 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dimensi tangki**• Volume silinder, V_s**

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_t$$

$$H_t = 1.5D_t$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^3$$

• Diameter tangki, D_t

$$V_t = V_s$$

$$= \left(\frac{1,5 \pi}{4} \times D_t^3 \right)$$

$$D_t^3 = \frac{4 V_t}{1,5 \pi}$$

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \times 0,15,14 \text{ m}^3}{1,5 \pi}}$$

$$= 0,72 \text{ m}$$

Tinggi tangki, H_t

$$\text{Tinggi tangki, } H_t = 1.5D_t = 1,5 \times 0,72 \text{ m} = 1,085 \text{ m}$$

- **Tebal dinding tangki, t_t**

$$t_t = \frac{PR}{SE - 0,5P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

- Tekanan desain, P : 14.7 psi
- Jari-jari Tangki, R : 0,36 m
- Allowable stress, S : 18700 psi (Walas, Tabel 18.4)
- Efisiensi pengelasan, E : 0.85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0.002 in/thn (Perry's Tabel 23-2)

Maka,

$$t_t = \frac{14,7 \text{ psi} \times 21,29 \text{ in}}{(18700 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 14,7 \text{ psi})} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 20 \text{ tahun}$$

$$= 0,05 \text{ inci}$$

Dengan cara yang sama, maka diperoleh dimensi pada masing-masing Tangki Penyimpanan untuk peralatan proses seperti pada Tabel C.2 berikut ini.

Tabel C.2 Spesifikasi Tangki pada Peralatan Proses

Kode Alat	Kapasitas (m ³)	Diameter (m)	Tinggi (m)	Tebal Tangki (inc)
T-1071	1,31	1,15	1,15	0.07
T-1073	846,53	19,8	29,8	391,6

10. Bleacher (BL-2081)

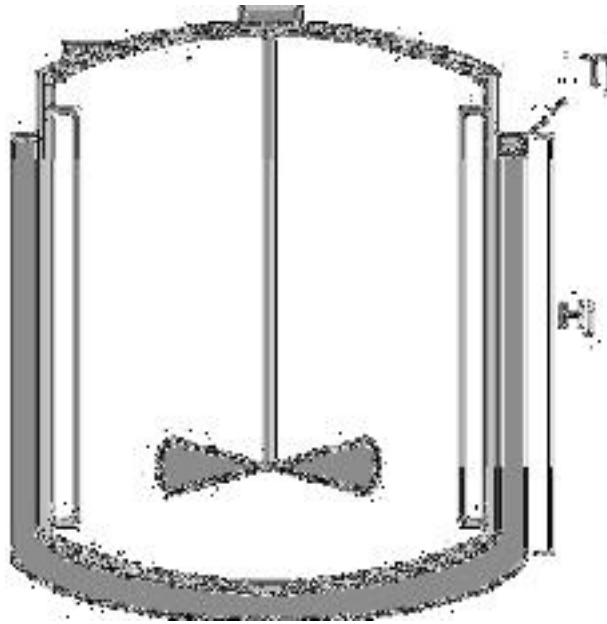
Fungsi : Tempat proses pemutihan pulp

Tipe : Silinder vertikal dengan alas dan tutup *ellipsoidal*

Bahan : *Stainless Steel austenitic* 18 Cr 8 Ni (SA-240 Grade 304)

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir pulp, Q : 275.695,39 kg/jam
- Laju alir Lar.H₂O₂, Q₂ : 2.913,19 kg/jam
- Densitas campuran, ρ_c : 1.005,05 kg/m³ = 62,61 lb/ft³
- Temperatur : 70°C
- Tekanan : 1 atm
- Viskositas campuran, μ : 0.67 lb/ft.dt
- Waktu operasi, t : 1 jam

Kapasitas bleacher, V_t

$$V_B = \frac{Q_1 + Q_2}{\rho c}$$

$$= \frac{(275.695,39 + 2.913,19) \frac{kg}{jam}}{1.005,05 \frac{kg}{m^3}} = 277,21 m^3/jam$$

Faktor keamanan 10%

Maka,

$$V_B = 0.9 V_t$$

$$V_t = \frac{V_B}{0,9}$$

$$= \frac{277,21 m^3}{0,9} = 308,27 m^3$$

Dimensi bleacher

• Volume silinder, V_s

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_B^2 \times H_s$$

$$H_s = DB \text{ (superpro)}$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_B^3$$

• Volume ellipsoidal, V_e

$$V_e = \frac{\pi}{6} \times D_B^2 \times H_e$$

$$H_e = \frac{1}{4} DB \text{ (Walas, tabel 18.5)}$$

TABLE 18.5. Heads and Horizontal Cylinders: Formulas for Partially Filled Volumes and Other Data

Normal head $S = 1.571 D^2$ $V = (D^3/3) H^2 (1.5 D - H)$ $V/V_0 = (H^2/3 D^2) (1.5 D - H)$ Diagram	
Hemispherical head $S = 1.571 D^2$ $V = (D^3/3) H^2 (1.5 D - H)$ $V/V_0 = (H^2/3 D^2) (1.5 D - H)$ Diagram	
Conical head $S = 1.571 D^2$ $V = (D^3/3) H^2 (1.5 D - H)$ $V/V_0 = (H^2/3 D^2) (1.5 D - H)$ Diagram	

Maka,

$$V_e = \frac{\pi}{24} \times D_B^3$$

Diameter bleacher, DB

$$V_t = V_s + V_e$$

$$= \left(\frac{\pi}{4} \times D_B^3 \right) + \left(\frac{\pi}{24} \times D_B^3 \right)$$

$$= 7 \times \frac{\pi}{12} \times D_B^3$$

$$D_B^3 = \frac{12 \times V_t}{7 \times \pi}$$

$$D_B = \sqrt[3]{\frac{12 \times 308,01 \text{ m}^3}{7 \times \pi}} = 11,84 \text{ m} = 465,97 \text{ in}$$

• **Tinggi bleacher, HB**

Tinggi silinder, $H_s = DB = 11,84$ m

Tinggi ellipsoidal, $H_e = \frac{1}{4} DB = 2,96$ m

Tinggi total, $H_t = \text{tinggi silinder} + \text{tinggi ellipsoidal}$

$$= 11,84 \text{ m} + 2,96 \text{ m}$$

$$= 14,80 \text{ m}$$

Tebal dinding bleacher, t_B

$$t_B = \frac{PR}{SE - 0,6 P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

- Tekanan desain, P : 14,7 psi
- Jari-jari digester, R : 6,91 m = 232,98 in
- Allowable stress, S : 13700 psi (Walas, Tabel 18.4)
- Efisiensi pengelasan, E : 0.85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0.002 in/thn (Perry's Tabel 23-2)

Maka,

$$t_B = \frac{14,7 \text{ psi} \times 232,98 \text{ in}}{(13700 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 14,7 \text{ psi})} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 20 \text{ tahun}$$

$$= 0.33 \text{ in}$$

• **Tebal alas dan tutup ellipsoidal, t_e**

$$t_e = \frac{P D_B}{2SE - 0,2 P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

$$= \frac{14,7 \text{ psi} \times 465,97 \text{ in}}{(2 \times 13700 \times 0,85) - (0,2 \times 14,7 \text{ psi})} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 20 \text{ tahun}$$

$$= 0,33 \text{ in}$$

TABLE 18.3. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure^a

Item	Thickness (in.)	Pressure P (psi)	Stress S (psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.5P}$	$\frac{SE}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$r \sim 0.250$; $P \sim 0.399SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$r^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / r^2$	
Tor spherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SE}{0.885L + 0.1r}$	$\frac{P(0.885L + 0.1r)}{t}$	$r/L = 0.06$; $L \leq D + 2t$
Tor spherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.1P}$	$\frac{2SE}{LM + 0.3r}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 - (L/r)^{1.0}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SE}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$r/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SE}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2t}$	$K = [2 + (D/2r)^2]^{1/4}$; $2 \leq D/r \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SE}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$r \sim 0.178D$; $P \sim 0.685SE$
Tor conical head (e)	$\frac{PD}{2[SE - 1.6P \cos \alpha]}$	$\frac{2SE \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t \cos \alpha)}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

Desain pengaduk

Untuk umpan dengan viskositas ≤ 100.000 cP, maka dipilih pengaduk jenis turbin berdaun 4 (Walas, hal 288) Untuk mencegah *vortex*, maka pada *bleacher* dipasang *baffle*

• Diameter pengaduk, d

$$d = \frac{D_B}{3}$$

$$= 11,84 \frac{m}{3} = 3,95 \text{ m} = 12,94 \text{ ft}$$

Panjang daun pengaduk, L

$$L = \frac{d}{4}$$

$$= 3,95 \frac{m}{4} = 0,99 \text{ m}$$

- Lebar daun pengaduk, W

$$W = d/5$$

$$= 0,99 \text{ m}/5 = 0,78 \text{ m}$$

Tinggi pengaduk dari dasar tangki, E

$$E = D_B/3$$

$$= 11,84 \text{ m}/3 = 3,95 \text{ m}$$

- Lebar baffle, J

$$J = D_B/12$$

$$= 11,84 \text{ m}/12 = 0,99 \text{ m}$$

- Kecepatan putar pengaduk, N

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g c}{\rho}\right)^{0,25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_B}{d}\right) \quad (\text{Treybal, Pers 6.18})$$

$$\sigma : 0.0033 \text{ lb/ft}$$

$$g c : 32.2 \text{ ft/dt}^2$$

$$N = \frac{\left(1,22 + 1,25 \left(\frac{D_B}{d}\right) \left(\frac{\sigma g c}{\rho}\right)^{0,25}\right)}{d} = 0,153 \text{ rps}$$

- Daya pengadukan, P

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times d^2}{\mu}$$

$$= \frac{62,61 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 0,150 \text{ rps} \times (38,82 \text{ ft})^2}{0,67 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{dt}}} = 231893,94$$

Karena $NRe > 10.000$, maka

$$P = \frac{K_T N^3 d^5 \rho}{gc} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 9.20})$$

$$K_T = 1.27 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 9.23})$$

$$= \frac{1,27 \times (0,150 \text{ rps})^3 (38,82 \text{ ft})^5 \times 62,61 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}{32,2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}}$$

$$= 0,016 \text{ HP}$$

11. Desain Jacket Pemanas

Data untuk jacket pemanas :

- Temperatur Umpan, T_o : $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$
- Temperatur Steam, T_s : $70^\circ\text{C} = 158^\circ\text{F}$
- Densitas Steam, ρ_s : $2.67 \text{ kg/m}^3 = 0.16 \text{ lb/ft}^3$
- Beban Panas, Q_p : $7982853 \text{ kkal/jam} = 31659995 \text{ btu/jam}$
- Massa Steam, m_s : 19031.49 kg/jam
- Koefisien Panas, U_d : $123.2 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

Luas Area Perpindahan Panas, A

$$A = \frac{Q_p}{U_D \times \Delta T} = \frac{31659995 \frac{\text{btu}}{\text{jam}}}{123,2 \frac{\text{btu}}{\text{jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \times (158 - 86)^\circ\text{F}} = 3569,17 \text{ ft}^2$$

Tinggi Cairan, Hc

$$H_c = V_B \times \frac{H_s}{V_t} = \frac{277,21 \text{ m}^3 \times 11,83 \text{ m}}{308,01 \text{ m}^3} = 10,65 \text{ m} = 419,37 \text{ inci}$$

Tinggi Jacket, Hj

Jarak jaket 5 inci

$$H_j = H_c + t_d + \text{jarak jaket} = 419,37 \text{ in} + 0,33 \text{ in} + 5 \text{ inci} = 424,71 \text{ inci}$$

Diameter Jaket, D1

$$D1 = D_t + 2 \times t_d = 419,37 + 2 \times 0,33 \text{ inci} = 466,64 \text{ inci} = 11,85 \text{ meter}$$

Diameter Luar Jaket, D2

$$D2 = D1 + 2 \times \text{jarak jaket} = 419,37 + 2 \times 5 \text{ inci} = 476,64 \text{ inci} = 12,10 \text{ meter}$$

Tekanan Hidrostatik Pada Jaket, P_H

$$P_H = \rho \times g \times H_c = 2,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2} \times 10,65 \text{ m} = 279,01 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ s}} = 0,03 \text{ atm}$$

Tebal Dinding Jaket, t_j

$$t_j = \frac{P_j \times R}{s \times E} - 0,6 \times P_j + C \times 20 \text{ th}$$

$$t_j = \frac{15,10 \text{ psi} \times 2,5 \text{ in}}{13700 \text{ psi} \times 0,85} - 0,6 \times 15,11 \text{ psi} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{th}} \times 20 \text{ th}$$

$$t_j = 0,04 \text{ inci}$$

12. Rotary Drum Vakum Washer (RV-2091)

Fungsi : Mencuci pulp dari black liquor

Fasa : Padat Cair

Jumlah : 1

Data :

- Laju Alir Massa : 275.695,39 kg/jam = 180 lb/dt
- Densitas Pulp (ρ) : 1.000,31 kg/m³ = 62,31 lb/ft³
- Densitas Filtrat (ρ_f) : 1000 kg/m³ = 62.3 lb/ft³
- Viskositas Filtrat (μ) : 0,67 lb/ft.dt
- Porosity (X) : 0,4
- Diameter Partikel (D_p) : 0,21 inci = 0.01 ft (Brown, Tabel 26)
- Tebal Cake (L) : 2 inci = 0,16 ft (Brown, Hal 224)

- Tekanan Vakum (P1) : 500 Torr = 1408.04 lb/ft² (Walas, Tabel 11.18)
- Tekanan Keluar (P2) : 760 Torr = 2140.22 lb/ft² (Walas, Tabel 11.18)
- Perubahan Tekanan (ΔP) : 260 Torr = 732.18 lb/ft²
- Gravity constanta (gc) : 32,2 ft/dt²
- Reynold Number Faktor (Fre) : 42 (Brown, Fig.219)
- Friction Factor (F1) : 1500 (Brown, Fig.220)

Permeabilitas (K)

$$K = \frac{gc \times Dp^2 \times F R_e}{32 \times F1} = \frac{32,2 \frac{ft}{dt^2} \times (0,01 ft)^2 \times 42}{32 \times 1500} = 19,25 \text{ ft}^3/dt^2$$

Konstanta Filtrasi (CI,Ct)

$$CI = \mu \times \frac{(\rho \times (1 - 0,088) \times (1 - X) - \rho \times 0,088 \times X)}{2 \times K \times \rho \times 0,088}$$

$$CI = \frac{0,67 \text{ lb}}{ft^3} \times \frac{\left(63,22 \frac{lb}{ft^2} \times (1 - 0,088) \times (1 - 0,4) - 63,22 \frac{lb}{ft^2} \times 0,088 \times 0,4\right)}{2 \times 19,25 \frac{ft^3}{dt^2} \times 63,22 \frac{lb}{ft^2} \times 0,088}$$

$$= 0,1 \frac{lb \cdot dt}{ft^4}$$

$$Ct = \mu \times X \times \frac{L^2}{K \times \Delta P} = 0,67 \frac{lb}{ft \cdot dt} \times 0,4 \times \frac{(0,16 ft)^2}{19,25 \frac{ft^3}{dt^2} \times 732,18 \frac{lb}{ft^2}}$$

$$= 7,63 \times 10^{-5} dt$$

Kecepatan Filtrat (Vf)

$$Vf = K \times \frac{\Delta P}{L \times \mu} = 19,25 \frac{ft^3}{dt^2} \times \frac{732,18 \frac{lb}{ft^2}}{0,16 ft \times 0,67 \frac{lb}{ft \cdot dt}} = 126402,3 \frac{ft}{dt}$$

Waktu Pembentukan Cake (tc)

$$Tc = CI \times \frac{L^2}{\Delta P} = 0,1 \text{ lb} \cdot \frac{dt}{ft^4} \times \frac{(0,16 ft)^2}{732,18 \frac{lb}{ft^2}} = 0,0016 dt$$

Area Filtrasi (A)

$$Cv = \mu \times \rho f \times \frac{0,008}{(2 \times K (\rho (1 - 0,088) (1 - X) - \rho f \times 0,088 \times X))}$$

$$= 0,67 \frac{lb}{ft \cdot dt} \times 62,3 \frac{lb}{ft^3} \times \frac{0,088}{\left(2 \times 19,25 \frac{ft^3}{dt^2} \left(63,2 \frac{lb}{ft \cdot dt} (1 - 0,088) (1 - 0,4) - 62,3 \frac{lb}{ft \cdot dt} \times 0,088 \times 0,4 \right) \right)}$$

$$= 9,2 \times 10^{-5} \frac{lb \cdot s}{ft^4}$$

Volume Umpan (Vu)

$$Vu = \frac{Q}{\rho} = \frac{275.695,39 \frac{kg}{jam}}{1.001,17 \frac{kg}{m^3}} = 275,37 m^3 = 9.724,73 ft^3$$

$$A = \sqrt{Cv \times \frac{Vu^2}{t \times \Delta P}}$$

$$= \sqrt{9,2 \times 10^{-5} \times \frac{(9.724,73 ft^3)^2}{0,001562 dt \times 732,181739 \frac{lb}{ft^2}}} = 146,609 ft^2$$

Dimensi Drum Washer

Berdasarkan Tabel 11.12b, Walas, maka didapat diameter dan panjang alat :

