

**PRA RANCANGAN PABRIK *REFINED CARRAGEENAN* MENGGUNAKAN
PROSES *GEL PRESS* DENGAN KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi dan Seminar
Skripsi pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,
Universitas Diponegoro**

Disusun Oleh:

Yuniar Arinda Putri Aji NIM 40040119650110
Annisa Aulia Rohmatika NIM 40040119650081

**PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**DESAIN PROYEK PABRIK *REFINED CARRAGEENAN* MENGGUNAKAN PROSES
GEL PRESS DENGAN KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan
Teknik**

Disusun Oleh:

Yuniar Arinda Putri Aji

NIM. 40040119650110

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 27 September 2023

Dosen Pembimbing,


Dr. Eng. Vita Paramita, ST, MM, M.Eng.
NIP. 198102152005012002

HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN PROYEK PABRIK *REFINED CARRAGEENAN* MENGGUNAKAN PROSES *GEL PRESS* DENGAN KAPASITAS 6.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan
Teknik**

Disusun Oleh:

Annisa Aulia Rohmatika

NIM. 40040119650081

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 27 September 2023

Dosen Pembimbing,


Dr. Eng. Vita Paramita, ST, MM, M.Eng.
NIP. 198102152005012002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yuniar Arinda Putri Aji

NIM : 40040119650110

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pra Rancangan Pabrik *Refined Carrageenan* Menggunakan
Proses *Gel Press* dengan Kapasitas 6.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner saya atas nama Yuniar Arinda Putri Aji didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Semarang, 27 September 2023

Yuniar Arinda Putri Aji

NIM. 40040119650110

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Annisa Aulia Rohmatika

NIM : 40040119650081

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Pra Rancangan Pabrik *Refined Carrageenan* Menggunakan
Proses *Gel Press* dengan Kapasitas 6.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi/S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner saya atas nama Yuniar Arinda Putri Aji didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Semarang, 27 September 2023

Annisa Aulia Rohmatika

NIM. 40040119650081

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat dan anugerah-Nya sehingga tugas akhir prarancangan pabrik dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Refined Carrageenan menggunakan Proses Gel Press dengan Kapasitas 6.000 Ton/Tahun”, dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Muhammad Endy Yulianto, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknologi Rekayasa Kimia Industri Universitas Diponegoro.
3. Dr.Eng. Vita Paramita, ST, MM, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing dan Dosen Wali Kelas B di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Universitas Diponegoro, untuk semua ilmu yang tak ternilai harganya.
5. Ayah, Ibu, Kakak, dan semua keluarga yang telah memberikan kasih saying, beribu doa, perhatian dan dukungan sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Teman-teman seperjuangan Arzhimistri 2019 di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Universitas Diponegoro.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga dapat bermanfaat bagi penyusun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Semarang, 27 September 2023

Penyusun

INTISARI

Indonesia sebagai negara dengan berbagai sumber daya kelautan memproduksi rumput laut dalam skala besar khususnya jenis *Eucheuma cottonii*. Salah satu pemanfaatan rumput laut *Eucheuma cottonii* menjadi produk bernilai ekonomis adalah *Refined Carrageenan*. *Refined carrageenan* merupakan produk karaginan hasil olahan rumput laut dengan tingkat kemurnian tertinggi. Karaginan jenis ini memiliki warna yang lebih putih, ukuran partikel lebih halus, pH netral, kekuatan *gel strength* lebih kuat sehingga memiliki harga jual yang lebih tinggi. *Refined carrageenan* biasa digunakan sebagai bahan aditif untuk *gelling*, *thickening*, dan *stabilizing agent* pada industri makanan, kosmetik, dan farmasi. Perancangan pabrik *refined carrageenan* berkapasitas 6000 ton/tahun ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan karaginan yang akan terus mengalami peningkatan seiring perkembangan *costumer goods* di Indonesia.

