

PRA RANCANGAN PABRIK KARAGINAN DARI *EUCHEUMA
COTTONII* KAPASITAS 13.000 TON/TAHUN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

NUR INNAH DAHLAN 431 20 039
HUSNUL MUSYAYYADAH NUR'AINI 431 20 049

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “**Pra Rancangan Pabrik Karaginan Dari *Eucheuma cottonii* Kapasitas 13.000 Ton/Tahun**” oleh Nur Innah Dahlan, Nim 431 20 039 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 08 Oktober 2024


Menyetujui,

Pembimbing I



Ir. Barlian Hasan, M.T
NIP. 19591112 199003 1 001

Pembimbing II



Andi Muhammad Iqbal Akbar Asfar, S.T., M.T
NIP. 19820512 201504 1 003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan



Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng
NIP. 197304092003122002

HALAMAN PENGESAHAN

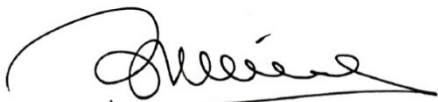
Skripsi ini dengan judul “**Pra Rancangan Pabrik Karaginan Dari *Eucheuma cottonii* Kapasitas 13.000 Ton/Tahun**” oleh Husnul Musyay yadah Nur’Aini, Nim 431 20 049 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 08 Oktober 2024

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Barlian Hasan, M.T
NIP. 19591112 199003 1 001



Andi Muhammad Iqbal Akbar Asfar, S.T., M.T
NIP. 19820512 201504 1 003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan



Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng
NIP. 197304092003122002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Kamis tanggal 10 Oktober 2024, Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa Nur Innah Dahlan NIM 431 20 039 dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Karaginan Dari *Eucheuma cottnoi* Kapasitas 13.000 Ton/Tahun.**

Makassar, 10 Oktober 2024

Tim Penguji Ujian Skripsi:

1. Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T

Ketua (.....)

2. M. Badai, S.T., M.T

Sekretaris (.....)

3. Ir. Irvan Sofia, M.Si

Anggota (.....)

4. Ir. Barlian H.S, M.T

Anggota (.....)

5. Andi Muhammad Iqbal Asfar, S.T., M.T

Anggota (.....)

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Kamis tanggal 10 Oktober 2024, Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa Husnul Musyayyadah Nur'Aini NIM 431 20 049 dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Karaginan Dari *Eucheuma cottnoi* Kapasitas 13.000 Ton/Tahun.**

Makassar, 10 Oktober 2024

Tim Penguji Ujian Skripsi:

1. Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T

Ketua (.....)

2. M. Badai, S.T., M.T

Sekretaris (.....)

3. Ir. Irwan Sofia, M.Si

Anggota (.....)

4. Ir. Barlian H.S, M.T

Anggota (.....)

5. Andi Muhammad Iqbal Asfar, S.T., M.T

Anggota (.....)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah *Subhana Wa Ta'ala*. karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan skripsi ini yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Karaginan dari *Eucheuma cottonii* dengan kapasitas 13.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan skripsi ini tentunya tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

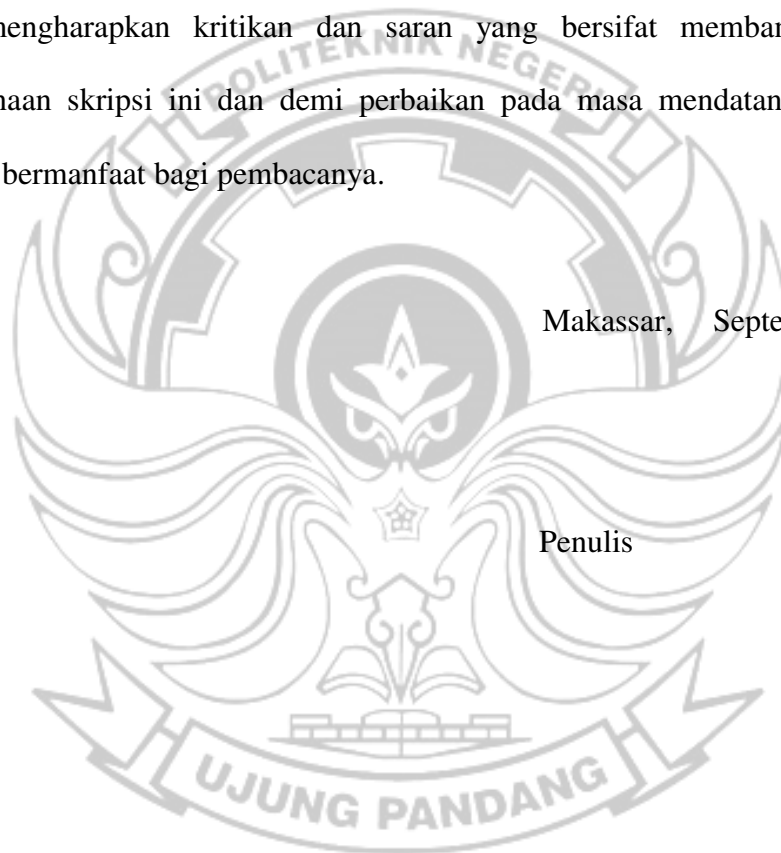
1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Wahyu Budi Utomo, HND., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Ibu Yuliani HR., S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi D4-Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan.
4. Bapak Ir. Barlian Hasan, M.T., dan Bapak Andi Muhammad Iqbal Akbar Asfar, S.T., M.T., sebagai Pembimbing yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan staff Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Orang tua, seluruh keluarga, dan kerabat yang selalu memberi dukungan baik moril dan material, serta do'a yang tulus untuk keberhasilan penulis.

7. Seluruh teman-teman seperjuangan Arrhenius D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan Angkatan 2020 yang telah memberikan semangat dan membantu dalam melancarkan pengerjaan skripsi ini.
8. Beserta semua pihak yang telah ikut berpartisipasi dalam membantu penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, September 2024

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	-----	i
HALAMAN PENGESAHAN	-----	ii
HALAMAN PENERIMAAN	-----	iv
KATA PENGANTAR	-----	vi
DAFTAR ISI	-----	viii
DAFTAR GAMBAR	-----	xiii
DAFTAR TABEL	-----	xiv
SURAT PERNYATAAN	-----	xi
RINGKASAN	-----	x
BAB I PENDAHULUAN		
1.1 Latar Belakang	-----	1
1.2 Kapasitas Rancangan	-----	3
1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku	-----	4
1.2.2 Pertimbangan Kapasitas Produksi	-----	5
1.2.3 Data Karaginan	-----	6
1.2.4 Penentuan Kapasitas Produksi	-----	9
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik	-----	11
1.3.1 Faktor Ketersediaan Bahan Baku	-----	11
1.3.2 Faktor Geografis	-----	12
1.3.3 Faktor Infrastruktur	-----	12
1.3.4 Utilitas	-----	12
1.3.5 Transportasi	-----	13
1.4 Tinjauan Pustaka	-----	14
1.4.1 Rumput Laut (<i>Eucheuma cottonii</i>)	-----	14
1.4.2 Karaginan	-----	17
1.4.3 Teknologi Proses Pembuatan Karaginan	-----	22

BAB II DESKRIPSI PROSES

2.1	Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	26
2.1.1	Spesifikasi Bahan Baku	26
2.1.1.1	<i>Eucheuma cottonii</i>	26
2.1.1.2	Air (H ₂ O)	27
2.1.1.3	Kalium Klorida (KCl)	27
2.1.1.4	Kalium Hidroksida (KOH)	28
2.1.1.5	Natrium Hipoklorit (NaClO)	29
2.1.2	Spesifikasi Produk	29
2.1.2.1	<i>Kappa</i> Karaginan	29
2.1.2.2	Standar Mutu Karaginan	31
2.2	Konsep Proses	32
2.3	Langkah Proses	33
2.4	Diagram Alir	36

BAB III NERACA MASSA

3.1	Belt Conveyor (BC-101)	37
3.2	Tangki Bleaching (TB-101)	38
3.3	Tangki Pencucian (TP-101)	39
3.4	Rotary Knife Cutter (RK-101)	40
3.5	Ekstraktor (EK-101)	41
3.6	Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-101)	41
3.7	Tangki Presipitasi (TR-101)	42
3.8	Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-102)	43
3.9	Rotary Dryer (RD-101)	44
3.10	Ball Mill dan Screener (BM-101 & SC-101)	44

3.11 Silo (SL)	45
BAB IV NERACA PANAS	
4.1 Ekstraktor (EK-101)	46
4.2 Cooler (CO-101)	46
4.3 Rotary Dryer (RD-101)	47
4.4 Heater (HE-101)	48
BAB V SPESIFIKASI ALAT	
5.1 Gudang Penyimpanan <i>Euceuma cottonii</i> (GD-101)	49
5.2 Belt Conveyor (BC-101)	49
5.3 Tangki NaClO 0,2% (T-103)	49
5.4 Tangki KCl 1% (T-101)	50
5.5 Tangki KOH 6% (T-102)	51
5.6 Tangki Bleaching (TB-101)	52
5.7 Rotary Knife Cutter (RK-101)	52
5.8 Bucket Elevator (BE-101)	52
5.9 Ekstraktor (EK-101)	53
5.10 Rotary Drum Vakum Filter (RDVF1-01)	54
5.11 Cooler (CO-101)	54
5.12 Tangki Presipitasi (TR-101)	54
5.13 Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-102)	55
5.14 Belt Conveyor (BC-102)	55
5.15 Heater (HE-101)	55
5.16 Rotary Dryer (RD-101)	56
5.17 Ball Mill (BM-101)	56
5.18 Screener (SC-101)	57

5.19	Bucket Elevator (BE-102)	57
5.20	Silo (SL-101)	57
5.21	Belt Conveyor (BC-103)	58
5.22	Gudang Penyimpanan Produk (GD-102)	58
5.23	Pompa (P-101)	58
5.24	Pompa (P-102)	59
5.25	Pompa (P-103)	59
5.26	Pompa (P-104)	60
5.27	Pompa (P-105)	60
5.28	Pompa (P-106)	61
BAB VI UTILITAS		
6.1	Unit Penyediaan Steam	62
6.2	Unit Penyediaan Air	63
6.2.1	Kebutuhan Air	63
6.2.2	Pengolahan Air	65
6.2.3	Distribusi Air	66
6.3	Unit Penyediaan Udara Tekan	67
6.4	Unit Penyediaan Bahan Kimia	67
6.5	Unit Penyediaan Listrik	67
6.6	Unit Penyediaan Bahan Bakar	68
6.7	Spesifikasi Alat Utilitas	69
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA		
7.1	Instrumentasi	82
7.2	Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup	84

BAB VIII Organisasi dan Manajemen Perusahaan

8.1	Bentuk Perusahaan	-----	90
8.2	Struktur Organisasi	-----	91
8.3	Tugas dan Wewenang	-----	95
8.4	Status Karyawan dan Sistem Kerja	-----	102

BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN

9.1	Deskripsi Tata Letak	-----	111
9.2	Tata Letak Alat Proses	-----	112

BAB X ANALISA EKONOMI

10.1	<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	-----	117
10.2	<i>Total Production Cost (TPC)</i>	-----	118
10.3	Laba/Keuntungan	-----	119
10.4	<i>Pay-out Time (POT)</i>	-----	119
10.5	<i>Break Even Point (BEP)</i>	-----	119
10.6	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	-----	120

BAB XI KESIMPULAN

11.1	Kesimpulan	-----	122
------	------------	-------	-----

DAFTAR PUSTAKA	-----	
	-----	127
LAMPIRAN A	-----	
	-----	127
LAMPIRAN B	-----	
	-----	149
LAMPIRAN C	-----	
	-----	173
LAMPIRAN D	-----	
	-----	282
LAMPIRAN E	-----	
	-----	352



DAFTAR GAMBAR

	Halaman.
Gambar 1.1	Lokasi Pendirian Pabrik di Kabupaten Takalar ----- 13
Gambar 1.2	Rumput Laut Jenis <i>Eucheuma cottonii</i> ----- 16
Gambar 1.3	Struktur Dasar <i>Kappa Carragenan</i> ----- 18
Gambar 1.4	Struktur Dasar <i>Iota Carragenan</i> ----- 19
Gambar 1.5	Struktur Dasar <i>Lambda Carragenan</i> ----- 19
Gambar 2.1	Gugus Fungsi <i>Kappa Carrageenan</i> ----- 30
Gambar 6.1	Flowsheet Utilitas ----- 84
Gambar 8.1	Struktur Organisasi Perusahaan ----- 97
Gambar 9.1	Tata Letak Pabrik ----- 117
Gambar 9.2	Tata Letak Alat Proses ----- 118

DAFTAR TABEL

	Halaman.
Tabel 1.1	Ketersediaan <i>Eucheuma cottoni</i> di Sulawesi Selatan ----- 4
Tabel 1.2	Data Produksi <i>Eucheuma cottonii</i> di Indonesia ----- 5
Tabel 1.3	Data Kapasitas Produksi Karaginan di Indonesia ----- 5
Tabel 1.4	Data Produksi dan Konsumsi Karaginan di Indonesia ----- 6
Tabel 1.5	Data Ekspor dan Impor Karaginan di Indonesia ----- 6
Tabel 1.6	Karakteristik dan Rumput Laut pada Masing Kelas ----- 15
Tabel 1.7	Perbandingan <i>alcohol precipitation</i> dan <i>KCl precipitation</i> ---- 23
Tabel 2.1	Komposisi Kimia <i>Eucheuma cottonii</i> ----- 26
Tabel 2.2	Standar Mutu <i>Refined Kappa</i> Karaginan ----- 31
Tabel 3.1	Belt Conveyor (BC-101) ----- 37
Tabel 3.2	Tangki Bleaching (TB-101) ----- 38
Tabel 3.3	Tangki Pencucian (TP-101) ----- 39
Tabel 3.4	Rotary Knife Cutter (RK-101) ----- 40
Tabel 3.5	Ekstraktor (EK-101) ----- 41
Tabel 3.6	Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-101) ----- 42
Tabel 3.7	Tangki Presipitasi (TR-101) ----- 42
Tabel 3.8	Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-102) ----- 43
Tabel 3.9	Rotary Dryer (RD-101) ----- 44
Tabel 3.10	Ball Mill & Screener (BM-101 & SC-101) ----- 45
Tabel 3.11	Silo (SL-101) ----- 45
Tabel 4.1	Neraca Panas Total Ekstraktor (EK-101) ----- 46
Tabel 4.2	Neraca Panas Total Cooler (CO-101) ----- 47
Tabel 4.3	Neraca Panas Total Rotary Dryer (RD-101) ----- 47

Tabel 4.4	Neraca Panas Total Heater (HE-101)	48
Tabel 6.1	Data Kebutuhan Steam	62
Tabel 6.2	Data Kebutuhan Air Sanitasi	63
Tabel 6.3	Data Kebutuhan Air Proses	64
Tabel 6.4	Data Kebutuhan Air Laut	64
Tabel 6.5	Data Kebutuhan Air PDAM	64
Tabel 6.6	Data Kebutuhan Udara Tekan	67
Tabel 6.7	Data Kebutuhan Bahan Kimia	67
Tabel 6.8	Data Kebutuhan Listrik	68
Tabel 6.9	Data Kebutuhan Bahan Bakar	68
Tabel 8.1	Jadwal Kerja Karyawan Shift	103
Tabel 8.2	Jadwal Kerja Karyawan Shift	103
Tabel 8.3	Golongan Jabatan	105
Tabel 8.4	Perincian Gaji Karyawan	108



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Nur Innah Dahlan
NIM : 431 20 039
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Tempat / Tgl. Lahir : Watu-watu, 22 Maret 2002
Alamat : Watu-watu, Desa Julupa'mai, Kecamatan Pallangga
Kabupaten Gowa

Dengan ini menyatakan :

A. Tugas Akhir / Skripsi yang berjudul :

Pra Rancangan Pabrik Karaginan dari *Eucheuma Cottonii* Kapasitas 13.000 Ton/Tahun

Adalah benar disusun / dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti-bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir / Skripsi tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir / Skripsi tersebut merupakan plagiat/mencontek/menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

B. Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah hasil milik saya pribadi dan dapat saya pertanggung jawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Makassar, Oktober 2024
Hormat Saya,



(Nur Innah Dahlan)

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Husnul Musyayyadah Nur'Aini
NIM : 431 20 049
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Tempat / Tgl. Lahir : Kotu, 23 Desember 2001
Alamat : Aspol Panaikang Blok F/6

Dengan ini menyatakan :

A. Tugas Akhir / Skripsi yang berjudul :

Pra Rancangan Pabrik Karaginan dari *Eucheuma Cottonii* Kapasitas 13.000 Ton/Tahun

Adalah benar disusun / dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bkti-bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir / Skripsi tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir / Skripsi tersebut merupakan plagiat/mencontek/menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

B. Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah hasil milik saya pribadi dan dapat saya pertanggung jawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Makassar, Oktober 2024
Hormat Saya,



(Husnul Musyayyadah Nur'Aini)

PRA RANCANGAN PABRIK KARAGINAN DARI *EUCHEUMA COTTONII* KAPASITAS 13.000 TON/TAHUN

RINGKASAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil rumput laut terbesar di dunia dan menjadi salah satu komoditas ekspor namun memiliki nilai juga rendah sehingga dengan mengolahnya menjadi produk karaginan dapat meningkatkan harga jualnya. Karaginan merupakan produk turunan dari *eucheuma cottonii* yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Karaginan banyak digunakan dalam industri makanan, minuman dan dll. Indonesia masih ketergantungan akan impor karaginan dari luar sehingga dengan adanya prarancangan pabrik ini bertujuan untuk mengolah *Eucheuma cottonii* menjadi karaginan agar mampu menutupi ketergantungan Indonesia akan impor karaginan, meningkatkan devisa negara, serta menurunkan laju pengangguran di Indonesia.

Pabrik karaginan berbahan baku *eucheuma cottonii* di dirikan di Desa Laikang Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan dengan mempertimbangkan persediaan bahan baku, utilitas, sarana transportasi dan letak geografisnya. Pabrik tersebut direncanakan memproduksi sebanyak 13.000 ton/tahun dengan waktu operasi 24 jam/hari. Bahan baku yang digunakan adalah *Eucheuma cottonii* sebanyak 2.890,92 kg/jam. Jumlah karyawan sebanyak 181 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan menggunakan struktur organisasi garis dan staff.

Hasil analisa ekonomi menunjukkan: *Fixed Capital Investment* (TCI) sebesar Rp 1.047.482.332.910; *Working Capital Investment* (WCI) sebesar Rp 184.849.823.455; *Total Capital Investment* (TCI) sebesar Rp 1.232.332.156.364; *Break Even Point* (BEP) sebesar 51,96%; *Pay Out Time After Taxes* (POT) selama 3,02 Tahun; *Shut Down Point* (SDP) sebesar 31,4%. Berdasarkan hasil kajian ini, maka rencana pendirian layak untuk di laksanakan karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai masa depan yang baik.

PRE DESIGN CARRAGEENAN PLANT FROM *EUCHEUMA COTTONII* CAPACITY 13.000 TONS/YEAR

ABSTRACT

Indonesia is one of the largest seaweed producing countries in the world and is one of the export commodities but has a low value so that processing it into carrageenan products can increase its selling price. Carrageenan is a derivative product of *eucheuma cottonii* that has high economic value. Carrageenan is widely used in the food, beverage and etc. industries. Indonesia is still dependent on imports of carrageenan from outside so that the existence of this factory design aims to process *Eucheuma cottonii* into carrageenan in order to be able to cover Indonesia's dependence on carrageenan imports, increase foreign exchange, and reduce the unemployment rate in Indonesia.

A carrageenan plant made from *Eucheuma cottonii* was established in Laikang Village, Takalar Regency, South Sulawesi by considering the supply of raw materials, utilities, transportation facilities and geographical location. The plant is planned to produce 13,000 tons/year with an operating time of 24 hours/day. The raw material used is *Eucheuma cottonii* as much as 2,890.92 kg/hour. The number of employees is 181 people with the form of the company is a Limited Liability Company (PT) using a line and staff organizational structure.

The results of the economic analysis show: Fixed Capital Investment (TCI) of Rp 1,047,482,332,910; Working Capital Investment (WCI) of Rp 184,849,823,455; Total Capital Investment (TCI) of Rp 1,232,332,156,364; Break Even Point (BEP) of 51.96%; Pay Out Time After Taxes (POT) of 3.02 Years; Shut Down Point (SDP) of 31.4%. Based on the results of this study, the establishment plan is feasible because it is a profitable factory and has a good future.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim dengan luas laut sebesar 290.000 km² dan 108.000 km² panjang garis pantai (KKP, 2019). Luasnya wilayah laut yang ada menjadikan Indonesia memiliki potensi kelautan dan perikanan yang sangat besar. Indonesia memiliki kekayaan sumber daya maritim yang sangat besar dan beragam, salah satunya yaitu rumput laut. Perairan di Indonesia memiliki kekayaan hayati yang tinggi, terutama di laut memiliki berbagai biomassa yang berada diatas atau permukaan maupun yang berada di bawah atau dasar lautan. Salah satu hasil sumber daya kelautan dan perikanan adalah rumput laut (*sea weed*) yang menempati posisi penting dalam produksi kelautan dan perikanan Indonesia, khususnya usaha perikanan non ikan. Rumput laut sebagai salah satu komoditas unggulan dalam sektor perikanan yang pada tahun 2019 menempati urutan tertinggi volume komoditas kelautan dan perikanan yang diekspor (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2020).

Rumput laut merupakan salah satu komoditas budidaya berorientasi ekspor yang sedang ditingkatkan produktivitasnya, sesuai dengan program prioritas Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) tahun 2021- 2024 (KKP, 2022). Produksi rumput laut Indonesia ditargetkan akan meningkat dari tahun 2022- 2024 yaitu menjadi 2,29% (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2020). Pada perdagangan internasional, Indonesia menduduki peringkat pertama dalam ekspor rumput laut dengan volume ekspor pada tahun 2021 sebesar 187.504 ton dengan kontribusi 71% dari total ekspor dunia. Namun, Indonesia berada di peringkat ke-

2 dengan nilai US\$ 219.111 juta atau sekitar 32.5% dari total nilai ekspor dunia (Treadmap, 2022). Salah satu jenis rumput laut yang mempunyai nilai ekonomis tinggi adalah *Eucheuma Cottonii*.

Rumput laut *Eucheuma cottonii* termasuk salah satu jenis tanaman perairan yang saat ini banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia termasuk masyarakat Sulawesi (Rusli *et al.*, 2020; Palawe *et al.*, 2021). Pada tahun 2022 *Eucheuma cottonii* merupakan jenis rumput laut yang paling banyak dibudidayakan di Sulawesi Selatan dibandingkan jenis rumput laut lainnya sebesar 2.219.602,3 ton dan Kabupaten Takalar merupakan salah satu daerah produksi *Eucheuma cottonii* terbesar di provinsi Sulawesi Selatan yaitu 371.330,4 ton (DKP Sul-Sel, 2022). Rumput laut *Eucheuma cottoni* mempunyai potensi menghasilkan karaginan dengan senyawa polisakarida galaktosa yang mudah terhidrolisis dalam larutan yang bersifat asam dan stabil dalam suasana basa karena karaginan merupakan salah satu hidrokoloid dari rumput laut yang memiliki banyak manfaat di berbagai bidang industri.

Menurut Fathoni & Arisandi (2020), karaginan sangat penting peranannya sebagai *stabilisator* (pengatur keseimbangan), *thickener* (bahan pengental), pembentuk gel, pengemulsi, koloid pelindung, penggumpal, dan pencegah kristalisasi. Sampai saat ini meskipun Indonesia merupakan produsen utama rumput laut dunia, namun Indonesia masih ketergantungan akan impor karaginan dengan total impor di tahun 2021 sebesar 664,258 ton (BPS, 2021).

Berdasarkan pertimbangan dari sembilan industri karaginan di Indonesia yang memproduksi karaginan sebanyak 45.720 ton/tahun itu ternyata belum bisa

mencukupi kebutuhan akan karaginan, sehingga sangatlah perlu untuk dibuat suatu pra-rancangan pabrik karaginan dari *Eucheuma cottonii* yang bertempat di Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan yang diharapkan mampu menutupi ketergantungan Indonesia akan impor karaginan, meningkatkan devisa negara, serta dapat menurunkan pengangguran di Indonesia.

1.2 Kapasitas Rancangan

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknis dan ekonomis. Secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang akan diperoleh semakin besar. Dengan perencanaan yang tepat maka pabrik karaginan yang didirikan diharapkan:

1. Meningkatkan perekonomian Negara Indonesia
2. Terserapnya tenaga kerja yang berarti dapat mengurangi pengangguran dan pemanfaatan sumber daya alam
3. Memenuhi kebutuhan karaginan dalam negeri
4. Meningkatkan industrialisasi, berdirinya industri-industri lainnya yang menggunakan bahan karaginan dalam pembuatan suatu produk.

Pada pendirian pabrik, analisis pasar untuk menentukan kapasitas pabrik sangat penting. Apabila telah ditentukan maka dapat ditentukan pula volume reaktor, perhitungan neraca massa, neraca panas, dan lain-lainnya. Untuk menentukan kapasitas pabrik diperlukan data-data produksi dan pemakaian bahan yang bisa diperoleh dari Badan Pusat Statistika (BPS).

Adapun beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas, yaitu:

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor utama dalam menentukan kelangsungan pabrik. *Eucheuma cottonii* merupakan bahan baku utama dalam memproduksi karaginan, dimana ketersediaannya cukup melimpah di Sulawesi Selatan. Adapun produksi *Eucheuma Cottonii* di Sulawesi Selatan dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Ketersediaan *Eucheuma Cottonii* di Sulawesi Selatan 2022

Kabupaten	Kapasitas Produksi (Ton)
Luwu	310.570,8
Luwu Utara	40.956,0
Wajo	439.665,7
Bone	200.901,0
Bulukumba	120.859,0
Selayar	233,9
Bantaeng	44.530,1
Jeneponto	238.508,4
Takalar	371.330,4
Maros	25,0
Pangkep	321.756,0
Barru	949,9
Pare-Pare	7,9
Pinrang	23.405,2
Luwu Timur	145.979,0
Palopo	31.915,0
Total	2.291.602,3

Sumber: DKPSulSel, 2024

Pada tabel 1.1 Kabupaten Takalar merupakan salah satu kabupaten dengan produksi *Eucheuma Cottonii* terbesar di Sulawesi Selatan. Data perbandingan kapasitas produksi *Eucheuma cottonii* di Indonesia dan di Kabupaten Takalar dari tahun 2018-2022 dapat dilihat pada tabel 1.2 dibawah ini:

Tabel 1.2 Data Produksi *Eucheuma Cottonii* di Indonesia

Tahun	Kapasitas Produksi di Kab. Takalar (Ton)	Kapasitas Produksi di Indonesia (Ton)
2018	325.068,8	4.231.224,80
2019	276.002,4	4.108.908,50
2020	229.926,4	4.281.357,40
2021	328.531,5	4.632.540,90
2022	371.330,4	4.583.204,60

Sumber: BPS, 2024; DKPSulSel, 2024

1.2.2 Pertimbangan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas pabrik karaginan di Indonesia mengacu pada pabrik karaginan yang ada di Indonesia. Berikut adalah data kapasitas pabrik karaginan dari beberapa tahun terakhir yang ada di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.4 di bawah ini:

Tabel 1.3 Data Kapasitas Produksi Karaginan di Indonesia

Nama Industri	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
PT. Galie Artabahari	Jawa Barat	2.000
PT. Wahyu Putra Bimasakti	Makassar	1.000
PT. Bantimurung Indah	Maros, Sulsel	600
PT Kappa Carrageenan Nusantara	Jawa Timur	600
PT Asia Sejahtera Mina	DKI Jakarta	36.000
PT Hydrocolloid Indonesia	Bogor	720
PT. Indonusa Algaenas Prima	Denpasar	2.000
PT. Indo Seaweed	Jakarta Selatan	1.800

PT. Amarta Carrageenan Surabaya 1.000
Indonesia

Sumber: kemenperin,2024

1.2.3 Data Karaginan di Indonesia

Data produksi dan konsumsi di Indonesia dari tahun 2017-2021 dapat dilihat pada tabel 1.4 di bawah ini:

Tabel 1.4 Data Produksi dan Konsumsi Karaginan di Indonesia

Tahun	Produksi (Ton)	Pertumbuhan	Konsumsi (Ton)	Pertumbuhan
2017	47.385,104	-	43.284,004	-
2018	49.295,501	4,03%	44.284,004	2,47%
2019	51.205,899	3,88%	44.985,146	1,43%
2020	53.116,296	3,73%	41.704,616	-7,29%
2021	55.026,693	3,60%	41.549,637	-0,37%
Total	256.029,493	0,152	215.876,46	-3,769
Rata-rata	51205,898	0,038	4797,254	-0,942

Sumber: Kemenperin,2024

Data ekspor dan impor di Indonesia tahun 2017-2021 dapat dilihat pada tabel 1.5 dibawah ini:

Tabel 1.5 Data Ekspor dan Impor Karaginan di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton)	Pertumbuhan	Impor (Ton)	Pertumbuhan
2017	4.101,101	-	115,400	-
2018	4.942,442	20,52%	31,057	-73,09%

2019	6.220,754	25,86%	195,152	528,37%
2020	11.411,681	83,45%	132,453	-32,13%
2021	13.477,057	18,10%	58,249	-56,02%
Total	40.153,035	1,479	532,311	3,671
Rata-rata	8030,607	0,369	106,462	0,917

Sumber: Kemenperin,2024

Permintaan ekspor rumput laut kering mengalami peningkatan ekspor mulai dari tahun 2015 sampai dengan 2019. Harga ekspor rumput laut, GDP (Gross Domestic Product) riil negara tujuan ekspor dan jarak ekonomi antara Indonesia dengan negara importir rumput laut merupakan faktor-faktor yang memengaruhi volume permintaan ekspor ke sepuluh besar negara tujuan yaitu Cina, Filipina, Vietnam, Republik Korea, Cili, United Kingdom, USA, Hongkong, Jerman dan Perancis. Rumput laut kering sebagai bahan baku yang belum diberi nilai tambah hanya memiliki nilai jual sebesar Rp. 7.000 per kilogram. Untuk rumput laut yang sudah diberi nilai tambah dalam bentuk chip memiliki nilai jual sebesar Rp. 60,000 per kilogram, semi refined carrageenan memiliki nilai jual sebesar Rp. 80,000 per kilogram, refined carrageenan memiliki nilai jual Rp. 200,000 per kilogram untuk food grade dan Rp. 180,000 per kilogram pada industrial grade. Dengan tingkat harga yang rendah pada rumput laut kering sebagai bahan baku, tidak heran banyak negara lain yang memutuskan untuk membeli bahan baku rumput laut kering dari Indonesia. Harga jual yang rendah dari rumput laut kering menyebabkan peningkatan permintaan ekspor secara besar-besaran dengan harga yang relatif rendah sehingga keuntungan yang didapat

oleh petani rumput laut juga tidak maksimal. Hal tersebut tentu tidak hanya merugikan petani terutama dalam kondisi pandemi seperti ini.

Industri pengolahan rumput laut domestik juga mengalami kendala yaitu kesulitan mendapatkan bahan baku sehingga produksi rumput olahan dalam negeri mengalami penurunan produksi. Dari hasil penelitian yang dilakukan menggunakan data panel dengan gravity model pada periode waktu 2015 – 2019, maka diketahui bahwa harga ekspor dan jarak ekonomi berpengaruh negatif dan signifikan terhadap volume ekspor rumput laut, sementara GDP (*Gross Domestic Product*) riil memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap volume permintaan rumput laut. Sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri pengolahan karaginan, maka perlu diberlakukannya bea keluar pada ekspor rumput laut kering.

Dari hasil analisis elastisitas harga diketahui bahwa dengan pengenaan Bea Keluar rumput laut sebesar 18% akan secara efektif dapat menurunkan permintaan ekspor rumput laut dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri pengolahan rumput laut dalam negeri. Selain kebijakan untuk mengurangi ekspor rumput laut kering, dibutuhkan program system kemitraan dan penyuluhan kepada para petani rumput laut untuk dapat meningkatkan kualitas budidaya dan menambahkan nilai tambah pada hasil produksi rumput laut. Sementara untuk pelaku industri pengolahan rumput laut dibutuhkan program pendampingan mulai dari awal proses hingga proses pemasaran produk untuk mengoptimalkan kualitas output rumput laut olahan yang dapat bersaing di pasar internasional.

1.2.4 Penentuan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi dari data produksi, kebutuhan, ekspor dan impor di Indonesia tahun 2017-2021 dapat dilihat pada tabel 3.4 dan 3.5. Maka dapat diperkirakan jumlah kapasitas produksi karaginan pada tahun 2028 saat pabrik didirikan, yaitu dengan menggunakan metode *discounted method* menggunakan persamaan berikut ini (Ulrich, 1984) :

$$F = P (1 + i)^n \dots\dots\dots (1.1)$$

Dimana :

F : nilai kebutuhan pada tahun ke-n

P : besarnya data pada tahun terakhir dalam sumber data (ton/tahun)

i : kenaikan data rata-rata

n : selisih tahun (tahun ke-n)

Perkiraan impor karaginan pada tahun 2028 (F_1) sebagai berikut:

$$F_1 = P (1 + i)^n$$

Sehingga:

$$F_1 = 58,249 (1+0,918)^7$$

$$F_1 = 5.558,343 \text{ ton/tahun}$$

Perkiraan produksi karaginan pada tahun 2028 (F_2) sebagai berikut:

$$F_2 = 55.026,693 (1+0,0381)^7$$

$$F_2 = 71.483,758 \text{ ton/tahun}$$

Perkiraan ekspor karaginan pada tahun 2028 (F_4) sebagai berikut:

$$F_4 = 13.477,057 (1+0,369)^7$$

$$F_4 = 121.958,544 \text{ ton/tahun}$$

Perkiraan konsumsi karaginan pada tahun 2028 (F_4) sebagai berikut:

$$F_5 = 41.549.637 (1+(-0,942))^7$$

$$F_5 = 0,00008874 \text{ ton/tahun}$$

Peluang kapasitas produksi karaginan pada tahun 2028 (F_3) dapat ditentukan dengan persamaan (Max et al,1999);

$$F_1 + F_2 + F_3 = F_4 + F_5 \dots\dots\dots (1.2)$$

Keterangan:

F_1 : Nilai impor 2028 (ton/tahun)

F_2 : Nilai produksi dalam negeri (ton/tahun)

F_3 : Proyeksi kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2028 (ton/tahun)

F_4 : Nilai ekspor tahun 2028 (ton/tahun)

F_5 : Nilai konsumsi tahun 2028 (ton/tahun)

Sehingga:

$$F_3 = (F_4+F_5)-(F_1+F_2)$$

$$F_3 = ((121.958,5441 + 0,00008874) - (5.558,343 + 71.483,75851)) \text{ ton/tahun}$$

$$F_3 = 187.883,959 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan data-data yang diperoleh, proyeksi kapasitas pabrik karaginan pada tahun 2028 di Indonesia untuk skala lokal menunjukkan ketersediaan bahan baku *Eucheuma cottoni* di Indonesia khususnya Kab. Takalar (Tabel 1.1) untuk produksi karaginan, maka diasumsikan 7% dari peluang proyeksi kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2028, yakni 7% x 187.883,959 ton/tahun =

13.151,877 ton/tahun. Sehingga dapat diprediksi perancangan pabrik karaginan yang akan dibangun pada tahun 2028 memiliki kapasitas sebesar 13.000 ton/tahun.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik merupakan faktor yang sangat berkaitan dengan efisiensi perusahaan ditinjau dari segi ekonomi dan sosial dari masyarakat karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan selanjutnya. Oleh karena itu, perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Adapun faktor-faktor dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain:

1.2.1 Faktor Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan salah satu faktor utama dalam pemilihan lokasi, karena lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku akan mengurangi biaya transportasi atau pengangkutan bahan baku. Selain itu, dekatnya lokasi bahan baku membuat proses di dalam pabrik lebih efisien karena bahan baku akan dengan cepat sampai ke pabrik.

Bahan baku berupa rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* pada pabrik ini diperoleh dari Desa Laikang, Kabupaten Takalar yang merupakan produsen nomor satu di Sulawesi Selatan. Hal ini dikarenakan Desa Laikang memiliki potensi luas areal usaha budidaya sebesar ± 10.000 Ha dengan luas areal yang telah diusahakan sebesar 3.773 Ha. Produksi budidaya rumput laut di Desa Laikang pada tahun 2021 menyentuh 195.399,03 ton atau sekitar 32% dari total produksi rumput laut di Kabupaten Takalar (Dinas Kelautan dan Perikanan Takalar, 2021).

1.3.2 Faktor Geografis

Secara astronomis, Kabupaten Takalar terletak diantara 5°30'-5°38' Lintang Selatan dan 119°22'-119°39' Bujur Timur. Berdasarkan posisi geografis, di sebelah timur Kabupaten Takalar berbatasan dengan Kabupaten Gowa dan Jeneponto. Di sebelah utara, berbatasan dengan Kabupaten Gowa. Sedangkan di sebelah barat dan selatan dibatasi oleh Selat Makassar dan Laut Flores. Kabupaten Takalar terdiri dari 100 desa/kelurahan yang terletak di 9 kecamatan, yaitu Kecamatan Mangarabombang, Mappakasunggu, Sanrobone, Polombangkeng Selatan, Pattallassang, Polombangkeng Utara, Galesong Selatan, Galesong serta Kecamatan Galesong Utara dengan luas wilayah Kabupaten Takalar tercatat 566,51 km² (DPMPTSP, Sul-Sel, 2023).

Kabupaten Takalar merupakan salah satu lokasi percontohan kawasan budidaya rumput laut yang telah mejadi produsen nomor satu di Sulawesi Selatan. Menurut data Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Takalar, Desa Laikang memiliki potensi budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*.

1.3.3 Faktor Infrastruktur

Kondisi infrastruktur di Kabupaten Takalar pada umumnya dalam kondisi baik dan dapat dilalui oleh kendaraan. Kondisi ini sangat mendukung aktivitas pengangkutan bahan baku maupun produk.

1.3.4 Utilitas

Ketersediaan fasilitas utilitas yang meliputi penyediaan air, bahan bakar, dan listrik yang memadai. Daerah Kabupaten takalar memiliki kawasan industri yang terencana sehingga kebutuhan utilitas seperti tenaga listrik dan bahan bakar dapat diatasi. Tenaga listrik dapat diambil dari PLN setempat dengan generator

sebagai cadangannya. Sedangkan untuk kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai sekitar Indutri Takalar, Sulawesi Selatan.

1.3.5 Transportasi

Fasilitas transportasi berupa angkutan darat cukup memadai, sehingga proses pengiriman bahan baku ataupun pemasaran produk dapat berjalan lancar. Selain itu, kabupaten Takalar juga dekat dengan sarana transportasi seperti sarana pengangkutan atau pembongkaran barang dari kapal baik barang dari asal Indonesia maupun luar negeri, ada juga saran pengangkut dengan kereta api maupun jalan raya sehingga memberi kemudahan dalam operasional administrasi dan pengelolaan manajemen (DKP, Sul-Sel, 2024).

Berdasarkan factor-faktor diatas, maka lokasi yang memungkinkan untuk dibangun pabrik *Kappa* Karaginan, yaitu daerah Desa Laikang, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan.



Gambar 1.1 Lokasi pendirian pabrik di Kabupaten Takalar

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*)

Rumput laut merupakan mikro *algae* yang termasuk dalam divisi *Thallophyta*, yaitu tumbuhan yang mempunyai struktur kerangka tubuh yang terdiri dari batang (*thallus*) dan tidak memiliki daun serta akar (Soetjipto, *et al.*, 2019). Berbeda dengan tanaman sempurna pada umumnya rumput laut tidak memiliki akar, batang dan daun. Jenis rumput laut sangat beragam mulai dari yang berbentuk bulat, pipih, tabung, atau seperti ranting dahan bercabang-cabang. Rumput laut dibagi dalam empat kelas yaitu *Chlorophyceae* (ganggang hijau), *Rhodophyceae* (ganggang merah), *Cyanophyceae* (ganggang biru), *Phaeophyceae* (ganggang coklat) (Hendrawati, 2016). Jenis rumput laut yang banyak terdapat di perairan Indonesia adalah *Gracilaria*, *Gelidium*, *Eucheuma*, *Hypnea*, *Sargasum*, dan *Tubrinaria*.

Rumput laut alga merah lebih sering dimanfaatkan daripada alga hijau dan coklat. Untuk alga hijau beberapa peneliti telah membuat sargasum yang mendapat perhatian walaupun begitu masih dalam tahap penelitian. Sedangkan untuk usaha budidaya sampai saat ini belum dikembangkan alga coklat menghasilkan alginat. Selain itu usaha rumput laut khususnya jenis *Euchema* menghasilkan polisakarida dalam bentuk agar dan karaginan. Polisakarida tersebut banyak dimanfaatkan dalam dunia perindustrian, sehingga memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Selain itu juga mengakibatkan permintaan pasar dari

tahun ke tahun mengalami peningkatan. Sebagai contoh rumput laut telah banyak digunakan sebagai bahan makanan, kosmetik dan obat-obatan tradisional. Berikut ini merupakan karakteristik rumput laut berdasarkan kelasnya masing-masing:

Tabel 1.6 Karakteristik dari Rumput Laut pada Masing-Masing Kelas

Jenis Rumput Laut	Pigmen	Zat Penyusun Dinding Sel	Habitat
<i>Chlorophyta</i> (hijau)	Klorofil a, klorofil b dan (<i>Chlorophyta</i>)karotenoid (<i>siponaxantin, siponein, lutein, violaxantin, dan zeaxantin</i>)	Selulosa	Air asin; Air tawar
<i>Phaeophyta</i> (coklat)	Klorofil a, klorofil c (c1 dan c2) dan (<i>karotenoid fukoxantin, violaxantin, zeaxantin</i>)	Asam alginat	Laut
<i>Rhodophyta</i> (merah)	Klorofil a, klorofil d dan <i>pikobiliprotein</i> (<i>pikoeritrin</i> dan <i>pikoesianin</i>)	CaCO ₃ (kalsiumkarbonat), selulosadan produk fotosintetik berupa karagenan, <i>full cellaran</i> dan <i>polpiran</i>	Air laut; sedikit di air tawar
Pirang (<i>chrysophyta</i>)	<i>karotin; xantofil</i>	<i>Silicon</i>	Laut; air tawar

Sumber: Kimball, 1992; Pelczer & Chan, 1986; Simpson, 2006

Salah satu jenis rumput laut yang dibudidayakan, dikembangkan, dan diperdagangkan yaitu jenis karaginofit yang diantaranya *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma spinosium*, *Eucheuma edule*, *Eucheuma serra*, dan *Eucheuma spp* (Soetjipto, *et al.*, 2019). Rumput laut *Eucheuma cottonii* atau *Kappaphycus alvarezii* merupakan salah satu karaginofit paling banyak dibudidayakan di Indonesia dan secara luas dikenal dengan nama *Eucheuma cottonii*. Sulawesi Selatan adalah salah satu wilayah budidaya *Eucheuma cottonii* dengan total produksi pada tahun 2022 sebesar 2.219.602,3 ton (DKP Sul- Sel, 2022).

Rumput laut *Eucheuma cottonii* merupakan rumput laut dari kelompok *Rhodopyceae* (alga merah) yang mampu menghasilkan karaginan. *Eucheuma* dikelompokkan menjadi beberapa spesies yaitu *Eucheuma edule*, *Eucheuma spinosum*, *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma cupressoideum* dan masih banyak lagi yang lain. *Eucheuma cottonii* memiliki ciri-ciri yaitu *thallus silindris* percabangan *thallus* berujung runcing atau tumpul, ditumbuhi *nodulus* (tonjolan-tonjolan) berwarna coklat kemerahan, *carthilageus* (menyerupai tulang rawan atau muda), percabangan bersifat *alternates* (berseling) dan tidak teratur. Adapun klasifikasi *Eucheuma cottonii* menurut Anggadireja (2006), yaitu sebagai berikut:



Gambar 1.2 Rumput laut jenis *eucheuma cottonii*

<i>Kingdom</i>	: <i>Plantae</i>
<i>Divisi</i>	: <i>Rhodophyta</i>
<i>Kelas</i>	: <i>Rhodophyceae</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Gigartinales</i>
<i>Famili</i>	: <i>Solieracea</i>
<i>Genus</i>	: <i>Eucheuma</i>
<i>Species</i>	: <i>Eucheuma cottonii</i> (<i>kappaphycus alvarezi</i>)

1.4.2 Karaginan

Produk turunan dari rumput laut yang nilainya tinggi adalah hidrokoloid, yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam produk pangan maupun non-pangan. Hidrokoloid merupakan senyawa yang berasal dari sayuran, hewan, mikroba atau komponen sintetik yang dapat larut dalam air, mampu membentuk koloid, dan dapat mengentalkan atau membentuk gel dari suatu larutan (Soetjipto, *et al.*, 2019). Salah satu jenis hidrokoloid yang banyak digunakan dalam industri yaitu karaginan.

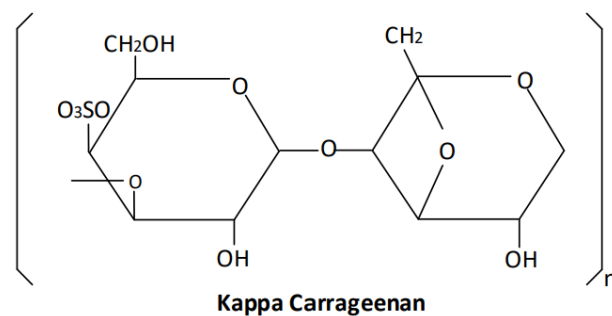
Karaginan merupakan senyawa polisakarida yang disusun oleh senyawa 3,6-anhidro-galaktosa, yang diperoleh dari hasil ekstraksi rumput laut merah dengan menggunakan air panas atau larutan alkali pada temperatur tinggi (Peranginangin, *et al.*, 2013). Karaginan juga merupakan rumput laut yang diekstraksi dengan air atau larutan alkali dari spesies tertentu dari kelas *Rhodophyceae* (alga merah) biasanya *Chondrus crispus*, *Eucheuma cottonii*, dan *Eucheuma spinosum*. Rumput laut yang mengandung karaginan yaitu dari marga *Eucheuma*. Terdapat tiga jenis karaginan yaitu *iota* karaginan dikenal dengan tipe *spinosum*, *kappa* karaginan dikenal dengan tipe *Cottonii*, dan *lambda* karaginan. *Iota* karaginan berupa jeli lembut dan fleksibel atau lunak. *Kappa* karaginan

berupa jeli bersifat kaku dan getas serta keras, sedangkan *lambda* karaginan tidak dapat membentuk jeli, tetapi berbentuk cair yang *viscous* (Hendrawati, 2016).

Struktur dasar karaginan terdiri dari tiga tipe karaginan yaitu kappa, iota dan lambda karaginan:

a. *Kappa* Karaginan

Kappa karaginan tersusun dari α (1,3) D-galaktosa 4-sulfat dan β (1,4) 3,6 anhidro-D-galaktosa. Disamping itu karaginan sering mengandung Dgalaktosa 6-sulfat dan ester 3,6 anhydro D-galaktosa 2-sulfat mengandung gugusan 6-sulfat, dapat menurunkan daya gelasi dari karaginan, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya transeeliminasi gugusan 6-sulfat, yang menghasilkan terbentuknya 3,6 anhidro-D-galaktosa. Struktur dasar kappa karaginan dapat dilihat pada gambar berikut:

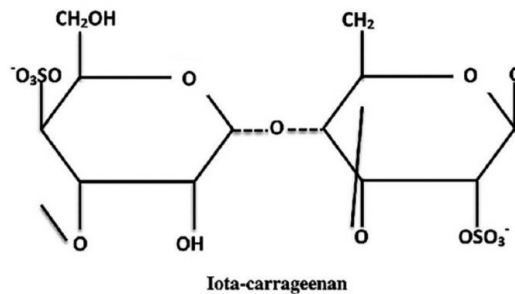


Gambar 1.3 Struktur Dasar *Kappa Carrageenan*

b. Iota karaginan

Iota karaginan ditandai dengan adanya 4-sulfat ester pada setiap residu Dglukosa dan gugusan 2-sulfat ester pada setiap gugusan 3,6 anhidro-Dgalaktosa. Gugusan 2-sulfat ester tidak dapat dihilangkan oleh proses pemberian alkali seperti halnya kappa karaginan. Iota karaginan sering mengandung beberapa gugusan sulfat ester yang menyebabkan kurangnya keseragaman molekul yang

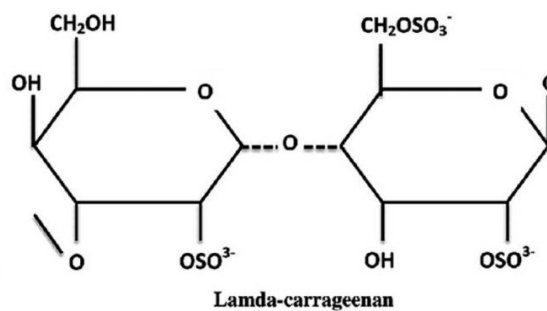
dapat dihilangkan dengan pemberian alkali (Winarno 1990). Struktur dasar iota karaginan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1.4 Struktur Dasar *Iota Carrageenan*

c. Lambda karaginan

Lambda karaginan berbeda dengan kappa dan iota karaginan, karena memiliki sebuah residu disulfat α (1,4) D-galaktosa. Tidak seperti halnya pada kappa dan iota karaginan yang selalu memiliki gugus 4-phosphat ester. (Winarno 1990). Struktur dasar lambda karaginan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1.5 Struktur Dasar *Lambda Carrageenan*

Karaginan sangat penting perannya sebagai *stabilisator* (pengatur keseimbangan), *thickener* (bahan pengental), pembentuk gel, pengemulsi, koloid pelindung, penggumpal, dan pencegah kristalisasi. Selain itu karaginan banyak digunakan pada pembuatan makanan, industri farmasi, dan kosmetik sebagai bahan pembuat gel, perenyah, pengental atau penstabil. Karaginan

diperdagangkan secara luas untuk keperluan industri maupun untuk ekspor. Nilai ekspor karaginan Indonesia tahun 2020 sebesar 11.411,681 ton dan mengalami peningkatan pada tahun 2021 sebesar 13.477,057 ton (Kemenperin, 2021). Salah satu penghasil utama karaginan adalah rumput laut merah dengan jenis *Eucheuma Cottoni*.

Adapun manfaat dan kegunaan karaginan menurut Andi, *et al.*, (2012) dalam bidang industri adalah sebagai berikut:

a. Bidang makanan

Dalam bidang makanan karaginan digunakan sebagai pengental pensuspensi, penstabil, dan pengemulsi. Karaginan juga dapat digunakan untuk menghasilkan tekstur yang renyah pada industri crackers, wafer, kue dan jenis biskuit lainnya, sekaligus untuk menghasilkan makanan dan minuman yang rendah kalori untuk diet. Pada pembuatan roti karaginan digunakan sebagai penstabil dalam lapisan gula. Sedangkan pada pembuatan saus dan kecap digunakan sebagai pengental dan penstabil alami. Selain itu sebagai stabilizer, karaginan juga digunakan pada pembuatan susu, es krim, keju dan coklat. Kemampuan karaginan dalam membentuk busa dan kejernihan menyebabkan hidrokoloid tersebut dimanfaatkan dalam proses pembuatan bir. Demikian halnya dengan kemampuan gel dan lapisan film dimanfaatkan pada pengolahan produk dalam kaleng, misalnya daging, ikan, buah-buahan sebagai bahan pengental dan pembuatan gel, serta pensuspensi.

b. Bidang kosmetik

Industri kosmetik digunakan untuk pembuatan sabun, krim, pasta gigi, lotion, shampoo dan pewarna rambut. Rumpaut laut mengandung banyak mineral-mineral dalam konsentrasi yang relatif tinggi dan bermanfaat untuk kesehatan misalnya iodium, belerang, asam amino, protein dengan bobot molekul rendah. Ekstrak koloid rumput laut menunjukkan sifat kapabilitas tinggi sehingga mampu disatukan dengan bahan-bahan lain untuk membentuk tekstur yang diinginkan. Manfaat lainnya yaitu memberikan rasa lembut di kulit, menormalkan tegangan kulit (*skin distention*) dan memberikan nutrisi pada kulit dan memperlambat proses penuaan pada kulit (*anti wrinkle*).

c. Bidang farmasi

Industri farmasi digunakan untuk peluntur, bahan suspensi, pengemulsi, penstabil, tablet, salep, kapsul, plester, dan sebagainya. Karaginan merupakan senyawa yang bersifat hidroklorid yang sangat bermanfaat dalam industri farmasi khususnya sebagai bahan *addictive*. Rumpaut lut juga memiliki produk hasil metabolik sekunder berupa senyawa *bioactive* (*bioactive substances*). Selain itu, rumput laut sendiri mengandung asam amino dari hasil metabolik primernya. Peneliti kimia farmasi menunjukkan pula bahwa rumput laut menghasilkan banyak metabolit sekunder dengan variasi struktur senyawa yang unik dan menunjukkan keaktifan secara biologi.

d. Industri Tekstil

Rumpaut laut dimanfaatkan sebagai *printing silk* atau *silk serve printing*. Dapat memperbaiki warna yang timbul dan digunakan sebagai *finishing* sebagai bahan perekat (*adhesive*) yang sangat dibutuhkan dalam penganyaman kapas

(*cotton*) atau benang. Selain itu, rumput laut digunakan dalam pewarnaan tekstil agar diperoleh warna yang merata, tidak pecah dan lembut.

e. Pupuk Organik

Rumput laut dapat digunakan sebagai produk organik karena mengandung nitrogen dan kalium terutama rumput laut merah dan coklat. Pemupukan dengan rumput laut dapat membantu mengikat pasir tanah, memecah tanah liat atau lumpur dan meningkatkan kesuburan tanah.

1.4.3 Teknologi Proses Pembuatan Karaginan

Metode dalam proses pembuatan karaginan terdapat beberapa macam metode proses yang dapat dilakukan yaitu *alcohol precipitation* dan KCl precipitation:

1. Proses *Alcohol Precipitation*

Ganggang merah kering dengan kadar air 23,55% dicuci dan ditambahkan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Ganggang merah yang sudah bersih dikeringkan di *rotary dryer* dan dihaluskan menggunakan *crusher*, lalu dimasukkan ke dalam ekstraktor dan di campur dengan air (1:40) dan KOH 10% dengan suhu 95°C. Ekstraksi dilakukan selama 3 jam. Hasil ekstraksi disaring menggunakan *rotary drum vakum filter* dan filtrat dievaporasi hingga konsentrasi 53%, lalu diturunkan suhunya hingga 40°C. Filtrat dimasukkan ke tangki pengendapan, kemudian ditambahkan isopropil alkohol dengan perbandingan 1:2 berat filtrat karaginan. Cairan dari tangki pengendapan disaring dengan menggunakan *rotary drum vakum filter*. Karaginan yang berupa *cake* dikeringkan menggunakan *rotary dryer*. Selanjutnya karaginan

dihaluskan menggunakan *ball mill* dan diangkat ke *silo* produk (Herman & Hasnillasari, 2020).

2. Proses KCl *Precipitation*

Rumput laut *Eucheuma cottonii* dicuci menggunakan air suling untuk menghilangkan kotoran pada rumput laut. Rumput laut dicuci selama 10-30 menit sampai bersih, lalu dipotong sekitar 1-3 cm. Rumput laut kemudian direbus dalam larutan basah atau logam alkali tanah, seperti NaOH, Ca(OH)₂, dan KOH. Setelah langkah modifikasi, ekstrak panas disaring untuk menghilangkan bahan tidak larut seperti hemiselulosa, selulosa, dan partikulat lainnya. Kemudian ditambahkan asam untuk mengontrol pH menjadi 7,5-10,5. Selanjutnya, larutan garam KCl dingin digunakan untuk mengentalkan dan mengendapkan karaginan (Husin, 2014). Karaginan dipisahkan menggunakan *filter press* untuk menghilangkan air sebanyak mungkin. Kemudian dikeringkan, ditimbang, dan digiling menjadi bubuk halus.

Adapun perbandingan dari proses *alcohol precipitation* dan KCl *precipitation*, sebagai berikut:

Tabel 1.7 Perbandingan *alcohol precipitation* dan KCl *precipitation*

No	Parameter	Macam Proses	
		Kcl <i>Precipitation</i>	<i>Alcohol Precipitation</i>
1.	Bahan Baku	KOH , KCl, NaClO, dan dapat digunakan pada karaginan tipe kappa.	Ca(ClO) ₂ , KOH, Isopropil Alcohol, dan dapat digunakan pada berbagai tipe karaginan.

2.	Peralatan	Peralatan yang digunakan lebih sederhana dan efisien.	Peralatan yang digunakan lebih kompleks
3.	Kondisi Operasi: Suhu ekstraksi	85,8°C	95°C
4.	Proses	<i>Bleaching</i> dan pencucian, pemasakan, netralisasi, ekstraksi, presipitasi, dan pengeringan	Pencucian, pengeringan, penghalusan, ekstraksi, dan evaporasi
5.	Hasil Samping	Larutan residu	Larutan residu alcohol
6.	Aspek Ekonomi	Biaya produksi sedang karena harga KCl lebih murah dibanding alcohol.	Biaya produksi cukup tinggi, sehingga jarang digunakan dalam industri.
7.	Aspek dampak lingkungan	Sedang	Tinggi
8.	Penggunaan Energi	Energi yang dibutuhkan lebih sedikit.	Energi yang digunakan lebih banyak karena peralatan yang lebih kompleks

Sumber: Nurmiah, 2013 dan Peranginangin, et al., 2013

Berdasarkan hasil penelitian Subiyantoro (2009) terkait karaginan dengan beberapa metode dihasilkan kadar air untuk metode *Alcohol Precipitation* yaitu 9,22% sedangkan kadar air untuk metode *KCl Precipitation* yaitu 9,24%, sehingga kedua metode ini dapat menghasilkan kualitas karaginan yang sangat baik karena memiliki kadar air yang sesuai Standar Mutu *Refined Kappa Karaginan*. Metode *KCl precipitation* lebih mudah dikendalikan dibandingkan dengan metode *alcohol precipitation* karena konsentrasi KCl dapat dengan mudah diatur untuk mengoptimalkan ekstraksi karaginan selain itu KCl juga kurang beracun dibandingkan alcohol karena KCl merupakan zat yang tidak beracun

sedangkan alcohol dapat menjadi racun jika tidak ditangani dengan baik serta hemat biaya dimana KCl lebih murah dibandingkan dengan *alcohol* sehingga bisa lebih ekonomis untuk produksi skala besar. Oleh karena itu, berdasarkan perbandingan kedua metode diatas, maka metode pembuatan karaginan yang dipilih dalam pra rancangan pabrik ini yaitu metode KCl *precipitation*.



BAB II DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1.1 *Eucheuma Cottonii*

Eucheuma cottonii merupakan bahan baku utama dalam pembuatan karaginan. Rumput laut *Eucheuma cottonii* merupakan rumput laut dari kelompok *rhodopyceae* (alga merah) yang mampu menghasilkan karagenan. *Eucheuma cottonii* memiliki ciri-ciri yaitu *thallus* silindris percabangan *thallus* berujung runcing atau tumpul, ditumbuhi *nodulus* berwarna coklat kemerahan, *carthilageneus* (menyerupai tulang rawan atau muda), percabangan bersifat *alternates* (berseling) dan tidak teratur. Komposisi *Eucheuma cottonii* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia *Eucheuma Cottonii*

Komposisi	Jumlah
D-galaktosa-4-sulfat D-galaktosa-6-sulfat (Karaginan)	62,67%
Protein	4,95%
Lemak	0,95%
Kadar air	16,85%
Kadar abu	4,65%
Serat kasar	9,93%
Impuritas	0,1%
Total	100%

Sumber: Daftar komponen Bahan Makanan Direktorat Gizi Kesehatan RI,2019

2.1.1.2 Air (H₂O)

Sifat Fisika H₂O

- a. Rumus Kimia : H₂O
- b. Berat Molekul : 18,02 g/mol
- c. Titik didih : 100°C
- d. Titik beku : 0°C
- e. Densitas : 1 g/cm³
- f. Kelarutan dalam air : -
- g. Spesifik gravity : 1
- h. Kenampakan : cairan, tidak berwarna pH 7

Sumber: Perry & Green, 1997

Sifat Kimia

1. Air dapat melarutkan banyak zat kimia.
2. Air bersifat amfoter yaitu dapat bertindak sebagai asam ataupun basa.
3. Air dapat menghidrolisis senyawa ionic.

2.1.1.3 Kalium Klorida (KCl)

Sifat Fisika Kalium Klorida

- a. Rumus Kimia : KCl
- b. Berat molekul : 74,55 g/mol
- c. Titik didih : 1500°C
- d. Titik beku : 790°C
- e. Densitas : 1,98 g/cm³ (20°C)
- f. Kelarutan dalam air : 34 (g/100g H₂O, 20°C)
- g. Spesifik gravity : 1,988
- h. pH : 5,5-8,5
- i. Kenampakan : padatan, berwarna putih

Sumber: Perry & Green, 1997

Sifat Kimia

- a. Kalium klorida terionisasi sempurna menjadi ion K^+ dan Cl^- dalam air, larutan yang terbentuk memiliki nilai konduktivitas listrik yang tinggi.

2.1.1.4 Kalium Hidroksida (KOH)

Sifat Fisika Kalium Hidroksida

- a. Rumus Kimia : KOH
- b. Berat molekul : 56,11 g/mol
- c. Titik didih : 1320°C
- d. Titik beku : 380°C
- e. Densitas : 2,12 g/cm³ (25°C)
- f. Kelarutan dalam air : 121 (g/100g H₂O, 25°C)
- g. Spesifik gravity : 2,044
- h. Kenampakan : padatan, berwarna putih
- i. pH : 13,5

Sumber: Perry & Green, 1997

Sifat Kimia

1. KOH adalah padatan yang sangat higroskopis yang menyerap air dan juga CO₂ dari udara.
2. KOH larut dalam air membentuk larutan basa kuat yang terionisasi membentuk ion K^+ dan OH^- dengan reaksi yang sangat eksotermik.
3. Mudah bereaksi dengan asam untuk membentuk berbagai macam garam kalium.

Sifat Kimia

1. HCL merupakan asam kuat yang bersifat korosif.
2. Asam klorida adalah asam kuat karena benar-benar terdisosiasi dalam air membentuk ion hydrogen (H^+) dan klorida (Cl^-).

2.1.1.5 Natrium Hipoklorit ($NaClO$)

Sifat fisika Natrium Hipoklorit

- a. Rumus Kimia : $NaClO$
- b. Berat molekul : 74,45 g/mol
- c. Titik didih : $111^{\circ}C$
- d. Titik beku : $-28,9^{\circ}C$
- e. Densitas : 1,11 kg/L
- f. Kelarutan dalam air : 29,3 (g/100g H_2O , $0^{\circ}C$)

Sumber: Perry & Green, 1997

Sifat Kimia

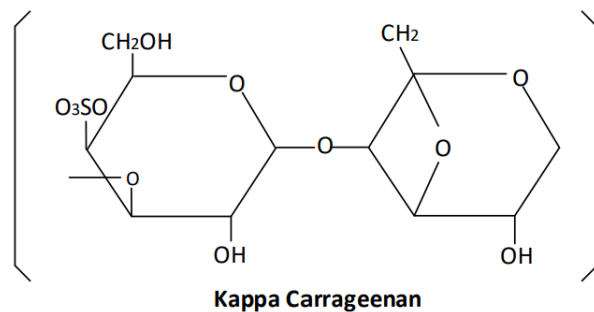
1. $NaClO$ merupakan oksidator kuat dan bersifat asam.
2. Dapat membentuk garam ketika bergabung dengan asam protik seperti HCl, sekaligus menghasilkan gas klorin yang beracun.

2.1.2 Spesifikasi Produk

2.1.2.1 *Kappa* Karaginan

Kappa karaginan dihasilkan dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* (Peranganing, *et al.*, 2013). Dimana tipe karaginan yang dipilih dalam prancangan kali ini adalah *kappa* karaginan (κ - karaginan) sebab merupakan jenis yang paling banyak digunakan dalam aplikasi pangan dan jumlahnya melimpah. *Kappa* karaginan tersusun dari α (1,3)-D-galaktosa-4-sulfat dan β (1,4)-3,6-anhidro-D-galaktosa. Karaginan ini juga mengandung D-galaktosa-6-sulfat ester.

Adanya gugusan 6-sulfat, dapat menurunkan daya gelasi dari karaginan, tetapi dengan pemberian alkali mampu membantu hilangnya gugus-6-sulfat dari unit monomernya dengan membentuk 3,6-anhidrogalaktosa sehingga mengakibatkan kenaikan kekuatannya, selain itu pemberian alkali juga membantu ekstraksi polisakarida dari rumput laut menjadi sempurna.



Gambar 2.1 Gugus Fungsi Kappa Cararrageenan (Iin Parlina, 2009)

Karaginan telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti makanan, farmasi dan manufaktur. Dalam pemanfaatan karaginan tentu harus memenuhi spesifikasi atau karakteristik tertentu. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO), sifat-sifat *kappa* karaginan menurut CP Kelco (2001), yaitu:

- a. Gel terbentuk dengan ion kalium.
- b. Tekstur gel keras dan rapuh sineresis.
- c. *Freeze/thaw* tidak stabil.
- d. Larut sempurna dalam air panas (60°C), larut dalam larutan garam natrium, serta tidak larut dalam garam kalium dan kalsium.
- e. Stabil pada pH netral, dan pH basa.

Adapun sifat fisik dari *kappa* karaginan menurut Iin Parlina (2009) yaitu:

- a. Larut dalam air panas

- b. Penambahan ion kalium menyebabkan pembentukan gel yang tahan lama namun rapuh serta menambah temperature pembentukan gel dan pelelehan
- c. Kuat, gel padat, beberapa ikatan dengan ion K^+ dan Ca^{++} menyebabkan bentuk helikter kumpul dan gel menjadi rapuh
- d. Gel berwarna transparan
- e. Diperkirakan terdapat 25% ester sulfat dan 34% 3,6 AG
- f. Sesuai dengan pelarut yang dapat bercampur dengan air
- g. Tidak dapat larut pada sebagian besar pelarut organik
- h. Penggunaan konsentrasi 0,2-2,0%

2.1.2.2 Standar Mutu Karaginan

Standar mutu karaginan merupakan ketentuan atau persyaratan yang menjadi acuan dalam industri pengolahan karaginan. Dimana Standar Mutu *refined kappa* karaginan dapat dilihat berdasarkan SNI 8391-1:2017 sebagai persyaratan minimum yang diperlukan bagi suatu industri dalam pengolahan karaginan itu sendiri baik dari segi teknologi maupun dari segi ekonomi yang dapat meliputi kualitas hasil ekstraksi dari rumput laut. Seperti yang terlihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Standar Mutu *Refined Kappa Karaginan*

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1. Kimia		
• Kadar air	%	maks. 12
• Kadar abu	%	15-40
• Abu tak larut asam	%	maks. 1

• Acid insoluble matter	%	maks. 2
• Sulfat	%	15-40
2. Fisika		
• Kekuatan gel (<i>water gel</i> , 1,5% pada suhu 10°C)	g/cm ²	min. 700
• Kehalusan (lolos saringan 60 mesh)	%	min. 80
• Viskositas (konsentrasi 1,5% pada suhu 75°C)	cPs	min. 5
• Titik jeda	°C	35-39

Sumber: SNI 8391-1:2017

2.2 Konsep Proses

Pembuatan karaginan dari rumput laut *Eucheuma Cottonii* dengan metode *kcl preparation* dapat melibatkan serangkaian langkah-langkah yaitu:

1. Langkah persiapan bahan baku

Persiapan bahan baku ini dapat berupa pemilihan rumput laut jenis *Eucheuma Cottonii* berdasarkan waktu dipanennya. Jenis rumput laut yang ini digunakan jika memiliki waktu panen sekitar 40-45 hari dapat menghasilkan jenis karaginn yang lebih berkualitas pula serta persiapan alat dan pengecekan alat yang digunakan dalam proses produksi pada tahap selanjutnya.

2. Langkah proses produksi

Pada tahapan ini dilakukan berbagai proses seperti *bleching* yang berfungsi untuk membantu menghilangkan kontaminasi atau zat-zat asing lainnya sehingga dapat meningkatkan kemurnian dan kebersihan produk akhir nantinya, kemudian dilakukan pencucian, alkali modifikasi, ekstraksi, presipitasi, penyaringan, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan.

3. Langkah pengemasan dan penyimpanan

Pada tahap ini produk karaginan yang telah jadi dilakukan pengemasan yang sesuai standar dan disimpan untuk selanjutnya didistribusi kepada pihak konsumen yang akan mengubahnya menjadi produk campuran dalam pembuatan makanan ataupun yang lainnya.

2.3 Langkah Proses

Proses produksi karaginan dari rumput laut *Eucheuma cottonii* berdasarkan SKKNI 2016 Kategori Industri Pengolahan Golongan Pokok Industri Makanan Bidang Industri Pengolahan Rumput Laut *Refined Carrageenan* terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Pencucian Bahan Baku

Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* akan dicuci untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak diinginkan seperti pasir, tanah dan lain-lain. Alat cuci yang direkomendasikan seperti *rotary washing machine* dan *continuous washing machine*.