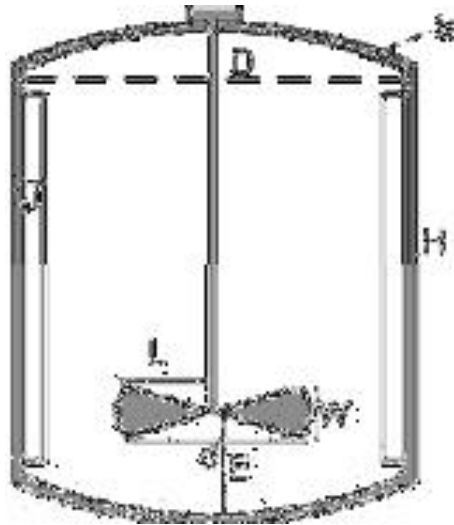
Rotary Drum Component Filters ^b												
Filter Surface Area (sqft)												
Drum ^c Diam (ft)	Length (ft)											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
6	58	71	84	97	110	123	136	149	162	175	188	201
8		78	97	116	135	154	173	192	211	230	249	268
10			97	121	145	169	193	217	241	265	289	313
12				117	145	173	201	229	257	285	313	341

Diameter (D) : 6 ft = 1,83 m

Panjang (L) : 10 ft = 3,04 m

13. Tangki Pelarutan NaOH 12% (MT-1101)

Fungsi : Tempat pelarutan bahan baku NaOH
Tipe : Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup sedikit *ellipsoidal*
Bahan : *Carbon steel*
Jumlah : 1 unit
Gambar :



Data :

- Laju alir NaOH, Q : 22959,51 kg/jam
- Laju alir air, Qp : 129.510,99 kg/jam
- Densitas NaOH, ρ : 2130 kg/m³
- Densitas air, ρ_p : 1000 kg/m³
- Temperatur : suhu ruang
- Tekanan : tekanan ruang
- Densitas campuran, ρ_c : 1086,82 kg/m³ = 67,71 lb/ft³
- Viskositas campuran, μ_c : 3,3 cP = 7,986 lb/ft.hr = 0,002218 lb/ft.dt

Kapasitas tangki, Vt

$$V = \frac{(Q + Q_p)}{\rho c}$$
$$= \frac{2295,51 \text{ kg/jam} + 129.510,99 \text{ kg/jam}}{1086,82 \text{ kg/m}^3} = 140,29 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 10%

Maka,

$$V = 0,9 V_t$$

$$V_t = \frac{V}{0,9}$$

$$= \frac{140,29 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}{0,9} = 155,88 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dimensi tangki

• Volume silinder, Vs

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^3$$

• Diameter tangki, Dt

$$V_t = V_s + V_e$$

$$= \left(\frac{\pi}{4} \times D_t^3 \right)$$

$$= \frac{\pi}{4} D_t^3$$

$$D_t^3 = \frac{4V_t}{\pi}$$

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{4 \times 155,88 \text{ m}^3}{3,14}}$$

$$= 5,83 \text{ m}$$

• **Tinggi tangki, Ht**

Tinggi silinder, Hs = Dt = 5,83 m

• **Tebal dinding tangki, td**

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3})$$

- Tekanan desain, P : 14,7 psi
- Jari-jari tangki, R : 2,917 m = 114,84 in
- Allowable stress, S : 13700 psi (Walas, Tabel 18.4)
- Efisiensi pengelasan, E : 0,85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0,002 in/thn (Perry's Tabel 23-2)

Maka,

$$t_d = \frac{14,7 \text{ psi} \times 114,84 \text{ in}}{(13700 \text{ psi} \times 0,85) - (0,6 \times 14,7 \text{ psi})} + 0,002 \frac{\text{in}}{\text{tahun}} \times 20 \text{ tahun}$$

$$= 0.185 \text{ in}$$

Desain pengaduk

Untuk umpan dengan viskositas ≤ 4.000 cP, maka dipilih pengaduk jenis propeller berdaun tiga (Walas, hal 288) Untuk mencegah vortex, maka pada tangki dipasang baffle

- Diameter pengaduk, d

$$d = D_t/3$$

$$= 5,38 \text{ m}/3 = 1,94 \text{ m} = 6,38 \text{ ft}$$

- Panjang daun pengaduk, L

$$L = d/4$$

$$= 1,94 \text{ m}/4 = 0,49 \text{ m}$$

Lebar daun pengaduk, W

$$W = d/5$$

$$= 1,94 \text{ m}/5 = 0,39 \text{ m}$$

- Tinggi pengaduk dari dasar tangki, E

$$E = dt/3$$

$$= 5,83 \text{ m}/3 = 1,94 \text{ m}$$

Lebar baffle, J

$$J = dt/12$$

$$= 5,83 \text{ m}/12 = 1,94 \text{ m}$$

- Kecepatan putar pengaduk, N

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g c}{\rho}\right)^{0,2}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_B}{d}\right)$$

$$\sigma : 0.0033 \text{ lb/ft}$$

$$g c : 32.2 \text{ ft/dt}^2$$

Maka,

$$N = \frac{\left(1,22 + 1,25 \left(\frac{D_t}{d}\right) \left(\frac{\sigma g c}{\rho}\right)^{0,25}\right)}{d} = 0,308 \text{ rps}$$

• Daya pengadukan, P

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times d^2}{\mu}$$

$$= \frac{66,58 \frac{lb}{ft^3} \times 0,56 \text{ rps} \times (10,47 \text{ ft})^2}{0,002218 \frac{lb}{ft \cdot dt}} = 3445.889,34$$

Karena $N_{Re} > 10000$, maka

$$P = \frac{K_T N^3 d^5 \rho}{g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 9.24})$$

$$K_T = 0,32 \quad (\text{Mc Cabe, Tabel 9.23})$$

$$P = \frac{0,32 \times (0,56 \text{ rps})^3 (10,47 \text{ ft})^5 \times 66,58 \text{ lb/ft}^3}{32,2 \text{ ft/dt}^2}$$

$$= 50.580,76 \text{ lb.ft/dt}$$

$$= 0,000068 \text{ HP} \approx 0.5 \text{ HP}$$

TABLE 18.3. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure^a

Form	Thickness (in.)	Pressure (psia)	Stress (ksi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SE}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \geq 0.250$; $P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (sf)	$\frac{D\sqrt{0.3P/S}}{1}$	$t^2 S / 0.3D^2$	$0.3D^2 P / t^2$	
Torispherical head (tb)	$\frac{0.886PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SE}{0.886L + 0.1t}$	$\frac{P(0.886L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.45$; $L \leq D + 2t$
Torispherical head (tb)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SE}{LM + 0.5t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{0.2}}{4}$
Ellipsoidal head (e)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SE}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$t/D = 4$
Ellipsoidal head (e)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SE}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2t}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6$; $2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SE}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.118D$; $P \leq 0.085SE$
Toriconical head (tc)	$\frac{PD}{2[SE - 0.6P] \cos \alpha}$	$\frac{2SE \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{P[D + 1.2t \cos \alpha]}{2t \cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

Dengan cara yang sama, maka diperoleh spesifikasi pada masing-masing mixing tank untuk peralatan proses seperti pada Tabel C.2 berikut ini.

Tabel C.2 Spesifikasi Tangki pada Peralatan Proses

Kode Alat	Kapasitas (m ³)	Diameter (m)	Tinggi (m)	Tebal Tangki (inc)
MT-1101	140,29	5,8	5,8	0,18
MT-1073	1636,25	15,6	15,6	0,42
MT-1102	3,60327	1,6	1,6	0,08
MT-3105	1,30	1,15	1,24	0,068

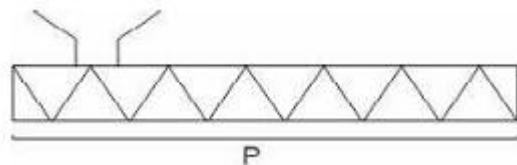
14. Screw Conveyor (SC-2001)

Fungsi : Memisahkan pulp ke mixing tank

Jumlah : 2 unit

Tipe : Screw Conveyor

Gambar :



Data :

- Laju Alir Umpan : 36.578,07 kg/jam = 36,58 ton/jam

TABLE 21-6 Screw-Conveyor Data for 50-lb/ft³ Material and Pipe-Mounted Sectional Spiral Flights*

Capacity† Tons/h		Diam. of flights, in	Diam. of pipe, in‡	Diam. of shafts, in	Hanger centers, ft	Max. size of lumps			Speed, r/min	Max. torque capacity, in-lb	Feed section diam., in	hp at motor§					Max. hp capacity at speed listed
						All lumps	Lumps 20 to 25%	Lumps 10% or less				15-ft max. length	30-ft max. length	45-ft max. length	60-ft max. length	75-ft max. length	
5	200	9	2½	2	10	¾	1½	2¼	40	7,600	6	0.43	0.85	1.27	1.69	2.11	4.8
10	400	10	2½	2	10	¾	1½	2¼	55	7,600	9	0.85	1.69	2.25	3.00	3.75	6.6
15	600	10	2½	2	10	¾	1½	2¼	80	7,600	9	1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	9.6
		12	2½	2	12	1	2	3	45	7,600	10	1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	5.4
		12	3½	3						16,400		1.27	2.25	3.38	3.94	4.93	11.7
20	800	12	2½	2	12	1	2	3	60	7,600	10	1.69	3.00	3.94	4.87	5.63	7.2
			3½	3						16,400		1.69	3.00	3.94	4.87	5.63	15.6
25	1000	12	2½	2		1	2	3	75	7,600	10	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	9.0
			3½	3	12					16,400		2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	9.0
30	1200	14	3½	3		1½	2½	3½	45	16,400	12	2.12	3.75	4.93	5.63	6.55	11.7
			3½	3	12	1½	2½	3½	55	16,400	12	2.25	3.94	5.05	6.75	7.50	14.3
35	1400	14	3½	3	12	1½	2½	3½	65	16,400	12	2.62	4.58	5.90	7.00	8.75	16.9
40	1600	16	3½	3	12	1½	3	4	50	16,400	14	3.00	4.50	6.75	8.00	10.00	13.0

*Fairfield Engineering Co. data in U.S. customary system. To convert cubic feet per hour to cubic meters per hour, multiply by 0.02832; to convert tons per hour to metric tons per hour, multiply by 0.9078; and to convert screw size in inches to the nearest screw size in centimeters, multiply by 2.5.

†Capacities are based on screws carrying 31 percent of their cross section and, in the case of feed sections with half-pitch flights, based on 100 percent of their cross section.

‡Pipe sizes given are for ¼-in (6.35-mm) flights.

§Horsepowers listed are calculated for average conditions and are of the proper motor size with factors for length of conveyor, momentary overloads, etc., taken into consideration.

Dari Perry's, Tabel 21-6, untuk kapasitas 36,58 ton/jam didapatkan spesifikasi screw conveyor :

- Panjang Screw Conveyor : 4,5 = 15 ft
- Kecepatan Putar : 50 rpm
- Daya Screw Conveyor : 3 HP

Dengan cara yang sama, maka diperoleh spesifikasi pada masing-masing screw conveyor untuk peralatan proses seperti pada Tabel C.3 berikut ini.

Tabel C.3 Spesifikasi Screw Conveyor pada Peralatan Proses

Kode Alat	Panjang Screw	Kecepatan Putar (rpm)	Daya Conveyor (HP)
SC-2001	4,5	50 rpm	3
SC-2002	4,5	50 rpm	3

15. Paper Machine

Fungsi : Mesin Pembuat Kertas

Jumlah : 2 unit

Tipe : Screw Conveyor

Gambar :

Papermaking OVERVIEW AND INTRODUCTION

1. Introduction and Overview



Papermachine quick facts:
- 10m wide
- 100m long
- 100 km/hr

Kapasitas, m = 36.578,07 kg/hari

Data paper machine

Lebar = 10 m

Panjang = 100 m

Produksi kertas = 100 km/hr

B. Spesifikasi Peralatan Utilitas

Dalam suatu pabrik, unit utilitas merupakan bagian yang penting agar proses utama dapat berlangsung sesuai dengan fungsinya. Unit utilitas disediakan berdasarkan kebutuhan operasional pabrik, yaitu:

- a. Kebutuhan tenaga listrik
- b. Kebutuhan air
- c. Kebutuhan *steam*

1. Kebutuhan Listrik

- a. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Proses

Tabel C.3 Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Proses

Nama Alat	Daya (HP)
Bucket Elevator	0,5
Cutting Mill	44
Vibrating Screen	3
Horizontal Conveyor	3

Pompa	26,5
Screw Conveyor	3
Total	80

Kebutuhan listrik untuk peralatan proses

$$= (80 \text{ Hp} \times 0,7457 \text{ kW/HP})$$

$$= 59,656 \text{ kWh}$$

b. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Utilitas

Tabel C.4 Kebutuhan Listrik untuk Peralatan utilitas

Nama Alat	Daya (HP)
Pompa	56
Tangki Pelarutan	2,204
Boiler	70
Total	128,204

Kebutuhan listrik untuk peralatan utilitas

$$= (128,204 \text{ hP} \times 0,7457 \text{ kW/hP})$$

$$= 95,60172 \text{ kWh}$$

c. Kebutuhan energi listrik untuk peralatan instrumentasi diperkirakan 50 kWh.

Seperti: Alat-alat pengendali

d. Kebutuhan energi listrik untuk bengkel diperkirakan 100 kWh.

Seperti: Alat pemotong, mesin las, dll

e. Kebutuhan energi listrik untuk penerangan

- Luas area pabrik = 15.000 m^2

- Penerangan rata-rata = 10 watt/m^2

$$\text{Total penerangan untuk pabrik} = 15.000 \text{ m}^2 \times 10 \text{ watt/m}^2$$

$$= 150.000 \text{ watt}$$

$$= 150 \text{ kWh}$$

- Luas area perumahan, kantor dan fasilitas lain = 5.000 m^2

-Area perumahan

Asumsi: 1 rumah karyawan memiliki daya listrik 900 watt

$$= 900 \text{ watt} \times 63 \text{ unit rumah}$$

$$= 56.700 \text{ watt}$$

$$= 56,7 \text{ kWh}$$

- Area perkantoran

Penerangan rata-rata = 10 watt/m²

Total penerangan untuk area kantor = 5000 m² x 10 watt/m²
= 50.000 watt
= 50 kWh

f. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor dan komunikasi seperti:

• 20 unit komputer (@ 300 watt)	= 6000 watt
• 5 unit TV (@50 watt)	= 250 watt
• 10 unit AC (@300 watt)	= 3000 watt
• 12 unit dispenser (@300 watt)	= 3600 watt
• 5 unit kulkas (@110 watt)	= 550 watt
• 2 unit mesin photo kopi (@800 watt)	= 1600 watt
• Dan lain-lain	= <u>800 watt</u>
Jumlah	= 15.800 watt
	= 15,8 kWh

Total kebutuhan listrik:

= 59,656 + 95,8416 + 50 + 100 + 150 + 56,7 + 50 + 15,8 kWh

= 577,9976 kWh

Faktor keamanan 12 %(Peters, hal 37)

Kebutuhan listrik sebenarnya

= 1,2 x 577,9976 kWh

= 693,59712 kWh

2. Kebutuhan air

a. Steam

Tabel C.5 Kebutuhan *Steam* untuk Proses

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Digester</i>	882,02
<i>Bleacher</i>	2.363,35
<i>Drying</i>	36.260,51
Total	39.505,87

b. Air Proses

Tabel C.6 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Washer	77.895,09
Tangki Pencampuran Pulp	245.076,84
Tangki Pencampuran NaOH	20.176,54
Tangki Pelarutan H ₂ O ₂	2.269,23
<i>Rotary Vacuum Filter</i>	53.381,50
Total	55.650,73

c. Air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk:

- Perumahan

Diperkirakan kebutuhan air perorangan ± 500 L/hari atau setara 132 gal/hari. Pabrik Kertas dari TKKS ini memiliki 63 unit rumah yang disediakan untuk golongan tertentu. Asumsi 1 orang karyawan memiliki 4 orang anggota keluarga, sehingga jumlahnya menjadi 100 orang, maka kebutuhan air setiap jam:

$$= 100 \times 63 \times 4$$

$$= 25,20 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Perkantoran

Kebutuhan air perorangan ± 50 L/hari atau, dengan jumlah karyawan 252 orang, kebutuhan air setiap jam adalah :

$$= 252 \times 50 \text{ L/hari}$$

$$= 12,60 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Laboratorium diperkirakan sebanyak $= 2 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Pemadam kebakaran diperkirakan sebanyak $= 54 \text{ m}^3/\text{hari}$

- Masjid, klinik dan kantin diperkirakan sebanyak = 7,50 m³/hari
- Total kebutuhan air untuk sanitasi = 63,5 m³/hari

Tabel C.6 Kebutuhan Air Sanitasi

Nama Alat	Kebutuhan (L/hari)
Perumahan	25.200
Air untuk karyawan	12.600
Laboratorium	2.000
Pemadam kebakaran	54.000
Mesjid, kantin, klinik, dll	7.500
Total	101.300

Total Kebutuhan Air

Kebutuhan Air perjam

- Air proses = 55.650,73 kg/jam
- Air Steam = 39.505,87 kg/jam
- Air Sanitasi = 4220,83 kg/jam

Pada saat operasi kontinu sejumlah air akan disirkulasikan dengan asumsi kehilangan air sebesar $\pm 20\%$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air saat start up} &= \text{total air} + \text{air make up} \\ &= 1556.707.771,70 \text{ kg/jam} \\ \text{Jumlah air yang hilang} &= \text{air sanitasi} + \text{air saat star up} \\ &= 1209411,98 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

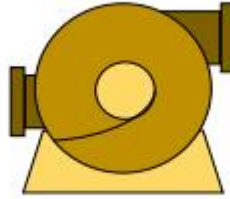
$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang dibutuhkan pada saat operasi kontinu adalah} \\ &= \text{faktor keamanan} \times (\text{air proses} + \text{air sanitasi} + \text{air make up}) \\ &= 1,2 \times (\text{air proses} + \text{air sanitasi} + \text{air make up}) \\ &= 19873,68 \text{ kg / jam} \end{aligned}$$