Proses produksi *refined carrageenan* dipilih menggunakan proses *Gel Press*. Proses ini terbagi dalam 3 tahapan: 1) Persiapan bahan baku, 2) Ekstraksi, 3) Penjedalan dan Penepungan. Tahap pertama adalah persiapan bahan baku, rumput laut dicuci menggunakan air dan dipotong menjadi bagian kecil. Tahap kedua yaitu ekstraksi rumput laut *Eucheuma cottonii* menggunakan larutan NaOH pada suhu 60 °C selama 2,5 jam. Tahap ketiga merupakan penjedalan (pengendapan) larutan karaginan menggunakan KCl 1% untuk pembentukan *gel* yang kemudian di-press, digiling dan dikeringkan menjadi produk bubuk *refined carrageenan*.

Lokasi pabrik *refined carrageenan* akan dibangun di daerah Sumenep, Jawa Timur atas beberapa pertimbangan. Sumenep dekat dengan sumber bahan baku karena merupakan daerah yang memproduksi rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dalam skala besar sehingga meminimalkan waktu dan biaya produksi. Daerah ini memiliki penyediaan air dari laut sebagai air baku yang dimanfaatkan untuk air proses, umpan *boiler*, *hydrant*, dan sanitasi serta listrik dari PLN untuk memenuhi utilitas pabrik. Pada lokasi ini juga terdapat beberapa industri pangan dan non-pangan sebagai target pemasaran produk *refined carrageenan*.

Pabrik *refined carrageenan* akan didirikan berdasarkan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Dalam menjalankan operasional perusahaan, modal berasal dari saham-saham dan obligasi dengan kedudukan tertinggi dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pabrik *refined carrageenan* ini menggunakan struktur organisasi lini dan staff. Banyak karyawan sebanyak 96 orang yang terbagi kedalam 3 unit yaitu karyawan unit proses, karyawan unit utilitas, serta karyawan unit HSE, laboratorium, dan *maintenance*.

Analisis ekonomi dilakukan pada perancangan pabrik *refined carrageenan* ini sebagai bentuk evaluasi serta penilaian investasi dengan metode *Return of Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Break Event Point* (BEP), *Shut Down Point* (SDP) dan *Discounted Cash Flow* (DCF). Hasil perhitungan analisa kelayakan, diperoleh *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 60,15% dan sesudah pajak 45,11%, *Pay Out Time* (POT) pada tahun ke-2, *Break Event Point* (BEP) 47,89%, *Shut Down Point* (SDP) 41,30%, dan *Internal Rate of Return* (IRR) 15,74%. Berdasarkan beberapa hasil analisis dapat disimpulkan bahwa pabrik *Refined Carrageenan* ini layak untuk didirikan.

DAFTAR ISI

PRA RANCANGAN PABRIK <i>REFINED CARRAGEENAN</i> MENGGUNAKAN PROSES <i>GEL PRESS</i> DENGAN KAPASITAS 6000 TON/TAHUN.....	1
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	2
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik.....	9
1.4 Tinjauan Proses	12
BAB II DESKRIPSI PROSES	18
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	18
2.2 Konsep Proses	22
2.3 Langkah Proses.....	24
2.4 Diagram Alir (<i>Flowsheet</i>).....	28
2.5 Neraca Massa dan Neraca Panas	1
2.6 Tata letak Pabrik dan Pemetaan.....	4
BAB III SPESIFIKASI ALAT	10
3.1 Unit Penyimpanan	10
3.2 Unit Pemindah	12
3.2.1 Pompa.....	12
3.2.2 <i>Belt Conveyor</i>	13
3.3 Unit Penukar Panas.....	14
3.4 Unit Reaksi	15
3.5 Unit Pemisah	16
3.6 Unit Pengeringan	17
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES.....	18