2. Bleaching

Eucheuma cottonii yang telah dibersihkan direndam dalam larutan NaClO 0,2%. Rasio perbandingan berat *Eucheuma cottonii* terhadap volume larutan yaitu 1:6 (Hanen, 2013). Proses ini bertujuan untuk pemucatan *Eucheuma cottonii*.

3. Pencucian

Eucheuma cottonii selanjutnya dicuci, menggunakan air proses. Rasio berat *Eucheuma cottonii* terhadap volume air yaitu 1:6 (Jawara, 2019). Proses pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan partikel- partikel yang tidak

diinginkan dan juga untuk melunakkan *thallus Eucheuma cottonii* sehingga akan mempermudah dalam proses ekstraksi (Peranginangin, et al., 2013).

4. Pemotongan

Eucheuma Cottoni yang telah dibleaching sebelumnya dilakukan pemotongan sekitar 1-2 cm sebelum masuk kedalam proses alkali agar saat dilakukan pemasakan dengan baik. Pemotongan ini bertujuan memperluas permukaan rumput laut dan memaksimalkan pada proses perebusan alkali (McCabe and Smith, 1993). Adapun alat yang akan digunakan pada pabrik yaitu *rotary knife cutter*.

5. Ekstraksi

Eucheuma cottoni direbus menggunakan larutan KOH 6% dengan suhu 80°C selama 3 jam dengan rasio berat *Eucheuma cottonii* terhadap volume larutan KOH yaitu 1:40 ml tahap ini disebut alkali modifikasi (Nurmiah, 2013). Hal ini bertujuan untuk melarutkan *kappa* karaginan yang terdapat pada *Eucheuma cottonii* ke dalam bentuk bubur, memudahkan dalam proses filtrasi, dan meningkatkan kualitas karaginan (Nurmiah,2013).

Setelah proses ekstraksi selesai, hasil filtrat disaring untuk memisahkan filtrat dengan serat *Eucheuma cottonii*. Filtrat yang diperoleh didinginkan hingga suhu 30°C (Peranginangin, et al., 2013). Filtrat kemudian dialirkan dan disimpan. Adapun alat yang digunakan pada proses ini yaitu ekstraktor.

6. Proses Presipitasi

Presipitasi filtrat dilakukan menggunakan larutan KCl 1% dengan rasio massa filtrat terhadap volume larutan KCl yaitu 1:2 (Nurmiah, 2013). Setelah proses presipitasi selesai gel *kappa* karaginan didiamkan hingga mengendap.

7. Penyaringan

Gel *kappa* karaginan kemudian disaring. Proses ini berlangsung hingga tidak ada lagi air yang keluar melewati media filter.

8. Pengeringan

Gel *kappa* karaginan kemudian dikeringkan pada suhu 40°C untuk menghilangkan kandungan air yang tersisa dari proses penyaringan hingga <12%.

9. Penggilingan (penghalusan)

Gel *kappa* karaginan yang terbentuk kemudian dihaluskan.

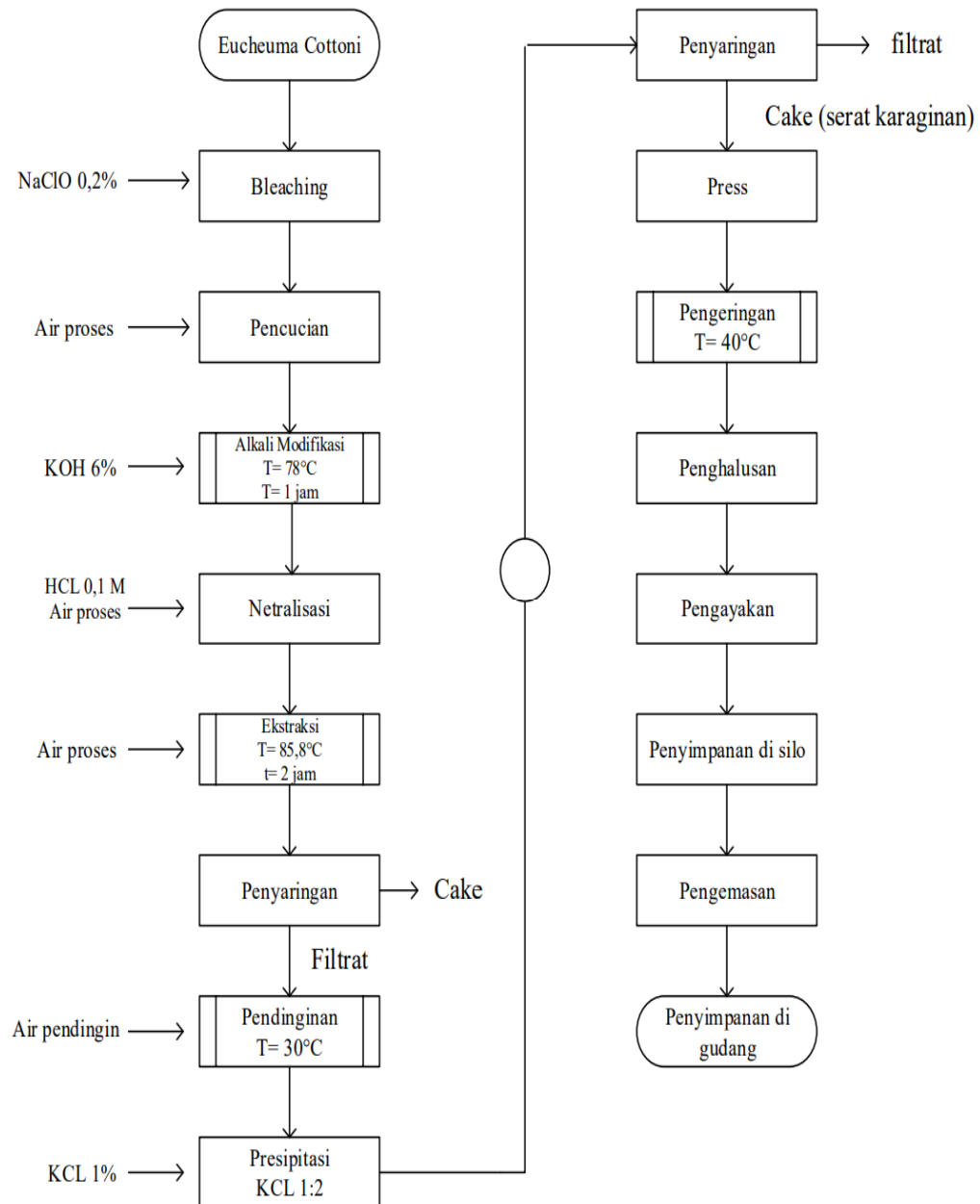
10. Pengayakan

Kappa karaginan yang telah halus diayak untuk mendapatkan ukuran partikel 80 mesh. *Kappa* karaginan yang memiliki ukuran partikel >80 mesh dihaluskan kembali, lalu diayak hingga didapatkan ukuran partikel yang diinginkan. Setelah itu, tepung karaginan disimpan.

11. Pengemasan

Kappa karaginan selanjutnya dikemas lalu disimpan di dalam gudang penyimpanan.

2.4 Diagram Alir

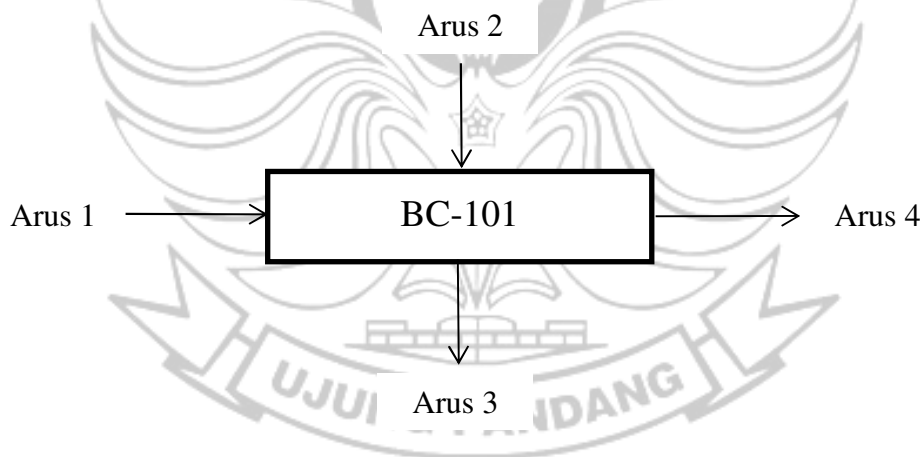


BAB III NERACA MASSA

Hasil perhitungan neraca massa pra rancangan Pabrik *Kappa* Karaginan dari rumput laut *Eucheuma cottonii*.

Kapasitas Produksi : 13.000 Ton/Tahun
Bahan Baku : *Eucheuma cottonii*
Produk : *Refined kappa* karaginan
Waktu operasi/tahun : 330 hari
Waktu operasi/hari : 24 jam
Basis perhitungan : 2.890,92 kg *Eucheuma cottonii* kering/hari

3.1 Belt Conveyor (BC-101)

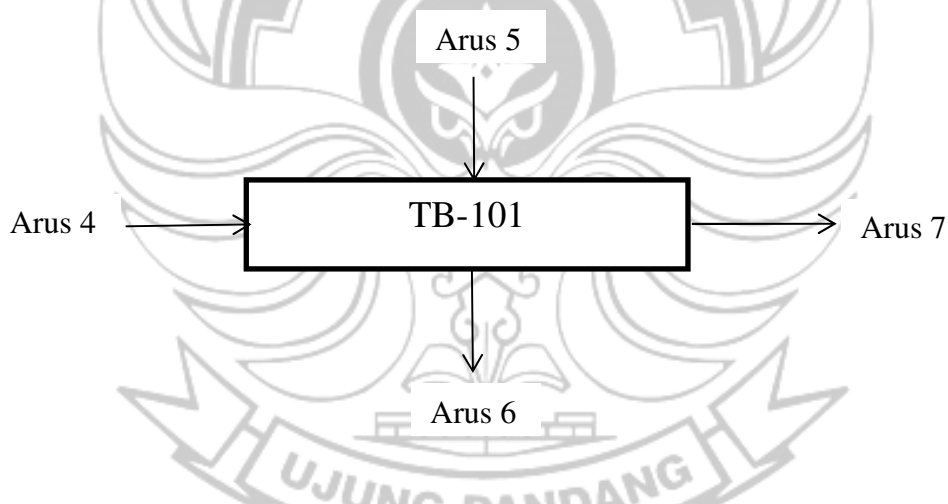


Tabel 3.1 Neraca Massa Belt Conveyor (BC-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4
Karaginan	1811,74	-	-	1811,74
Protein	143,10	-	-	143,10

Lemak	27,46	-	-	27,46
H ₂ O	487,12	-	-	487,12
Abu	134,43	-	-	134,43
Serat Kasar	284,18	-	-	284,18
Impuritis	2,89	-	2,89	-
Air Pencuci	-	5781,84	5459,79	332,05
Jumlah	2890,92	5781,84	5462,68	3210,08
Total	8.672,76		8.672,76	

3.2 Tangki Bleaching (TB-101)

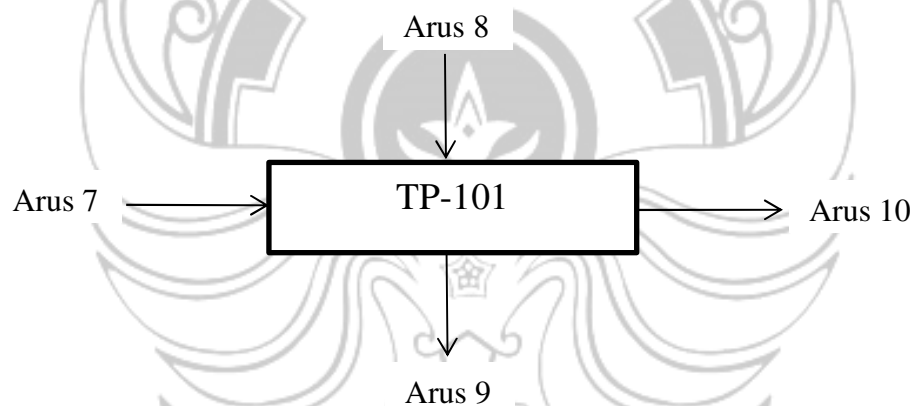


Tabel 3.2 Neraca Massa Tangki Bleaching (TB-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7
Karaginan	1863,54	-	-	1863,54
Protein	143,10	-	-	143,10
Lemak	27,46	-	-	27,46

H ₂ O	809,17		-	809,17
Abu	134,43		-	134,43
Serat Kasar	284,18		-	284,18
NaClO		231,32	230,17	1,16
Air Pelarut		115430,94	115430,94	
Jumlah	3210,08	115662,26	115661,10	3211,23
Total		118.872,34		118.872,34

3.3 Tangki Pencucian (TP-101)

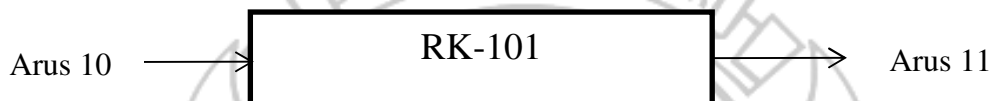


Tabel 3.3 Neraca Massa Tangki Pencucian (TP-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Karaginan	1811,74	-	-	1811,74
Protein	143,10	-	-	143,10
Lemak	27,46	-	-	27,46
H ₂ O	809,17	-	-	809,17
Abu	134,43	-	-	134,43

Serat kasar	284,18	-	-	284,18
NaClO	1,16	-	1,16	-
Air Pencucian	-	128449,37	128353,03	96,34
Jumlah	3211,23	128449,37	128354,19	3306,41
Total	131.660,60		131.660,60	

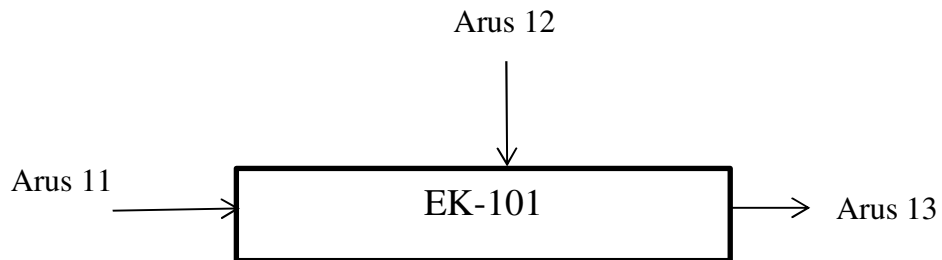
3.4 Rotary Knife Cutter (RK-101)



Tabel 3.4 Neraca Massa Rotary Knife Cutter (RK-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 10	Arus 11
Karaginan	1811,74	1811,74
Protein	143,10	143,10
Lemak	27,46	27,46
H ₂ O	905,51	905,51
Abu	134,43	134,43
Serat Kasar	284,18	284,18
Total	3306,41	3306,41

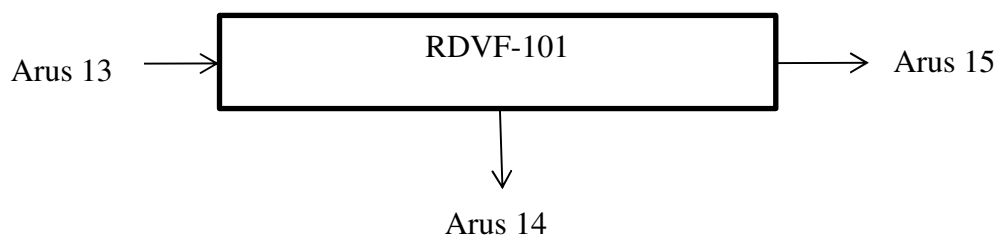
3.5 Ekstraktor (EK-101)



Tabel 3.5 Neraca Massa Ekstraktor (EK-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
Karaginan	1811,74	-	1811,74
Protein	143,10	-	143,10
Lemak	27,46	-	27,46
H ₂ O	905,51	-	905,51
Abu	134,43	-	134,43
Serat Kasar	284,18	-	284,18
KOH	-	8468,65	8468,65
Air Pelarut	-	132675,59	132675,59
Jumlah	3306,41	141144,25	144450,66
Total	144.450,66		144.450,66

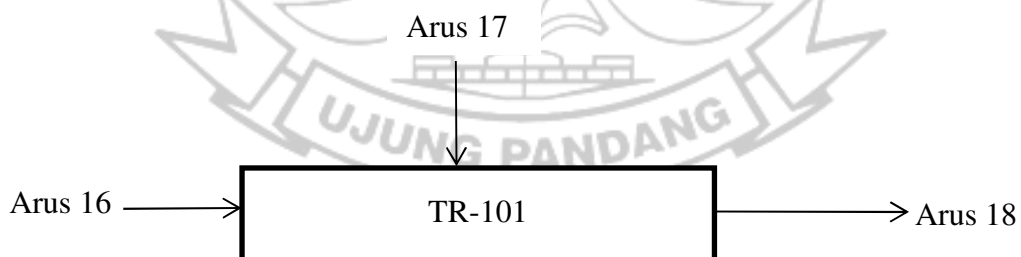
3.6 Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-101)



Tabel 3.6 Neraca Massa Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
Karaginan	1811,74	36,23	1775,50
Protein	143,10	140,85	2,25
Lemak	27,46	27,12	0,34
H ₂ O	133.581,10	2.671,62	130.909,48
Abu	134,43	2,69	131,74
Serat Kasar	284,18	284,18	0,00
KOH	8468,65	169,37	8299,28
Air Pencuci	181,17	181,17	-
Jumlah	144631,84	3513,24	141118,59
Total	144631,84	144631,84	

3.7 Tangki Presipitasi (TR-101)

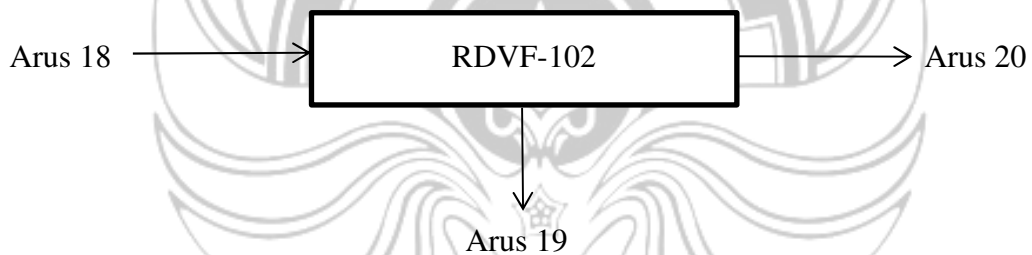


Tabel 3.7 Neraca Massa Tangki Persipitasi (TR-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 16	Arus 17	Arus 18
Karaginan	1775,50	-	1775,50

Protein	2,25	-	2,25
Lemak	0,34	-	0,34
H ₂ O	139.208,76	-	139.208,76
Abu	131,74	-	131,74
KCl	-	2.850,03	2.850,03
Air Pelarut	-	282.153,10	282.153,10
Jumlah	141118,59	285.003,13	426.121,72
Total	426.121,72		426.121,72

3.8 Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-102)

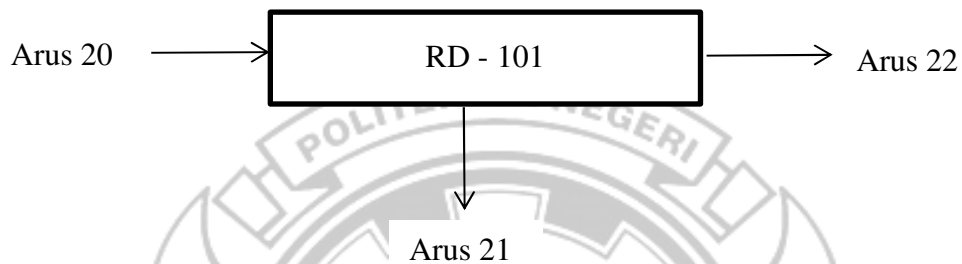


Tabel 3.8 Neraca Massa Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-102)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 18	Arus 19	Arus 20
Karaginan	1775,50	1,78	1773,73
Protein	2,25	2,25	-
Lemak	0,34	0,34	-
H ₂ O	421361,86	420940,49	421,362
Abu	131,74	131,61	0,13
KCl	2850,03	2850,03	-

Air Pencuci	177,55	177,55	-
Jumlah	426299,27	424104,05	2195,23
Total	426299,27	426299,27	

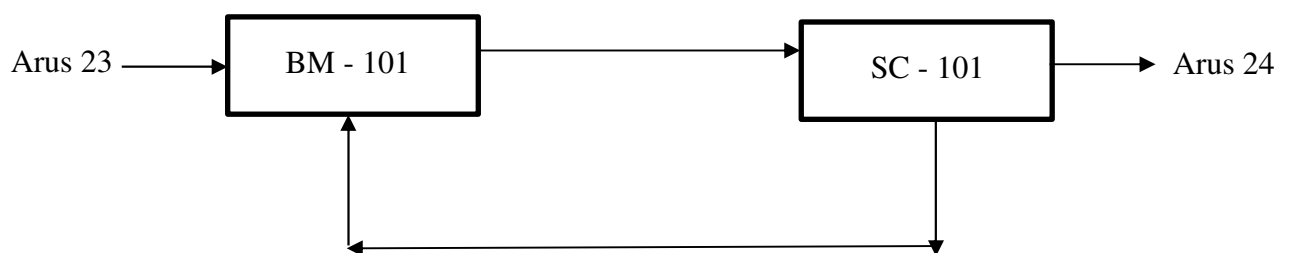
3.9 Rotary Dryer (RD-101)



Tabel 3.9 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 20	Arus 21	Arus 22
Karaginan	1773,73	177,37	1596,36
H ₂ O	421,36	376,32	45,04
Abu	0,13	0,12	0,01
Jumlah	2195,22	553,81	1641,41
Total	2195,22	2195,22	

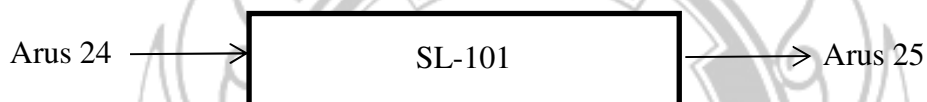
3.10 Ball Mill dan Screener (BM-101 & SC-101)



Tabel 3.10 Neraca Massa Ball Mill dan Screener (BM-101 & SC-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 23	Arus 24
Karaginan	1596,36	1596,36
H ₂ O	45,04	45,04
Abu	0,01	0,01
Total	1641,41	1641,41

3.11 Silo (SL-101)



Tabel 3.11 Neraca Massa Silo (SL-101)

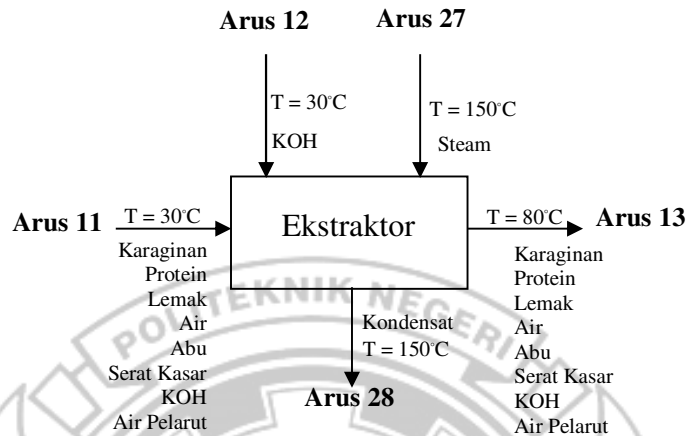
Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 25	Arus 26
Karaginan	1596,36	1596,36
H ₂ O	45,04	45,04
Abu	0,01	0,01
Jumlah	1641,41	1641,41

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Yield} &= \frac{\text{Hasil Akhir}}{\text{Basis}} \times 100\% \\
 &= \frac{1641,41}{2.890,92} \text{ kg/jam} \times 100\% \\
 &= 56,8 \%
 \end{aligned}$$

BAB IV NERACA PANAS

Hasil perhitungan neraca panas prarancangan Pabrik *Kappa* Karaginan dari *Eucheuma cottonii*, yaitu sebagai berikut:

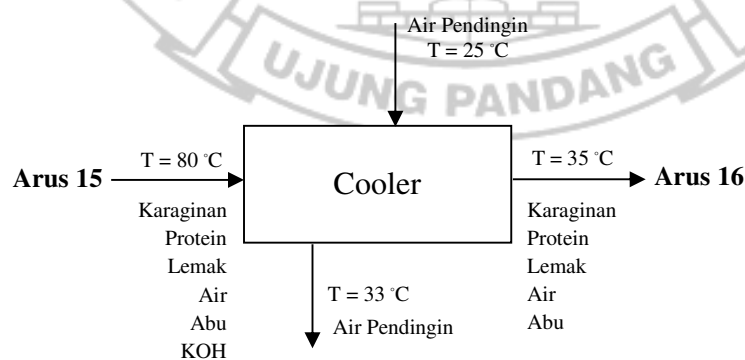
4.1 Ekstraktor (EK-101)



Tabel 4.1 Neraca Panas Total Ekstraktor (EK-101)

Masuk	Q (kkal/jam)	Keluar	Q (kkal/jam)
Q masuk	708.499,15	Q keluar	7.766.467,71
Q steam	9.177.564,95	Q kondensat	2.119.596,39
Total	9.886.064,11	Total	9.886.064,11

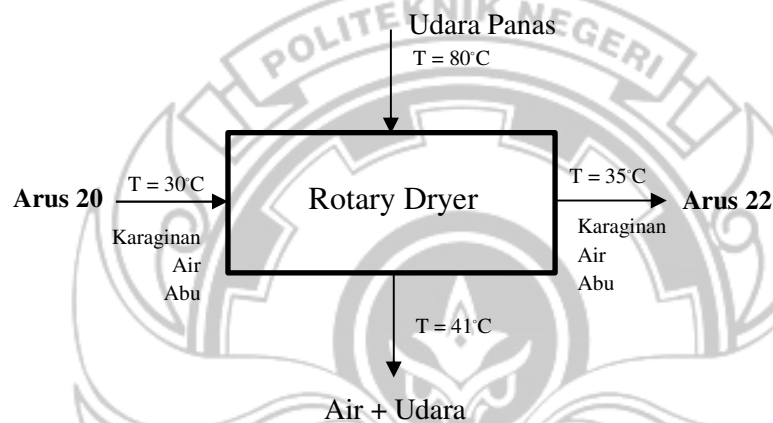
4.2 Cooler (CO-101)



Tabel 4.2 Neraca Panas Total Cooler (CO-101)

Masuk	Q (kkal/jam)	Keluar	Q (kkal/jam)
Q masuk	7.611.128,92	Q keluar	1.443.873,64
		Q pendingin	6.167.255,28
Total	7.611.128,92	Total	7.611.128,92

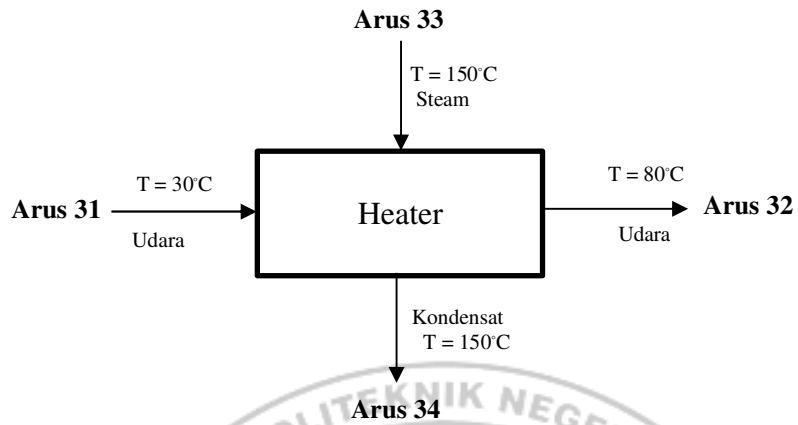
4.3 Rotary Dryer (RD-101)



Tabel 4.3 Neraca Panas Total Rotary Dryer (RD-101)

Masuk	Q (kkal/jam)	Keluar	Q (kkal/jam)
Q bahan masuk	5.291,282	Q bahan keluar	17.078,0688
Q udara masuk	441.803,328	Q udara keluar	385.307,243
		Q loss	44.709,461
Total	447.095	Total	447,095

4.4 Heater (HE-101)



Tabel 4.4 Neraca Panas Total Heater (HE-101)

Masuk	Q (kkal/jam)	Keluar	Q (kkal/jam)
Q udara masuk	7,84	Q udara keluar	86,59
Q steam	102,40	Q Kondensat	23,65
Total	110,24	Total	110,24

BAB V SPESIFIKASI ALAT

5.1 Gudang Penyimpanan *Eucheuma cottonii* (GD-101)

Fungsi	: Tempat menyimpan <i>Eucheuma Cottonii</i>
Bentuk	: Bangunan berupa Gudang
Bahan konstruksi	: Baja berat
Panjang bangunan	: 13,80 m
Lebar bangunan	: 13,80 m
Tinggi max. bangunan	: 9,22 m
Tinggi gudang	: 6,69 m

5.2 Belt Conveyor (BC-101)

Fungsi : Tempat pencucian *Eucheuma Cottonii* sekaligus membawa *Eucheuma Cottonii* ke tangki bleaching

Tipe	: PVC belt conveyor
Panjang Belt Conveyor	: 6,96 m
Lebar Belt	: 14 in
Daya	: 1 HP
Jumlah unit	: 1 unit

5.3 Tangki NaClO 0,2% (T-103)

Fungsi	: Tempat penyimpanan larutan NaClO 0,2%
Tipe	: Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk <i>torispherical</i>
Jumlah unit	: 5 unit

Spesifikasi tangki:

Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-283 grade C
Tinggi tangki	: 7,00 m
Diameter dalam tangki (ID)	: 3,94 m
Diameter luar tangki (OD)	: 3,96 m
Tebal tangki	: 0,438 in

Spesifikasi pengaduk:

Tipe	: Six blade open turbine
Kecepatan pengadukan	: 0,5 rps
Diameter impeller	: 1,937 m
Daya pengaduk	: 2 HP

5.4 Tangki KCl 1% (T-101)

Fungsi : Tempat penyimpanan larutan KCl 1%

Tipe : Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk *torispherical*

Jumlah unit : 5 unit

Spesifikasi tangki:

Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-283 grade C
Tinggi tangki	: 7,38m
Diameter dalam tangki (ID)	: 3,94 m
Diameter luar tangki (OD)	: 3,96 m
Tebal tangki	: 0,312 in

Spesifikasi pengaduk:

Tipe	: Six blade open turbine
Kecepatan pengadukan	: 0,5 rps
Diameter impeller	: 1,846 m
Daya pengaduk	: 2 HP

5.5 Tangki KOH 6% (T-102)

Fungsi : Tempat penyimpanan larutan KOH 6%

Tipe : Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk *torispherical*

Jumlah unit : 5 unit

Spesifikasi tangki:

Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-283 grade C
Tinggi tangki	: 5,73m
Diameter dalam tangki (ID)	: 2,98 m
Diameter luar tangki (OD)	: 3,00 m
Tebal tangki	: 0,375 in

Spesifikasi pengaduk:

Tipe	: Six blade open turbine
Kecepatan pengadukan	: 0,5 rps
Diameter impeller	: 0,909 m
Daya pengaduk	: 1,5 HP

5.6 Tangki Bleaching (TB-101)

Fungsi : Tempat bleaching *Eucheuma cottonii*

Tipe : Tangki berbentuk persegi

Spesifikasi keranjang pencucian:

Bahan : Stainless Steel (SS-316)

Panjang sisi : 1,331 m

Diameter lubang : 10 mm

Jumlah unit : 1 unit

Spesifikasi tangki pencucian:

Bahan : Beton

Panjang sisi : 5,42 m

Jumlah unit : 1 unit

5.7 Rotary Knife Cutter (RK-101)

Fungsi : Memotong rumput laut

Screen Opening : 1,5 in

Daya : 11 HP

Jumlah unit : 1 unit

5.8 Bucket Elevator (BE-101)

Fungsi : Mengangkut *Eucheuma cottoni* dari rotary knife cutter menuju tangki ekstraktor

Tipe : Centrifugal-Discharge Buckets

Tinggi elevator : 6,29 m

Jumlah bucket : 33 buah

Jumlah unit : 1 unit

Daya/unit : 2 HP

5.9 Ekstraktor (EK-101)

Fungsi : Tempat merendam eucheuma cottoni selama 3 jam dalam suasana basa untuk mengekstrak karaginan

Tipe : Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk *torispherical*

Jumlah unit : 3 unit

Spesifikasi tangki:

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C

Tinggi tangki : 10,03 m

Diameter dalam tangki (ID) : 5,37 m

Diameter luar tangki (OD) : 5,40 m

Tebal tangki : 0,438 in

Tebal Jaket Pemanas : 0,002 m

Diameter dalam Jaket : 5,4 m

Spesifikasi pengaduk:

Tipe : Six blade open turbine

Kecepatan pengadukan : 0,333 rps

Diameter impeller : 1,640 m

Daya pengaduk : 11 HP

5.10 Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-101)

Fungsi : Memisahkan gel kappa karaginan dengan filtrat dari tangki ekstraktor

Panjang drum : 20 ft

Diameter drum : 10 ft

Luas permukaan : 620 ft²

Daya motor : 4 HP

5.11 Cooler (CO-101)

Fungsi : Menurunkan suhu filtrat keluaran filter press

Tipe : 2-4 Shell and tube heat exchanger

Diameter dalam tube : 0,625 in

Diameter dalam shell : 39 in

Jumlah tube : 18 tube

Panjang : 25 ft

Jumlah unit : 1 unit

5.12 Tangki Presipitasi (TR-101)

Fungsi : Tempat terjadinya proses pembentukan endapan karaginan

Tipe : Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk *torispherical*

Jumlah unit : 5 unit

Spesifikasi tangki:

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C

Tinggi tangki : 8,34 m

Diameter dalam tangki (ID) : 4,2 m

Diameter luar tangki (OD) : 4,5 m
Tebal tangki : 0,375 in

Spesifikasi pengaduk:

Tipe : Six blade open turbine
Kecepatan pengadukan : 0,5 rps
Diameter impeller : 1,367 m
Daya pengaduk : 3 HP

5.13 Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-102)

Fungsi : Memisahkan gel kappa karaginan dengan filtrat dari tangki presipitasi

Panjang drum : 20 ft
Diameter drum : 10 ft
Luas permukaan : 620 ft²
Daya motor : 4 HP
Jumlah Unit : 2 unit

5.14 Belt Conveyor (BC-102)

Fungsi : Tempat pencucian *Eucheuma Cottonii* sekaligus membawa *Eucheuma Cottonii* ke tangki bleaching

Tipe : PVC belt conveyor
Panjang Belt Conveyor : 6,96 m
Lebar Belt : 14 in
Daya : 1 HP

5.15 Heater (HE-101)

Fungsi : Menaikkan suhu udara

Tipe : 1-2 Shell and tube heat exchanger

Diameter luar tube : 1,4 in

Diameter dalam shell : 12 in

Jumlah tube : 12 tube

Panjang unit : 4 ft

Jumlah unit : 1

5.16 Rotary Dryer (RD-101)

Fungsi : Untuk mengurangi kadar air yang terdapat di dalam produk
(*refined kappa karaginan*)

Tipe : Direct-heat rotary dryer

Panjang rotary dryer : 1,728m

Diameter rotary dryer : 1,728 m

Kecepatan putar rotary dryer : 17,41 rpm

Daya rotary dryer : 1,5 HP

5.17 Ball Mill (BM-101)

Fungsi : Menghaluskan produk (*refined kappa karaginan*)

Tipe : Marcy Ball Mill

Ukuran ball mill : 7 ft × 5 ft

Ball charge : 13,1 ton

Kecepatan gilingan : 22,5 rpm

Daya motor/unit : 135 HP

Jumlah unit : 1 unit

5.18 Screener (SC-101)

Fungsi : Menghaluskan produk (refined kappa karaginan)

Tipe : Vibrating screener

Panjang screener : 0,314 m

Lebar screener : 0,209 m

Tyler equivalent : 60 mesh

Jumlah unit : 1 unit

5.19 Bucket Elevator (BE-102)

Fungsi : Mengangkut produk dari screener menuju silo

Tipe : Centrifugal-Discharge Buckets

Tinggi elevator : 7,62 m

Jumlah bucket : 39 buah

Jumlah unit : 1 unit

Daya/unit : 2 HP

5.20 Silo (SL-101)

Fungsi : Tempat penyimpanan produk (refined kappa karaginan)

Tipe : Tangki berbentuk silinder dengan alas berbentuk konis

Tinggi silo : 4,56 m

Tebal silo : 0,250 m

Diameter silo : 2,38 m

Diameter ujung konis : 0,0004 m

Jumlah unit : 1 unit

5.21 Belt Conveyor (BC-103)

Fungsi : Tempat pencucian *Eucheuma Cottonii* sekaligus membawa *Eucheuma Cottonii* ke tangki bleaching

Tipe : PVC belt conveyor

Panjang Belt Conveyor : 6,96 m

Lebar Belt : 14 in

Daya : 1 HP

Jumlah unit : 1 unit

5.22 Gudang Penyimpanan Produk (GD-102)

Fungsi : Tempat menyimpan produk karaginan

Bentuk : Bangunan berupa Gudang

Bahan konstruksi : Baja berat

Panjang bangunan : 11,58 m

Lebar bangunan : 5,79 m

Tinggi gudang : 5 m

5.23 Pompa (P-101)

Fungsi : Memompa larutan KOH 6% menuju tangki presipitasi.

Tipe : Centrifugal pump

Bahan Konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 599,37 gallon/menit (gpm)

Diameter pipa : 196,8 in

Panjang pipa total : 15,51 m

Jumlah elbow : 4

Jumlah valve : 7
Daya motor/unit : 5,5 HP
Jumlah unit : 2 buah

5.24 Pompa (P-102)

Fungsi : Mengalirkan larutan KCl 1% menuju ekstraktor

Tipe : Centrifugal pump

Bahan Konstruksi : *Commercial steel*
Kapasitas pompa : 1.279,06 gallon/menit (gpm)
Diameter pipa : 275,52 in
Panjang pipa total : 24,51 m
Jumlah elbow : 4
Jumlah valve : 7
Daya motor/unit : 13 HP
Jumlah unit : 2 buah

5.25 Pompa (P-103)

Fungsi : Mengalirkan larutan NaClO 0,2% menuju tangka bleaching.

Tipe : Centrifugal pump

Bahan Konstruksi : *Commercial steel*
Kapasitas pompa : 523,12 gallon/menit (gpm)
Diameter pipa : 196,8 in
Panjang pipa total : 18,51 m
Jumlah elbow : 4
Jumlah valve : 7

Daya motor/unit : 3 HP

Jumlah unit : 2 buah

5.26 Pompa (P-104)

Fungsi : Mengalirkan filtrat dari ekstraktor menuju rotary drum vakum filter
(RDVF-01)

Tipe : Centrifugal pump

Bahan Konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 572,63 gallon/menit (gpm)

Diameter pipa : 118,08 in

Panjang pipa total : 15,51 m

Jumlah elbow : 4

Jumlah valve : 7

Daya motor/unit : 2,5 HP

Jumlah unit : 2 buah

5.27 Pompa (P-105)

Fungsi : Mengalirkan filtrat dari rotary drum vakum filter (RDVF-01) menuju cooler

Tipe : Centrifugal pump

Bahan Konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 599,14 gallon/menit (gpm)

Diameter luar pipa : 78,72 in

Panjang pipa total : 13,515 m

Jumlah elbow : 4

Jumlah valve : 7
Daya motor/unit : 1,5 HP
Jumlah unit : 2 buah

5.28 Pompa (P-106)

Fungsi : Mengalirkan filtrat dari tangka presipitasi menuju rotary drum vakum filer
(RDVF-02)

Tipe : Centrifugal pump

Bahan Konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 1.851,72 gallon/menit (gpm)

Diameter pipa : 78,72 in

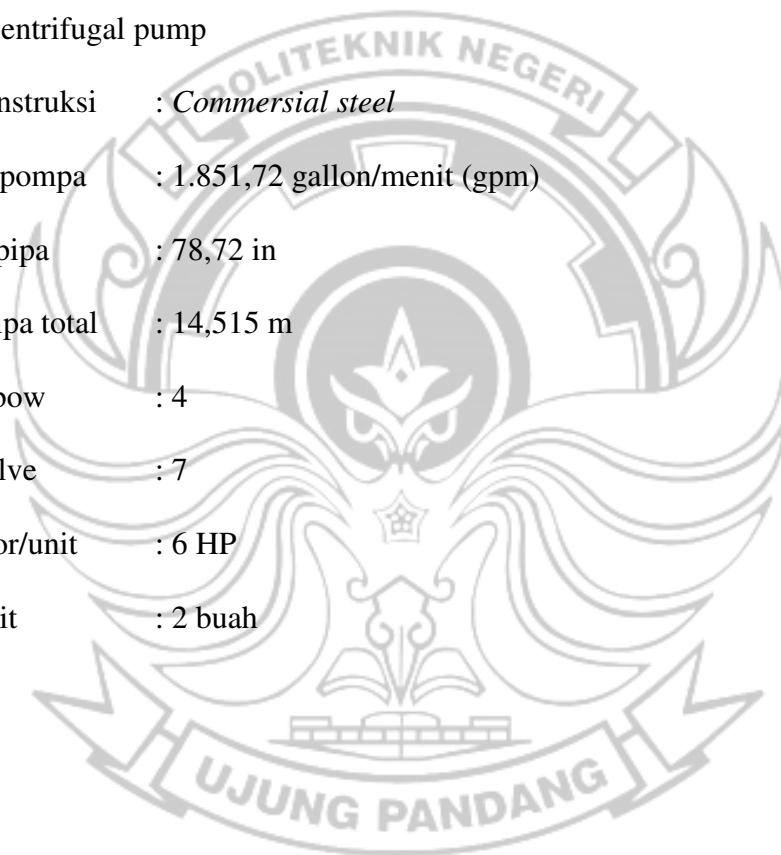
Panjang pipa total : 14,515 m

Jumlah elbow : 4

Jumlah valve : 7

Daya motor/unit : 6 HP

Jumlah unit : 2 buah



BAB VI UTILITAS

Dalam suatu pabrik, utilitas merupakan unit pendukung yang menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi pada suatu pabrik agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Unit-unit utilitas pada prarancangan Pabrik Karaginan ini terdiri atas:

1. Unit penyedia steam;
2. Unit penyediaan air;
3. Unit penyediaan udara tekan;
4. Unit penyediaan bahan kimia;
5. Unit penyediaan listrik;
6. Unit penyediaan bahan bakar.

6.1 Unit Penyediaan Steam

Unit ini bertujuan untuk menyediakan *steam*. *Steam* yang digunakan pada prarancangan pabrik ini yaitu *saturated steam* dengan suhu 150°C yang berfungsi sebagai penyedia panas pada ekstraktor dan heater. Unit penyediaan steam yaitu boiler. Kebutuhan steam dapat dilihat pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Data Kebutuhan *Steam*

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1	Ekstraktor	EK-101	13983,92
2	Heater	HE-101	0,16
Total			13.984,08
Total Kebutuhan Overdesign (+10%)			15.382,49

6.2 Unit Penyediaan Air

6.2.1 Kebutuhan Air

Unit ini berfungsi sebagai unit penyedia air untuk kebutuhan di area pabrik yang meliputi:

1. Air sanitasi, air ini digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, konsumsi, taman dan lain sebagainya.
2. Air pendingin, air ini digunakan sebagai penukar panas untuk menurunkan suhu suatu bahan.
3. Air umpan boiler, air ini digunakan sebagai umpan boiler yang akan menghasilkan steam.
4. Air proses, air ini digunakan untuk menunjang keperluan air selama proses produksi.

Adapun jumlah kebutuhan air yang diperlukan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6.2 Data Kebutuhan Air Sanitasi

No.	Nama Fasilitas	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1	Kantor	905
2	Laboratorium	226,26
3	Kantin	90,5
4	Musholla	181
5	Pemadam	135,75
6	Poliklinik	136,75
7	Taman dan lainnya	181
Total		1.810
Total Kebutuhan Overdesign (+10%)		1.991

Tabel 6.3 Data Kebutuhan Air Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1	Belt Conveyor	BC-101	5947,15
2	Tangki Pencucian	TP-101	132.121,95
3	Tangki Larutan KOH 6%	T-102	136.469,01
4	Tangki Larutan NaClO 0,2%	T-103	118731,30
5	Tangki Larutan KCl 1%	T-101	290220,33
6	Rotary Drum Vakum Filter	RDVF-101	186,35
7	Rotary Drum Vakum Filter	RDVF-102	182,63
Total			683.858,74
Total Kebutuhan Overdesign (+10%)			752.244,61

Tabel 6.4 Data Kebutuhan Air Laut

No.	Kebutuhan Air	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1	Air Pendingin	769.973
Total		769.973
Total Kebutuhan Overdesign (+10%)		846.970,33

Tabel 6.5 Data Kebutuhan Air PDAM

No.	Kebutuhan Air	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1	Air Umpan Boiler	16.402,41
2	Air Sanitasi	1991
3	Air Proses	752.244,61
Total		770.638,03

6.2.2 Pengolahan Air

Kebutuhan air industry dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti air sumur, air sungai, air danau, maupun air laut. Pada prarancangan Pabrik *Kappa* Karaginan ini sumber air yang digunakan khusus untuk air sanitasi, air proses dan air umpan boiler berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), sedangkan air yang dimanfaatkan sebagai air pendingin berasal dari air laut di perairan Desa Laikang, Kab. Takalar, Sulawesi Selatan.

Pemilihan air PDAM sebagai sumber air sanitasi, proses dan lainnya didasarkan atas pertimbangan lokasi pabrik dekat dengan pesisir pantai sehingga sulitnya air bersih, sedangkan pemilihan air laut sebagai air pendingin didasarkan atas pertimbangan lokasi pabrik dekat dengan pesisir pantai dan untuk meminimalisir penggunaan air PDAM.

Proses pengolahan air laut sebagai air pendingin hanya melalui proses *pre-treatment* dan untuk air PDAM sebagai air umpan boiler hanya melalui proses *post treatment*.

1. *Pre-treatment*

Pre-treatment atau tahap pengolahan awal bertujuan untuk membersihkan sampah atau kotoran yang terbawa oleh air laut. Adapun proses *pre-treatment* yaitu air laut memasuki *sea water intake*. Pada *sea water intake*, air laut mengalami penyaringan pertama di *bar screen* yang bertujuan untuk menyaring kotoran dan partikel yang berukuran relative besar. Selanjutnya, air laut akan masuk dan melewati *fine screen* untuk menyaring kotoran atau partikel kecil yang lolos dari *bar screen*.

2. *Post treatment*

Post treatment merupakan pemurnian lebih lanjut pada air PDAM untuk mendapatkan air demineral yang layak digunakan sebagai air proses dan air umpan boiler.

Pada pengolahan ini, air PDAM dialirkan menuju *electro deionization* yang berisi resin penukar ion (kation dan anion) dan juga terdapat membran untuk pemurnian lebih lanjut yaitu menghasilkan sisa ion-ion terlarut dalam air sehingga menghasilkan air bebas mineral (*demineralized water*).

6.2.3 Distribusi Air

1. Air Pendingin

Air laut telah melalui *pre-treatment* dialirkan ke peralatan proses yang membutuhkan air pendingin. Air pendingin yang keluar dari alat penukar panas (*cooler*) akan dikembalikan ke laut.

2. Air Sanitasi

Sebagian air yang terdapat pada penampungan air bersih didistribusikan sebagai air sanitasi untuk dikantor, laboratorium dan lain-lain.

3. Air Proses

Sebagian air yang terdapat pada penampungan air bersih didistribusikan sebagai air proses.

4. Air Umpan Boiler

Air yang telah melewati proses demineralisasi ditampung dalam tangka penyimpanan air demineral, lalu dialirkan ke boiler untuk memproduksi steam.

6.3 Unit Penyediaan Udara Tekan

Unit ini bertujuan menyediakan udara tekan yang digunakan saat proses pencucian *Eucheuma cottonii* dan proses pengeringan. Udara tekan disuplai menggunakan kompressor, dimana total kebutuhan udara ini dapat dilihat pada tabel 6.6.

Tabel 6.6 Data Kebutuhan Udara Tekan

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1	Rotay Dryer	RD-101	6.540,53
Total			6.540,53
Total Kebutuhan Overdesign (+10%)			7.194,58

6.4 Unit Penyediaan Bahan Kimia

Unit ini bertujuan menyediakan bahan kimia yang digunakan saat proses produksi. Kebutuhan bahan kimia dapat dilihat pada tabel 6.7.

Tabel 6.7 Data Kebutuhan Bahan Kimia

No.	Nama Bahan	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1	Kalium Hidroksida (KOH)	8710,79
2	Kalium Klorida (KCl)	2931,52
3	Natrium Hipoklorit (NaClO)	237,94
Total		11880,25

6.5 Unit Penyediaan Listrik

Unit ini bertujuan menyediakan sumber listrik yang digunakan untuk menjalankan peralatan proses, peralatan instrumen, perlengkapan kantor dan lain-

lain. Kebutuhan listrik pada prarancangan pabrik ini disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebesar 1000 kW. Apabila terjadi gangguan listrik dari PLN, maka kebutuhan listrik disuplai dari generator sebagai cadangan pasokan listrik. Perincian kebutuhan listrik dapat dilihat pada tabel 6.8

Tabel 6.8 Data Kebutuhan Listrik

No.	Nama Fasilitas	Jumlah Kebutuhan (kW)
1	Unit Produksi (Unit proses dan Unit Utilitas)	295,81
2	Instrumen	147,91
3	Peralatan kontrol	103,53
4	Penerangan	103,53
5	Prasarana lainnya (kantin, klinik, musolla, dll)	118,32
Total		769,12
Total Kebutuhan Overdesign (+10%)		846,03

6.6 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan menyediakan bahan penggerak boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan yaitu *diesel fuel* (solar) yang berasal dari PERTAMINA. Kebutuhan bahan bakar pada prarancangan ini dapat dilihat pada tabel 6.9.

Tabel 6.9 Data Kebutuhan Bahan Bakar

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan (L/jam)
1	Boiler	BO-101	1054,32
2	Generator	G-101	8,08
Total			1062,39

6.7 Spesifikasi Alat Utilitas

6.7.1 Boiler (B-201)

Fungsi	: Alat Penyedia Steam
Tipe	: <i>Water Tube Boiler</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-285 grade C</i>
Kapasitas	: 16.402,41 kg/jam
Kebutuhan Bahan Bakar	: 1054,32 L/jam
Jumlah Unit	: 1 unit

6.7.2 Fresh Water Pond (T-202)

Fungsi	: Tempat Penyimpanan Air Bersih PDAM
Tipe	: Tangki berbentuk persegi Panjang dengan konstruksi beton
Panjang tangki	: 9,38 m
Lebar tangki	: 9,38 m
Tinggi tangki	: 7 m
Jumlah unit	: 3 unit

6.7.3 Bar Screen (S-201)

Fungsi	: menyaring partikel-partikel berukuran besar yang terdapat dalam air laut.
Tipe	: <i>Bar Screen</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless-steel (SS-316)</i>
Tinggi Screen	: 2,5 m
Lebar Screen	: 2,5 m

Jumlah batang : 40
Tebal batang : 1,5 in
Jarak antar batang : 1 in
Jumlah unit : 1 unit

6.7.4 Fine Screen (S-202)

Fungsi : menyaring partikel-partikel berukuran kecil yang terdapat dalam air laut.

Tipe : *Static Wedgewire screen*

Bahan Konstruksi : *Stainless-steel (SS-316)*

Tinggi Screen : 3 m

Lebar Screen : 0,9 m

Bukaan screening : 2 mm

Jumlah unit : 1 unit

6.7.5 Electro Deionization (ED-201)

Fungsi : Menghilangkan kandungan kation dan anion pada air

Tipe : *Electro deionization (EDI) stacks (E-cell-3X stack)*

Lebar : 31 cm

Tinggi : 61 cm

Kedalaman : 64 cm

Jumlah Unit : 3 unit

Kebutuhan Daya : 27 HP

6.7.6 Tangki Penyimpanan Air Demineral (T-202)

Fungsi : Tempat penyimpanan air demineral

Tipe : Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk *torispherical*.

Bahan Konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Tinggi tangki : 5,99 m

Tebal tangki : 0,312 in

Diameter dalam tangka (ID) : 3,28 m

Diameter luar tangka (OD) : 3,00 m

Jumlah unit : 1 unit

6.7.7 Kompresor (K-201)

Fungsi : Alat penyedia udara tekan

Tipe : Rotary compressor

Kapasitas : 6.367,69 m³/jam

Daya : 0,5 HP

Jumlah unit : 1 unit

6.7.8 Gudang Bahan Kimia (GD-201)

Fungsi : Tempat penyimpanan bahan kimia

Tipe : Gudang berbentuk persegi panjang

Bahan konstruksi : Beton

Panjang Gudang : 20,44 m

Lebar Gudang : 20,44 m

Tinggi Gudang : 9,90 m

Jumlah unit : 1 unit

6.7.9 Tangki Pelarutan KOH (T-203)

Fungsi : Tempat pelarutan padatan KOH

Tipe : Tangki berbentuk silinder alas berbentuk flat dan tanpa tutup atas

Jumlah unit : 2 unit

Spesifikasi tangki:

Bahan konstruksi : *Stainless steel* (SS-316)

Tinggi tangki : 2,40 m

Tebal tangki : 0,1875 in

Diameter dalam (ID) : 1,80 m

Diameter luar (OD) : 1,81 m

Spesifikasi pengaduk:

Tipe : *Six blade open turbine*

Kecepatan pengadukan : 1 rps

Diameter impeller : 0,537 m

Daya pengaduk/unit : 1 HP

6.7.10 Tangki Pelarutan KCl (T-204)

Fungsi : Tempat pelarutan padatan KCl

Tipe : Tangki berbentuk silinder dengan alas berbentuk flat dan tanpa penutup

Jumlah unit : 2 unit

Spesifikasi tangki:

Bahan konstruksi : *Stainless steel* (SS-316)

Tinggi tangki : 2,46m

Tebal tangki : 0,1875 in

Diameter dalam (ID) : 1,66 m

Diameter luar (OD) : 1,68 m

Spesifikasi pengaduk:

Tipe : *Six blade open turbine*

Kecepatan pengadukan : 1 rps

Diameter impeller : 0,492 m

Daya pengaduk/unit : 0,1 HP

6.7.11 Generator (G-201)

Fungsi : Alat penyedia cadangan listrik apabila terjadi gangguan PLN.

Tipe : Generator diesel

Kapasitas : 1000 kW

Kebutuhan bahan bakar : 8,08 L/jam

Jumlah unit : 1 unit

6.7.12 Tangki Penyimpanan Solar (T-205)

Fungsi : Tempat penyimpanan solar

Tipe : Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk *torispherical*.

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 grade C*

Tinggi tangki : 8,3 m

Tebal tangki : 0,438 in

Diameter luar tangki (OD) : 4,5 m

Diameter dalam tangki (ID) : 4,48 m

Jumlah unit : 2 unit

6.7.13 Pompa (P-201)

Fungsi : mengalirkan air proses ke belt conveyor (BC-101)

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 25,19 gpm

Diameter pipa : 3,5 in

Panjang total pipa : 81,72 m

Jumlah elbow : 6

Jumlah valve : 2

Daya motor/unit : 0,5 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.14 Pompa (P-202)

Fungsi : mengalirkan air proses ke tangka pencucian

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 5400,22 ft³/jam

Diameter pipa : 11,37 in

Panjang total pipa : 82,268 m

Jumlah elbow : 6

Jumlah valve : 2

Daya motor/unit : 5 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.15 Pompa (P-203)

Fungsi : mengalirkan air proses menuju bagian sanitasi

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 4752,88 ft³/jam

Diameter pipa : 11,37 in

Panjang total pipa : 165,986 m

Jumlah elbow : 14

Jumlah valve : 6

Daya motor/unit : 4 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.16 Pompa (P-204)

Fungsi : mengalirkan air proses menuju electro deionization

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 502,53 ft³/jam

Diameter pipa : 11,98 in

Panjang total pipa : 125,09 m

Jumlah elbow : 10

Jumlah valve : 4

Daya motor/unit : 0,5 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.17 Pompa (P-205)

Fungsi	: mengalirkan air proses menuju tangki penyimpanan
larutan	KCl 1%
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas pompa	: 9828,62 ft ³ /jam
Diameter pipa	: 11,37 in
Panjang total pipa	: 114,90 m
Jumlah elbow	: 9
Jumlah valve	: 3
Daya motor/unit	: 16,5 HP
Jumlah unit	: 2 unit

6.7.18 Pompa (P-206)

Fungsi	: mengalirkan air proses menuju tangki penyimpanan
larutan	KOH 6%
Tipe	: <i>Centrifugal pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial steel</i>
Kapasitas pompa	: 4752,88 ft ³ /jam
Diameter pipa	: 11,37 in
Panjang total pipa	: 165,986 m
Jumlah elbow	: 14
Jumlah valve	: 6
Daya motor/unit	: 4 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.19 Pompa (P-207)

Fungsi : mengalirkan air proses menuju tangki penyimpanan

larutan NaClO 0,2%

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 4113,58 ft³/jam

Diameter pipa : 11,37 in

Panjang total pipa : 146,54 m

Jumlah elbow : 12

Jumlah valve : 4

Daya motor/unit : 3,5 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.20 Pompa (P-208)

Fungsi : Mengalirkan larutan KOH menuju tangka penyimpanan

KCl 6%

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 18,92 gpm

Diameter pipa : 11,94 in

Panjang total pipa : 76,61 m

Jumlah elbow : 6

Jumlah valve : 3

Daya motor/unit : 1 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.21 Pompa (P-209)

Fungsi : mengalirkan larutan KCl ke tangki penyimpanan larutan
KCl 1%

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 318,46 ft³/jam

Diameter pipa : 11,938 in

Panjang total pipa : 76,608 m

Jumlah elbow : 6

Jumlah valve : 3

Daya motor/unit : 1,5

Jumlah unit : 2 unit

6.7.22 Pompa (P-210)

Fungsi : Mengalirkan larutan NaClO 12 % ke tangki penyimpanan
larutan NaClO 0,2%

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 4,16 ft³/jam

Diameter pipa : 1,049 in

Panjang total pipa : 17,68 m

Jumlah elbow : 6

Jumlah valve : 3
Daya motor/unit : 0,5
Jumlah unit : 2 unit

6.7.23 Pompa (P-211)

Fungsi : Mengalirkan bahan bakar menuju boiler dan generator

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Diameter pipa : 0,022 in

Panjang total pipa : 15,19 m

Jumlah elbow : 10

Jumlah valve : 4

Daya motor/unit : 0,5 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.24 Pompa (P-212)

Fungsi : Mengalirkan air proses ke rotary drum vakum filter

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 28,77 ft³/jam

Diameter pipa : 10,02 in

Panjang total pipa : 61,98 m

Jumlah elbow : 4

Jumlah valve : 2

Daya motor/unit : 0,5 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.25 Pompa (P-213)

Fungsi : Mengalirkan air laut menuju cooler

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 5407,45 ft³/jam

Diameter pipa : 11,98 in

Panjang total pipa : 111,20 m

Jumlah elbow : 9

Jumlah valve : 2

Daya motor/unit : 4,5 HP

Jumlah unit : 2 unit

6.7.26 Pompa (P-214)

Fungsi : Mengalirkan air proses menuju boiler

Tipe : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas pompa : 44,17 ft³/jam

Diameter pipa : 15,19 in

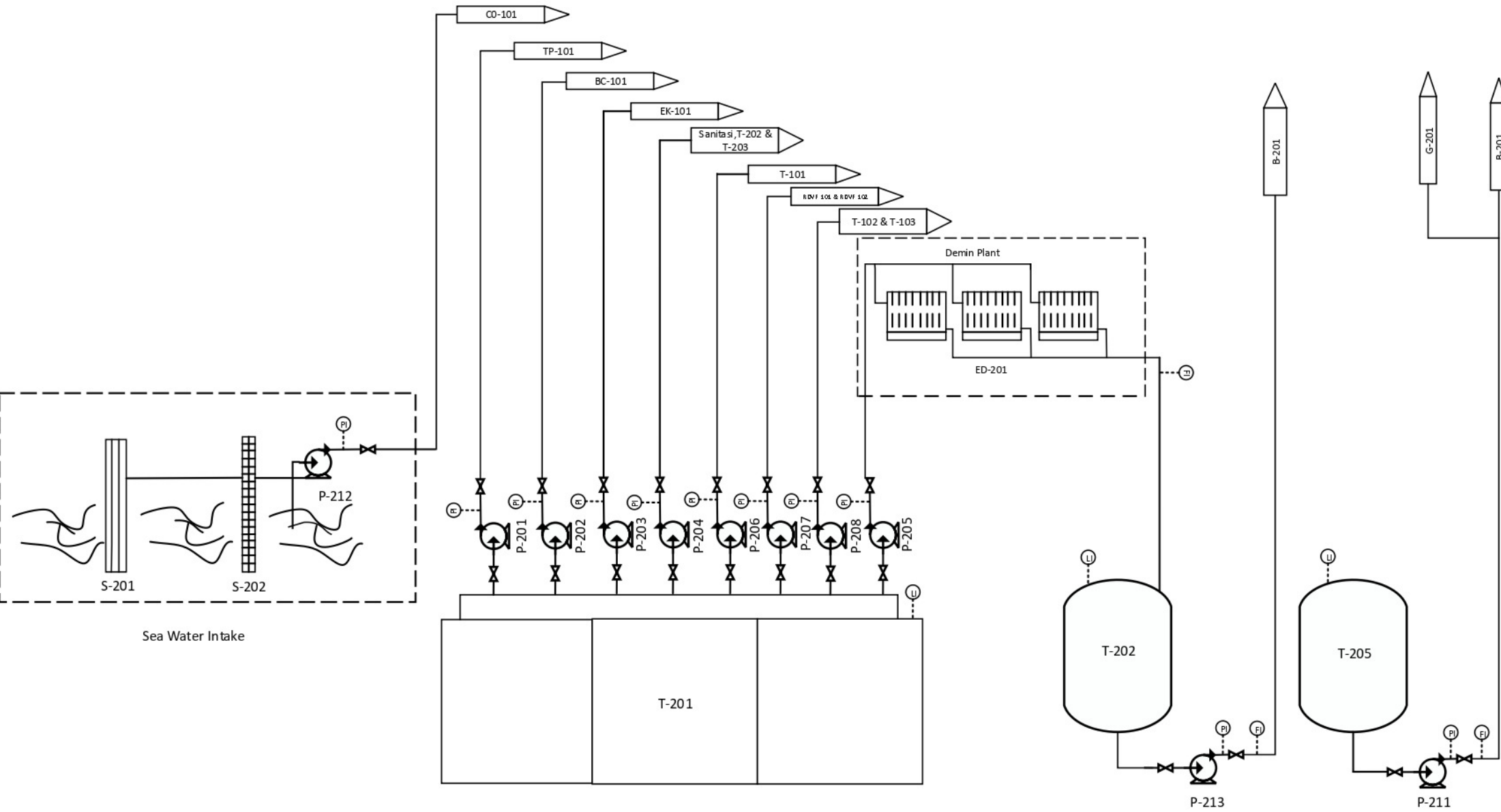
Panjang total pipa : 15 m

Jumlah elbow : 8

Jumlah valve : 2

Daya motor/unit : 2 HP

Jumlah unit : 2 unit



Gambar 6.1 Flowsheet Utilitas



BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Demi keselamatan kualitas dan kuantitas produk yang diinginkan serta keselamatan baik karyawan maupun alat proses, maka instrumentasi dan keselamatan kerja merupakan dua faktor yang sangat diperlukan. Instrumentasi digunakan untuk mengetahui dan mengendalikan jalannya proses agar produksi menjadi optimal. Keselamatan kerja digunakan untuk mencegah kerugian nyawa, materi, alat-alat, sarana dan prasarana pabrik yang dapat timbul sewaktu-waktu.

7.1 Instrumentasi

Instrumentasi merupakan alat control yang dipergunakan untuk mengawasi suatu proses produksi, bahkan merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam suatu industri. Instrumentasi harus selalu dalam pengawasan, juga mengatur dan mencatat kondisi operasi sesuai ketentuan dan selalu dalam keadaan optimum, sehingga pengendalian selama proses produksi berlangsung dan tetap terjaga secara maksimal. Instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, antara lain:

7. Manual atau *indicator*, yaitu alat pengamatan yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya tidak memerlukan ketelitian. Pada peralatan proses ini hanya dipasang penunjuk atau pencatat saja yang bisa berupa penunjuk (*indicator*) atau perekam (*recorder*).
8. Otomatis, yaitu *controller* yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya memerlukan ketelitian. Perubahan kondisi proses sedikit saja akan mempengaruhi produk baik kualitas maupun kuantitasnya sehingga perlu dipasang alat pengendali (*controller*) pada alat proses.

Hal-hal yang diharapkan tercapai dengan penggunaan alat-alat kontrol ini, yaitu sebagai berikut:

1. Membantu mempermudah pengoperasian suatu alat.
2. Dapat menjaga variabel proses pada operasi yang dikehendaki.
3. Laju produksi dapat diatur dalam batas-batas yang aman.
4. Kualitas produksi lebih terjamin.
5. Kondisi-kondisi yang berbahaya dapat diketahui secara dini melalui alarm peringatan sehingga lebih terjamin keselamatan kerja.
6. Efisiensi akan lebih meningkat.

Beberapa alat kontrol atau instrumentasi yang digunakan pada pabrik Karajinan ini, sebagai berikut:

3. *Pressure Indicator* (PI), untuk mengetahui atau melihat secara langsung tekanan operasi pada peralatan proses.
4. *Flow Indicator* (FI), untuk mengetahui secara langsung aliran atau jumlah sebuah fluida yang bergerak mengalir dalam sebuah pipa tertutup.
5. *Temperature Indicator Controller* (TIC), untuk melihat secara langsung temperature, sekaligus mengontrol dan mengendalikan temperature operasi.
6. *Level Indicator Controller* (LIC), untuk melihat tinggi permukaan cairan dalam suatu tangki sekaligus mengontrol keluaran yang ada pada tangki.
7. *Level Indicator* (LI), untuk melihat tinggi permukaan cairan dalam suatu alat operasi.
8. *Flow Indicator Controller* (FIC), untuk melihat secara langsung laju alir fluida sekaligus mengontrol laju alir bahan ke dalam suatu peralatan proses.

7.2 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

Agar kegiatan produksi berjalan dengan lancar maka faktor yang harus diperhatikan guna menghindar dari hal-hal yang tidak diinginkan adalah keselamatan kerja yang terpadu dalam berlangsungnya proses produksi.

Keselamatan kerja adalah suatu hal yang harus memperoleh perhatian yang cukup besar dalam suatu industri. Oleh sebab itu, proses operasi suatu pabrik dapat berjalan lancar apabila karyawan-karyawannya dalam keadaan selamat dan sehat dalam melaksanakan tugasnya.

Secara umum keselamatan kerja dapat diartikan sebagai suatu usaha untuk lingkungan kerja yang kondusif dimana lingkungan kerja yang aman, bebas dari kecelakaan, kebakaran, penyakit dan keracunan. Keselamatan kerja yang kondusif menjamin produktifitas kerja yang tinggi. Selain itu juga merupakan penghormatan terhadap nilai-nilai kemanusiaan, sosial dan hukum.

Unsur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan salah satu aspek yang mendapat perhatian dalam pembangunan ketenagakerjaan. Dijelaskan dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 tahun 1992, pasal 23 (ayat 1) bahwa Kesehatan kerja diselenggarakan agar setiap pekerja dapat bekerja secara sehat tanpa membahayakan diri sendiri dan masyarakat sekelilingnya, agar diperoleh produktivitas kerja yang optimal sejalan dengan program perlindungan tenaga kerja.

Berkaitan dengan itu, pemerintah mendorong pelaksanaan program keselamatan dan kesehatan kerja di perusahaan-perusahaan industri serta mengusahakan agar keselamatan dan kesehatan kerja dapat menjadi naluri dan

budaya masyarakat. Berbagai upaya untuk menciptakan K3 telah dilakukan, antara lain melalui perundang-undangan seperti Undang-Undang Keselamatan Kerja Nomor 1 Tahun 1970 yang mewajibkan setiap perusahaan melaksanakan usaha-usaha keselamatan dan Kesehatan kerja, juga melalui kampanye K3 sejak bulan Januari 1993, pembentukan P2K3 (Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja) di setiap perusahaan, penyediaan alat-alat pengaman dan peralatan K3, pengadaan tenaga ahli K3 dan sebagainya. Apabila keselamatan kerja diperhatikan dan dilaksanakan dengan baik maka dampaknya adalah para pekerja dapat bekerja dengan perasaan aman, sehingga meningkatkan efisiensi kerja.