Spesifikasi Peralatan utilitas

1. Pompa

Fungsi : Mengalirkan air dari sungai ke bak penampungan

Tipe : Centriugal pump
 Bahan : Commercial steel pipe
 Gambar :



Data =

- Laju alir massa, m = 19.873,63 kg/jam = 43.813,51 lb/jam
- Densitas campuran, ρ = 997 kg/m³ = 62,243 lb/ft³
- Viskositas air, μ = 2,17 lb/ft.s
- Tinggi pompa cairan masuk, Za = 2,00 m = 6,56 ft
- Tinggi pompa cairan keluar, Zb = 10,00 m = 32,80 ft
- Panjang pipa hisap, Ls = 10,00 m = 32,80 ft
- Panjang pipa buang, Lb = 15 m = 49,2ft
- Faktor keamanan 10%

3.1.1 Laju alir volumetrik, Qv

$$Q_p = \frac{m}{0,9}$$

$$= 22.081,87 \text{ kg/jam} = 6,13 \text{ kg/s}$$

$$Q_v = \frac{Q_p}{\rho}$$

$$= 22,15 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 782,17 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,22 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 97,52 \text{ gal/menit}$$

2 Diameter optimum, Dopt

$$D_{opt} = 3.9 \times Qv^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{peter's, pers 14.15})$$

Keterangan :

D_{opt} = Diameter pipa optimum (in)

$Qv^{0,45}$ = Laju alir massa (kg/s)

$\rho^{0,13}$ = Densitas larutan (kg/m³)

Asumsi aliran turbulen

$$D_{opt} = 3,9 \times (0,)^{0,45} \times (62,24)^{0,13}$$

$$= 3,4 \text{ in}$$

Berdasarkan Tabel 11 hal 844 buk DQ,Kern, maka diperoleh pipa

baja dengan ukuran sebagai berikut :

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross- sectional area of metal, in. ²	Inside sectional area, ft ²	Circumference, ft or surface, ft ² /ft of length		Capacity at 1 ft/s velocity		Pipe weight lb/ft
							Outside	Inside	U.S. gal/min	Water, lb/h	
2	2.375	40	0.154	2.067	1.075	0.02330	0.622	0.541	10.45	5,225	3.65
		80	0.218	1.939	1.477	0.02050	0.622	0.508	9.20	4,600	5.02
2½	2.875	40	0.203	2.469	1.704	0.03322	0.753	0.647	14.92	7,460	5.79
		80	0.276	2.323	2.254	0.02942	0.753	0.608	13.20	6,600	7.66
3	3.500	40	0.216	3.068	2.228	0.05130	0.916	0.803	23.00	11,500	7.58
		80	0.300	2.900	3.016	0.04587	0.916	0.759	20.55	10,275	10.25
3½	4.000	40	0.226	3.548	2.680	0.06870	1.047	0.929	30.80	15,400	9.11
		80	0.318	3.364	3.678	0.06170	1.047	0.881	27.70	13,850	12.51
4	4.500	40	0.237	4.026	3.17	0.08840	1.178	1.054	39.6	19,800	10.79
		80	0.337	3.826	4.41	0.07986	1.178	1.002	35.8	17,900	14.98
5	5.563	40	0.258	5.047	4.30	0.1390	1.456	1.321	62.3	31,150	14.62
		80	0.375	4.813	6.11	0.1263	1.456	1.260	57.7	28,850	20.78
6	6.625	40	0.280	6.065	5.58	0.2006	1.734	1.588	90.0	45,000	18.97
		80	0.432	5.761	8.40	0.1810	1.734	1.508	81.1	40,550	28.57
8	8.625	40	0.322	7.981	8.396	0.3474	2.258	2.089	155.7	77,850	28.55
		80	0.500	7.625	12.76	0.3171	2.258	1.996	142.3	71,150	43.39

Tabel C – 24 Diameter Optimum Pipa

	Suction (a)	Discharge (b)
IPS	8 in Sch 40	
OD	7,9810 in = 0,6651 ft	7,9810 in = 0,6651 ft
ID	8,6250 in = 0,7188 ft	8,6250 in = 0,7188 ft
s	0,3474 ft ²	

Kecepatan aliran, V

V_a = V_b, karena ukuran pipa hisap dan pipa buang sama

$$V = \frac{Q_v}{a^n}$$

$$V = \frac{0,54}{0,3473} = 1,56 \text{ ft/jam}$$

$$\frac{V^2}{2gc} = \frac{1,56^2}{2 \times 32,17} = 0,01 \text{ ft.lbf/ft}$$

Bilangan Reynolds, N_{Re}

$$N_{Re} = \frac{\rho \times V \times D}{\mu}$$

$$= 42.858,70$$

dari bilang reynold dapat diketahui jenis aliran fluida, yaitu Pers. 15

: (aliran turbulen), karena N_{Re} > 2.100

For turbulent flow ($N_{Re} > 2100$) in steel pipes

$$D_{i,opt} = 3.9 q_f^{0.45} \rho^{0.13} \quad (15)$$

For viscous flow ($N_{Re} < 2100$) in steel pipes

$$D_{i,opt} = 3.0 q_f^{0.36} \mu_c^{0.18} \quad (16)$$

Sumber : Max S. Peters. Pers. 16 Hal : 496

Rugi gesek

a. Pipa Hisap (*Suction*)

Pada pipa hisap, rugi gesek timbul akibat gesekan dengan kulit pipa, serta pengaruh *fitting* dan *valve*.

• Rugi gesek akibat kulit (h_{fsa})

Persamaan :

$$r_H = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} \quad (\text{Persamaan 5.54 – Mc. Cabe. Hal : 103})$$

Sehingga :

$$r_H = 0,17 \text{ ft}$$

Dengan :

$$N_{re} = 106.940,30 \text{ turbulen}$$

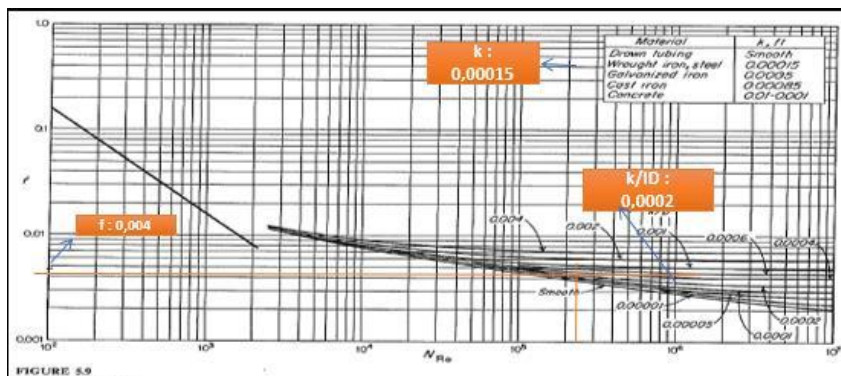
Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah *commercial steel pipe*, dimana :

Dari gambar 5.9 diperoleh :

$$k = 0,00015 \text{ ft}$$

$$k/ID = 0,0002$$

mencari nilai f



Sehingga,

$$f = 0,004$$

masukan ke rumus umum, sehingga :

$$h_{fsa} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{v^2}{2g_c}$$

Sehingga,

$$h_{fsa} = 0,01 \text{ ft.lbf/lb}$$

• Rugi gesek akibat fitting dan valve (h_{ffa})

$$h_{ff} = K_f \frac{v^2}{2g_c} \quad (\text{Mc. Cabe. Pers 5.67, Hal 107})$$

Diketahui :

108 FLUID MECHANICS

TABLE 5.1
Loss coefficients for standard threaded pipe fittings†

Fitting	K_f
Globe valve, wide open	10.0
Angle valve, wide open	5.0
Gate valve	
Wide open	0.2
Half open	5.6
Return bend	2.2
Tee	1.8
Elbow	
90°	0.9
45°	0.4

† From J. K. Vennard, in V. L. Streeter (ed.), *Handbook of Fluid Dynamics*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1961, p. 3-23.

(Mc. Cabe. Tabel 5.1, Hal 108)

Sehingga :

Tabel C – 25 Nilai kf

Jenis Valve / Fitting	Kf	Unit	Jumlah
Globe valve	0,90	1	0,90
Elbow	0,20	1	0,20
Total kf			1,10

Dari persamaan diatas didapatkan :

Hffa =

Sehingga, total rugi gesek adalah

$$\begin{aligned}\text{Total Rugi Gesek} &= h_{fsa} + h_{fsb} + h_{ffa} + h_{ffb} \\ &= (0,03 + 0,01 + 0,01 + 0,08) \\ &= 0,55 \text{ J/kg}\end{aligned}$$

Daya Pompa (BHP)

Daya pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

Bernoulli :

$$\eta W_p = \left(\frac{P_b}{\rho} + \frac{g x Z_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} \right) - \left(\frac{P_a}{\rho} + \frac{g x Z_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} \right) + H_f$$

Dimana :

$$P_a = P_b$$

$$V_a = V_b$$

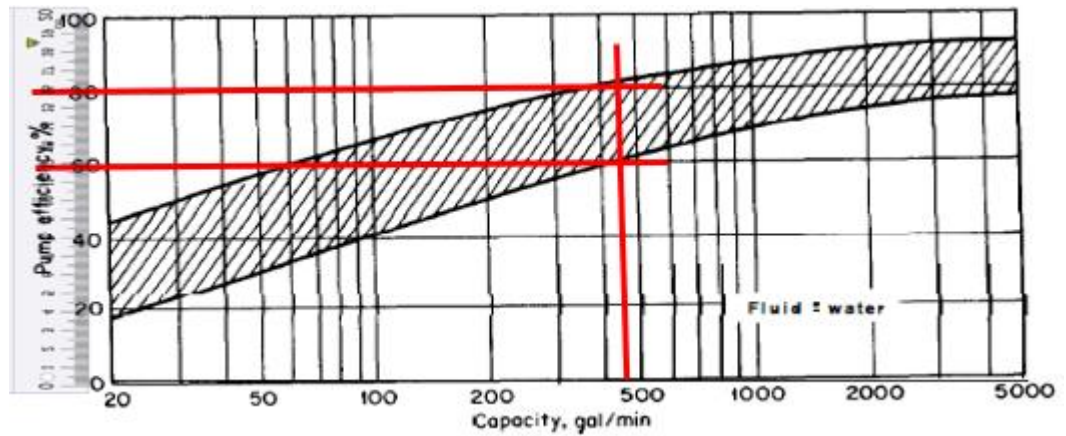
$$\rho_b = \rho_b$$

$$g/g_c = 1$$

$$\alpha_a = \alpha_b$$

$$\eta = 74\%$$

$$Q_v = 22,15 \text{ m}^3/\text{h}$$



Sumber : Coulson Fig. 10,62 hal 380

Dari persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$\eta W_p = (Z_b - Z_a) + h_f$$

$$74\% W_p = (32,80 - 6,56 \text{ ft}) + 0,63 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$74\% W_p = 30,54$$

$$W_p = 40,45 \text{ ft.lbf/lb}$$

Maka, nilai dari Daya Pompa (BHP) adalah

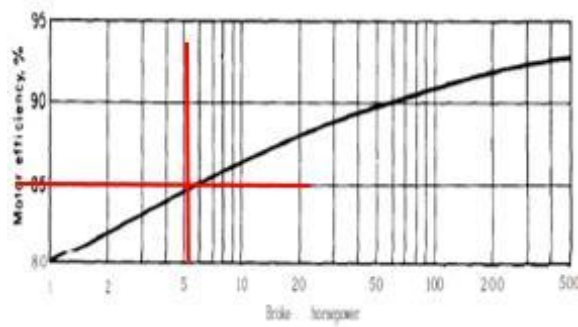
$$\text{BHP} = \frac{W_p \times m}{550}$$

$$\text{BHP} = \frac{41,26 \text{ ft.lbf/lb} \times 30,37 \text{ lb/s}}{550}$$

$$= 0,90 \text{ HP}$$

Daya Motor (MHP)

Peter Fig. 14.38, halaman 521 : Nilai Efisiensi Motor



Dari grafik diatas, didapatkan nilai η sebesar :

$$\eta = 85\%$$

Maka, nilai dari Daya Motor (MHP) adalah :

$$MHP = \frac{BHP}{\eta}$$

$$MHP = \frac{2,28HP}{85\%}$$

$$MHP = 1,95 \text{ HP}$$

Dengan cara yang sama, maka diperoleh daya pada masing

masing pompa untuk peralatan utilitas seperti pada Tabel C – 26

Keterangan	Konstanta kekasaran kulit pipa (k) / ft	Daya (hP)
P1	0,00015	0,90
P2	0,00015	0,06
P3	0,00015	0,85
P4	0,00015	0,95
P5	0,00015	0,83
P6	0,00015	0,15
P7	0,00015	0,18
P8	0,00015	0,23
P9	0,00015	0,23
P10	0,00015	0,23

2. Bak Penampung Air Sungai

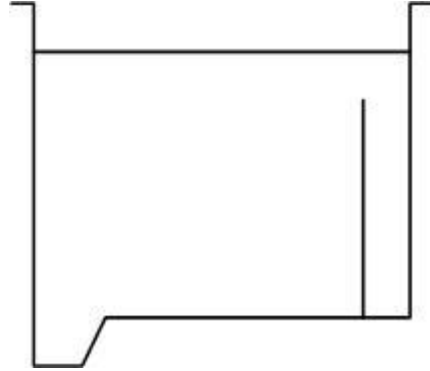
Fungsi : Menampung air sungai sebelum diolah menjadi air bersih

Jenis : Bak berbentuk empat persegi panjang

Jumlah : 3 buah

Konstruksi : Beton bertulang

Gambar :



Data :

- Laju alir massa, m : $19.873,68 \frac{kg}{jam}$

Densitas, ρ : 997 kg/m^3

- Waktu tinggal : 24 jam

Laju alir volumetrik, Q

$$Q = \frac{m}{\rho}$$
$$= \frac{19.873,68 \frac{kg}{jam}}{997 \text{ kg/m}^3} = 19,93 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dimensi bak

$$V = 19,93 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 478,32 \text{ m}^3$$

Direncanakan akan digunakan 2 unit bak penampungan sehingga kapasitas masing-masing bak adalah $21,93 \text{ m}^3$

Faktor keamanan 10%

$$\text{Volume bak} = \frac{5.221,44 \text{ m}^3}{0,9} = 5.801,60 \text{ m}^3$$

Perbandingan dimensi bak penampung yaitu $P : L : T = 3 : 2 : 1$

Volume bak = panjang x lebar x tinggi

$$5,221,44 \text{ m}^3 = 3T \times 2T \times T$$

$$6T^3 = 3,65 \text{ m}^3$$

$$T = 1,54 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh dimensi bak :

$$\text{Panjang} = 3T = 6,27 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2T = 4,18 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = T = 2,09 \text{ m}$$

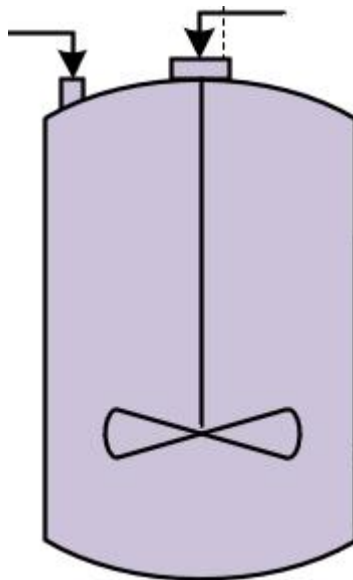
3. Tangki Pelarutan Alum

Fungsi : Tempat melarutkan alum

Tipe : Silinder vertikal *torispherical*

Bahan : *Carbon Steel*

Gambar :



Kondisi Operasi :

- Laju alir massa air = 19.873,68 kg/jam
- Densitas campuran = 2.710 kg/m³
- Laju alir volumetrik = 18,30 m³/jam
- Viskositas campuran = 0,74 cP = 0,0004 lb/ft.s
- Waktu tinggal = 24 jam
- Densitas air = 997 kg/m³
- Faktor keamanan = 20%

Penentuan banyak tawas yang akan digunakan

Bahan Kimia	Konsentrasi	Dosing (mg/L)	Kekeruhan (NTU)
Tawas	5	3,90-7,60	20,5-73,30
Kapur	7	2,40-10,30	
Kaporit	9	2,90-19	

Sumber : Mulya, W. (2019). KAJIAN PENGGUNAAN DOSIS EFEKTIF BAHAN KIMIA (TAWAS, KAPUR, KAPORIT) DALAM PENGOLAHAN AIR. *IDENTIFIKASI*, 1(1), 26–31.