4.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Boiler</i>).....	18
4.2	Unit Penyediaan Uap Air (<i>Steam</i>)	30
4.3	Unit Penyediaan Udara Tekan	31
4.4	Unit Pengadaan Listrik	32
4.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar	37
4.6	Unit Laboratorium	39
4.7	Unit Pengolahan Limbah	40
BAB V	MANAJEMEN PERUSAHAAN.....	42
5.1	Bentuk Perusahaan.....	42
5.2	Struktur Organisasi dan Deskripsi Tugas	44
5.2.1	Struktur Organisasi	44
5.2.2	Deskripsi Tugas.....	50
5.3	Kebutuhan Karyawan dan Sistem Penggajian	55
A.	Karyawan Tetap	55
B.	Karyawan Harian.....	55
C.	Karyawan Borongan (<i>Out Sourcing</i>)	56
5.3.1	Pembagian Jam Kerja	56
5.3.2	Jabatan dan Pendidikan.....	57
5.3.3	Jumlah Karyawan dan Gaji.....	58
5.4	Kesejahteraan Karyawan	62
5.5	Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	63
5.6	Manajemen Produksi	64
5.6.1	Perencanaan Produksi.....	65
5.6.2	Pengendalian Produksi.....	66
5.7	<i>Corporate Social Responsibility (CSR)</i>	66
BAB VI	TROUBLESHOOTING.....	69
6.1	<i>Troubleshooting</i> Unit Peyiapan Baham Baku	69
6.2	<i>Troubleshooting</i> Unit Ekstraksi.....	72
6.3	<i>Troubleshooting</i> Unit Penjendalan dan Penepungan	73
BAB VII	ANALISA EKONOMI	76
7.1	Perkiraan Harga Peralatan	76
7.2	Dasar Perhitungan.....	77
7.3	Perhitungan Biaya Produksi (<i>Production Cost</i>)	77
7.3.1	Penaksiran Modal Industri (<i>Total Capital Investment</i>).....	77
7.3.2	Penentuan <i>Manufacturing Cost</i>	78

7.3.3	<i>General Expenses</i>	78
7.4	Analisa Kelayakan	78
7.4.1	<i>Percent Profit on Sales (% POS)</i>	78
7.4.2	<i>Percent return of Investment (ROI)</i>	79
7.4.3	<i>Pay Out Time (POT)</i>	79
7.4.4	<i>Break Event Point (BEP)</i>	79
7.4.5	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	79
7.4.6	<i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	80
7.5	Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi	80
7.5.1	<i>Capital Investment</i>	80
7.5.2	<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	83
7.5.3	<i>Total Manufacturing Cost (TMC)</i>	83
7.5.4	<i>General Expenses</i>	84
7.6	Perhitungan Analisa Kelayakan (<i>Fit and Proper Test</i>)	84
BAB VIII PENUTUP		90
8.1	Kesimpulan	90
DAFTAR PUSTAKA		92
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA		97
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI		113
LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT		133
LAMPIRAN D ANALISA EKONOMI		173