Pada umumnya bahaya-bahaya yang terjadi pada suatu pabrik dapat disebabkan karena kecelakaan mesin-mesin pabrik, kebocoran bahan-bahan yang berbahaya, peledakan dan kebakaran. Usaha untuk mengurangi dan mencegah terjadinya bahaya yang timbul di dalam pabrik antara lain:

1. Bangunan Pabrik.

Bangunan pabrik meliputi Gedung maupun unit peralatan lain:

- a. Konstruksi gedung harus mendapat perhatian yang cukup besar.
- b. Perlu memperhatikan kelengkapan peralatan penunjang untuk pengamanan terhadap bahaya alamiah, seperti untuk bangunan yang tinggi dipasangkan penangkal petir, bahaya alamiah lain seperti angin dan gempa. Oleh karena itu perusahaan bekerja sama dengan pemerintah setempat dalam hal ini Badan Meterologi dan Geofisika agar dapat mengetahui lebih awal tentang bahaya alamiah tersebut.

2. Ventilasi.

Pada ruang proses maupun ruang lainnya, pertukaran udara diusahakan berjalan baik sehingga sapat memberikan kesegaran kepada karyawan serta dapat menghindari gangguan pernapasan

3. Perpipaan.

Jalur proses yang terletak di atas tanah lebih baik dibandingkan yang letaknya dibawah permukaan tanah, karena hal tersebut akan mempermudah pendeteksian terjadinya kebocoran.

4. Alat-alat penggerak.

Peralatan yang bergerak hendaknya ditempatkan pada tempat yang tertutup. Hal ini untuk mempermudah penanganan dan perbaikan serta menjaga keamanan dan keselamatan para pekerja.

5. Listrik.

Pada pengoperasian maupun perbaikan instalasi listrik hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang telah disediakan. Dengan demikian para pekerja dapat terjamin keselamatannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. Keselamatan listrik dibawah tanah sebaiknya diberi tanda-tanda tertentu.
- b. Sebaiknya disediakan pembangkit tenaga cadangan.
- c. Semua bagian pabrik harus diberi penerangan yang cukup.
- d. Distribusi beban harus seimbang antara bagian yang satu dengan yang lain.

6. Pencegahan kebakaran dan penanggulangan bahaya kebakaran.

Penyebab kebakaran dapat berupa:

- a. Kemungkinan terjadinya nyala terbuka yang datang dari unit utilitas, *workshop*, laboratorium dan unit proses lainnya.
- b. Terjadinya loncatan bunga api pada sekitar *workshop* dan stop kontak serta pada alat lainnya.
- c. Gangguan peralatan utilitas seperti pada *combustion chamber boiler*.

Cara mengatasi bahaya kebakaran meliputi:

- a. Pencegahan bahaya kebakaran.
 - 1) Penempatan alat-alat utilitas yang cukup jauh dari *power plant* tetapi praktis dari unit proses.
 - 2) Bangunan seperti *workshop*, laboratorium dan kantor sebaiknya diletakkan agak jauh dari unit proses.
 - 3) Pemasangan isolasi yang baik pada seluruh kabel transmisi yang ada.
 - 4) Memberi tanda-tanda larangan suatu tindakan yang dapat mengakibatkan kebakaran seperti tanda larangan merokok.
 - 5) Menyediakan alat pemadam api ringan (APAR) di setiap unit pabrik, seperti unit proses, *workshop*, laboratorium dan lain-lain.
- b. Pengamanan dan pengontrolan kebakaran.

Sebelum terjadinya kebakaran harus dapat diketahui kemungkinan apa saja yang dapat terjadi, dan bagaimana cara mengatasi. Letak dari pemadam kebakaran sesuai dengan tata letak pabrik yaitu dekat dengan bengkel, daerah bahan baku, serta daerah utilitas. Penyedia alat

pemadam api ringan (APAR) di setiap ruangan/unit pabrik juga perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya kebakaran, terdapat beberapa jenis APAR yaitu alat pemadam api air, alat pemadam api busa, alat pemadam api serbuk dan alat pemadam api karbondioksida.

7. Karyawan

Karyawan terutama karyawan proses perlu diberikan bimbingan, pengarahan ataupun Pendidikan dan latihan, studi banding serta kursus agar dapat melaksanakan tugasnya yaitu dimana karyawan tersebut ditempatkan sesuai dengan keahlian dan latar belakang Pendidikan ataupun pengalaman mereka sehingga dengan pertimbangan itu karyawan bekerja dengan baik dengan tidak membahayakan keselamatan jiwa maupun keselamatan orang lain.

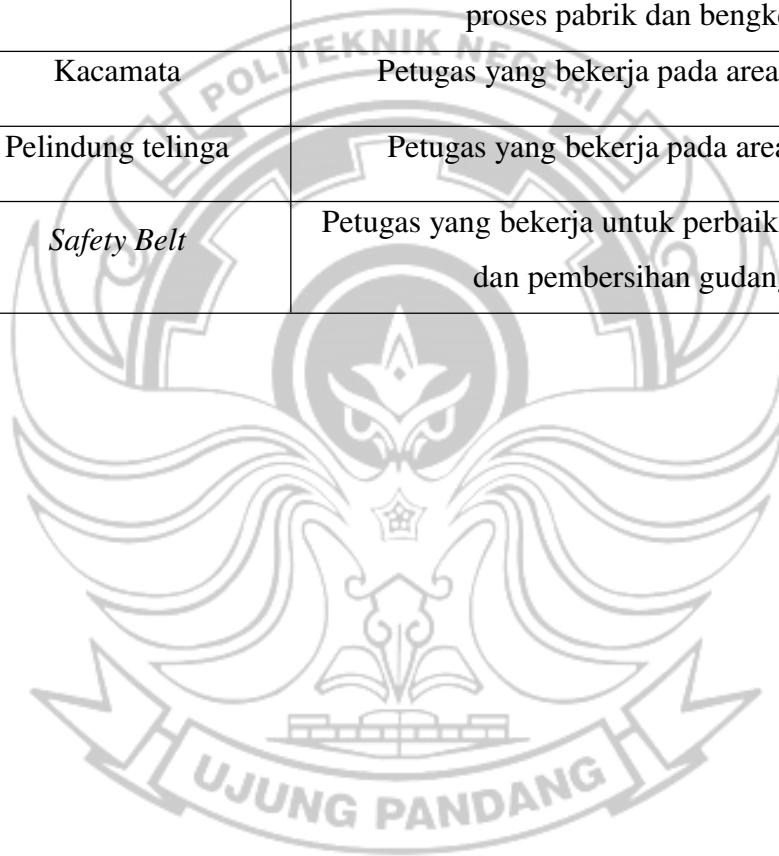
Pemakaian alat pengaman kerja pada pabrik yaitu berupa alat pelindung diri (APD). Perlindungan tenaga kerja melalui usaha-usaha teknis pengaman tempat, peralatan dan lingkungan kerja adalah sangat perlu diutamakan. Namun kadang-kadang keadaan bahaya masih belum dapat dikendalikan sepenuhnya sehingga perlu digunakan alat pelindung diri.

Penggunaan alat pelindung diri merupakan salah satu upaya mencegah terjadinya kecelakaan kerja sebab telah diketahui bahwa pengguna pelindung diri sangat berperan menciptakan keselamatan ditempat kerja. Adapun alat-alat pelindung diri yang digunakan pada pabrik ini dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 7.1 Alat Pengaman yang Digunakan

No.	Nama Alat Pengaman	Pekerja yang Dilindungi
1	Masker	Petugas yang bekerja pada areal proses dan laboratorium, boiler dan bengkel

2	Helm Pengaman	Petugas yang bekerja pada areal proses dan bengkel
3	Sepatu Pengaman	Petugas yang bekerja pada areal proses dan bengkel
4	Sarung Tangan	Petugas yang bekerja pada areal proses, bengkel dan laboratorium
5	<i>Hydrant</i>	Petugas yang bekerja pada tempat bahan baku, daerah bahan bakar, areal proses dan gudang.
6	Pakaian Kerja	Petugas yang bekerja pada laboratorium, area proses pabrik dan bengkel.
7	Kacamata	Petugas yang bekerja pada areal bengkel
8	Pelindung telinga	Petugas yang bekerja pada areal proses
9	<i>Safety Belt</i>	Petugas yang bekerja untuk perbaikan alat proses dan pembersihan gudang.



BAB VIII ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN

8.1 Bentuk Perusahaan

Setiap organisasi perusahaan didirikan dengan tujuan untuk mempersatukan arah dan kepentingan semua unsur yang berkaitan dengan kepentingan perusahaan. Tujuan yang ingin dicapai adalah sebuah kondisi yang lebih baik dari sebelumnya. Faktor yang berpengaruh terhadap tercapainya tujuan yang diinginkan adalah kemampuan manajemen dan sifat-sifat dari tujuan itu sendiri.

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada prarancangan Pabrik Karaginan ini yaitu:

- Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- Lapangan Usaha : Memproduksi karaginan dengan bahan baku rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*.
- Lokasi : Desa Laikang, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan
- Struktur Organisasi : Garis
- Kapasitas : 13.000 ton/tahun

PT merupakan suatu badan usaha yang dilindungi oleh hukum dengan modal yang terbagi dalam bentuk saham. PT mempunyai kekayaan yang terpisah dari kekayaan pribadi para pemegang saham. Modal dasar perusahaan didapat dengan cara menjual saham. Pimpinan perusahaan terdiri dari dewan komisaris dan dewan direksi. Dewan direksi adalah organ perseroan yang bertanggung jawab penuh dan bekerja untuk kepentingan dan tujuan perseroan (Sutedi, 2015). Dewan komisaris dan dewan direksi terbentuk dari keputusan rapat umum pemegang saham (RUPS).

Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan berikut:

1. Modal dapat diperoleh dengan meminjam dari bank dan penjualan saham.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Kehidupan perusahaan lebih terjamin karena tidak dipengaruhi oleh berhentinya saham, direksi dan karyawan.
4. Dapat memperluas lapangan usaha, karena lebih mudah memperoleh tambahan modal dengan menjual saham-saham baru.

Diharapkan pabrik dapat dioperasikan dengan perolehan produksi yang maksimal sehingga pengembalian modal sesuai dengan jangka waktu yang diharapkan.

8.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan susunan dan hubungan antara bagian dan posisi dalam perusahaan yang menjelaskan pembagian aktivitas kerja, memperlihatkan hubungan fungsi dan aktivitas sampai batas-batas tertentu, serta memperhatikan tingkat spesialisasi aktivitas tersebut (Umar, 2003). Secara fisik, struktur organisasi dapat dinyatakan dalam bentuk grafik yang memperlihatkan hubungan unit-unit organisasi dan garis-garis wewenang yang ada.

Salah satu faktor yang menunjang kemajuan suatu perusahaan adalah system organisai yang digunakan karena berhubungan dengan kelancaran komunikasi, yang pada akhirnya akan mempengaruhi kinerja perusahaan. Secara

umum terdapat beberapa jenis struktur organisasi menurut (Darmastuti, et al., 2022), yaitu:

1. Organisasi garis;
2. Organisasi garis dan staf;
3. Organisasi fungsional;
4. Organisasi komite; dan
5. Organisasi matrik

Sistem organisasi perusahaan yang dipilih pada prarancangan pabrik ini yaitu sistem garis dan staff (*line and staff organization*). Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis pada pembagian tugas, dimana seperti yang dikatakan oleh Fuad, et al. (2006), yaitu pada organisasi ini bawahan hanya menerima perintah dari seorang atasan dan kepala atasan tersebut bawahan harus bertanggung jawab atas pelaksanaan pekerjaannya. Pemilihan dilakukan dengan memperhatikan 5 aspek penting bagi organisasi yaitu:

1. Tata pembagian unit formal diantara unit-unit kerja
2. Tata hubungan kerja antara para manager dan kepala bagian dengan pejabat-pejabat dibawahnya.
3. Macam-macam pekerjaan yang menjadi tanggung jawab setiap unit kerja.
4. Pelaksanaan departementasi pada perusahaan.
5. Jenjang-jenjang jabatan secara keseluruhan dan jabatan tertinggi sampai terendah.

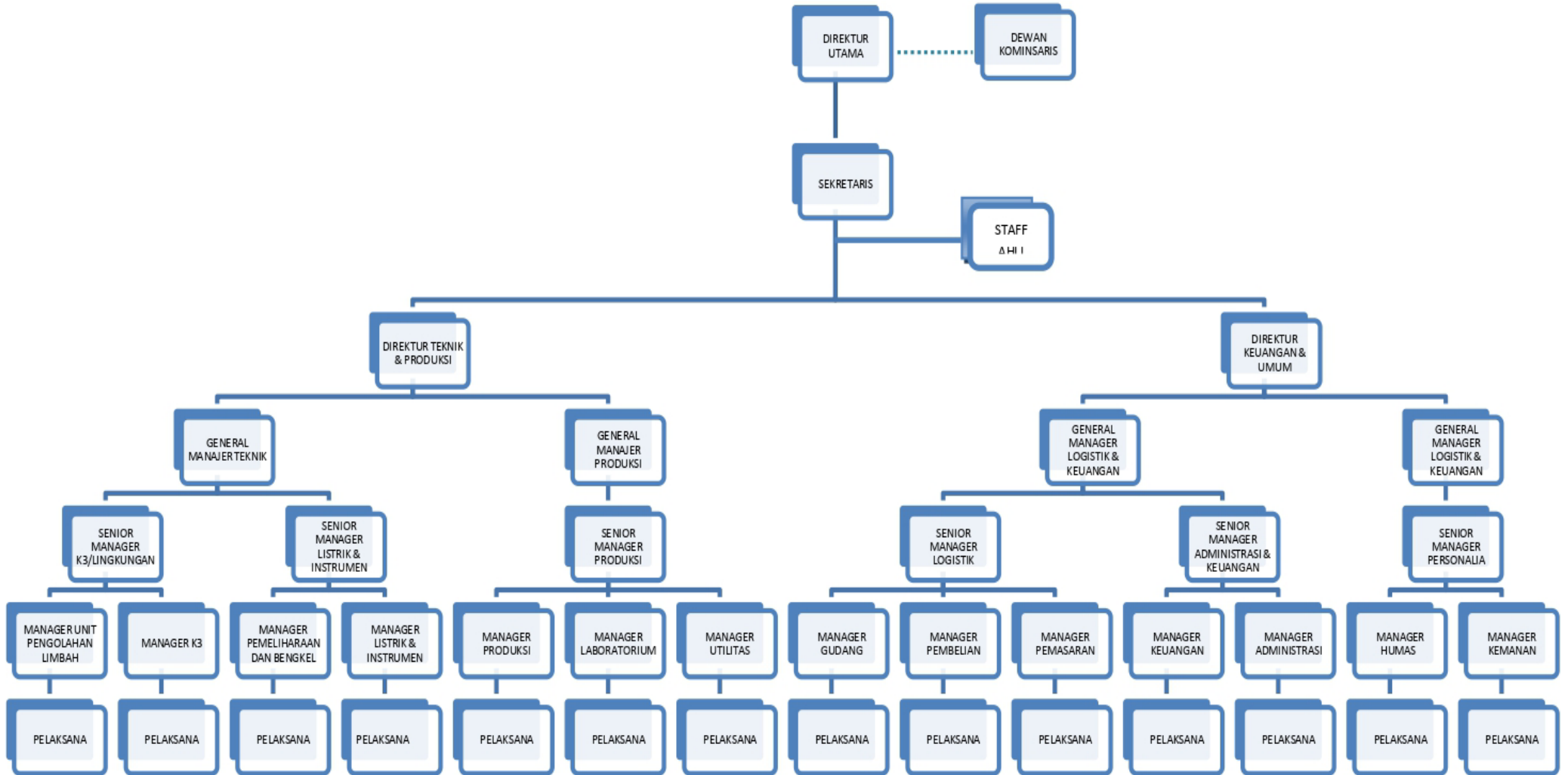
Struktur organisasi garis adalah struktur organisasi yang melukiskan wewenang garis para pejabat dalam suatu organisasi terhadap beberapa keuntungan antara lain:

1. Adanya pengelompokan wewenang, yaitu wewenang lini dan wewenang staf.
2. Adanya pembagian tugas dan tanggung jawab yang jelas antara pimpinan, staf dan pelaksana.
3. Organisasi lebih mudah dilaksanakan, karena sudah ada pembagian tugas yang jelas.
4. Keuntungan dari spesialisasi dapat diperoleh secara optimal.
5. Kedisiplinan dan moral karyawan tinggi, karena tugas-tugasnya sesuai dengan keahliannya.

Perusahaan akan dipimpin oleh seorang Direktur Utama, dengan 1 orang Direktur Teknik dan Produksi, dan 1 orang Direktur Keuangan dan Administrasi. Masing-masing direktur dibantu oleh kepala bagian yang membawahi kepala seksi. Tugas kepala seksi secara langsung dibantu oleh operator dan karyawan.

Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yang terdiri dari Direktur Utama dan Direktur yang disebut Dewan Direksi. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada Rapat Anggota Tahunan. Bagan struktur organisasi Pabrik Karaginan dari *Eucheuma cottonii* dapat dilihat pada gambar dibawah:

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN



8.3 Tugas dan Wewenang

Tugas, wewenang dan tanggung jawab fungsionaris pada Prarancangan Pabrik Karaginan ini, diuraikan sebagai berikut.

8.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham adalah kumpulan dari beberapa orang untuk mengumpulkan modal demi kepentingan pendirian suatu perusahaan dan berjalannya operasi modal tersebut. Pemegang kekuasaan tertinggi pada suatu perusahaan yang berbentuk PT adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS), yang dilakukan minimal satu kali dalam satu tahun. Bila ada hal penting dapat dilakukan secara mendadak sesuai dengan jumlah forum. RUPS dihadiri oleh pemilik saham, dewan komisaris dan direksi.

8.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris adalah sekelompok individu yang dipilih oleh pemegang saham sebagai pelaksana tugas pemegang saham dengan menentukan garis besar kebijakan, melaksanakan pengawasan dan pembinaan kegiatan untuk mengawasi kebijakan perusahaan dan memberikan nasihat kepada direksi/dewan direksi.

Tugas dan wewenang dewan komisaris, yaitu sebagai berikut:

1. Menilai dan menyetujui direksi tentang kebijakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
2. Mengawasi kebijakan perusahaan dan memberikan nasihat kepada direksi/dewan direksi.
3. Meminta laporan direktur utama secara berkala.

4. Melakukan pembinaan dan pengawasan keadaan perusahaan dengan berpegang pada anggaran dasar dan RABP yang telah disahkan RUPS.

8.3.3 Dewan Direksi

8.3.3.1 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi bertanggung jawab penuh atas pengurusan perusahaan untuk kepentingan perusahaan sesuai dengan maksud dan tujuan perusahaan mewakili perusahaan baik di dalam maupun di luar pengadilan. Tugas dan wewenang direktur utama, yaitu:

1. Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien.
2. Menyusun dan melaksanakan kebijakan umum pabrik sesuai dengan kebijakan RUPS.
3. Membuat daftar pemegang saham, daftar khusus, risalah RUPS dan risalah rapat direksi.
4. Membuat laporan tahunan dan dokumen keuangan perusahaan.
5. Memelihara kekayaan Perseroan Terbatas (PT).
6. Mewakili perusahaan mengadakan perjanjian-perjanjian, merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas personalia yang bekerja pada perusahaan.
7. Menetapkan besarnya dividen perusahaan.
8. Mengangkat dan memberhentikan karyawan.

8.3.3.2 Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi yaitu seorang yang memiliki tanggung jawab terhadap semua kegiatan operasional perusahaan baik dalam perencanaan teknik,

bagian produksi dan bagian distribusi. Tugas wewenang direktur teknik dan produksi, yaitu:

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang produksi dan teknik.
2. Merumuskan perencanaan serta mengendalikan program-program di bagian perencanaan Teknik, bagian produksi dan distribusi.
3. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaa pekerjaan *general manager* yang menjadi bawahannya.
4. Menyusun laporan pelaksanaan tugas dan evaluasi sesuai bidang tugas.

8.3.3.3 Direktur Keuangan dan Umum

Direktur keuangan dan umum adalah seorang yang memiliki tanggung jawab dalam bidang keuangan dan umum. Tugas dan wewenang direktur keuangan dan umum, yaitu:

1. Bertanggung jawab kepada direktur utama dan bidang keuangan dan logistik serta humas dan keamanan.
2. Merumuskan perencanaan serta mengendalikan program-program di bagian umum seperti bagian hukum dan humas, keamanan, sumber daya manusia dan bagian teknologi informasi serta bagian keuangan dan akuntansi.
3. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan *general manager* yang menjadi bawahannya.
4. Menyusun laporan pelaksanaan tugas dan evaluasi sesuai bidang tugas.

8.3.4 Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam memberikan pemikiran nasihat atau saran-saran, data dan informasi kepada pimpinan sebagai bahan pertimbangan untuk menetapkan suatu keputusan atau kebijakan. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang staf ahli, yaitu:

1. Memberikan nasihat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
2. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
3. Mempertinggi efisiensi kerja.

8.3.5 Sekretaris

Sekretaris diangkat oleh direktur utama untuk menangani surat menyurat, mearsipan dan lainnya untuk membantu direktur utama menangani administrasi perusahaan.

8.3.6 *General Manager*

General Manager (GM) secara umum memiliki tugas dalam mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. GM dapat juga bertindak sebagai staf direktur dan bertanggung jawab kepada direktur.

8.3.6.1 *General Manager* Produksi

Tugas dan wewenang GM produksi, yaitu:

1. Mengawasi proses produksi dan Menyusun jadwal produksi.

2. Mengkoordinir kegiatan pabrik dalam bidang proses serta Kesehatan keselamatan kerja dan lingkungan.
3. Memastikan anggaran biaya produksi efektif.
4. Menyusun skala waktu pekerjaan.
5. Memantau standar produk dan melakukan standar kontrol kualitas.
6. Bertanggung jawab untuk pemilihan dan pemeliharaan peralatan.

8.3.6.2 *General Manager Teknik*

Tugas dan wewenang GM Teknik, yaitu:

1. Mengkoordinir kegiatan pabrik dalam bidang listrik, instrumentasi.
2. Bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan peralatan kelistrikan, instrumentasi dan alat proses.

8.3.6.3 *General Manager Logistik dan Keuangan*

Tugas dan wewenang GM logistik dan keuangan, yaitu:

1. Mengkoordinasi, memimpin dan mengawasi bagian pemasaran yang mencakup pergudangan, pembelian bahan baku, distribusi dan seterusnya.
2. Bertanggung jawab kepada direktur utama atas kegiatan yang menyangkut pemasaran produksi, kebijakan harga dan distribusi produk yang dihasilkan.
3. Bertanggung jawab atas seluruh pengaturan segala urusan yang berhubungan dengan keuangan perusahaan serta kesejahteraan karyawan.

8.3.6.4 *General Manager Humas dan Keamanan*

GM humas dan keamanan bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang personalia.

8.3.7 Senior Manager

Senior Manager (SM) bertanggung jawab langsung kepada GM secara alam mengkoordinir segala kegiatan yang berhubungan dengan bidang masing-masing.

SM ini terdiri dari:

8.3.7.1 *Senior Managaer* Produksi

Senior Manager Produksi membawahi:

1. *Manager* Produksi

Manager produksi bertanggung jawab langsung kepada SM dalam mengkoordinir segala hal yang berhubungan dengan penyelidikan bahan baku.

2. *Manager* Laboratorium

Manager laboratorium bertanggungjawab langsung kepada SM dalam mengkoordinir kualitas jaminan mutu baik *Quality Assurance* dan *Quality Control*.

3. *Manager* Utilitas

Manager utilitas bertanggungjawab langsung kepada SM dalam mengkoordinir yang berhubungan dengan penyediaan steam, air, bahan bakar, dan listrik.

8.3.7.2 *Senior Manager* Keselamatan Kesehatan Kerja (K3) dan Lingkungan.

Senior Manager K3 dan lingkungan membawahi:

1. *Manager* K3

Manager K3 bertanggung jawab kepada SM dalam mengkoordinir segala hal yang berhubungan dengan masalah Kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

2. *Manager* Unit Pengolahan Limbah

Manager unit pengolahan limbah bertanggung jawab langsung kepada SM dalam hal mengkoordinir segala hal yang berhubungan dengan kelestarian lingkungan melalui pengolahan limbah yang tepat.

8.3.7.3 *Senior Manager* Listrik dan Instrumentasi

Senior Manager listrik dan instrumentasi membawahi:

1. *Manager* Pemeliharaan dan Bengkel

Manager pemeliharaan dan bengkel bertugas dalam melaksanakan perbaikan dan pemeliharaan peralatan pabrik.

2. *Manager* Listrik dan Instrumentasi

Manager listrik dan instrumentasi bertugas dalam penyedia listrik dan pengendali instrumentasi.

8.3.7.4 *Senior Manager* Logistik

Senior Manager Logistik membawahi:

1. *Manager* Gudang

2. *Manager* Pembelian

3. *Manager* Pemasaran

8.3.7.5 *Senior Manager* Administrasi dan Keuangan

Senior Manager Administrasi dan Keuangan membawahi:

1. *Manager* Administrasi

2. *Manager* Keuangan

8.3.7.6 *Senior Manager* Personalia

Senior Manager Personalia membawahi:

1. *Manager* Humas
2. *Manager* Keamanan

8.3.8 Pelaksana

Karyawan pelaksana terdiri dari supervisor dan karyawan biasa yang masing-masing bertugas dalam melakukan pengawasan serta melakukan pekerjaan sesuai dengan bidangnya dan rencana kerja yang telah diatur oleh senior manager masing-masing sehingga diperoleh hasil yang efektif dan efisien selama berlangsungnya proses produksi. Setiap pelaksana bertanggung jawab terhadap managernya masing-masing sesuai dengan seksinya.

8.4 Status Karyawan dan Sistem Kerja

Prarancangan Pabrik Karaginan direncanakan akan beroperasi secara kontinyu selama 24 jam dalam sehari dan 330 hari per tahun. Sisa hari selain hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan *shutdown*. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan, yaitu karyawan *non-shift* dan karyawan *shift*. Hari minggu dan hari besar adalah hari libur sesuai dengan undang-undang yang berlaku.

8.4.1 Karyawan Shift

Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu di pabrik yang ada hubungannya dengan keamanan dan kelancaran produksi, seperti operator, produksi, sebagian dari

bagian teknik, karyawan produksi dan karyawan bagian gudang, serta *security*. Karyawan ini bekerja secara bergantian sesuai waktunya dan setiap 3 hari kerja mendapatkan libur 1 hari. Kelompok shift ini dibagi menjadi 3 shift sehari dan masing-masing bekerja selama 8 jam per hari sehingga dibentuk 4 kelompok dimana setiap hari 3 kelompok bekerja dan 1 kelompok libur. Perincian jam kerja shift, yaitu:

Shift I (pagi) : 08.00 – 16.00 WITA

Shift II (sore) : 16.00 – 24.00 WITA

Shift III (malam) : 24.00 – 08.00 WITA

Shift IV : Libur

Tabel 8.1 Jadwal Kerja Karyawan Shift

Kelompok	Hari Ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	I	I	I	IV	II	II	II	IV	III	III	III	IV
B	IV	II	II	II	IV	III	III	III	IV	I	I	I
C	II	IV	III	III	III	IV	I	I	I	IV	II	II
D	III	III	IV	I	I	I	IV	II	II	II	IV	III

*Jadwal ini berlaku hingga seterusnya

Tabel 8.2 Jadwal Kerja Karyawan Shift

Unit	Jumlah Karyawan tiap Shift				
	<i>Day shift</i>	<i>Shift I</i>	<i>Shift II</i>	<i>Shift III</i>	<i>Shift IV</i>
Produksi	2	15	15	15	15
Utilitas	2	3	3	3	3

Laboratorium	2	3	3	3	3
Listrik dan Instrumentasi	2	4	4	4	4
Pemeliharaan dan bengkel	2	3	3	3	3
Gudang	1	3	3	3	3
Sopir	-	3	3	3	3
Petugas Keamanan	-	3	3	3	3
Dokter	-	1	1	-	-
Perawat	-	2	2	2	2

**Day shift* (waktu kerja tetap mengikuti *shift* 1) terdiri dari satu manager dan satu supervisor

8.4.2 Karyawan Non-Shift (harian)

Karyawan *non-shift* yaitu karyawan yang tidak memnangani proses produksi secara langsung, misalnya direktur, para *manager* dan keryawan lainnya. Jam kerja karyawan *non-shift* yaitu selama 6 hari dalam seminggu, libur pada hari minggu dan hari libur nasional. Total jam kerja dalam seminggu yaitu 45 jam dan jam kerja selebihnya dianggap lembur. Perincian jam kerja *non-shift*, yaitu:

Senin – Kamis

Pukul 08.00 – 12.00 WITA Waktu Kerja

Pukul 12.00 – 13.00 WITA Waktu Istirahat

Pukul 13.00 – 17.00 WITA Waktu Kerja

Jum'at

Pukul 08.00 – 12.00 WITA Waktu Kerja

Pukul 12.00 – 14.00 WITA Waktu Istirahat

Pukul 14.00 – 17.00 WITA Waktu Kerja

Sabtu

Pukul 08.00 – 14.00 WITA Waktu Kerja

Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (non shift), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

Kerja Lembur (*overtime*)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

8.4.3 Penggolongan Jabatan

Penggolongan jabatan pada Pabrik Karaginan digolongkan berdasarkan kualifikasi pendidikannya yang dapat dilihat pada tabel 8.3.

Tabel 8.3 Golongan Jabatan

Jabatan	Pendidikan	Disiplin Ilmu
----------------	-------------------	----------------------

Direktur Utama	S2	Manajemen
Direktur Teknik & Produksi	S2	Teknik Kimia/Teknik Industri
Direktur Keuangan & Umum	S2	Ekonomi
Sekretaris	S1	Administrasi Perkantoran
Staf Ahli	S1	Tenik Kimia/Teknik Industri
General Manager Produksi	S1	Teknik Kimia
General Manager Teknik	S1	Teknik Elektro/Teknik Mesin
General Manager Logistik & Keuangan	S1	Teknik Industri/Marketing
General Manager Humas & Keamanan	S1	Ekonomi/Hukum
Senior Manager Produksi	S1	Teknik Kimia
Senior Manager Listrik & Instrumentasi	S1	Teknik Elektro
Senior Manager Logistik	S1	Teknik Industri
Senior Manager Administrasi & Keuangan	S1	Ekonomi/Manajemen
Senior Manager Personalia	S1	Hukum
Senior Manager K3 & Lingkungan	S1	Kesehatan Masyarakat
Manager Produksi	S1	Teknik Kimia
Manager Laboratorium	S1	Teknik Kimia
Manager Utilitas	S1	Teknik Kimia
Manager K3	S1	Kesehatan Masyarakat
Manager Unit Pengolahan Limbah	S1	Teknik Kimia/Lingkungan
Manager Pemeliharaan & Bengkel	S1	Teknik Mesin/Teknik Elektro
Manager Listrik & Instrumentasi	S1	Teknik Elektro
Manager Gudang	S1	Teknik Industri
Manager Pembelian	S1	Manajemen
Manager Pemasaran	S1	Manajemen/Marketing
Manager Administrasi	S1	Administrasi/Akuntansi
Manager Keuangan	S1	Akuntansi

Manager Humas	S1	Hukum
Manager Keamanan		Pensiunan ABRI
Supervisor Unit Pengolahan Limbah	S1	Teknik Kimia/Lingkungan
Supervisor K3	S1	Kesehatan Masyarakat
Supervisor Pemeliharaan & Bengkel	S1	Teknik Mesin/Teknik Elektro
Supervisor Listrik & Instrumentasi	S1	Teknik Elektro
Supervisor Produksi	S1	Teknik Kimia
Supervisor Laboratorium	S1	Teknik Kimia/Analisis Kimia
Supervisor Utilitas	S1	Teknik Kinia/Mesin/Elektro
Karyawan Produksi	S1/D3	Teknik Kimia
Karyawan Laboratorium	S1/D3	Analisis Kimia/MIPA Kimia
Karyawan Utilitas	S1/D3	Teknik Kimia/Mesin/Elektro
Karyawan K3	S1/D3	Kesehatan Masyarakat
Karyawan Pengolahan Limbah	S1/D3	Teknik Lingkungan
Karyawan Pemeliharaan & bengkel	S1/D3	Teknik Mesin
Karyawan Unit Listrik & Instrumentasi	S1/D3	Teknik Elektro
Karyawan Pembelian	S1/D3	Manajemen/Akuntansi
Karyawan Pemasaran	S1/D3	Manajemen/Akuntansi
Karyawan Keuangan	S1/D3	Akuntansi/Ekonomi
Karyawan Administrasi & Personalia	S1/D3	Administrasi
Karyawan Humas	S1/D3	Ilmu Komunikasi
Karyawan Gudang	S1/D3	Semua Jurusan
Dokter	S1	Kedokteran
Perawat	S1/D3	Keperawatan
Sopir	SMU/SMK	
Petugas Keamanan	SMU/SMK	
Petugas Kebersihan	SMU/SMP	

8.4.4 Gaji Karyawan

Gaji karyawan diberikan berdasarkan jabatan, tingkat Pendidikan, pengalaman kerja, keahlian, resiko kerja, dan upah minimum. Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1 dan apabila tanggal tersebut merupakan hari libur maka pemberian gaji dilakukan sehari sebelumnya. Perincian gaji karyawan dapat dilihat pada tabel 8.4.

Tabel 8.4 Perincian Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah Orang	Gaji/Bulan/Orang (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	23.191.996	23.191.996
Direktur Teknik & Produksi	1	19.326.663	19.326.663
Direktur Keuangan & Umum	1	19.326.663	19.326.663
Sekretaris	1	11.595.998	11.595.998
Staf Ahli	3	5.797.999	17.393.996,9
General Manager Produksi	1	13.528.664	13.528.664
General Manager Teknik	1	13.528.664	13.528.664
General Manager Logistik & Keuangan	1	13.528.664	13.528.664
General Manager Humas & Keamanan	1	13.528.664	13.528.664
Senior Manager Produksi	1	11.595.998	11.595.998
Senior Manager Listrik & Instrumentasi	1	11.595.998	11.595.998
Senior Manager Logistik	1	11.595.998	11.595.998
Senior Manager Administrasi & Keuangan	1	11.595.998	11.595.998
Senior Manager Personalia	1	11.595.998	11.595.998
Senior Manager K3 & Lingkungan	1	11.595.998	11.595.998
Manager Produksi	1	7.730.665	7.730.665

Manager Laboratorium	1	7.730.665	7.730.665
Manager Utilitas	1	7.730.665	7.730.665
Manager K3	1	7.730.665	7.730.665
Manager Unit Pengolahan Limbah	1	7.730.665	7.730.665
Manager Pemeliharaan & Bengkel	1	7.730.665	7.730.665
Manager Listrik & Instrumentasi	1	7.730.665	7.730.665
Manager Gudang	1	7.730.665	7.730.665
Manager Pembelian	1	7.730.665	7.730.665
Manager Pemasaran	1	7.730.665	7.730.665
Manager Administrasi	1	7.730.665	7.730.665
Manager Keuangan	1	7.730.665	7.730.665
Manager Humas	1	7.730.665	7.730.665
Manager Keamanan	1	7.730.665	7.730.665
Supervisor Unit Pengolahan Limbah	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor K3	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor Pemeliharaan & Bengkel	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor Listrik & Instrumentasi	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor Produksi	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor Laboratorium	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor Utilitas	1	5.797.999	5.797.998
Karyawan Produksi	30	5.024.932	150.747.974
Karyawan Laboratorium	10	5.024.932	50.249.324,5

Karyawan Utilitas	10	5.024.932	50.249.324,5
Karyawan K3	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Pengolahan Limbah	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Pemeliharaan & bengkel	12	5.024.932	60.299.189,4
Karyawan Unit Listrik & Instrumentasi	12	5.024.932	60.299.189,4
Karyawan Pembelian	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Pemasaran	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Keuangan	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Administrasi & Personalia	4	5.024.932	20.099.729,8
Karyawan Humas	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Gudang	10	5.024.932	50.249.324,5
Dokter	2	5.797.999	11.595.998
Perawat	8	5.024.932	40.199.459,6
Sopir	10	4.251.866	42.518.659,2
Petugas Keamanan	10	4.251.866	42.518.659,2
Petugas Kebersihan	7	3.865.333	27.057.328,6
Total	181		1.059.874.214

Apabila jumlah karyawan sebanyak 181 orang serta diasumsikan dalam 1 tahun terdapat 12 bulan, maka total gaji karyawan yang dibutuhkan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Total gaji/tahun} &= 12 \text{ bulan/tahun} \times \text{Rp } 1.059874.214/\text{bulan} \\ &= \text{Rp. } 12.718.490.569 \end{aligned}$$

BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN

9.1 Deskripsi Tata Letak

Tata letak pbarik merupakan tata kelola fasilitas-fasilitas pabrik agar menunjang jalannya proses produksi lebih efisien, aman dan ekonomis. Tata letak yang optimal dapat memperlancar hubungan antar tenaga kerja, pergerakan material dan mempermudah apabila ingin dilakukan perluasan area pabrik. Tata letak fasilitas pabrik yang baik akan dapat memberikan manfaat-manfaat dalam sistem produksi, yaitu:

- a. Menghemat penggunaan ruang.
- b. Mempermudah dalam proses pemindahan bahan/material.
- c. Mempermudah hubungan antar tenaga kerja.
- d. Mempersingkat waktu proses dan mengurangi waktu tunggu.
- e. Meningkatkan kenyamanan dan keselamatan kerja.
- f. Memudahkan dalam perawatan atau perbaikan alat.
- g. Menekan biaya produksi serendah mungkin.

Untuk mencaapai hal-hal tersebut diatas maka banyak faktor yang perlu diperhatikan, antara lain:

- a. Cara meletakkanperalatan harus sedemikian rupa sehingga mempermudah pemeliharaannya
- b. Dusahakan alat yang sejenis dikumpulkan menjadi satu kelompok sesuai dengan fungsinya.
- c. Jarak peralatan satu dengan yang lainnya harus diatur sedemikian rupa sehingga aman dalam pengoperasiannya.

- d. Faktor keselamatan kerja harus diperhatikan agar bahaya dapat dihindari.
- e. Efisiensi pabrik dari segi penghematan energi, tenaga kerja maupun tempat, maka tidak dilakukan pemisahan antara unit proses lainnya.

9.2 Tata Letak Alat Proses

Pada perancangan pabrik ini, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa area utama berdasarkan efisiensi, keselamatan, dan keamanan proses produksi, diantaranya yaitu:

1. Area Perkantoran

Area perkantoran merupakan pusat administrasi pabrik. Area ini biasanya ditempatkan di bagian depan pabrik agar kegiatan administrasi tidak mengganggu jalannya proses produksi dan jauh dari tempat yang berbahaya.

2. Area Proses

Area proses merupakan pusat proses operasi pabrik, dimana area ini tempat peralatan proses. Letak area ini direncanakan seaman dan seefektif mungkin agar memudahkan pergerakan bahan dari proses satu ke proses lainnya, memudahkan dalam melakukan pengawasan, serta memudahkan dalam perawatan dan perbaikan alat proses.

3. Area Utilias

Area utilitas merupakan pusat penyediaan penunjang keperluan proses produksi, seperti steam, udara, air, listrik dan lain-lain. Area ini harus dekat dengan area proses agar mempermudah dan menghemat biaya sistem pemipaan.

4. Area Laboratorium dan Ruang Kontrol

Area laboratorium merupakan tempat untuk menganalisis kualitas bahan baku, produk dan limbah produksi, sedangkan ruang kontrol merupakan pusat untuk mengendalikan proses produksi sesuai yang diinginkan, seperti tekanan, suhu, laju alir dan lain-lain. Kedua area ini terletak di dekat area proses sehingga memudahkan dalam mengendalikan proses produksi dan menganalisa suatu bahan.

5. Area Penyediaan

Area penyediaan meliputi pergudangan untuk menyimpan suplai bahan-bahan yang akan digunakan dan produk yang dihasilkan selama proses produksi. Area ini terletak di dekat area proses produksi agar memudahkan dan meminimalisir biaya transfer bahan.

6. Area *Workshop* (bengkel)

Bengkel merupakan perbaikan atau tempat penyimpanan suku cadang yang digunakan apabila dilakukan perawatan dan perbaikan alat proses produksi, instrumentasi kantor, alat transportasi dan lain-lain.

7. Area Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)/*Fire Safety*

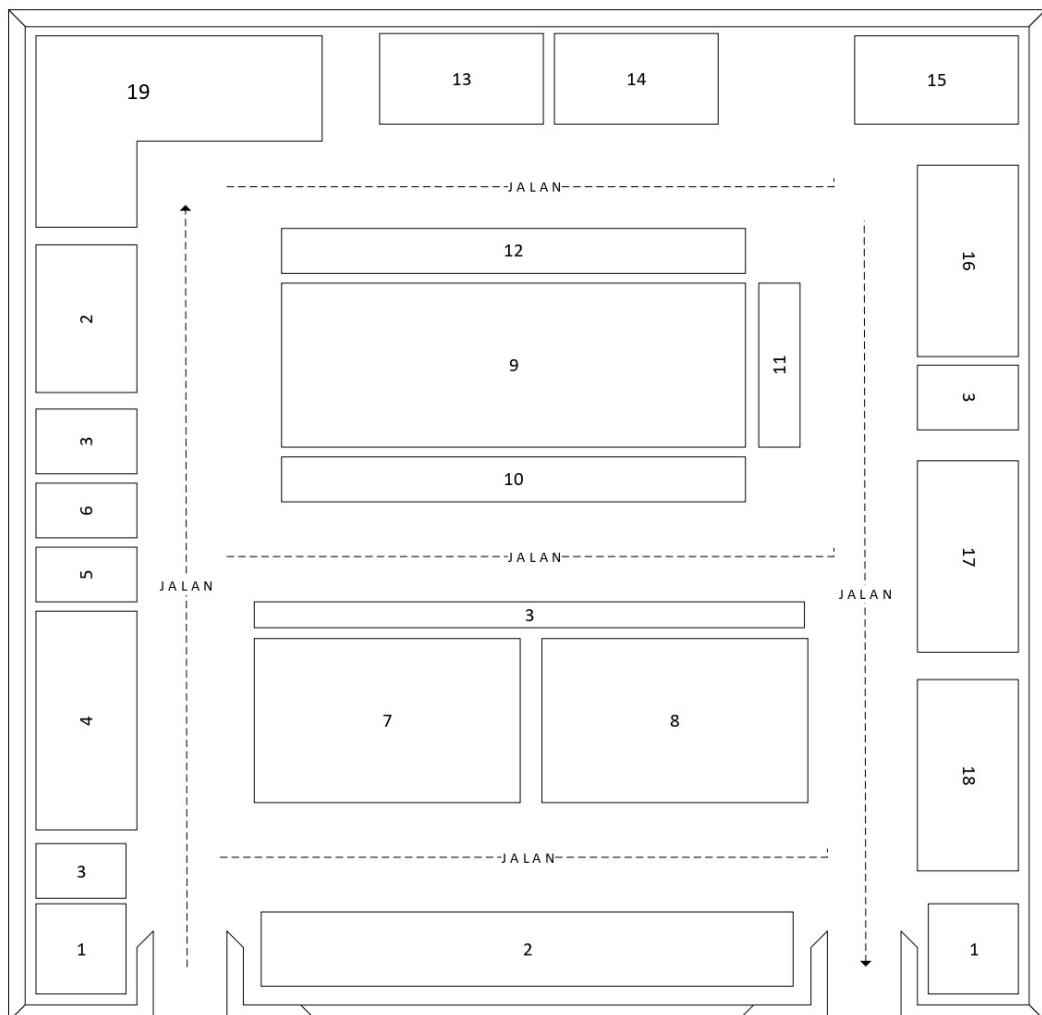
Area K3 dan *fire safety* merupakan area untuk memantau keselamatan dan keamanan di area pabrik. Area ini ditempatkan dekat dengan area yang memiliki risiko bahaya yang tinggi seperti area produksi.

8. Area Perluasan

Area perluasan adalah lahan kosong yang digunakan apabila ingin dilakukan perluasan pabrik dimasa yang akan datang. Area ni terletak di bagian belakang pabrik.

9. Area Fasilitas Lainnya

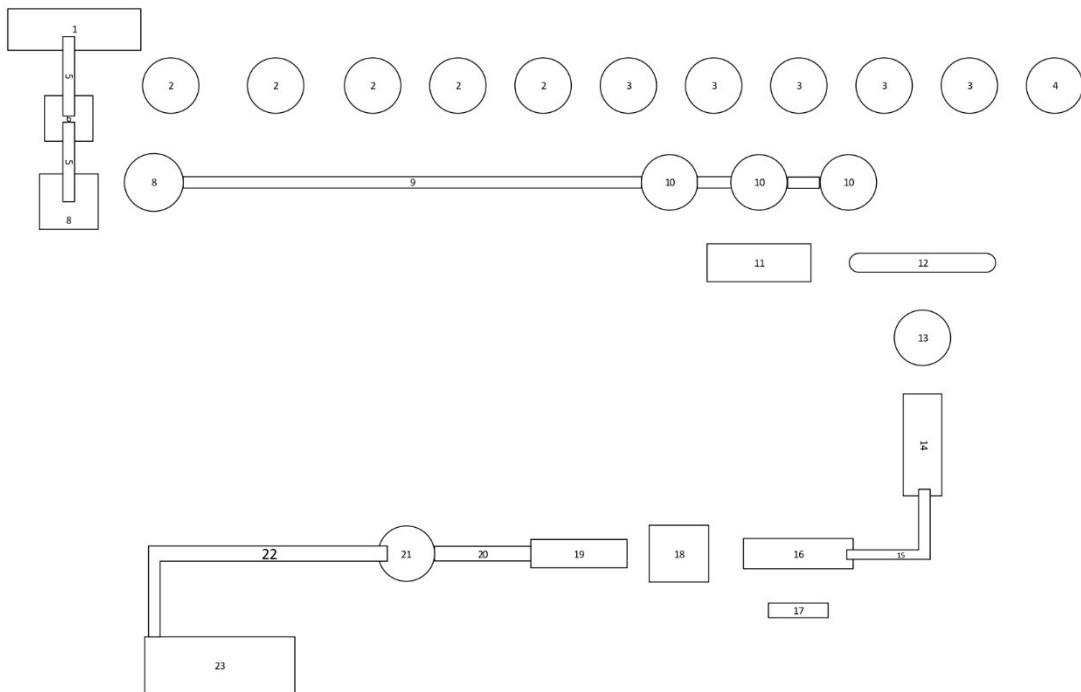
Area ini meliputi kantin, mushollah, aula dan pos keamanan dan fasilitas tambahan lainnya.



Gambar 9.1 Tata Letak Pabrik

Keterangan gambar:

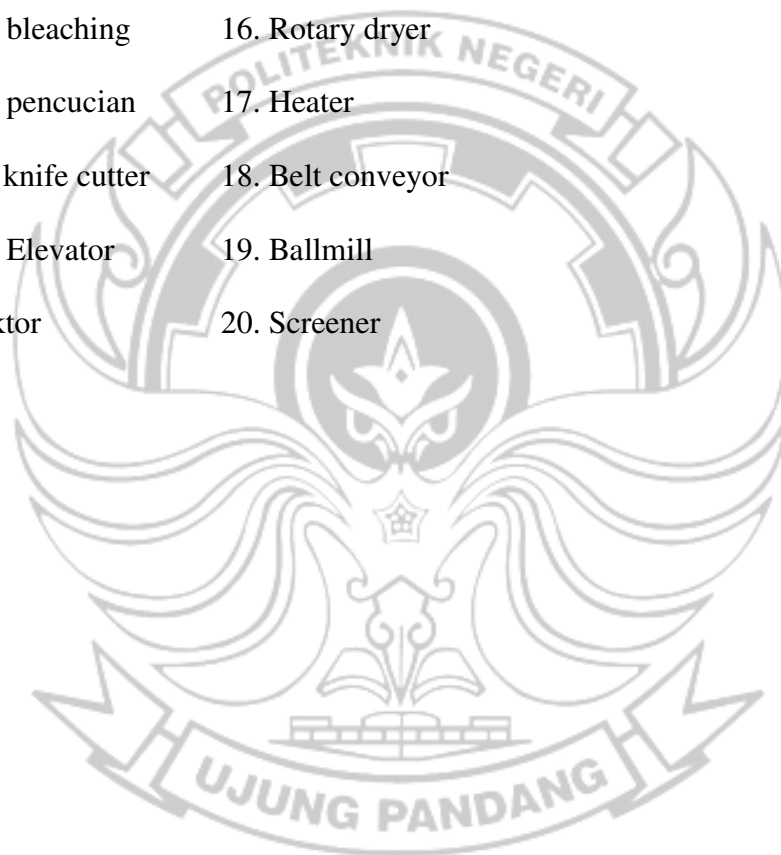
- | | | |
|-------------------|------------------------|----------------------------|
| 1. Pos jaga | 8. Perkantoran | 15. Unit Pengolahan Limbah |
| 2. Area Parkir | 9. Area Proses | 16. Bengkel/Workshop |
| 3. Taman | 10. Ruang Kontrol | 17. Laboratorium |
| 4. Aula | 11. Gudang Produk | 18. Klinik |
| 5. Mushollah | 12. Gudang Bahan Baku | 19. Area Perluasan |
| 6. Kantin | 13. Area Utilitas | |
| 7. K3/Fire safety | 14. Gudang Bahan Kimia | |



Gambar 9.2 Tata Letak Alat Proses

Keterangan gambar:

- | | | |
|------------------------|------------------------------|---------------------|
| 1. Gudang bahan baku | 11. Rotary Drum Vakum Filter | 21. Bucket elevator |
| 2. Tangki NaClO 0,2% | 12. Cooler | 22. Silo |
| 3. Tangki KOH 6% | 13. Tangka presipitasi | 23. Belt Conveyor |
| 4. Tangki KCl 1% | 14. Rotary drum vakum filter | 24. Gudang Produk |
| 5. Belt Conveyor | 15. Belt conveyor | |
| 6. Tangki bleaching | 16. Rotary dryer | |
| 7. Tangki pencucian | 17. Heater | |
| 8. Rotary knife cutter | 18. Belt conveyor | |
| 9. Bucket Elevator | 19. Ballmill | |
| 10. Ekstraktor | 20. Screener | |



BAB X ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui sebuah proyek (pabrik) yang direncanakan menguntungkan atau tidak. Kelayakan pendirian suatu pabrik tidak hanya ditinjau dari faktor teknis melainkan harus juga ditinjau dari segi ekonominya sehingga perlu dilakukan analisis ekonomi terhadap pabrik tersebut. Analisis ekonomi bertujuan untuk memperkirakan kelayakan modal yang diinvestasikan ke pabrik dapat memberikan keuntungan atau sebaliknya. Parameter-parameter ekonomi yang dapat digunakan sebagai pedoman untuk memperkirakan kelayakan pendirian pabrik, yaitu sebagai berikut:

1. *Return on Investment* (ROI)
2. *Pay out Time* (POT)
3. *Internal Rate of Return* (IRR)
4. *Break Even Point* (BEP)

Adapun terdapat beberapa biaya yang perlu diperkirakan sebelum melakukan analisis pada parameter-parameter diatas, diantaranya yaitu:

1. *Total Capital Investment* (TCI)
2. *Total Production Cost* (TPC)
3. Laba atau Keuntungan

10.1 *Total Capital Investment* (TCI)

Total Capital Investment (TCI) atau modal investasi merupakan jumlah biaya yang harus disediakan atau dikeluarkan agar suatu pabrik dapat berdiri dan dapat beroperasi. Pada prarancangan pabrik ini model investasi ditentukan melalui

metode perkiraan yaitu semua investasi pabrik yang dihitung berdasarkan harga peralatan. Secara umum modal nvestasi terbagi menjadi dua, yaitu:

1. *Fixed capital investment* (FCI) atau modal tetap, yaitu modal yang diperlukan untuk pembelian dan pemasangan peralatan proses serta fasilitas pendukung lainnya. Total biaya FCI yaitu Rp. 1.047.482.332.910 yang terdiri dari biaya langsung (*Direct cost*, DC) sebesar Rp 476.128.333.141 dan biaya tidak langsung (*Indirect cost*, IC) sebesar Rp 571.353.999.769 (Lampiran E).
2. *Working capital investment* (WCI) atau modal kerja, yaitu modal yang diperlukan untuk menjalankan pabrik yang telah siap beroperasi pada awal masa operasi. Total biaya WCI sebesar Rp 184.849.823.455 (Lampiran E).

Total capital investment (TCI) merupakan jumlah *fixed capital investment* (FCI) dan *working capital investment* (WCI) yang sebesar Rp 1.232.332.156.364.

Sumber modal yang direncanakan pada prarancangan ini yaitu berasal dari modal sendiri sebesar 60% dari TCI dan modal pinjaman sebesar 40% dari TCI.

10.2 Total Production Cost (TPC)

Total production cost (TPC) atau biaya produksi merupakan biaya yang harus dikeluarkan selama proses produksi hingga menghasilkan suatu produk.

Biaya ini terdiri dari:

1. *Total Manufacturing cost* (TMC), yaitu jumlah semua biaya dipenuhi setiap waktu agar pabrik dapat terus beroperasi yang terdiri dari *direct production cost*, *fixed charges*, dan *plant-overhead cost*. Total TMC yaitu sebesar Rp 1.485.156.475.748 (Lampiran E).

2. *General expenses* (GE), yaitu biaya-biaya pabrik yang perlu dikeluarkan selain biaya manufaktur, yaitu meliputi biaya administrasi, biaya distribusi, biaya penelitian dan pengembangan, serta *financing*. Total biaya GE sebesar Rp 445.229.048.319 (Lampiran E).

Total production cost (TPC) merupakan jumlah *manufacturing cost* dan *general expenses* yang sebesar Rp 1.930.385.524.067 (Lampiran E).

10.3 Laba/Keuntungan

Laba atau keuntungan merupakan hasil yang diperoleh dari total penjualan dikurangi dengan total biaya produksi. Terdapat dua jenis laba yaitu laba kotor yang merupakan laba sebelum dipotong pajak dan laba bersih merupakan laba setelah dipotong pajak. Rata-rata laba kotor dan laba bersih yang diperoleh selama 10 tahun pendirian pabrik yaitu berturut-turut sebesar Rp 285.977.566.749 dan Rp 200.184.296.724.

10.4 Pay-out Time (POT)

Pay-out time (POT) merupakan waktu minimum pengembalian modal investasi (*capital investment*) dari pendapatan yang diperoleh (akumulasi arus kas perusahaan). Waktu pengembalian modal pada prarancangan ini selama 3,02 tahun (Lampiran E).

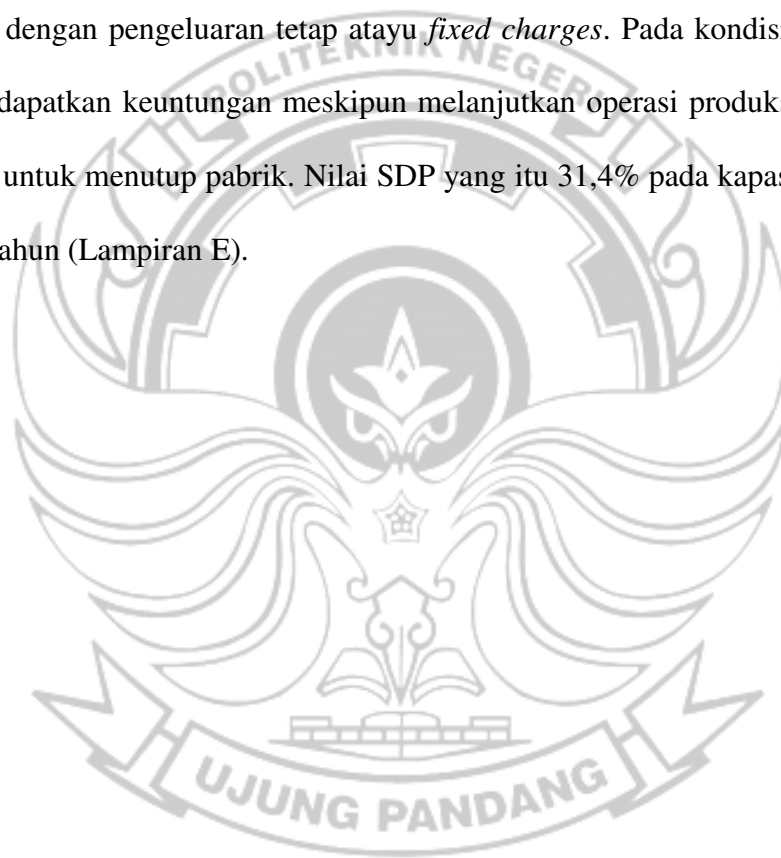
10.5 Break Even Point (BEP)

Break even point (BEP) atau titik impas bertujuan untuk mengetahui kapasitas produksi pabrik yang paling minimal agar total biaya produksi sama dengan total penghasilan. Pada kondisi ini perusahaan tidak mendapatkan keuntungan tetapi juga tidak menimbulkan kerugian. Nilai BEP yang baik yaitu

40% - 60% (Ifa & Nurdjannah, 2019, Hal. 89). Adapun nilai BEP yang diperoleh yaitu 51,96% pada kapasitas pabrik 6.754,8 ton/tahun (Lampiran E), nilai ini memenuhi nilai BEP yang dipersyaratkan sehingga dapat dikatakan bahwa pabrik layak untuk didirikan.

10.6 Shut Down Point (SDP)

Shut down point (SDP) adalah kondisi dimana jumlah kerugian pada daerah rugi sama dengan pengeluaran tetap atau *fixed charges*. Pada kondisi ini pabrik tidak mendapatkan keuntungan meskipun melanjutkan operasi produksi sehingga lebih baik untuk menutup pabrik. Nilai SDP yang itu 31,4% pada kapasitas pabrik 4082 ton/tahun (Lampiran E).



BAB XI PENUTUP

11.1 Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan uraian dan hasil perhitungan pada Prarancangan Pabrik Karaginan dari *Eucheuma cottonii*, yaitu:

1. Pabrik direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2028 selama 330 hari tahun dan 24 jam perhari dengan kapasitas 13.000 ton/tahun.
2. Proses pembuatan karaginan yang dipilih yaitu KCl *precipitation* karena lebih ekonomis.
3. Lokasi pndirian pabrik terletak di Desa Laikang, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi garis dan staff serta jumlah karyawan yang dibutuhkan sebanyak 181 orang.
4. Pabrik ini layak untuk didirikan karena memberikan keuntungan yang ditinjau dari segi ekonomi, dimana data hasil analisis ekonomi yang diperoleh sebagai berikut:
 - ~ *Break Even Point* (BEP) = 57,14%
 - ~ *Pay out time* (POT) = 4 tahun
 - ~ *Shut down point* (SDP) = 34,5%

Dari hasil tersebut diatas maka Prarancangan Pabrik Karaginan dari *Eucheuma cottonii* layak dan dapat dilanjutkan ke tahap perancangan sesuai dengan prosedur yang telah direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi, P., Rahmansyah. & Emma, S. 2012. Budidaya rumput laut penghasil karaginan. Badan Penelitian Kelautan dan Perikanan Kementrian Kelautan dan Perikanan: Jakarta
- Anggadireja, J.T., 2006. Rumput Laut , penyebar swadaya , Jakarta.
- Brownell, L. E. & Young, E. H., 1959. Process Equipment Design. New york: John Wiley & Sons, Inc.
- Buthod, P., 1995. Pressure Vassel Handbook. 10th ed. Tulsa: Pressure Vassel Publishing, Inc..
- BPS, 2021. *Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor*, Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- BPS, 2024. *Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor*, Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Chevron, 2007. Diesel Fuels Technical Review, San Ramon: Chevron Corporation.
- CP Kelco, 2001. *Carrageenan Book*. Denmark: CP Kelco ApS.
- DKP Sul-Sel, 2022. *Data Perikanan*. [Online] Available at: <https://dkp.sulselprov.go.id /page/info/23/data-perikanan> [Accessed 4 Juli 2022].
- DKP Sul-Sel, 2024. *Data Perikanan*. [Online] Available at: <https://dkp.sulselprov.go.id /page/info/23/data-perikanan>.
- DPMPSTSP Sul-Sel, 2021. *Profil Kabupaten Takalar*. [Online] Available at: <https://dpmpstsp.sulselprov.go.id/publik-profil-kabkota?id=19>
- Dinas Kelautan dan Perikanan Takalar, 2021. *Data Perikanan*. [Online] Available at: <https://perikanan.takalarkab.go.id/>.
- Fathoni, D. A., & Arisandi, A. (2020). Kualitas Karaginan Rumput Laut (*Euchemum cottonii*) Pada Lahan Yang Berbeda Di Kecamatan Bluto, Kabupaten Sumenep. *Juvenil*, 1(4), 548–557.
- Geankoplis, C. J., 1993. Transport Processes and Unit Operations. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Geankoplis, C. J., 1993. Transport Processes and Unit Operations. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Hanen, N. B., 2013. Colour Removal of

Raw Carrageenan by Using Sodium Hypochlorite as Bleaching Agent, Pahang: University Malaysia Pahang.

Greiner, H. G., 1967. Crane Handbook. Harvey, Illinois: Whiting Corporation.

Hanen, N. B., 2013. *Colour Removal of Raw Carrageenan by Using Sodium Hypochlorite as Bleaching Agent*, Pahang: University Malaysia Pahang.

Hendrawati, T. Y., 2016. *Pengolahan Rumput Laut dan Kelayakan Industrinya*. Jakarta Selatan: UMJ Press.

Herman, A. R. & Hasnillasari, 2020. *Prarancangan Pabrik Karaginan dari Ganggang Merah Eucheuma Spinosum Kapasitas 10.000 Ton/Tahun*, Makassar: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Husin, A. B., 2014. *Extraction of Kappa Carrageenan from Local Seaweed*, Pahang: Universiti Malaysia Pahang.

Info Komoditas rumput laut. Jakarta: AMP Press., 2015

Jawara, R. R., 2019. *Karakterisasi Mutu Alkali Treated Cottonii dengan Variasi Bibit Rumput Laut (Eucheuma Cottonii) dan Umur Panen*, Jember: Universitas Jember.

Kern, D. Q., 1965. Process Heat Transfer. 1st ed. Jepang: McGraw-Hill.

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2024. Data pertumbuhan konsumsi, produksi karaginan bubuk: Jakarta

Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2020. Statistik Ekspor : Hasil Perikanan Tahun 2015- 2019. Direktorat Jenderal Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan : Jakarta

Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2022. Menteri Trenggono Siapkan Solusi Penyakit Rumput Laut di Jailolo.

Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2019. Statistik Ekspor : Hasil Perikanan Tahun 2015- 2019. Direktorat Jenderal Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan : Jakarta

Kimbal, J.W. 1992. Biologi Jilid 3, Edisi kelima. Terjemahan Soetarmi T dan Nagaswara S. Erlangga Jakarta.

Metcalf & Eddy, 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. 4th ed. China: McGraw-Hill.

- Nadia, T., Raden, M.Y.B., Fadlilatul, T., & Yeni R. (2023). Pra Desain pabrik Produksi *Semi Refined Carrageenan* dari Rumput Laut *Eucheuma cottoni*. Surabaya: Institut Teknologi sepuluh nopember (ITS)
- Nafiah, H., Pratjojo, W., & Susatyo, E. B. (2012). Pemanfaatan karagenan dalam pembuatan nugget ikan cucut. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(1).
- NIST Steam Tables, 2016. Properties of Water and Steam (The Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance). Indian Institute of Technology Bombay ed. India: s.n.
- Nurmiah, S., 2013. *Proses Produksi Karaginan Skala Pilot Plant dari Rumput Laut Kappaphycus alvarezii dan Pemetaan Potensinya*, Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Parlina, Iin. 2009. Karagenan, Produk Olahan Rumput laut Merah Indonesia yang sangat bermanfaat <http://iinparlina.-wordpress.com> diunggah tanggal 21 September 2012
- Palawe, J., Talete, T. K., Tatinting, N., Tanod, W. A., Mandeno, J. A., Rieuwpassa, F. J., Cahyono, E. & Ansar, N. M. S. (2021). Kukis sagu tinggi kalsium fortifikasi tulang ikan tuna dan rumput laut *Caulerpa* sp. *EnviroScienteeae*, 17(3), 106-115.
- Peranginangin, R., Sinurat, E. & Darmawan, M., 2013. *Memproduksi Karaginan dari Rumput Laut*. Jakarta: Penenbar Swadaya
- Perry, R. H. & Green, D. W., 1997. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 7th ed. New York: McGraw-Hill
- Perry, R. H. & Green, D. W., 1997. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 5th ed. New York: McGraw-Hill.
- Pelezar, M. J. dan E.C.S. Chan. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Terjemahan Ratna Siri H. dkk. UI Press, Jakarta.
- Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D., 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. 4th ed. Singapore: McGraw-Hill.
- Perry, R. H. & Green, D. W., 1997. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 6th ed. New York: McGraw-Hill.
- Qasim, S. R., Motley, E. M. & Zhu, G., 2002. *Water Works Engineering: Planning, Design, and Operation*. 1st ed. New Delhi: Prentis-Hall, Inc.

- Riffat, R. & Husnain, T., 2022. *Fundamentals Wastewater Treatment and Engineering*. 2nd ed. Oxon: CRC Press.
- Rusli, A., Dahlia, D., Ilijas, M. I., Alias, M., & Budiman, B. (2020). Strategi pengelolaan budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* di Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. *Agrokompleks*, 20(1), 28–38.
- Rideout, C. S., Hill, R., Bernabe, M. G. & Markham, 1998. *Method for Extracting Semi-Refined Carrageenan from Seaweed*. United States, Patent No. 5,801,204.
- Sanghvi Enterprise, 1973. Sanghvi Enterprise. [Online] Available at: <https://www.sanghvienterprise.com> [Accessed 27 Desember 2022].
- SNI 8391-1:2017, 2017. *Karaginan Murni (Refined Carrageenan)-Bagian 1: Kappa Karaginan-Syarat mutu dan Pengolahan*, Jakarta:BSN.
- Simpson. M.G. 2006. *Plan Systematics*. Elsevier Academic Press. Canada.
- Subiyantoro. W.K. 2009. Penentuan Efisiensi Proses Ekstraksi Karaginan Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*) Metode Alkohol, Metode Tekan, dan Metode ATC (*Alkali Treated Carraghnophyte*)
- Suez, 2017. *Water Technologies & Solutions Fact Sheet (E-Cell-3X Stack)*, USA: Suez Water Technologies.
- Soetjipto, W., Adriansyah, R., A'yun, R. A. Q. & Setiadi, T., 2019. *Peluang Usaha dan Investasi Rumput Laut*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Treadmap, 2022. *Trade Statistics for International Business Development*. [Online] Available at: https://www.trademap.org/Country_SelProduct.aspx?nvpm= [Accessed 28 Agustus 2022].
- Ulrich, G.G., 1984, “*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*”, John Willey and Sons, New York.
- Winarno, FG. 1996. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- W.L.McCabe, “*Unit Operations of Chemical Engineering*,” Singapore: McGrawHill, 1993.
- Yaws, C. L., 1999. *Chemical Properties Handbook*. Amerika Serikat: McGraw-Hill.

Yudiono, Lasminto, U. & Ratnasari, V., 2018. Analisis Biaya untuk Pemilihan Sumber Daya Listrik Utama Rumah Pompa Greses. ITS Journal of Civil Engineering, XXXIII(1), p. 21.