Dari data diatas, sumber air yang akan diolah di ambil dari Aliran

Sungai Jakarta Utara dengan tingkat kekeruhan sebagai berikut :

Kekeruhan sumber air = 45,24 NTU

Maka dosing alum 45,25 NTU didapatkan dengan interpolasi data :

a = 21 NTU → d = 3,9 mg/L

b = 45 NTU → e = ?

c = 73 NTU → f = 7,6 mg/L

sehingga :

$$e = d + \left(\frac{(b-a)}{(c-a)} \right) \times (f - d)$$

$$e = 5,61 \text{ mg/L}$$

Banyak kegunaan alum

Diketahui :

Konsentrasi alum : 5%

Dosing alum : 5,61 mg/L

$$m = \frac{D \times v}{c}$$

Keterangan :

m = massa larutan alum 5%

D = dosing alum yang diinginkan

V = volume air yang akan dijernihkan

C = konsentrasi alum

Maka,

$$m = \frac{0,00001 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 19.873,68 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{5 \%}$$

$$m = 19,74 \text{ kg/jam}$$

$$= 0,82 \text{ kg/hari}$$

Maka volume larutan alum yang akan dibuat sebanyak :

$$\% \text{ w/v} = \frac{\text{weight solute}}{\text{weight solute} + \text{volume solution}} \times 100\%$$

$$5\% = \frac{2,05}{2,05 + \text{volume solution}} \times 100\%$$

$$\text{Volume} = 0,01 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 7,28 \text{ L /hari}$$

Menghitung Volume Tangki

Kapasitas Tangki, V_t

Volume cairan

$$V_c = \text{massa} \times \text{lama penyimpanan}$$

$$V_c = 0,17 \text{ m}^3$$

$$= 6,17 \text{ ft}^3$$

Faktor keamanan = 20% (*Peter and Timmerhaus, 1991. Hal:37*)

Volume tangki

$$V_t = 0,21 \text{ m}^3$$

$$= 7,41 \text{ ft}^3$$

Menghitung Dimensi Tangki

a. Dimensi Silinder

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_s$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^3$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_s$$

$$H_s = 2D_t \quad (\text{Ulrich, Hal 248})$$

$$\pi = 3,14$$

Maka :

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t \times 2D_t$$

$$0,21 = 1,57 D_t^3$$

$$D_t^3 = 0,13 \text{ m}^3$$

$$D_t = 0,51 \text{ m}$$

$$= 20,13 \text{ in}$$

• **Tinggi silinder**

$$H_s = 2 D t$$

$$H_s = 1,02 \text{ m}$$

Tinggi cairan dalam tangki (H_c)

$$H_c = \frac{V_c}{V_t} \times H_s$$

$$H_c = 0,85 \text{ m}$$

Tebal silinder

- Tekanan cairan dalam tangki (P_c)

Diketahui :

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P_c = \rho \times g \times H_c$$

$$P_c = 46,83 \text{ kg/ms}^2$$

$$= 0,0001 \text{ atm}$$

$$= 0,01 \text{ psi}$$

- Tekanan operasi (P_{op})

$$P_{op} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,70 \text{ psi}$$

- Tekanan desain (P_{des})

$$P_{des} = P_c + P_{op}$$

$$= 1 \text{ atm}$$

$$= 14,7 \text{ psi}$$

Data yang diketahui :

$$T_s = \frac{P_r}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + c \quad (\text{Brownell, Pers. 13-1, p.254})$$

Jenis bahan yang digunakan berupa, Carbon Steel bahan tidak

korosif.

$$E = 0,85$$

$$f = 12,650 \text{ psi}$$

$$r = 10,06 \text{ in}$$

$$C = 0,13 \text{ in}$$

$$P = 14,7 \text{ psi}$$

Maka ketebalan dinding reaktor, yaitu :

$$t_s = \frac{147,96}{10.752,50 - 8,82} + C$$

$$= \frac{147,96}{10.74,68} + 0,13$$

$$= 0,14 \text{ in}$$

$$= 0,35 \text{ cm}$$

$$= 3,52 \text{ mm}$$

Dimensi Head

• Menghitung volume head

Bentuk head = *Torispherical*

Volume head = D^3

$$V_e = 0,08 D^3$$

$$V_e = 0,01 \text{ m}^3$$

• Menghitung tebal head

Bentuk head : *Torispherical*

Bahan yang digunakan *Carbon Steels*

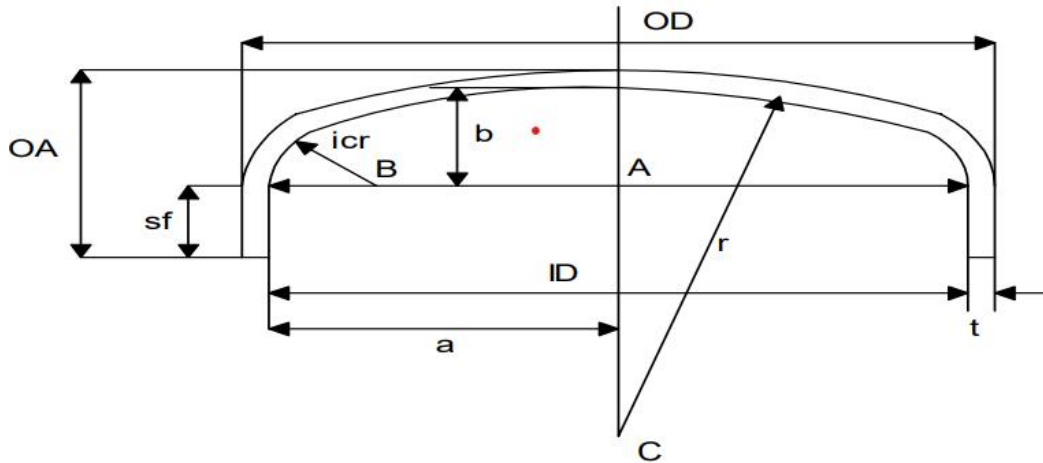
$$t_h = \frac{P r c W}{2 f . E - 0,2 P} + C \quad (\text{Brownell, per 13-12., hal 258})$$

$$t_h = 0,32 \text{ in}$$

$$= 0,82 \text{ cm}$$

$$= 8,23 \text{ mm}$$

• Menghitung tinggi head



Keterangan :

ID = diameter shell

A = jari-jari dalam head

T = tebal head

r = jari-jari luas dish

icr = jari-jari dalam sudut icr

b = tinggi head

Sf = straight flange

OA/Hh = tinggi total head

Diketahui :

Tabel 5.7, Brownell & Young, hal : 91, untuk nilai :

D : 27,30 in

ts : 0,14 in

Th : 0,32 in

maka didapatkan :

icr : 11,50 in

$$r = 170 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh $sf = 2 \text{ in}$, maka

$$\begin{aligned} a &= ID_s/2 \\ &= 13,65 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= a - icr \\ &= 2,15 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 158,50 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= 11,51 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} hH &= th + b + sf \\ &= 14,09 \text{ in} \\ &= 0,36 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga,

Tinggi Total Tangki (Ht)

Tinggi total (Ht) = $H_s + H_e$

$$H_t = 1,74 \text{ m}$$

Volume total tangki

$$\begin{aligned} V_t &= V_s + V_e \\ &= 18,51 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Desain Pengaduk

Untuk umpan dengan viskositas $< 4000 \text{ Cp}$, maka dipilih pengaduk jenis propeller berdaun 3 untuk mencegah vortex, maka

pada dissolved tangki dipasang baffle.

Menentukan banyak jumlah pengaduk (Nt)

Dilihat dari nilai h/dt lalu disesuaikan dengan tabel :

$$Nt = \frac{hc}{dt}$$

$$Nt = 1,67 \text{ m}$$

$$= 5,47 \text{ ft}$$

Jadi jumlah pengaduk adalah 1

Dimensi Pengaduk

TABLE 3.4-1. *Geometric Proportions for a "Standard" Agitation System*

$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \text{ to } 0.5$	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$
$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$	$\frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$
$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$		

Chap. 3 *Principles of Momentum Transfer and Applications*

Sumber : Geankoplis hal 144, table 3,4-1

Keterangan :

Dt = Diameter vessel

Da = Diameter impeller

C = Tinggi impeller dari dasar bejana

J = Tebal Baffle

W = Lebar impeller

L = Panjang impeller

H = Tinggi *liquid* didalam bejana

• **Diameter pengaduk, D_i/D_t**

$$D_i/D_t = 0,3$$

$$D_i = 0,3 \times 0,51$$

$$D_i = 0,15 \text{ m}$$

$$= 0,50 \text{ ft}$$

• **Lebar daun impeller (w)**

$$W/D_i = 0,2$$

$$W = 0,2 \times 0,15$$

$$W = 0,03 \text{ m}$$

$$= 0,10 \text{ ft}$$

• **Panjang impeller (L)**

$$L/D_i = 0,25$$

$$L = 0,25 \times 0,15$$

$$L = 0,04 \text{ m}$$

$$= 0,13 \text{ ft}$$

• **Tinggi impeller dari dasar tangki**

$$C/D_t = 0,33$$

$$C = 0,33 \times 0,51$$

$$C = 0,17 \text{ m}$$

$$= 0,56 \text{ ft}$$

Kecepatan Putar Pengaduk

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0,25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_t}{d}\right)$$

$$\sigma = 0,05 \text{ lb/ft}$$

$$g_c = 32,20 \text{ ft/s}^2$$

$$N = ((1,22 + 1,25(Dt/d)) \times ((\sigma g_c)/\rho)^{0.25})/d$$

$$= 35,04 \text{ rps}$$

Bilangan Reynold

$$N_{re} = \frac{\rho \times n \times D \alpha^2}{\mu} \quad (Geankoplis, 1983)$$

$$= 464.336,45$$

Karena $N_{re} > 10.000$ maka, alirannya turbulen

• Tebal Baffle (J)

$$J/Dt = 0,08$$

$$J = 0,08 \times 0,51$$

$$J = 0,04 \text{ m}$$

$$= 0,14 \text{ ft}$$

• Lebar Baffle (t)

$$t = Dt/10$$

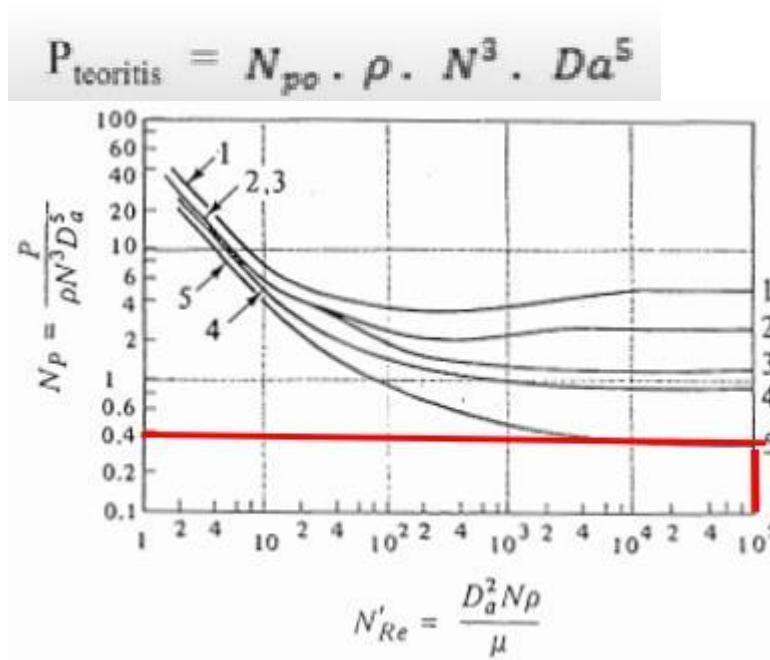
$$= 0,87/10$$

$$= 0,05 \text{ m}$$

$$= 0,17 \text{ ft}$$

Daya pengaduk

Power Number (N_p) : Geankoplis



Sumber : Geankoplis, hal 145

$$N_p = 0,4$$

Maka daya pengaduk :

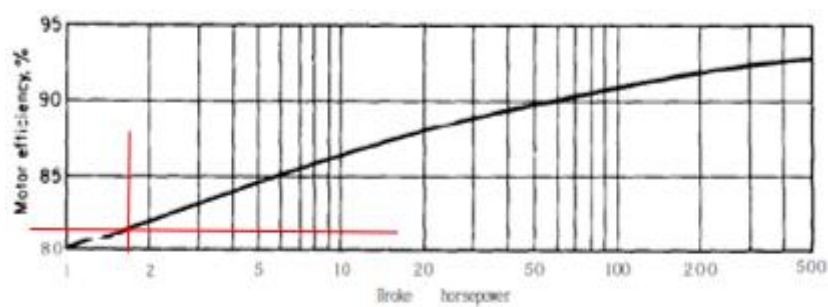
$$P = 267,93 \text{ lb ft/s}$$

$$= 0,49 \text{ HP}$$

$$= 0,49 \text{ HP}$$

Efisiensi Motor

Dari fig. 14.38, Peter Timmerhause, maka didapatkan :



$$\text{Efisiensi motor} = 82\%$$

Daya Motor

Daya motor = 0,60 hP

= 449,05 Watt

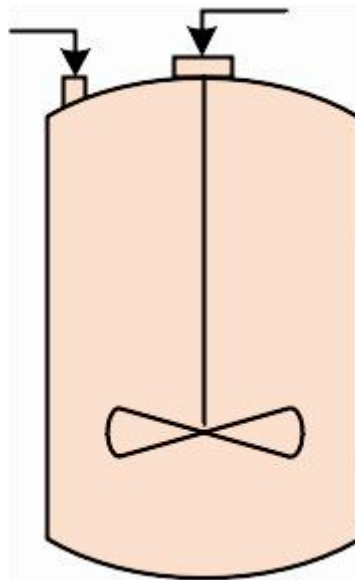
4. Tangki Kapur Tohor

Fungsi : Tempat melarutkan kapur tohor

Tipe : Silinder vertikal *torispherical*

Bahan : *Carbon Steel*

Gambar :



Kondisi Operasi :

- Laju alir massa air = 19.873,68 kg/jam
- Densitas campuran = 1.182,50 kg/m³
- Laju alir volumetrik = 41,94 m³/jam
- Viskositas campuran = 0,74 cP = 0,0004 lb/ft.s
- Waktu tinggal = 24 jam
- Densitas air = 997 kg/m³
- Faktor keamanan = 20%

Penentuan banyak tawas yang akan digunakan

Bahan Kimia	Konsentrasi	Dosing (mg/L)	Kekeruhan (NTU)
Tawas	5	3,90-7,60	20,5-73,30
Kapur	7	2,40-10,30	
Kaporit	9	2,90-19	

Sumber : Mulya, W. (2019). KAJIAN PENGGUNAAN DOSIS EFEKTIF BAHAN KIMIA (TAWAS, KAPUR, KAPORIT) DALAM PENGOLAHAN AIR. *IDENTIFIKASI*, 1(1), 26–31.

Dari data diatas, sumber air yang akan diolah di ambil dari Aliran

Sungai Jakarta Utara dengan tingkat kekeruhan sebagai berikut :

Kekeruhan sumber air = 45,24 NTU

Maka dosing kapur tohor 45,25 NTU didapatkan dengan interpolasi

data :

a = 21 NTU → d = 2,9 mg/L

b = 45 NTU → e = ?

c = 73 NTU → f = 19 mg/L

sehingga :

$$e = d + \left(\frac{(b - a)}{(c - a)} \right) \times (f - d)$$

e = 10,33 mg/L

Banyak kegunaan kapur tohor

Diketahui :

Konsentrasi kapur tohor : 5%

Dosing kapur tohor : 10,33 mg/L

$$m = \frac{D \times v}{c}$$

Keterangan :

m = massa larutan kaporit 5%

D = dosing kapur tohor yang diinginkan

V = volume air yang akan dijernihkan

C = konsentrasi alum

Maka,

$$m = \frac{0,0001 \frac{kg}{m^3} \times 98.519,39 \frac{kg}{jam}}{5 \%}$$

$$m = 3,47 \text{ kg/jam}$$

$$= 83,34 \text{ kg/hari}$$

Maka volume larutan alum yang akan dibuat sebanyak :

$$\% \text{ w/v} = \frac{\text{weight solute}}{\text{weight solute} + \text{volume solution}} \times 100\%$$

$$\% = \frac{17,23}{17,23 + \text{volume solution}} \times 100\%$$

$$\text{Volume} = 0,07 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 70,48 \text{ L/hari}$$

Menghitung Volume Tangki

Kapasitas Tangki, Vt

Volume cairan

$$V_c = \text{massa} \times \text{lama penyimpanan}$$

$$V_c = 1,69 \text{ m}^3$$

$$= 59,73 \text{ ft}^3$$

Faktor keamanan = 20% (Peter and Timmerhaus, 1991. Hal:37)

Volume tangki

$$V_t = 2,03 \text{ m}^3$$

$$= 71,68 \text{ ft}^3$$

Menghitung Dimensi Tangki

a. Dimensi Silinder

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_s$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^3$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_s$$

$$H_s = 2D_t \quad (\text{Ulrich, Hal 248})$$

$$\pi = 3,14$$

Maka :

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t \times 2D_t$$

$$5,06 = 1,57 D_t^3$$

$$D_t^3 = 1,29 \text{ m}^3$$

$$D_t = 1,09 \text{ m}$$

$$= 42,89 \text{ in}$$

• Tinggi silinder

$$H_s = 2 D_t$$

$$H_s = 2,18 \text{ m}$$

Tinggi cairan dalam tangki (H_c)

$$H_c = \frac{V_c}{V_t} \times H_s$$

$$H_c = 1,82 \text{ m}$$

• Tebal silinder

- Tekanan cairan dalam tangki (P_c)

Diketahui :