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data impor-ekspor karaginan tahun 2018-2021.....	2
Tabel 1. 2 Data produksi karaginan di Indonesia.....	3
Tabel 1. 3 Industri pengguna karaginan tahun 2009	3
Tabel 1. 4 Data konsumsi karaginan di Indonesia tahun 2013-2021	3
Tabel 1. 5 Pabrik rumput laut di Indonesia berdasarkan provinsi tahun 2014-2020	4
Tabel 1. 6 Spesies rumput laut dan jenis carrageenan yang dihasilkan	6
Tabel 1. 7 Kapasitas produksi refined carrageenan di Indonesia.....	8
Tabel 1. 8 Kapasitas produksi refined carrageenan di luar Indonesia.....	8
Tabel 1. 9 Wilayah penghasil rumput laut di Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur tahun 2019-2020.....	9
Tabel 1. 10 Data industri berbahan refined carrageenan.....	10
Tabel 1. 11 Karakteristik metode produksi karaginan	16
Tabel 2. 1 Data Entalpi Reaksi Standard pada 298 K	24
Tabel 2. 2 Harga ΔG° komponen pada suhu 298 K.....	25
Tabel 2. 3 Neraca Massa di sekitar Vibrating Washer (VW-101)	2
Tabel 2. 4 Neraca Massa di sekitar Mixer (M-101)	2
Tabel 2. 5 Neraca Massa di sekitar Ekstraktor (EK-201)	2
Tabel 2. 6 Neraca Massa di sekitar Filter Screen (FS-201)	3
Tabel 2. 7 Neraca Massa di sekitar Mixer (301)	3
Tabel 2. 8 Neraca Massa di sekitar Tangki Presipitasi (T-302)	4
Tabel 2. 9 Neraca Massa di sekitar Filter Press (FP-301).....	4
Tabel 2. 10 Neraca Massa di sekitar Rotary Dryer (RD-301).....	4
Tabel 2. 11 Neraca Massa Total.....	5
Tabel 2. 12 Neraca Massa Overall	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 13 Neraca panas di sekitar Mixer (M-101)	1
Tabel 2. 14 Neraca panas di sekitar Ekstraktor (EK-201).....	2
Tabel 2. 15 Neraca panas di sekitar Filter Screen (FS-201).....	2
Tabel 2. 16 Neraca panas di sekitar Heat Exchanger (HE-201).....	2
Tabel 4. 1 Kebutuhan Air Proses	18
Tabel 4. 2 Syarat Mutu Air Pendingin	18
Tabel 4. 3 Kebutuhan Air Pendingin.....	19
Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Umpan <i>Boiler</i>	20
Tabel 4. 5 Persyaratan Air Umpan <i>Boiler</i>	29
Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik Untuk Proses	33
Tabel 4. 7 Kebutuhan Listrik Untuk Utilitas.....	33
Tabel 4. 8 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan Indoor	34
Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan Outdoor.....	35
Tabel 4. 10 Kebutuhan Listrik Untuk AC	35
Tabel 4. 11 Total Kebutuhan Listrik	36
Tabel 5. 1 Kelebihan dan Kekurangan Perseroan Terbatas (PT)	43
Tabel 5. 2 Jadwal Kerja Karyawan	56
Tabel 5. 3 Jabatan dan Pendidikan Karyawan.....	57
Tabel 5. 4 Rincian Jumlah Karyawan Unit Proses.....	58
Tabel 5. 5 Rincian Jumlah Karyawan Utilitas.....	59
Tabel 5. 6 Rincian Jumlah Karyawan HSE, Laboratorium, dan Maintenance	60

Tabel 5. 7 Rincian Jumlah Karyawan Dan Gaji.....	60
Tabel 6. 1 Troubleshooting Unit Penyiapan Bahan Baku.....	69
Tabel 6. 2 Troubleshooting Unit Ekstraksi	72
Tabel 6. 3 <i>Troubleshooting</i> Unit Penjendalan dan Penepungan	73
Tabel 7. 1 Total <i>Purchased Equipment Cost</i> (PEC).....	80
Tabel 7. 2 Total Biaya <i>Equipment Installation</i> (EI).....	81
Tabel 7. 3 Total Biaya Pemipaan (Piping Cost).....	81
Tabel 7. 4 Total Biaya Instrumentasi	81
Tabel 7. 5 Total Biaya Insulasi.....	81
Tabel 7. 6 Total Biaya Listrik	81
Tabel 7. 7 Total Physical Plant Cost (PPC)	82
Tabel 7. 8 Total Fixed Capital Investment (FCI)	83
Tabel 7. 9 Total Working Capital Investment (WCI)	83
Tabel 7. 10 Total <i>Capital Investment</i> (TCI).....	83
Tabel 7. 11 Total Manufacturing Cost (TMC).....	83
Tabel 7. 12 Total <i>General Expenses</i>	84
Tabel 7. 13 Total Production Cost (TPC)	84
Tabel 7. 14 <i>Total Fixed Manufacuting Cost</i> (Fa).....	86
Tabel 7. 15 Total <i>Variable Cost</i> (Va).....	86
Tabel 7. 16 Total <i>Regulated Cost</i> (Ra).....	86
Tabel 7. 17 Nilai Cash Flow dan Present Value Sepanjang Umur Pabrik	88
Tabel 7. 18 Data Grafik Analisa Ekonomi	88