LAMPIRAN A

PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas Produksi : 13.000 Ton/Tahun

Bahan Baku : *Eucheuma cottonii*

Produk : *Refined Kappa* Karaginan

Waktu Operasi/Tahun : 330 hari/tahun

Waktu Operasi/Hari : 24 jam

Basis Perhitungan : 1000 kg *Eucheuma cottonii* kering /jam

$$\text{Kapasitas Produksi} = 13.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$$

$$= 1641,414 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

$$\text{Faktor pengali (Fp)} = \frac{\text{Kapasitas produksi (aktual)}}{\text{Kapasitas produksi hasil basis}}$$

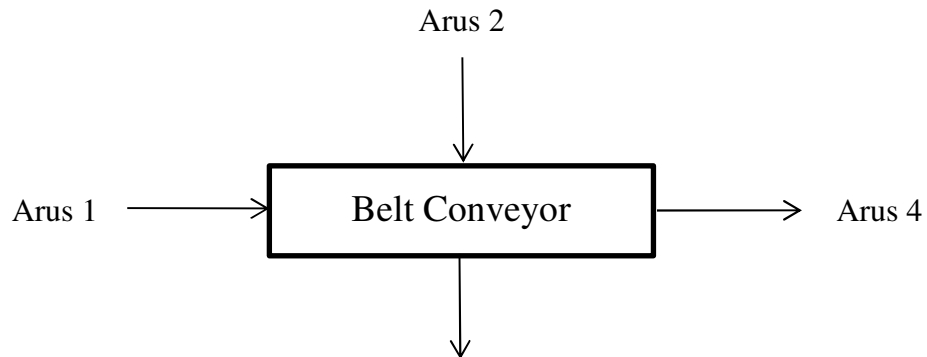
$$= \frac{1641,414 \text{ kg/jam}}{567,78 \text{ kg/jam}}$$

$$= 2,89$$

$$\text{Kebutuhan bahan baku per tahun} = 1.000 \text{ kg/jam} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{330 \text{ hari}}{\text{tahun}}$$

$$= 7.920 \text{ ton/tahun}$$

1. Belt Conveyor (BC-101)



- Kebutuhan air pembersih Arus 3 at *Eucheuma cottonii* belt conveyor (Singgih, 1993).
- Air yang terikut rumput laut 11,14% dari berat *Eucheuma cottonii* (hasil percobaan di laboratorium).
- Kotoran (impuritis) yang terikut sebesar 0,1% dari massa masuk.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air} &= 2 \times \text{berat } Eucheuma \text{ cottonii} \\
 &= 2 \times 1.000 \text{ kg/jam} \\
 &= 2.000 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang terikut } Eucheuma \text{ cottonii} &= 11,14\% \times 1.000 \text{ kg/jam} \\
 &= 111.4 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Impuritas} &= 0,1\% \times 1.000 \text{ kg/jam} \\
 &= 1 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Data:

- *Eucheuma cottonii* yang masuk tangki pencucian tidak ada yang hilang.
- Impuritas terbawa air pencuci

Tabel L-A.1 Komposisi *Eucheuma cottonii* kering yang terjual dipasaran

Komposisi	Jumlah
D-galaktosa-4-sulfat D-galaktosa-6-sulfat (Karaginan)	62,67%
Protein	4,95%
Lemak	0,95%
Kadar air	16,85%
Kadar abu	4,65%
Serat kasar	9,93%
Impuritas	0,1%
Total	100%

Sumber: Daftar komponen Bahan Makanan Direktorat Gizi Kesehatan RI, 2019

Jadi, komposisi *Eucheuma cottonii* laut dalam 1.000 kg/jam:

- Karaginan : $62,67\% \times 1.000 \text{ kg/jam} = 626,7 \text{ kg/jam}$
- Protein : $4,95\% \times 1.000 \text{ kg/jam} = 49,5 \text{ kg/jam}$
- Lemak : $0,95\% \times 1.000 \text{ kg/jam} = 9,5 \text{ kg/jam}$
- Abu : $4,65\% \times 1.000 \text{ kg/jam} = 46,5 \text{ kg/jam}$
- Serat : $9,93\% \times 1.000 \text{ kg/jam} = 98,3 \text{ kg/jam}$
- H₂O : $16,85\% \times 1.000 \text{ kg/jam} = 168,5 \text{ kg/jam}$
- Impuritas : $0,1\% \times 1.000 \text{ kg/jam} = 1 \text{ kg/jam}$

• **Komponen Masuk**

- Karaginan : 626,7 kg/jam
- Protein : 49,5 kg/jam
- Lemak : 9,5 kg/jam
- Abu : 46,5 kg/jam
- Serat : 98,3 kg/jam

- H₂O : 168,5 kg/jam
- Impuritis : 1 kg/jam

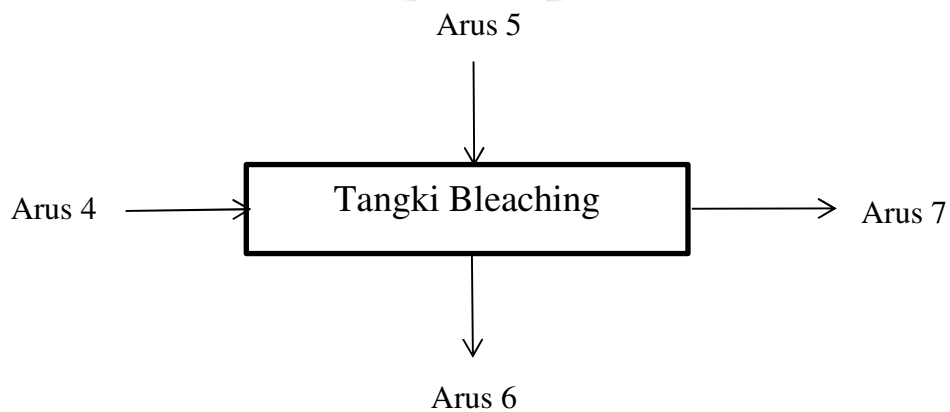
Karena tidak ada *Eucheuma cottonii* yang hilang, maka :

Rumput laut masuk = Rumput laut keluar

Tabel L-A.2 Neraca Massa Belt Conveyor atau Pencucian (BC-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4
Karaginan	626,70	-	-	626,70
Protein	49,50	-	-	49,50
Lemak	9,50	-	-	9,50
H ₂ O	168,50	-	-	168,50
Abu	46,50	-	-	46,50
Serat Kasar	98,30	-	-	98,30
Impuritis	1,00	-	1,00	-
Air Pencuci	-	2000	1888,60	111,4
Jumlah	1000	2000	1889,60	1110,40
Total	3.000		3.0000	

2. Tangki Bleaching (TB-101)



- **Komponen Masuk**

Diketahui:

- Kadar larutan NaClO = 0,2% (Hanan, 2013)
- Rasio perbandingan massa *Eucheuma cottonii*: volume NaClO 0,2% = 1:40 (Hanan, 2013).
- $\rho_{\text{NaClO}} = 1,11 \text{ kg/L}$

Laju Massa NaClO = 40 x massa *Eucheuma cottonii* (arus 1)
 = 40 x 1.000 kg/jam
 = 40.000,02 L/jam

Massa NaClO = Volume NaClO x ρ campuran
 = volume NaClO x ((0,2% x ρ_{NaClO}) + ((100% - 0,2%) x $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$))
 = 40.000,2 L/jam x ((0,2% x 1.11 kg/L) + 99,85% x 1 kg/L))
 = 40.008,82 kg/jam

Massa NaClO = 0,2% dari massa NaClO 0,2%
 = 0,002 x 40.008,82 k/jam
 = 80,02 kg/jam

Massa Air Pelarut = (massa NaClO + air pelarut) - massa NaClO
 = (40.008,82 kg/jam – 80,02 kg/jam)
 = 39.928,80 kg/jam

- **Komponen Keluar**

Asumsi :

- 99,5% NaClO terbuang sebagai limbah

$$\begin{aligned} \text{Massa NaClO} &= 99,5\% \times \text{massa NaClO} \\ &= 0,995 \times 80,02 \text{ kg/jam} \\ &= 79,62 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

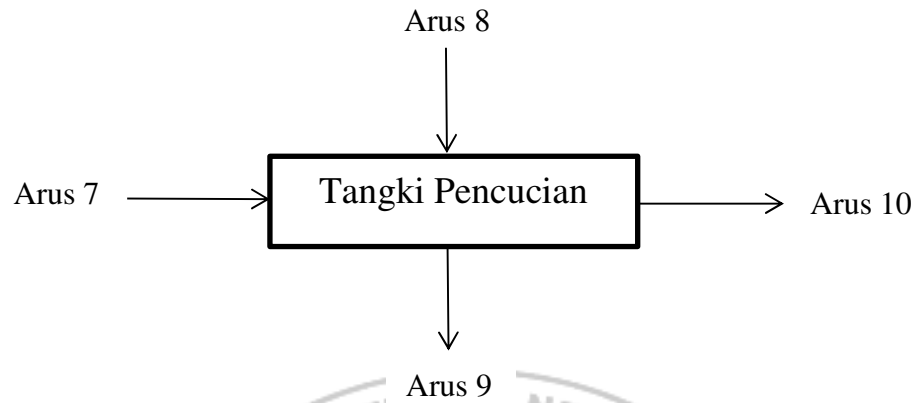
Massa NaClO yang terikut *Eucheuma cottonii* =

$$\begin{aligned} \text{Massa NaClO di tangki} - \text{Massa NaClO tangki bleaching} \\ &= 80,02 \text{ kg/jam} - 79,62 \text{ kg/jam} \\ &= 0,4 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel L-A.4 Neraca Massa Tangki Bleaching (TB-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7
Karaginan	626,70	-	-	626,70
Protein	49,50	-	-	49,50
Lemak	9,50	-	-	9,50
H ₂ O	279,90	-	-	279,90
Abu	46,50	-	-	46,50
Serat Kasar	98,30	-	-	98,30
NaClO	-	80,02	79,62	0,40
Air Pelarut	-	39.928,80	39.928,80	-
Jumlah	1110,40	40.008,82	40.008,42	1110,80
Total	41.119,22		41.119,22	

3. Tangki Pencucian (TP-101)



❖ Komponen Masuk

- Karaginan : 626,7 kg/jam
- Protein : 49,5 kg/jam
- Lemak : 9,5 kg/jam
- Abu : 46,50 kg/jam
- Serat : 98,30 kg/jam
- H₂O : 279,90 kg/jam
- NaClO : 0,4 kg/jam
- Kebutuhan air pencuci 40 kali berat *Eucheuma Cottonii* masuk tangka pencucian (Singgih, 1993).
- 97% air proses dibuang sebagai limbah dan 3% terdapat pada rumput laut (Silvianti, 2022).

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Air} &= 40 \times \text{berat } Eucheuma\ cottonii \\ &= 40 \times 1110,80 \text{ kg/jam} \\ &= 44.432,004 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

❖ **Komponen Keluar**

- Karaginan : 626,7 kg/jam
- Protein : 49,50 kg/jam
- Lemak : 9,50 kg/jam
- Abu : 46,50 kg/jam
- Serat : 98,30 kg/jam
- H₂O : 279,90 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Air yang terikut } Eucheuma cottonii &= 3\% \times 1110,80 \text{ kg/jam} \\ &= 33,32 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air pencucian keluar} &= \text{kebutuhan air} - \text{air yang terikut } Eucheuma cottonii \\ &= 44.432,004 \text{ kg/jam} - 33,32 \text{ kg/jam} \\ &= 44.398,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel L-A.5 Neraca Massa Tangki Pencucian (TP-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Karaginan	626,70	-	-	626,70
Protein	49,50	-	-	49,50
Lemak	9,50	-	-	9,50
H ₂ O	279,90	-	-	279,90
Abu	46,50	-	-	46,50
Serat Kasar	98,30	-	-	98,30
NaClO	0,40	-	0,40	-
Air Pencucian	-	44.432,00	44.398,68	33,32
Jumlah	1110,80	44.432,00	44.399,08	1143,72

Total	45.542,80	45.542,80
--------------	------------------	------------------

4. Rotary Knife Cutter (RK-101)



❖ Komponen Masuk

- Karaginan : 626,7 kg/jam
- Protein : 49,50 kg/jam
- Lemak : 9,50 kg/jam
- Abu : 46,50 kg/jam
- Serat : 98,30 kg/jam
- H₂O : 313,22 kg/jam

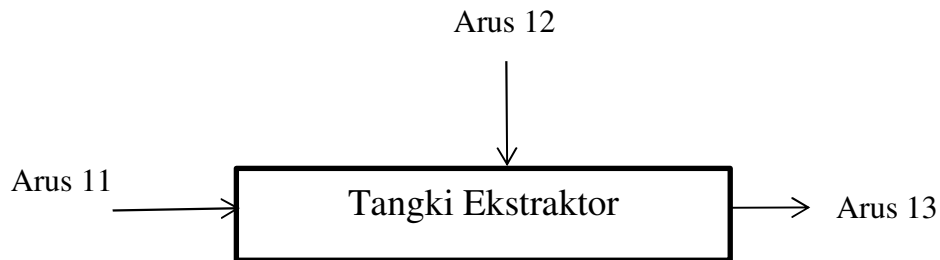
Karena tidak ada *Eucheuma cottonii* yang hilang maka:

Eucheuma cottonii yang masuk = *Eucheuma cottonii* yang keluar

Tabel L-A.6 Neraca Massa Rotary Knife Cutter (RK-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 10	Arus 11
Karaginan	626,70	626,70
Protein	49,50	49,50
Lemak	9,50	9,50
H ₂ O	313,22	313,22
Abu	46,50	46,50
Serat Kasar	98,30	98,30
Total	1143,72	1143,72

5. Ekstraktor (EK-101)



Diketahui:

- Kadar larutan KOH = 6% (Nurmiah, 2013)
- Rasio perbandingan massa *Eucheuma cottonii* : Volume KOH 6% = 1:40 (Nurmiah, 2013).
- $\rho_{\text{KOH}} = 2,12 \text{ kg/L}$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume KOH} &= 40 \times \text{massa } Eucheuma \text{ cottonii} \\
 &= 40 \times 1143,72 \text{ kg/jam} \\
 &= 45.748,98 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa KOH + air pelarut} &= \text{volume KOH} \times \rho \text{ campuran} \\
 &= \text{volume KOH} \times ((6\% \times \rho_{\text{KOH}}) + ((100\% - 6\%) \times \rho_{\text{H}_2\text{O}})) \\
 &= 45.748,98 \text{ L/jam} \times ((6\% \times 2,12 \text{ kg/L}) + (94\% \times 1 \text{ kg/L})) \\
 &= 45.748,98 \text{ L/jam} \times 1,0672 \text{ kg/L} \\
 &= 48.823,31 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa KOH} &= 6\% \text{ dari massa KOH + air pelarut} \\
 &= 0,06 \times 48.823,31 \text{ kg/jam} \\
 &= 2.929,40 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa air pelarut} &= (\text{Massa KOH + air pelarut}) - \text{massa KOH} \\
 &= (48.823,31 \text{ kg/jam} - 2.929,40 \text{ kg/jam})
 \end{aligned}$$

= 45.893,91 kg/jam

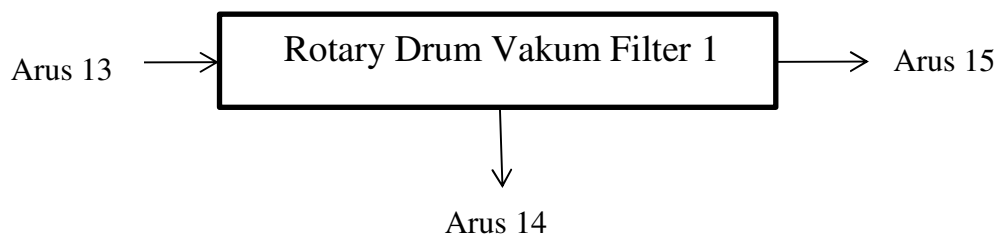
Pemasakan pada suhu 80°C selama 3 jam (Singgih, 1993)

Massa masuk = Massa keluar

Tabel L-A.8 Neraca Massa Tangki Ekstraktor (EK-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
Karaginan	626,70	-	626,70
Protein	49,50	-	49,50
Lemak	9,50	-	9,50
H ₂ O	313,22	-	313,22
Abu	46,50	-	46,50
Serat Kasar	98,30	-	98,30
KOH	-	2.929,40	2.929,40
Air Pelarut	-	45.893,91	45.893,91
Jumlah	1.143,72	48.823,31	49.967,04
Total	49.967,04		49.967,04

6. Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-101)



- **Komponen Masuk**

- Karaginan : 626,70 kg/jam
- Protein : 49,50 kg/jam
- Lemak : 9,50 kg/jam
- Abu : 46,50 kg/jam
- Serat : 98,30 kg/jam
- H₂O : 46.207,14 kg/jam

- **Komponen Keluar**

Asumsi:

- 100% serat kasar tertahan pada media filter.
- Kadar protein dan lemak menurun akibat adanya perlakuan alkali dan pemanasan. Kadar lemak dalam k-karaginan yaitu 1,25% dan kadar protein dalam k-karaginan yaitu 1,57% (Ega, et al., 2016).
- Masing-masing 0,1% dari komponen berfasa cair (D-galaktosa-4-sulfat D galaktosa-6-sulfat, protein, lemak, air, abu, dan k-karaginan) terikat ke fasa padat (serat kasar).

Arus 14

$$\begin{aligned} \text{Massa serat kasar} &= 100\% \times \text{massa serat kasar arus 13} \\ &= 1 \times 98,30 \text{ kg/jam} \\ &= 98,30 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa k-karaginan} &= 2\% \times \text{massa k-karaginan arus 13} \\ &= 2\% \times 626,70 \text{ kg/jam} \\ &= 12,53 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa protein} &= (100\% - 1,57\%) \times \text{massa protein arus 13} \\ &= (100\% - 1,57\%) \times 49,50 \text{ kg/jam} \\ &= 48,72 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa lemak} &= (100\% - 1,25\%) \times \text{massa lemak arus 13} \\ &= 98,75\% \times 9,50 \text{ kg/jam} \\ &= 9,38 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air} &= 2\% \times \text{massa air arus 13} \\ &= 0,02 \times 46.207,14 \text{ kg/jam} \\ &= 924,14 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa abu} &= 2\% \times \text{massa abu arus 13} \\ &= 0,02 \times 46,50 \text{ kg/jam} \\ &= 0,93 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KOH} &= 2\% \times \text{massa abu arus 13} \\ &= 0,02 \times 2.929,40 \text{ kg/jam} \\ &= 58,59 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Arus 15

$$\begin{aligned} \text{Massa k-karaginan} &= \text{massa k-karaginan arus 14} - \text{massa k-karaginan arus 15} \\ &= 626,70 \text{ kg/jam} - 12,53 \text{ kg/jam} \\ &= 614,17 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa protein} &= \text{massa protein arus 14} - \text{massa protein arus 15} \\ &= 49,50 \text{ kg/jam} - 48,72 \text{ kg/jam} \\ &= 0,78 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa lemak} &= \text{massa lemak arus 14} - \text{massa lemak arus 15} \\ &= 9,50 \text{ kg/jam} - 9,38 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$= 0,12 \text{ kg/jam}$$

Massa air = massa air arus 14 – massa air arus 15

$$= 46.207,14 \text{ kg/jam} - 924,14 \text{ kg/jam}$$

$$= 45.282,99 \text{ kg/jam}$$

Massa abu = massa abu arus 14 – massa abu arus 15

$$= 46,50 \text{ kg/jam} - 0,93 \text{ kg/jam}$$

$$= 45,57 \text{ kg/jam}$$

Massa serat kasar = massa serat kasar arus 14 – massa serat kasar arus 15

$$= 98,30 \text{ kg/jam} - 98,30 \text{ kg/jam}$$

$$= 0 \text{ kg/jam}$$

Massa KOH = massa KOH arus 14 – massa KOH arus 15

$$= 2.929,40 \text{ kg/jam} - 58,59 \text{ kg/jam}$$

$$= 2.870,81 \text{ kg/jam}$$

Jika kebutuhan air pencuci 10% dari berat ampas, maka:

Kebutuhan air pencuci = $10\% \times 626,70 \text{ kg/jam}$

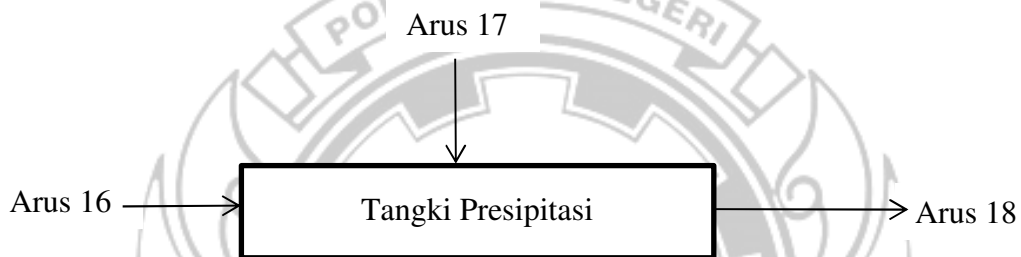
$$= 62,67 \text{ kg/jam}$$

Tabel L-A.9 Neraca Massa Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
Karaginan	626,70	12,53	614,17
Protein	49,50	48,72	0,78
Lemak	9,50	9,38	0,12
H ₂ O	46.207,14	924,14	45.282,99
Abu	46,50	0,9300	45,5700

Serat Kasar	98,30	98,30	0,00
KOH	2929,40	58,59	2870,81
Air Pencuci	62,67	62,67	-
Jumlah	50.029,71	1.215,27	48.814,44
Total	50029,71	50029,71	

7. Tangki Presipitasi (TR-101)



❖ Komponen Masuk

- Karaginan : 614,17 kg/jam
- Protein : 0,78 kg/jam
- Lemak : 0,12 kg/jam
- Abu : 45,57 kg/jam
- H₂O : 45.282,99 kg/jam

Diketahui:

- Kadar larutan KCl = 1% (Paranginangin, et al., 2013).
- Rasio perbandingan massa filtrat : volume larutan KCl 1% = 1:2 (Paranginangin, et al., 2013).
- pKCl = 1,98 kg/L

$$\begin{aligned} \text{Volume KCl + air pelarut} &= 2 \times \text{massa filtrat} \\ &= 2 \times 48.814,44 \text{ kg/jam} \\ &= 97.628,89 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KCl} &= \text{volume KCl} \times \rho \text{ campuran} \\ &= \text{Volume KCl} \times ((1\% \times \rho_{\text{KCl}}) + ((100\%-1\%) \times \rho_{\text{H}_2\text{O}})) \\ &= 97.628,89 \text{ L/jam} \times ((1\% \times 1,98 \text{ kg/l}) + (99\% \times 1 \text{ kg/L})) \\ &= 97.628,89 \text{ L/jam} \times 1,0098 \text{ kg/L} \\ &= 98.585,66 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KCl} &= 1\% \text{ dari massa KCl + air pelarut} \\ &= 1\% \times 98.585,66 \text{ kg/jam} \\ &= 985,86 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

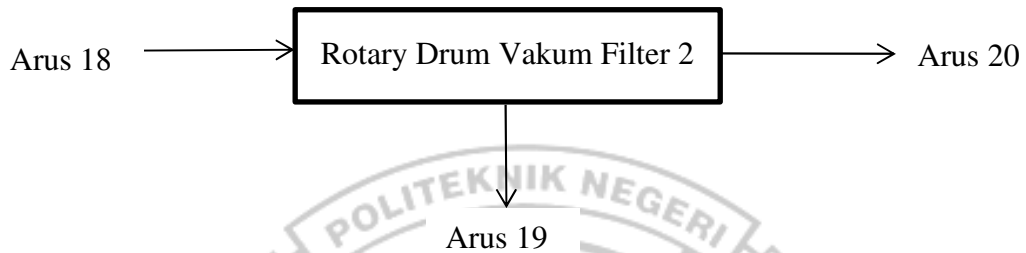
$$\begin{aligned} \text{Massa air pelarut} &= (\text{massa KCl + air pelarut}) - \text{massa KCl} \\ &= (98.585,66 - 985,86) \text{ kg/jam} \\ &= 97.599,8 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel L-A.11 Neraca Massa Tangki Presipitasi (TR-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 16	Arus 17	Arus 18
Karaginan	614,17	-	614,17
Protein	0,78	-	0,78
Lemak	0,12	-	0,12
H ₂ O	48153,80	-	48153,80
Abu	45,57	-	45,57
KCl	-	985,86	985,86
Air Pelarut	-	97599,80	97599,80

Jumlah	48814,44	98585,66	147400,09
Total	147.400,09		147.400,09

8. Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-102)



❖ Komponen Masuk

- Karaginan : 614,17 kg/jam
- Protein : 0,78 kg/jam
- Lemak : 0,12 kg/jam
- Abu : 45,57 kg/jam
- H₂O : 48.153,80 kg/jam
- KCL : 985,86 kg/jam

Jika kebutuhan air pencuci 10% dari berat ampas, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pencuci} &= 10\% \times 614,17 \text{ kg/jam} \\ &= 61,42 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

❖ Komponen Keluar

Asumsi:

- 0,1% dari masing-masing komponen berfasa cair (karaginan, protein, air, abu, dan KCl) terikut ke fasa padat (k karaginan).

Arus 19

$$\begin{aligned}\text{Massa protein} &= 99,9\% \times \text{massa protein arus 18} \\ &= 99,9\% \times 0,78 \text{ kg/jam} \\ &= 0,78 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa lemak} &= 99,9\% \times \text{massa lemak arus 18} \\ &= 99,9\% \times 0,12 \text{ kg/jam} \\ &= 0,12 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa air} &= 99,9\% \times \text{massa air arus 18} \\ &= 99,9\% \times 145.753,60 \text{ kg/jam} \\ &= 145.607,85 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa abu} &= 99,9\% \times \text{massa abu arus 18} \\ &= 99,9\% \times 45,57 \text{ kg/jam} \\ &= 45,52 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Arus 20

Asumsi:

- Ion kalium merupakan unsur mineral yang tidak terbakar (abu) (Ningsih, 2014). Ion kalium dari KCl dapat mempengaruhi kadar abu dari karaginan (Hakim, et al., 2011). Sehingga diasumsikan sisa KCl 1% yang terdapat pada k-karaginan sama dengan kandungan abu pada karaginan.

$$\begin{aligned}\text{Massa protein} &= \text{massa protein arus 18} - \text{massa protein arus 19} \\ &= 0,78 \text{ kg/jam} - 0,78 \text{ kg/jam} \\ &= 0 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Massa lemak = massa lemak arus 18 – massa lemak arus 19
 = 0,12 kg/jam - 0,12 kg/jam
 = 0 kg/jam

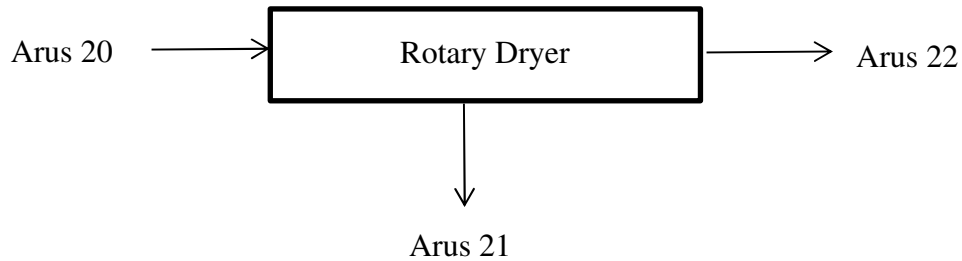
Massa air = massa air arus 18 – massa air arus 19
 = 145.753,60 kg/jam - 145.607,85 kg/jam
 = 145,75

Massa abu = massa abu arus 18 – massa abu arus 19
 = 45,57 kg/jam - 45,52 kg/jam
 = 0,05 kg/jam

Tabel L-A.12 Neraca Massa Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-102)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 18	Arus 19	Arus 20
Karaginan	614,17	0,61	613,55
Protein	0,78	0,78	-
Lemak	0,119	0,119	-
H ₂ O	145753,60	145607,85	145,754
Abu	45,57	45,52	0,05
KCl	985,86	985,86	-
Air Pencuci	61,4166	61,4166	-
Jumlah	147461,51	146702,159	759,35
Total	147461,51	147461,51	

12. Rotary Dryer (RD-101)



Data:

- Efisiensi rotary dryer 90% (perry,1984)
- Kandungan air pada pada karaginan sebesar 10,69% (Nurmiah,2013)

❖ **Komponen Masuk**

Karaginan : 613,55 kg/jam

Abu : 0,05 kg/jam

H₂O : 145,75 kg/jam

Total : 759,35 kg/jam

❖ **Komponen Keluar**

Massa air = (100% - 10,69%) x massa air
= (100% - 10,69%) x 145,75 kg/jam
= 130,17 kg/jam

Massa Karaginan = 90% x 613,55 kg/jam
= 552,20 kg/jam

Massa Abu = 90% x 0,05 kg/jam
= 0,04 kg/jam

Tabel L-A.13 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 20	Arus 21	Arus 22
Karaginan	613,55	61,36	552,20
H ₂ O	145,75	130,17	15,58
Abu	0,05	0,04	0,01
Jumlah	759,4	191,57	567,78
Total	759,35	759,35	

13. Ball Mill dan Screener (BM-101 & SC-101)



Data:

- Tidak ada bahan yang tertinggal di Ball mill

Tabel L-A.14 Neraca Massa Ball Mill dan Screener (BM-101 & SC-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 23	Arus 24
Karaginan	552,20	552,20
H ₂ O	15,58	15,58
Abu	0,01	0,01
Total	567,78	567,78

14. Silo (SL-101)



Tabel L-A.15 Neraca Massa Silo (SL-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 25	Arus 26
Karaginan	552,20	552,20
H ₂ O	15,58	15,58
Abu	0,01	0,01
Jumlah	567,78	567,78
Total	567,78	567,78

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Yield} &= \frac{\text{Hasil Aktual}}{\text{Hasil Teoritis}} \times 100\% \\
 &= \frac{567,78}{1000} \text{ kg/jam} \times 100\% \\
 &= 56,8 \%
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

Pada prarancangan Pabrik Kappa Karaginan ini, perhitungan neraca panas untuk menentukan kondisi operasi dan kebutuhan panas dilakukan atas dasar berikut:

Kapasitas Produksi : 13.000 ton/tahun

Temperatur Referensi : 25°C (298,15 K)

A. Persamaan yang Digunakan dalam Perhitungan Neraca Panas

$$Q = H = m \int_{T_0}^T c_p \cdot dT$$

Keterangan:

Q : Jumlah energi dalam bahan (kJ/jam)

m : Massa (kg/jam)

T₀ : Suhu referensi, 25°C (298,15 K)

T : Suhu operasi (°C)

C_p : Kapasitas panas dalam bahan (kkal/kg°C)

H : Entalpi (kJ)

Data kapasitas panas dapat dilihat pada Tabel L-B 1 berikut.

Tabel L-B.1 Kapasitas Panas Komponen

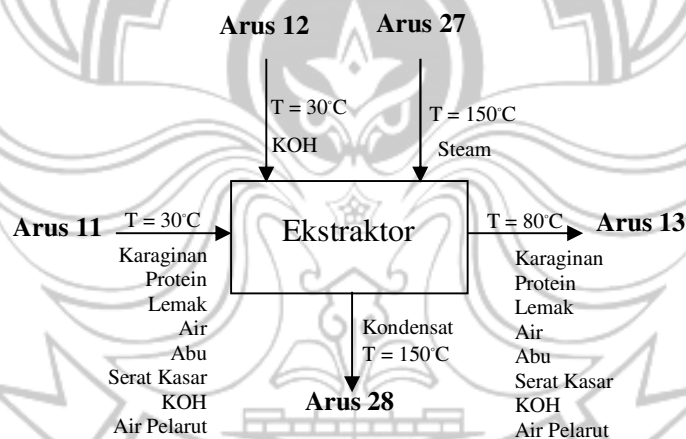
Bahan	C _p	Satuan
Air	$92,053 + (-3,9953 \times 10^{-2}T) + (-2,1103 \times 10^{-4}T^2) + 5,3469 \times 10^{-7}T^3$	kJ/mol K
Protein	$2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T + 1,3129 \times 10^{-6}T^2$	J/kg K
Lemak	$1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T + 4,8006 \times 10^{-6}T^2$	J/kg K

Abu	$1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T + 3,6817 \times 10^{-6}T$	J/kg K
Serat Kasar	$1,8459 + 1,8306 \times 10^{-3}T + 4,6509 \times 10^{-6}T$	J/kg K
Karaginan	$0,291 + 0,00096 T$	Kkal/kg K
KOH	$71,429 + 4,2195 \times 10^{-2}T + (-4,8017 \times 10^{-5}T^2) + 1,7182 \times 10^{-8}T^3$	kJ/mol K
KCl	$188,929 + (-0,18986T) + 8,7872 \times 10^{-5}T^2 + (-8,9111 \times 10^{-9}T^3)$	kJ/mol K
Udara	$0,02809 + (0,1965 \times 10^{-5}T) + (0,4799 \times 10^{-8}T^2) + (-1,965 \times 10^{-12}T^3)$	kJ/mol K

Sumber: Perry's Chemical Engineering Handbooks 8th Edition; Yaws, 1993

B. Perhitungan Neraca Panas

1. Ekstraktor (EK-101)



Diketahui:

Temperatur bahan masuk = $30\text{ }^{\circ}\text{C} = 303\text{ K}$

Temperatur bahan keluar = $80\text{ }^{\circ}\text{C} = 353\text{ K}$

Temperatur referensi = $25\text{ }^{\circ}\text{C} = 298\text{ K}$

a. Panas masuk (Q in)

$$Q = H = m \int_{T_0}^T c_p \cdot dT$$

~ *Q Karaginan*

$$m = 1.863,54 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= 1.863,54 \text{ kg} \times \int_{298}^{303} (0,291 + 0,00096 t) \text{ kkal/kg K dT} \\ &= 1.863,54 \text{ kg} \times (0,291 t + 0,00096 t^2/2) \text{ kkal/kg K} \int_{298}^{303} \\ &= 1.863,54 \text{ kg} \times [((0,291 (303 - 298) \text{ K}) + ((0,00096/2) (303^2 - 298^2) \\ &\text{K})] \text{ kkal/kg K} \\ &= 5399,42 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

~ *Q Protein*

$$m = 147,19 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= 147,19 \text{ kg} \times \int_{298}^{303} (2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3} T + 1,3129 \times 10^{-6} T^2) \text{ J/kg K dT} \\ &= 147,19 \text{ kg} \times [(2,0082 (303 - 298) \text{ K} + (1,2089 \times 10^{-3}/2) (303^2 - 298^2) \\ &+ (1,3129 \times 10^{-6}/2) (303^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K} \\ &= 1.745,29 \text{ J/jam} \\ &= 0,42 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

~ *Q Lemak*

$$m = 28,25 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= 28,25 \text{ kg} \times \int_{298}^{303} (1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3} T + 4,8006 \times 10^{-6} T^2) \text{ J/kg K dT} \\ &= 28,25 \text{ kg} \times [(1,9842 (303 - 298) \text{ K} + (1,4733 \times 10^{-3}/2) (303^2 - 298^2) + \\ &(4,8006 \times 10^{-6}/2) (303^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K} \\ &= 393,93 \text{ J/jam} \\ &= 0,09 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

~ Q_{Air}

$$m = 931,40 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 931,40 \text{ kg} \times \int_{298}^{303} (92,053 + (-3,9953 \times 10^{-2}T) + (-2,1103 \times 10^{-4}T^2) + 5,3469 \times 10^{-7}T^3) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \cdot dT \times \frac{\text{kmol}}{18,02 \text{ kg}}$$

$$= 19.517,10 \text{ kJ/jam}$$

$$= 4.664,59 \text{ kkal/jam}$$

~ Q_{Abu}

$$m = 138,27 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 138,27 \text{ kg} \times \int_{298}^{303} (1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T + 3,6817 \times 10^{-6}T^2) \text{ J/kg K } dT$$
$$= 138,27 \text{ kg} \times [(1,0926 (303 - 298) \text{ K} + (1,8896 \times 10^{-3}/2) (303^2 - 298^2) + (3,6817 \times 10^{-6}/2) (303^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K}$$

$$= 793,22 \text{ J/jam}$$

$$= 0,19 \text{ kkal/jam}$$

~ $Q_{Serat Kasar}$

$$m = 292,30 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 292,30 \text{ kg} \times \int_{298}^{303} (1,8459 + 1,8306 \times 10^{-3}T + 4,6509 \times 10^{-6}T^2) \text{ J/kg K } dT$$
$$= 292,30 \text{ kg} \times [(1,8459 (303 - 298) \text{ K} + (1,8306 \times 10^{-3}/2) (303^2 - 298^2) + (4,6509 \times 10^{-6}/2) (303^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K}$$

$$= 2.776,51 \text{ J/jam}$$

$$= 0,66 \text{ kkal/jam}$$

~ Q_{KOH}

$$m = 8.710,79 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
Q &= 8.710,79 \text{ kg} \times \int_{298}^{303} (71,429 + 4,2195 \times 10^{-2}T + (-4,8017 \times 10^{-5}T^2) \\
&\quad + 1,7182 \times 10^{-8}T^3) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \cdot dT \times \frac{\text{kmol}}{56,11 \text{ kg}} \\
&= 62.288,21 \text{ kJ/jam} \\
&= 14.886,88 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

~ *Q Air Pelarut KOH*

$$m = 136.486,99 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
Q &= 136.486,99 \text{ kg} \times \int_{298}^{303} (92,053 + (-3,9953 \times 10^{-2}T) + (-2,1103 \times 10^{-4}T^2) \\
&\quad + 5,3469 \times 10^{-7}T^3) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \cdot dT \times \frac{\text{kmol}}{18,02 \text{ kg}} \\
&= 2.860.028,86 \text{ kJ/jam} \\
&= 683.546,90 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

Q Total Panas Masuk (Q_{in})

$$\begin{aligned}
Q \text{ Total} &= Q \text{ Karaginan} + Q \text{ Protein} + Q \text{ Lemak} + Q \text{ Air} + Q \text{ Abu} + Q \text{ Serat} \\
&\quad \text{Kasar} + Q \text{ KOH} + Q \text{ Air Pelarut} \\
&= (5.399,42 + 0,42 + 0,09 + 4.664,59 + 0,19 + 0,66 + 14.886,88 + \\
&\quad 683.546,90) \text{ kkal/jam} \\
&= 708.499,15 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

a. Panas keluar (Q out)

~ *Q Karaginan*

$$m = 1.863,54 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
Q &= 1.863,54 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (0,291 + 0,00096 t) \text{ kkal/kg K } dT \\
&= 1.863,54 \text{ kg} \times (0,291 t + 0,00096 t^2/2) \text{ kkal/kg K } \int_{298}^{353}
\end{aligned}$$

$$= 1.863,54 \text{ kg} \times [(0,291 (353 - 298) \text{ K} + (0,00096/2) (353^2 - 298^2) \text{ K}] \text{ kkal/kg K}$$

$$= 61.853,50 \text{ kkal/jam}$$

~ *Q Protein*

$$m = 147,19 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 147,19 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T + 1,3129 \times 10^{-6}T^2) \text{ J/kg K } dT$$

$$= 147,19 \text{ kg} \times [(2,0082 (353 - 298) \text{ K} + (1,2089 \times 10^{-3}/2) (353^2 - 298^2) + (1,3129 \times 10^{-6}/2) (353^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K}$$

$$= 16.771,08 \text{ J/jam}$$

$$= 4,01 \text{ kkal/jam}$$

~ *Q Lemak*

$$m = 28,25 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 28,25 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T + 4,8006 \times 10^{-6}T^2) \text{ J/kg K } dT$$

$$= 28,25 \text{ kg} \times [(1,9842 (353 - 298) \text{ K} + (1,4733 \times 10^{-3}/2) (353^2 - 298^2) + (4,8006 \times 10^{-6}/2) (353^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K}$$

$$= 3.221,87 \text{ J/jam}$$

$$= 0,77 \text{ kkal/jam}$$

~ *Q Air*

$$m = 931,40 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 931,40 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (92,053 + (-3,9953 \times 10^{-2}T) + (-2,1103 \times 10^{-4}T^2) + 5,3469 \times 10^{-7}T^3) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \cdot dT \times \frac{\text{kmol}}{18,02 \text{ kg}}$$

$$= 213.855,65 \text{ kJ/jam}$$

$$= 51.111,50 \text{ kkal/jam}$$

~ *Q Abu*

$$m = 138,27 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 138,27 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T + 3,6817 \times 10^{-6}T) \text{ J/kg K } dT$$

$$= 138,27 \text{ kg} \times [(1,0926 (353 - 298) \text{ K} + (1,8896 \times 10^{-3}/2) (353^2 - 298^2)$$

$$+ (3,6817 \times 10^{-6}/2) (353^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K}$$

$$= 9.147,72 \text{ J/jam}$$

$$= 2,19 \text{ kkal/jam}$$

~ *Q Serat Kasar*

$$m = 292,30 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 292,30 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (1,8459 + 1,8306 \times 10^{-3}T + 4,6509 \times 10^{-6}T) \text{ J/kg K } dT$$

$$= 292,30 \text{ kg} \times [(1,8459 (353 - 298) \text{ K} + (1,8306 \times 10^{-3}/2) (353^2 -$$

$$298^2) + (4,6509 \times 10^{-6}/2) (353^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K}$$

$$= 31.445,60 \text{ J/jam}$$

$$= 7,52 \text{ kkal/jam}$$

~ *Q KOH*

$$m = 8.710,79 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 8.710,79 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (71,429 + 4,2195 \times 10^{-2}T + (-4,8017 \times 10^{-5}T^2) +$$

$$1,7182 \times 10^{-8}T^3) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}}.dT \times \frac{\text{kmol}}{56,11 \text{ kg}}$$

$$= 688.773,15 \text{ kJ/jam}$$

$$= 164.616,78 \text{ kkal/jam}$$

~ Q Air Pelarut KOH

$$m = 136.486,99 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= 136.486,99 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (92,053 + (-3,9953 \times 10^{-2}T) + (-2,1103 \times 10^{-4}T^2) \\ &\quad + 5,3469 \times 10^{-7}T^3) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \cdot dT \times \frac{\text{kmol}}{18,02 \text{ kg}} \\ &= 31.334.190,17 \text{ kJ/jam} \\ &= 7.488.871,45 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Q Total Panas Keluar (Q_{out})

$$\begin{aligned} Q \text{ Total} &= Q \text{ Karaginan} + Q \text{ Protein} + Q \text{ Lemak} + Q \text{ Air} + Q \text{ Abu} + Q \text{ Serat Kasar} \\ &\quad + Q \text{ KOH} + Q \text{ Air Pelarut KOH} \\ &= (61.853,50 + 4,01 + 0,77 + 51.111,50 + 2,19 + 7,52 + 164.616,78 + \\ &\quad 7.488.871,45) \text{ kkal/jam} \\ &= 7.766.467,71 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Panas Steam yang Dibutuhkan

$$\begin{aligned} Q \text{ steam} &= Q_{out} - Q_{in} \\ &= (7.766.467,71 - 708.499,15) \text{ kkal/jam} \\ &= 7.057.968,56 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan Steam yang Digunakan (m)

Jika :

$$\text{Temperatur Steam} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$$

Berdasarkan NIST Steam Table 2016, maka diperoleh:

$$H_f = 634,2 \text{ kJ/kg} = 151,57 \text{ kkal/jam}$$

$$H_g = 2746 \text{ kJ/kg} = 656,29 \text{ kkal/jam}$$

$$\lambda_{\text{steam}} = H_g - H_f$$

$$= (2746 - 634,2) \text{ kJ/kg}$$

$$= 2.111,8 \text{ kJ/kg}$$

$$= 504,72 \text{ kkal/kg}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{steam}} &= \frac{Q_{\text{steam}}}{\lambda} \\ &= \frac{7.057.968,56 \text{ kkal/jam}}{504,72 \text{ kkal/kg}} \\ &= 13.983,92 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Panas yang dibawa steam

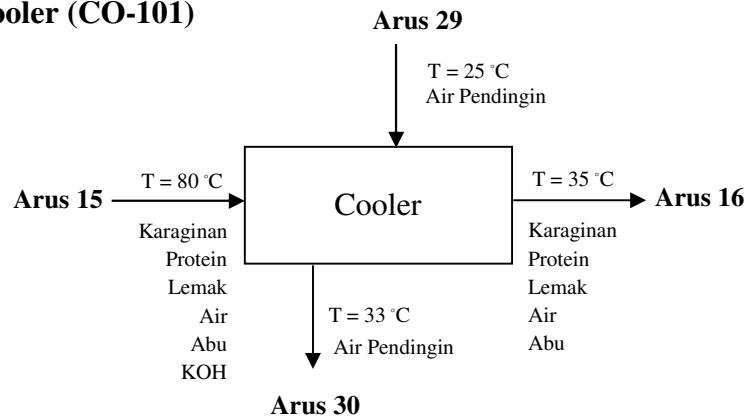
$$\begin{aligned} \sim Q_{\text{Steam}} &= m_{\text{steam}} \times H_g \\ &= 13.983,92 \text{ kg/jam} \times 656,29 \text{ kkal/jam} \\ &= 9.177.564,95 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sim Q_{\text{kondensat}} &= m_{\text{steam}} \times H_f \\ &= 13.983,92 \text{ kg/jam} \times 151,57 \text{ kkal/jam} \\ &= 2.119.596,39 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Tabel L-B.2 Neraca Panas Total (kkal/jam)

Masuk	Q (kkal/jam)	Keluar	Q (kkal/jam)
Q masuk	708.499,15	Q keluar	7.766.467,71
Q steam	9.177.564,95	Q kondensat	2.119.596,39
Total	9.886.064,11	Total	9.886.064,11

2. Cooler (CO-101)



a. Panas yang masuk (Q_{in})

Diketahui:

$$T \text{ masuk} = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T \text{ referensi} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

~ Q Karaginan

$$m = 1826,27 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= 1826,27 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (0,291 + 0,00096 t) \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} dT \\ &= 1826,27 \text{ kg} \times (0,291 t + 0,00096 t^2/2) \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \int_{298}^{353} \\ &= 1826,27 \text{ kg} \times [((0,291 (353-298) \text{ K}) + ((0,00096/2) (353^2-298^2)\text{K})] \\ &\text{ kkal/kg K} \\ &= 60.616,46 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

~ Q Protein

$$m = 2,31 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= 2,31 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T + 1,3129 \times 10^{-6}T) \text{ J/kg K} dT \\ &= 2,31 \text{ kg} \times [(2,0082 (353 - 298) \text{ K} + (1,2089 \times 10^{-3}/2) (353^2 - 298^2) + \\ &(1,3129 \times 10^{-6}/2) (353^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K} \end{aligned}$$

$$= 305,14 \text{ J/jam}$$

$$= 0,07 \text{ kkal/jam}$$

~ *Q Lemak*

$$m = 0,35 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 0,35 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T + 4,8006 \times 10^{-6}T^2) \text{ J/kg K } dT$$

$$= 0,35 \text{ kg} \times [(1,9842 (353 - 298) \text{ K} + (1,4733 \times 10^{-3}/2) (353^2 - 298^2) +$$

$$(4,8006 \times 10^{-6}/2) (353^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K}$$

$$= 55,623 \text{ J/jam}$$

$$= 0,013 \text{ kkal/jam}$$

~ *Q Air*

$$m = 134.652,40 \text{ kg/jam}$$

$$Q = 134.652,40 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (92,053 + (-3,9953 \times 10^{-2}T) + (-2,1103 \times 10^{-4}T^2)$$

$$+ 5,3469 \times 10^{-7}T^3) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} dT \times \frac{\text{kmol}}{18,02 \text{ kg}}$$

$$= 134.652,40 \text{ kg/jam} \times [((92,053 (353-298)\text{K}) + ((\frac{-3,9953 \times 10^{-2}}{2})(353^2 -$$

$$298^2)\text{K}) + ((\frac{-2,1103 \times 10^{-4}}{3})(353^3 - 298^3)\text{K}) + ((\frac{5,3469 \times 10^{-7}}{4})(353^4 - 298^4)\text{K})]$$

$$\times \frac{\text{kmol}}{18,02 \text{ kg}}$$

$$= 30.917.088,99 \text{ kJ/jam}$$

$$= 7.389.184,27 \text{ kkal/jam}$$

~ *Q Abu*

$$m = 135,51 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
Q &= 135,51 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T + 3,6817 \times 10^{-6}T^2) \text{ J/kg K } dT \\
&= 135,51 \text{ kg} \times [(1,0926 (353 - 298) \text{ K} + (1,8896 \times 10^{-3}/2) (353^2 - 298^2) \\
&\quad + (3,6817 \times 10^{-6}/2) (353^3 - 298^3) \text{ K}] \text{ J/kg K} \\
&= 15.641,49 \text{ J/jam} \\
&= 3,74 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

~ Q_{KOH}

$$\begin{aligned}
m &= 8.536,57 \text{ kg/jam} \\
Q &= 8.536,57 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (71,429 + 4,2195 \times 10^{-2}T + (-4,8017 \times 10^{-5}T^2) \\
&\quad + 1,7182 \times 10^{-8}T^3) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \cdot dT \times \frac{\text{kmol}}{56,11 \text{ kg}} \\
&= 674.997,35 \text{ kJ/jam} \\
&= 161.324,37 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

Q Total Panas Masuk (Q_{in})

$$\begin{aligned}
Q_{\text{Total}} &= Q_{\text{Karaginan}} + Q_{\text{Protein}} + Q_{\text{Lemak}} + Q_{\text{Air}} + Q_{\text{Abu}} + Q_{\text{KOH}} \\
&= (60.6161,46 + 7.389.184,27 + 0,07 + 0,013 + 3,74 + 161.324,37) \\
&\quad \text{kkal/jam} \\
&= 7.611.128,92 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

b. Panas yang keluar (Q_{out})

Diketahui:

$$T_{\text{keluar}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{referensi}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

~ $Q_{\text{Karaginan}}$

$$m = 1.826,27 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
Q &= 1.826,27 \text{ kg} \times \int_{298}^{308} (0,291 + 0,00096 T) \text{ kkal/kg K dT} \\
&= 1.826,27 \text{ kg} \times (0,291 T + 0,00096 T^2/2) \text{ kkal/kg T} \int_{298}^{308} \\
&= 1.826,27 \text{ kg} \times [((0,291 (308-298)K) + ((0,00096/2) (308^2 - \\
&298^2)K)] \text{ kkal/kg K} \\
&= 10.626,70 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

~ *Q Protein*

$$m = 2,31 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
Q &= 2,31 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3} T + 1,3129 \times 10^{-6} T^2) \text{ J/kg K dT} \\
&= 2,31 \text{ kg} \times [(2,0082 (353 - 298) K + (1,2089 \times 10^{-3}/2) (353^2 - \\
&298^2) + (1,3129 \times 10^{-6}/2) (353^3 - 298^3) K] \text{ J/kg K} \\
&= 54,851 \text{ J/jam} \\
&= 0,013 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

~ *Q Lemak*

$$m = 0,35 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
Q &= 0,35 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3} T + 4,8006 \times 10^{-6} T^2) \text{ J/kg K dT} \\
&= 0,35 \text{ kg} \times [(1,9842 (353 - 298) K + (1,4733 \times 10^{-3}/2) (353^2 - \\
&298^2) + (4,8006 \times 10^{-6}/2) (353^3 - 298^3) K] \text{ J/kg K} \\
&= 9,795 \text{ J/jam} \\
&= 0,002 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

~ *Q Air*

$$m = 143.188,97 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
Q &= 143.188,97 \text{ kg} \times \int_{298}^{308} (92,053 + (-3,9953 \times 10^{-2}T) + (-2,1103 \times 10^{-4}T^2) + 5,3469 \times 10^{-7}T^3) \frac{kJ}{kmol.K} \cdot dT \times \frac{kmol}{18,02 \text{ kg}} \\
&= 143.188,97 \text{ kg/jam} \times [((92,053 (308-298)K) + ((\frac{-3,9953 \times 10^{-2}}{2})(308^2 - 298^2)K) + ((\frac{-2,1103 \times 10^{-4}}{3})(308^3 - 298^3)K) + ((\frac{5,3469 \times 10^{-7}}{4})(308^4 - 298^4)K)] \times \frac{kmol}{18,02 \text{ kg}} \\
&= 5.996.846,35 \text{ kJ/jam} \\
&= 1.433.246,28 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

~ *Q Abu*

$$\begin{aligned}
m &= 135,51 \text{ kg/jam} \\
Q &= 135,51 \text{ kg} \times \int_{298}^{308} (1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T + 3,6817 \times 10^{-6}T^2) J/kg K \cdot dT \\
&= 135,51 \text{ kg} \times [(1,0926 (308 - 298) K + (1,8896 \times 10^{-3}/2) (308^2 - 298^2) + (3,6817 \times 10^{-6}/2) (308^3 - 298^3) K] J/kg K \\
&= 2.714,53 \text{ J/jam} \\
&= 0,65 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

Q Total Panas Keluar (Q_{out})

$$\begin{aligned}
Q_{Total} &= Q_{Karaginan} + Q_{Protein} + Q_{Lemak} + Q_{Air} + Q_{Abu} \\
&= (10.626,70 + 0,013 + 0,002 + 1.433.246,28 + 0,65) \text{ kkal/jam} \\
&= 1.443.873,642 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

Neraca Panas Total

$$Q_{in} + Q_{pendingin} = Q_{out}$$

Beban Panas Pendingin (Qp)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pendingin}} &= Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} \\
 &= (7.611.128,92 + 1.443.873,642) \text{ kkal/jam} \\
 &= 6.167.255,276 \text{ kkal/jam}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Air Pendingin yang Digunakan (m)

Jika:

$$Q_p = mC_p\Delta T$$

Temperatur air pendingin (ΔT):

$$T_{\text{masuk}} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_{\text{keluar}} = 33^\circ\text{C} = 306 \text{ K}$$

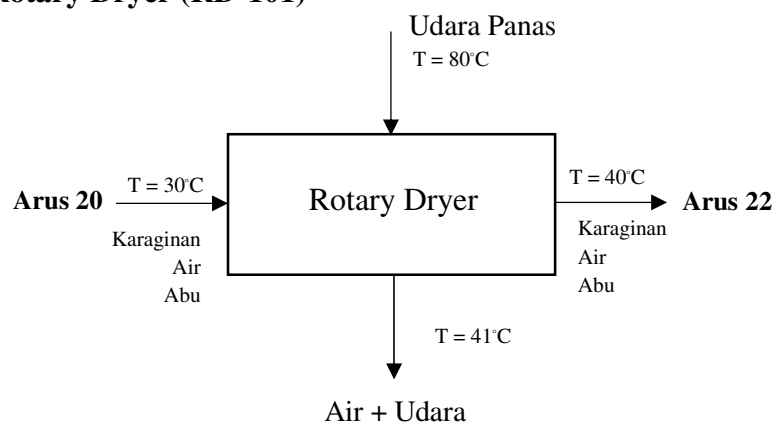
Maka:

$$\begin{aligned}
 m_{\text{pendingin}} &= \frac{Q}{C_p \text{ air} \cdot \Delta T} \\
 &= \frac{6.167.255,276 \text{ kkal/jam}}{8,01 \text{ kkal/kg}} \\
 &= 769.973,03 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel L-B.3 Neraca Panas Total Cooler

Masuk	Q (kkal/jam)	Keluar	Q (kkal/jam)
Q masuk	7.611.128,92	Q keluar	1.443.873,642
		Q pendingin	6.167.255,276
Total	7.611.128,92	Total	7.611.128,92

3. Rotary Dryer (RD-101)

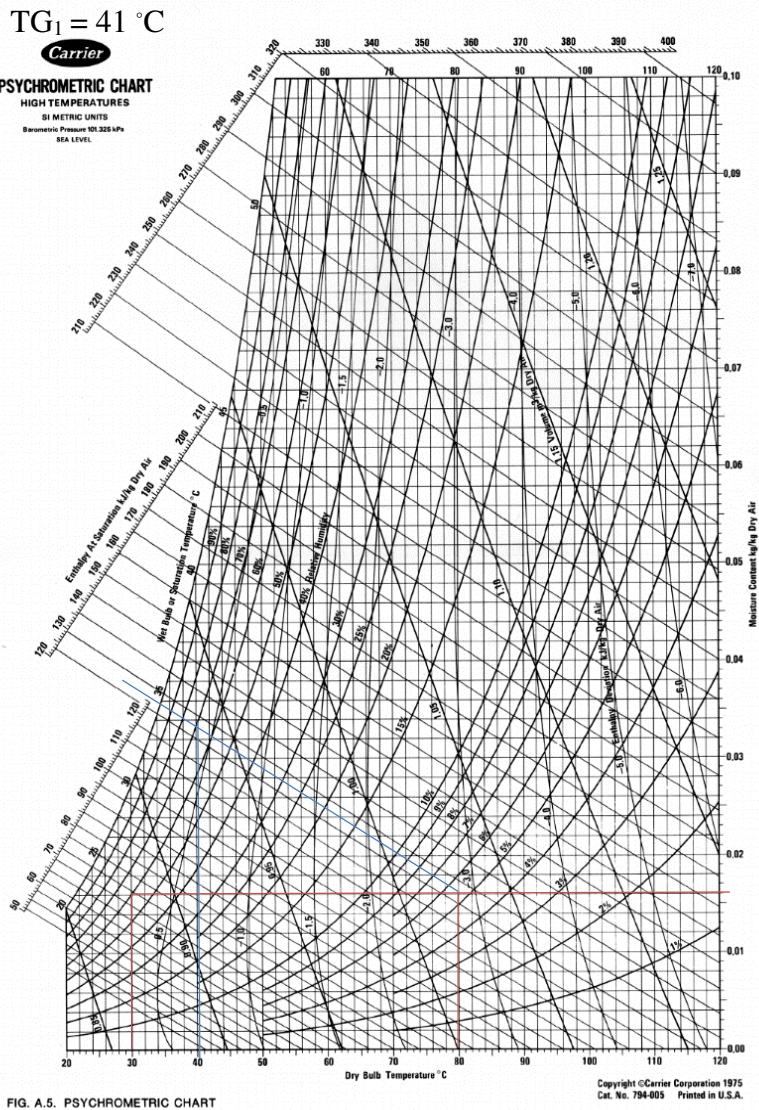


Dasar Perhitungan:

- a. $C_{ps} = C_p \text{ Karaginan}$
- b. $Q_{loss} = 10\%$
- c. Udara panas masuk $T_{G2} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$, relative humidity = 6%, sehingga dari psychrometric chart diperoleh humiditas udara masuk adalah:

$$\mathcal{H}_2 = 0,019 \text{ kg.H}_2\text{O/kg udara kering}$$

- d. Dari psychrometric chart diperoleh data:



Gambar L-B.1 Kurva Psikometri

- e. Solid masuk (L_s) = 2.257,99 – 433,41
= 1.824,58 kg/jam
- f. Suhu masuk solid (T_{s1}) = 30°C
- g. Suhu solid keluar (T_{s2}) = 40°C
- h. Kapasitas panas solid = 0,291 + 0,00096 T kkal/kg K
- i. Kapasitas panas udara = 0,02809 + (0,1965×10⁻⁵T) + (0,4799×10⁻⁸T²)
+ (-1,965×10⁻¹²T³) kJ/mol.K
- j. Suhu referensi = 25°C
- k. Panas latent pada 25°C = 2270,14 kJ/kg
= 542,576 kkal/kg
- l. X_1 = 0,3 kg H₂O/kg solid kering
- m. Kadar air produk keluar = 10%
 X_2 = 0,1 kg.H₂O/kg solid kering

Menghitung Laju Pengeringan

$$X_{H_2O \text{ input}} = 0,3 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

$$X_{H_2O \text{ output}} = 0,1 \text{ kg.H}_2\text{O/kg solid kering}$$

$$\text{Laju pengeringan} = L_s \times (X_1 - X_2)$$

$$\text{Laju pengeringan} = 1.824,58 \text{ kg/jam} (0,3 - 0,1)$$

$$= 364,916 \text{ kg air yang teruapkan/jam}$$

Neraca Massa Komponen Air

$$G \cdot \mathcal{H}_2 + L_s \cdot X_1 = G \cdot \mathcal{H}_1 + L_s \cdot X_2$$

$$G (0,019) + (1.824,58 \times 0,3) = G \cdot \mathcal{H}_1 + (1.824,58 \times 0,1)$$

$$0,019 G + 547,374 = G \cdot \mathcal{H}_1 + 182,458$$

$$G \cdot \mathcal{H}_1 = 364,916 + 0,019 G \dots\dots\dots (1)$$

Komponen Masuk

- **Entalpi Udara Masuk**

$$H_{G2} = C_s (T_{G2} - T_o) + \mathcal{H}_2 \cdot \lambda_o \quad (\text{pers. 9.10-24, Geankoplis, 1983 Hal. 562})$$

$$C_s = 1,005 + 1,88 \cdot \mathcal{H}_2 \quad (\text{pers. 9.3-6, Geankoplis, 1983 Hal. 527})$$

Dimana:

\mathcal{H}_2 : Humidity udara masuk = 0,019 kg air/kg udara

λ_o : Panas laten air = 542,576 kkal/kg

$$\begin{aligned} H_{G2} &= (1,005 + 1,88 \times 0,019) (T_{G2} - T_o) + \mathcal{H}_2 \cdot \lambda_o \\ &= (1,005 + 1,88 \times 0,019) (353 - 298) + 0,019 (542,576) \\ &= 67,548544 \text{ kkal/kg dry air} \end{aligned}$$

- **Entalpi Produk Masuk**

$$\begin{aligned} H_{s1} &= C_{ps} (T_{s1} - T_o) + X_1 \times C_{pa} (T_{s1} - T_o) \\ &= \int_{298}^{303} (0,291 + 0,00096 T) + 0,3 \times \int_{298}^{303} (0,02809 + 0,2965 \times 10^{-5} T \\ &+ 0,4799 \times 10^{-8} T^2 + (-1,965 \times 10^{-12} T^3) \\ &= 2,90 \text{ kkal/kg dry solid} \end{aligned}$$

Komponen Keluar

- **Entalpi Udara Keluar**

$$H_{G1} = C_s (T_{G1} - T_o) + \mathcal{H}_1 \cdot \lambda_o \quad (\text{pers. 9.10-24, Geankoplis, 1983 Hal. 562})$$

$$C_s = 1,005 + 1,88 \cdot \mathcal{H}_1 \quad (\text{pers. 9.3-6, Geankoplis, 1983 Hal. 527})$$

Dimana:

λ_o : Panas laten air = 542,576 kkal/kg

$$H_{G1} = (1,005 + 1,88 \times \mathcal{H}_1) (T_{G1} - T_o) + \mathcal{H}_1 \cdot \lambda_o$$

$$\begin{aligned}
&= (1,005 + 1,88 \times \mathcal{H}_1) (314 - 298) + \mathcal{H}_1 (542,576) \\
&= 16,08 + 572,656 \mathcal{H}_1 \dots\dots\dots (2)
\end{aligned}$$

• **Entalpi Produk Keluar**

$$\begin{aligned}
H_{s2} &= C_{ps} (T_{s2} - T_o) + X_1 \times C_{pa} (T_{s2} - T_o) \\
&= \int_{298}^{314} (0,291 + 0,00096 T) + 0,1 \times \int_{298}^{314} (0,02809 + 0,2965 \times 10^{-5} T \\
&+ 0,4799 \times 10^{-8} T^2 + (-1,965 \times 10^{-12} T^3) \\
&= 9,36 \text{ kkal/kg dry solid}
\end{aligned}$$

Neraca Panas Rotary Dryer:

$$\begin{aligned}
G \cdot H_{G2} + L_s \cdot H_{S1} &= G \cdot H_{G1} + L_s \cdot H_{S2} + Q_{\text{loss}} \\
G (67,548544) + (1.824,58 \times 2,90) &= G (16,08 + 572,656 \mathcal{H}_1) + (1.824,58 \times 9,36) \\
&+ 10\% (G (67,548544) + (1.824,58 \times 2,90)) \\
67,548544 G + 5.291,282 &= 16,08 G + 572,656 G \cdot \mathcal{H}_1 + 17.078,0688 \\
&+ 6,7548 G + 529,1282 \\
44,71368965 G - 572,656 \mathcal{H}_1 \cdot G &= 12.315,915 \dots\dots\dots (3)
\end{aligned}$$

Substitusi pers (1) ke pers (3):

$$\begin{aligned}
44,71368965 G - 572,656 \mathcal{H}_1 \cdot G &= 12.315,915 \\
44,71368965 - 572,656 (364,916 + 0,019 G) &= 12.315,915 \\
33,8332256 G &= 12.315,915 + 208.971,336
\end{aligned}$$

$$G = \frac{221.287,251896}{33,8332256}$$

$$G = 6.540,530 \text{ kg udara panas/jam}$$

Substitusi nilai G ke pers (1)

$$G \cdot \mathcal{H}_1 = 364,916 + 0,019 G$$

$$6.540,530 \mathcal{H}_1 = 364,916 + 0,019 (6.540,530)$$

$$\mathcal{H}_1 = 0,07479 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara panas}$$

Substitusi nilai \mathcal{H}_1 ke pers. (2)

$$H_{G1} = 16,08 + 572,656 \mathcal{H}_1$$

$$H_{G1} = 16,08 + 572,656 (0,07479)$$

$$H_{G1} = 58,9107 \text{ kkal/kg dry air}$$

Entalpi Masuk

- Entalpi bahan = $L_s \times H_{s1}$
 $= 1.824,58 \times 2,90$
 $= 5.291,282 \text{ kkal/jam}$
- Entalpi udara = $G \times H_{G2}$
 $= 6.540,530 \times 67,548544$
 $= 441.803,328 \text{ kkal/jam}$

Entalpi Keluar

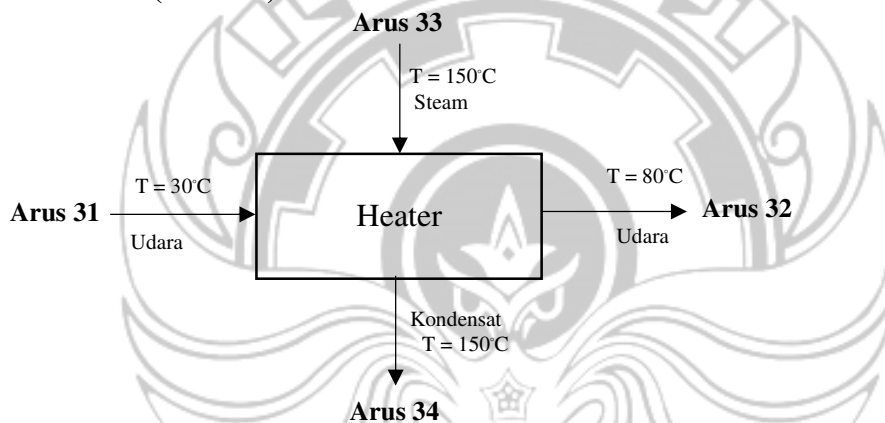
- Entalpi Bahan = $L_s \times H_{s2}$
 $= 1.824,58 \times 9,36$
 $= 17.078,0688 \text{ kkal/jam}$
- Entalpi Udara = $G \times H_{G1}$
 $= 6.540,530 \times 58,9107$
 $= 385.307,243 \text{ kkal/jam}$

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 10\% \times Q_{\text{masuk}} \\ &= 10\% \times (5.291,282 + 441.803,328) \\ &= 44.709,461 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Tabel L-B.3 Neraca Panas Total Rotary Dryer

Masuk	Q (kkal/jam)	Keluar	Q (kkal/jam)
Q bahan masuk	5.291,282	Q bahan keluar	17.078,0688
Q udara masuk	441.803,328	Q udara keluar	385.307,243
		Q loss	44.709,461
Total	447.095	Total	447,095

4. Heater (HE-101)



a. Panas yang masuk (Q_{in})

Diketahui:

T masuk = 30 °C

T referensi = 25 °C

G udara = 6.540,53 kg

~ Q_{udara}

$m = 6.540,53 \text{ kg}$

$$Q = 6.540,53 \text{ kg} \times \int_{298}^{303} (0,02809 + 0,2965 \times 10^{-5}T + 0,4799 \times 10^{-8}T^2$$

$$+ (-1,965 \times 10^{-12}T^3) \frac{kJ}{kmol.K} .dT \times \frac{kmol}{28,9628 \text{ kg}}$$

$$\begin{aligned}
&= 6.540,53 \text{ kg} \times \left[\left(0,02809 (303-298)\text{K} \right) + \left(\frac{0,2965 \times 10^{-5}}{2} \right) (303^2 - 298^2)\text{K} \right. \\
&\quad \left. + \left(\frac{0,4799 \times 10^{-8}}{3} \right) (303^3 - 298^3)\text{K} + \left(\frac{-1,965 \times 10^{-12}}{4} \right) (303^4 - 298^4)\text{K} \right] \times \frac{\text{kmol}}{28.9682 \text{ kg}} \\
&= 7,84 \text{ kkal/jam}
\end{aligned}$$

b. Panas yang keluar (Q_{out})

Diketahui:

T keluar = 80 °C

T referensi = 25 °C

~ Q_{udara}

m = 6.540,53 kg

$$\begin{aligned}
Q &= 6.540,53 \text{ kg} \times \int_{298}^{353} (0,02809 + 0,2965 \times 10^{-5}T + 0,4799 \times 10^{-8}T^2 \\
&\quad + (-1,965 \times 10^{-12}T^3) \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \cdot dT \times \frac{\text{kmol}}{28,9628 \text{ kg}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 6.540,53 \text{ kg} \times \left[\left(0,02809 (353-298)\text{K} \right) + \left(\frac{0,2965 \times 10^{-5}}{2} \right) (353^2 - 298^2)\text{K} \right. \\
&\quad \left. + \left(\frac{0,4799 \times 10^{-8}}{3} \right) (353^3 - 298^3)\text{K} + \left(\frac{-1,965 \times 10^{-12}}{4} \right) (353^4 - 298^4)\text{K} \right] \times \frac{\text{kmol}}{28.9682 \text{ kg}}
\end{aligned}$$

= 86,59 kkal/jam

Panas Steam yang Dibutuhkan

Q Steam = Q out – Q in

= (86,95 – 7,84) kkal/jam

= 78,75 kkal/jam

Kebutuhan Steam yang Digunakan (m)

Jika :

Temperatur Steam = 150 °C

Berdasarkan NIST Steam Table 2016, maka diperoleh:

$$H_f = 634,2 \text{ kJ/kg} = 151,57 \text{ kkal/kg}$$

$$H_g = 2746 \text{ kJ/kg} = 656,29 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_{\text{steam}} = H_g - H_f$$

$$= (2746 - 634,2) \text{ kJ/kg}$$

$$= 2.111,8 \text{ kJ/kg}$$

$$= 504,72 \text{ kkal/kg}$$

$$m_{\text{steam}} = \frac{Q_{\text{steam}}}{\lambda}$$

$$= \frac{78,75 \text{ kkal/jam}}{504,72 \text{ kkal/kg}}$$

$$= 0,16 \text{ kg}$$

Panas yang dibawa steam

$$\sim Q_{\text{Steam}} = m_{\text{steam}} \times H_g$$

$$= 0,16 \text{ kg/jam} \times 656,29 \text{ kkal/jam}$$

$$= 102,40 \text{ kkal/jam}$$

$$\sim Q_{\text{kondensat}} = m_{\text{steam}} \times H_f$$

$$= 0,16 \text{ kg/jam} \times 151,57 \text{ kkal/jam}$$

$$= 23,65 \text{ kkal/jam}$$

Tabel L-B.4 Neraca Panas Total Heater

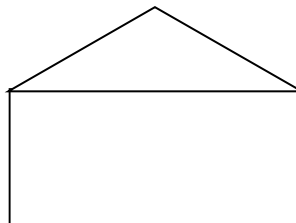
Masuk	Q (kkal/jam)	Keluar	Q (kkal/jam)
Q udara masuk	7,84	Q udara keluar	86,59
Q steam	102,40	Q Kondensat	23,65
Total	110,24	Total	110,24



LAMPIRAN C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

1. Gudang Penyimpanan *Eucheuma cottonii* (GD-101)



Gambar L-C.1 Gudang *Eucheuma Cottonii*

Fungsi = Tempat menyimpan *Eucheuma Cottonii* selama 7 hari

Bentuk = Bangunan berupa Gudang

Kondisi Operasi:

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

$$P = 1 \text{ atm}$$

Perhitungan:

$$\text{Waktu tinggal} = 7 \text{ hari}$$

$$\text{Basis Perhitungan} = 2.890,92 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ *Eucheuma Cottonii*} = 1679 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kebutuhan *Eucheuma Cottonii* selama 7 hari} = 7 \times 2.890,92 \text{ kg/jam}$$

$$= 20.236,44 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan *Eucheuma Cottonii* selama 28 hari} = 80.945,76 \text{ kg/jam}$$

Dari Ulrich hal 246, persamaan yang diperoleh:

$$V = \frac{\pi \cdot L \cdot D^2}{12}$$

Ket:

L = tinggi tumpukkan hahan

D = diameter tumpukkan bahan

$$\begin{aligned} V &= \frac{\text{massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{2.890,92 \text{ kg/jam}}{1679 \text{ kg/m}^3} \times 7 \text{ hari} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \\ &= 297,53 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$289,26 \text{ m}^3 = 0,11 \times D^3$$

$$\begin{aligned} D^3 &= \frac{289,26 \text{ m}^3}{0,11} \\ &= 2.629,67 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \sqrt[3]{2.629,67} \text{ m}^3 \\ &= 13,93 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R = 6,97 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Alas} &= \pi \times R^2 \\ &= 3,14 \times (6,97 \text{ m})^2 \\ &= 152,39 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk jalan transportasi dan allowance sebesar 20%, maka:

$$\begin{aligned} \text{Luas yang diperlukan} &= (100\% + 20\%) \times \text{Luas alas} \\ &= 1,20 \times 152,39 \text{ m}^2 \\ &= 182,87 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ditetapkan panjang} &= \text{lebar} = \text{m} \\ &= 13,80 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi minimal bangunan = tinggi maksimal bahan:

$$\begin{aligned} L &= 0,4 \times D \\ &= 0,4 \times 13,93 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 5,57 \text{ m}$$

Allowance tinggi sebesar 20%, maka:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bangunan} &= 1,2 \times 5,57 \text{ m} \\ &= 6,69 \text{ m} \end{aligned}$$

Dasar lantai bangunan dari lantai semen cor besi bertulang dengan tinggi 30 cm diatas permukaan tanah.