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P_c = \rho \times g \times H_c$$

$$P_c = 183,82 \text{ kg/ms}^2$$

$$= 0,002 \text{ atm}$$

$$= 0,03 \text{ psi}$$

- Tekanan operasi (Pop)

$$P_{op} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,70 \text{ psi}$$

- Tekanan desain (Pdes)

$$P_{des} = P_c + P_{op}$$

$$= 1 \text{ atm}$$

$$= 14,72 \text{ psi}$$

Data yang diketahui :

$$t_s = \frac{315,73}{10.752,50 - 8,84} + C$$

$$= \frac{315,73}{10.743,66} + 0,13$$

$$= 0,15 \text{ in}$$

$$= 0,39 \text{ cm}$$

$$= 3,92 \text{ mm}$$

Dimensi Head

• Menghitung volume head

Bentuk head = *Torispherical*

Volume head = D_3

$$v_e = 0,08 D_3$$

$$V_e = 0,10 \text{ m}^3$$

• Menghitung tebal head

Bentuk head : *Torispherical*

Bahan yang digunakan *Carbon Steels*

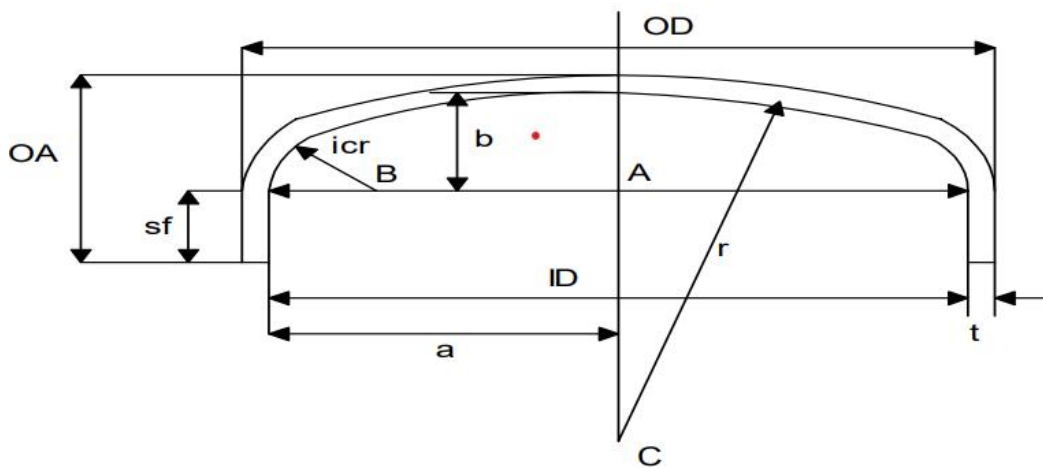
$$th = \frac{P r_c W}{2 f . E - 0,2 P} + C \quad (\text{Brownell, per 13-12., hal 258})$$

$$th = 0,32 \text{ in}$$

$$= 0,82 \text{ cm}$$

$$= 8,24 \text{ mm}$$

• Menghitung tinggi head



Keterangan :

ID = diameter shell

A = jari-jari dalam head

t = tebal head

r = jari-jari luas dish

icr = jari-jari dalam sudut icr

b = tinggi head

sf = straight flange

OA/Hh = tinggi total head

Diketahui :

Tabel 5.7, Brownell & Young, hal : 91, untuk nilai :

$$D : 58,17 \text{ in}$$

$$t_s : 0,16 \text{ in}$$

$$T_h : 0,32 \text{ in}$$

maka didapatkan :

$$I_{cr} : 11,50 \text{ in}$$

$$R : 170 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh $sf = 2 \text{ in}$, maka

$$\begin{aligned} a &= ID_s/2 \\ &= 29,09 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= a - i_{cr} \\ &= 98,89 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - i_{cr} \\ &= 25.122,25 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= 11,81 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} h_H &= t_h + b + sf \\ &= 14,39 \text{ in} \\ &= 0,37 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga,

Tinggi Total Tangki (H_t)

$$\text{Tinggi total } (H_t) = H_s + H_e$$

$$H_t = 2,54 \text{ m}$$

Volume total tangki

$$V_t = V_s + V_e$$

$$= 71,78 \text{ m}^3$$

c. Desain Pengaduk

Untuk umpan dengan viskositas <4000 Cp, maka dipilih pengaduk jenis propeller berdaun 3 untuk mencegah vortex, maka pada dissolved tangki dipasang baffle.

Menentukan banyak jumlah pengaduk (Nt)

Dilihat dari nilai h/dt lalu disesuaikan dengan tabel :

$$N_t = \frac{h \epsilon}{d t}$$

$$N_t = 1,67 \text{ m}$$

$$= 5,47 \text{ ft}$$

Jadi jumlah pengaduk adalah 1

Dimensi Pengaduk

TABLE 3.4-1. *Geometric Proportions for a "Standard" Agitation System*

$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \text{ to } 0.5$	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$
$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$	$\frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$
		$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$

Chap. 3 Principles of Momentum Transfer and Applications

Sumber : Geankoplis hal 144, table 3,4-1

Keterangan :

D_t = Diameter vessel

Da = Diameter impeller
 C = Tinggi impeller dari dasar bejana
 J = Tebal Baffle
 W = Lebar impeller
 L = Panjang impeller
 H = Tinggi *liquid* didalam bejana

• **Diameter pengaduk, Di/Dt**

$$Di/Dt = 0,3$$

$$Di = 0,3 \times 1,09$$

$$Di = 0,33 \text{ m}$$

$$= 1,07 \text{ ft}$$

• **Lebar daun impeller (w)**

$$W/Di = 0,2$$

$$W = 0,2 \times 0,33$$

$$W = 0,07 \text{ m}$$

$$= 0,21 \text{ ft}$$

• **Panjang impeller (L)**

$$L/Di = 0,25$$

$$L = 0,25 \times 0,33$$

$$L = 0,08 \text{ m}$$

$$= 0,27 \text{ ft}$$

• **Tinggi impeller dari dasar tangki**

$$C/Dt = 0,33$$

$$C = 0,33 \times 1,09$$

$$C = 0,36 \text{ m}$$

$$= 1,19 \text{ ft}$$

Kecepatan Putar Pengaduk

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0.25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_t}{d}\right)$$

$$\sigma = 0,05 \text{ lb/ft}$$

$$g_c = 32,20 \text{ ft/s}^2$$

$$N = \frac{(1,22 + 1,25(D_t/d)) \times ((\sigma g_c)/\rho)^{0.25}}{d}$$
$$= 2,65 \text{ rps}$$

Bilangan Reynold

$$N_{re} = \frac{\rho \times n \times D a^2}{\mu} \quad (Geankoplis, 1983)$$

$$= 10.000,$$

Karena $N_{re} > 10.000$ maka, alirannya turbulen

• Tebal Baffle (J)

$$J/D_t = 0,08$$

$$J = 0,08 \times 1,09$$

$$J = 0,09 \text{ m}$$
$$= 0,30 \text{ ft}$$

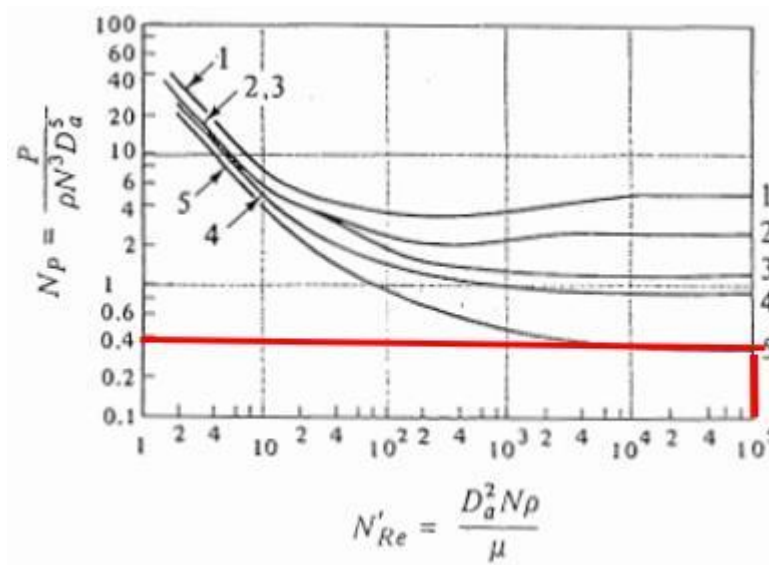
• Lebar Baffle (t)

$$T = D_t/10$$
$$= 1,09/10$$
$$= 0,11 \text{ m}$$
$$= 0,36 \text{ ft}$$

Daya pengaduk

Power Number (N_p) : Geankoplis

$$P_{\text{teoritis}} = N_{po} \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5$$



Sumber : Geankoplis, hal 145

$$N_p = 0,4$$

Maka daya pengaduk :

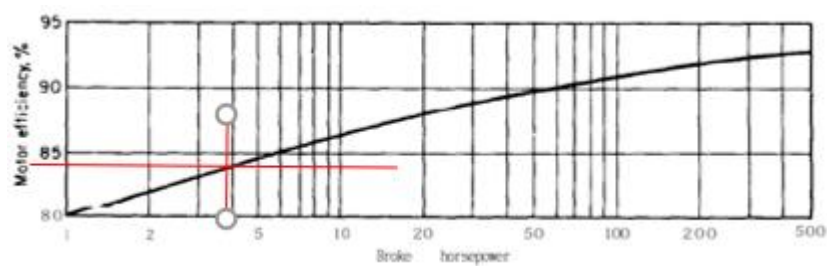
$$P = 744,77 \text{ lb ft/s}$$

$$= 1,37 \text{ hp}$$

$$= 1,37 \text{ Bhp}$$

Efisiensi Motor

Dari fig. 14.38, Peter Timmerhause, maka didapatkan :



$$\text{Efisiensi motor} = 84\%$$

Daya Motor

Daya motor = 31,63 hP

= 1.218,52 Watt

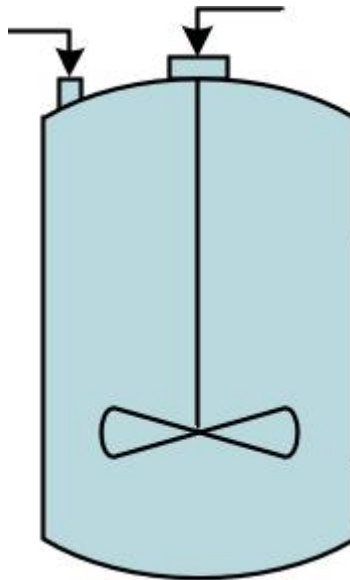
5. Tangki Kaporit

Fungsi : Tempat melarutkan kaporit

Tipe : Silinder vertikal *torispherical*

Bahan : *Carbon Steel*

Gambar :



Kondisi Operasi :

- Laju alir massa air = 19.873,68 kg/jam
- Densitas campuran = 1.180,72 kg/m³
- Laju alir volumetrik = 42,00 m³/jam
- Viskositas campuran = 0,74 cP = 0,0004 lb/ft.s
- Waktu tinggal = 24 jam
- Densitas air = 997 kg/m³
- Faktor keamanan = 20%

Penentuan banyak tawas yang akan digunakan

Bahan Kimia	Konsentrasi	Dosing (mg/L)	Kekeruhan (NTU)
Tawas	5	3,90-7,60	20,5-73,30
Kapur	7	2,40-10,30	
Kaporit	9	2,90-19	

Sumber : Mulya, W. (2019). KAJIAN PENGGUNAAN DOSIS EFEKTIF BAHAN KIMIA (TAWAS, KAPUR, KAPORIT) DALAM PENGOLAHAN AIR. *IDENTIFIKASI*, 1(1), 26–31.

Dari data diatas, sumber air yang akan diolah di ambil dari Aliran

Sungai Jakarta Utara dengan tingkat kekeruhan sebagai berikut :

Kekeruhan sumber air = 45,24 NTU

Maka dosing alum 45,25 NTU didapatkan dengan interpolasi data :

a = 21 NTU → d = 2,9 mg/L

b = 45 NTU → e = ?

c = 73 NTU → f = 19 mg/L

sehingga :

$$e = d + \left(\frac{(b - a)}{(c - a)} \right) \times (f - d)$$

e = 10,29 mg/L

Banyak kegunaan kaporit

Diketahui :

Konsentrasi kaporit : 5%

Dosing kaporit : 10,29 mg/L

$$m = \frac{D \times v}{c}$$

Keterangan :

m = massa larutan kaporit 5%

D = dosing kaporit yang diinginkan

V = volume air yang akan dijernihkan

C = konsentrasi alum

Maka,

$$m = \frac{0,00001 \frac{kg}{m^3} \times 98.519,39 \frac{kg}{jam}}{5 \%}$$

$$m = 3,46 \text{ kg/jam}$$

$$= 83,12 \text{ kg/hari}$$

Maka volume larutan kaporit yang akan dibuat sebanyak :

$$\% \text{ w/v} = \frac{\text{weight solute}}{\text{weight solute} + \text{volume solution}} \times 100\%$$

$$\text{Volume} = 0,07 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 70,40 \text{ L/hari}$$

Menghitung Volume Tangki

Kapasitas Tangki, Vt

Volume cairan

$$V_c = \text{massa} \times \text{lama penyimpanan}$$

$$V_c = 1,69 \text{ m}^3$$

$$= 59,67 \text{ ft}^3$$

Faktor keamanan = 20% (*Peter and Timmerhaus, 1991. Hal:37*)

Volume tangki

$$V_t = 2,03 \text{ m}^3$$

$$= 71,60 \text{ ft}^3$$

Menghitung Dimensi Tangki

a. Dimensi Silinder

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_s$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^3$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_t$$

$$H_s = 2D_t \quad (\text{Ulrich, Hal 248})$$

$$\pi = 3,14$$

Maka :

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t \times 2D_t$$

$$5,06 = 1,57 D_t^3$$

$$D_t^3 = 1,29 \text{ m}^3$$

$$D_t = 1,09 \text{ m}$$

$$= 42,87 \text{ in}$$

• Tinggi silinder

$$H_s = 2,18 D_t$$

$$H_s = 85,75 \text{ m}$$

Tinggi cairan dalam tangki (Hc)

$$H_c = \frac{V_c}{V_t} \times H_s$$

$$H_c = 1,81 \text{ m}$$

• Tebal silinder

- Tekanan cairan dalam tangki (Pc)

Diketahui :

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P_c = \rho \times g \times H_c$$

$$P_c = 182,99 \text{ kg/ms}^2$$

$$= 0,002 \text{ atm}$$

$$= 0,03 \text{ psi}$$

- Tekanan operasi (Pop)

$$\text{Pop} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,70 \text{ psi}$$

- Tekanan desain (Pdes)

$$\text{Pdes} = \text{Pc} + \text{Pop}$$

$$= 1 \text{ atm}$$

$$= 14,72 \text{ psi}$$

Data yang diketahui :

$$\text{Ts} = \frac{Pr}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} \times C \quad (\text{Brownell, Pers. 13-1, p.254})$$

Jenis bahan yang digunakan berupa, Carbon Steel bahan tidak korosif.

$$E = 0,85$$

$$F = 12,650 \text{ psi}$$

$$R = 29,08 \text{ in}$$

$$C = 0,13 \text{ in}$$

$$P = 14,73 \text{ psi}$$

Maka ketebalan dinding reaktor, yaitu :

$$\text{ts} = \frac{315,61}{10.752,50 - 8,83} \times C$$

$$= \frac{315,61}{10.743,66} \times 0,13$$

$$= 0,15 \text{ in}$$

$$= 0,39 \text{ cm}$$

$$= 3,92 \text{ mm}$$

Dimensi Head

- **Menghitung volume head**

Bentuk head = *Torispherical*

Volume head = D₃

$$v_e = 0,08 D_3$$
$$V_e = 0,10 \text{ m}$$

- Menghitung tebal head

Bentuk head : *Torispherical*

Bahan yang digunakan *Carbon Steels*

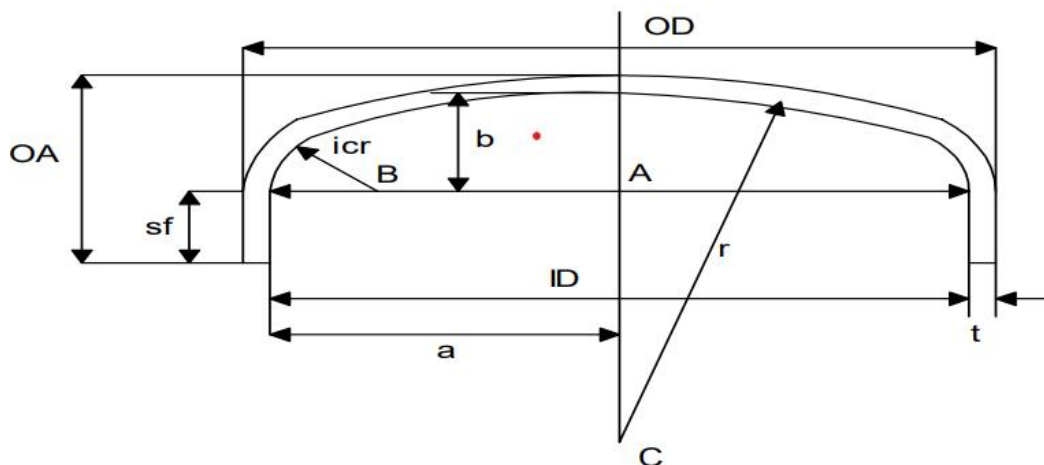
$$t_{th} = \frac{P_{rcW}}{2f_E - 0,2P} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_h = 0,32 \text{ in}$$

$$= 0,82 \text{ cm}$$

$$= 8,24 \text{ mm}$$

- **Menghitung tinggi head**



Keterangan :

ID = diameter shell

a = jari-jari dalam head

t = tebal head
 R = jari-jari luas dish
 I_{cr} = jari-jari dalam sudut i_{cr}
 b = tinggi head
 S_f = straight flange
 OA/Hh = tinggi total head

Diketahui :

Tabel 5.7, Brownell & Young, hal : 91, untuk nilai :

D : 58,15 in
 T_s : 0,16 in
 T_h : 0,32 in

maka didapatkan :

i_{cr} : 11,50 in
 r : 170 in

Dari tabel 5.6 Brownell & Young, hal 88 diperoleh $s_f = 2$ in, maka

$a = ID_s/2$
 $= 29,08$ in
 $AB = a - i_{cr}$
 $= 98,73$ in
 $BC = r - i_{cr} LC - 164$
 $= 25.122,25$ in
 $b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$
 $= 11,81$ in

Maka tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

hH

$$= t_h + b + s_f$$

$$= 14,39 \text{ in}$$

$$= 0,37 \text{ m}$$

Sehingga,

Tinggi Total Tangki (Ht)

$$\text{Tinggi total (Ht)} = H_s + H_e$$

$$H_t = 2,54 \text{ m}$$

Volume total tangki

$$V_t = V_s + V_e$$

$$= 2,13 \text{ m}^3$$

c. Desain Pengaduk

Untuk umpan dengan viskositas <4000 Cp, maka dipilih pengaduk jenis propeller berdaun 3 untuk mencegah vortex, maka pada dissolved tangki dipasang baffle.