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara bahari dengan berbagai potensi sumber daya kelautan. Salah satu sumber daya kelautan Indonesia yang berpeluang besar untuk dimanfaatkan adalah rumput laut khususnya jenis *Eucheuma cottonii*. *Eucheuma cottonii* merupakan rumput laut golongan ganggang merah (*Rhodophyceae*) yang telah dibudidayakan secara komersial karena aplikasinya yang luas (Aris, 2020). Rumput laut jenis ini dapat diolah menjadi berbagai produk bernilai ekonomi tinggi, seperti makanan, kosmetik, obat-obatan, serta sebagai sumber utama hidrokoloid karaginan yang penting secara komersial (Cokrowati et al., 2019). *Eucheuma cottoni* merupakan jenis rumput laut yang paling banyak diproduksi di Indonesia (Devi et al., 2020). Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (2014), produksi rumput laut dalam negeri tahun 2020 mencapai 9,6 juta ton. Produksi ini akan mengalami peningkatan seiring meningkatnya permintaan komersialisasi produk olahan rumput laut, seperti karaginan dari berbagai negara (Adharini et al., 2019).

Indonesia sebagai produsen rumput laut terbesar menempati peringkat eksportir pertama dari isi jumlah, namun dari sisi nilai ekspor dan harga rumput laut di Indonesia turun ke peringkat 3 dan peringkat ke-7 (Devi et al., 2020). Diharmi et al. (2011) menyatakan hal ini dikarenakan sebagian besar produk rumput laut ekspor Indonesia masih berupa rumput laut kering dan hanya mampu mengolah sekitar 20% dari total produksi dalam negeri (Desiana & Hendrawati, 2015). Berdasarkan fenomena tersebut diperlukan pengolahan rumput laut secara optimal hingga menjadi produk industri yang bernilai ekonomis (Salam & Larasati, 2013). Salah satu pemanfaatan rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan nilai ekonomis tinggi adalah karaginan (Prasetyowati & Agustiawan, 2008). Karaginan merupakan senyawa hidrokoloid hasil ekstraksi rumput laut merah yang berfungsi sebagai *gelling*, *thickening*, dan *stabilizing agent* pada makanan (Campo et al., 2009). Dalam industri pangan industri pangan karaginan digunakan untuk pembuatan *jelly*, penstabil es krim, dan pengental saus. Dalam industri non-pangan karaginan digunakan untuk pengemulsi cat dan kosmetik serta penstabil keramik. Aplikasi karaginan yang luas membuat permintaan karaginan meningkat sejalan pertumbuhan penduduk dunia. *Institute Medical Research International* menyebutkan bahwa

kebutuhan karaginan dunia mencapai 50.000 ton/tahun dengan rata-rata peningkatan sebesar 3% (Bunga et al., 2013).

Indonesia memiliki 23 industri pengolah rumput laut karaginan murni yang terbagi dalam bentuk ATC (*Alkali Treated Cottonii*) sebanyak 48%, RC (*Refined Carrageenan*) sebanyak 22%, dan SRC (*Semi Refined Carrageenan*) sebanyak 30% dari total industri pengolah karaginan dalam negeri (Kemenprin, 2018). Direktur Usaha dan Investasi Kementerian Kelautan dan Perikanan, Nikijuluw, menjelaskan bahwa Indonesia membutuhkan 200 industri pengolah rumput laut menjadi karaginan. Menurut data Kemenprin (2018), pada tahun 2013-2017 rata-rata pertumbuhan produk olahan rumput laut menjadi *refined carrageenan* sebesar 12,41%. *Refined carrageenan* merupakan produk olahan rumput laut berupa karaginan dengan tingkat kemurnian tertinggi. Selain kemurnian tinggi, *refined carrageenan* memiliki warna yang lebih putih, ukuran partikel lebih halus, pH netral, kekuatan *gel strength* lebih kuat, dan viskositas yang lebih rendah sehingga memiliki harga jual yang lebih tinggi (Wullandari et al., 2021). Kebutuhan *refined carrageenan* Indonesia tahun 2013-2021 terus mengalami peningkatan dengan rata-rata pertumbuhan impor 6%, ekspor 14%, dan konsumsi 4%. Dengan didirikannya pabrik *refined carrageenan* diharapkan mampu memenuhi kebutuhan karaginan di dalam dan luar negeri serta dapat menambah devisa negara dari sektor industri rumput laut.