Sudut atap adalah 20° , maka:

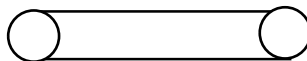
$$\begin{aligned} \text{Tinggi atap} &= R \times \tan 20 \\ &= 6,97 \text{ m} \times 0,3639 \\ &= 2,54 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi gudang} &= \text{tinggi bangunan} + \text{tinggi atap} \\ &= 6,69 \text{ m} + 2,54 \text{ m} \\ &= 9,22 \text{ m} \end{aligned}$$

Kesimpulan:

$$\begin{aligned} \text{Panjang bangunan} &= 13,80 \text{ m} \\ \text{Lebar bangunan} &= 13,80 \text{ m} \\ \text{Tinggi max. bangunan} &= 9,22 \text{ m} \\ \text{Tinggi gudang} &= 6,69 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Belt Conveyor (BC-101)



Gambar L-C.2 Belt Conveyor 1

Fungsi : Tempat pencucian *Eucheuma Cottonii* sekaligus membawa *Eucheuma Cottonii* ke tangki bleaching

Tipe : PVC belt conveyor

Laju alir massa = 8672,76 kg/jam

= 8,7 ton/jam

Faktor keamanan (fk) : 20%

2.1 Kapasitas Design

Kapasitas design = (100% + fk) × laju alir massa

Kapasitas design = (100% + 20%) × 8,7 ton/jam

= 10,70 ton/jam

2.2 Dimensi Belt Conveyor

Dipilih spesifikasi bucket elevator dengan kapasitas standar 32 ton/jam

(Perry & Green, 1997, Hal. 21-11)

Lebar Belt = 14 in

Kecepatan Design = 100 ft/min

Kapasitas Standar = 32 ton/jam

Panjang Belt = 20 ft = 6,96 m

a. Kecepatan Aktual Belt Conveyor

Kecepatan Aktual = $\frac{\text{Kapasitas Aktual}}{\text{Kapasitas Design}} \times \text{Kecepatan design}$

= $\frac{8,7 \text{ ton/jam}}{32 \text{ ton/jam}} \times 100 \text{ ft/min}$

= 27,88 ft/min

b. Daya Belt Conveyor

Daya belt conveyor per 10 ft (P) = 0,34 HP

Daya belt conveyor = $\frac{\text{Daya belt conveyor}}{10} \times \text{panjang belt}$

$$= \frac{0,34 \text{ HP}}{10 \text{ ft}} \times 20 \text{ ft}$$

$$= 0,68 \text{ HP}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\text{Daya total} = \frac{\rho}{80\%}$$

$$= \frac{0,68}{80\%}$$

$$= 0,85$$

Daya total = 1 HP

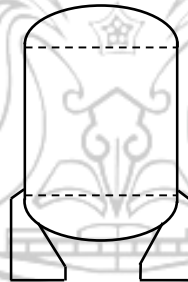
2.3 Kesimpulan

Panjang Belt Conveyor = 6,96 m = 20 ft

Lebar Belt = 14 in

Daya = 1 HP

3. Tangki NaClO (T-103)



Gambar L-C.3 Tangki NaClO 0,2%

Fungsi : Tempat penyimpanan larutan NaClO 0,2%

Tipe : Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk torispherical.

Kondisi operasi:

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Laju alir massa} &= 115.662,26 \text{ kg/jam} \\ &= \frac{115.662,26 \text{ kg/jam}}{5 \text{ tangki}} = 23.132,45 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = 1002,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor keamanan } (fk) = 20\% \text{ (Tabel 6, Peter and Timmerhaus, 1991 4rd ed.}$$

Hal.37)

3.1 Tangki

a. Volume Tangki (Vs)

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan} &= \frac{\text{Massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{23.132,45 \text{ kg/jam}}{1002,00 \text{ kg/m}^3} \times 2 \text{ jam} \\ &= 47,29 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= (100\% + fk) \times \text{volume larutan} \\ &= (100\% + 20\%) \times 47,49 \text{ m}^3 \\ &= 56,99 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Dimensi Tangki

Asumsi:

- Perbandingan tinggi silinder (Hs) dengan diameter (D) tangki = 3 : 2 (Hs = 1,5D). (Tabel 4-25 dan 4-27, Ulrich)

Sehingga tinggi dan diameter tangki, yaitu:

a. Tinggi Silinder

$$\begin{aligned} H &= D \\ &= 1,5 D \end{aligned}$$

b. Luas Penampang Tangki

$$A = D^2$$

c. Diameter Silinder

$$V = H \cdot A$$

$$= 1,5 D \times \frac{\pi}{4} D^2$$

$$V_s = 1,5 D^3 \times$$

$$56,99 \text{ m}^3 = \times D^3$$

$$56,99 \text{ m}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{506,99 \text{ m}^3}{1,1775}$$

$$D = \sqrt[3]{48,40} \text{ m}^3$$

$$D = 3,64 \text{ m}$$

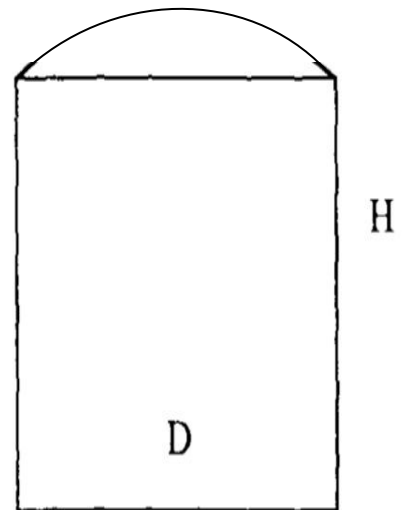
$$= 143,48 \text{ in}$$

$$H_s = 1,5D$$

$$H_s = 1,5 \times 3,64 \text{ m}$$

$$= 5,47 \text{ m}$$

$$= 215,21 \text{ in}$$



d. Tinggi Cairan dalam Tangki (H_c)

$$H_c = \frac{\text{Volume Larutan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_s$$

$$H_c = \frac{47,49 \text{ m}^3}{50,99 \text{ m}^3} \times 5,47 \text{ m}$$

$$= 4,56 \text{ m}$$

e. Tekanan Desain (P)

$$\text{Tekanan Hidrostatik (P}_h) = \rho \times H_c \times g$$

$$P_h = 1002,00 \text{ kg/m}^3 \times 4,56 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 44.732,22 \text{ kg.m/s}^2$$

$$= 44.732,22 \text{ Pa} \times 0,000145 \text{ psi}$$

$$P_h = 6,49 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan operasi (P}_o) = 1 \text{ atm}$$

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = P_h + P_o$$

$$P = 6,21 \text{ Psi} + 14,7 \text{ Psi}$$

$$P = 20,91 \text{ Psi}$$

Safety Factor = 10% (Tabel. 6 Peter and Timmerhaus, 1991 4rd ed. Hal, 37)

$$\text{Tekanan Desain (P)} = (100\% + 10\%) \times 20,91 \text{ Psi}$$

$$= 22,99 \text{ Psi}$$

f. Tebal Tangki (ts)

Diketahui:

Jenis bahan: Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 12650Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal.542)

Tekanan design (P) = 21,19 Psi

Inside diameter (ID) = 143,48 in

Inside radius (ri) = 71,74 in

$$t_s = \frac{Pri}{fE - 0,6P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 254})$$
$$= \frac{21,19 \text{ psi} \times 71,74 \text{ in}}{(12.650 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 21,19 \text{ psi})} + 0,125$$
$$= 0,275 \text{ in}$$

Dipilih t_s standar = 7/16 in (0,438 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter luar (OD)

$$OD = ID + (2 \times t_s \text{ standar})$$
$$= 137,48 \text{ in} + (2 \times 0,438 \text{ in})$$
$$= 144,35 \text{ in}$$
$$= 3,67 \text{ m}$$

Dipilih OD standar = 156 in = 3,96 m (Brownell & Young, 1959, Hal. 90) Diameter dalam standar (ID standar)

$$ID \text{ standar} = OD \text{ standar} - (2 \times t_s \text{ standar})$$
$$= 156 \text{ in} - (2 \times 0,438 \text{ in})$$
$$= 155,13 \text{ in}$$
$$= 3,94 \text{ m}$$

g. Tebal Tutup dan Alas Tangki (th)

Bentuk tutup : torispherical dished head

Berdasarkan $t_s = 7/16$ in dan OD = 156 in, diketahui (Brownell & Young, 1959, Hal. 91):

$$i_{cr} = r_1 = 9\frac{3}{8} = 9,38 \text{ in}$$

$$r = r_c = 144 \text{ in}$$

$$\frac{r_c}{r_1} = \frac{9,38 \text{ in}}{144 \text{ in}} = 15,36 \text{ in}$$

Stress-intensification factor (W)

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r_c}{r_1}} \right) \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 138})$$

$$= \frac{1}{4} (3 + \sqrt{15,36})$$

$$= 1,73$$

Tebal tutup (th)

$$E = 80 \% \quad (\text{Buthod, 1995})$$

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{2fE - 0,6P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 138})$$

$$= \frac{21,19 \text{ Psi} \times 144 \text{ in} \times 1,73}{(2 \times 12.650 \text{ psi} \times 0,8) - (0,2 \times 21,19 \text{ Psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,386 \text{ in}$$

Dipilih th standar = 7/16 in (0,438 in) (Brownell & Young, 1959, Hal.

91)

h. Dimensi Tutup Atas dan Alas Tangki

$$\text{Jari-jari head (a)} = \frac{ID \text{ Standar}}{2}$$

$$= \frac{155,13 \text{ in}}{2}$$

$$= 77,56 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID \text{ Standar}}{2} - i_{cr}$$

$$= 77,56 \text{ in} - 9,375 \text{ in}$$

$$= 68,19 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 144 \text{ in} - 9,375 \text{ in}$$

$$= 134,63 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$= \sqrt{(134,63 \text{ in})^2 - (68,19 \text{ in})^2}$$

$$= 134,63 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$= r - AC$$

$$= 144 \text{ in} - 134,63 \text{ in}$$

$$= 27,92 \text{ in}$$

Pada th standar = 7/16 in (0,438 in), nilai sf yang dipilih, yaitu:

$$sf = 2,00 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 93})$$

Tinggi tutup (OA)

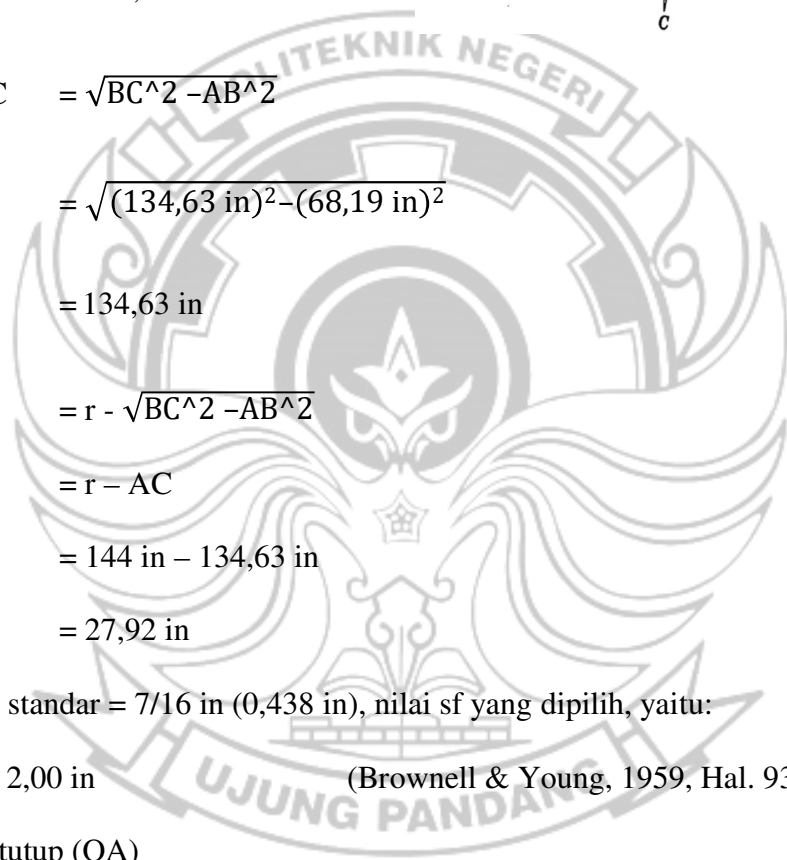
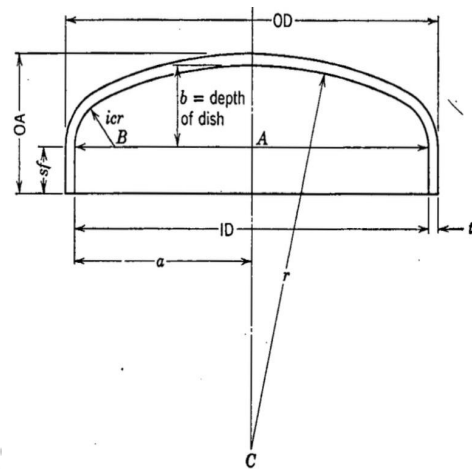
$$OA = sf + b + t_h$$

$$= 2,00 + 27,92 \text{ in} + 0,438 \text{ in}$$

$$= 30,36 \text{ in}$$

Tinggi tangki = Hs + (2 × OA)

$$= 215,21 \text{ in} + (2 \times 30,36)$$



$$= 269,37 \text{ in}$$

$$= 7,01 \text{ m}$$

3.2 Pengaduk

Tipe pengaduk = Six blade open turbine

Kec. Pengadukan (N) = 30 rpm = 0,5 rps

Jumlah baffle = 4 buah

Viskositas campuran (μ) = 0,000854 kg/m.s

Densitas campuran (ρ) = 1002,00 kg/m³

a. Dimensi Pengaduk Ketentuan Pengaduk (Geankoplis, 1993, Hal. 144):

$$D_a = 0,3D_t$$

$$W = 1/5D_a$$

$$L = 1/4D_a$$

$$C = 1/3D_t$$

$$J = 1/12D_t$$

Dimana,

D_t = diameter d alam tangki = 3,94 m

D_a = diameter impeller

W = lebar blade

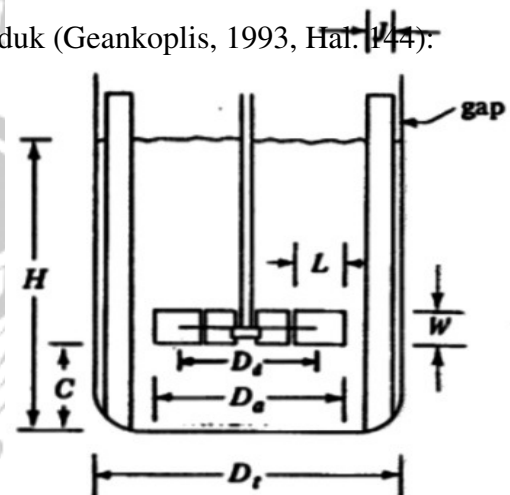
C = jarak pengaduk dari dasar tangki

L = panjang blade

J = lebar baffle

Sehingga,

$$D_a = 0,3(3,94 \text{ m}) = 1,182 \text{ m}$$



$$W = 1/5(1,182 \text{ m}) = 0,236 \text{ m}$$

$$C = 1/3(3,94 \text{ m}) = 1,313 \text{ m}$$

$$L = 1/4(1,182 \text{ m}) = 0,296 \text{ m}$$

$$J = 1/12(3,94 \text{ m}) = 0,328 \text{ m}$$

b. Bilangan Reynold (N'Re)

$$N'_{Re} = \frac{(Da^2) \cdot N \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1993, Hal. 144})$$

$$= \frac{(1,182^2) \times 0,5 \times 1002,00}{0,000854}$$

$$= 819.699,66$$

Berdasarkan nilai N'Re sehingga nilai power number (Np) yaitu 5
(Fig 3.4-4 Geankoplis, 1993, Hal. 144).

c. Daya Pengaduk

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad (\text{Geankoplis, 1993, Hal. 144})$$

$$= 5 \times 1002,00 \times 0,5^3 \times 1,182^5$$

$$= 1.445,22 \text{ Watt}$$

$$= 1,9 \text{ HP}$$

$$= 2 \text{ HP}$$

$$\text{Total Kebutuhan Daya} = 2 \text{ HP} \times 5 \text{ unit}$$

$$= 10 \text{ HP}$$

3.3 Kesimpulan

$$\text{Tinggi tangki} = 275,94 \text{ in} = 7,00 \text{ m}$$

$$\text{Diameter dalam tangki (ID)} = 155,12 \text{ in} = 3,94 \text{ m}$$

$$\text{Diameter luar tangki (OD)} = 156 \text{ in} = 3,96 \text{ m}$$

Tebal tangki = 0,438 in

Daya pengaduk = 2 HP

Jumlah unit= 5 unit

4. Tangki Bleaching (TB-101)



Gambar L-C.4 Tempat Bleaching *Eucheuma Cottonii*

Fungsi = Tempat bleaching *Eucheuma Cottonii*

Tipe = Tangki berbentuk persegi

Kondisi operasi :

P = 1 atm

T = 30°C

4.1 Keranjang Bleaching

Bahan : Stainless Steel (SS-316)

Laju alir massa : 3.210,08 kg/jam

Densitas *E. cottonii* (ρ) : 1679 kg/m³

Densitas stainless steel (ρ_s) : 7,92 kg/dm³

Waktu penyimpanan : 1 jam

Faktor keamanan (fk) : 20%

a. Volume Keranjang (Vk)

$$\text{Volume } E.\text{cottonii} = \frac{\text{massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan}$$

$$= \frac{3.210,08 \text{ kg/jam}}{1.679 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam}$$

$$= 1,97 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume keranjang} = (100\% + f_k) \times \text{volume E.cottonii}$$

$$= (100\% + 20\%) \times 1,97 \text{ m}^3$$

$$= 2,36 \text{ m}^3$$

b. Panjang Sisi Keranjang (s)

$$V_k = s \times s \times s$$

$$2,36 \text{ m}^3 = s^3$$

$$s = \sqrt[3]{2,36 \text{ m}^3}$$

$$= 1,33 \text{ m}$$

$$= 1.331,36 \text{ mm}$$

c. Open Area (OA)

Asumsi:

- Diameter lubang (D) = 10 mm

- Pitch (C) = 15 mm

$$OA = \frac{D^2 \times 78,54}{C^2} \times 100\% \quad (\text{Sanghvi Enterprise, 1973})$$

$$= \frac{10^2 \times 78,54}{15^2} \times 100\%$$

$$= 34,91\%$$

d. Berat per Sheet

Asumsi:

- Tebal sheet (t) = 0,5 mm

- Lebar margin = M1 = M2 = M3 = M4 = 50 mm

- Panjang (P) dan lebar (L) = 1331,26 mm

$$S = \frac{\rho \times t}{1.000.000} \{ (L - M2 - M4) \times (P - M1 - M3) \times (1 - (\frac{OA}{100})) + (L - M2) \times M1 + (P - M3) \times M2 + (L - M4) \times M3 + (P - M1) \times M4 \}$$

$$= \frac{7,92 \times 0,5}{1.000.000} \{ (1331,26 - 50 - 50) \times (1331,26 - 50 - 50) \times (1 - (\frac{34,91}{100})) + (1331,26 - 50) \times 50 + (1331,26 - 50) \times 50 + (1331,26 - 50) \times 50 + (1331,26 - 50) \times 50 \}$$

$$= 4,92 \text{ kg}$$

e. Berat Keranjang

$$W = 5 \times S$$

$$= 5 \times 4,92 \text{ kg}$$

$$= 24,62 \text{ kg}$$

f. Kesimpulan

Panjang sisi keranjang = 1,33 m

Berat keranjang = 24,62 kg

Diameter lubang = 10 mm

Jumlah unit = 1 unit

4.2 Tangki Bleaching

Bahan	= Beton
Laju alir massa	= 118.872,34 kg/jam
Densitas campuran (ρ)	= 1013,03 kg/m ³
Waktu penyimpanan	= 1 jam
Faktor keamanan (f_k)	= 20%

a. Volume Tangki (V_t)

$$\begin{aligned}\text{Volume bahan} &= \frac{\text{massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{118.872,34 \text{ kg/jam}}{1013,03 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam} \\ &= 120,70 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume tangki = (100% + fk) × volume E.cottonii

$$\begin{aligned}&= (100\% + 20\%) \times 120,70 \text{ m}^3 \\ &= 144,84 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Panjang Sisi Tangki (s)

$$\begin{aligned}V_t &= s \times s \times s \\ 144,84 \text{ m}^3 &= s^3 \\ s &= \sqrt[3]{144,84 \text{ m}^3} \\ &= 5,25 \text{ m}\end{aligned}$$

c. Kesimpulan

$$\text{Panjang sisi tangki} = 5,25 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah unit} = 1 \text{ unit}$$

5. Tangki Pencucian (TP-101)



Gambar L-C.5 Tempat pencucian *eucheuma cottonii*

Fungsi = Tempat pencucian *Eucheuma cottonii* setelah di bleaching

Tipe = Tangki berbentuk persegi

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

5.1 Keranjang Pencucian

Bahan = Stainless Steel (SS-316)

Laju alir massa = 3.211,23 kg/jam

Densitas *E. cottonii* (ρ) = 1679 kg/m³

Densitas stainless steel (ρ_s) = 7,92 kg/dm³

Waktu penyimpanan = 1 jam

Faktor keamanan (fk) = 20%

a. Volume Keranjang (V_k)

$$\text{Volume } E.\text{cottonii} = \frac{\text{massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan}$$

$$= \frac{3.211,23 \text{ kg/jam}}{1.679 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam}$$

$$= 1,97 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume keranjang} = (100\% + \text{fk}) \times \text{volume } E.\text{cottonii}$$

$$= (100\% + 20\%) \times 1,97 \text{ m}^3$$

$$= 2,36 \text{ m}^3$$

b. Panjang Sisi Keranjang (s)

$$V_k = s \times s \times s$$

$$2,36 \text{ m}^3 = s^3$$

$$s = \sqrt[3]{2,36 \text{ m}^3}$$

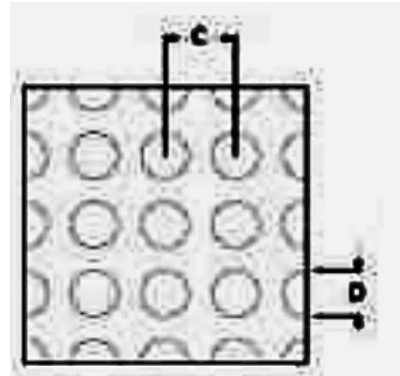
$$= 1,332 \text{ m}$$

$$= 1332 \text{ mm}$$

c. Open Area (OA)

Asumsi:

- Diameter lubang (D) = 10 mm
- Pitch (C) = 15 mm



$$OA = \frac{D^2 \times 78,54}{C^2} \times 100\% \quad (\text{Sanghvi Enterprise, 1973})$$

$$= \frac{10^2 \times 78,54}{15^2} \times 100\%$$

$$= 34,91\%$$

d. Berat per Sheet

Asumsi:

- Tebal sheet (t) = 0,5 mm
- Lebar margin = M1 = M2 = M3 = M4 = 50 mm
- Panjang (P) dan lebar (L) = 1332 mm

$$S = \frac{\rho \times t}{1.000.000} \left\{ (L - M2 - M4) \times (P - M1 - M3) \times \left(1 - \left(\frac{OA}{100}\right)\right) + (L - M2) \times M1 + (P - M3) \times M2 + (L - M4) \times M3 + (P - M1) \times M4 \right\}$$

$$= \frac{7,92 \times 0,5}{1.000.000} \left\{ (1332 - 50 - 50) \times (1349 - 50 - 50) \times \left(1 - \left(\frac{34,91}{100}\right)\right) + (1349 - 50) \times 50 + (1332 - 50) \times 50 + (1349 - 50) \times 50 + (1332 - 50) \times 50 \right\}$$

$$= 4,92 \text{ kg}$$

e. Berat Keranjang

$$W = 5 \times S$$

$$= 5 \times 4,92 \text{ kg}$$

$$= 24,62 \text{ kg}$$

f. Kesimpulan

$$\text{Panjang sisi keranjang} = 1,332 \text{ m}$$

$$\text{Berat keranjang} = 24,62 \text{ kg}$$

$$\text{Diameter keranjang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah unit} = 1 \text{ unit}$$

5.2 Tangki Pencucian

$$\text{Bahan} = \text{Beton}$$

$$\text{Laju alir massa} = 131.660,60 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = 1013,81 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor keamanan (fk)} = 20\%$$

a. Volume Tangki (V_t)

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= \frac{\text{massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{131.660,60 \text{ kg/jam}}{1013,81 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam} \\ &= 129,91 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= (100\% + \text{fk}) \times \text{volume E.cottonii} \\ &= (100\% + 20\%) \times 129,91 \text{ m}^3 \\ &= 155,89 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Panjang Sisi Tangki (s)

$$V_t = s \times s \times s$$

$$155,89 \text{ m}^3 = s^3$$

$$s = \sqrt[3]{155,89 \text{ m}^3}$$

$$= 5,43 \text{ m}$$

c. Kesimpulan

Panjang sisi tangki = 5,43 m

Jumlah unit = 1 unit

5.3 Crane dan Hoist

Berat beban = berat *E. cottonii* basah + berat keranjang

$$= 3.306,41 \text{ kg} + 24,62 \text{ kg}$$

$$= 3.325,41 \text{ kg}$$

$$= 7.337,52 \text{ lb}$$

$$= 3,23 \text{ ton}$$

Dipilih kapasitas standar yaitu 5 ton (Greiner, 1967)

a. Kecepatan Hoist dan Trolley

Berdasarkan kapasitas standar crane maka kecepatan hoist dan trolley pada crane, yaitu (Greiner, 1967, Hal. 23):

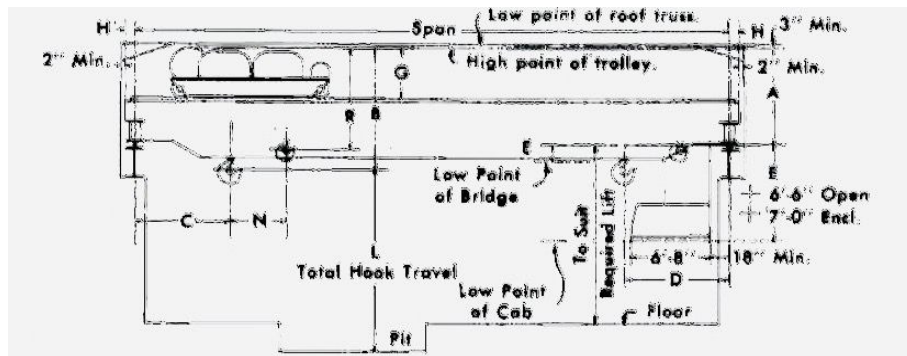
Hoist = 25 ft/min

Trolley travel = 100 ft/min

b. Dimensi Crane

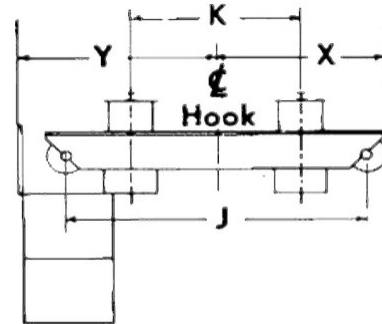
Berdasarkan kapasitas standar maka dimensi crane, yaitu (Greiner, 1967,

Hal. 26- 27):



Sumber: Greiner, 1967

Span	= 40 ft	= 12,19 m
A	= 4,88 ft	= 1,49 m
B	= 5,33 ft	= 1,63 m
C	= 2,58 ft	= 0,79 m
D	= 3,33 ft	= 1,02 m
E	= 0,17 ft	= 0,05 m
G	= 2,54 ft	= 0,77 m
H	= 0,63 ft	= 0,19 m
J	= 8,00 ft	= 2,44 m
K	= 5,00 ft	= 1,52 m
L	= 38,50 ft	= 11,73 m
X	= 4,83 ft	= 1,47 m
Y	= 6,83 ft	= 2,08 m



Berat beban roda maksimum = 15.400 lb = 6,99 ton

Berat trolley = 5.600 lb = 2,54 ton
 Berat total crane = 27.500 lb = 12,48 ton
 Tipe girder = beam

c. Daya Trolley Berat

Total trolley dan berat beban terukur (W) = 3,33 ton + 2,54 ton = 5,87 ton

Kecepatan trolley travel (FPM) = 100 ft/min

Tractive Effort (TE) = 25

$$\begin{aligned}
 \text{HP} &= \frac{W \times \text{FPM} \times \text{TE}}{33.000} \quad (\text{Greiner, 1967, Hal. 92}) \\
 &= \frac{5,87 \text{ ton} \times 100 \text{ fit/min} \times 25}{33.000} \\
 &= 0,45 \approx 0,5 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

d. Dimensi Hoist

Kapasitas standar maka dimensi hoist, yaitu (Greiner, 1967, Hal. 78):

A = 18,00 ft = 5,49 m

B = 27,00 ft = 8,23 m

C = 25,50 ft = 7,77 m

D = 43,50 ft = 13,26 m

E = 64,50 ft = 19,66 m

F = 48,00 ft = 14,63 m

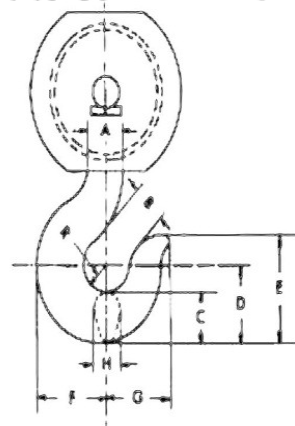
G = 41,25 ft = 12,57 m

H = 19,50 ft = 5,94 m

R = 18,00 ft = 5,49 m

Part of rope = 2

Rope diameter = 0,625 in (Greiner, 1967, Hal. 81)



Berdasarkan rope diameter, maka jari-jari shave rope (R), yaitu:

$$R = 0,031 \text{ in} \quad (\text{Greiner, 1967, Hal. 79})$$

e. Daya Hoist

$$\text{Berat beban (W)} = 8.887,77 \text{ lb}$$

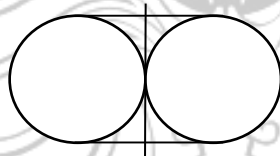
$$\text{Kecepatan hoist (V)} = 25 \text{ ft/min}$$

$$\text{Efisiensi rope (E1)} = 1 \quad (\text{Greiner, 1967, Hal. 80})$$

$$\text{Efisiensi Gearinh (E2)} = 0,95 \quad (\text{Greiner, 1967, Hal. 85})$$

$$\begin{aligned} \text{HP} &= \frac{W \times V}{33.000 \times E1 \times E2} \quad (\text{Greiner, 1967, Hal. 92}) \\ &= \frac{888,77 \times 25}{33.000 \times 1 \times 0,95} \\ &= 7,087 \approx 7,5 \text{ HP} \end{aligned}$$

6. Rotary Knife Cutter (RK-101)



Gambar L-C.6 Rotary Cutter

Fungsi = memotong rumput laut

Massa rumput laut masuk = 3.400,95 kg/jam

Perry edisi 6 halaman 8-29 tabe18-16

Feed rate = 10000 lb/jam = 4540 kg/jam

Power mesin = 11 HP

Screen openning = 1,5 in

Kebutuhan Rotary cutter = $\frac{3.400,95 \text{ kg/jam}}{4540 \text{ kg/jam}}$

$$= 0,75$$

Dengan demikian membutuhkan 1 buah rotary cutter

$$\text{Total power} = 1 \times 11 = 11 \text{ HP}$$

7. Bucket Elevator (BE-101)



GambarL-C.7 Bucket Elevator 1

Fungsi = memasukkan rumput laut kedalam tangki ekstraktor

Tipe = Centrifugal Discharge Bucket on Belt

Laju alir massa = 3.306,41 kg/jam

Faktor keamanan (fk) = 20%

7.1 Kapasitas Design

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas design} &= (100\% + \text{fk}) \times \text{laju alir massa} \\ &= (100\% + 20\%) \times 3.306,41 \text{ kg/jam} \\ &= 3.967,69 \text{ kg/jam} \\ &= 4,0 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

7.2 Dimensi Bucket Elevator

Dipilih spesifikasi bucket elevator dengan kapasitas standar 14 ton/jam (Perry edisi 7 tabel 21-8 halaman 21-15) mendapatkan:

Tinggi elevator = 6,287 m = 20,63 ft = 247,53 in

Ukuran bucket:

Lebar = 6 in

Panjang = 4 in

Kedalaman = 4,25 in

Jarak bucket = 12 in

Elevator Center = 25 ft

Kecepatan bucket = 68,8 m/menit

Head shaft = 43 rpm

Jarak antar bucket = 12 in

Lebar belt = 7 in

Diameter pulley :

Head = 20 in

Tail = 14 in

Power = 1 HP

7.3 Volume Bucket

Volume bucket = panjang × lebar × kedalaman

$$= 4 \text{ in} \times 6 \text{ in} \times 4,25 \text{ in}$$

$$= 102 \text{ in}^3$$

$$= 0,00167 \text{ m}^3$$

7.4 Volume Bahan dalam Bucket

Volume bahan dalam bucket = 80% dari volume bucket

$$= 80\% \times 0,00167 \text{ m}^3$$

$$= 0,00134 \text{ m}^3$$

7.5 Jumlah Bucket dan Panjang Belt

$$\begin{aligned} \text{Panjang belt} &= (2 \times \text{tinggi elevator}) + \text{head} \\ &= (2 \times 247,53 \text{ in}) + 20 \text{ in} \\ &= 515,05 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah bucket (n)} \quad (n \times 4 \text{ in}) + (n \times 12 \text{ in}) = \text{panjang belt}$$

$$16 \text{ in } n = 515,05 \text{ in}$$

$$n = 32,19$$

$$\text{Jumlah bucket} = 33 \text{ buah}$$

7.6 Kebutuhan Daya Angkut

Untuk bucket elevator kapasitas 14 ton/jam, maka daya yang dibutuhkan yaitu (Perry & Green, 1997, tabel 21-8 Hal. 21-15):

$$\text{Daya yang dibutuhkan kepala sumbu (head shaft)} = 1 \text{ HP}$$

$$\text{Daya yang dibutuhkan setiap 1 ft} = 0,02 \text{ HP/ft}$$

$$\text{Tinggi elevator} = 20,63 \text{ ft}$$

$$\text{Daya (P)} = \text{daya head shaft} + (\text{daya per ft} \times \text{tinggi elevator})$$

$$= 1 \text{ HP} + (0,02 \text{ HP/ft} \times 20,63 \text{ ft})$$

$$= 1,41 \text{ HP}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Daya total} = \frac{P}{80\%}$$

$$= \frac{1,41 \text{ HP}}{80\%}$$

$$= 1,77 \text{ HP}$$

$$= 1,77 \text{ HP}$$

Kebutuhan daya = 2 HP

7.7 Kesimpulan

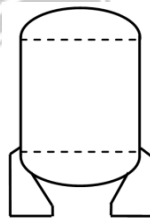
Tinggi elevator = 6,287 m

Jumlah bucket = 33 buah

buah Jumlah unit = 1 unit

Daya = 2 HP

8. Tangki Kalium Hidroksida (KOH) 6% (T-102)



GambarL-C.8 Tangki Kalium Hidroksida (KOH) 6%

Fungsi = Tempat penyimpanan larutan KOH 6%

Tipe = Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk torispherical

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

$$\text{Laju alir massa} = \frac{141.144,25 \text{ kg/jam}}{5} = 28.228,85 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = 1067,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Faktor keamanan (fk)} = 20\%$$

8.1 Tangki

a. Volume Tangki (Vs)

$$\begin{aligned}\text{Volume larutan} &= \frac{\text{Massa}}{p} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{28.228,85 \text{ kg/jam}}{1067,2 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam} \\ &= 26,45 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= (100\% + f_k) \times \text{volume larutan} \\ &= (100\% + 20\%) \times 26,45 \text{ m}^3 \\ &= 31,74 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Dimensi Tangki

Asumsi :

- Perbandingan tinggi silinder (H_s) dengan diameter (D) tangki = 3 : 2
($H_s = 1,5D$). (Tabel 4-25 dan 4-27, Ulrich)

c. Tinggi Silinder

$$\begin{aligned}H &= \frac{3}{2} D \\ &= 1,5 D\end{aligned}$$

d. Luas Penampang Tangki

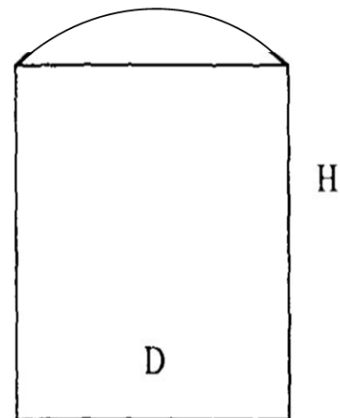
$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

e. Diameter Silinder

$$\begin{aligned}V &= H \cdot A \\ &= 1,5 D \times \frac{\pi}{4} D^2\end{aligned}$$

$$V_s = 1,5 D^3 \times \frac{\pi}{4}$$

$$31,74 \text{ m}^3 = \frac{1,5 \times 3,14}{4} \times D^3$$



$$31,74 \text{ m}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{31,74 \text{ m}^3}{1,1775}$$

$$D = \sqrt[3]{27,73} \text{ m}^3$$

$$D = 3,03 \text{ m}$$

$$= 119,16 \text{ in}$$

$$H_s = 1,5D$$

$$H_s = 1,5 \times 3,03 \text{ m}$$

$$= 4,54 \text{ m}$$

$$= 178,74 \text{ in}$$

f. Tinggi Cairan dalam Tangki (H_c)

$$H_c = \frac{\text{Volume Larutan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_s$$

$$H_c = \frac{27,21 \text{ m}^3}{32,65 \text{ m}^3} \times 4,54 \text{ m}$$

$$= 3,78 \text{ m}$$

Tekanan Desain (P)

Tekanan Hidrostatik (P_h) = $\rho \times H_c \times g$

$$P_h = 1067,2 \text{ kg/m}^3 \times 3,78 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 39.568,73 \text{ kg.m/s}^2$$

$$= 39.568,73 \text{ Pa}$$

$$P_h = 5,74 \text{ Psi}$$

Tekanan operasi (P_o) = 1 atm

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = P_h + P_o$$

$$P = 5,74 + 14,7 \text{ Psi}$$

$$P = 20,44 \text{ Psi}$$

Safety Factor = 10% (Tabel. 6 Peter and Timmerhaus, 1991 4rd ed. Hal, 37)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Desain (P)} &= (100\% + 10\%) \times 20,44 \text{ Psi} \\ &= 22,48 \text{ Psi} \end{aligned}$$

g. Tebal Tangki (ts)

Diketahui :

Jenis bahan = Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 12650 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal.542)

Tekanan design (P) = 20,44 Psi

Inside diameter (ID) = 119,16 in

Inside radius (ri) = 59,58 in

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P r_i}{f E - 0,6 P} + C \\ &= \frac{20,44 \text{ psi} \times 59,58 \text{ in}}{(12.650 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 20,44 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,245 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih ts standar = 3/8 in (0,375 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter luar (OD)

$$OD = ID + (2 \times ts \text{ standar})$$

$$= 119,16 \text{ in} + (2 \times 0,375 \text{ in})$$

$$= 119,71 \text{ in}$$

$$= 3,05 \text{ m}$$

Dipilih OD standar = 120 in = 3,048 m (Brownell & Young, 1959, Hal.90)

Diameter dalam standar (ID standar)

$$\text{ID standar} = \text{OD standar} - (2 \times \text{ts standar})$$

$$= 120 \text{ in} - (2 \times 0,375 \text{ in})$$

$$= 119,25 \text{ in}$$

$$= 3,03 \text{ m}$$

h. Tebal tutup atas dan alas tangki (th)

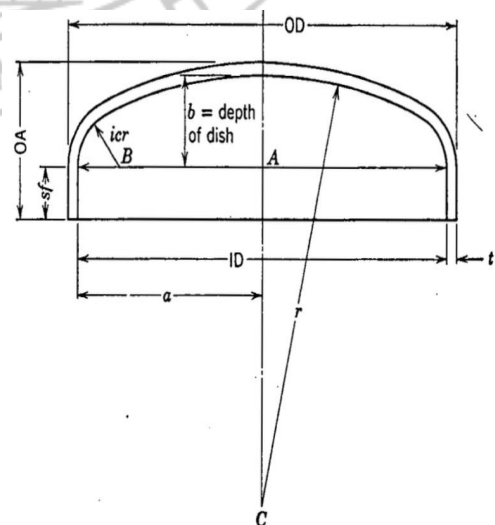
Bentuk tutup : *torispherical dished head*

Berdasarkan $t_s = 3/8 \text{ in}$ dan $\text{OD} = 120 \text{ in}$, diketahui (Brownell & Young, 1959, Hal. 91):

$$r_{cr} = r_1 = 7 \frac{1}{4} = 7,25 \text{ in}$$

$$r = r_c = 114 \text{ in}$$

$$\frac{rc}{r1} = \frac{114 \text{ in}}{7,25 \text{ in}} = 15,72$$



Stess-intensification factor (W)

$$\begin{aligned}W &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{r1}} \right) && \text{(Brownell \& Young, 1959, Hal. 138)} \\ &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{15,72} \right) \\ &= 1,74\end{aligned}$$

Tebal tutup (th)

$$E = 80\% \quad \text{(Buthod, 1995)}$$

$$\begin{aligned}t_h &= \frac{P.rc.W}{2fE-0,6P} + C && \text{(Brownell \& Young, 1959, Hal. 138)} \\ &= \frac{20,44 \text{ psi} \times 114 \text{ in} \times 1,74}{(2 \times 12.650 \text{ psi} \times 0,8) - (0,2 \times 20,44 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,325 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih th standar = 3/8 in (0,375 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 93)

i. Dimensi Tutup Atas dan Alas Tangki

$$\begin{aligned}\text{Jari-jari head (a)} &= \frac{ID \text{ Standar}}{2} \\ &= \frac{119,25 \text{ in}}{2} \\ &= 59,63 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}AB &= \frac{ID \text{ Standar}}{2} - icr \\ &= \frac{119,25 \text{ in}}{2} - 7,25 \text{ in} \\ &= 52,38 \text{ in}\end{aligned}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 114 \text{ in} - 7,25 \text{ in}$$

$$= 106,75 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$= \sqrt{(106,75 \text{ in})^2 - (52,38)^2}$$

$$= \sqrt{8652,42}$$

$$= 93,02 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$= r - AC$$

$$= 114 \text{ in} - 93,02 \text{ in}$$

$$= 20,98 \text{ in}$$

Pada th standar = 3/8 in (0,375 in), nilai sf yang dipilih, yaitu:

$$sf = 2,00 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 93})$$

Tinggi tutup (OA)

$$OA = sf + b + t_h$$

$$= 2,00 + 20,98 \text{ in} + 0,375 \text{ in}$$

$$= 23,36 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi tangki} = H_s + (2 \times OA)$$

$$= 178,74 \text{ in} + (2 \times 23,36 \text{ in})$$

$$= 225,46 \text{ in}$$

$$= 5,73 \text{ m}$$

8.2 Pengaduk

Tipe pengaduk = Six blade open turbine

Kec. Pengadukan (N) = 30 rpm = 0,5 rps

Jumlah baffle = 4 buah

Viskositas campuran (μ) = $0,324p^{0,5}$ (perry edisi 5, hal, 3-246, pers, 3,118)
 = $0,324 \times (1067,2)^{0,5}$
 = 0,000901 kg/m.s

Densitas campuran (ρ) = 1067,2 kg/m³

a. Dimensi Pengaduk Ketentuan pengaduk (Geankoplis, 1993, Hal. 144):

$D_a = 0,3D_t$

$W = 1/5D_a$

$L = 1/4D_a$

$C = 1/3D_t$

$J = 1/12D_t$

Dimana,

D_t = diameter dalam tangki = 3,03 m

D_a = diameter impeller

W = lebar blade

C = jarak pengaduk dari dasar tangki

L = panjang blade

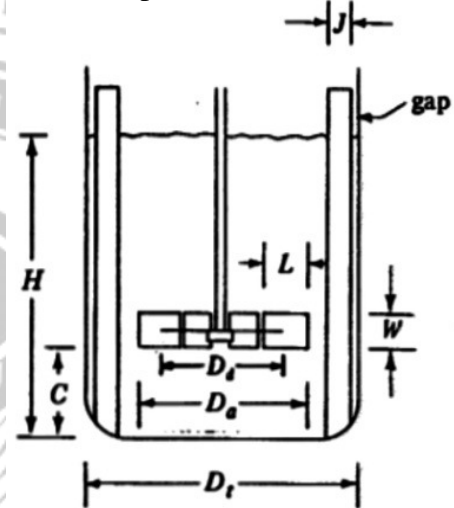
J = lebar baffle

Sehingga,

$D_a = 0,3 (3,03 \text{ m}) = 0,909 \text{ m}$

$W = 1/5 (0,911 \text{ m}) = 0,182 \text{ m}$

$C = 1/3 (3,03 \text{ m}) = 1,010 \text{ m}$



$$L = 1/4 (0,911 \text{ m}) = 0,227 \text{ m}$$

$$J = 1/12 (3,03 \text{ m}) = 0,252 \text{ m}$$

b. Bilangan Reynold (N'Re)

$$N'_{Re} = \frac{(Da^2) \cdot N \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1993, Hal. 144})$$

$$= \frac{(0,909 \text{ m})^2 \times 0,5 \text{ rps} \times 1067,2 \text{ kg/m}^3}{0,000901 \text{ kg/m.s}}$$

$$= 489.010$$

Berdasarkan nilai N'Re sehingga nilai power number (Np) yaitu 5 (Fig 3.4-4 Geankoplis, 1993, Hal. 144).

c. Daya Pengaduk

$$P = Np \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad (\text{Geankoplis, 1993, Hal. 144})$$

$$= 5 \times 1000,2 \times 0,5^3 \times 0,909^5$$

$$= 413,23 \text{ J/s}$$

$$= 413,23 \text{ J Watt}$$

$$= 1,5 \text{ HP}$$

$$\text{Total Kebutuhan Daya} = 1,5 \text{ HP} \times 5 \text{ unit}$$

$$= 7,5 \text{ HP}$$

8.3 Kesimpulan

$$\text{Tinggi tangki} = 225,46 \text{ in} = 5,73 \text{ m}$$

$$\text{Diameter dalam tangki (ID)} = 119,25 \text{ in} = 2,98 \text{ m}$$

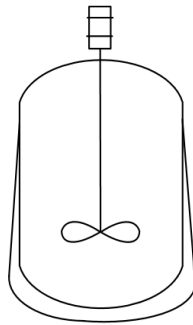
$$\text{Diameter luar tangki (OD)} = 120 \text{ in} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal tangki} = 3,048 \text{ in}$$

Daya pengaduk = 1,5 HP

Jumlah unit = 5 unit

9. Ekstraktor (EK-101)



Gambar L-C.9 Tangki Ekstraktor

Fungsi = merendam rumput laut selama 3 jam dalam suasana basa guna mengekstrak karaginan

Type = silinder tegak dengan tutup atas flat, tutup bawah berbentuk konis dan dilengkapi dengan jaket pemanas dan pengaduk

Kondisi operasi:

$$T = 80^{\circ}\text{C};$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

Laju alir massa = 144.450,66 kg/jam

$$= \frac{144.450,66 \text{ kg/jam}}{3 \text{ unit}} = 48.150,22 \text{ kg/jam}$$

Massa *Eucheuma Cottoni* = 3.306,41 kg/jam

Massa KOH = 141.144,25 kg/jam

ρ *Eucheuma Cottoni* = 1679 kg/m³

ρ KOH 6% = 1067,2 kg/m³

$$x \text{ *Eucheuma Cottoni*} = \frac{3.306,41}{144.450,66} = 0,02289$$

$$x \text{ KOH} = \frac{141.144,25}{144.450,66} = 0,97711$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{x \text{ eucheuma cottoni}}{P \text{ Eucheuma Cottoni}} + \frac{x \text{ larutan KOH } 6\%}{P \text{ larutan KOH } 6\%}$$

$$= \frac{0,02289}{1679} + \frac{0,97711}{1067,2}$$

$$= 0,000929$$

$$\rho = 1076,2 \text{ kg/m}^3$$

9.1 Tangki

a. Volume Tangki (Vs)

$$\text{Volume Ekstraktor} = \frac{\text{Massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan}$$

$$= \frac{48.150,22 \text{ kg/jam}}{1076,2 \text{ kg/m}^3} \times 3 \text{ jam}$$

$$= 134,23 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki} = (100\% + f_k) \times \text{volume larutan}$$

$$= (100\% + 20\%) \times 134,23 \text{ m}^3$$

$$= 161,07 \text{ m}^3$$

b. Dimensi Tangki

Asumsi :

- Perbandingan tinggi silinder (Hs) dengan diameter (D) tangki = 3 : 2 (Hs = 1,5D). (Tabel 4-25 dan 4-27, Ulrich)

c. Tinggi Silinder

$$H = \frac{3}{2} D$$

$$= 1,5 D$$

d. Luas Penampang Tangki

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

e. Diameter Silinder

$$\begin{aligned} V &= H \cdot A \\ &= 1,5 D \times \frac{\pi}{4} D^2 \end{aligned}$$

$$V_s = 1,5 D^3 \times \frac{\pi}{4}$$

$$161,07 \text{ m}^3 = \frac{1,5 \times 3,14}{4} \times D^3$$

$$161,07 \text{ m}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{161,07 \text{ m}^3}{1,1775}$$

$$D = \sqrt[3]{134,22} \text{ m}^3$$

$$D = 5,20 \text{ m}$$

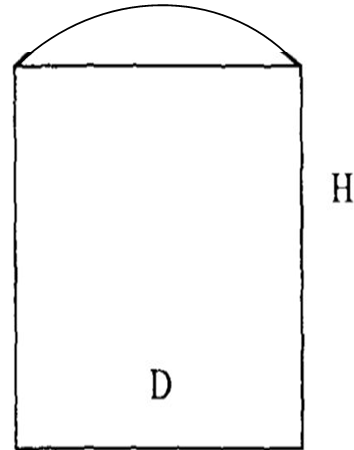
$$= 204,77 \text{ in}$$

$$H_s = 1,5D$$

$$H_s = 1,5 \times 5,20 \text{ m}$$

$$= 7,80 \text{ m}$$

$$= 307,15 \text{ in}$$



f. Tinggi Bahan dalam Tangki (Hb)

$$H_b = \frac{\text{Volume Larutan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_s$$

$$H_b = \frac{134,23 \text{ m}^3}{161,07 \text{ m}^3} \times 7,80 \text{ m}$$

$$= 6,50 \text{ m}$$

Tekanan Desain (P)

$$\text{Tekanan Hidrostatik (P}_h) = \rho \times H_c \times g$$

$$\begin{aligned} P_h &= 1076,2 \text{ kg/m}^3 \times 6,50 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 68.567,65 \text{ kg.m/s}^2 \\ &= 68.567,65 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$P_h = 9,94 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan operasi (P}_o) = 1 \text{ atm}$$

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = P_h + P_o$$

$$P = 9,94 \text{ Psi} + 14,7 \text{ Psi}$$

$$P = 24,64 \text{ Psi}$$

Safety Factor = 10% (Tabel. 6 Peter and Timmerhaus, 1991 4rd ed. Hal, 37)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Desain (P)} &= (100\% + 10\%) \times 24,64 \text{ Psi} \\ &= 27,11 \text{ Psi} \end{aligned}$$

g. Tebal Tangki (ts)

Diketahui :

Jenis bahan = Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 12650 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal. 542)

Tekanan design (P) = 27,11 Psi

Inside diameter (ID) = 204,77 in

Inside radius (ri) = 102,38 in

$$t_s = \frac{Pri}{fE-0,6P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 254})$$
$$= \frac{27,11 \text{ psi} \times 98,35 \text{ in}}{(12.650 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 102,38 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in}$$
$$= 0,399 \text{ in}$$

Dipilih t_s standar = 7/16 in (0,438 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter luar (OD)

$$\text{OD} = \text{ID} + (2 \times t_s \text{ standar})$$
$$= 204,77 \text{ in} + (2 \times 0,438 \text{ in})$$
$$= 205,64 \text{ in}$$
$$= 5,22 \text{ m}$$

Dipilih OD standar = 216 in = 5,48 m (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter dalam standar (ID standar)

$$\text{ID standar} = \text{OD standar} - (2 \times t_s \text{ standar})$$
$$= 216 \text{ in} - (2 \times 0,375 \text{ in})$$
$$= 215,25 \text{ in}$$
$$= 5,47 \text{ m}$$

h. Tebal tutup atas dan alas tangki (th)

Bentuk tutup = *torispherical dished head*

Berdasarkan $t_s = 7/16$ in dan OD = 216 in, diketahui (Brownell & Young, 1959, Hal. 91):

$$r_1 = r_1 = 13 \text{ in}$$

$$r_c = r_c = 170 \text{ in}$$

$$\frac{r_c}{r_1} = \frac{170 \text{ in}}{13 \text{ in}} = 13,08 \text{ in}$$

Stress-intensification factor (W)

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r_c}{r_1}} \right) \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 138})$$

$$= \frac{1}{4} (3 + \sqrt{13,08})$$

$$= 1,65$$

Tebal tutup (th)

$$E = 80 \% \quad (\text{Buthod, 1995})$$

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{2fE - 0,6P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 138})$$

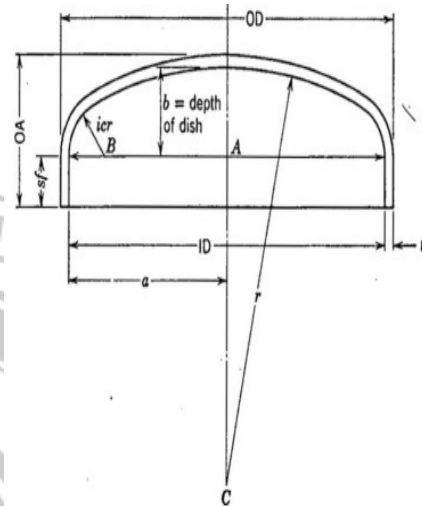
$$= \frac{27,11 \text{ psi} \times 170 \text{ in} \times 1,65}{(2 \times 12.650 \text{ psi} \times 0,8) - (0,2 \times 27,11 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,467 \text{ in}$$

i. Dimensi Tutup Atas dan Alas Tangki

$$\text{Jari-jari head (a)} = \frac{ID \text{ Standar}}{2}$$

$$= \frac{215,125 \text{ in}}{2}$$



$$= 107,56 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} AB &= \frac{ID \text{ Standar}}{2} - icr \\ &= \frac{215,125 \text{ in}}{2} - 13 \text{ in} \\ &= 94,56 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 170 \text{ in} - 13 \text{ in} \\ &= 157 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= \sqrt{(157 \text{ in})^2 - (94,56)^2} \\ &= \sqrt{15.706,93} \\ &= 125,33 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= r - AC \\ &= 170 \text{ in} - 125,33 \text{ in} \\ &= 44,67 \text{ in} \end{aligned}$$

Pada th standar = 7/16 in (0,438 in), nilai sf yang dipilih, yaitu:

$$sf = 2,00 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 93})$$

Tinggi tutup (OA)

$$OA = sf + b + t_h$$

$$= 2,00 + 44,67 \text{ in} + 0,438 \text{ in}$$

$$= 47,11 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi tangki} = H_s + (2 \times OA)$$

$$= 307,15 \text{ in} + (2 \times 47,11)$$

$$= 401,38 \text{ in}$$

$$= 10,19 \text{ m}$$

Pengaduk

Tipe pengaduk = Six blade open turbine

Kec. Pengadukan (N) = 20 rpm = 0,333 rps

Jumlah baffle = 4 buah

Viskositas campuran (μ) = $0,324p^{0,5}$ (perry edisi 5, hal, 3-246, pers, 3,118)

$$= 0,324 \times (1076,2)^{0,5}$$

$$= 0,002953 \text{ kg/m.s}$$

Densitas campuran (ρ) = $1067,2 \text{ kg/m}^3$

j. Dimensi Pengaduk Ketentuan pengaduk (Geankoplis, 1993, Hal. 144):

$$Da = 0,3Dt$$

$$W = 1/5Da$$

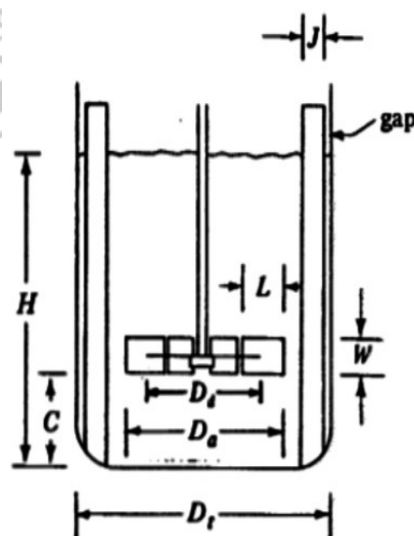
$$L = 1/4Da$$

$$C = 1/3Dt$$

$$J = 1/12Dt$$

Dimana,

Dt = diameter dalam tangki = 5,46 m



Da = diameter impeller

W = lebar blade

C = jarak pengaduk dari dasar tangki

L = panjang blade

J = lebar baffle

Sehingga,

$$Da = 0,3 (5,46 \text{ m}) = 1,640 \text{ m}$$

$$W = 1/5 (1,640 \text{ m}) = 0,328 \text{ m}$$

$$C = 1/3 (5,46 \text{ m}) = 1,822 \text{ m}$$

$$L = 1/4 (1,640 \text{ m}) = 0,410 \text{ m}$$

$$J = 1/12 (5,46 \text{ m}) = 0,456 \text{ m}$$

k. Bilangan Reynold (N'_{Re})

$$\begin{aligned} N'_{Re} &= \frac{(Da^2) \cdot N \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1993, Hal. 144}) \\ &= \frac{(1,640 \text{ m})^2 \times 0,333 \text{ rps} \times 1067,2 \text{ kg/m}^3}{0,002952 \text{ kg/m.s}} \\ &= 326.166,9 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai N'_{Re} sehingga nilai power number (N_p) yaitu 5 (Fig 3.4-4 Geankoplis, 1993, Hal. 144).

l. Daya Pengaduk

$$\begin{aligned} P &= N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad (\text{Geankoplis, 1993, Hal. 144}) \\ &= 5 \times 1076,2 \times 0,5^3 \times 1,640^5 \\ &= 7.984,79 \text{ Watt} \\ &= 11 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan daya} &= 11 \text{ HP} \times 3 \text{ unit} \\ &= 33 \text{ unit} \end{aligned}$$

20.3 Jaket Pemanas

a. Dimensi Jaket Pemanas

$$\text{Laju massa steam} = 1022,89 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas steam } (\rho) = 2,547 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Laju volume steam } (G) = 401,61 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi jaket } (H_j) &= 5\% \text{ dari tinggi bahan dalam tangki} \\ &= (100\% + 5\%) \times 6,50 \text{ m} \\ &= 6,83 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter dalam jaket } (D_1) &= \text{OD silinder} \\ &= 5,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak jaket} = 5 \text{ in} = 0,125 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter jaket aktual } (D_2) &= D_1 + (2 \times \text{jarak jaket}) \\ &= 5,4 \text{ m} + (2 \times 0,125 \text{ m}) \\ &= 5,65 \text{ m} \\ &= 222,44 \text{ m} \end{aligned}$$

Luas yang dilalui steam (A)

$$\begin{aligned} A &= (\pi \times D_2 \times H_j) + \left(\frac{\pi}{4} \times D_2^2\right) \\ &= (3,14 \times 5,65 \text{ m} \times 6,83 \text{ m}) + \left(\frac{3,14}{4} \times (5,65 \text{ m})^2\right) \\ &= 164,17 \end{aligned}$$

Kecepatan steam (v)

$$v = \frac{G}{A}$$

$$= \frac{401,61 \text{ m}^3/\text{jam}}{164,17 \text{ m}^2}$$

$$= 2,75 \text{ m/jam}$$

b. Tekanan Design (P)

$$\text{Tekanan hidrostatik (Ph)} = \rho \times H_j \times g$$

$$= 2,547 \text{ kg/m}^3 \times 6,83 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 170,39 \text{ kg.m/s}^2$$

$$= 170,39 \text{ Pa}$$

$$P_h = 0,03 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan operasi (Po)} = 1 \text{ atm}$$

$$p_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = (P_h + P_o) \times (100\% + f_k)$$

$$= (0,03 \text{ Psi} + 14,7 \text{ Psi}) \times (100\% + 10\%)$$

$$= 16,20 \text{ Psi}$$

c. Tebal jaket (tj)

Diketahui :

Jenis bahan = Nickel Steel

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal. 542)

Tekanan design (P) = 17,66 Psi

Tekanan internal (pi) = 11,48 ton/in² = 22.808,72 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 275)

K = 2,15 (Brownell & Young, 1959, Hal. 275)

Inside diameter (ID) = 222,44 in

Inside radius (ri) = 111,22 in

$$\begin{aligned}ft &= \left(\frac{1}{(K-1)} + 0,6 \right) \times pi \\ &= \left(\frac{1}{(2,15-1)} + 0,6 \right) \times 22.808,72 \text{ psi} \\ &= 33.518,90 \text{ Psi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_j &= \frac{Pri}{ftE-0,6P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 275}) \\ &= \frac{(16,19 \text{ Psi} \times 111,22 \text{ in})}{(33.518,90 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 16,19 \text{ in})} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,067 \text{ in} \\ &= 0,002 \text{ m}\end{aligned}$$

Kesimpulan

Tinggi tangki = tinggi tangki + jarak jaket + tebal jaket
= 10,32 m

Diameter dalam tangki (ID) = 215,125 in = 5,38 m

Diameter luar tangki (OD) = 216 in = 5,4 m

Tebal tangki = 0,438 in

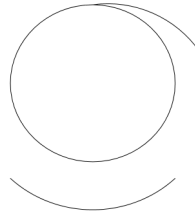
Daya pengaduk = 11 HP

Tebal jaket = 0,002 in

Diameter dalam jaket = 222,44 in

Jumlah unit = 3 unit

10. Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-101)



Gambar L-C.10 Rotary Drum Vakum Filter 1

Fungsi = Memisahkan zat padat dan filtrat dari ekstraktor

Laju alir massa = 148.767,11 kg/jam

= 328.031,5 lb/jam

Kandungan filtrat :

Komponen	Umpan (kg)	Fraksi berat (xi)	ρ (g/cm ³)
Karaginan	1811,74	0,0125	1,074
Protein	143,10	0,0010	1,35
Lemak	27,46	0,0002	0,918
H ₂ O	133581,10	0,9248	1,000
Abu	134,43	0,0009	0,890
serat	284,18	0,0020	1,300
KOH	8468,65	0,0586	2,12
Total	144450,66	1,00	

$$\rho \text{ filtrat} = (0,0125 \times 1,074) + (0,0010 \times 1,35) + (0,0002 \times 0,918) + (0,9248 \times$$

$$1,000) + (0,0009 \times 0,890) + (0,0586 \times 2,12) + (0,0020 \times 1,300)$$

$$= 1,06739 \text{ g/cm}^3$$

$$= 1067,39 \text{ kg/m}^3$$

$$= 66,61 \text{ lb/ft}^3$$

Laju Alir Volume Filtrat (V) :

$$V = \frac{318.913,2 \text{ lb/jam}}{66,61 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 4.788,03 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 598,50 \text{ gallon/menit}$$

Dari tabel 19-13 Perry, ed.6 dipilih :

- Slow Filtering
- Konsentrasi Solid < 50 %
- Laju Alir Filtrat 0,01 – 2 gallon/menit ft²

Dari tabel 19-12 Perry, ed. 6 diperoleh Dimensi Rotary :

- Panjang Drum : 20 ft
- Diameter Drum : 10 ft
- Luas Permukaan : 620 ft²

Pengecekan dengan Perhitungan :

$$\text{Laju Alir Filtrat} = \frac{598,50 \text{ gallon/menit}}{620 \text{ ft}^2}$$

$$= 0,96 \text{ gallon/min.ft}^2$$

Karena hasil perhitungan terdapat diantara 0,01 – 2 maka dianggap memenuhi syarat.

Dari tabel 19-26 Perry, ed. 6 untuk solid karakteristik larutan :

- Kapasitas : 1200-3500 lb/ft² hari
- Tekanan RDVF : 6-20 inchi
- Power : > 1 HP

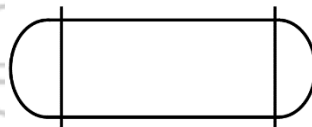
Penentuan Power Rotary Drum Vakum Filter (P):

$$P = 0,005 \text{ HP/ft}^2 \times 620 \text{ ft}^2 \\ = 3,1 \text{ HP}$$

Jika efisiensi motor 80% maka:

$$P = \frac{3,1}{0,8} \\ = 3,87 \approx 4 \text{ HP}$$

11. Cooler (CO-101)



Gambar L-C.11 Cooler

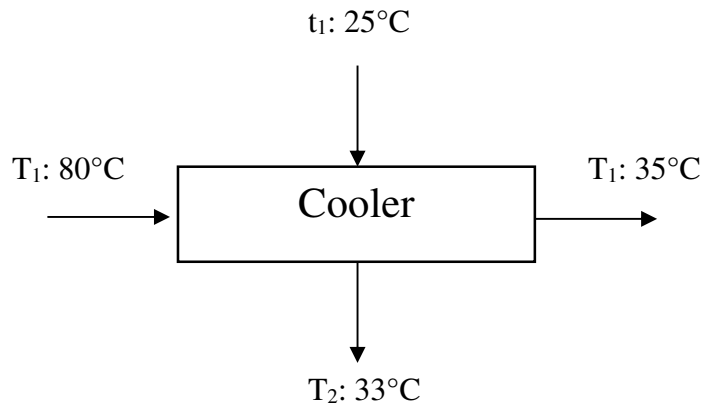
Fungsi = Menurunkan suhu filtrat keluaran filter press

Tipe = Shell and tube heat exchanger

$$\text{Beban panas (Q)} = 7.611.128,92 \text{ kkal/jam} = 30.200.960 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Laju filtrat masuk (W)} = 769.973,03 \text{ kg/jam} = 1.697.790,5 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Laju air laut masuk (w)} = 141.118,59 \text{ kg/jam} = 311.166,5 \text{ lb/jam}$$



11.1 Menentukan Δt (Counter Flow)

Hot fluida (filtrat) : Temp. masuk (T_1) = $80^\circ\text{C} = 176\text{ F}$

Temp. keluar (T_2) = $35^\circ\text{C} = 95\text{ F}$

Temp. rata-rata (T_{av}) = $135,5\text{ F}$

Cold fluida (air) : Temp. masuk (t_1) = $25^\circ\text{C} = 77\text{ F}$

Temp. keluar (t_2) = $33^\circ\text{C} = 91,4\text{ F}$

Temp. rata-rata (t_{av}) = $84,2\text{ F}$

$$\Delta t_2 = T_1 - t_2 = (176 - 91,4)\text{ F} = 72\text{ F}$$

$$\Delta t_1 = T_2 - t_1 = (95 - 77)\text{ F} = 18\text{ F}$$

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln\left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\right)} = \frac{72\text{ F} - 18\text{ F}}{\ln\left(\frac{72\text{ F}}{18\text{ F}}\right)} = 43,04\text{ F}$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} = \frac{176\text{ F} - 91,4\text{ F}}{95\text{ F} - 77\text{ F}} = 5,625\text{ F}$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_2} = \frac{91,4\text{ F} - 77\text{ F}}{176\text{ F} - 91,4\text{ F}} = 0,145\text{ F}$$

Berdasarkan Fig. 19 Kern (1965) Hal. 829 digunakan tipe 2-4 HE, maka

nilai:

$$F_T = 0,91.$$

$$\Delta t = F_T \times \text{LMTD}$$

$$= 0,91 \times 43,04 \text{ F}$$

$$= 39,16 \text{ F}$$

11.2 Trial Menentukan Design Overall Coefficient (UD)

Karena pada alat ini hot fluida merupakan medium organik diperoleh harga UD yaitu 50 – 125 Btu/jam.ft² . Diasumsikan UD = 125 Btu/jam.ft² .F.