Menentukan banyak jumlah pengaduk (Nt)

Dilihat dari nilai h/dt lalu disesuaikan dengan tabel :

$$N_t = \frac{h \cdot c}{d \cdot t}$$

$$N_t = 1,67 \text{ m}$$

$$= 5,47 \text{ ft}$$

Jadi jumlah pengaduk adalah 1

Dimensi Pengaduk

TABLE 3.4-1. *Geometric Proportions for a "Standard" Agitation System*

$\frac{D_a}{D_t} = 0.3 \text{ to } 0.5$	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$
$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$	$\frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$
		$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$

Chap. 3 Principles of Momentum Transfer and Applications

Sumber : Geankoplis hal 144, table 3,4-1

Keterangan :

- Dt = Diameter vessel
- Da = Diameter impeller
- C = Tinggi impeller dari dasar bejana
- J = Tebal Baffle
- W = Lebar impeller
- L = Panjang impeller
- H = Tinggi *liquid* didalam bejana

• **Diameter pengaduk, Di/Dt**

$$D_i/D_t = 0,3$$

$$D_i = 0,3 \times 1,09$$

$$D_i = 0,33 \text{ m}$$

$$= 1,07 \text{ ft}$$

• **Lebar daun impeller (w)**

$$W/D_i = 0,2$$

$$W = 0,2 \times 0,33$$

$$W = 0,07 \text{ m}$$

$$= 0,21 \text{ ft}$$

Panjang impeller (L)

$$L/D_i = 0,25$$

$$L = 0,25 \times 0,33$$

$$L = 0,08 \text{ m}$$

$$= 0,27 \text{ ft}$$

• Tinggi impeller dari dasar tangki

$$C/D_t = 0,33$$

$$C = 0,33 \times 1,09$$

$$C = 0,36 \text{ m}$$

$$= 1,19 \text{ ft}$$

Kecepatan Putar Pengaduk

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0.25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_t}{d}\right)$$

$$\sigma = 0,05 \text{ lb/ft}$$

$$G_c = 32,20 \text{ ft/s}^2$$

$$N = ((1,22 + 1,25(D_t/d)) \times ((\sigma g_c)/\rho)^{0.25})/d$$

$$= 2,65 \text{ rps}$$

Bilangan Reynold

$$N_{re} = \frac{\rho \times n \times D a^2}{\mu}$$

$$= 482.526,5$$

Karena $N_{re} > 10.000$ maka, alirannya turbulen

- Tebal Baffle (J)

$$J/Dt = 0,08$$

$$J = 0,08 \times 1,09$$

$$J = 0,09 \text{ m}$$

$$= 0,30 \text{ ft}$$

- Lebar Baffle (t)

$$t = Dt/10$$

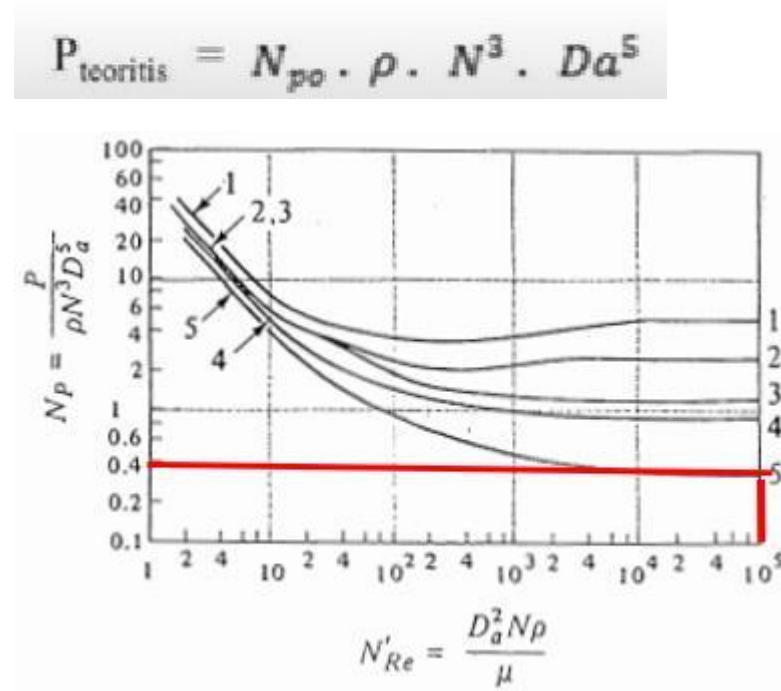
$$= 1,09/10$$

$$= 0,11 \text{ m}$$

$$= 0,36 \text{ ft}$$

Daya pengaduk

Power Number (Np) : Geankoplis



Sumber : Geankoplis, hal 145

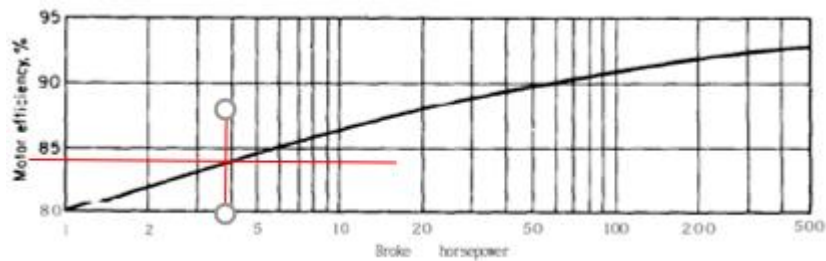
$$N_p = 0,4$$

Maka daya pengaduk :

$$\begin{aligned}
 P &= 743,57 \text{ lb ft/s} \\
 &= 21,37 \text{ hp} \\
 &= 21,37 \text{ Bhp}
 \end{aligned}$$

Efisiensi Motor

Dari fig. 14.38, Peter Timmerhause, maka didapatkan :



$$\text{Efisiensi motor} = 84\%$$

Daya Motor

$$\begin{aligned}
 \text{Daya motor} &= 1,63 \text{ hP} \\
 &= 1.216,56 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

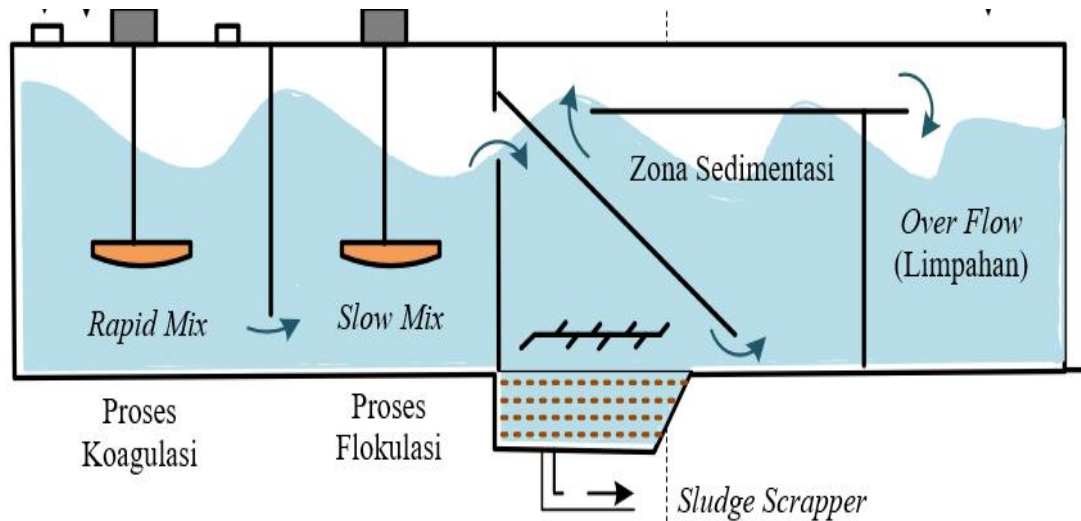
6. Unit Pengolahan Air

Fungsi : Tempat pencampuran, pembentukan dan pengendapan
flok – flok yang terkandung dalam air.

Tipe : Bak persegi panjang

Konstruksi : Beton

Gambar :



Kondisi Operasi

- Laju alir massa air = 19.873,68 kg/jam
= lb/jam
- Temperature = 30 °C
- Densitas campuran = 997 kg/m³
- Viskositas = 0,90 cP = 0,0006 lb/ft.s
- Waktu operasi = 24 jam
- Faktor keamanan = 10%

Laju alir volumetrik, Q_v

$$Q_v = \frac{m}{\rho}$$

$$= 19,93 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Direncanakan jumlah bak pengolahan sebanyak 2 unit

Maka, kapasitas per unit adalah sebesar $\frac{19,93 \text{ m}^3/\text{jam}}{2} = 9,965 \text{ m}^3/\text{jam}$

Volume bak

Faktor keamanan = 10% maka,

$$v = \frac{9,97 \times 2}{0,9} = 22,15 \text{ m}^3$$

Dimensi bak

Perbandingan dimensi bak penampung yaitu $P : L : T = 3 : 2 : 1$

$$V_b = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$= 3T \times 2T \times T$$

$$V_b = 6T^3$$

$$T^3 = V/6$$

$$= 9,21 \text{ m}^3$$

$$T = 2,10 \text{ m}^3$$

$$V_b = P \times L \times T$$

$$= 6,64 \times 3,09 \times 1,55$$

$$\text{Volume bak} = 22,15 \text{ m}^3$$

Jadi,

$$P = 6,64 \text{ m}$$

$$L = 3,09 \text{ m}$$

$$T = 1,55 \text{ m}$$

Bak Pencampur / Koagulasi

• Volume bak pencampur

Direncanakan panjang bak koagulasi adalah 20% dari panjang bak unit pengolahan air.

$$\text{Panjang} = 0,93 \text{ m} = 3,04 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar} = 3,09 \text{ m} = 10,14 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi} = 1,55 \text{ m} = 5,07 \text{ ft}$$

Volume

$$V = 4,43 \text{ m}^3$$

• Perancangan sistem pengaduk

Untuk umpan dengan viskositas < 4.000 cP, maka dipilih pengaduk

jenis propeller berdaun tiga (Walas, hal 288)

Untuk mencegah vortex, maka pada tangki dipasang baffle

Dt = diameter tangki

Da = diameter impaller

E = tinggi pengaduk dari dasar tangki

L = panjang blade pada turbin

W = lebar blade pada turbin

J = lebar baffle

Diameter tangki = 4,18 m

Diameter pengaduk (d)

$$\begin{aligned}Dt &= \frac{Dt}{3} \\&= \frac{3,09 \text{ m}}{3} \\&= 1,03 \text{ m} \\&= 3,38 \text{ ft}\end{aligned}$$

Panjang daun pengaduk (L)

$$\begin{aligned}L &= \frac{d}{4} \\&= \frac{1,03}{4} \\&= 0,26 \text{ m} \\&= 0,84 \text{ ft}\end{aligned}$$

Lebar daun pengaduk (W)

$$W = \frac{d}{5}$$

$$= \frac{1,03}{5}$$

$$= 0,21 \text{ m}$$

$$= 0,68 \text{ ft}$$

Tinggi pengaduk dari dasar tangki (E)

$$E = \frac{Dt}{12}$$

$$= \frac{1,03}{12}$$

$$= 0,09 \text{ m}$$

$$= 0,28 \text{ ft}$$

Kecepatan putar pengaduk (N)

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0.25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_B}{d}\right)$$

(Treubal, Pers 6.18)

$$\sigma = 0,05 \text{ lb/ft}$$

$$g_c = 32,17 \text{ ft/dt}^2$$

$$N = 0,28 \text{ rps}$$

• **Daya pengadukan**

$$N_{re} = \frac{\rho \times N \times D a^2}{\mu}$$

$$N_{re} = 329.917,91$$

Karena $N_{re} > 10.000$, maka

$$P = \frac{K_T \times N^3 \times D a^5 \rho}{g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 9,24})$$

$$K_t = 0,87$$

$$P = 16,35 \text{ lb/ft dt}$$

$$= 0,36 \text{ HP}$$

Efisiensi motor penggerak 85 %

$$\begin{aligned}\text{Daya motor} &= 0,36 \\ &= 0,44 \text{ hP}\end{aligned}$$

Bak Flokulasi

• Volume bak flokulasi

Direncanakan panjang bak koagulasi adalah 20% dari panjang bak unit pengolahan air.

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 0,93 \text{ m} &= 3,04 \text{ ft} \\ \text{Lebar} &= 3,09 \text{ m} &= 10,14 \text{ ft} \\ \text{Tinggi} &= 1,55 \text{ m} &= 5,07 \text{ ft}\end{aligned}$$

Volume

$$V = 4,43 \text{ m}^3$$

• Perancangan sistem pengaduk

Untuk umpan dengan viskositas $< 4.000 \text{ cP}$, maka dipilih pengaduk jenis propeller berdaun tiga (Walas, hal 288)

Untuk mencegah vortex, maka pada tangki dipasang baffle

D_t = diameter tangki

D_a = diameter impaller

E = tinggi pengaduk dari dasar tangki

L = panjang blade pada turbin

W = lebar blade pada turbin

j = lebar baffle

Diameter tangki = m

Diameter pengaduk =

$$D_t = \frac{D_t}{3}$$

$$= \frac{3,09 \text{ m}}{3}$$

$$= 1,03 \text{ m}$$

$$= 3,38 \text{ ft}$$

Panjang daun pengaduk (L)

$$L = \frac{d}{4}$$

$$= \frac{1,40}{4}$$

$$= 0,35 \text{ m}$$

$$= 1,15 \text{ ft}$$

Lebar daun pengaduk (W)

$$W = \frac{d}{5}$$

$$= \frac{1,03}{5}$$

$$= 0,21 \text{ m}$$

$$= 0,68 \text{ ft}$$

Tinggi pengaduk dari dasar tangki (E)

$$E = \frac{Dt}{12}$$

$$= \frac{1,03}{12}$$

$$= 0,09 \text{ m}$$

$$= 0,28 \text{ ft}$$

• Kecepatan putar pengaduk (N)

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0.25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_B}{d}\right)$$

$$\sigma = 0,05 \text{ lb/ft}$$

$$G_c = 32,17 \text{ ft/dt}^2$$

$$N = 0,28 \text{ rps}$$

• **Daya pengadukan**

$$Nre = \frac{\rho \times N \times D a^2}{\mu}$$

$$Nre = 329.917,91$$

Karena $Nre > 10.000$, maka

$$P = \frac{KT \times N^3 \times D a^5 \rho}{gc} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 9,24})$$

$$Kt = 0,87$$

$$P = 16,35 \text{ lb/ft dt}$$

$$= 0,36 \text{ HP}$$

Efisiensi motor penggerak 83 %

$$\text{Daya motor} = 0,36$$

$$= 0,44 \text{ hP}$$

Bak Sedimentasi

• **Voleme bak sedimentasi**

Direncanakan panjang bak koagulasi adalah 30% dari panjang bak unit pengolahan air

Sehingga ukuran bak sedimentasi adalah

$$\text{Panjang} = 1,39 \text{ m} = 4,56 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar} = 3,09 \text{ m} = 10,14 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi} = 1,55 \text{ m} = 5,07 \text{ ft}$$

Volume

$$V = 6,64 \text{ m}^3$$

Bak Ruang Terapung

Direncanakan panjang bak koagulasi adalah 30% dari panjang bak

unit pengolahan air

Sehingga ukuran bak ruang terapung adalah

Panjang = 1,39 m = 4,56 ft

Lebar = 3,09m = 10,14 ft

Tinggi = 21,55 m = 5,07 ft

Volume

V = 6,64 m³

7. Sand Filter

Fungsi : Menyaring sisa-sisa flok yang berasal dari bak penampung
berpelampung (float chamber)

Bentuk : Persegi panjang

Konstruksi : beton bertulang

Isi : pasir silica, karbon dan batu-batu kecil

Gambar :



Data :

- Laju alir massa, m = 19.873,68 kg/jam

- Densitas, ρ = 997 kg/m³ = 62,24 lb/ft³

- Waktu tinggal = 20 menit = 0,33 jam

- Faktor keamanan 20%

Kapasitas bak

$$Q = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{19.873,68 \frac{kg}{jam}}{997 \frac{kg}{m^3}} = 19,93 \frac{m^3}{jam}$$

Direncanakan jumlah bak sand filter sebanyak 2 unit dan waktu tinggal

20 menit = 0,33 jam.

Maka, kapasitas per unit adalah

$$V = \frac{19,93 \frac{m^3}{jam} \times 20 \text{ menit}}{2} = 199,3 \frac{m^3}{jam}$$

Faktor keamanan 20%

$$\text{Kapasitas bak} = \frac{199,3 \frac{m^3}{jam}}{0,9} = 221,44 \frac{m^3}{jam}$$

Kondisi filter

Porositas unggun, $\epsilon = 0,4$

Air yang terisi dalam unggun 80% dari air masuk.