1.2 Kapasitas Rancangan

Perancangan kapasitas pabrik *refined carrageenan* ditentukan dengan beberapa pertimbangan berikut:

1.2.1 Perkiraan Kebutuhan Karaginan di Indonesia

Menurut data Badan Pusat Statistik (2022), kebutuhan *refined carrageenan* di Indonesia hingga tahun 2022 masih belum terpenuhi sehingga Indonesia harus mengimpor produk *refined carrageenan*. Permintaan ekspor produk *refined carrageenan* juga meningkat setiap tahunnya. Hal ini disebabkan karena semakin meningkatnya permintaan *refined carrageenan* dari dalam dan luar negeri. Berikut merupakan data impor dan ekspor *refined carrageenan* di Indonesia selama tahun 2013 hingga 2021 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Data impor-ekspor karaginan tahun 2018-2021

Tahun	Impor (ton/tahun)	Ekspor (ton/tahun)	Pertumbuhan	
			Impor	Ekspor

2013	1.735	5.299	0%	0%
2014	2.055	4.933	18%	-7%
2015	1.588	5.190	-23%	5%
2016	2.035	5.503	28%	6%
2017	2.489	6.899	22%	25%
2018	3.419	10.772	37%	56,14%
2019	3.008	13.990	-12%	29,87%
2020	2.512	13.974	-16%	-0,11%
2021	2.641	16.055	5%	14,89%
Rata-rata pertumbuhan			6,68%	14,50%

Sumber: (UN Comtrade, 2022)

Tabel 1. 2 Data produksi karaginan di Indonesia

Tahun	Produksi (ton/tahun)	Pertumbuhan Produksi
2013	12.500	0%
2014	13.125	5%
2015	13.640	4%
2016	12.858	-6%
2017	13.116	2%
2018	20.320	55%
2019	9.747	-52%
2020	9.050	-7%
2021	9.200	2%
Rata-rata pertumbuhan		0,29%

Sumber: (Peraturan Presiden Nomor 33, 2019)

Tabel 1. 3 Industri pengguna karaginan tahun 2009

No.	Produk	Tingkat Pemakaian (ton)
1	Tekstil	2.743,76
2	Kosmetik	2.743,76
3	Es krim	1.829,17
4	<i>Sherbets</i>	548,75
5	<i>Flavor</i>	2.195,00
6	<i>Meat products</i>	2.195,00
7	Pasta ikan	1.829,17
8	Produk saus	1.829,17
9	Industri sutera	1.829,17
10	Lain-lain	548,75
Total		18.291,70

Sumber: (Hendrawati, 2016)

Tabel 1. 4 Data konsumsi karaginan di Indonesia tahun 2013-2021

Tahun	Konsumsi (ton/tahun)	Pertumbuhan Konsumsi
2013	21.780	4,46%
2014	22.751	4,46%

2015	23.766	4,46%
2016	24.826	4,46%
2017	25.933	4,46%
2018	27.090	4,46%
2019	28.298	4,46%
2020	29.560	4,46%
2021	30.878	4,46%
Rata-rata pertumbuhan		4,46%

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan tepung karaginan yaitu rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*. Produksi rumput laut di Indonesia cukup melimpah dan terus mengalami peningkatan yang signifikan sehingga bahan baku tersebut dapat dipenuhi dari dalam negeri. Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan (2022), produksi rumput laut nasional pada tahun 2020 sebesar 9,6 juta ton. Berikut ini data ketersediaan bahan baku di Indonesia berdasarkan Provinsi dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 5 Pabrik rumput laut di Indonesia berdasarkan provinsi tahun 2014-2020