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{UD \times \Delta t} \\ &= \frac{30.200.960 \text{ Btu/jam}}{125 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F} \times 39,16 \text{ F}} \\ &= 6.169,41 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dipilih shell and tube heat exchanger dengan spesifikasi sebagai berikut

(Tabel. 10 Kern, 1965, Hal. 843):

$$\begin{aligned} \text{OD tube} &= 3/4 \text{ in} \\ \text{BWG} &= 18 \\ \text{ID tube} &= 0,652 \text{ in} \\ \text{Flow area/tube (a't)} &= 0,334 \text{ in}^2 \\ \text{Surface/lin ft (a'')} &= 0,1963 \text{ ft}^2 / \text{ft} \\ \text{Panjang (L)} &= 25 \text{ ft} \\ \text{Jumlah tube (Nt)} &= \frac{A}{L \times a''} \\ &= \frac{6.169,41 \text{ ft}^2}{25 \times 0,1963 \text{ ft}^2 / \text{ft}} \\ &= 1257,14 \text{ tube} \end{aligned}$$

Dari jumlah tube, di ambil pendekatan pada Tabel. 9 Kern (1965) Hal. 842 untuk menentukan spesifikasi shell, yaitu:

$$\text{Pitch (PT)} = 1 \frac{5}{16} \text{ in triangular pitch} = 1,3125 \text{ in}$$

OD tube = 3/4 in
 ID shell = 39 in
 Heat exchanger = 4 pass
 Nt = 1258 tube

Koreksi UD

$$\begin{aligned}
 A &= L \times Nt \times a'' \\
 &= 25 \text{ ft} \times 1258 \times 0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft} \\
 &= 6.173,64 \text{ ft}^2 \\
 UD &= \frac{Q}{A \times \Delta t} \\
 &= \frac{30.200.960 \text{ Btu/jam}}{6.173,64 \text{ ft}^2 \times 39,16 \text{ F}} \\
 &= 124,9 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Fluida panas (filtrat) dialirkan melalui shell karena laju alir massanya kecil dan fluida dingin (air laut) dialirkan melalui tube.

Fluida Panas (Filtrat) di Shell	Fluida Dingin (Air Pendingin) di Tube
<p>Flow area (as)</p> $B = \frac{ID}{5} = \frac{39}{5} = 7,8$ $C' = P_T - OD = 1,3125 \text{ in} - 1 \text{ in}$ $= 0,3125 \text{ in}$ $a_s = \frac{ID \times C' \times B}{144 \times P_T}$ $= \frac{39 \times 0,3125 \text{ in} \times 7,8}{144 \times 1,3125 \text{ in}}$ $= 0,503 \text{ ft}^2$	<p>Flow area (at)</p> $a_t = \frac{Nt \times a' \times t}{144 \times n}$ $= \frac{1258 \times 0,334 \text{ in}^2}{144 \times 4} = 0,729 \text{ ft}^2$

<p>Kecepatan Massa (Gs)</p> $G_s = \frac{W}{a_s} = \frac{1.697.790,5 \text{ lb/jam}}{0,503 \text{ ft}^2}$ $= 3.375.489 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$	<p>Kecepatan Massa (Gt)</p> $G_t = \frac{W}{a_s} = \frac{311.166,5 \text{ lb/jam}}{0,0212 \text{ ft}^2}$ $= 438.764,2 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$
<p>Bilangan Reynold (Res)</p> <p>De = 0,72 in = 0,0599 ft (Fig. 28 Kern, 1965, Hal. 843)</p> <p>$\mu = 2,952 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$</p> $Re_s = \frac{De \times G_s}{\mu}$ $= \frac{0,0599 \text{ ft} \times 3.375.489 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \cdot \text{jam}}{2,952 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot \text{jam}}$ $= 68.580,05 \text{ ib.ft/jam}$	<p>Bilangan Reynold (Ret)</p> <p>D = 0,652 in = 0,0543 ft</p> <p>$\mu = 1,992 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$</p> $Re_t = \frac{D \times G_t}{\mu}$ $= \frac{0,0751 \text{ ft} \times 438.764,2 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} \cdot \text{jam}}{1,992 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \cdot \text{jam}}$ $= 11.962,85 \text{ ib.ft/jam}$
<p>Pada Res = 68.580,05 ib.ft/jam</p> <p>JH = 160 (Fig. 28 Kern, 1965, Hal. 838)</p>	<p>Pada Ret = 11.962,85 ib.ft/jam</p> <p>JH = 46 (Fig. 24 Kern, 1965, Hal. 834)</p>
<p>Koefisien Koreksi (ho)</p> <p>k = 0,3793 BTU/ft.jam</p> <p>c = 0,978 BTU/lb.F</p> <p>$\mu = 2,900 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$</p> <p>$\phi_s = 1$</p> $\left(\frac{c \times \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} =$	<p>Koefisien Koreksi (hio)</p> <p>k = 0,358 BTU/ft.jam</p> <p>c = 0,962 BTU/lb.F</p> <p>$\mu = 1,992 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$</p> <p>$\phi_s = 1$</p> $\left(\frac{c \times \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} =$

$\left(\frac{0,978 \frac{BTU}{ib} \cdot F \times 2,900 \frac{lb}{ft} \cdot jam}{0,3793 \frac{BTU}{ft} \cdot jam} \right)^{\frac{1}{3}}$ $= 1,955$ $h_o = J_H \times \frac{k}{D_e} \times \left(\frac{c \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \times \phi_s$ $= 160 \times \frac{0,3793}{0,059} \times 1,955 \times 1$ $= 1990,44 \text{ Btu/ft}^2 \cdot F \cdot jam$	$\left(\frac{0,962 \frac{BTU}{ib} \cdot F \times 1,992 \frac{lb}{ft} \cdot jam}{0,358 \frac{BTU}{ft} \cdot jam} \right)^{1/3}$ $= 1,749$ $h_i = J_H \times \frac{k}{D} \times \left(\frac{c \times \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \times \phi_s$ $= 46 \times \frac{0,358}{0,054} \times 1,749 \times 1$ $= 530,41 \text{ Btu/ft}^2 \cdot F \cdot jam$ $h_{io} = h_i \left(\frac{ID}{OD} \right)$ $= 530,41 \text{ Btu/ft}^2 \cdot F \cdot jam \times \left(\frac{0,652}{0,75} \right)$ $= 461,099 \text{ Btu/ft}^2 \cdot F \cdot jam$
---	---

11.3 Clean Overall Coefficient (Uc)

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{461,099 \times 1990,44}{461,099 + 1990,44}$$

$$= 374,37 \text{ Btu/ft}^2 \cdot F \cdot jam$$

11.4 Faktor pengotor (Rd)

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = \frac{433,05 - 124,91}{433,05 \times 124,91}$$

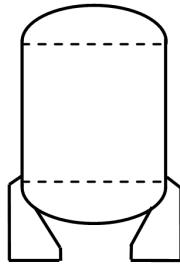
$$= 0,0053 \text{ Btu/ft}^2 \cdot F \cdot jam$$

11.5 Pressure Drop

Fluida Panas (Filtrat) di Shell	Fluida Dingin (Air Pendingin) di Tube
Faktor Gesekan (f) Pada Res = 68.580,05 ib.ft/jam, maka f = 0,0017 (Fig. 29 Kern, 1965,	Faktor Gesekan (f) Pada Ret = 11.962,85, maka f = 0,00023 (Fig. 26 Kern, 1965,

Hal. 839)	Hal. 836)
<p>No of Crosses (f)</p> $N + 1 = 12 \frac{L}{B}$ $= 12 \frac{25 \text{ ft}}{7,8 \text{ in}} = 38,46$	<p>Pressure Drop (ΔP_T)</p> $\Delta P_t = \frac{f \times Gt^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times D \times s \times \phi s}$ $= \frac{0,00023 \times 438.764,2^2 \times 25 \times 4}{5,22 \times 10^{10} \times 0,652 \times 1 \times 1}$ $= 1,56 \text{ Psi}$ <p>Pada $Gt = 438.764,2$ maka $v^2 / 2g' = 0,026 \text{ Psi}$ (Fig. 27 Kern, 1965,</p> <p>Hal. 837)</p> <p>Pressure Drop Return (ΔP_r)</p> $\Delta P_r = \frac{4n}{s} \times \frac{v^2}{2g'} = \frac{4 \times 4}{1} \times 0,026 \text{ Psi}$ $= 0,416 \text{ Psi}$ $\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r$ $= 1,56 \text{ Psi} + 0,416 \text{ Psi}$ $= 1,98 \text{ Psi}$

12. Tangki KCl 1% (T-101)



Gambar L-C.12 Tangki KCl 1 %

Fungsi = Tempat penyimpanan larutan KCl 1 %

Tipe = Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk *torispherical*

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

$$\text{Laju alir massa} = \frac{285.003,13 \text{ kg/jam}}{1009,8 \text{ kg/m}^3} = 57.000,63 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = 1009,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor keamanan (fk)} = 20\%$$

12.1 Tangki

a. Volume Tangki (V_s)

$$\text{Volume larutan} = \frac{\text{Massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan}$$

$$= \frac{57.000,63 \text{ kg/jam}}{1009,8 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam}$$

$$= 56,44 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki} = (100\% + \text{fk}) \times \text{volume larutan}$$

$$= (100\%+20\%) \times 56,44 \text{ m}^3$$

$$= 67,74 \text{ m}^3$$

b. Dimensi Tangki

Asumsi :

- Perbandingan tinggi silinder (Hs) dengan diameter (D) tangki = 3:2

$$(H_s = 2D)$$

(Tabel 4-25 dan 4-27, Ulrich)

Sehingga tinggi dan diameter tangki, yaitu:

c. Tinggi Silinder

$$\begin{aligned} H &= \frac{3}{2} D \\ &= 1,5 D \end{aligned}$$

d. Luas Penampang Tangki

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

e. Diameter Silinder

$$\begin{aligned} V &= H \cdot A \\ &= 1,5 D \times \frac{\pi}{4} D^2 \end{aligned}$$

$$V_s = 1,5 D^3 \times \frac{\pi}{4}$$

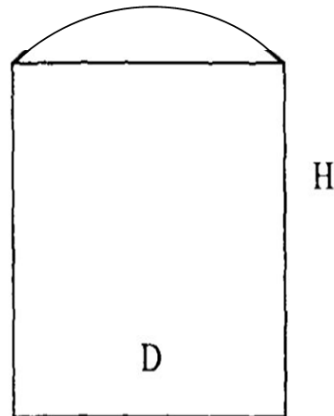
$$67,74 \text{ m}^3 = \frac{1,5 \times 3,14}{4} \times D^3$$

$$67,74 \text{ m}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{67,74 \text{ m}^3}{1,1775}$$

$$D = \sqrt[3]{57,52} \text{ m}^3$$

$$D = 3,89 \text{ m}$$



$$= 153,42 \text{ in}$$

$$H_s = 1,5D$$

$$H_s = 1,5 \times 3,89 \text{ m}$$

$$= 5,84 \text{ m}$$

$$= 230,12 \text{ in}$$

f. Tinggi Cairan dalam Tangki (H_c)

$$H_c = \frac{\text{Volume Larutan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_s$$

$$H_c = \frac{56,44 \text{ m}^3}{67,74 \text{ m}^3} \times 5,84 \text{ m}$$

$$= 4,87 \text{ m}$$

g. Tekanan Desain (P)

$$\text{Tekanan Hidrostatik (P}_h) = \rho \times H_c \times g$$

$$P_h = 1009,8 \text{ kg/m}^3 \times 4,87 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 48.202,99 \text{ kg.m/s}^2$$

$$= 48.202,99 \text{ Pa}$$

$$P_h = 6,98 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan operasi (P}_o) = 1 \text{ atm}$$

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = P_h + P_o$$

$$P = 6,98 \text{ Psi} + 14,7 \text{ Psi}$$

$$P = 21,69 \text{ Psi}$$

Safety Factor = 10% (Tabel. 6 Peter and Timmerhaus, 1991 4rd ed.

Hal, 37)

$$\begin{aligned}\text{Tekanan Desain (P)} &= (100\% + 10\%) \times 21,69 \text{ Psi} \\ &= 23,86 \text{ Psi}\end{aligned}$$

h. Tebal Tangki (ts)

Diketahui : Jenis bahan : Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 12650 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal.542)

Tekanan design (P) = 23,69 Psi

Inside diameter (ID) = 153,42 in

Inside radius (ri) = 76,71 in

$$\begin{aligned}t_s &= \frac{Pri}{fE-0,6P} + C \\ &= \frac{23,69 \text{ psi} \times 76,71 \text{ in}}{(12.650 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 23,69 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,306 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih ts standar = 5/16 in (0,312 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter luar (OD)

$$\begin{aligned}\text{OD} &= \text{ID} + (2 \times \text{ts standar}) \\ &= 153,42 \text{ in} + (2 \times 0,312 \text{ in}) \\ &= 154,04 \text{ in} \\ &= 3,91 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipilih OD standar = 156 in = 3,96 m (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter dalam standar (ID standar)

$$\begin{aligned}\text{ID standar} &= \text{OD standar} - (2 \times \text{ts standar}) \\ &= 156 \text{ in} - (2 \times 0,312 \text{ in}) \\ &= 155,375 \text{ in} \\ &= 3,95 \text{ m}\end{aligned}$$

i. Tebal tutup atas dan alas tangki (th)

Bentuk tutup = torispherical dished head

Berdasarkan $t_s = 5/16$ in dan $OD = 156$ in, diketahui (Brownell & Young, 1959, Hal. 91):

$$i_{cr} = r_1 = 9 \frac{3}{8} = 9,375 \text{ in}$$

$$r = r_c = 144 \text{ in}$$

$$\frac{r_c}{r_1} = \frac{9,375 \text{ in}}{144 \text{ in}} = 15,36$$

Stress-intensification factor (W)

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r_c}{r_1}} \right) \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 138})$$

$$= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{15,36} \right)$$

$$= 1,74$$

Tebal tutup (th)

$$E = 80\% \quad (\text{Buthod, 1995})$$

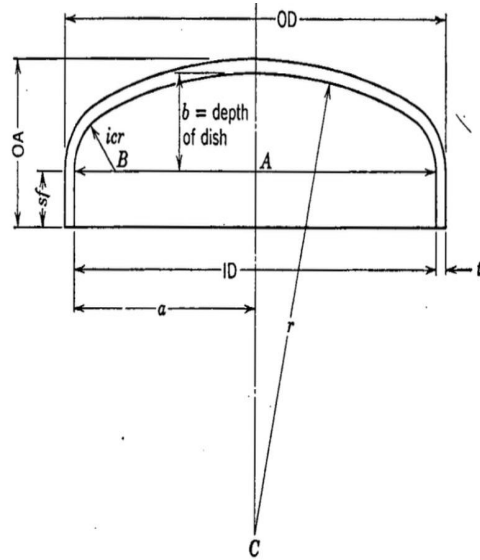
$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{2fE - 0,6P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 138})$$

$$= \frac{23,85 \text{ Psi} \times 144 \text{ in} \times 1,74}{(2 \times 12.650 \text{ psi} \times 0,8) - (0,2 \times 23,85 \text{ Psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,337 \text{ in}$$

j. Dimensi Tutup Atas dan Alas Tangki

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari head (a)} &= \frac{ID \text{ Standar}}{2} \\ &= \frac{155,375 \text{ in}}{2} \\ &= 77,69 \text{ in} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} AB &= \frac{ID \text{ Standar}}{2} - icr \\ &= \frac{155,375 \text{ in}}{2} - 9,375 \text{ in} \\ &= 68,312 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 144 \text{ in} - 9,375 \text{ in} \\ &= 134,625 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= \sqrt{(134,625 \text{ in})^2 - (68,312 \text{ in})^2} \\ &= 116,01 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= r - AC \\ &= 144 \text{ in} - 116,01 \text{ in} \\ &= 27,99 \text{ in} \end{aligned}$$

Pada th standar = 5/16 in (0,312 in), nilai sf yang dipilih, yaitu:

$$sf = 2,00 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 93})$$

Tinggi tutup (OA)

$$\begin{aligned}
 OA &= sf + b + t_h \\
 &= 2,00 + 27,99 \text{ in} + 0,312 \text{ in} \\
 &= 30,31 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi tangki} &= H_s + (2 \times OA) \\
 &= 230,12 \text{ in} + (2 \times 30,31) \\
 &= 290,74 \text{ in} \\
 &= 7,38 \text{ m}
 \end{aligned}$$

12.2 Pengaduk

Tipe pengaduk = Six blade open turbine

Kec. Pengadukan (N) = 30 rpm = 0,5 rps

Jumlah baffle = 4 buah

Viskositas campuran (μ) = 0,000807 kg/m.s

Densitas campuran (ρ) = 1009,8 kg/m³

a. Dimensi Pengaduk Ketentuan pengaduk (Geankoplis, 1993, Hal. 144):

$$D_a = 0,3D_t$$

$$W = 1/5D_a$$

$$L = 1/4D_a$$

$$C = 1/3D_t$$

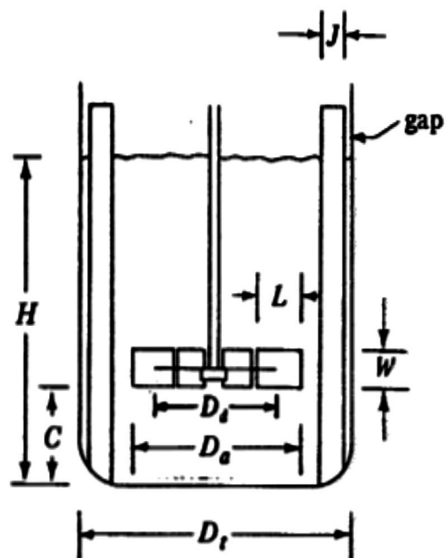
$$J = 1/12D_t$$

Dimana,

D_t = diameter dalam tangki = 3,89 m

D_a = diameter impeller

W = lebar blade



C = jarak pengaduk dari dasar tangki

L = panjang blade

J = lebar baffle

Sehingga,

$$Da = 0,3(3,89 \text{ m}) = 1,169 \text{ m}$$

$$W = 1/5(1,169 \text{ m}) = 0,234 \text{ m}$$

$$C = 1/3(3,89 \text{ m}) = 1,299 \text{ m}$$

$$L = 1/4(1,169 \text{ m}) = 0,292 \text{ m}$$

$$J = 1/12(3,89 \text{ m}) = 0,325 \text{ m}$$

b. Bilangan Reynold (N'Re)

$$\begin{aligned} N'_{Re} &= \frac{(Da^2) \cdot N \cdot \rho}{\mu} && \text{(Geankoplis, 1993, Hal. 144)} \\ &= \frac{(1,169 \text{ m}^2) \times 0,5 \times 1009,8}{0,000807} \\ &= 855.450,19 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai N'Re sehingga nilai power number (Np) yaitu 5 (Fig 3.4-4 Geankoplis, 1993, Hal. 144).

c. Daya Pengaduk

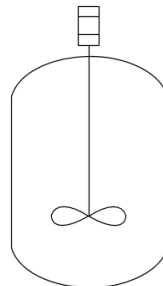
$$\begin{aligned} P &= Np \times \rho \times N^3 \times Da^5 && \text{(Geankoplis, 1993, Hal. 144)} \\ &= 5 \times 1009,8 \times 0,5^3 \times 1,169^5 \\ &= 1.377,95 \text{ Watt} \\ &= 1,85 \text{ HP} \approx 2 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan Daya} &= 2 \text{ HP} \times 5 \text{ unit} \\ &= 10 \text{ HP} \end{aligned}$$

12.3 Kesimpulan

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki} &= 290,74 \text{ in} = 7,38 \text{ m} \\ \text{Diameter dalam tangki (ID)} &= 155,375 \text{ in} = 3,94 \text{ m} \\ \text{Diameter luar tangki (OD)} &= 156 \text{ in} = 3,96 \text{ m} \\ \text{Tebal tangki} &= 0,312 \text{ in} \\ \text{Daya pengaduk} &= 1,85 \text{ HP} \\ \text{Jumlah unit} &= 5 \text{ unit} \end{aligned}$$

13. Tangki Presipitasi (TR-101)



Gambar L-C.13 Tangki Presipitasi

Fungsi = Tempat terjadinya proses pengendapan karaginan dengan penambahan Kalium Klorida

Tipe = Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk *torispherical*

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Laju alir massa} &= 426.121,72 \text{ kg/jam} \\ &= \frac{426.121,72 \text{ kg/jam}}{5} = 85.224,34 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = 1047,61 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor keamanan (fk)} = 20\%$$

13.1 Tangki

a. Volume Tangki (V_s)

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan} &= \frac{\text{Massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{85.224,34 \text{ kg/jam}}{1047,61 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam} \\ &= 81,35 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= (100\% + \text{fk}) \times \text{volume larutan} \\ &= (100\% + 20\%) \times 81,35 \text{ m}^3 \\ &= 97,62 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Dimensi Tangki

Asumsi :

- Perbandingan tinggi silinder (H_s) dengan diameter (D) tangki = 3:2

$$(H_s = 1,5D)$$

(Tabel 4-25 dan 4-27, Ulrich)

Sehingga tinggi dan diameter tangki, yaitu:

c. Tinggi Silinder

$$\begin{aligned} H &= \frac{3}{2} D \\ &= 1,5 D \end{aligned}$$

d. Luas Penampang Tangki

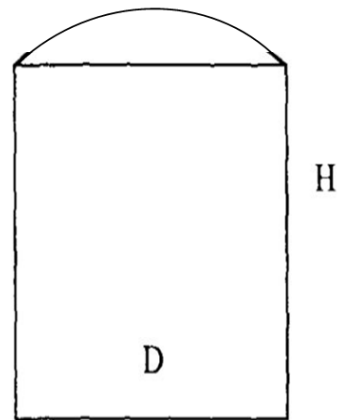
$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

e. Diameter Silinder

$$V = H \cdot A$$

$$= 1,5 D \times \frac{\pi}{4} D^2$$

$$V_s = 1,5 D^3 \times \frac{\pi}{4}$$



$$97,62 \text{ m}^3 = \frac{1,5 \times 3,14}{4} \times D^3$$

$$97,62 \text{ m}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{97,62 \text{ m}^3}{1,1775}$$

$$D = \sqrt[3]{82,73 \text{ m}^3}$$

$$D = 4,40 \text{ m}$$

$$= 173,29 \text{ in}$$

$$H_s = 1,5D$$

$$H_s = 1,5 \times 4,40 \text{ m}$$

$$= 6,60 \text{ m}$$

$$= 259,93 \text{ in}$$

f. Tinggi bahan dalam Tangki (H_b)

$$H_c = \frac{\text{Volume Larutan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_s$$

$$H_c = \frac{81,35 \text{ m}^3}{97,62 \text{ m}^3} \times 6,60 \text{ m}$$

$$= 5,50 \text{ m}$$

g. Tekanan Desain (P)

$$\text{Tekanan Hidrostatik (P}_h) = \rho \times H_c \times g$$

$$\begin{aligned} P_h &= 1047,61 \text{ kg/m}^3 \times 5,50 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 56.486,74 \text{ kg.m/s}^2 \\ &= 56.486,74 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$P_h = 8,19 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan operasi (P}_o) = 1 \text{ atm}$$

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = P_h + P_o$$

$$P = 8,19 \text{ Psi} + 14,7 \text{ Psi}$$

$$P = 22,89 \text{ Psi}$$

Safety Factor = 10% (Tabel. 6 Peter and Timmerhaus, 1991 4rd ed. Hal, 37)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Desain (P)} &= (100\% + 10\%) \times 22,89 \text{ Psi} \\ &= 25,18 \text{ Psi} \end{aligned}$$

h. Tebal Tangki (ts)

Diketahui :

Jenis bahan : Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 12650 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal.542)

Tekanan design (P) = 25,18 Psi

Inside diameter (ID) = 173,29 in

Inside radius (ri) = 86,65 in

$$\begin{aligned}t_s &= \frac{Pri}{fE-0,6P} + C \\&= \frac{25,18 \text{ psi} \times 86,65 \text{ in}}{(12.650 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 25,18 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} \\&= 0,340 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih t_s standar = 7/16 in (0,438 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter luar (OD)

$$\begin{aligned}\text{OD} &= \text{ID} + (2 \times t_s \text{ standar}) \\&= 173,29 \text{ in} + (2 \times 0,438 \text{ in}) \\&= 174,17 \text{ in} \\&= 4,42 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipilih OD standar = 168 in = 3,9 m (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter dalam standar (ID standar)

$$\text{ID standar} = \text{OD standar} - (2 \times t_s \text{ standar})$$

$$= 180 \text{ in} - (2 \times 0,438 \text{ in})$$

$$= 179,38 \text{ in}$$

$$= 4,46 \text{ m}$$

i. Tebal tutup atas dan alas tangki (th)

Bentuk tutup : torispherical dished head

Berdasarkan $t_s = 7/16$ in dan $OD = 180$ in, diketahui (Brownell & Young, 1959, Hal. 91):

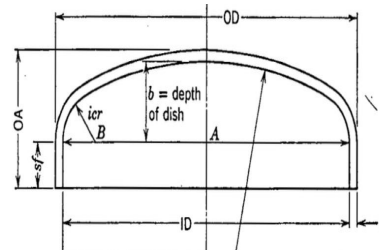
$$i_{cr} = r_1 = 11 \text{ in}$$

$$r = r_c = 170 \text{ in}$$

$$\frac{rc}{r_1} = \frac{11 \text{ in}}{170 \text{ in}} = 15,45$$

Stress-intensification factor (W)

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{r_1}} \right) \\ &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{15,45} \right) \\ &= 1,73 \end{aligned}$$



(Brownell & Young, 1959, Hal. 138)

Tebal tutup (th)

$$E = 80 \% \quad (\text{Buthod, 1995})$$

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot W}{2fE - 0,6P} + C \quad (\text{Brownell & Young, 1959, Hal. 138})$$

$$= \frac{25,18 \text{ Psi} \times 170 \text{ in} \times 1,73}{(2 \times 12.650 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 25,18 \text{ Psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,341 \text{ in}$$

Dipilih t_h standar = $3/8$ in ($0,375$ in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 91)

j. Dimensi Tutup Atas dan Alas Tangki

$$\text{Jari-jari head (a)} = \frac{ID \text{ Standar}}{2}$$

$$= \frac{173,29 \text{ in}}{2}$$

$$= 89,69 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 AB &= \frac{ID\ Standar}{2} - icr \\
 &= \frac{173,29\text{ in}}{2} - 11\text{ in} \\
 &= 78,69\text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BC &= r - icr \\
 &= 170\text{ in} - 11\text{ in} \\
 &= 159\text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{(159\text{ in})^2 - (78,69\text{ in})^2} \\
 &= 138,16\text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= r - AC \\
 &= 170\text{ in} - 138,16\text{ in} \\
 &= 31,84\text{ in}
 \end{aligned}$$

Pada th standar = 7/16 in (0,438 in), nilai sf yang dipilih, yaitu:

$$sf = 2,00\text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 93})$$

Tinggi tutup (OA)

$$\begin{aligned}
 OA &= sf + b + t_h \\
 &= 2,00 + 31,84\text{ in} + 0,438\text{ in} \\
 &= 34,21\text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi tangki} &= H_s + (2 \times OA) \\
 &= 259,94 \text{ in} + (2 \times 34,21) \\
 &= 328,36 \text{ in} \\
 &= 8,34 \text{ m}
 \end{aligned}$$

13.2 Pengaduk

Tipe pengaduk = Six blade open turbine

Kec. Pengadukan (N) = 30 rpm = 0,5 rps

Jumlah baffle = 4 buah

Viskositas campuran (μ) = 0,00291 kg/m.s

Densitas campuran (ρ) = 1047,61 kg/m³

k. Dimensi Pengaduk Ketentuan pengaduk (Geankoplis, 1993, Hal. 144):

$$D_a = 0,3D_t$$

$$W = 1/5D_a$$

$$L = 1/4D_a$$

$$C = 1/3D_t$$

$$J = 1/12D_t$$

Dimana,

D_t = diameter dalam tangki = 4,56 m

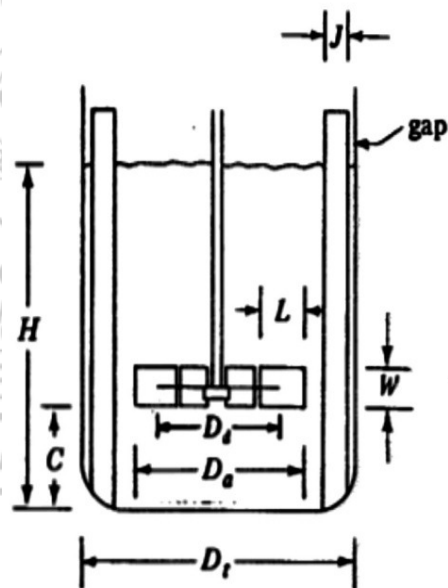
D_a = diameter impeller

W = lebar blade

C = jarak pengaduk dari dasar tangki

L = panjang blade

J = lebar baffle



Sehingga,

$$Da = 0,3(4,56 \text{ m}) = 1,367 \text{ m}$$

$$W = 1/5(1,367 \text{ m}) = 0,273 \text{ m}$$

$$C = 1/3(4,56 \text{ m}) = 1,519 \text{ m}$$

$$L = 1/4(1,367 \text{ m}) = 0,342 \text{ m}$$

$$J = 1/12(4,56 \text{ m}) = 0,380 \text{ m}$$

1. Bilangan Reynold ($N'Re$)

$$\begin{aligned} N'Re &= \frac{(Da^2) \cdot N \cdot \rho}{\mu} && \text{(Geankoplis, 1993, Hal. 144)} \\ &= \frac{(1,367 \text{ m}^2) \times 0,5 \times 1047,61}{0,0029} \\ &= 335.944,24 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai $N'Re$ sehingga nilai power number (N_p) yaitu 5 (Fig 3.4-4 Geankoplis, 1993, Hal. 144).

m. Daya Pengaduk

$$\begin{aligned} P &= N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 && \text{(Geankoplis, 1993, Hal. 144)} \\ &= 5 \times 1047,61 \times 0,5^3 \times 1,367^5 \\ &= 3.123,77 \text{ Watt} \\ &= 4,2 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\text{Total Kebutuhan Daya} = 4,2 \text{ HP} \times 5$$

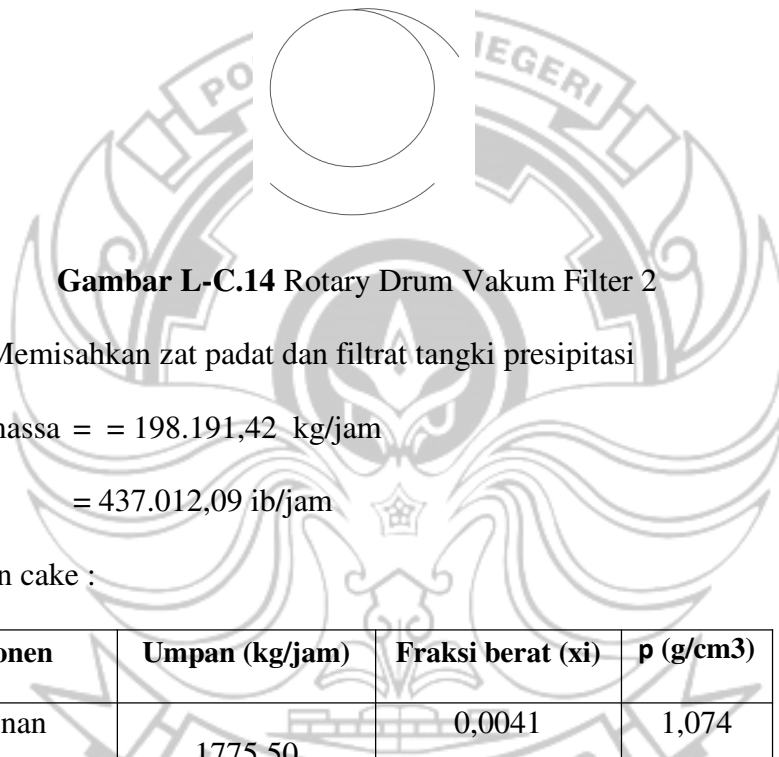
$$= 21 \text{ HP}$$

13.3 Kesimpulan

$$\text{Tinggi tangki} = 328,36 \text{ in} = 3,34 \text{ m}$$

Diameter dalam tangki (ID)	= 167,38 in	= 4,18 m
Diameter luar tangki (OD)	= 168 in	= 4,2 m
Tebal tangki	= 0,375 in	
Daya pengaduk	= 4,2 HP	
Jumlah unit	= 5 unit	

14. Rotary Drum Vakum Filter (RDVF-102)



Gambar L-C.14 Rotary Drum Vakum Filter 2

Fungsi = Memisahkan zat padat dan filtrat tangki presipitasi

Laju alir massa = = 198.191,42 kg/jam
 = 437.012,09 lb/jam

Kandungan cake :

Komponen	Umpan (kg/jam)	Fraksi berat (xi)	ρ (g/cm ³)
karaginan	1775,50	0,0041	1,074
protein	2,25	0,00005	1,35
lemak	0,34	0,00001	0,918
H ₂ O	421361,86	0,3267	1
abu	131,74	0,0003	0,890

KCl	2850,03	0,6688	1,980
Total	438305,27		

$$\rho = 1006,83 \text{ kg/m}^3$$

$$= 62,83 \text{ lb/ft}^3$$

Laju Alir Volume cake (V) :

$$\text{Laju alir massa} = \frac{438305,27 \text{ kg/jam}}{2} = 217.778,19 \text{ kg/jam}$$

$$= 7.643,32 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 955,41 \text{ gallon/menit}$$

Dari tabel 19-13 Perry, ed.6 dipilih :

- Slow Filtering
- Konsentrasi Solid < 50 %
- Laju Alir Liquid 0,01 - 2 gallon/menit ft²

Dari tabel 19-12 Perry, ed. 6 diperoleh Dimensi Rotary :

- Panjang Drum : 20 ft
- Diameter Drum : 10 ft
- Luas Permukaan : 620 ft²

Pengecekan dengan Perhitungan :

$$\text{Laju Alir Cake} = = \frac{955,41 \text{ gallon/menit}}{620 \text{ ft}^2}$$

$$= 1,54 \text{ gallon/min.ft}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Karena hasil perhitungan terdapat diantara 0,01 – 2 gallon/menit.ft² maka dianggap memenuhi syarat.

Dari tabel 19-26 Perry, ed. 6 untuk solid karakteristik larutan :

- Kapasitas : 1200-3500 lb/ft² hari
- Tekanan RDVF : 6-20 inchi
- Power : > 1 HP

Penentuan Power Rotary Drum Vakum Filter (P) :

$$P = 0,005 \text{ HP/ft}^2 \times 620 \text{ ft}^2$$

$$= 3,1 \text{ HP}$$

Jika efisiensi motor 80% maka =

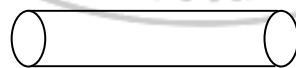
$$P = \frac{3,1}{0,8}$$

$$= 3,87 \approx 4 \text{ HP}$$

$$\text{Total Kebutuhan} = 4 \text{ HP} \times 2 \text{ unit}$$

$$= 8 \text{ HP}$$

15. Belt Conveyor (BC-102)



Gambar L-C.15 Belt Conveyor 2

Fungsi = mengangkut produk dari Rotary filter 2 menuju rotary dryer

Tipe = PVC belt conveyor

Laju alir massa = 2.195,22 kg/jam

$$= 2,2 \text{ ton/jam}$$

Faktor keamanan (fk) : 20%

a. Kapasitas Design

$$\text{Kapasitas design} = (100\% + fk) \times \text{laju alir massa}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas design} &= (100\% + 20\%) \times 2,2 \text{ ton/jam} \\ &= 2,7 \text{ ton/jam}\end{aligned}$$

b. Dimensi Belt Conveyor

Dipilih spesifikasi bucket elevator dengan kapasitas standar 32 ton/jam (Perry & Green, 1997, Hal. 21-11)

$$\text{Lebar Belt} = 14 \text{ in}$$

$$\text{Kecepatan Design} = 100 \text{ ft/min}$$

$$\text{Kapasitas Standar} = 32 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Panjang Belt} = 20 \text{ ft} = 6,96 \text{ m}$$

c. Kecepatan Aktual Belt Conveyor

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Aktual} &= \frac{\text{Kapasitas Aktual}}{\text{Kapasitas Design}} \times \text{Kecepatan design} \\ &= \frac{2,7 \text{ ton/jam}}{32 \text{ ton/jam}} \times 100 \text{ ft/min} \\ &= 7,05 \text{ ft/min}\end{aligned}$$

Daya Belt Conveyor (P)

$$\text{Daya belt conveyor per 10 ft (P)} = 0,34 \text{ HP}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya belt conveyor} &= \frac{\text{Daya belt conveyor}}{10} \times \text{panjang belt} \\ &= \frac{0,34 \text{ HP}}{10} \times 20 \text{ ft} \\ &= 0,68 \text{ HP}\end{aligned}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\begin{aligned} \text{Daya total} &= \frac{\rho}{80\%} \\ &= \frac{0,68}{80\%} \\ &= 0,85 \end{aligned}$$

$$\text{Daya total} = 1 \text{ HP}$$

d. Kesimpulan

$$\text{Panjang Belt Conveyor} = 6,96 \text{ m} = 20 \text{ ft}$$

$$\text{Lebar Belt} = 14 \text{ in}$$

$$\text{Daya} = 1 \text{ HP}$$

16. Heater (HE-101)



Gambar L-C.16 Heater

Fungsi = Menaikkan suhu udara

Tipe = Shell and tube heat exchanger

Beban panas (Q) = 7,84 kkal/jam = 31,093 Btu/jam

Laju steam masuk (W) = 0,16 kg/jam = 0,35 ib/jam

Laju udara masuk (w) = 6540,53 kg/jam = 14.421,87 ib/jam

16.1 Menentukan Δt (Counter Flow)

Hot fluida (steam) : Temp. masuk (T_1) = 150 °C = 302 F

Temp. keluar (T_2) = 150 °C = 302 F

Temp. rata-rata (T_{av}) = 302 F

Cold fluida (udara) : Temp. masuk (t_1) = 30 °C = 86 F

Temp. keluar (t_2) = 80 °C = 176 F

Temp. rata-rata (t_{av}) = 131 F

$$\Delta t_2 = T_1 - t_2 = (302 - 176) F = 126 F$$

$$\Delta t_1 = T_2 - t_1 = (302 - 86) F = 216 F$$

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)} = \frac{126 F - 216 F}{\ln \left(\frac{126 F}{216 F} \right)} = 166,98 F$$

16.2 Trial Menentukan Design Overall Coefficient (UD)

Karena pada alat ini hot fluida merupakan steam dan cold fluida merupakan udara diperoleh harga UD yaitu 5-50 Btu/jam.ft² . Diasumsikan UD = 6 Btu/jam.ft² .F.

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{UD \times \Delta t} \\ &= \frac{31,093 \text{ Btu/jam}}{6 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F} \times 166,98 F} \\ &= 0,031 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dipilih shell and tube heat exchanger dengan spesifikasi sebagai berikut (Tabel. 10 Kern, 1965, Hal. 843):

$$\text{OD tube} = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{BWG} = 18$$

$$\text{ID tube} = 0,402 \text{ in}$$

$$\text{Flow area/tube (a't)} = 0,127 \text{ in}^2$$

$$\text{Surface/lin ft (a'')} = 0,1309 \text{ ft}^2 / \text{ft}$$

$$\text{Panjang (L)} = 3 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tube (Nt)} &= \frac{A}{L \times a''} \\ &= \frac{0,031 \text{ ft}^2}{3 \text{ ft} \times 0,1309 \text{ ft}^2 / \text{ft}} \\ &= 0,079 \text{ tube} \end{aligned}$$

Dari jumlah tube, di ambil pendekatan pada Tabel. 9 Kern (1965) Hal. 842 untuk menentukan spesifikasi shell, yaitu:

Pitch (PT) = 1½ in triangular pitch

OD tube = 1 7/8 in

ID shell = 12 in = 0,996 ft

Heat exchanger = 6 pass

Nt = 12 tube

Koreksi UD

$$\begin{aligned}
 A &= L \times Nt \times a'' \\
 &= 3 \text{ ft} \times 0,071 \times 0,13091 \text{ ft}^2 / \text{ft} \\
 &= 6 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Fluida panas (steam) dialirkan melalui shell karena laju alir massanya kecil dan fluida dingin (udara) dialirkan melalui tube.

Fluida Panas (Steam) di Shell	Fluida Dingin (Air Pendingin) di Tube
<p>Flow area (as)</p> $B = \frac{ID}{5} = \frac{12}{5} = 2,4 \text{ in}$ $C' = PT - OD = 1,5 \text{ in} - 0,5 \text{ in} = 1 \text{ in}$ $a_s = \frac{ID \times C' \times B}{144 \times PT} = \frac{12 \times 1 \text{ in} \times 2,4 \text{ in}}{144 \frac{\text{in}^2}{\text{ft}} \times 1,5 \text{ in}} = 0,1333 \text{ ft}^2$	<p>Flow area (at)</p> $a_t = \frac{Nt \times a't}{144 \times n} = \frac{12 \times 0,127 \text{ ft}^2}{144 \times 6} = 0,002 \text{ ft}^2$
Kecepatan Massa (Gs)	Kecepatan Massa (Gt)

$Gs = \frac{W}{as} = \frac{0,3528 \text{ lb/jam}}{0,1333 \text{ ft}^2}$ $= 2,646 \text{ lb/ft.jam}$	$Gt = \frac{W}{at} = \frac{14.421,87 \text{ lb/jam}}{0,002 \text{ ft}^2}$ $= 8.176.177,502 \text{ lb/ft}^2.\text{jam}$
<p>Bilangan Reynold (Res)</p> <p>De = 1,08 in = 0,089 ft (Fig. 28 Kern, 1965, Hal. 843)</p> <p>$\mu = 0,034 \text{ lb/ft.jam}$</p> $Res = \frac{De \times Gs}{\mu}$ $= \frac{0,089 \times 2,646}{0,034}$ $= 6,98 \text{ lb.ft/jam}$	<p>Bilangan Reynold (Ret)</p> <p>D = 0,402 in = 0,117 ft</p> <p>$\mu = 0,043 \text{ lb/ft.jam}$</p> $Ret = \frac{D \times Gt}{\mu}$ $= \frac{0,117 \text{ ft} \times 8.176.177,502 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}.\text{jam}}{0,043 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}.\text{jam}}$ $= 22.246.809 \text{ lb.ft/jam}$
<p>Pada Res = 6,98 lb.ft/jam</p> <p>JH = 2 (Fig. 28 Kern, 1965, Hal. 838)</p>	<p>Pada Ret = 22.246.809 lb.ft/jam</p> <p>JH = 999 (Fig. 24 Kern, 1965, Hal. 834)</p>

Koefisien Koreksi (ho)	Koefisien Koreksi (hio)
k = 0,0162 BTU/ft.jam	k = 0,0155 BTU/ft.jam
c = 0,46 BTU/lb.F	c = 0,25 BTU/lb.F
μ = 0,034 lb/ft.jam	μ = 0,043 lb/ft.jam
φs = 1	φs = 1
$\left(\frac{c \times \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{0,46 \frac{BTU}{lb} \cdot F \times 0,034 \frac{lb}{ft} \cdot jam}{0,0162 \frac{BTU}{ft} \cdot jam}\right)^{\frac{1}{3}}$ $= 0,998$	$\left(\frac{c \times \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{0,25 \frac{BTU}{lb} \cdot F \times 0,043 \frac{lb}{ft} \cdot jam}{0,0155 \frac{BTU}{ft} \cdot jam}\right)^{\frac{1}{3}}$ $= 0,885$
$ho = J_H \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{c \times \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \times \phi_s$ $= 2 \times \frac{0,0162}{0,089} \times 0,988 \times 1$ $= 0,357 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$	$hi = J_H \times \frac{k}{D} \times \left(\frac{c \times \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \times \phi_s$ $= 999 \times \frac{0,0155}{0,117} \times 0,885 \times 1$ $= 117,1485 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$ $hio = hi \left(\frac{ID}{OD}\right)$ $= 117,1485 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam} \times \left(\frac{0,402}{1,875}\right)$ $= 25,11 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$

16.3 Clean Overall Coefficient (Uc)

$$Uc = \frac{hio \times ho}{hio + ho} = \frac{25,11 \times 0,339}{25,11 + 0,339}$$

$$= 20,68 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

16.4 Faktor pengotor (Rd)

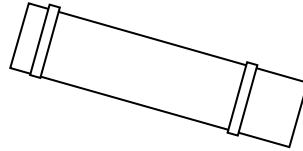
$$Rd = \frac{Uc - UD}{Uc \times UD} = \frac{20,68 - 6}{20,68 \times 6}$$

$$= 0,118 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

16.5 Pressure Drop

Fluida Panas (Filtrat) di Shell	Fluida Dingin (Air Pendingin) di Tube
<p>Faktor Gesekan (f)</p> <p>Pada Res = 6,98 ib.ft/jam, maka f = 0,041 (Fig. 29 Kern, 1965, Hal. 839)</p>	<p>Faktor Gesekan (f)</p> <p>Pada Ret = 22.246.809 ib.ft/jam, maka f = 0,000083 (Fig. 26 Kern, 1965, Hal. 836)</p>
<p>No of Crosses (f)</p> $N + 1 = 12 \frac{L}{B}$ $= 12 \frac{3 \text{ ft}}{2,4 \text{ in}} = 15$	<p>Pressure Drop (ΔP_T)</p> $\Delta P_t = \frac{f \times Gt^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} \times D \times s \times \phi_s}$ $= \frac{0,000083 \times 8.176.177,502^2 \times 3 \times 1}{5,22 \times 10^{10} \times 0,117 \times 1 \times 1}$ <p>= 16,35 Psi</p>
<p>Pressure Drop (ΔP_s)</p> $\Delta P_s = \frac{f \times Gs^2 \times Ds \times (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \times De \times s \times \phi_s}$ $= \frac{0,041 \times 2,646^2 \times 0,996 \times 15}{5,22 \times 10^{10} \times 0,089 \times 0,709 \times 1}$ <p>= 0,0000000012 Psi</p>	<p>Pada Gt = 8.176.177,502 maka $v^2 / 2g' = 1$ Psi (Fig. 27 Kern, 1965, Hal. 837)</p> <p>Pressure Drop Return (ΔP_r)</p> $\Delta P_r = \frac{4n}{s} \times \frac{v^2}{2g'} = \frac{4 \times 1}{1} \times 1 \text{ Psi}$ <p>= 4 Psi</p> <p>$\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r$</p> <p>= 16,35 Psi + 4 Psi</p> <p>= 20,35 Psi</p>

17. Rotary Dryer (RD-101)



Gambar L-C.17 Rotary Dryer

Fungsi = Untuk mengurangi kadar air yang terdapat di dalam produk (refined kappa karaginan)

Tipe = Direct-heat rotary dryer

Kondisi operasi :

Temp. bahan masuk (T1) = 30°C

Temp. bahan keluar (T2) = 40°C

Temp. udara masuk (t1) = 38°C

Temp. udara keluar (t2) = 80°C

Laju alir udara masuk (M) = 6.540,53 kg/jam = 14.421,87 lb/jam

Laju alir bahan masuk (m) = 2.195,22 kg/jam = 4.840,47 lb/jam

17.1 Dimensi Rotary Dryer

- Kecepatan massa velocity udara (G) yaitu 12 kg/s.m² (8.848,05 lb/jam.ft²) (Perry & Green, 1997. Hal 12-55).
- Rasio Panjang terhadap diameter rotary dryer (L/D) yaitu 4 – 10 (Perry & Green, 1997. Hal 12-54). Dipilih L/D = 4

Luas penampang rotary dryer (A)

$$A = \frac{M}{G}$$
$$= \frac{14.421,87 \text{ lb/jam}}{8.848,05 \text{ lb/jam.ft}^2}$$

$$= 1,63 \text{ ft}^2$$

Diameter rotary dryer (D)

$$A = \frac{1}{4} \pi \times D^2$$

$$1,63 \text{ ft}^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

$$1,63 \text{ ft}^2 = 0,7854 D^2$$

$$D^2 = 2,075 \text{ ft}^2$$

$$D = 1,441 \text{ ft} = 0,432 \text{ m}$$

Panjang rotary dryer (L)

$$L/D = 4$$

$$L = 4D$$

$$L = 4 \times 1,441 \text{ ft}$$

$$L = 5,76 \text{ ft} = 1,73 \text{ m}$$

Volume rotary dryer (V)

$$V = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times L$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (1,441 \text{ ft})^2 \times 5,76 \text{ ft}$$

$$V = 9,39 \text{ ft}^3$$

$$= 0,263 \text{ m}^3$$

17.2 Holdup

- Kisaran holdup yaitu 10% - 15% dari volume rotary dryer (Perry & Green, 1997. Hal 12-55), maka dipilih yaitu 15% dari volume rotary dryer.

$$\text{Holdup} = 10\% \times \text{volume rotary dryer}$$

$$= 10\% \times 9,39 \text{ ft}^3$$

$$= 0,938 \text{ ft}^3$$

$$= 0,026 \text{ m}^3$$

17.3 Jumlah dan Jarak antar Flight

Jenis flight = Radial flight

Jumlah flight = $0,6D - 1D$ (Perry & Green, 1997. Hal 12-56)

Dipilih jumlah flight = $1D$

Diameter (D) = 1,367 ft

Jumlah flight = $1D$

$$= 1 \times 1,367 \text{ ft}$$

$$= 1,367 \text{ ft}$$

$$= 1 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar flight} = \frac{\pi \times D}{\text{Jumlah flight}}$$

$$= \frac{3,14 \times 1,441 \text{ ft}}{1}$$

$$= 4,52 \text{ ft}$$

$$= 1,357 \text{ m}$$

17.4 Kecepatan Putar Rotary Dryer (n)

- Kisara kecepatan peripheral (v) yaitu 0,25 – 0,5 m/s (Perry & Green, 1997.

Hal 12-56), maka dipilih $v = 0,4 \text{ m/s}$ (78,74 ft/min).

$$n = \frac{v}{\pi \times D}$$

$$= \frac{78,74}{3,14 \times 1,441}$$

$$= 17,41 \text{ rpm}$$

17.5 Kemiringan dan Sudut Rotary Dryer

- Kisaran nilai slope rotary dryer (S) yaitu 0 – 8 cm/m (Perry & Green, 1997.

Hal 12-56), maka dipilih $S = 5 \text{ cm/m}$.

Kemiringan aktual rotary dryer = $S \times L$

$$= 5 \text{ cm/m} \times 1,73 \text{ m}$$

$$= 8,64 \text{ cm}$$

$$= 0,086 \text{ m}$$

Sudut rotary dryer (α)

$$\tan \alpha = 0,086$$

$$\alpha = 0,087^\circ$$

17.6 Daya Rotary Dryer

- Kebutuhan daya rotary dryer (P) yaitu $0,5D^2 - 1D^2$ (Perry & Green, 1997. Hal 12-56), maka dipilih $P = 0,5D^2$.

$$P = 0,5(1,441 \text{ ft})^2$$

$$= 1,04 \text{ HP}$$

$$= 1,5 \text{ HP}$$

17.6 Kesimpulan

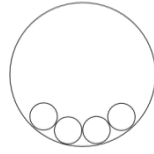
Panjang rotary dryer = 1,73 m

Diameter rotary dryer = 1,73 m

Kecepatan putar rotary dryer = 17,41 rpm

Daya rotary dryer = 1,5 HP

18. Ball Mill (BM-101)



Gambar L-C.18 Ball Mill

Fungsi = menghancurkan dan menghaluskan produk karaginan dengan ukuran \pm 60 mesh

Tipe = marcy ball mill

Ukuran produk = 60 mesh

$$= 0,01667 = 0,423 \text{ mm}$$

Laju alir massa = 2.195,22 kg/jam

$$= 2,2 \text{ ton/jam}$$

Faktor keamanan (fk) = 20%

18.1 Kapasitas Design

$$\text{Kapasitas design} = (100\% + \text{fk}) \times \text{laju alir massa}$$

$$= (100\% + 20\%) \times 2,2 \text{ ton/jam}$$

$$= 2,7 \text{ ton/jam}$$

18.2 Dimensi Ball Mill Berdasarkan Tabel 20-16 Perry & Green (1997) Hal 20-

35, spesifikasi ball mill yaitu:

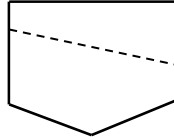
$$\text{Ukuran ball mill} = 7 \text{ ft} \times 5 \text{ ft} = 22,96 \text{ m} \times 16,4 \text{ m}$$

$$\text{Ball charge} = 13,10 \text{ ton}$$

$$\text{Kecepatan gilingan} = 22,5 \text{ rpm}$$

$$\text{Daya motor} = 135 \text{ HP}$$

19. Screener (SC-101)



GambarL-C.19 Screener

Fungsi = memisahkan produk dengan ukuran 60 mesh

Tipe = vibrating screen

Laju alir massa = 2.195,22 kg/jam
= 2,2 ton/jam

19.1 Dimensi Screener

Spesifikasi ayakan yang dipilih (Tabel 19-6, Perry & Green, 1997, Hal 19-20):

Bukaan ayakan (a) = 0,0098 in

Diameter wire (d) = 0,0071 in

Tyler equivalent = 60 mesh

Faktor opening area (Foa)

$$\begin{aligned} \text{Foa} &= 100\% \times a^2 \times \left(\frac{1}{a+b}\right)^2 \quad (\text{Perry \& Green, 1997, Hal 19-24}) \\ &= 100\% \times (0,0098 \text{ in})^2 \times \left(\frac{1}{0,0098+0,0071}\right)^2 \\ &= 33,63\% \end{aligned}$$

19.2 Luas screen (A)

Diketahui :

Laju bahan yang lewat (Ct) = 2,2 ton/jam

Faktor bukaan area (Foa) = 33,63%


Faktor slotted area (Fs) = 1,9 (Perry & Green, 1997, Hal 19-23)

Unit kapasitas (Cu) = 2 ton/ft².jam (Fig.19-21, Perry & Green,1997, Hal 19-24)

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,4Ct}{Cu \times Foa \times Fs} && \text{(Perry \& Green, 1997, Hal 19-23)} \\ &= \frac{0,4 \times 2,2 \text{ ton/jam}}{2 \text{ ton/ft}^2 \cdot \text{jam} \times 33,63\% \times 1,9} \\ &= 0,71 \text{ ft}^2 \\ &= 0,066 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan perbandingan Panjang dan lebar screener yaitu 1 : 1,5 (P = 1,5L),

sehingga:


$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ 0,066 \text{ m}^2 &= 1,5 L \times L \\ 0,066 \text{ m}^2 &= 1,5 L^2 \\ L &= \sqrt{\frac{0,066 \text{ m}^2}{1,5}} \\ L &= 0,21 \text{ m} \\ P &= 1,5L \\ &= 1,5 \times 0,21 \text{ m} \\ &= 0,31 \text{ m} \end{aligned}$$

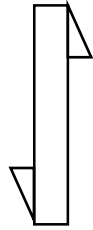
Kesimpulan:

Panjang screener = 0,31 m

Lebar screener = 0,21 m

Tyler equivalent = 60 mesh

20. Bucket Elevator (BE-102)



Gambar L-C.20 Bucket Elevator 2

Fungsi = mengangkut produk dari screener menuju silo

Tipe = Centrifugal Discharge Bucket

Laju alir massa = 2.195,22 kg/jam
= 2,2 ton/jam

Densitas campuran = 1014,49 kg/m³

Faktor keamanan (fk) : 20%

20.1 Kapasitas Design

Kapasitas design = (100% + fk) × laju alir massa

Kapasitas design = (100% + 20%) × 2,2 ton/jam
= 2,71 ton/jam

20.2 Dimensi Bucket Elevator

Dipilih spesifikasi bucket elevator dengan kapasitas standar 14 ton/jam (Perry edisi 7 tabel 21-8 halaman 21-15) mendapatkan:

Tinggi elevator = 7,62 m = 25 ft = 299,9 in

Ukuran bucket:

Lebar = 6 in

Panjang = 4 in

Kedalaman = 4,25 in

Jarak antar bucket = 12 in

Kecepatan bucket = 225 ft/menit

Head shaft = 43 rpm

Lebar belt = 7 in

Diameter pulley :

Head = 20 in

Tail = 14 in

20.3 Volume Bucket

Volume bucket = panjang \times lebar \times kedalaman

$$= 6 \text{ in} \times 4 \text{ in} \times 4,25 \text{ in} = 102 \text{ in}^3$$

$$= 0,0017 \text{ m}^3$$

20.4 Volume Bahan dalam Bucket

Volume bahan dalam bucket = 80% dari volume bucket

$$= 80\% \times 0,0017 \text{ m}^3$$

$$= 0,0013 \text{ m}^3$$

Berat bahan dalam bucket = Densitas campuran \times volume bahan dalam bucket

$$= 1014,42 \text{ kg/m}^3 \times 0,0013 \text{ m}^3$$

$$= 1,36 \text{ kg}$$

Jumlah Bucket dan Panjang Belt

Panjang belt = $(2 \times \text{tinggi elevator}) + \text{head}$

$$= (2 \times 300 \text{ in}) + 20 \text{ in}$$

$$= 620 \text{ in}$$

Jumlah bucket (n) $(n \times 4 \text{ in}) + (n \times 12 \text{ in}) = \text{panjang belt}$

$$16 \text{ in } n = 620 \text{ in}$$

$$n = 38,75$$

Jumlah bucket = 39 buah

20.5 Kebutuhan Daya Angkut

Untuk bucket elevator kapasitas 14 ton/jam, maka daya yang dibutuhkan yaitu

(Perry & Green, 1997, tabel 21-8 Hal. 21-15):

Daya yang dibutuhkan kepala sumbu (head shaft) = 1,0 HP

Daya yang dibutuhkan setiap 1 ft = 0,02 HP/ft

Tinggi elevator = 25 ft

Daya (P) = daya head shaft + (daya per ft \times tinggi elevator)

$$= 1,0 \text{ HP} + (0,02 \text{ HP/ft} \times 25 \text{ ft})$$

$$= 1,5 \text{ HP}$$

Efisiensi motor = 80%

Daya total = $\frac{P}{80\%}$

$$= \frac{1,5 \text{ HP}}{80\%}$$

$$= 1,875 \text{ HP}$$

Kebutuhan daya = 2 HP

20.6 Kesimpulan

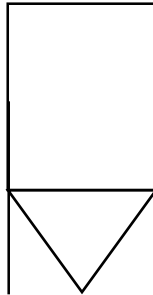
Tinggi elevator = 7,62 m

Jumlah bucket = 39 buah

buah Jumlah unit = 1 unit

Daya = 2 H

21 Silo (SL-101)



Gambar L-C.21 Silo

Fungsi = Tempat penyimpanan produk (refined kappa karaginan)

Tipe = Tangki berbentuk silinder dengan alas berbentuk konis

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

$$\text{Laju alir massa} = 1.641,41 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = 1014,42 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 24 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor keamanan } (fk) = 20\%$$

21.1 Volume Silo (V_s)

$$\begin{aligned} \text{Volume Bahan} &= \frac{\text{Massa}}{\text{Densitas}} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{11.641,4 \text{ kg/jam}}{1014,42 \text{ kg/m}^3} \times 24 \text{ jam} \\ &= 11,33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Silo} &= (100\% + fk) \times \text{laju alir massa} \\ &= (100\% + 20\%) \times 11,33 \text{ m}^3 \\ &= 13,59 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

21.2 Dimensi Silo

Volume silo = volume shell + volume konis

Volume shell = $\frac{1}{4} \pi \times D^2 \times H$

Volume konis = $0,262 h (D^2 + Dd + d^2)$ (Hesse & Rushton, 1945, Hal. 92)

dimana,

D = diameter silo

d = diameter ujung konis

H = tinggi silo

h = tinggi konis

β = sudut konis = 45°

Tinggi konis (h)

$$\begin{aligned} H &= \frac{\tan \beta (D-d)}{2} && \text{(Hesse \& Rushton, 1945, Hal. 92)} \\ &= \frac{\tan 45 (D-d)}{2} \\ &= 0,5 (D - d) \end{aligned}$$

Volume konis (V_{konis})

$$\begin{aligned} V_{\text{konis}} &= 0,262h (D^2 + Dd + d^2) \\ &= 0,262 \times (0,5 (D - d)) \times (D^2 + Dd + d^2) \\ &= 0,313 (D^3 - d^3) \end{aligned}$$

Diameter efektif keluaran silo (d_{eff})

Diketahui:

G = laju alir massa = 1688,34 kg/jam = 0,47 kg/s

ρ_s = densitas padatan = 1014,42 kg/m³

g = percepatan gravitasi = 9,8 m/s²

$\beta = \text{sudut antara dinding silo dengan horizontal} = 45^\circ$

$$\cos \beta = \cos 45$$

$$\sin \beta = \sin 45$$

$$G = \rho_s d_{\text{eff}}^{0,5}()^{0,5} \quad (\text{Richardson, et al. , 2002, Hal. 27})$$

$$0,47 \text{ kg/s} = (1014,42 \text{ kg/m}^3) d_{\text{eff}}^{2,5} \left(\frac{1 - \cos 45}{2 \sin^3 45} \right)^{0,5}$$

$$0,47 \text{ kg/s} = 1304,89 d_{\text{eff}}^{2,5}$$

$$d_{\text{eff}}^{2,5} = 0,000359$$

$$= 0,000359 \text{ m}$$

$$\text{Diameter ujung konis (d)} = 0,000352 \text{ m}$$

Diameter Silo

Asumsi :

Perbandingan tinggi dengan diameter (D) silo = 3:2 (H = 1,5D)

Sehingga tinggi dan diameter silo, yaitu:

Volume silo = volume shell + volume konis

$$13,59 \text{ m}^3 = \left(\frac{3,14}{4} \times D^2 \times 1,5D \right) + (0,313 (D^3 - d^3))$$

$$13,59 \text{ m}^3 = \left(\frac{3,14}{4} \times D^2 \times 1,5D \right) + (0,313 (D^3 - (0,053\text{m})^3))$$

$$D^3 = 1,178 D^3 - 0,00015$$

$$= \frac{13,59 \text{ m}^3 + 0,00015 \text{ m}^3}{1,178}$$

$$= \sqrt{11,53 \text{ m}^3}$$

$$D = 2,26 \text{ m} = 89,80 \text{ in}$$

Tinggi Shell

$$H = \frac{3}{2} D$$

$$= 1,5 D$$

$$= 1,5 \times 2,28$$

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

Tinggi konis (h)

$$h = 0,5 (D-d)$$

$$= 0,5 (2,26 \text{ m} - 0,0000359 \text{ m})$$

$$= 1,13 \text{ m}$$

Tinggi silo = H + h

$$= 3,42 \text{ m} + 1,13 \text{ m}$$

$$= 4,55 \text{ m}$$

Tekanan Design (P)

Tekanan operasi (Po) = 1 atm

$$Po = 14,7 \text{ Psi}$$

Tekanan Design (P) = Po × (100%+fk)

$$= 14,7 \text{ Psi} \times (100\% + 10\%)$$

$$P = 16,17 \text{ Psi}$$

21.3 Tebal Shell (ts)

Diketahui :

Jenis bahan = Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 12650 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal.542)

Tekanan design (P) = 16,17 Psi

Inside diameter (ID) = 89,80 in

Inside radius (ri) = 44,90 in

$$\begin{aligned}t_s &= \frac{Pri}{fE-0,6P} + C \\&= \frac{16,17 \text{ psi} \times 44,90 \text{ in}}{(12.650 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 16,17 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} \\&= 0,196 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih t_s standar = 1/4 in (0,250 in) (Brownell & Young, 1959)

21.4 Tebal Konis (t_c)

Diketahui :

Diameter shell (D) = 87,48 in

E = 80 % (Buthod, 1995)

$\alpha = 45^\circ$

$$\begin{aligned}t_c &= \frac{PD}{2\cos\alpha - (fE-0,6P)} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 118}) \\&= \frac{16,17 \text{ psi} \times 89,80 \text{ in}}{2 \cos 45 ((12.650 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 16,17 \text{ psi}))} + 0,125 \text{ in} \\&= 0,234 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih t_s standar = 1/4 in (0,250 in) (Brownell & Young, 1959)

21.5 Kesimpulan

Tinggi silo = 4,56 m

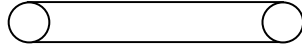
Tebal silo = 0,250 m

Diameter silo = 2,38 m

Diameter ujung konis = 0,000359 m

Jumlah = 1 unit

22 Belt Conveyor (BC-103)



Gambar L-C.22 Belt Conveyor 3

Fungsi = mengangkut produk dari silo menuju gudang penyimpanan produk

Tipe = PVC belt conveyor

Laju alir massa = 1.641,41 kg/jam

= 1,7 ton/jam

Faktor keamanan (fk) : 20%

22.1 Kapasitas Design

Kapasitas design = $(100\% + fk) \times$ laju alir massa

Kapasitas design = $(100\% + 20\%) \times 1,7$ ton/jam

= 1,98 ton/jam

22.2 Dimensi Belt Conveyor

Dipilih spesifikasi bucket elevator dengan kapasitas standar 32 ton/jam

(Perry & Green, 1997, Hal. 21-11)

Lebar Belt = 14 in

Kecepatan Design = 100 ft/min

Kapasitas Standar = 32 ton/jam

Panjang Belt = 20 ft = 6,96 m

e. Kecepatan Aktual Belt Conveyor

$$\text{Kecepatan Aktual} = \frac{\text{Kapasitas Aktual}}{\text{Kapasitas Design}} \times \text{Kecepatan design}$$

$$= \frac{1,98 \text{ ton/jam}}{32 \text{ ton/jam}} \times 100 \text{ ft/min}$$

$$= 5,16 \text{ ft/min}$$

Daya Belt Conveyor (P)

Daya belt conveyor per 10 ft (P) = 0,34 HP

$$\text{Daya belt conveyor} = \frac{\text{Daya belt conveyor}}{10} \times \text{panjang belt}$$

$$= \frac{0,34 \text{ HP}}{10} \times 20 \text{ ft}$$

$$= 0,68 \text{ HP}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\text{Daya total} = \frac{\rho}{80\%}$$

$$= \frac{0,68}{80\%}$$

$$= 0,85$$

$$\text{Daya total} = 1 \text{ HP}$$

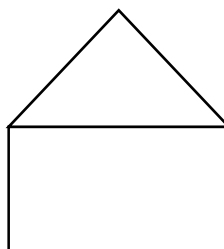
22.3 Kesimpulan

Panjang Belt Conveyor = 6,96 m = 20 ft

Lebar Belt = 14 in

Daya = 1 HP

23 Gudang Penyimpanan Produk (GD-102)



Gambar L-C.23 Gudang Penyimpanan Produk

Fungsi = Tempat penyimpanan produk (refined kappa karaginan)

Tipe = Gudang berbentuk persegi panjang dengan konstruksi baja berat

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

Laju alir massa = 1.641,41 kg/jam

$$= 1,6 \text{ ton/jam}$$

Densitas campuran (ρ) = 1014,42 kg/m³

Waktu penyimpanan = 7 hari

Faktor keamanan (fk) = 20%

23.1 Volume Gudang (V_G)

$$\begin{aligned} \text{Volume Produk} &= \frac{\text{massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{1641,41 \text{ kg/jam}}{1014,42 \text{ kg/m}^3} \times 7 \text{ hari} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \\ &= 274,18 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Gudang} &= (100\% + 20\%) \times 274,18 \text{ m}^3 \\ &= 329,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

23.2 Dimensi Gudang

Asumsi :

- Tinggi Gudang (T) = 5 m
- Perbandingan panjang (P) dan lebar (L) gudang = 2:1 (P = 2L)

Sehingga panjang dan lebar gudang, yaitu:

$$V_G = P \times L \times T$$

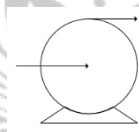
$$329,02 \text{ m}^3 = 2L \times L \times 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 329,02 \text{ m}^3 &= 10 \text{ m L}^2 \\
 L &= \sqrt{32,90} \text{ m}^2 \\
 L &= 5,74 \text{ m} \\
 P &= 2L \\
 &= 2 \times 5,74 \text{ m} \\
 &= 11,47 \text{ m}
 \end{aligned}$$

23.3 Kesimpulan

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Gudang} &= 11,47 \text{ m} \\
 \text{Lebar Gudang} &= 5,74 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Gudang} &= 5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

24 Pompa (P-101)



Gambar L-C.24 Pompa

Fungsi = Mengalirkan KOH 6% ke ekstraktor

Tipe = Centrifugal pump

Laju alir massa = 141.144,25 kg/jam

= 311.233,07 lb/jam

= 88,92 lb/s

Densitas campuran (ρ) = 1067,2 kg/m³

= 66,59 lb/ft³

Viskositas campuran (μ) = 0,324 x $\rho^{0,5}$

= 0,324 x (1067,2 kg/m³)^{0,5}

$$= 10,58 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,00711 \text{ ib/ft.s}$$

Kapasita Pompa (Q_f)

$$\begin{aligned} Q_f &= \frac{Q}{\text{densitas}} \\ &= \frac{311.233,07 \text{ ib/jam}}{66,59 \text{ ib/ft}^3} \\ &= 4.673,49 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 1,29 \text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 582,71 \text{ gallon/menit (gpm)} \end{aligned}$$

Laju alir pipa diasumsi sebagai aliran turbulen. Dari Peter, persamaan 14-15 hal. 496 ($N_{re} \geq 2100$), maka diameter pipa optimum ($D_{i,opt}$):

$$\begin{aligned} D_{i,opt} &= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (p)^{0,13} \quad (\text{Peters \& Timmerhaus, 1991, Hal. 496}) \\ &= 3,9 \times (1,29 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (66,59 \text{ ib/ft}^3)^{0,13} \\ &= 7,67 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 13 hal 888 Peter, dipilih:

Nominal size pipe	= 3 in
Schedule number	= 40
Inside diameter (ID)	= 3,068 in = 0,256 ft
Outside diameter (OD)	= 3,5 in = 0,292 ft
Inside cross sectional area	= 0,804 ft ²

a. Kecepatan Pompa (v)

$$V = \frac{Q_f}{A} = \frac{1,29 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,804 \text{ ft}^2} = 1,661 \text{ ft/s}$$

$$= 0,498 \text{ m/s}$$

b. Bilangan Reynold

Cek terhadap aliran:

$$N_{re} = \frac{\rho \times D_i \times v}{\mu}$$

$$= \frac{66,59 \text{ lb.ft}^3 \times 1,661 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \times 0,2557 \text{ ft}}{0,00711 \text{ lb/ft.s}}$$

$$= 3972,61 \text{ (karena } N_{re} > 2100, \text{ maka asumsi awal benar)}$$

c. Panjang Total Pipa

Direncanakan:

Panjang pipa lurus (L) = 5 meter = 16,404 ft²

Tinggi pemompaan (H) = 5 meter = 16,404 ft²

4 elbow 90°

Le/D = 32 Le = 32 . 4 . D..... (Peter Table 1, hal 484)

= 32 x 4 x 0,256 ft

= 32,712 ft

1 gate valve, open:

Le/D = 7 (Peter Table 1, hal 484)

Le = 7 . 1 . D

= 7 x 1 x 0,256 ft

= 1,789 ft

Dipilih material pipa komersial steel:

ϵ = 0,00015

ϵ/D = 0,00015/0,2557

= 0,0006 (Peter, Fig. 14-1 hal 482)

$$f = 0,0042$$

Friksi yang Terjadi (F)

Friksi sepanjang pipa lurus:

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{2 x f x F^2 x L}{g c x D} \\
 &= \frac{2 x 0,0042 x \left(1,661 \frac{ft}{s}\right)^2 x 16,404 ft}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 x 0,256 ft} \\
 &= 0,04618 \text{ ibf} \cdot \text{ft} / \text{Ibm}
 \end{aligned}$$

Friksi karena sambungan (elbow 90°)

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{2 x f x F^2 x L e}{g c x D} \\
 &= \frac{2 x 0,0042 x \left(1,661 \frac{ft}{s}\right)^2 x 32,712 ft}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 x 0,256 ft} \\
 &= 0,09211 \text{ ibf} \cdot \text{ft} / \text{Ibm}
 \end{aligned}$$

Friksi karena adanya bukaan (Gate valve):

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{2 x f x F^2 x L e}{g c x D} \\
 &= \frac{2 x 0,0042 x \left(1,661 \frac{ft}{s}\right)^2 x 1,7899 ft}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 x 0,256 ft} \\
 &= 0,00504 \text{ ibf} \cdot \text{ft} / \text{Ibm}
 \end{aligned}$$

Total friksi (ΣF) :

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= (0,04618 + 0,09211 + 0,00504) \text{ ibf} \cdot \text{ft} / \text{Ibm} \\
 &= 0,14332 \text{ ibf} \cdot \text{ft} / \text{Ibm}
 \end{aligned}$$

Penentuan Kerja Pompa (W)

Berdasarkan persamaan Bernoulli:

$$W = \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta H \times \frac{g}{gc} + \frac{F^2}{2a \times gc} + \Sigma F \dots\dots\dots(\text{Peter, Pers.10, Hal. 486})$$

Dimana;

$$P1 = P2 = 1 \text{ atm}$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{P1 - P2}{\rho} = 0$$

$$\Delta H = 16,404 \text{ ft}^2$$

Jika diasumsi bahwa sepanjang pengaliran fluida tidak terjadi perubahan diameter pipa maka:

$$\Delta V = V2 - V1$$

Untuk aliran turbulen $\alpha = 1$

Jadi:

$$W = 0 + 16,404 \text{ ibf/ibm} + \left(\frac{(0,14332 \text{ ft/s}^2)}{2 \times 1 \times 32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{\text{ft}}{\text{ibf} \cdot \text{s}^2}} \right) + 0,14889 \text{ ibf.ft/Ibm}$$
$$= 16,543 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

Penentuan Daya Pompa (P)

$$P = \frac{\rho \times Q \times W}{550}$$
$$= \frac{66,59 \frac{\text{ib}}{\text{ft}^3} \times \frac{1,291 \text{ ft}^3}{\text{s}} \times 16,543 \text{ ibf.ft/Ibm}}{550}$$
$$= 2,67 \text{ HP}$$

Berdasarkan Stanley Wallas Fig. 14-37 hal 520, efisiensi pompa (η) = 61 %

Maka:

Brake Horse Power (BHP):

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{P}{n} \\ &= \frac{2,37}{61\%} \\ &= 4,38 \text{ HP} \end{aligned}$$

Penentuan Daya Motor (N) Berdasarkan Peter Fig. 14-38 hal 521, untuk BHP

= 3,88 HP maka diperoleh:

efisiensi motor = 82 %, sehingga:

$$\begin{aligned} N &= \frac{4,38}{82\%} \\ &= 5,5 \text{ HP} \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Bahan	= Commercial steel
Jenis pompa	= Pompa centrifugal
Jenis impeller	= Radial – Vene Vield
Kapasitas	= 599,37 gpm
Diameter pipa	= 3,5 in
Panjang total pipa	= 20,51 m
Jumlah elbow	= 4
Jumlah valve	= 7
Motor	= 5 HP
Jumlah unit	= 2 buah

Adapun pompa lainnya yang digunakan sebagai berikut dengan spesifikasi (Tabel L-C.1) mengikuti cara perhitungan diatas.