Volume ruang kosong = Volume yang terisi air

Volume unggun = V air yang mengisi unggun + V partikel

Air yang mengisi unggun = 80% x 221,44 m³

$$= 177,19 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume partikel} = \frac{177,19 \text{ m}^3}{0,4} = 442,97 \text{ m}^3$$

$$\text{Maka, volume unggun} = (442,11 + 1.105,28) \text{ m}^3 = 620,15 \text{ m}^3$$

Volume air yang tidak mengisi unggun = 20% x volume unggun

$$= 124,03 \text{ m}^3$$

Sehingga,

Volume bak = V unggun + V air yang tidak mengisi unggun

$$= 620,15 \text{ m}^3 + 124,03 \text{ m}^3 = 744,18 \text{ m}^3$$

Dimensi bak sand filter

Perbandingan dimensi bak sand filter yaitu P : L : T = 3 : 2 : 1

Volume bak = panjang x lebar x tinggi

$$744,18 \text{ m}^3 = 3T \times 2T \times T$$

$$6T^3 = 744,18 \text{ m}^3$$

$$T = 4,98 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh dimensi bak :

$$\text{Panjang} = 3T = 14,94 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2T = 9,96 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = T = 4,98 \text{ m}$$

8. Bak Penampung Air Bersih

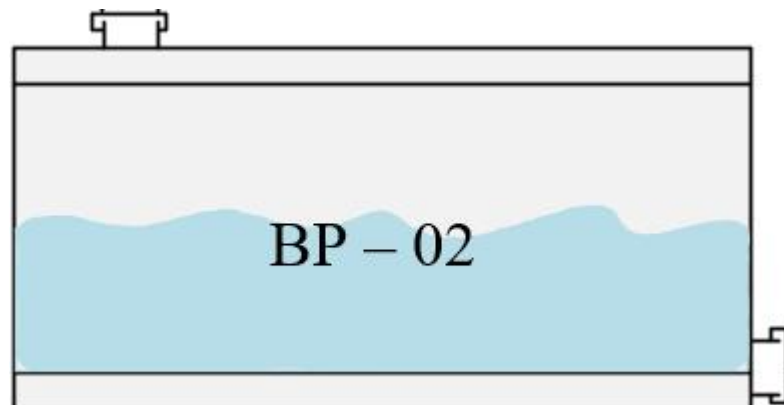
Fungsi : Menampung air dari softener tank sebagai umpan air proses dan air cooling water.

Jenis : Bak Persegi Panjang

Jumlah : 2 unit

Konstruksi : Beton Bertulang

Gambar :



Kondisi Operasi :

Laju alir massa, m = 19.873,68 kg/jam

Densitas, ρ = 997 kg/m³

Waktu tinggal = 24 jam

Laju alir volumetrik, Q

$$Q = \frac{m}{\rho}$$
$$= 19,93 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dimensi bak

$$V = 19,93 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam}$$
$$= 19,93 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 10%

$$\text{Volume bak} = \frac{19,93 \text{ m}^3}{0,9} = 22,14 \text{ m}^3$$

Perbandingan dimensi bak penampung yaitu:

P : L : T dengan 3:2:1

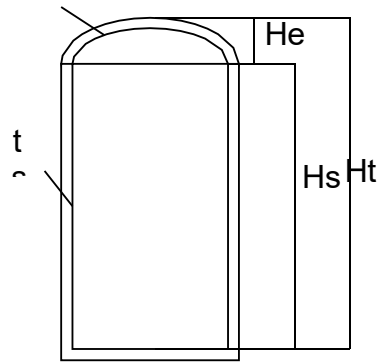
$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= P \times L \times T \\ 22,14 \text{ m}^3 &= 3T \times 2T \times T \\ 6T^3 &= 22,14 \text{ m}^3 \\ T &= 1,57 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh dimensi bak :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 4,71 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 3,14 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 1,57 \text{ m} \end{aligned}$$

9. Tangki Air Demin

Fungsi	: Tempat penyimpanan air bersih bebas mineral
Jenis	: Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup ellipsiodal
Jumlah	: 1 unit
Konstruksi	: Stainless steel
Gambar	:



Data :

- Laju alir massa, m = 19.873,68 kg/jam
- Densitas, ρ = 1000 kg/m³ = 62,26 lb/ft³
- Waktu tinggal : 15 menit = 0,25 jam

Kapasitas tangki

$$V = \frac{m \times t}{\rho}$$

$$= \frac{19.873,68 \frac{kg}{jam} \times 0,25 jam}{997 kg/m^3} = 4,98 m^3$$

Faktor keamanan 20%

Maka,

$$V = \frac{4,98 m^3}{0,9} = 5,53 m^3$$

Dimensi tangki

• Volume silinder, V_s

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_e^2 \times H_s$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_e^3$$

- **Volume ellipsoidal, V_e**

$$V_e = \frac{\pi}{6} \times D_e^2 \times H_e$$

Maka,

$$V_e = \frac{\pi}{24} \times D_e^3$$

- **Diameter Tangki, D_t**

$$V_t = V_s + V_e$$

$$V_t = V_s + 2 V_e$$

$$V_t = \left(\frac{\pi}{4} \times D_t^3 \right) + (0.1308 \times D_t^3)$$

$$V_t = 0.9158 \times D_t^3$$

$$D_t^3 = \frac{V_t}{0.9158}$$

$$= 1,82 \text{ m} = 0,91 \text{ ft}$$

- **Tinggi tangki, H_t**

$$\text{Tinggi silinder, } H_s = D_t = 2,47 \text{ m} = 8,10 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi tutup, } H_e$$

$$H_e = 0,25 D_t$$

$$= 0,46 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total} = H_s + H_e = 1,82 \text{ m} + 0,46 \text{ m} = 2,28 \text{ m}$$

10. Unit Pengolahan Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan steam.

Kebutuhan air umpan boiler = 39.505,87 kg/jam. Jika kondensat yang dapat diregenerasi 31.604,69 kg/jam.

Maka air make-up yang dibutuhkan oleh boiler adalah

$$= (39.505,87 \text{ kg/jam} - 31.604,69 \text{ kg/jam})$$

$$= 7.901,17 \text{ kg/jam}$$

11. Deaerator

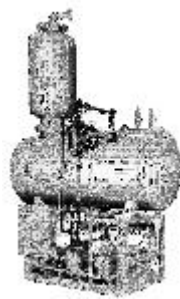
Fungsi : Menghilangkan gas terlarut dalam air umpan boiler

Bentuk : Silinder horizontal dengan tutup dan alas ellipsoidal

Konstruksi : Carbon steel

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Air umpan boiler : 39.505,87 kg/jam = 87.090 lb/jam

Direncanakan akan didesain duo-tank deaerator yang mampu mengolah 87.090 lb/jam air umpan boiler.

Berdasarkan kapasitas tersebut, diperoleh data sebagai berikut.

- Tipe : SM7 D

- Diameter : 36 in = 0,9144 m

- Panjang tangki : 9 ft = 2,7432 m

12. Boiler

Fungsi : Menghasilkan steam

Tipe : Fire-tube boiler

Konstruksi : Carbon steel

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data-data :

- Jumlah steam dibutuhkan = $39.505,87 \text{ kg/jam} = 87.090 \text{ lb/jam}$
- Kondensat yang diregenerasi = $31.604,69 \text{ kg/jam} = 169697,29 \text{ lb/jam}$
- Air make-up = $7.901,17 \text{ kg/jam} = 17419,73 \text{ lb/jam}$

Berdasarkan data jumlah steam yang dihasilkan, maka dipilih boiler tipe TW-I 120 –NTE 100 dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Daya operasi : $52 \text{ kW} = 69,73 \text{ HP} \approx 70 \text{ HP}$
- Efisiensi 92,9 %
- Tekanan operasi : 10 bar
- Panjang : 6,57 m
- Lebar : 2,65 m
- Tinggi : 3,705 m
- Ketebalan insulasi : 0,1 m

LAMPIRAN D

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dihitung untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik serta tinjauan kelayakan suatu pabrik.

1. Perhitungan Jumlah Modal

Perkiraan total *capital investment* adalah perkiraan modal yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik dan menjalankan pada saat produksi sampau diyakini pabrik berjalan dengan normal. Harga peralatan pabrik tergantung pada kondisi ekonomi, untuk mengetahui harga alat pabrik diperkirakan berdasarkan data harga pada tahun sebelumnya menggunakan data indeks harga. Harga indeks pada tahun 2030 dicari menggunakan persamaan regresi *linear* dengna data indeks tahun sebelumnya yang sudah ada. Berikut table *cost index* dapat dilihat pada Tabel D.1.

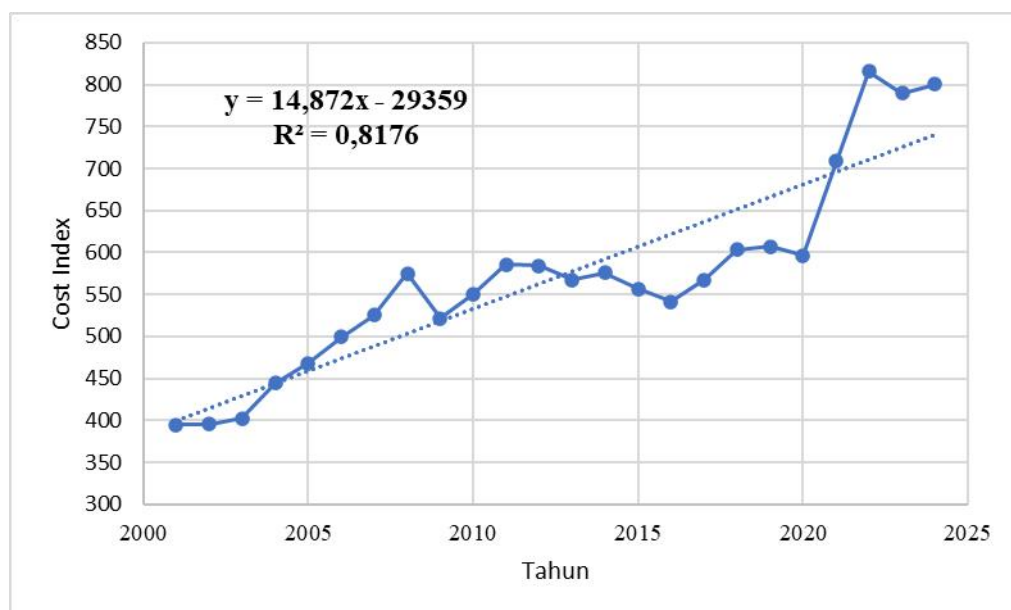
Tabel D. 1 Indeks *Chemical Engineering Plant*

Tahun	Cost Index
2001	394,3
2002	395,6
2003	402,0
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8

2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	607,5
2020	596,2
2021	708,8
2022	816,0
2023	789,6
2024	800,3
2025	756,8
2026	771,7
2027	786,5
2028	801,4
2029	816,3
2030	831,2

Sumber: *Chemical Engineering Plant Cost Index*

Berdasarkan data dari Tabel D.1 maka diperoleh persamaan regresi *linear*, seperti pada Gambar D.1



Gambar D. 1 Hubungan *Cost Index* terhadap Tahun

Persamaan yang diperoleh sesuai Gambar D.1 adalah :

$$y = 14,872x - 29359$$

Keterangan:

x = Tahun yang di cari

y = Indeks harga tahun yang dicari

Dengan demikian nilai indeks pada tahun 2030 dapat dihitung sebagai berikut:

x = 2030

y = $14,872(2030) - 29359$

y = 831,2

Perkiraan harga alat untuk tahun pendirian pabrik dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Keterangan:

Ex = Harga alat tahun yang dicari

Ey = Harga alat tahun sebelumnya

Nx = Indeks harga tahun yang dicari

Ny = Indeks harga tahun sebelumnya

Contoh perhitungan:

Perhitungan harga alat tangki penyimpanan ditahun 2030, dengan data sebagai berikut:

Kurs 1 US\$: Rp 16.307,45 (Juni 2025)

Cost Indeks tahun 2014 (Ny) : 576,1

Cost indeks tahun 2030 (Nx) : 831,2

Harga alat tahun 2014 (Ey) = US\$ 815.900 $\times$ $\left(\frac{831,2}{576,1}\right)$

Harga alat (2030) = US\$ 1.177.128

Dasar Perhitungan:

Kapasitas produksi : 200.000 Ton/Tahun

Waktu operasi pabrik : 300 hari

Pabrik didirikan tahun : 2030

Kurs Rupiah terhadap Dollar : Rp. 16.307,45 (10 Juni 2025)

No	Nama Alat	Kode Alat	Unit	Harga per Unit tahun 2014 (Ny)		Harga per Unit tahun 2030 (Nx)	
				USD	Rp	USD	Rp
1	Tangki Penyimpanan H ₂ O ₂	T - 1072	1	7.600	123.936.620	10.964,8	178.807.778,3
2	Tangki Penyimpanan NaOH	T - 1071	1	40.600	662.082.470	58.575,1	955.209.973,6
3	Tangki Pelarutan NaOH	MT - 1101	1	710600	11.588.073.970	1.025.207,9	16.718.527.271,1
4	Tangki Pelarutan H ₂ O ₂	MT - 1103	1	710600	11.588.073.970	1.025.207,9	16.718.527.271,1
5	Warehouse I	WH - 1011	1	66,00	1.076.256	72,5	1.182.004,4
6	Warehouse II	WH - 1012	1	60,81950 3	991.811	66,8	1.089.262,2
7	Bucket Elevator I	BE - 1021	1	10800	176.120.460	15.581,5	254.095.263,9
8	Bucket Elevator II	BE - 1022	1	27700	451716365	28.000,0	456.608.600,0
9	Cutting Mill	CM - 1031	1	106.839	1.742.274.258	154.140,7	2.513.641.160,0
10	Vibrating Screen I	VS - 1041	1	20900	340.825.705	30.153,2	491.721.390,3
11	Vibrating Screen II	VS - 1042	1	25700	419.101.465	37.078,3	604.652.618,7
12	Horizontal Conveyor Washing I	HC - 1001	1	355	5.795.220	390,3	6.364.634,1

13	Horizontal Conveyor II	HC - 1002	1	76	1.241.833	83,6	1.363.850,3
14	Bin Feeder	BF - 1011	1	10600	172.858.970	15.293,0	249.389.796,1
15	Digester	DG - 1061	1	131314	2.141.396.489	189.451,4	3.089.469.026,3
16	Bleacher	BL - 2081	1	4238000	69.110.973.100	6.114.313,6	99.708.863.742,1
17	Rotary Vacum Filter	RV - 2091	1	339900	5.542.902.255	490.385,8	7.996.942.611,1
18	Screw Conveyor	SC - 2001	1	9700	158.182.265	13.994,5	228.215.190,7
19	Tangki Pencampuran Strach	MT - 3105	1	2062800	33.639.007.860	2.976.075,1	48.532.195.405,2
20	Pompa I	P - 1101	1	57700	940.939.865	83.245,8	1.357.527.474,7
21	Pompa II	P - 1102	1	57700	940.939.865	83.245,8	1.357.527.474,7
22	Pompa III	P - 1103	1	57700	940.939.865	83.245,8	1.357.527.474,7
23	Pompa IV	P - 1104	1	57700	940.939.865	83.245,8	1.357.527.474,7
24	Pompa V	P - 1105	1	57700	940.939.865	83.245,8	1.357.527.474,7
25	Tangki Penampungan HBL	T- 1073	1	57.700	940.939.865	83.245,8	1.357.527.474,7
26	Mesin Pembuat Kertas	Paper Machine	1	71.075	1.159.043.900	78.058,0	1.272.926.701,8
27	Tangki Pencampuran pulp	MT - 1102	1	3.235.500	52.762.754.475	4.667.971,2	76.122.706.143,8

Total		12.106.98 6	197.434.068.907	17.430.540, 3	284.247.664.543, 5
-------	--	----------------	-----------------	------------------	-----------------------

b) Harga Alat Utilitas

Harga peralatan utilitas dapat dilihat pada Tabel D.3

Tabel D. 2 Daftar Harga Peralatan Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Unit	Harga per Unit tahun 2014 (Ny)		Harga per Unit tahun 2030 (Nx)	
				USD	Rp	USD	Rp
1	Pompa air sungai ke bak penampung	P - 4101	1	4.600	75.014.270	6.637	108.225.761
2	Bak penampung air sungai	BP - 4201	1	287.000	4.680.238.150	414.065	6.752.346.365
3	Pompa II	P - 4102	1	9.100	148.397.795	13.129	214.098.787
4	Tangki Pelarutan Alum	TP - 4301	1	15.042	245.296.663	21.702	353.898.237
5	Tangki Pelarut Kapur	TP - 4302	1	15.042	245.296.663	21.702	353.898.237
6	Tangki Pelarut Kaporit	TP - 4303	1	15.042	245.296.663	21.702	353.898.237
7	Bak Raw Water	BR - 4401	1	42.678	695.969.351	61.573	1.004.099.785
8	Sand Filter	SF - 4501	1	42.678	695.969.351	61.573	1.004.099.785
9	Bak Penampung air bersih	BP - 4202	1	319.500	5.210.230.275	460.954	7.516.984.890
10	Softtener Tank	ST - 4601	1	213.000	3.473.486.850	307.303	5.011.323.260

11	Tangki Demin Water	TD - 4701	1	60.400	984.969.980	87.141	1.421.051.291
12	Dearator	D -301	1	67.600	1.102.383.620	97.529	1.590.448.133
13	Boiler	B - 302	1	77.500	1.263.827.375	111.812	1.823.368.792
14	Pompa III	P - 4103	1	9.100	148.397.795	13.129	214.098.787
15	Pompa IV	P - 4104	1	9.100	148.397.795	13.129	214.098.787
16	Pompa V	P - 4105	1	9.100	148.397.795	13.129	214.098.787
17	Pompa VI	P - 4106	1	9.100	148.397.795	13.129	214.098.787
18	Pompa VII	P - 4107	1	9.100	148.397.795	13.129	214.098.787
19	Pompa VIII	P - 4108	1	9.100	148.397.795	13.129	214.098.787
20	Pompa IX	P - 4109	1	8.900	145.136.305	12.840	209.393.319
21	Pompa X	P - 41010	1	9.100	148.397.795	13.129	214.098.787
Total			22	1.250.882	20.398.695.671	1.804.692	29.429.925.176

c) Harga Alat Perkantoran

Harga alat perkantoran dapat dilihat pada Tabel D.4

Tabel D. 3 Daftar Harga Peralatan Perkantoran

No.	Nama alat	Unit	Harga per unit	Harga tahun sebelum 2025 (Ny)	Harga tahun dicari 2030 (Nx)
-----	-----------	------	----------------	-------------------------------	------------------------------

			USD	USD	Rp.	USD	Rp.
1	Komputer	100	700	70.000	70.000	76.878	1.253.682.624
2	Meja	120	75	9.000	9.000	9.884	161.187.766
3	Kursi	250	50	12.500	12.500	13.728	223.871.897
4	Lemari	100	100	10.000	10.000	10.983	179.097.518
5	Papan Tulis	15	61	915	915	1.005	16.387.423
6	Mesin Fotocopy	5	1.500	7.500	7.500	8.237	134.323.138
7	Alat Tulis Kerja (ATK)	250	10	2.500	2.500	2.746	44.774.379
8	Proyektor	10	860	8.600	8.600	9.445	154.023.865
9	AC	50	500	25.000	25.000	27.456	447.743.794
10	Kulkas	8	110	880	880	966	15.760.582
11	Dispenser	10	115	1.150	1.150	1.263	20.596.215
	TOTAL HARGA			148.045	148.045	162.591	Rp2.651.449.201

1.2 Perkiraan Harga Bahan

Perkiraan harga bahan baku dan bahan utilitas dapat dilihat pada Tabel D.5.