- P-102: Mengalirkan larutan KCl 1% menuju tangki presipitasi.

- P-103: Mengalirkan larutan NaClO 0,2% menuju tangki bleaching.
- P-104: Mengalirkan filtrat dari ekstraktor menuju Rotary Drum Filter 1
- P-105: Mengalirkan filtrat dari Rotary Drum Filter 1 menuju cooler.
- P-106: Mengalirkan filtrat dari tangki presipitasi menuju Rotary Drum Filter

2

No	Kode Pompa	Jumlah Unit	Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	Diameter Pipa (In)	Panjang Total Pipa	Jumlah elbow	Jumlah valve	Daya Motor / Unit (HP)
1.	P-102	2	10.258,44	275,52	24,512	4	7	13
2.	P-103	2	4.195,56	196,8	18,513	4	7	3,0
3.	P-104	2	4.592,67	118,08	15,515	4	7	2,5
4.	P-105	2	4.605,49	78,72	13,515	4	7	1,5
5.	P-106	2	14.851,4	78,72	14,515	4	7	6,0



LAMPIRAN D

PERHITUNGAN UTILITAS

Dalam suatu Pabrik, utilitas merupakan bagian utama yang sangat menunjang jalannya proses produksi. Utilitas merupakan unit pendukung yang menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi pada suatu pabrik agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Unit utilitas sangat penting bagi keberlangsungan suatu proses produksi sehingga sangat dibutuhkan sarana dan prasarana utilitas yang baik agar proses produksi dapat berlangsung secara berkesinambungan. Unit-unit utilitas pada prarancangan Pabrik Kappa Karaginan ini antara lain:

1. Unit penyediaan steam
2. Unit penyediaan air
3. Unit penyediaan udara tekan
4. Unit penyediaan bahan kimia
5. Unit penyediaan listrik
6. Unit penyediaan bahan bakar

7.1 Unit penyediaan Steam

7.1.1 Kebutuhan Steam

Kebutuhan steam berdasarkan perhitungan neraca panas dapat dilihat pada Tabel L-D.1. Adapun steam yang digunakan merupakan saturated steam dengan kondisi, sebagai berikut (NIST Steam Tables, 2016, Hal. 150):

Suhu (T) = 150°C

Tekanan (P) = 0,47616 Mpa = 4,7616 bar

Entalpi cairan (Hf) = 632,18 kJ/kg = 271,79 BTU/lb

Entalpi uap (Hg) = 2745,9kJ/kg = 1180,53 BTU/lb

Tabel L-D.1 Data Kebutuhan Steam

NO.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1.	Ekstraktor	EK-101	13.983,92
2.	Heater	HE-101	0,16
Total			13.984,08

Faktor keamanan (fk) = 10% lebih besar dari kebutuhan steam, maka:

Total kebutuhan steam (Ws) = (100% + fk) × kebutuhan steam normal

$$= (100\% + 10\%) \times 13.984,08 \text{ kg/jam}$$

$$= 15.382,49 \text{ kg/jam}$$

$$= 33.918,39 \text{ lb/jam}$$

7.1.2 Kebutuhan Air Umpan Boiler (Wb)

Diketahui:

Entalpi penguapan air pada suhu 100°C (Cf) = 970,091 BTU/lb

$$\begin{aligned} \text{Faktor evaporasi (F)} &= \frac{H_g - H_f}{C_f} \\ &= \frac{(1180,53 - 271,79) \text{ BTU/lb}}{970,091 \text{ BTU/lb}} \\ &= 0,937 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$W_b = \frac{W_s}{F}$$

$$= \frac{33.918,39 \text{ ib/jam}}{0,937}$$

$$= 36.208,42 \text{ ib/jam}$$

$$= 16.402,41 \text{ kg/jam}$$

7.1.3 Kebutuhan *Make-up Water Boiler* (W_m)

Apabila diasumsikan bahwa kondensat kembali (W_L) yaitu 90% dari total kondensat yang dihasilkan, maka:

$$W_L = 90\% \times 36.208,42 \text{ ib/jam}$$

$$= 32.587,57 \text{ lb/jam}$$

$$= 14.762,17 \text{ kg/jam}$$

$$W_m = W_b - W_L$$

$$= 36.208,42 \text{ ib/jam} - 14.762,17 \text{ lb/jam}$$

$$= 3.620,84 \text{ lb/jam}$$

$$= 1.640,24 \text{ kg/jam}$$

7.1.4 Kebutuhan Bahan Bakar Boiler (W_v)

Bahan bakar boiler yang digunakan yaitu diesel fuel, dengan karakteristik berikut (Chevron, 2007, Hal.35):

$$\text{Densitas } (\rho) = 850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Heating value } (H_v) = 18.330 \text{ BTU/lb}$$

$$\text{Efisiensi pembakaran boiler } (\eta) = 85\%$$

$$W_v = \frac{W_s (H_g - H_f)}{\eta \times H_v}$$

$$= \frac{33.918,39 \text{ ib/jam} (1180,53 \text{ BTU/lb} - 271,79 \text{ BTU/lb})}{85\% \times 18.330 \text{ BTU/lb}}$$

$$= 1978,29 \text{ ib/jam}$$

$$= 896,17 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju volumetrik (Q)} &= \frac{Wv}{\rho} \\ &= \frac{896,17 \text{ kg/jam}}{850 \text{ kg/m}^3} \\ &= 1,054 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1054,32 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

7.2 Unit penyediaan air

Sumber air yang digunakan pada prarancangan Pabrik Kappa Karaginan ini khusus air sanitasi, air proses, dan air umpan boiler berasal dari air PDAM sedangkan air yang dimanfaatkan sebagai air pendingin berasal dari air laut di perairan Desa Laikang, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan dimana lokasi ini tidak terlalu jauh dari lautan.

7.3 Kebutuhan air sanitasi

a. Kantor

Perkiraan kebutuhan air sanitasi untuk karyawan, yaitu:

$$\text{Jumlah karyawan} = 181 \text{ orang}$$

$$\text{Kebutuhan air per orang} = 120 \text{ L/hari/orang}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan total air} &= 181 \text{ orang} \times 120 \frac{\text{L/orang}}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \frac{1 \text{ kg}}{\text{L}} \\ &= 905 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

b. Laboratorium

Perkiraan kebutuhan air untuk laboratorium yaitu 25% dari kebutuhan kantor, maka:

$$\text{Kebutuhan air laboratorium} = 25\% \times 905 \text{ kg/jam}$$

$$= 226,26 \text{ kg/jam}$$

c. Kantin

Perkiraan kebutuhan air untuk kantin yaitu 10% dari kebutuhan kantor, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air kantin} &= 10\% \times 905 \text{ kg/jam} \\ &= 90,5 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

d. Musholla

Perkiraan kebutuhan air untuk musholla yaitu 20% dari kebutuhan kantor, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air musholla} &= 20\% \times 905 \text{ kg/jam} \\ &= 181 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

e. Pemadam

Perkiraan kebutuhan air untuk pemadam yaitu 15% dari kebutuhan kantor, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pemadam} &= 15\% \times 905 \text{ kg/jam} \\ &= 135,75 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

f. Poliklinik

Perkiraan kebutuhan air untuk poliklinik yaitu 10% dari kebutuhan kantor, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pemadam} &= 15\% \times 905 \text{ kg/jam} \\ &= 136,75 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

g. Taman dan prasarana lainnya

Taman dan prasarana lainnya Perkiraan kebutuhan air untuk taman dan prasarana lainnya yaitu 20% dari kebutuhan kantor, maka:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan taman dan lainnya} &= 20\% \times 905 \text{ kg/jam} \\ &= 181 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air sanitasi} &= (905 + 226,26 + 90,5 + 181 + 135,75 + 136,75 + \\ &181) \text{ kg/jam} \\ &= 1810 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Faktor keamanan (fk) = 10% lebih besar dari kebutuhan air sanitasi, maka:

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air sanitasi} &= (100\% + \text{fk}) \times \text{kebutuhan air sanitasi} \\ &= (100\% + 10\%) \times 1810 \text{ kg/jam} \\ &= 1991 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

7.4 Kebutuhan air proses

Berdasarkan perhitungan neraca massa kebutuhan air proses dapat dilihat pada Tabel:

Tabel L-D.2 Data Kebutuhan Air Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1.	Belt Conveyor	BC-101	5947,15
2.	Tangki Pencucian	TP-101	132121,95
3.	Tangki larutan KOH 6%	T-102	136469,01
4.	Tangki larutan NaClO 0,2%	T-103	118731,30
5.	Tangki larutan KCl 1%	T-101	290220,33
6.	Rotary Drum Vakum Filter	RDVF-101	186,35
7.	Rotary Drum Vakum Filter	RDVF-102	182,63
Jumlah			683.858,74

Faktor keamanan (fk) = 10% lebih besar dari kebutuhan air proses, maka:

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan air proses} &= (100\% + \text{fk}) \times \text{kebutuhan air proses} \\ &= (100\% + 10\%) \times 683.858,74 \text{ kg/jam} \\ &= 752.244,61 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

7.5 Kebutuhan air PDAM

Air PDAM digunakan untuk memenuhi kebutuhan air sanitasi, air proses, dan air umpan boiler dengan total kebutuhan yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan air PDAM} &= \text{kebutuhan air umpan boiler} + \text{air sanitasi} + \text{air proses} \\ &= (16.402,41 + 1991 + 683.858,74) \text{ kg/jam} \\ &= 770.638,03 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

7.6 Kebutuhan Air laut

Air laut digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pendingin yang diumpankan ke dalam *cooler*. Total kebutuhan air laut, yaitu:

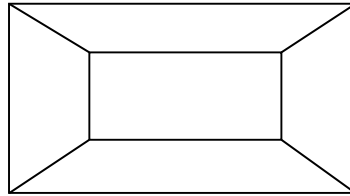
$$\text{Kebutuhan air pendingin} = \text{kebutuhan air laut} = 769.973 \text{ kg/jam}$$

Faktor keamanan (fk) = 10% lebih besar dari kebutuhan air pendingin, maka:

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan air laut} &= (100\% + \text{fk}) \times \text{kebutuhan air laut} \\ &= (100\% + 10\%) \times 769.973 \text{ kg/jam} \\ &= 846.970,33 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

7.6.1 Spesifikasi alat

a. Fresh Water Pond (T-201)



Gambar L-D.1 Fresh Water Pond

Fungsi = Tempat penyimpanan air bersih (Air PDAM)

Tipe = Tangki berbentuk persegi panjang dengan konstruksi beton

Kondisi operasi:

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

$$\text{Laju alir massa} = \frac{770.638,03 \text{ kg/jam}}{3} = 256.638,03 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Faktor keamanan (fk)} = 20\%$$

Volume Tangki (V_t)

$$\text{Volume Air} = \frac{256.638,03 \text{ kg/jam}}{1000 \text{ kg/m}^3} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 513,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki} = (100\% + \text{fk}) \times \text{volume air}$$

$$= (100\% + 10\%) \times 513,76 \text{ m}^3$$

$$= 616,51 \text{ m}^3$$

Asumsi:

Tinggi tangki (T) = 7 m

Perbandingan panjang (P) dan lebar (L) tangka = 1:1 (P = 1L)

Sehingga panjang dan lebar tangki, yaitu:

$$V_t = P \times L \times T$$

$$616,51 \text{ m}^3 = L \times L \times 7 \text{ m}$$

$$616,51 \text{ m}^3 = 7 \text{ m } L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{616,51 \text{ m}^3}{7 \text{ m}}}$$

$$= 9,38 \text{ m}$$

$$P = L$$

$$= 9,38 \text{ m}$$

Kesimpulan

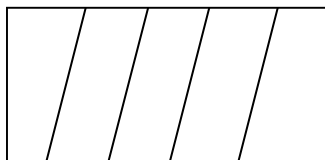
$$\text{Panjang tangki} = 9,38 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tangki} = 9,38 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tangki} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah unit} = 3 \text{ unit}$$

b. Bar Screen (S-201)



Gambar L-D.2 Bar Screen

Fungsi = Menyaring partikel-partikel berukuran besar yang terdapat dalam air laut

Tipe = Bar screen

Bahan = Stainless-steel (SS-316)

Laju alir massa = 145.153,41 kg/jam

Densitas (ρ) = 1018,2 kg/m³

$$\begin{aligned}\text{Laju alir volume (Q)} &= \frac{\text{massa}}{\rho} = \frac{145.153,41 \text{ kg/jam}}{1018,2 \text{ kg/m}^3} \\ &= 142,56 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,040 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Dimensi batang Menurut Metcalf & Eddy (2003, Hal. 316), spesifikasi standar batang dari bar screen, yaitu:

- Arak antar batang (b) = 1 – 2 in, dipilih 1 in = 0,0254 m
- Tebal batang (w) = 1 – 1,5 in, dipilih 1,5 in = 0,0375 m
- Kemiringan batang (α) = 30° - 45°, dipilih 30°

Dimensi Bar Screen

Asumsi:

- Perbandingan lebar (L) dan tinggi (h) bar screen yaitu 1 : 1
- Tinggi (h) = 2,5 m, maka lebar (L) = 2,5 m

$$\begin{aligned}\text{Jumlah batang (N)} &= \frac{L-b}{w+b} && (\text{Riffat \& Husnain, 2022}) \\ &= \frac{(2,5-0,0254 \text{ m})}{(0,0375 \text{ m} + 0,0254 \text{ m})} \\ &= 39,6\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah bukaan (n)} = N + 1 \quad (\text{Riffat \& Husnain, 2022})$$

$$= (39,6 + 1)$$

$$= 40,6$$

$$\text{Area screen opening (OA)} = n \times b \times h \quad (\text{Riffat \& Husnain, 2022})$$

$$= 40,6 \times 0,0254 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$$

$$= 2,5375 \text{ m}^2$$

Velocity (Vs)

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{OA} \\ &= \frac{0,040 \text{ m}^3/\text{s}}{2,5375 \text{ m}^2} \\ &= 0,0016 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Headloss (H_L)

$$H_L = \frac{1}{C_d} \left[\frac{V_s^2 - v^2}{2g} \right]$$

dimana,

$$\text{Coefficient of discharge (C}_d\text{)} = 0,75 \quad (\text{Riffat \& Husnain, 2022})$$

$$\text{Approach velocity (v)} = 0,01 \text{ (asumsi)}$$

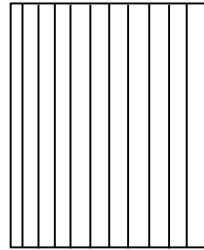
$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H_L = \frac{1}{0,75} \left[\frac{(0,0016 \text{ m/s})^2 - (0,01)^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)} \right]$$

$$= 0,00000976 \text{ m}$$

$$= 0,0098 \text{ mm}$$

c. Fine Screen (S-202)



Gambar L-D.3 Fine Screen

Fungsi = Menyaring partikel-partikel berukuran kecil yang terdapat dalam air laut

Tipe = Static wedgewire screen

Bahan = Stainless-steel (SS-316)

Laju alir massa = 846.970,33 kg/jam

Densitas (ρ) = 1018,2 kg/m³

$$\text{Laju alir volume (Q)} = \frac{\text{massa}}{\rho} = \frac{846.970,33 \text{ kg/jam}}{1018,2 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 831,83 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

Spesifikasi fine screen, yaitu (Qasim, et al., 2002, Hal. 150):

- Bukaan screening (O) = 2 mm
- Screen area efficiency (η) = 0,56
- Discharge coefficient (Cd) = 0,6
- Area reduction factor (RF) = 0,56

Diasumsikan:

- Maksimum velocity (v) = 0,025 m/s
- Kedalaman aliran (h) = 3 m

Lebar Screen (L)

$$\begin{aligned} L &= \frac{Q}{h \times v \times \eta} && \text{(Qasim, et al., 2002, Hal. 150)} \\ &= \frac{0,23 \text{ m}^3/\text{s}}{2,5 \text{ m} \times 0,025 \text{ m/s} \times 0,56} \\ &= 5,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Velocity Aktual (v)

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{h \times L \times \eta} && \text{(Qasim, et al., 2002, Hal. 151)} \\ &= \frac{0,23 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} \times 0,56} \\ &= 0,025 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Headloss (HL)

$$\begin{aligned} H_L &= \frac{1}{2g} \times \left[\frac{Q}{C_d \times L \times h \times R_F} \right]^2 && \text{(Qasim, et al., 2002, Hal. 152)} \\ &= \frac{1}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \times \left[\frac{0,025 \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \times 2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,56} \right]^2 \\ &= 0,00008858 \text{ m} \\ &= 0,0886 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Electro Deionization (ED-101)

Fungsi = Mengilangkan kandungan kation dan anion pada air

Tipe = Electro deionization (EDI) stacks (E-cell-3X stack)

Laju alir massa = 16.402,412 kg/jam

Densitas campuran (ρ) = 1000 kg/m³

Waktu penyimpanan = 1 jam

Volume Air Demin (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{\text{massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{16.402,412 \text{ kg/jam}}{1000 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam} \\ &= 16,40 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Spesifikasi Spesifikasi standar electro deionization (EDI) stacks, yaitu (Suez 2017, Hal. 1):

Nominal flow Flow rate range = 5 m³/jam = 2,3 – 6,4 m³/jam

Dimensi (lebar × tinggi × kedalaman) = 31 cm × 61 cm × 64 cm

Jumlah cell per unit = 3 cell/unit

Daya per cell = 5,2 Ampere/cell

$$= 2,79 \text{ HP/cell}$$

$$= 3 \text{ HP/cell}$$

Daya

Kebutuhan daya per unit = 3 HP/cell × 3 cell/unit

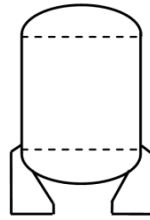
$$= 9 \text{ HP/unit}$$

Jumlah unit Total kebutuhan daya = 3 unit

$$= 9 \text{ HP/unit} \times 3 \text{ unit}$$

$$= 27 \text{ HP}$$

e. Tangki Penyimpanan Air Demineral (T-202)



Gambar L-D.4 Tangki Penyimpanan Air Demineral

Fungsi = Tempat penyimpanan air demineral

Tipe = Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk torispherical

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

Laju alir massa = 16402,412 kg/jam

Densitas campuran (ρ) = 1000 kg/m³

Waktu penyimpanan = 2 jam

Faktor keamanan (fk) = 20%

Volume Tangki (V_s)

$$\text{Volume air} = \frac{\text{Massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan}$$

$$= \frac{16402,412 \text{ kg/jam}}{1000 \text{ kg/m}^3} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 32,80 \text{ m}^3$$

Volume tangki = (100% + fk) \times volume larutan

$$= (100\% + 20\%) \times 32,80 \text{ m}^3$$

$$= 39,36 \text{ m}^3$$

Dimensi Tangki

Asumsi:

- Perbandingan tinggi silinder (Hs) dengan diameter (D) tangki = 3:2 (Hs = 2D) (Tabel 4-25 dan 4-27, Ulrich)

Sehingga tinggi dan diameter tangki, yaitu:

Tinggi Silinder

$$H = \frac{3}{2} D$$

$$= 1,5 D$$

Luas Penampang Tangki

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

Diameter Silinder

$$V = H \cdot A$$

$$= 1,5 D \times \frac{\pi}{4} D^2$$

$$V_s = 1,5 D^3 \times \frac{\pi}{4}$$

$$39,36 \text{ m}^3 = \frac{1,5 \times 3,14}{4} \times D^3$$

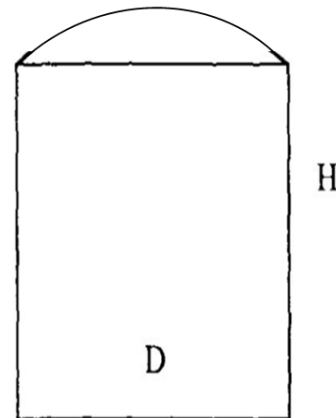
$$39,36 \text{ m}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{39,36 \text{ m}^3}{1,1775}$$

$$D = \sqrt[3]{33,43} \text{ m}^3$$

$$D = 3,22 \text{ m}$$

$$= 126,83 \text{ in}$$



$$\begin{aligned}
 H_s &= 1,5D \\
 H_s &= 1,5 \times 3,22 \text{ m} \\
 &= 4,83 \text{ m} \\
 &= 190,24 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tinggi Cairan dalam Tangki (Hc)

$$\begin{aligned}
 H_c &= \frac{\text{Volume Larutan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_s \\
 H_c &= \frac{32,80 \text{ m}^3}{39,37 \text{ m}^3} \times 4,83 \text{ m} \\
 &= 4,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tekanan Desain (P)

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan Hidrostatik (P}_h) &= \rho \times H_c \times g \\
 P_h &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 4,03 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 &= 39.462,88 \text{ kg.m/s}^2 \\
 &= 39.462,88 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

$$P_h = 5,92 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan operasi (P}_o) = 1 \text{ atm}$$

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = P_h + P_o$$

$$P = 5,92 + 14,7 \text{ Psi}$$

$$P = 20,62 \text{ Psi}$$

Safety Factor = 10% (Tabel. 6 Peter and Timmerhaus, 1991 4rd ed. Hal, 37)

$$\text{Tekanan Desain (P)} = (100\% + 10\%) \times 20,62 \text{ Psi}$$

$$= 22,68 \text{ Psi}$$

Tebal Tangki (ts)

Diketahui:

Jenis bahan = Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 12650 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal.542)

Tekanan design (P) = 22,68 Psi

Inside diameter (ID) = 126,83 in

Inside radius (ri) = 63,41 in

$$\begin{aligned}t_s &= \frac{Pri}{fE-0,6P} + C \\&= \frac{22,68 \text{ psi} \times 63,41 \text{ in}}{(12.650 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 22,68 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} \\&= 0,267 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih ts standar = 5/16 in (0,312 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter luar (OD)

$$\begin{aligned}\text{OD} &= \text{ID} + (2 \times \text{ts standar}) \\&= 126,83 \text{ in} + (2 \times 0,312 \text{ in}) \\&= 127,45 \text{ in} \\&= 3,19 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipilih OD standar = 132 in dan ts = 5/16 (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter dalam standar (ID standar)

$$\begin{aligned}\text{ID standar} &= \text{OD standar} - (2 \times \text{ts standar}) \\&= 132 \text{ in} - (2 \times 0,312 \text{ in}) \\&= 131,375 \text{ in}\end{aligned}$$

$$= 3,28 \text{ m}$$

Tebal tutup atas dan alas tangki (th)

Bentuk tutup : *torispherical dished head*

Berdasarkan $t_s = 5/16 \text{ in}$ dan $OD = 132 \text{ in}$, diketahui (Brownell & Young, 1959, Hal. 91):

$$I_{cr} = r_1 = 8 \text{ in}$$

$$r = r_c = 130 \text{ in}$$

$$\frac{rc}{r_1} = \frac{130 \text{ in}}{8 \text{ in}} = 16,25$$

Stress-intensification factor (W)

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{r_1}} \right) && \text{(Brownell & Young, 1959, Hal. 138)} \\ &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{16,25} \right) \\ &= 1,76 \end{aligned}$$

Tebal tutup (th)

$$E = 80\% \quad \text{(Buthod, 1995)}$$

$$\begin{aligned} t_h &= \frac{P \cdot rc \cdot W}{2fE - 0,6P} + C && \text{(Brownell & Young, 1959, Hal. 138)} \\ &= \frac{22,68 \text{ psi} \times 130 \text{ in} \times 1,76}{(2 \times 12.650 \text{ psi} \times 0,8) - (0,2 \times 22,68 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,0,381 \text{ in} \end{aligned}$$

Dimensi Tutup Atas dan Alas Tangki

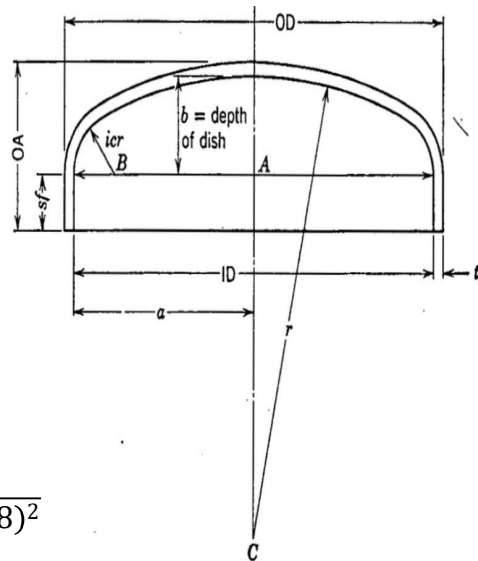
$$\begin{aligned} \text{Jari-jari head (a)} &= \frac{ID \text{ Standar}}{2} \\ &= \frac{131,375 \text{ in}}{2} \\ &= 65,68 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AB &= \frac{ID \text{ Standar}}{2} - icr \\
 &= \frac{131,375 \text{ in}}{2} - 8 \text{ in} \\
 &= 57,68 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BC &= r - icr \\
 &= 130 \text{ in} - 8 \text{ in} \\
 &= 122 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{(122 \text{ in})^2 - (57,68)^2} \\
 &= \sqrt{11.556,15} \\
 &= 107,50 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= r - AC \\
 &= 130 \text{ in} - 107,50 \text{ in} \\
 &= 22,50 \text{ in}
 \end{aligned}$$



Pada th standar = 5/16 in (0,312 in), nilai sf yang dipilih, yaitu:

$$sf = 2,00 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 93})$$

Tinggi tutup (OA)

$$\begin{aligned}
 OA &= sf + b + t_h \\
 &= 2,00 + 22,50 \text{ in} + 0,312 \text{ in} \\
 &= 24,81 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan

$$\text{Tinggi tangki} = H_s + (2 \times OA)$$

$$= 190,24 \text{ in} + (2 \times 24,81 \text{ in})$$

$$= 239,87 \text{ in}$$

$$= 5,99 \text{ m}$$

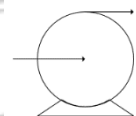
$$\text{Diameter dalam tangki (ID)} = 131,38 \text{ in} = 3,28 \text{ m}$$

$$\text{Diameter luar tangki (OD)} = 132 \text{ in} = 3,3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal tangki} = 0,312 \text{ in}$$

$$\text{Jumlah unit} = 1 \text{ unit}$$

f. Pompa (P-201)



Gambar L-D.5 Pompa

Fungsi = Mengalirkan air proses ke tangki pencucian pertama

Tipe = Centrifugal pump

Laju alir massa = 5.947,15 kg/jam

$$= 13.113,47 \text{ lb/jam}$$

$$= 3,6 \text{ lb/s}$$

Densitas campuran (ρ) = 1000 kg/m³

$$= 62,4 \text{ lb/ft}^3$$

Viskositas campuran (μ) = 0,0063 lb/ft.s

Kapasita Pompa (Q_f)

$$Q_f = \frac{Q}{\text{densitas}}$$

$$= \frac{13.113,47 \text{ lb/jam}}{62,4 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 210,15 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,058 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 26,20 \text{ gallon/menit (gpm)}$$

Laju alir pipa diasumsi sebagai aliran turbulen. Dari Peter, persamaan 14-15 hal. 496 ($N_{re} \geq 2100$), maka diameter pipa optimum (Diopt):

$$D_{i,opt.} = 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (p)^{0,13} \text{ (Peters \& Timmerhaus, 1991, Hal. 496)}$$

$$= 3,9 \times (0,058 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (62,4 \text{ lb/ft}^3)^{0,13}$$

$$= 1,859 \text{ in}$$

Berdasarkan Tabel 13 hal 888 Peter, dipilih :

Nominal size pipe = 3 in

Schedule number = 40

Tebal Pipa = 0,216 in = 0,0179 ft

Inside diameter (ID) = 3,068 in = 0,256 ft

Outside diameter (OD) = 3,5 in = 0,292 ft

Inside cross sectional area = 0,0513 ft²

$$V = \frac{Qf}{A} = \frac{0,058 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0513 \text{ ft}^2} = 1,1379 \text{ ft/s}$$

$$= 0,341 \text{ m/s}$$

Bilangan Reynold (Nre)

Cek terhadap aliran:

$$N_{re} = \frac{\rho \times D_i \times v}{\mu}$$

$$= \frac{62,4 \text{ lb.ft}^3 \times 0,256 \text{ ft} \times 1,1379 \text{ ft/s}}{0,0069 \text{ lb/ft.s}}$$

= 2.634,76 (karena $N_{re} > 2100$, maka asumsi awal benar)

Panjang Total Pipa

Direncanakan:

Panjang pipa lurus (L) = 50,5 meter = 165,64 ft²

6 elbow 90°

$Le/D = 32 Le = 32 \cdot 6 \cdot D$ (Peter Table 1, hal 484)

= 32 x 4 x 0,256 ft

= 81,48 ft

2 gate valve, open :

$Le/D = 7$ (Peter Table 1, hal 484)

$Le = 7 \cdot 2 \cdot D$

= 7 x 1 x 0,256 ft

= 7,13 ft

Maka total pipa $Le = 254,25 \text{ ft} = 81,777,492 \text{ m}$

Dipilih material pipa komersial steel :

$\epsilon = 0,00015$

$\epsilon/D = 0,00015/0,256$

= 0,0006 (Peter, Fig. 14-1 hal 482)

$f = 0,015$

Friksi yang Terjadi (F)

Friksi sepanjang pipa lurus :

$$F = \frac{2 f x V^2 x L}{g c x D}$$

$$= \frac{2 \times 0,015 \times \left(1,1379 \frac{ft}{s}\right)^2 \times 165,64 \text{ ft}}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 \times 0,296 \text{ ft}}$$

$$= 0,7819 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

Friksi karena sambungan (elbow 90°)

$$F = \frac{2 \times f \times V^2 \times Le}{gc \times D}$$

$$= \frac{2 \times 0,015 \times \left(1,1379 \frac{ft}{s}\right)^2 \times 94,23 \text{ ft}}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 \times 0,296 \text{ ft}}$$

$$= 0,3847 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

Friksi karena adanya bukaan (Gate valve) :

$$F = \frac{2 \times f \times V^2 \times Le}{gc \times D}$$

$$= \frac{2 \times 0,0098 \times \left(1,1379 \frac{ft}{s}\right)^2 \times 8,245 \text{ ft}}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 \times 0,256 \text{ ft}}$$

$$= 0,0337 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

Total friksi (ΣF) :

$$\Sigma F = (0,7819 + 0,3847 + 0,0337) \text{ ibf/ft/Ibm}$$

$$= 1,20023 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

Daya Pompa

Mechanical Kerja Pompa (W_s)

Diketahui:

$$\text{Tekanan 1 (P}_1\text{)} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tekanan 2 (P}_2\text{)} = 2 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi pipa 1 (z}_1\text{)} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pipa 2 (z}_2\text{)} = 2,5 \text{ m}$$

Velocity 1 (v_1) = 0 (fluida dalam tangki)

Velocity 2 (v_2) = 0,249 m/s²

Gaya gravitasi (g) = 9,8 m/s²

Total friction loss (ΣF) = 1,20023 ibf.ft/ibm

a. Menghitung velocity head

V_1 = Kecepatan linear fluida pada titik1

V_2 = Kecepatan linear fluida pada titik2

Karena kecepatan linear cairan pada titik 1 dan 2 relatif sama maka,

$$V_1 = V_2 = \frac{v^2}{2 \cdot gc} = 0 \text{ ft.Ibf/Ibm}$$

b. Menghitung potensial head

$$\frac{\Delta Z \cdot g}{gc} = \frac{(8,2 - 1,64) \text{ ft} \times 9,8 \text{ m/s}^2}{2 \times 32,2 \text{ ft} \cdot \frac{\text{lbm}}{\text{ibf} \cdot \text{s}}} = 8,209 \text{ ft.Ibf/Ibm}$$

c. Menghitung pressure head

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{2 \text{ atm} - 1 \text{ atm}}{62,4 \text{ ib/ft}^3} = 0,016 \text{ ft.Ibf/Ibm}$$

Penentuan Kerja Pompa (W)

Berdasarkan persamaan Bernoulli :

$$-W_f = \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{v^2}{2 \cdot gc} + \Sigma F \dots \dots \text{(Peter, Pers.10, Hal. 486)}$$

Jadi:

$$W = (0,016 + 1,998 + 0 + 1,20023) \text{ ibf.ft/Ibm}$$

$$= 3,21499 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

Penentuan Daya Pompa (P)

$$P = \frac{\rho \times Q_f \times W}{550}$$

$$= \frac{62,4 \frac{\text{ib}}{\text{ft}^3} \times \frac{210,15 \text{ ft}^3}{\text{s}} \times 3,21499 \text{ ibf.ft/lbm}}{550}$$

$$= 0,034 \text{ HP}$$

Berdasarkan Stanley Wallas Fig. 14-37 hal 520,

efisiensi pompa (η) = 20 %

Maka:

Brake Hourse Power (BHP):

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{P}{\eta} \\ &= \frac{0,034 \text{ HP}}{20\%} \\ &= 0,187 \text{ HP} \end{aligned}$$

Penentuan Daya Motor (N) Berdasarkan Peter Fig. 14-38 hal 521, untuk BHP = 0,187 HP maka diperoleh efisiensi motor = 80 %, sehingga :

$$\begin{aligned} N &= \frac{0,187}{80\%} \\ &= 0,5 \text{ HP} \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Bahan	= Commercial steel
Jenis pompa	= Pompa centrifugal
Jenis impeller	= Radial – Vene Vield
Kapasitas	= 23,11 gpm
Diameter pipa	= 3,5 in
Panjang total pipa	= 77,49 m
Jumlah elbow	= 6
Jumlah valve	= 2

Motor = 0,5 HP

Jumlah unit = 2 buah

Adapun pompa lainnya yang digunakan sebagai berikut dengan spesifikasi (Tabel L-D.3) mengikuti cara perhitungan diatas.

1. P-202: Mengalirkan air proses menuju tangki pencucian
2. P-203: Mengalirkan air proses menuju bagian sanitasi (laboratorium, kantor, dan lainnya) dan tangki pelarutan KOH dan KCl
3. P-204: Mengalirkan air proses menuju electro deionization.
4. P-205: Mengalirkan air proses menuju tangki penyimpanan larutan KCl 1%.
5. P-206: Mengalirkan air proses menuju tangki penyimpanan larutan KOH 6%
6. P-207: Mengalirkan air proses menuju tangki penyimpanan larutan NaClO 0,1%
7. P-208: Mengalirkan air proses menuju rotary drum filter 1
8. P-209: Mengalirkan air proses menuju rotary drum filter 2
9. P-212: Mengalirkan air laut menuju cooler.
10. P-213: Mengalirkan air demineral menuju boiler

Tabel L-D.3 Spesifikasi Pompa Unit Penyedia Air

No	Kode Pompa	Jumlah Unit	Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	Diameter Pipa (ft)	Panjang Total Pipa (m)	Jumlah Elbow	Jumlah Valve	Daya Motor /Unit (HP)
1.	P-202	2	4856,76	82	227,74	6	2	8
2.	P-203	2	4752,88	11,37	165,986	14	6	4
3.	P-204	2	34,322	11,98	125,09	8	2	0,5

4.	P-205	2	9.270,65	88,56	413,15	14	6	52,5
5.	P-206	2	4274,56	180,4	504,98	14	6	8
6.	P-207	2	3699,59	180,4	138,17	12	4	6
7.	P-208	2	1,913	22,96	26,13	4	2	0,5
8.	P-209	2	5,801	32,8	35,97	4	2	0,5
9.	P-212	2	5957,25	114,8	314,85	9	2	14
10	P-213	2	34,322	13,21	128,74	8	2	0,5

7.7 Unit penyediaan udara tekan

7.7.1 Kebutuhan Udara Steam

Kebutuhan udara tekan pada unit proses dapat dilihat pada Tabel L-D.4. Udara tekan yang disuplai ke unit proses bersuhu 30°C.

Tabel L-D.4 Data Kebutuhan Udara Tekan

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1.	Rotary Dryer	RD-101	6.540,53
Jumlah			6.540,53

Faktor keamanan (fk) = 10% lebih besar dari kebutuhan udara tekan, maka:

Total kebutuhan udara tekan = (100% + fk) × kebutuhan udara tekan normal

$$= (100\% + 10\%) \times 6.540,53 \text{ kg/jam}$$

$$= 7.194,58 \text{ kg/jam}$$

7.7.2 Spesifikasi Alat

a. Kompresor (K-201)

Fungsi = Alat penyedia udara tekan

Tipe = Rotary compressor

Kondisi operasi:

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 101,3 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = 3 \text{ atm} = 304 \text{ N/m}^2$$

$$T = 30^\circ\text{C} = 303,2 \text{ K}$$

Laju alir massa = 7.194,58 kg/jam

Densitas udara (ρ) = 1,1644 kg/m³

Laju alir volumetrik (V) = 6.178,79 m³/jam

Faktor keamanan (fk) = 20%

Kapasitas kompresor (Q_k)

$$\begin{aligned} Q_f &= (100\% + fk) \times \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} \\ &= (100\% + 10\%) \times \frac{6.178,79 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,1644 \text{ kg/m}^3} \\ &= 6.367,69 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Daya

Rasio panas spesifik (γ) = $\frac{C_p}{C_v} = 1,4$ (Perry & Green, 1997, Hal. 2-183)

$$-W.m = \left[\frac{1}{\gamma-1} \right] \times P_1 \times V_1 \times \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

$$= \left[\frac{1}{1,4-1} \right] \times 101,3 \times 6.178,79 \text{ m}^3/\text{jam} \times \left[\left(\frac{304}{101,3} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right]$$

$$= 576.993,48 \text{ Nm/h}$$

$$= 0,01 \text{ HP}$$

Efisiensi (η) = 80%

Kebutuhan daya kompresor = $\frac{-W.m}{\eta}$

$$= \frac{0,01 \text{ HP}}{80\%}$$

$$= 0,5 \text{ HP}$$

7.8 Unit penyediaan bahan kimia

7.8.1 Kebutuhan Bahan Kimia

Kebutuhan bahan kimia pada unit proses berdasarkan perhitungan neraca massa dapat dilihat pada Tabel L-D.5.

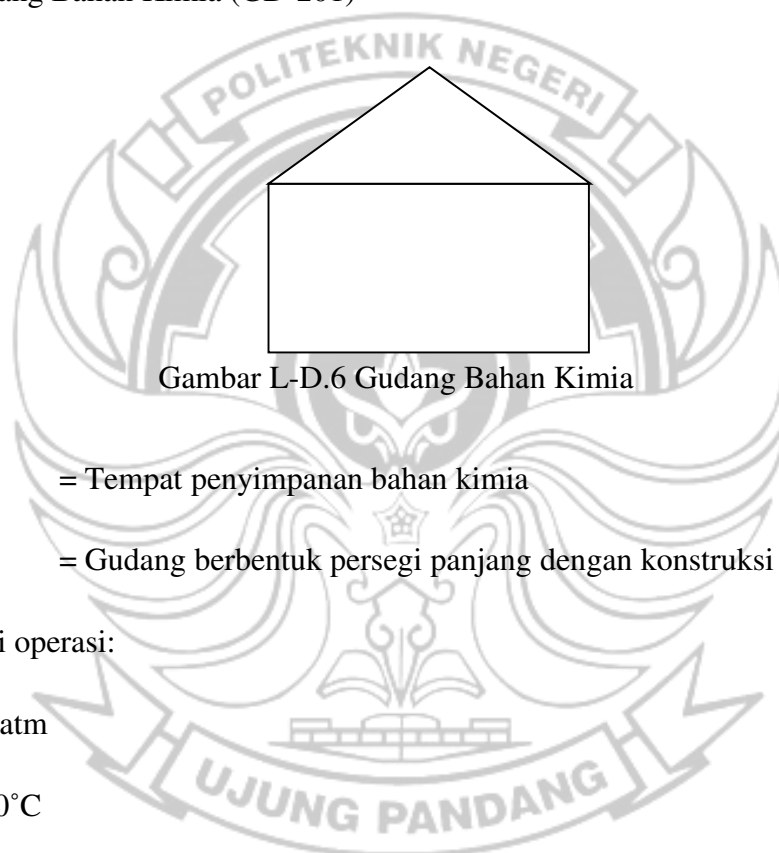
Tabel L-D.5 Data Kebutuhan Bahan Kimia

No.	Nama Bahan	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
1.	Kalium hidroksida (KOH)	8710,79

2.	Kalium klorida (KCl)	2931,52
3.	Natrium Hipoklorit (NaClO)	237,94
Jumlah		11880,25

7.8.2 Spesifikasi Alat

a. Gudang Bahan Kimia (GD-201)



Gambar L-D.6 Gudang Bahan Kimia

Fungsi = Tempat penyimpanan bahan kimia

Tipe = Gudang berbentuk persegi panjang dengan konstruksi beton

Kondisi operasi:

$P = 1 \text{ atm}$

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

Laju alir massa = 11880,25 kg/jam

Densitas Campuran (ρ) = 2092,55 kg/m³

Waktu penyimpanan = 7 hari

Faktor keamanan (fk) = 20%

Volume Gudang (V_G)

$$\begin{aligned}\text{Volume bahan} &= \frac{\text{massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{11880,25 \text{ kg/jam}}{2092,55 \text{ kg/m}^3} \times 7 \text{ hari} \times \frac{24 \text{ jam}}{\text{hari}} \\ &= 966,42 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$V = 0,11 \times D^3$$

$$966,42 \text{ m}^3 = 0,11 \times D^3$$

$$D^3 = \frac{966,42 \text{ m}^3}{0,11}$$

$$\begin{aligned}D &= \sqrt[3]{8785,66} \text{ m}^3 \\ &= 20,63 \text{ m}\end{aligned}$$

$$R = 10,32 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Alas} &= \pi \times R^2 \\ &= 3,14 \times (10,32 \text{ m})^2 \\ &= 334,24 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Untuk jalan transportasi dan allowance sebesar 20%, maka:

$$\begin{aligned}\text{Luas yang diperlukan} &= (100\% + 20\%) \times \text{Luas alas} \\ &= 1,20 \times 334,24 \text{ m}^2 \\ &= 417,79 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ditetapkan panjang} &= \text{lebar} = \sqrt[2]{417,79} \text{ m}^2 \\ &= 20,44 \text{ m}\end{aligned}$$

Tinggi minimal bangunan = tinggi maksimal bahan:

$$L = 0,4 \times D$$

$$= 0,4 \times 20,44 \text{ m}$$

$$= 8,25 \text{ m}$$

Allowance tinggi sebesar 20%,maka:

$$\text{Tinggi bangunan} = 1,2 \times 8,25 \text{ m}$$

$$= 9,90 \text{ m}$$

Dasar lantai bangunan dari lantai semen cor besi bertulang dengan tinggi 30 cm diatas permukaan tanah.

Sudut atap adalah 20° , maka:

$$\text{Tinggi atap} = R \times \tan 20$$

$$= 9,90 \text{ m} \times 0,3639$$

$$= 3,75 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Gudang} = \text{tinggi bangunan} + \text{tinggi atap}$$

$$= 9,90 \text{ m} + 3,75 \text{ m}$$

$$= 13,65 \text{ m}$$

Kesimpulan:

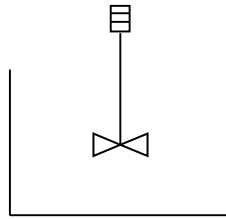
$$\text{Panjang bangunan} = 13,65 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bangunan} = 20,44 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi max. bangunan} = 13,65 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi gudang} = 9,90 \text{ m}$$

b. Tangki Pelarutan KOH (T-203)



Gambar L-D.7 Tangki Pelarutan KOH

Fungsi = Tempat pelarutan padatan KOH

Tipe = Tangki berbentuk silinder dengan alas berbentuk flat dan tanpa tutup atas

Kondisi operasi:

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

$$\text{Laju alir massa KOH} = \frac{8710,79}{5} = 1742,16 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Laju alir massa H}_2\text{O} = 4076,79 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Laju alir massa} = 5818,81 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = 1426,89 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 1 \text{ jam}$$

Tangki

a. Volume Tangki (V_s)

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= \frac{\text{Massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan} \\ &= \frac{5818,81 \text{ kg/jam}}{1426,89 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam} \\ &= 4,36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = (100\% + f_k) \times \text{volume larutan}$$

$$= (100\%+10\%) \times 4,36 \text{ m}^3$$

$$= 4,79 \text{ m}^3$$

b. Dimensi Tangki

Asumsi:

- Perbandingan tinggi silinder (Hs) dengan diameter (D) tangki = 3:2

(Hs = 2D) Sehingga tinggi dan diameter tangki, yaitu:

Tinggi Silinder

$$H = \frac{3}{2} D$$

$$= 1,5 D$$

Luas Penampang Tangki

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

Diameter Silinder

$$V = H \cdot A$$

$$= 1,5 D \times \frac{\pi}{4} D^2$$

$$Vs = 1,5 D^3 \times \frac{\pi}{4}$$

$$4,79 \text{ m}^3 = \frac{1,5 \times 3,14}{4} \times D^3$$

$$4,79 \text{ m}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{4,79 \text{ m}^3}{1,1775}$$

$$D = \sqrt[3]{4,072} \text{ m}^3$$

$$D = 1,60 \text{ m}$$

$$= 62,87 \text{ in}$$

$$Hs = 1,5D$$

$$\begin{aligned}
 H_s &= 1,5 \times 1,60 \text{ m} \\
 &= 2,39 \text{ m} \\
 &= 94,30 \text{ in}
 \end{aligned}$$

c. Tinggi Cairan dalam Tangki (H_c)

$$H_c = \frac{\text{Volume Larutan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_s$$

$$\begin{aligned}
 H_c &= \frac{4,36 \text{ m}^3}{4,79 \text{ m}^3} \times 2,39 \text{ m} \\
 &= 2,17 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Tekanan Desain (P)

$$\text{Tekanan Hidrostatik (P}_h) = \rho \times H_c \times g$$

$$\begin{aligned}
 P_h &= 1426,89 \text{ kg/m}^3 \times 2,17 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 &= 30.449,33 \text{ kg.m/s}^2 \\
 &= 30.449,33 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

$$P_h = 4,57 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan operasi (P}_o) = 1 \text{ atm}$$

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = P_h + P_o$$

$$P = 4,57 \text{ Psi} + 14,7 \text{ Psi}$$

$$P = 19,27 \text{ Psi}$$

$$= (100\% + 10\%) \times 19,27 \text{ Psi}$$

$$= 21,19 \text{ Psi}$$

e. Tebal Tangki (t_s)

Diketahui: Jenis bahan : Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 20000 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal.542)

Tekanan design (P) = 21,19 Psi

Inside diameter (ID) = 62,86 in

Inside radius (ri) = 31,43 in

$$\begin{aligned}t_s &= \frac{Pri}{fE-0,6P} + C \\&= \frac{21,19 \text{ psi} \times 31,43 \text{ in}}{(20000 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 21,19 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} \\&= 0,166 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih t_s standar = 3/16 in (0,187 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter luar (OD)

$$\begin{aligned}\text{OD} &= \text{ID} + (2 \times t_s \text{ standar}) \\&= 62,86 \text{ in} + (2 \times 0,187 \text{ in}) \\&= 63,24 \text{ in} \\&= 0,95 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipilih OD standar = 72 in = 1,83 m (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter dalam standar (ID standar)

$$\begin{aligned}\text{ID standar} &= \text{OD standar} - (2 \times t_s \text{ standar}) \\&= 72 \text{ in} - (2 \times 0,187 \text{ in}) \\&= 71,625 \text{ in} \\&= 1,79 \text{ m}\end{aligned}$$

Pengaduk

Tipe pengaduk = Six blade open turbine

Kec. Pengadukan (N) = 60 rpm = 1 rps

Jumlah baffle = 4 buah

Viskositas campuran (μ) = 0,00339 kg/m.s

Densitas campuran (ρ) = 1426,89 kg/m³

d. Dimensi Pengaduk Ketentuan pengaduk (Geankoplis, 1993, Hal. 144):

$$D_a = 0,3D_t$$

$$W = 1/5D_a$$

$$L = 1/4D_a$$

$$C = 1/3D_t$$

$$J = 1/12D_t$$

Dimana,

D_t = diameter dalam tangki = 1,79 m

D_a = diameter impeller

W = lebar blade

C = jarak pengaduk dari dasar tangki

L = panjang blade

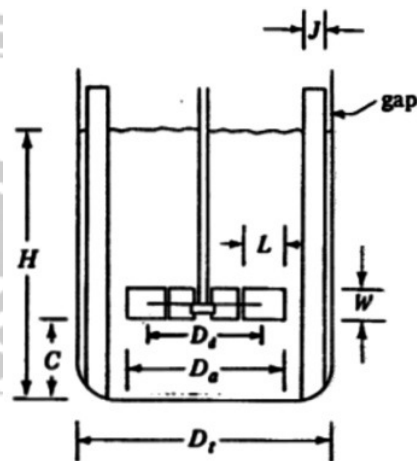
J = lebar baffle

Sehingga,

$$D_a = 0,3(1,79 \text{ m}) = 0,537 \text{ m}$$

$$W = 1/5(0,537 \text{ m}) = 0,107 \text{ m}$$

$$C = 1/3(1,79 \text{ m}) = 0,597 \text{ m}$$



$$L = 1/4(0,537 \text{ m}) = 0,134 \text{ m}$$

$$J = 1/12(1,79 \text{ m}) = 0,149 \text{ m}$$

e. Bilangan Reynold ($N'Re$)

$$\begin{aligned} N'Re &= \frac{(Da^2) \cdot N \cdot \rho}{\mu} && \text{(Geankoplis, 1993, Hal. 144)} \\ &= \frac{(0,537^2) \times 1 \times 1426,89}{0,00339} \\ &= 121.116,996 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai $N'Re$ sehingga nilai power number (N_p) yaitu 5 (Fig 3.4-4 Geankoplis, 1993, Hal. 144).

f. Daya Pengaduk

$$\begin{aligned} P &= N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 && \text{(Geankoplis, 1993, Hal. 144)} \\ &= 5 \times 1426,89 \times 0,5^3 \times 0,447^5 \\ &= 319,15 \text{ Watt} \\ &= 0,43 \text{ HP} \\ &= 0,5 \text{ HP} \end{aligned}$$

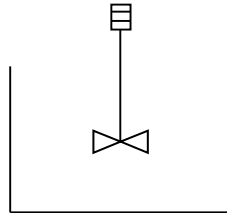
$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan Daya} &= 0,5 \text{ HP} \times 2 \text{ unit} \\ &= 1 \text{ HP} \end{aligned}$$

Kesimpulan

Tinggi tangki	= 94,30 in	= 2,40 m
Diameter dalam tangki (ID)	= 71,62 in	= 1,81 m
Diameter luar tangki (OD)	= 72 in	= 1,83 m
Tebal tangki	= 0,1875 in	
Daya pengaduk	= 1 HP	

Jumlah unit = 2 unit

c. Tangki Pelarutan KCl (T-204)



Gambar L-D.8 Tangki Pelarutan KCl

Fungsi = Tempat pelarutan padatan KCl

Tipe = Tangki berbentuk silinder dengan alas berbentuk flat dan tanpa tutup atas

Kondisi operasi :

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

$$\text{Laju alir massa KOH} = \frac{2931,52 \text{ kg/jam}}{2} = 1465,76 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Laju alir massa H}_2\text{O} = 4397,28 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Laju alir massa} = 5863,04 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas campuran } (\rho) = 1332,97 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu penyimpanan} = 1 \text{ jam}$$

Tangki

a. Volume Tangki (V_s)

$$\text{Volume bahan} = \frac{\text{Massa}}{\rho} \times \text{waktu penyimpanan}$$

$$= \frac{5863,04 \text{ kg/jam}}{1332,97 \text{ kg/m}^3} \times 1 \text{ jam}$$

$$= 4,70 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tangki} &= (100\% + f_k) \times \text{volume larutan} \\
 &= (100\% + 10\%) \times 4,70 \text{ m}^3 \\
 &= 5,17 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. Dimensi Tangki

Asumsi:

- Perbandingan tinggi silinder (H_s) dengan diameter (D) tangki = 3:2 ($H_s = 2D$) Sehingga tinggi dan diameter tangki, yaitu:

Tinggi Silinder

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{3}{2} D \\
 &= 1,5 D
 \end{aligned}$$

Luas Penampang Tangki

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

Diameter Silinder

$$\begin{aligned}
 V &= H \cdot A \\
 &= 1,5 D \times \frac{\pi}{4} D^2
 \end{aligned}$$

$$V_s = 1,5 D^3 \times \frac{\pi}{4}$$

$$5,17 \text{ m}^3 = \frac{1,5 \times 3,14}{4} \times D^3$$

$$5,17 \text{ m}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{5,17 \text{ m}^3}{1,1775}$$

$$D = \sqrt[3]{4,392} \text{ m}^3$$

$$D = 1,637 \text{ m}$$

$$= 64,47 \text{ in}$$

$$H_s = 1,5D$$

$$H_s = 1,5 \times 1,637 \text{ m}$$

$$= 2,457 \text{ m}$$

$$= 87,92 \text{ in}$$

c. Tinggi Cairan dalam Tangki (H_c)

$$H_c = \frac{\text{Volume Larutan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_s$$

$$H_c = \frac{4,70 \text{ m}^3}{5,17 \text{ m}^3} \times 2,457 \text{ m}$$

$$= 2,23 \text{ m}$$

d. Tekanan Desain (P)

$$\text{Tekanan Hidrostatik (P}_h) = \rho \times H_c \times g$$

$$P_h = 1332,97 \text{ kg/m}^3 \times 2,23 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 29.172,70 \text{ kg.m/s}^2$$

$$= 29.172,70 \text{ Pa}$$

$$P_h = 4,38 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan operasi (P}_o) = 1 \text{ atm}$$

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = P_h + P_o$$

$$P = 4,38 \text{ Psi} + 14,7 \text{ Psi}$$

$$P = 19,07 \text{ Psi}$$

$$= (100\% + 10\%) \times 19,07 \text{ Psi}$$

$$= 20,98 \text{ Psi}$$

e. Tebal Tangki (t_s)

Diketahui : Jenis bahan : Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 20000 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal.542)

Tekanan design (P) = 20,98 Psi

Inside diameter (ID) = 64,48 in

Inside radius (ri) = 32,24 in

$$\begin{aligned}t_s &= \frac{Pri}{fE-0,6P} + C \\&= \frac{20,98 \text{ psi} \times 32,24 \text{ in}}{(20000 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 20,98 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in} \\&= 0,167 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih t_s standar = 3/16 in (0,187 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter luar (OD)

$$\begin{aligned}\text{OD} &= \text{ID} + (2 \times t_s \text{ standar}) \\&= 64,48 \text{ in} + (2 \times 0,187 \text{ in}) \\&= 64,85 \text{ in} \\&= 0,97 \text{ m}\end{aligned}$$

Dipilih OD standar = 66 in (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter dalam standar (ID standar)

$$\begin{aligned}\text{ID standar} &= \text{OD standar} - (2 \times t_s \text{ standar}) \\&= 66 \text{ in} - (2 \times 0,187 \text{ in}) \\&= 65,63 \text{ in} \\&= 1,64 \text{ m}\end{aligned}$$

Pengaduk

Tipe pengaduk = Six blade open turbine

Kec. Pengadukan (N) = 60 rpm = 1 rps

Jumlah baffle = 4 buah

Viskositas campuran (μ) = 0,00328 kg/m.s

Densitas campuran (ρ) = 1332,97 kg/m³

Dimensi Pengaduk Ketentuan pengaduk (Geankoplis, 1993, Hal. 144)

$$D_a = 0,3D_t$$

$$W = 1/5D_a$$

$$L = 1/4D_a$$

$$C = 1/3D_t$$

$$J = 1/12D_t$$

Dimana,

D_t = diameter dalam tangki = 1,64 m

D_a = diameter impeller

W = lebar blade

C = jarak pengaduk dari dasar tangki

L = panjang blade

J = lebar baffle

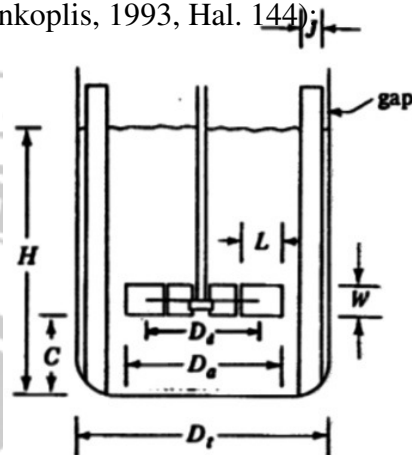
Sehingga,

$$D_a = 0,3(1,64 \text{ m}) = 0,492 \text{ m}$$

$$W = 1/5(0,492\text{m}) = 0,098 \text{ m}$$

$$C = 1/3(1,64 \text{ m}) = 0,547 \text{ m}$$

$$L = 1/4(0,492\text{m}) = 0,123 \text{ m}$$



$$J = 1/12(1,64 \text{ m}) = 0,137 \text{ m}$$

Bilangan Reynold ($N'Re$)

$$N'Re = \frac{(Da^2) \cdot N \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, 1993, Hal. 144})$$

$$= \frac{(0,492^2) \times 1 \times 1332,98}{0,00328}$$

$$= 98.272,042$$

Berdasarkan nilai $N'Re$ sehingga nilai power number (N_p) yaitu 5 (Fig 3.4-4 Geankoplis, 1993, Hal. 144).

Daya Pengaduk

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad (\text{Geankoplis, 1993, Hal. 144})$$

$$= 5 \times 1332,98 \times 0,5^3 \times 0,492^5$$

$$= 192,51 \text{ Watt}$$

$$= 0,26 \text{ HP}$$

$$= 0,5 \text{ HP}$$

$$\text{Total Kebutuhan Daya} = 0,5 \text{ HP} \times 2 \text{ unit}$$

$$= 1 \text{ HP}$$

Kesimpulan

Tinggi tangki = 93,51 in = 2,38 m

Diameter dalam tangki (ID) = 65,62 in = 1,66 m

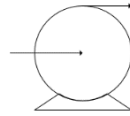
Diameter luar tangki (OD) = 66 in = 1,68 m

Tebal tangki = 0,1875 in

Daya pengaduk = 0,5 HP

Jumlah unit = 2 unit

d. Pompa (P-210)



Gambar L.D-9 Pompa

Fungsi = Mengalirkan larutan KOH menuju tangki penyimpanan larutan KOH 6%

Tipe = Centrifugal pump

Bahan konstruksi = Drawn tubing

Laju alir massa = 5.818,81 kg/jam

= 12.830,47 ib/jam

= 3,56 ib/s

Densitas campuran (ρ) = 1335 kg/m³

= 83,304 ib/ft³

Viskositas campuran (μ) = 0,0012 ib/ft.s

Kapasita Pompa (Q_f)

$$\begin{aligned} Q_f &= \frac{Q}{\text{densitas}} \\ &= \frac{12.830,47 \text{ ib/jam}}{83,304 \text{ ib/ft}^3} \\ &= 154,02 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,043 \text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 19,20 \text{ gallon/menit (gpm)} \end{aligned}$$

Laju alir pipa diasumsi sebagai aliran turbulen. Dari Peter, persamaan 14-15 hal.

496 ($N_{re} \geq 2100$), maka diameter pipa optimum (Di_{opt}) :

$$\begin{aligned}
 Di, \text{opt.} &= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (p)^{0,13} \quad (\text{Peters \& Timmerhaus, 1991, Hal. 496}) \\
 &= 3,9 \times (0,043 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (83,304 \text{ ib/ft}^3)^{0,13} \\
 &= 1,678 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 13 hal 888 Peter, dipilih :

Nominal size pipe	= 12 in
Schedule number	= 40
Tebal Pipa	= 0,406 in = 0,0338 ft
Inside diameter (ID)	= 11,938 in = 0,994 ft
Outside diameter (OD)	= 12,75 in = 1,062 ft
Inside cross sectional area	= 0,7773 ft ²

a. Kecepatan Pompa (v)

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Qf}{A} = \frac{0,043 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,7773 \text{ ft}^2} = 0,049 \text{ ft/s} \\
 &= 0,055 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

b. Bilangan Reynold (Nre)

Cek terhadap aliran:

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{\rho \times Di \times v}{\mu} \\
 &= \frac{83,304 \text{ ib.ft}^3 \times 1,062 \text{ ft} \times 0,055 \frac{\text{ft}}{\text{s}}}{0,0012 \frac{\text{ib}}{\text{ft.s}}} \\
 &= 4.014 \quad (\text{karena } N_{re} > 2100, \text{ maka asumsi awal benar})
 \end{aligned}$$

c. Panjang Total Pipa

Direncanakan :

$$\text{Panjang pipa lurus (L)} = 12 \text{ meter} = 3,28 \text{ ft}$$

6 elbow 90°

$$\begin{aligned} Le/D &= 32 Le = 32 \cdot 6 \cdot D \dots\dots\dots (Peter Table 1, hal 484) \\ &= 32 \times 6 \times 0,994 \text{ ft} \\ &= 190,93 \text{ ft} \end{aligned}$$

3 gate valve, open :

$$\begin{aligned} Le/D &= 7 \dots\dots\dots (Peter Table 1, hal 484) \\ Le &= 7 \cdot n \cdot D \\ &= 7 \times 3 \times 0,994 \text{ ft} \\ &= 20,304 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Maka total pipa } Le = 252,59 \text{ ft} = 77,04 \text{ m}$$

Dipilih material pipa komersial steel :

$$\begin{aligned} \epsilon &= 0,00015 \\ \epsilon/D &= 0,00015/0,994 \\ &= 0,00015 \dots\dots\dots (Peter, Fig. 14-1 hal 482) \\ f &= 0,0041 \end{aligned}$$

Friksi yang Terjadi (F)

Friksi sepanjang pipa lurus :

$$\begin{aligned} F &= \frac{2 f x V^2 x L}{g c x D} \\ &= \frac{2 \times 0,0041 \times \left(0,055 \frac{ft}{s}\right)^2 \times 39,26 \text{ ft}}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 \times 1,062 \text{ ft}} \\ &= 0,0000285 \text{ ibf.ft/Ibm} \end{aligned}$$

Friksi karena sambungan (elbow 90°)

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{2 x f x V^2 x L e}{g c x D} \\
 &= \frac{2 x 0,009 x \left(0,055 \frac{ft}{s}\right)^2 x 190,93 ft}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 x 1,062 ft} \\
 &= 0,000138 \text{ ibf.ft/Ibm}
 \end{aligned}$$

Friksi karena adanya bukaan (Gate valve) :

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{2 x f x V^2 x L e}{g c x D} \\
 &= \frac{2 x 0,009 x \left(0,055 \frac{ft}{s}\right)^2 x 20,88 ft}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 x 1,062 ft} \\
 &= 0,0000162 \text{ ibf.ft/Ibm}
 \end{aligned}$$

Total friksi (ΣF) :

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= (0,0000285 + 0,000138 + 0,0000162) \text{ ibf.ft/Ibm} \\
 &= 0,000183 \text{ ibf.ft/Ibm}
 \end{aligned}$$

d. Daya Pompa

Mechanical Kerja Pompa (Ws)

Diketahui :

$$\text{Tekanan 1 (P}_1\text{)} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tekanan 2 (P}_2\text{)} = 2 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi pipa 1 (z}_1\text{)} = 0 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pipa 2 (z}_2\text{)} = 6,792 \text{ m}$$

$$\text{Velocity 1 (v}_1\text{)} = 0 \text{ (fluida dalam tangki)}$$

$$\text{Velocity 2 (v}_2\text{)} = 0,015 \text{ m/s}$$

$$\text{Gaya gravitasi (g)} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Total friction loss (}\Sigma F\text{)} = 0,000183 \text{ ibf.ft/ibm}$$

e. Menghitung velocity head

V_1 = Kecepatan linear fluida pada titik1

V_2 = Kecepatan linear fluida pada titik2

Karena kecepatan linear cairan pada titik 1 dan 2 relatif sama maka,

$$V_1 = V_2 = \frac{v_1^2}{2 \cdot gc} = 0 \text{ ft.Ibf/Ibm}$$

f. Menghitung potensial head

$$\frac{\Delta Z \cdot g}{gc} = \frac{(6,792 - 2) \text{ ft} \times 9,8 \text{ m/s}^2}{2 \times 32,2 \frac{\text{ft} \cdot \text{Ibm}}{\text{Ibf} \cdot \text{s}}} = 15,74 \text{ ft.Ibf/Ibm}$$

g. Menghitung pressure head

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{2 \text{ atm} - 1 \text{ atm}}{83,304 \text{ ib/ft}^3} = 0,012 \text{ ft.Ibf/Ibm}$$

h. Penentuan Kerja Pompa (W)

Berdasarkan persamaan Bernoulli :

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{v^2}{2 \cdot gc} + \Sigma F \dots \dots \text{(Peter, Pers.10, Hal. 486)}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} W &= (0,012 + 15,74 + 0 + 0,000183) \text{ ibf.ft/Ibm} \\ &= 15,74 \text{ ibf.ft/Ibm} \end{aligned}$$

Penentuan Daya Pompa (P)

$$\begin{aligned} P &= \frac{\rho \times Q \times W}{550} \\ &= \frac{83,304 \frac{\text{ib}}{\text{ft}^3} \times 0,042 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} \times 15,74 \text{ ibf.ft/Ibm}}{550} \\ &= 0,102 \text{ HP} \end{aligned}$$

Berdasarkan Stanley Wallas Fig. 14-37 hal 520, efisiensi pompa (η) = 18 %

Maka :

Brake Horse Power (BHP) :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{P}{n} \\ &= \frac{0,102 \text{ HP}}{18\%} \\ &= 0,567 \text{ HP} \end{aligned}$$

Penentuan Daya Motor (N) Berdasarkan Peter Fig. 14-38 hal 521, untuk BHP

= 0,567 HP maka diperoleh efisiensi motor = 80 %, sehingga :

$$\begin{aligned} N &= \frac{0,567}{80\%} \\ &= 0,7 \text{ HP} \\ &= 1 \text{ HP} \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Bahan = Commercial steel

Jenis pompa = Pompa centrifugal

Jenis impeller = Radial – Vane Vield

Kapasitas = 17,02 gpm

Diameter pipa = 11,94 in

Panjang total pipa = 77,04 m

Jumlah elbow = 6

Jumlah valve = 3

Motor = 1 HP

Jumlah unit = 2 buah

Adapun pompa lainnya yang digunakan sebagai berikut dengan spesifikasi (Tabel L-D.3) mengikuti cara perhitungan diatas.

1. P-211 : Mengalirkan larutan KCl ke tangki penyimpanan larutan KCl 1%
2. P-214 : Mengalirkan larutan NaClO 12% ke tangki penyimpanan larutan NaClO 0,2%

Tabel L-D.6 Spesifikasi Pompa Unit Penyedia Bahan Kimia

No	Kode Pompa	Jumlah Unit	Kapasitas Pompa (ft ³ /jam)	Diameter Pipa (in)	Panjang Total Pipa (m)	Jumlah Elbow	Jumlah Valve	Daya Motor /Unit (HP)
1.	P-211	2	318,46	11,938	76,608	6	3	3,0
2.	P-214	2	4,16	1,049	17,68	6	3	0,5

7.9 Unit penyediaan listrik

7.9.1 Kebutuhan Listrik Unit Proses

Berdasarkan hasil perhitungan spesifikasi peralatan proses kebutuhan listrik pada unit proses dapat dilihat pada Tabel L-D.6.

Tabel L-D.6 Kebutuhan Listrik Unit Proses

No.	Nama Alat	Kode	Daya Standar
1	Tangki penyimpanan larutan KCl 1%	T-101	9,5
2	Tangki penyimpanan larutan KOH 6%	T-102	7,5
3	Tangki penyimpanan larutan NaClO 0,2%	T-103	10
4	Belt Coveyor 1	BC-101	1

5	Tangki Pencucian	TP-101	7,5
6	Ekstraktor	EK-101	33
7	Rotary cutter	RC-101	11
8	Bucket Elevator 1	BE-101	2
9	Rotary Drum Filter 1	RF-101	4
10	Tangki Presipitasi	TR-101	21
11	Rotary Drum Filter 2	RF-102	4
12	Belt Conveyor 2	BC-102	1
13	Rotary Dryer	RD-101	1
14	Ball Mill	BM-101	135
15	Screener	SC-101	1
16	Bucket Elevator 2	BE-102	2
18	Belt Conveyor 3	BC-103	2
19	Pompa	P-101	5
20	Pompa	P-102	11,5
21	Pompa	P-103	2,5
22	Pompa	P-104	2
23	Pompa	P-105	1,5
24	Pompa	P-106	5,5
Total			278,92

Kebutuhan listrik unit proses = 278,92 HP = 209,19 kW

7.9.2 Kebutuhan Listrik Unit Produksi

Berdasarkan hasil perhitungan spesifikasi peralatan utilitas kebutuhan listrik pada unit utilitas dapat dilihat pada **Tabel L-D.7**

Tabel L-D.7 Data Kebutuhan Listrik Unit Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Daya Standar
1	Pompa	P-201	8,5
2	Pompa	P-202	4
3	Pompa	P-203	0,5
4	Pompa	P-204	44
5	Pompa	P-205	6
6	Pompa	P-206	4
7	Pompa	P-207	0,5
8	Pompa	P-208	0,5
9	Pompa	P-209	0,5
10	Pompa	P-210	1
11	Pompa	P-211	2,5
12	Pompa	P-212	14
13	Pompa	P-213	0,5
14	Pompa	P-214	0,5
15	Tangki Pelarut KOH	T-203	0,5
16	Tangki Pelarut KCl	T-204	0,1
17	Demin Plant	DP-201	27
18	Kompresor	K-201	0,01
Total			115,5

Kebutuhan listrik unit utilitas = 115,5 HP = 86,625 kW

7.9.3 Kebutuhan Listrik Unit Produksi

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik produksi} &= \text{listrik unit proses} + \text{listrik unit utilitas} \\ &= 209,19 \text{ kW} + 86,625 \text{ kW} \\ &= 295,81 \text{ kW}\end{aligned}$$

7.9.4 Kebutuhan Listrik Instrumen

Kebutuhan listrik instrumen merupakan perkiraan kebutuhan listrik pada laboratorium, kantor, bengkel, dan lainnya.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik instrument} &= 50\% \text{ dari total kebutuhan listrik proses} \\ &= 50\% \times 295,81 \text{ kW} \\ &= 147,91 \text{ kW}\end{aligned}$$

7.9.5 Kebutuhan Listrik Kontrol

Kebutuhan listrik kontrol merupakan perkiraan kebutuhan listrik pada alat-alat kontrol.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik kontrol} &= 35\% \text{ dari total kebutuhan listrik proses} \\ &= 35\% \times 295,81 \text{ kW} \\ &= 103,54 \text{ kW}\end{aligned}$$

7.9.6 Kebutuhan Listrik Penerangan

Kebutuhan listrik penerangan merupakan perkiraan kebutuhan listrik alat penerang di kantor, laboratorium dan lainnya.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik penerangan} &= 35\% \text{ dari total kebutuhan listrik proses} \\ &= 35\% \times 295,81 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$= 103,54 \text{ kW}$$

7.9.7 Kebutuhan Listrik Prasarana Lainnya

Kebutuhan listrik prasarana merupakan perkiraan kebutuhan listrik pada kantin, klinik, musholla, dan lainnya.

Kebutuhan listrik prasarana = 40% dari total kebutuhan listrik proses

$$= 40\% \times 295,81 \text{ kW}$$

$$= 118,33 \text{ kW}$$

7.9.8 Total Kebutuhan Listrik

Total kebutuhan listrik pada prarancangan pabrik ini, yaitu:

Total kebutuhan listrik = kebutuhan listrik produksi + listrik instrumen + listrik kontrol + listrik penerangan + listrik prasarana lainnya

$$= (295,81 + 147,91 + 103,54 + 103,54 + 118,33) \text{ kW}$$

$$= 846,03 \text{ kW}$$

Faktor keamanan (fk) = 10% lebih besar dari kebutuhan listrik normal, maka:

Total kebutuhan listrik = $(100\% + \text{fk}) \times$ kebutuhan listrik normal

$$= (100\% + 10\%) \times 769,12 \text{ kW}$$

$$= 846,03 \text{ kW}$$

Kebutuhan listrik disuplai dari PLN sebesar 1000 kW namun untuk mengatasi gangguan listrik yang terjadi, maka digunakan generator sebagai cadangan pasokan listrik.

7.9.9 Spesifikasi Alat

- a. Generator (G-201)

Fungsi = Alat penyedia cadangan listrik apabila terjadi gangguan PLN

Tipe = Generator diesel

Kapasitas = 1000 kW

- Kebutuhan Bahan Bakar Generator ($BB_{generator}$)

Estimasi konsumsi bahan bakar generator, yaitu:

Diketahui:

Faktor ketetapan konsumsi solar per kilowatt per jam (k) = 0,21 L/kW.jam

Daya generator (P) = 1000 kW

Diperkirakan total gangguan listrik dalam 1 tahun produksi sebanyak 2 minggu ($t = 336$ jam), maka:

$$\begin{aligned} BB_{generator} &= k \times P \times t && \text{(Yudiono, et al., 2018, Hal. 21)} \\ &= 0,21 \text{ L/kW.jam} \times 1000 \text{ kW} \times 336 \text{ jam/tahun} \\ &= 70.560 \text{ L/tahun} \end{aligned}$$

Apabila kebutuhan peratahun dibagi dalam 1 pekan, maka:

$$\begin{aligned} BB_{generator} &= 70.560 \text{ L/tahun} \times \\ &= 13.56,92 \text{ L/pekan} \\ &= 8,08 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

7.10 Unit penyediaan bahan bakar

Unit ini bertujuan menyediakan bahan bakar yang dibutuhkan oleh beberapa alat. Jenis bahan bakar yang digunakan yaitu diesel fuel (solar) dengan karakteristik berikut (Chevron, 2007, Hal.35):

Densitas diesel fuel (ρ) = 850 kg/m³

Heating value (H_v) = 18.330 BTU/lb

7.10.1 Kebutuhan Bahan Bakar Boiler (BBboiler)

$$\begin{aligned} \text{BB}_{\text{boiler}} &= \text{bahan bakar boiler} \times 168 \text{ jam/pekan} \\ &= 1054,32 \text{ L/jam} \times 168 \text{ jam/pekan} \\ &= 177.125,3 \text{ L/pekan} \end{aligned}$$

7.10.2 Kebutuhan Bahan Bakar Generator (BBgenerator)

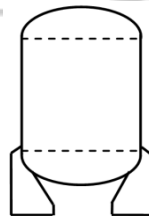
$$\begin{aligned} \text{BB}_{\text{generator}} &= 1356,92 \text{ L/pekan} \\ &= 8,08 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

7.10.3 Total Kebutuhan bahan Bakar

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan bahan bakar} &= \text{BBboiler} + \text{BBgenerator} \\ &= (177.125,3 + 1356,92) \text{ L/pekan} \\ &= 178.482,2 \text{ L/pekan} \\ &= 1062,4 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

7.10.4 Spesifikasi Alat

- a. Tangki Penyimpanan Solar (T-205)



Gambar L-D.10 Tangki Penyimpanan Solar

Fungsi = Tempat penyimpanan solar

Tipe = Tangki berbentuk silinder dengan tutup atas dan alas berbentuk torispherical

Kondisi operasi:

$$P = 1 \text{ atm}$$

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

Densitas campuran (ρ) = 850 kg/m³

Waktu penyimpanan = 1 pekan

Faktor keamanan (fk) = 20%

$$\begin{aligned} \text{Laju alir volumetrik (Q)} &= \frac{178.482,2 \text{ L/pekan}}{2} = 89.241,09 \text{ L/pekan} \\ &= 89,24 \text{ m}^3/\text{pekan} \end{aligned}$$

Volume Tangki (Vs)

Volume solar = Q × waktu penyimpanan

$$= 89,24 \text{ m}^3/\text{pekan} \times 1 \text{ pekan}$$

$$= 89,24 \text{ m}^3/\text{pekan}$$

Volume tangki = (100% + fk) × volume solar

$$= (100\% + 20\%) \times 89,24 \text{ m}^3/\text{pekan}$$

$$= 107,09 \text{ m}^3$$

Dimensi Tangki

Asumsi:

- Perbandingan tinggi silinder (Hs) dengan diameter (D) tangki = 3:2 (Hs = 1,5D)

Sehingga tinggi dan diameter tangki, yaitu:

a. Tinggi Silinder

$$H = \frac{3}{2} D$$

$$= 1,5 D$$

b. Luas Penampang Tangki

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

c. Diameter Silinder

$$V = H \cdot A$$

$$= 1,5 D \times \frac{\pi}{4} D^2$$

$$V_s = 1,5 D^3 \times \frac{\pi}{4}$$

$$107,09 \text{ m}^3 = \frac{1,5 \times 3,14}{4} \times D^3$$

$$107,09 \text{ m}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{107,09 \text{ m}^3}{1,1775}$$

$$D = \sqrt[3]{90,94 \text{ m}^3}$$

$$D = 4,49 \text{ m}$$

$$= 177,05 \text{ in}$$

$$H_s = 1,5D$$

$$H_s = 1,5 \times 4,49 \text{ m}$$

$$= 6,74 \text{ m}$$

$$= 265,57 \text{ in}$$

d. Tinggi Cairan dalam Tangki (H_c)

$$H_c = \frac{\text{Volume Larutan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_s$$

$$H_c = \frac{89,24 \text{ m}^3}{107,09 \text{ m}^3} \times 6,74 \text{ m}$$

$$= 5,62 \text{ m}$$

e. Tekanan Desain (P)

$$\text{Tekanan Hidrostatik (P}_h) = \rho \times H_c \times g$$

$$P_h = 850 \text{ kg/m}^3 \times 5,62 \text{ m} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$= 46.825,61 \text{ kg.m/s}^2$$

$$P_h = 7,02 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan operasi (P}_o) = 1 \text{ atm}$$

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = P_h + P_o$$

$$P = 7,02 \text{ Psi} + 14,7 \text{ Psi}$$

$$P = 21,72 \text{ Psi}$$

$$= (100\% + 10\%) \times 21,72 \text{ Psi}$$

$$= 23,89 \text{ Psi}$$

f. Tebal Tangki (ts)

Diketahui:

Jenis bahan: Carbon steel SA-283 grade C

Allowable stress (f) = 12650 Psi (Brownell & Young, 1959, Hal. 251)

Welded-joint efficiency (E) = 80% (Brownell & Young, 1959, Hal. 254)

Corrosion allowance (C) = 0,125 in (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal.542)

Tekanan design (P) = 23,89 Psi

Inside diameter (ID) = 177,05 in

Inside radius (ri) = 88,52 in

$$t_s = \frac{Pri}{fE - 0,6P} + C$$

$$= \frac{23,89 \text{ psi} \times 88,52 \text{ in}}{(12.650 \text{ psi} \times 80\%) - (0,6 \times 23,89 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,334 \text{ in}$$

Dipilih t_s standar = 7/16 in (0,438 in) (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter luar (OD)

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + (2 \times t_s \text{ standar}) \\ &= 177,05 \text{ in} + (2 \times 0,438 \text{ in}) \\ &= 177,92 \text{ in} \\ &= 4,40 \text{ m} \end{aligned}$$

Dipilih OD standar = 180 in (Brownell & Young, 1959, Hal. 90)

Diameter dalam standar (ID standar)

$$\begin{aligned} \text{ID standar} &= \text{OD standar} - (2 \times t_s \text{ standar}) \\ &= 180 \text{ in} - (2 \times 0,438 \text{ in}) \\ &= 179,12 \text{ in} \\ &= 3,94 \text{ m} \end{aligned}$$

g. Tebal tutup atas dan alas tangki (th)

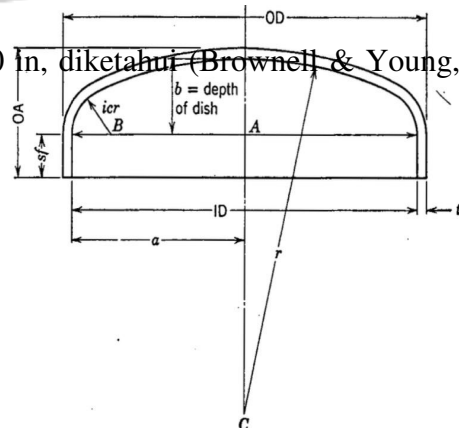
Bentuk tutup: torispherical dished head

Berdasarkan $t_s = 7/16 \text{ in}$ dan $\text{OD} = 180 \text{ in}$, diketahui (Brownell & Young, 1959, Hal. 91):

$$I_{cr} = r_1 = 11 \text{ in}$$

$$r = r_c = 170 \text{ in}$$

$$\frac{r_c}{r_1} = \frac{170 \text{ in}}{11 \text{ in}} = 15,45$$



Stess-intensification factor (W)

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{r1}} \right) && \text{(Brownell \& Young, 1959, Hal. 138)} \\
 &= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{15,45} \right) \\
 &= 1,73
 \end{aligned}$$

Tebal tutup (th)

$$E = 80 \% \quad \text{(Buthod, 1995)}$$

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{P \cdot rc \cdot W}{2fE - 0,6P} + C && \text{(Brownell \& Young, 1959, Hal. 138)} \\
 &= \frac{23,89 \text{ Psi} \times 170 \text{ in} \times 1,73}{(2 \times 12.650 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 23,89 \text{ Psi})} + 0,125 \text{ in} \\
 &= 0,472 \text{ in}
 \end{aligned}$$

h. Dimensi Tutup Atas dan Alas Tangki

$$\begin{aligned}
 \text{Jari-jari head (a)} &= \frac{ID \text{ Standar}}{2} \\
 &= \frac{177,93 \text{ in}}{2} \\
 &= 88,52 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AB &= \frac{ID \text{ Standar}}{2} - icr \\
 &= \frac{177,93 \text{ in}}{2} - 11 \text{ in} \\
 &= 77,52 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BC &= r - icr \\
 &= 170 \text{ in} - 11 \text{ in} \\
 &= 159 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= \sqrt{(159 \text{ in})^2 - (77,52 \text{ in})^2} \\
 &= 138,81 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= r - AC \\
 &= 170 \text{ in} - 159 \text{ in} \\
 &= 31,18 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Pada th standar = 7/16 in (0,438 in), nilai sf yang dipilih, yaitu:

$$sf = 2,00 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959, Hal. 93})$$

Tinggi tutup (OA)

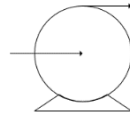
$$\begin{aligned}
 OA &= sf + b + t_h \\
 &= 2,00 + 31,18 \text{ in} + 0,438 \text{ in} \\
 &= 33,62 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi tangki} &= H_s + (2 \times OA) \\
 &= 265,57 \text{ in} + (2 \times 33,60) \\
 &= 332,81 \text{ in} \\
 &= 8,32 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Diameter dalam tangki (ID)	= 179,12 in	= 4,47 m
Diameter luar tangki (OD)	= 180 in	= 4,5 m
Tebal tangki	= 0,438 in	
Jumlah unit	= 2 unit	

i. Pompa (P-210)



Gambar L-D.11 Pompa

Fungsi = Mengalirkan bahan bakar menuju boiler dan generator

Tipe = Centrifugal pump

Bahan konstruksi = Commercial steel

Laju alir massa = 1062,39 L/jam

= 2342,58 lb/jam

= 0,65 lb/s

Densitas campuran (ρ) = 850 kg/m³

= 53,04 lb/ft³

Viskositas campuran (μ) = 0,0063 lb/ft.s

Kapasita Pompa (Q_f)

$$\begin{aligned}
 Q_f &= \frac{Q}{\text{densitas}} \\
 &= \frac{2342,58 \text{ lb/jam}}{53,04 \text{ lb/ft}^3} \\
 &= 44,17 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 0,0122 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 &= 5,51 \text{ gallon/menit (gpm)}
 \end{aligned}$$

Laju alir pipa diasumsi sebagai aliran laminar. Dari Peter, persamaan 14-15 hal.

496 ($N_{re} \geq 2100$), maka diameter pipa optimum ($D_{i,opt}$) :

$$D_{i,opt} = 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (p)^{0,13} \quad (\text{Peters \& Timmerhaus, 1991, Hal. 496})$$

$$= 3,9 \times (0,0122 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (53,04 \text{ lb}/\text{ft}^3)^{0,13}$$

$$= 0,902 \text{ in}$$

Berdasarkan Tabel 13 hal 888 Peter, dipilih :

- Nominal size pipe = 1/8 in
- Schedule number = 40
- Tebal Pipa = 0,068 in = 0,006 ft
- Inside diameter (ID) = 0,269 in = 0,022 ft
- Outside diameter (OD) = 0,405 in = 0,034 ft
- Inside cross sectional area = 0,0004 ft²

a. Kecepatan Pompa (v)

$$V = \frac{Qf}{A} = \frac{44,17 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0004 \text{ ft}^2} = 30,67 \text{ ft/s}$$

$$= 9,21 \text{ m/s}$$

b. Bilangan Reynold (Nre)

Cek terhadap aliran:

$$N_{re} = \frac{\rho \times Di \times v}{\mu}$$

$$= \frac{53,04 \text{ lb}/\text{ft}^3 \times 0,269 \text{ ft} \times 30,67 \text{ ft/s}}{0,0063 \text{ lb}/\text{ft}\cdot\text{s}}$$

$$= 5.740,66 \quad (\text{karena } N_{re} \geq 2100, \text{ maka asumsi awal benar})$$

c. Panjang Total Pipa

Direncanakan:

Panjang pipa lurus (L) = 15 meter = 49,2 ft

10 elbow 90°

Le/D = 32 Le = 32 . 10 . D..... (Peter Table 1, hal 484)

$$= 32 \times 6 \times 0,022 \text{ ft}$$

$$= 0,595 \text{ ft}$$

4 gate valve, open :

$$Le/D = 7 \dots\dots\dots \text{(Peter Table 1, hal 484)}$$

$$Le = 7 \cdot n \cdot D$$

$$= 7 \times 4 \times 0,052 \text{ ft}$$

$$= 0,052 \text{ ft}$$

$$\text{Maka total pipa } Le = 49,84 \text{ ft} = 15,19 \text{ m}$$

Dipilih material pipa komersial steel :

$$\epsilon = 0,00015$$

$$\epsilon/D = 0,00015/0,052$$

$$= 0,0066 \dots\dots\dots \text{(Peter, Fig. 14-1 hal 482)}$$

$$f = 0,0038$$

Friksi yang Terjadi (F)

Friksi sepanjang pipa lurus :

$$F = \frac{2 \times f \times V^2 \times L}{g_c \times D}$$

$$= \frac{2 \times 0,0038 \times \left(30,67 \frac{ft}{s}\right)^2 \times 49,2 \text{ ft}}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 \times 0,022 \text{ ft}}$$

$$= 487,51 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

Friksi karena sambungan (elbow 90°)

$$F = \frac{2 \times f \times V^2 \times Le}{g_c \times D}$$

$$= \frac{2 \times 0,0038 \times \left(30,67 \frac{ft}{s}\right)^2 \times 0,595 \text{ ft}}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 \times 0,022 \text{ ft}}$$

$$= 5,8971 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

Friksi karena adanya bukaan (Gate valve) :

$$F = \frac{2 x f x V^2 x Le}{gc x D}$$

$$= \frac{2 x 0,0038 x \left(30,67 \frac{ft}{s}\right)^2 x 0,052 ft}{32,2 \text{ ibm} \cdot \frac{ft}{ibf} \cdot s^2 x 0,0 ft}$$

$$= 0,5160 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

Total friksi (ΣF) :

$$\Sigma F = (487,51 + 5,8971 + 0,5160) \text{ ibf.ft/Ibm}$$

$$= 493,92 \text{ ibf.ft/Ibm}$$

d. Daya Pompa

Mechanical Kerja Pompa (W_s)

Diketahui :

$$\text{Tekanan 1 (P}_1\text{)} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tekanan 2 (P}_2\text{)} = 2 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi pipa 1 (z}_1\text{)} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pipa 2 (z}_2\text{)} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Velocity 1 (v}_1\text{)} = 0 \text{ (fluida dalam tangki)}$$

$$\text{Velocity 2 (v}_2\text{)} = 0,61 \text{ m/s}$$

$$\text{Gaya gravitasi (g)} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Total friction loss } (\Sigma F) = 493,92 \text{ ibf.ft/ibm}$$

Menghitung velocity head

$$V_1 = \text{Kecepatan linear fluida pada titik1}$$

$$V_2 = \text{Kecepatan linear fluida pada titik2}$$

Karena kecepatan linear cairan pada titik 1 dan 2 relatif sama maka,

$$V_1 = V_2 = \frac{V_1^2}{2 \cdot gc} = 0 \text{ ft.Ibf/Ibm}$$

Menghitung potensial head

$$\frac{\Delta Z \cdot g}{gc} = \frac{(8,2025 - 1,6405) \text{ ft} \times 9,8 \text{ m/s}^2}{32,2 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbm}}{\text{ibf} \cdot \text{s}}} = 1,9987 \text{ ft.Ibf/Ibm}$$

Menghitung pressure head

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{2 \text{ atm} - 1 \text{ atm}}{53,04 \text{ ib/ft}^3} = 0,0188 \text{ ft.Ibf/Ibm}$$

e. Penentuan Kerja Pompa (W)

Berdasarkan persamaan Bernoulli :

$$-Wf = \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta Z \cdot g}{gc} + \frac{V^2}{2 \cdot gc} + \Sigma F \dots \dots \text{ (Peter, Pers.10, Hal. 486)}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} W &= (2,1756 + 1,9987 + 0 + 493,92) \text{ ibf.ft/Ibm} \\ &= 495,938 \text{ ibf.ft/Ibm} \end{aligned}$$

f. Penentuan Daya Pompa (P)

$$\begin{aligned} P &= \frac{\rho \cdot Q \cdot W}{550} \\ &= \frac{53,04 \frac{\text{ib}}{\text{ft}^3} \times 0,011 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} \times 495,938 \frac{\text{ibf} \cdot \text{ft}}{\text{lbm}}}{550} \\ &= 0,5 \text{ HP} \end{aligned}$$

Berdasarkan Stanley Wallas Fig. 14-37 hal 520, efisiensi pompa (η) = 48 %

Maka:

Brake Horse Power (BHP) :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{P}{n} \\ &= \frac{0,5 \text{ HP}}{48\%} \\ &= 1,3 \text{ HP} \end{aligned}$$

Penentuan Daya Motor (N) Berdasarkan Peter Fig. 14-38 hal 521, untuk

BHP = 1,3 HP maka diperoleh efisiensi motor = 80 %, sehingga :

$$\begin{aligned} N &= \frac{1,3}{80\%} \\ &= 2 \text{ HP} \end{aligned}$$

Kesimpulan

Diameter pipa = 0,022 in

Panjang total pipa = 15,19 m

Jumlah elbow = 10

Jumlah valve = 4

Daya motor per unit = 2 HP

Jumlah unit = 2 unit



LAMPIRAN E

ANALISA EKONOMI

1. Harga Peralatan

Harga peralatan setiap saat akan berubah tergantung pada perubahan ekonomi. Apabila alat pada beberapa tahun yang lalu diketahui, maka harga alat yang sekarang dapat diperkirakan dengan menggunakan *cost index*. Besarnya harga alat dapat diperkirakan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Harga alat sekarang} = \frac{\text{indeks harga tahun sekarang}}{\text{indeks harga tahun X}} \times \text{harga alat tahun X}$$

Daftar indeks harga peralatan menurut *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) dapat dilihat pada tabel L-E.1.

Tabel L-E.1 *Chemical Engineering Plant Cost Index*

Tahun	Annual Index
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	607,2
2020	616,6
2021	626,03
2022	635,5
2023	644,9
2024	654,3

(sumber: Chemical Engineering Magazine, 2024)

Penaksiran indeks harga rata-rata pada tahun pembelian peralatan dengan menggunakan metode *Least Square* (Peters & Timmerhaus, 1991, Hal. 760-761).

Penyelesaian dengan metode ini menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$y = a + b (x - \bar{x})$$

dimana,

$$a = \bar{y}$$

$$b = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2}$$

$$\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}$$

$$\sum(x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{\sum x^2}{n}$$

Keterangan:

\bar{y} = nilai rata-rata

\bar{x} = nilai rata-rata

n = jumlah data

Penaksiran harga peralatan pada tahun 2025, yaitu:

Tabel L-E.2 Penaksiran Indeksi Harga menggunakan Metode *Least Square*

n	x	y	$(\bar{x} - x)(\bar{y} - y)$	$(\bar{x} - x)^2$
1	2014	567,1	173,92	25
2	2015	556,8	180,34	16
3	2016	541,7	180,55	9
4	2017	567,5	68,77	4
5	2018	603,1	-1,22	1
6	2019	607,2	0,00	0
7	2020	616,6	14,72	1
8	2021	626,03	48,29	4
9	2022	635,5	100,85	9

10	2023	644,9	172,06	16
11	2024	654,3	262,08	25
Total	22.209	6.620,73	1.200,36	110

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{6.620,73}{11} = 601,8$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{22.209}{11} = 2019$$

$$a = \bar{y}$$

$$b = \frac{\sum(x-x)(y-y)}{\sum(x-x)^2} = \frac{1200,36}{110} = 10,91$$

$$y = a + b(x - \bar{x})$$

$$y = 601,8 + 10,91(x - 2019)$$

$$= 601,8 + 10,91x - 22.027,29$$

$$= 10,91x - 21.425,39$$

Apabila $x = 2025$, maka nilai indeks harga (y), yaitu:

$$y = 10,91(2025) - 21.425,39$$

$$= 672,146$$

Harga peralatan pada prarancangan ini diambil dari www.matches.com dengan kurs dollar pada tahun 2024 sebesar Rp. 15.387 per USD. Adapun contoh perhitungan alat proses, yaitu sebagai berikut:

Nama alat = Belt Conveyor 1 (BC-101)

Harga tahun 2014 = \$ 82.004

Harga tahun 2025 = $\frac{\text{Indeks harga tahun 2025}}{\text{Indeks harga tahun 2014}} \times \text{harga alat tahun 2014}$

$$= \frac{672,146}{567,1} \times \$ 82.004$$

$$= \$ 97.193,95$$

Untuk harga peralatan lainnya dengan mengikuti cara perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel L-E.3 dan tabel L-E.4.

Tabel L-E.3 Daftar Harga Alat Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Unit	Harga per Unit (USD)		Total Harga (USD)
				2014	2025	
1	Tangki KOH	T-102	5	50.200	59498,76	297493,81
2	Tangki KCl	T-101	5	62.000	73484,53	367422,63
3	Tangki NaClO	T-103	5	41.400	49068,70	245343,50
4	Tangki Bleaching	TB-101	1	40.101	47529,08	47529,08
5	Tangki Pencucian	TP-101	1	46.100	54639,30	54639,30
6	Tangki Presipitasi	TR-101	5	65.400	77514,32	387571,61
7	Tangki Ekstraktor	EK-101	3	81.100	96122,50	288367,50
8	Heater	HE-101	1	44.500	52742,93	52742,93
9	Cooler	CO-101	1	306.100	362800,21	362800,21
10	Belt Conveyor 1	BC-101	1	82.004	97193,95	97193,95
11	Belt Conveyor 2	BC-102	1	37.800	44801,86	44801,86
12	Belt Conveyor 3	BC-103	1	37.600	44564,81	44564,81
13	Rotary Knife Cutter	RK-101	1	36.900	43735,15	43735,15
14	Bucket Elevator 1	BE-101	1	30.200	35794,08	35794,08
15	Bucket Elevator 2	BE-102	1	30.8000	36505,22	36505,22
16	Rotary Dryer	RD-101	1	53.100	62935,94	62935,94
17	Ball Mill	BM-101	1	9.001,36	10668,72	10668,72
18	Screener	SC-101	1	3.405,64	4036,48	4036,48
19	Silo	SL-101	1	51.700	61276,61	61276,61
20	Gudang Bahan Baku	GD-101	1	63.331	75062,07	75062,07
21	Gudang Penyimpanan	GD-102	1	75.500	89485,19	89485,19

	Produk					
22	Rotary Drum Vakum Filter 1	RDVF-101	1	489.790	580515,90	580515,90
23	Rotary Drum Vakum Filter 2	RDVF-102	2	489.790	580515,90	1161031,80
24	Pompa	P-101	2	35.100	41601,72	83203,45
25	Pompa	P-102	2	37.700	44683,33	89.366,67
26	Pompa	P-103	2	36.145	42840,29	85.680,59
27	Pompa	P-104	2	34.045	40351,30	80.702,60
28	Pompa	P-105	2	37.100	43972,19	87.944,38
29	Pompa	P-106	2	37.100	43972,19	87.944,38
Total						4.966.360,41

Tabel L-E.4 Daftar Harga Alat Utilitas

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah Unit	Harga per Unit (USD)		Total Harga (USD)
				2014	2025	
1	Fresh Water Pond	T-201	3	48646,68	57657,71	172.973,14
2	Bar Screen	S-201	1	38976	46195,69	46.195,69
3	Fine Screen	S-202	1	38789	45974,05	45.974,05
4	Tangki Penyimpanan Air Demineral	T-202	1	55100	65306,41	65.306,41
5	Kompresor	K-201	1	354677	420375,34	420.375,34
6	Gudang Bahan Kimia	GD-201	1	65293,4	77387,98	77.387,98
7	Tangki Pelarutan KOH	T-203	2	63300	75025,33	150.050,66
8	Tangki Pelarutan KCl	T-204	2	62700	74314,19	148628,38

9	Generator	G-201	1	76643,79	90840,85	90840,85
10	Tangki Penyimpanan Solar	T-205	3	42300	50135,41	150406,23
11	Electro Delonization	ED-101	3	46070,36	54604,17024	163812,51
11	Pompa	P-201	2	32640	38686,05	77372,09
12	Pompa	P-202	2	33640	39871,28	79742,56
13	Pompa	P-203	2	35660	42265,45	84530,91
14	Pompa	P-204	2	30104	35680,29	71360,59
15	Pompa	P-205	2	33700	39942,40	79884,79
16	Pompa	P-206	2	35255	41785,43	83570,87
17	Pompa	P-207	2	35600	42194,34	84388,68
18	Pompa	P-208	2	32500	38520,11	77040,23
19	Pompa	P-209	2	32645	38691,97	77383,95
20	Pompa	P-210	2	32345	38336,40	76672,81
21	Pompa	P-211	2	32897	38990,65	77981,30
22	Pompa	P-212	2	32475	38490,48	76980,97
23	Pompa	P-213	2	33650	39883,13	79766,27
24	Pompa	P-214	2	33650	39883,13	79766,27
25	Boiler	B-201	1	312.500,78	370386,6389	370.386,64
Total						3.008.780,16

$$\begin{aligned}
\text{Total harga peralatan} &= \text{harga alat utilitas} + \text{harga alat proses} \\
&= \$ 3.008.780,16 + \$ 4.966.360,41 \\
&= \$ 7.975.140,57 \\
&= \text{Rp. } 122.713.487.923
\end{aligned}$$

2. Harga Bahan Baku

2.1 *Eucheuma cottonii*

$$\text{Kebutuhan/jam} = 2.890,92 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga/kg} = \text{Rp. } 6.000 \text{ /kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/jam} &= 2.890,92 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 6.000 \text{ /kg} \\ &= \text{Rp. } 17.345.520 \text{ /jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/tahun} &= \text{Rp. } 17.345.520 \text{ /jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= \text{Rp. } 137.376.518.400 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

2.2 Kalium Hidroksida (KOH)

$$\text{Kebutuhan/jam} = 8.468,65 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga/kg} = \text{Rp. } 6.003 \text{ /kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/jam} &= 8.468,65 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 6.003 \text{ /kg} \\ &= \text{Rp. } 50.839.338 \text{ /jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/tahun} &= \text{Rp. } 50.839.338 \text{ /jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= \text{Rp. } 402.647.560.334 \end{aligned}$$

2.3 Kalium Klorida (KCl)

$$\text{Kebutuhan/jam} = 2.850,03 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga/kg} = \text{Rp. } 2.251 \text{ /kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/jam} &= 2.850,03 \text{ kg/jam} \times \text{Rp. } 2.251 \text{ /kg} \\ &= \text{Rp. } 6.416.045 \text{ /jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/tahun} &= \text{Rp. } 6.416.045 \text{ /jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= \text{Rp. } 50.815.072.730 \end{aligned}$$

2.4 Natrium Hipoklorit (NaClO)

$$\text{Kebutuhan/jam} = 231,32 \text{ kg/jam}$$

Harga/kg = Rp. 15.000 /kg

Harga/jam = 231,32 kg/jam × Rp. 15.000 /kg
= Rp. 3.469.800/jam

Harga/tahun = Rp. 3.469.800/jam × 24 jam/hari × 330 hari/tahun
= Rp. 27.480.816.00

Total harga bahan baku/tahun = harga *Eucheuma cottonii* + harga KOH + harga

KCl + harga NaClO

= Rp. 137.376.518.400 + Rp. 402.647.560.334
+ Rp. 50.815.072.730 + Rp. 27.480.816.00
= Rp. 618.319.967.464

3. Harga Produk (*Refined Kappa Karaginan*)

Jumlah produksi/jam = 1.641,414 kg/jam

Jumlah produksi/tahun = 13.000 ton/tahun

Harga/kg = Rp. 170.000 /kg

Harga/jam = 1.641,414 kg/jam × Rp. 170.000 /kg
= Rp. 279.040.380

Harga/tahun = Rp. 279.040.380 × 24 jam/hari × 330 hari/tahun
= Rp. 2.209.999.809.600

4. Harga Utilitas

4.1 Air Bersih (PDAM)

$$\text{Kebutuhan/jam} = 770.638,03 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga/kg} = \text{Rp } 26 \text{ /kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/jam} &= 770.638,03 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 26 \text{ /kg} \\ &= \text{Rp. } 19.689.802 \text{ /jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/tahun} &= \text{Rp. } 19.689.802 \text{ /jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= \text{Rp. } 155.943.229.199 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

4.2 Listrik

$$\text{Kebutuhan/jam} = 1.000 \text{ kWh}$$

$$\text{Harga/kWh} = \text{Rp } 1.552,88 \text{ /kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/jam} &= 1.000 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.552,88 \text{ /kWh} \\ &= \text{Rp. } 1.552.880 \text{ /jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/tahun} &= \text{Rp. } 1.552.880 \text{ /jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= \text{Rp. } 12.298.809.600 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

4.3 Solar

$$\text{Kebutuhan/jam} = 1064,4 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Harga/kg} = \text{Rp } 20.050 \text{ /kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/jam} &= 1064,4 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 20.050 \text{ /kg} \\ &= \text{Rp. } 21.341.220 \text{ /jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga/tahun} &= \text{Rp. } 21.341.220 \text{ /jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= \text{Rp. } 169.022.462.400 \text{ /tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total harga utilitas/tahun} &= \text{harga air PDAM} + \text{harga listrik} + \text{harga solar} \\ &= \text{Rp. } 155.943.229.199 + \text{Rp. } 12.298.809.600 \end{aligned}$$

+ Rp. 169.022.462.400

= Rp. 337.264.501.199

5. Gaji Karyawan

Gaji karyawan untuk pabrik ini didasarkan pada UMR di Kabupaten Takalar pada tahun 2024 yaitu Rp. 3.434,298, dapat digunakan perhitungan bunga sederhana (*simple present*) untuk menentukan nilai uang masa depan (*future value*), dengan asumsi:

Suku bunga (i) = 3% (rata-rata laju inflasi di Indonesia)

n (tahun) = 4 tahun

Berdasarkan tabel bunga dengan $i = 3\%$ dan $n = 4$ tahun, maka UMR Kabupaten Takalar pada tahun 2028 yaitu Rp. 3.865.333.

Tabel L-E.5 Perincian Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah Orang	Gaji/Bulan/Orang (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	23.191.996	23.191.996
Direktur Teknik & Produksi	1	19.326.663	19.326.663
Direktur Keuangan & Umum	1	19.326.663	19.326.663
Sekretaris	1	11.595.998	11.595.998
Staf Ahli	3	5.797.999	17.393.996,9
General Manager Produksi	1	13.528.664	13.528.664
General Manager Teknik	1	13.528.664	13.528.664
General Manager Logistik & Keuangan	1	13.528.664	13.528.664
General Manager Humas & Keamanan	1	13.528.664	13.528.664
Senior Manager Produksi	1	11.595.998	11.595.998

Senior Manager Listrik & Instrumentasi	1	11.595.998	11.595.998
Senior Manager Logistik	1	11.595.998	11.595.998
Senior Manager Administrasi & Keuangan	1	11.595.998	11.595.998
Senior Manager Personalia	1	11.595.998	11.595.998
Senior Manager K3 & Lingkungan	1	11.595.998	11.595.998
Manager Produksi	1	7.730.665	7.730.665
Manager Laboratorium	1	7.730.665	7.730.665
Manager Utilitas	1	7.730.665	7.730.665
Manager K3	1	7.730.665	7.730.665
Manager Unit Pengolahan Limbah	1	7.730.665	7.730.665
Manager Pemeliharaan & Bengkel	1	7.730.665	7.730.665
Manager Listrik & Instrumentasi	1	7.730.665	7.730.665
Manager Gudang	1	7.730.665	7.730.665
Manager Pembelian	1	7.730.665	7.730.665
Manager Pemasaran	1	7.730.665	7.730.665
Manager Administrasi	1	7.730.665	7.730.665
Manager Keuangan	1	7.730.665	7.730.665
Manager Humas	1	7.730.665	7.730.665
Manager Keamanan	1	7.730.665	7.730.665
Supervisor Unit Pengolahan Limbah	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor K3	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor Pemeliharaan & Bengkel	1	5.797.999	5.797.998

Supervisor Listrik & Instrumentasi	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor Produksi	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor Laboratorium	1	5.797.999	5.797.998
Supervisor Utilitas	1	5.797.999	5.797.998
Karyawan Produksi	30	5.024.932	150.747.974
Karyawan Laboratorium	10	5.024.932	50.249.324,5
Karyawan Utilitas	10	5.024.932	50.249.324,5
Karyawan K3	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Pengolahan Limbah	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Pemeliharaan & bengkel	12	5.024.932	60.299.189,4
Karyawan Unit Listrik & Instrumentasi	12	5.024.932	60.299.189,4
Karyawan Pembelian	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Pemasaran	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Keuangan	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Administrasi & Personalia	4	5.024.932	20.099.729,8
Karyawan Humas	3	5.024.932	15.074.797,4
Karyawan Gudang	10	5.024.932	50.249.324,5
Dokter	2	5.797.999	11.595.998
Perawat	8	5.024.932	40.199.459,6
Sopir	10	4.251.866	42.518.659,2
Petugas Keamanan	10	4.251.866	42.518.659,2
Petugas Kebersihan	7	3.865.333	27.057.328,6
Total	181		1.059.874.214

Apabila jumlah karyawan sebanyak 181 orang serta diasumsikan dalam 1 tahun terdapat 12 bulan, maka total gaji karyawan yang dibutuhkan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Total gaji/tahun} &= 12 \text{ bulan/tahun} \times \text{Rp } 1.059874.214/\text{bulan} \\ &= \text{Rp. } 12.718.490.569 \end{aligned}$$

6. Investasi Total/Total Capital Investment (TCI)

Total capital investment merupakan jumlah *fixed capital investment* (FCI) dan atau *working capital investment* (WCI). FCI merupakan jumlah biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tak langsung (*indirect cost*) yang dapat diperkirakan seperti pada tabel L-E.6.

Tabel L-E.6 Perkiraan *Direct* dan *Indirect Cost* berdasarkan Komponen biaya

A. Direct Cost (DC)			
1.	Harga Peralatan (HP)	Rp	122.713.487.923
2.	Instalasi peralatan (30% dari HP)	Rp	36.814.046.377
3.	Instrumentasi dan control (45% dari HP)	Rp	55.221.069.565
4.	Perpipaan (55% dari HP)	Rp	67.492.418.358
5.	Listrik (30% dari HP)	Rp	36.814.046.377
6.	Bangunan (50% dari HP)	Rp	61.356.743.961
7.	Fasilitas pelayanan dan perbaikan lahan (70% dari HP)	Rp	85.899.441.546
8.	Lahan/tanah (8% dari HP)	Rp	9.817.079.034
Total Direct Cost (DC)		Rp	476.128.333.141
B. Indirect Cost (IC)			
1.	Engineering & supervision (35% dari DC)	Rp	166.644.916.599
2.	Biaya konstruksi dan kontraktor (40% dari DC)	Rp	190.451.333.256
3.	Biaya tak terduga (45% dari DC)	Rp	214.257.749.913

Total Indirect Cost (IC)	Rp	571.353.999.769
---------------------------------	----	-----------------

6.1 Fixed Capital Investment (FCI)

$$\begin{aligned} \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\ &= \text{Rp. } 476.128.333.141 + \text{Rp. } 571.353.999.769 \\ &= \text{Rp } 1.047.482.332.910 \end{aligned}$$

6.2 Total Capital Investment (TCI)

$$\text{WCI} = 10\% - 20\% \text{ dari TCI} \quad (\text{Peters \& Timmerhaus, 1991. Hal 209})$$

$$\text{Dipilih WCI} = 15\% \text{ dari TCI}$$

$$\begin{aligned} \text{TCI} &= \text{WCI} + \text{FCI} \\ &= \text{Rp } 1.047.482.332.910 + 15\% \text{ TCI} \\ &= \frac{\text{Rp } 1.047.482.332.910}{85\%} \end{aligned}$$

$$\text{TCI} = \text{Rp. } 1.232.332.156.364$$

6.3 Working Capital Investment (WCI)

$$\begin{aligned} \text{WCI} &= 15\% \text{ dari TCI} \\ &= 15\% \times \text{Rp. } 1.232.332.156.364 \\ &= \text{Rp. } 184.849.823.455 \end{aligned}$$

7. Modal Investasi

Modal yang digunakan terdiri dari:

$$\begin{aligned} \text{a. Modal sendiri} &= 60\% \text{ dari TCI} \\ &= 60\% \times \text{Rp. } 1.232.332.156.364 \\ &= \text{Rp. } 739.399.293.819 \end{aligned}$$

$$\text{b. Modal Pinjaman} = 40\% \text{ dari TCI}$$

$$= 40\% \times \text{Rp. } 1.232.332.156.364$$

$$= \text{Rp. } 492.932.862.546$$

Total modal investasi = modal sendiri + modal pinjaman

$$= \text{Rp. } 739.399.293.819 + \text{Rp. } 492.932.862.546$$

$$= \text{Rp. } 1.232.332.156.364$$

8. Biaya Produksi Total/*Total Production Cost* (TPC)

Total production cost (TPC) expenses merupakan jumlah *manufacturing cost* dan *general expenses*. Komponen-komponen biayanya yaitu pada tabel L-E.7 dan tabel L-E.8

Tabel L-E.7 Perkiraan *Manufacturing Cost*

A. <i>Direct Production Cost</i> (DPC)		
1.	Bahan Baku	Rp 618.319.967.464
2.	Gaji Karyawan (GK)	Rp 12.718.490.569
3.	Pengawas dan tenaga kerja administrasi (20% dari GK)	Rp 2.543.698.114
4.	Utilitas	Rp 337.264.501.199
5.	Perawatan dan perbaikan (8% dari FCI)	Rp 83.798.586.633
6.	Suplai pabrik (1% dari FCI)	Rp 10.474.823.329
7.	Biaya Laboratorium (15% dari GK)	Rp 1.907.773.585
8.	Paten dan royalty (4% dari TPC)	0,04 TPC
Total <i>Direct Production Cost</i> (DPC)		Rp 1.067.027.840.892 + 0,04 TPC
B. <i>Fixed Charges</i> (FC)		
1.	Depresiasi (10% dari FCI)	Rp 105.975.368.170
2.	Pajak Lokal (3% dari FCI)	Rp 31.424.469.987
3.	Asuransi (1% dari FCI)	Rp 10.474.823.329
Total <i>Fixed Charges</i> (FC)		Rp 147.874.661.487
C. <i>Plant-Overhead Cost</i> (10% dari TPC)		0,1 TPC

Tabel L-E.7 Perkiraan *General Expenses*

<i>General Expenses (GE)</i>	
1.	Biaya administrasi (5% dari TPC) 0,05 TPC
2.	Biaya distribusi dan penjualan (10% dari TPC) 0,1 TPC
3.	Biaya riset dan pengembangan (5% dari TPC) 0,05 TPC
4.	Hutang piutang dan bunga bank (12% dari modal pinjaman) Rp 59.151.943.505
Total <i>General Expenses (GE)</i> Rp 59.151.943.505 + 0,2 TPC	

8.1 Total *Manufacturing Cost (TMC)*

$$\begin{aligned} \text{TMC} &= \text{DPC} + \text{FC} + \text{plant-overhead cost} \\ &= \text{Rp } 1.067.027.840.892 + 0,04 \text{ TPC} + \text{Rp } 147.874.661.487 + 0,1 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp } 1.214.902.502.378 + 0,14 \text{ TPC} \end{aligned}$$

8.2 Total *Production Cost (TPC)*

$$\begin{aligned} \text{TPC} &= \text{TMC} + \text{GE} \\ \text{TPC} &= \text{Rp } 1.214.902.502.378 + 0,14 \text{ TPC} + \text{Rp } 59.151.943.505 + 0,2 \text{ TPC} \\ \text{TPC} &= \text{Rp. } 1.274.054.445.884 + 0,34 \text{ TPC} \\ \text{TPC} - 0,34 \text{ TPC} &= \text{Rp. } 1.274.054.445.884 \\ 0,66 \text{ TPC} &= \text{Rp. } 1.274.054.445.884 \\ \text{TPC} &= \text{Rp. } 1.930.385.524.067 \end{aligned}$$

$$\text{TMC} = \text{Rp } 1.214.902.502.378 + 0,14 \text{ TPC}$$

= Rp 1.232.582.607.074 + 0,14 (Rp. 1.930.385.524.067)

= Rp 1.485.156.475.748

GE = Rp 59.151.943.505 + 0,2 TPC

= Rp 59.151.943.505 + 0,2 (Rp. 1.930.385.524.067)

= Rp 445.229.048.319

9. Analisis Kelayakan Ekonomi Pabrik

Skenario Investasi:



Tahun pengadaan alat	: 2025
Tahun konstruksi	: 2026
Masa konstruksi	: 2 tahun
Tahun beroperasi	: 2028
Umur pabrik	: 10 tahun
Bunga bank	: 12%
Modal pinjaman	: Rp. 492.932.862.546
Modal sendiri	: Rp. 739.399.293.819
Depresiasi	: Rp 105.975.368.170
Hasil penjualan	: Rp. 2.274.999.804.000
Laju inflasi	: 4,69% (Bank Indonesia, 2023)
Pajak pendapatan	: 30% (UU RI No. 36, 2008)
Tahun pengembalian pinjaman	: 5 tahun
Laju operasi/kapasitas produksi	:
~ Tahun 1	: 60%
~ Tahun 2	: 80%
~ Tahun 3-10	: 100%

9.1 Biaya Total Produksi

Biaya total produksi tanpa depresiasi = TPC – depresiasi

= Rp. 1.930.385.524.067 - Rp 105.975.368.170

= Rp 1.824.410.155.896

Tabel L-E.9 Tabel Biaya Operasi per Kapasitas

No.	Kapasitas	Biaya Operasi	
1	60%	Rp	1.094.646.093.538
2	80%	Rp	1.459.528.124.717
3	100%	Rp	1.824.410.155.896

9.2 Investasi

Tabel L-E.10 Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi (Tahun)	%	Modal Pinjaman		
		Jumlah	Bunga	Akumulasi
-2	50%	Rp 246.466.431.273	0	Rp 246.466.431.273
-1	50%	Rp 246.466.431.273	Rp 29.575.971.753	Rp 276.042.403.026
0	0%	0	Rp 62.701.060.116	Rp 62.701.060.116
Total Modal Pinjaman Akhir Masa Konstruksi				Rp 585.209.894.414

Tabel L-E.11 Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi (Tahun)	%	Modal Sendiri		
		Jumlah	Inflasi	Akumulasi
-2	50%	Rp 369.699.646.909,32	0	Rp 369.699.646.909
-1	50%	Rp 369.699.646.909,32	Rp 17.348.155.931	Rp 387.047.802.840,54
0	0%	0	Rp 35.510.374.079,51	Rp 35.510.374.079,51
Total Modal Sendiri Akhir Masa Konstruksi				Rp 792.257.823.829

Total biaya produksi akhir masa konstruksi

$$\begin{aligned}
&= \text{total modal pinjaman} + \text{total modal sendiri} \\
&= \text{Rp } 585.209.894.414 + \text{Rp } 792.257.823.829 \\
&= \text{Rp } 1.377.467.718.244
\end{aligned}$$

9.3 Laba Perusahaan

$$\text{Total penjualan per tahun} = \text{Rp. } 2.274.999.804.000$$

$$\begin{aligned}
\text{Laba kotor} &= \text{Harga jual} - \text{Biaya Produksi} \\
&= \text{Rp. } 2.274.999.804.000 - \text{Rp. } 1.930.385.524.067 \\
&= \text{Rp } 344.614.279.933
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Pajak penghasilan} &= 30\% \times \text{Laba kotor} \\
&= 30\% \times \text{Rp } 344.614.279.933 \\
&= \text{Rp } 103.384.283.980
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Laba bersih} &= \text{Laba kotor} - \text{Pajak penghasilan} \\
&= \text{Rp } 344.614.279.933 - \text{Rp } 103.384.283.980 \\
&= \text{Rp } 241.229.995.953
\end{aligned}$$

Nilai penerimaan *Cash Flow* sebelum pajak (C_A)

$$\begin{aligned}
C_{Abt} &= \text{Laba kotor} + \text{depresiasi} \\
&= \text{Rp } 344.614.279.933 + \text{Rp } 105.975.368.170 \\
&= \text{Rp. } 450.589.648.104
\end{aligned}$$

Nilai penerimaan *Cash Flow* setelah pajak (C_A)

$$\begin{aligned}
C_{Aat} &= \text{Laba bersih} + \text{depresiasi} \\
&= \text{Rp } 241.229.995.953 + \text{Rp } 105.975.368.170 \\
&= \text{Rp } 347.205.364.124
\end{aligned}$$

9.4 Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung, dikurangi penyusutan/waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

$$\begin{aligned} \text{POT} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash Flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{\text{Rp } 347.205.364.124}{\text{Rp } 1.047.482.332.910} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 3,02 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

9.5 Break Even Point (BEP)

Analisis *break event point* (BEP) atau titik impas bertujuan untuk mengetahui kapasitas produksi pabrik yang paling minimal agar total biaya produksi sama dengan total penghasilan. Adapun harga BEP digambarkan melalui gambar L-E.1.

Tabel L-E.12 Komponen Biaya menentukan BEP dan SDP

A. Biaya Tetap/Fixed Charges (FC)			
1.	Depresiasi	Rp	105.975.368.170
2.	Pajak Lokal	Rp	31.424.469.987
3.	Asuransi	Rp	10.474.823.329
Total Fixed Charges (FC)		Rp	147.874.661.487
B. Semi Variabel Cost (SVC)			
1.	Gaji Karyawan	Rp	12.718.490.569
2.	Plant-Overhead cost (10% dari TPC)	Rp	195.717.356.148
3.	Pengawas dan tenaga administrasi	Rp	2.543.698.114
4.	General Expenses	Rp	450.586.655.802
5.	Biaya Laboratorium	Rp	1.907.773.585
6.	Perawatan dan perbaikan	Rp	83.798.586.633
7.	Suplai pabrik	Rp	10.474.823.329
Total Semi Variabel Cost (SVC)		Rp	757.747.384.180

C. *Variabel Cost (VC)*

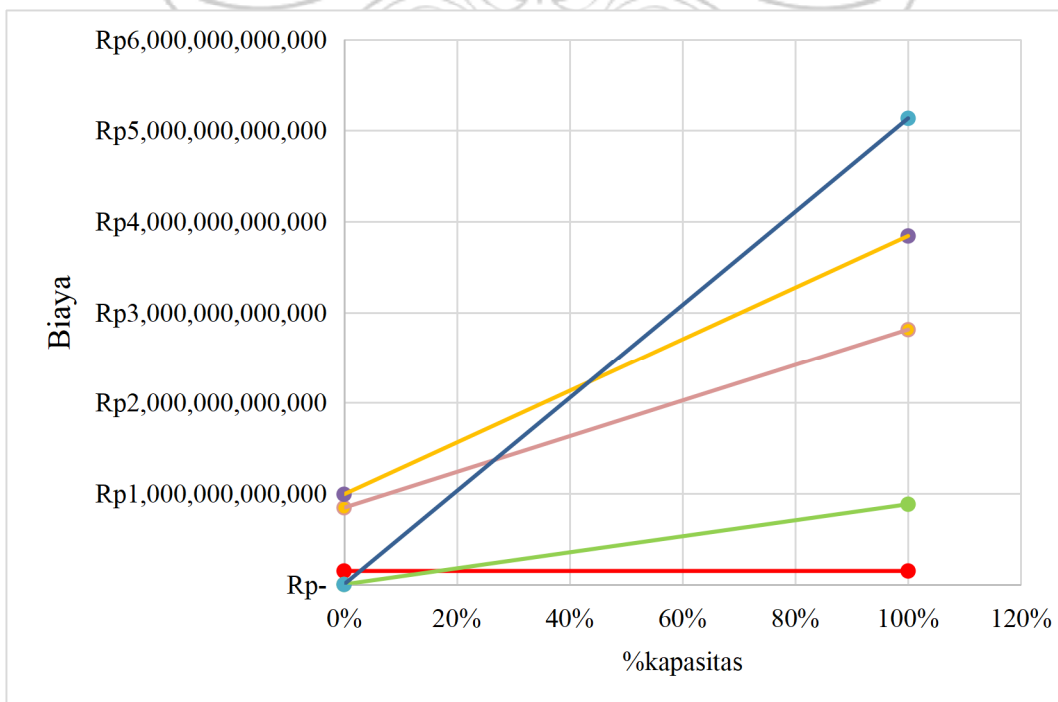
1.	Bahan baku	Rp	636.000.072.159
2.	Utilitas	Rp	337.264.501.199
3.	Paten dan royalti (4% dari TPC)	Rp	78.286.942.459
Total Variabel Cost (VC)		Rp	1.051.551.515.817

D. Hasil Penjualan Produk (S) **Rp 2.209.999.809.600**

Maka didapatkan BEP:

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{FC+0,3 \text{ SVC}}{S-(0,7 \text{ SVC})-VC} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 372.787.953.306}{\text{Rp } 717.402.233.306} \times 100\% \\ &= 51,96 \% \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 51,96 % × 13.000 ton/tahun
= 6.754,8 ton/tahun



Gambar L-E.1 Grafik BEP

Nilai BEP Pabrik Kappa Karaginan yaitu 40% - 60% (Ifa & Nurdjannah,2019, Hal.89). Nilai BEP yang diperoleh memenuhi nilai BEP yang dipersyaratkan, maka dapat dikatakan bahwa pabrik layak untuk didirikan.

9.6 Shut Down Point (SDP)

Shut down point (SDP) bertujuan untuk mengetahui kapasitas produksi dimana *fixed charges* sama dengan jumlah kerugian pabrik.

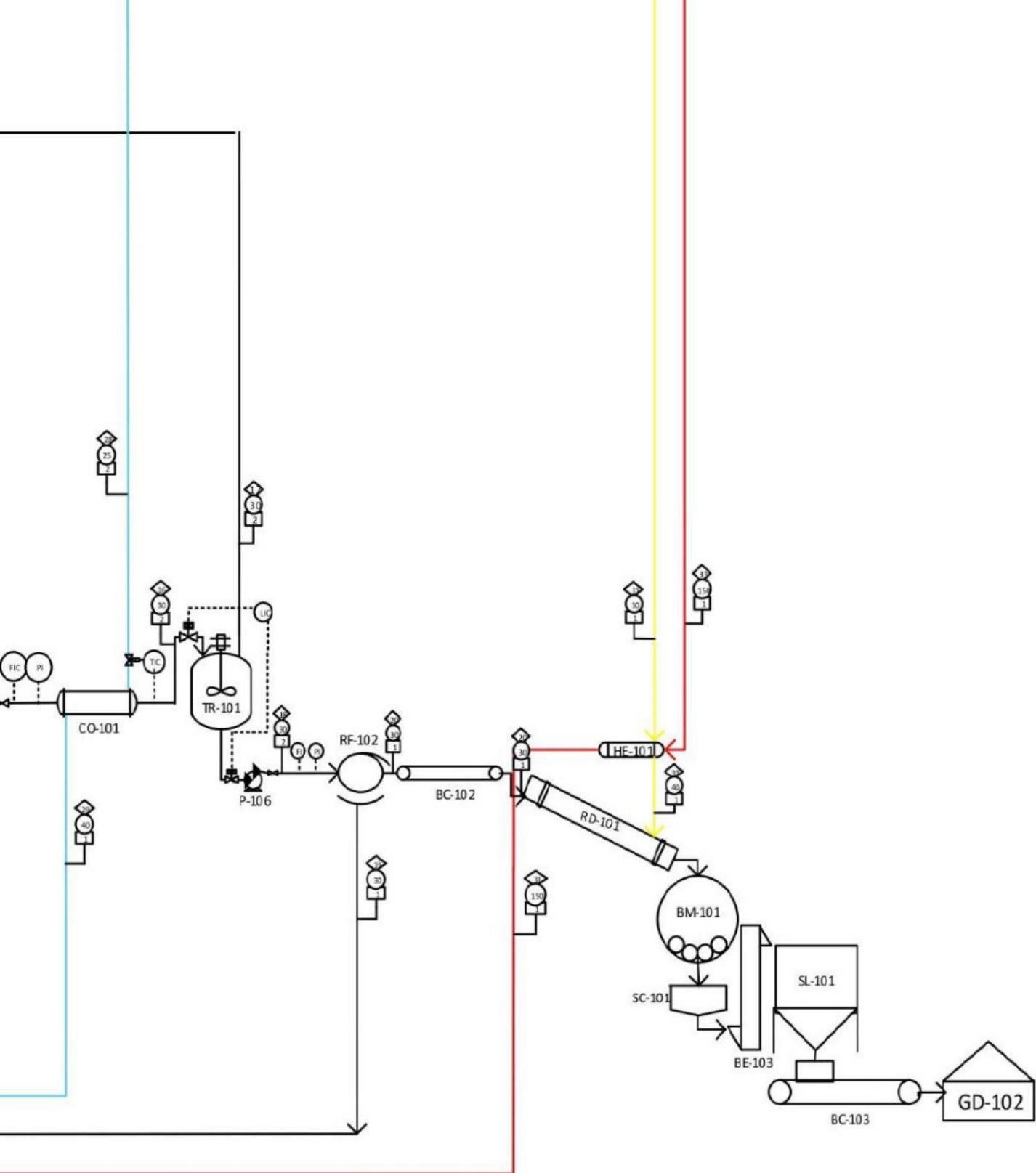
$$\begin{aligned} \text{Shut down point (SDP)} &= \frac{0,3 \text{ SVC}}{S - (0,7 \text{ SVC}) - VC} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 224.913.291.886}{\text{Rp } 717.402.233.306} \times 100\% \\ &= 31,4 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SDP pada kapasitas penjualan} &= 31,4 \% \times 13.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 4.082 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

7	8	9	10	11	12	13
p246.466.431.273	0	Rp246.466.431.273	Rp246.466.431.273	Rp 616.166.078.182,20		
p246.466.431.273	Rp29.575.971.753	Rp276.042.403.026	Rp522.508.834.299	Rp1.279.256.284.048,36		
0	Rp62.701.060.116	Rp 62.701.060.116	Rp585.209.894.414	Rp1.377.467.718.243,69		Rp 585.209.894.414
					Rp 58.520.989.441	Rp 526.688.904.973
					Rp 58.520.989.441	Rp 468.167.915.531
					Rp 58.520.989.441	Rp 409.646.926.090
					Rpb58.520.989.441	Rp 351.125.936.649
					Rp 58.520.989.441	Rp 292.604.947.207
					Rp 58.520.989.441	Rp 234.083.957.766
					Rp 58.520.989.441	Rp 175.562.968.324
					Rp 58.520.989.441	Rp 117.041.978.883
					Rp 58.520.989.441	Rp 58.520.989.441
					Rp 58.520.989.441	-Rp 0

Laba	Laba		Actual Cash flow (Gross)	Net Cash Flow (22-12)	Akumulatif NCF		
	Laba Kotor (Sebelum pajak)	Pajak				Laba Bersih (Setelah pajak)	
15 + 16 + 17	18	19	20	21	22	23	24
1.263.824.130.305	Rp 101.175.752.095	Rp 30.352.725.629	Rp 70.823.026.467	Rp 1.435.822.908.867	Rp 1.377.301.919.425	Rp 1.377.301.919.425	
1.621.683.642.751	Rp 198.316.200.449	Rp 59.494.860.135	Rp 138.821.340.314	Rp 1.958.821.183.514	Rp 1.900.300.194.073	Rp 3.277.602.113.498	
1.979.543.155.197	Rp 295.456.648.803	Rp 88.636.994.641	Rp 206.819.654.162	Rp 2.481.819.458.162	Rp 2.423.298.468.720	Rp 5.700.900.582.218	
1.972.520.636.464	Rp 302.479.167.536	Rp 90.743.750.261	Rp 211.735.417.275	Rp 2.486.735.221.275	Rp 2.428.214.231.833	Rp 8.129.114.814.052	





12	HE-101	Heater
13	P-101	Pompa
14	P-102	Pompa
15	P-103	Pompa
16	P-104	Pompa
17	P-105	Pompa
18	P-106	Pompa
19	RD-101	Rotary Dryer
20	RDVF-101	Rotary Drum Vakum Filter
21	RDVF-102	Rotary Drum Vakum Filter
22	RK-101	Rotary Knife Cutter
23	SC-101	Screener
24	SL-101	Silo
25	T-101	Tangki KCl 1%
26	T-102	Tangki KOH 6%
27	T-103	Tangki NaClO 0,2%
28	TB-101	Tangki Bleaching
29	TP-101	Tangki Pencucian
30	TR-101	Tangki Presipitasi
31	FI	Flow Indicator
32	PI	Pressure Indicator
33	LI	Level Indicator
34	FIC	Flow Indicator Control
35	TIC	Temperatur Indicator Control
34	LIC	Level Indicator Control

KETERANGAN

◇	Nomor Arus
○	Temperatur (°C)
□	Tekanan (atm)



PRODI D-4 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA
BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
2021

PRA-RANCANGAN PABRIK KARAGINAN DARI
EUCHEUMA COTTONII DENGAN KAPASITAS
13.000 TON/TAHUN

Digambar oleh:
1. Nur Innah Dahlan (43120039)
2. Husnul Musyayyadah Nur'Aini (43120049)