Tabel D. 4 Daftar Harga Bahan

Komponen	Harga	
	US\$	Rp.
Bahan Baku	20.943.243	341.530.883.166
Bahan Utilitas	192.175	3.133.877.358
Total Harga Bahan	21.135.417	344.530.883.524

1.1 Perkiraan Gaji Karyawan

Sistem penggajian karyawan di pabrik Sodium Nitrat mengacu pada Upah Minimum Regional (UMR) Banten sebagai dasar penentuan gaji pokok. Nilai UMR Banten untuk tahun 2030 diproyeksikan berdasarkan tren kenaikan dari tahun-tahun sebelumnya.

Sebagai perbandingan, estimasi UMR Kota Cilegon tahun 2030 diperkirakan sebesar US\$ 210,02 atau setara dengan RP 3.424.819. rincian struktur gaji karyawn berdasarkan jenjang atau tingkatan jabatan disajikan dalam Tabel D.6

Tabel D. 5 Daftar Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Sistem Gaji	Total/Bulan (US\$)	Total/tahun n (US\$)	Total/tahun (Rp)
Dewan Komisaris	5	5 x UMR	5.250	63.005	1.027.445.700
Direktur	1	3.5 x UMR	735	8.821	143.842.398
Kepala Bagian			-	-	-
S2 Teknik Industri	3	2,5 x UMR	1.575	18.901	308.233.710
S2 Teknik Kimia	1	2,5 x UMR	525	6.300	102.744.570
S2 Teknik Mesin	1	2,5 x UMR	525	6.300	
S2 Manajemen	2	2,5 x UMR	1.050	12.601	205.489.140
S2 Akuntansi	1	2,5 x UMR	525	6.300	102.744.570
Staff Pengembangan			-	-	-
S2 Teknik Industri	1	2,5 x UMR	525	6.300	102.744.570
S2 Teknik Kimia	1	2,5 x UMR	525	6.300	102.744.570
S2 Teknik Mesin	1	2,5 x UMR	525	6.300	102.744.570
S2 Manajemen	1	2,5 x UMR	-	-	
S2 Akuntansi	1	2,5 x UMR	525	6.300	102.744.570
Karyawan Produksi				-	
S1 Teknik Industri	1	2,5 x UMR	525	6.300	102.744.570
S1 Teknik Kimia	1	2,5 x UMR	525	6.300	102.744.570
D3 Teknik Kimia	52	1,2 x UMR	13.105	157.260	2.564.504.467
Karyawan Akuntansi dan Anggaran				-	
S1 Akuntansi	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656

Karyawan Pemasaran				-	
S1 Manajemen	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
Karyawan Administrasi dan SDM				-	
S1 Manajemen	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
S1 Psikologi	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
Karyawan Logistik				-	
S1 Manajemen	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
Karyawan Teknik				-	
S1 Teknik Mesin	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
S1 Teknik Elektro	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
D3 Teknik Mesin	10	1,2 x UMR	2.520	30.242	493.173.936
D3 Teknik Elektro	10	1,2 x UMR	2.520	30.242	493.173.936
Karyawan Keuangan				-	
S1 Akuntansi	5	2 x UMR	2.100	25.202	410.978.280
Karyawan Penelitian dan Pengembangan				-	
S1 Teknik Kimia	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
S1 Kimia	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
S1 Manajemen	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
Sekretaris				-	
S1 Manajemen	4	2 x UMR	1.680	20.161	328.782.624
Supir				-	
SMA Sederajat	5	1 x UMR	1.050	12.601	205.489.140
Office Boy				-	
SMA Sederajat	4	1 x UMR	840	10.081	164.391.312
Environment dan Utility				-	
S1 Teknik Kimia	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
D3 Teknik Kimia	1	2 x UMR	420	5.040	82.195.656
Karyawan Produksi dan Teknisi				-	
D3 Teknik Kimia	22	1,2 x UMR	5.544	66.533	1.084.982.659
D3 Teknik Mesin	9	1,2 x UMR	2.268	27.218	443.856.542
D3 Teknik Elektro	9	1,2 x UMR	2.268	27.218	443.856.542
Karyawan Utilitas				-	
D3 Teknik Kimia	7	1,2 x UMR	1.764	21.170	345.221.755
Karyawan Laboratorium			-	-	-
D3 Teknik Kimia	6	1,2 x UMR	1.512	18.145	295.904.362
SMK Analis Kimia	16	1,2 x UMR	4.032	48.388	789.078.298
Satpam				-	
SMA Sederajat	8	1 x UMR	1.680	20.161	328.782.624
Tim Medis					
Dokter	2	2,5 x UMR	1.050	12.601	205.489.140
Perawat	2	1,4 x UMR	588	7.057	115.073.918
Staff Ahli	10	1,2 x UMR	2.520	30.242	493.173.936

Litbang	10	1,2 x UMR	2.520	30.242	493.173.936
Karyawan SHE-Q	10	1,2 x UMR	2.520	30.242	493.173.936
Karyawan Pemasaran	10	1,2 x UMR	2.520	30.242	493.173.936
Supervisor					
S1 Teknik kimia	8	2,5 x UMR	4.200	50.404	821.956.560
Total	252		77.181	926.169	15.000.707.220

Maka total gaji karyawan selama 1 tahun adalah US\$ 926.169 atau setara dengan Rp. 15.000.707.220

2. Komponen Investasi

2.1 Menghitung *Total Capital Investment* (TCI)

Berikut ini perhitungan *total capital imvestment* yang dihitung menggunakan *factor ratio* berdasarkan *metode delivered equipment cost* untuk *solid-fluid processing plant* seperti yang dapat dilihat pada Tabel D.7

Tabel D. 6 Perhitungan *Total Capital Investment*

Komponen	%	Biaya (US\$)	Biaya (Rp)
<i>Direct Cost</i>			
Biaya peralatan	100%	19.397.824	316.329.038.921
pemasangan alat	45%	8.729.021	142.348.067.514
instrumentasi dan alat kontrol	9%	1.745.804	28.469.613.503
pemasangan pipa	16%	3.103.652	50.612.646.227
Pemasangan instalasi listrik	10%	1.939.782	31.632.903.892
Bangunan	25%	4.849.456	79.082.259.730
Pengembangan area	13%	2.521.717	41.122.775.060
Fasilitas pelayanan	40%	7.759.129	126.531.615.568
Lahan	6%	1.163.869	18.979.742.335
Total Direct Cost		51.210.254	835.108.662.750
<i>Indirect Cost</i>			
<i>Engineering and supervision</i>	33%	16.899.384	275.585.858.708
Biaya konstruksi	39%	19.971.999	325.692.378.473
Total Indirect Cost		36.871.383	601.278.237.180
Total DC dan IC		81.793.018	1.333.835.556.145
Biaya kontraktor	17%	14.973.878	244.185.772.988
Biaya tidak terduga	34%	29.947.757	488.371.545.976
<i>Fixed Capital Investment</i>		133.003.273	2.168.944.218.896
<i>Work Capital Investment</i>	15%TCI	23.471.166	382.754.862.158
<i>Total Capital Iinvestment</i>		156.474.438	2.551.699.081.054

2.2 Menghitung *Working Capital Investment* (WCI)

WCI = 15% TCI

TCI = FCI + WCI

TCI = 156.474.438

WCI = 23.471.166

2.3 Sumber Investasi

Sumber investasi atau permodalan berasal dari modal sendiri dan modal pinjaman bank dengan persentasi 50%-50%

- Modal Sendiri

= 50% x \$156.474.438

= \$78.237.219

Rp. 1.275.849.540.527

- Pinjaman bank

= 50% x \$156.474.438

= \$ 78.237.219

Rp. 1.275.849.540.527

2.4 Perhitungan Komponen Biaya Produksi Total

Perhitungan komponen biaya produksi total dapat dilihat pada Tabel D.8

Tabel D. 7 Komponen Biaya Produksi Total

Parameter	Fixed Cost (US\$)	Variable Cost (US\$)
Direct Production Cost (DPC)		
Raw Materials (10-50% TPC)		21.135.417
Operating Labor (10-20% TPC)	926.169	
Direct Supervisory (10-20% OL)		138.925
Utilities (10-20% TPC)		5.669.731,16
Maintenance and Repairs (2-10% FCI)	7.980.196	
Operating Supplies (0,5-1% FCI)	997.525	
Laboratory Charges (10-20% OL)		138.925
Patents and Royalties (0-6% TPC)	566.973,12	
Total DPC	10.470.863	27.082.999
Fixed Charge		
Depreciation (10% FCI)	13.300.327	
Local Taxes (1-4% FCI)	3.325.082	
Insurance (0,4-1% FCI)	931.023	
Total FC	17.556.432	
Plant Overhead Cost		5.669.731
General Expenses		
Administrative cost (2-6% TPC)	2.267.892,46	
Distribution Cost (2-20% TPC)		6.236.704,27
Research and Development (5% TPC)	2.834.865,58	
Financing (0-10% TCI)	2.834.865,58	
Total General Expenses	7.937.624	
Total Production Cost	35.964.918	38.989.435

$$\begin{aligned}
 \text{TPC} &= \text{Manufacturing Cost} + \text{General Expenses} \\
 &= (\text{Fixed Cost} + \text{Variable Cost}) \\
 \text{TPC} &= \text{US\$ } 56.697.312 + 0,3 \text{ TPC} \\
 0,7 \text{ TPC} &= \text{US\$ } 56.697.312 \\
 \text{TPC} &= \text{US\$ } 80.996.159 \\
 &= \text{Rp. } 1.320.840.819.390.28
 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{Direct Production Cost (DPC)} &= \text{US\$ } 37.553.869 \\
 &= \text{Rp. } 612.407.725.719 \\
 \text{Fixed Charge} &= \text{US\$ } 17.556.432 \\
 &= \text{Rp. } 286.300.636.894 \\
 \text{Plant Overhead Cost} &= \text{US\$ } 5.69.731 \\
 &= \text{Rp. } 92.458.857.375 \\
 \text{General Expenses} &= \text{US\$ } 7.937.624 \\
 &= \text{RP } 129.442.400.300 \\
 \text{Total Production Cost} &= \text{US\$ } 35.964.918 \\
 &= \text{Rp. } 586.496.109.496 \\
 \text{Variable Cost} &= \text{US\$ } 38.989.435 \\
 &= \text{Rp. } 635.818.253.869
 \end{aligned}$$

2.5 Harga Penjualan Produk (Total Sales)

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas produksi Kertas} &= 27777,70 \text{ Kg/jam} \\
 &= 200.000 \text{ Ton/Tahun} \\
 \text{Harga Jual} &= \text{US\$ } 0,7 / \text{Kg} \\
 &= \text{Rp. } 15.000/\text{Kg} \\
 \text{Total Penjualan (TS)} &= \text{US\$ } 149.999.580 \\
 &= \text{Rp. } 2.446.110.650.871
 \end{aligned}$$

2.6 Analisa Kelayakan Investasi

1) Laba

$$\begin{aligned}
 \text{Total Capital Investment (TCI)} &= \text{US\$ } 156.474.438 \\
 \text{Depresiasi (10\% FCI)} &= \text{US\$ } 13.300.327 \\
 \text{Total Penjualan (TS)} &= \text{US\$ } 183.963.918 \\
 \text{Total Production Cost (TPC)} &= \text{US\$ } 80.996.159 \\
 \text{Laba sebelum pajak (Laba kotor)} &= \text{Total Penjualan (TS) - TPC} \\
 &= \text{US\$ } 102.967.725 \\
 &= \text{Rp. } 1.679.146.730.802 \\
 \text{Pajak} &= 25\% \\
 \text{Laba Bersih} &= \text{laba kotor – pajak} \\
 &= \text{US\$ } 77.225.819
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. 1. 259.360.048.101}$$

2) Laju pengembalian Modal (*Rate of Return*)

$$\begin{aligned} \text{ROR} &= \frac{\text{Laba Bersih}}{\text{Total Capital Investment}} \times 100\% \\ &= 49,35\% \end{aligned}$$

3) Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)

$$\text{Massa start up} = 2 \text{ tahun}$$

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

Kapasitas produk pabrik selama beroperasi:

$$\text{Tahun 1} = 70\% = \text{US\$ 128.774.743}$$

$$\text{Tahun 2} = 90\% = \text{US\$ 165.567.527}$$

$$\text{Tahun 3 dan seterusnya} = 100\% = \text{US\$ 183.963.918}$$

Keuntungan pada masing-masing kapasitas:

$$\begin{aligned} \text{Fixed Cost} &= \text{Fixed Charge} \\ &= \text{US\$ 35.964.918} \end{aligned}$$

$$\text{Variabel Cost} = \text{US\$ 38.989.435}$$

Kapasitas masing-masing kapasitas setelah ditambah depresiasi:

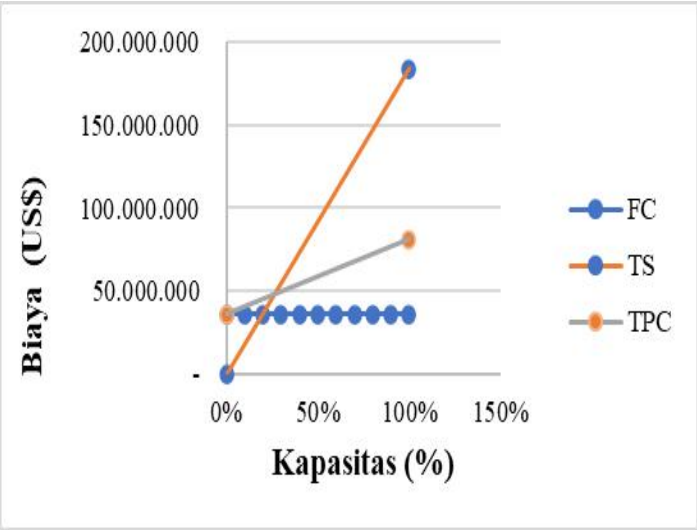
$$\begin{aligned} 1. \text{ Kapasitas 70\%} &= \text{Total penjualan 70\%} - [\{\text{fixed cost} + (\text{variable cost} \times 70\)\}] + \text{depresiasi} \\ &= 52.216.893,03 \\ 2. \text{ Kapasitas 90\%} &= \text{Total penjualan 90\%} - [\{\text{fixed cost} + (\text{variable cost} \times 90\)\}] + \text{depresiasi} \\ &= 81.211.790 \\ 3. \text{ Kapasitas 100\%} &= \text{Total penjualan 100\%} - [\{\text{fixed cost} + (\text{variable cost} \times 100\)\}] + \text{depresiasi} \\ &= 95.709.238 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah keuntungan selama strat up} &= \text{Kapasitas 70\%} + \text{Kapasitas 90\%} \\ &= \text{US\$ 117.791.426} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pay Out Time (POT)} &= \text{Massa Start up} + \frac{\text{TCl-Keuntungan selama Start up}}{\text{Keuntungan saat kapasitas 100\%}} \\ &= 2 + \frac{\text{US\$ 151.716.394} - \text{117.791.426}}{\text{US\$ 91.808.427}} \\ &= 2,24 \text{ tahun} \end{aligned}$$

4) Titik impas (*Break Even Point*)

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Total Penjualan} - \text{Variable Cost}} \times 100\% \\ &= 24,8 \, \% \end{aligned}$$



Gambar D. 2 Grafik *Break Even Point* (BEP)