Provinsi	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Aceh	0	0	28	0	0	0	0
Bali	84.336,30	107.209,10	100.855,96	597,71	1.067,52	849,66	17.145,34
Banten	61.317,95	62.604,14	65.881,86	64.501,16	70.666,90	70.592,68	70.554,98
Bengkulu	10,3	1	64,2	0	120	60	0
DI Yogyakarta	0	0	0	0	0	0	0
DKI Jakarta	36,58	3	5,4	3	196,38	253,62	116,65
Gorontalo	24.935,30	30.767,31	9.957,70	33.400,24	14.660,92	9.328,87	8.671,27
Jambi	0	0	0	0	0	0	0
Jawa Barat	48.853,95	55.782,40	62.209,66	260,25	40.412,56	89.149,24	87.274,92
Jawa Tengah	128.498,00	82.915,99	68.397,44	87.977,87	83.927,34	73.658,97	80.458,28
Jawa Timur	603.185,10	620.014,61	645.262,98	564.802,9	672.646,5	686.202,8	699.235,9
Kalimantan	329,3	20,14	24,3	8	5	1	2
				19,67	6,8	20	93,1

Barat							
Kalimantan	2.676,40	453,9	605,6	623,8	707,42	75,47	0
Selatan							
Kalimantan	338,75	364,43	364	0	0	0	0
Tengah							
Kalimantan	329.356,18	22.417,39	10.691,74	27.546,25	37.091,42	28.103,17	28.067,39
Timur							
Kalimantan	0	311.037,00	523.749,19	458.724,6	580.550,1	489.699,1	523.257,5
Utara				8	6	3	6
Kepulauan	525	1.075,15	38,86	105,77	0	0	21,81
Bangka							
Belitung							
Kepulauan	11.251,71	12.944,55	66.031,70	12.544,61	3.504,39	5.811,02	4.095,36
Riau							
Lampung	4.751,41	3.707,09	3.614,79	926,78	2.246,43	4.181,00	5.460,13
Maluku	494.742,71	700.094,75	596.300,09	796.902,2	658.222,4	618.516,3	191.489,1
				7	5	6	7
Maluku	102.586,00	41.430,61	243.102,71	73.614,72	104.422,4	81.555,33	81.555,43
Utara					5		
Nusa	770.374,40	937.462,82	1.026.580,4	822.749,1	875.894,5	896.760,3	677.110,7
Tenggara			2	9	1	7	6
Barat							
Nusa	1.966.255,	2.283.331,3	1.854.572,1	1.941.723	1.803.711	1.595.741	2.158.902
Tenggara	32	5	0	,99	,4 5	,14	, 59
Timur							
Papua	16,4	107,3	95,7	400	595,9	789,54	904,63
Papua	33.340,00	27.002,39	24.424,60	27.053,42	33.029,25	11.921,14	607,16
Barat							
Riau	0	0	0	0	0	0	0
Sulawesi	39.323,00	53.740,00	72.464,00	70.243,09	70.071,34	70.519,66	94.187,07
Barat							
Sulawesi	2.916.727,	3.292.009,6	3.339.048,2	3.660.972	3.287.893	3.405.848	3.442.076
Selatan	50	0	0	,59	,8 5	,35	, 11

Sulawesi Tengah	1.197.480,68	1.362.811,58	1.297.348,03	691.576,24	1.136.458,39	932.685,63	927.786,52
Sulawesi Tenggara	956.016,50	915.894,88	830.497,00	872.171,58	492.494,73	346.886,31	272.324,57
Sulawesi Utara	299.677,00	338.081,75	208.079,00	338.110,25	349.603,33	357.596,53	247.024,07
Sumatera Barat	0	0	0	0	0	0	0
Sumatera Selatan	0	0	0	0	0	0	0
Sumatera Utara	50,1	57,43	6	0	0	180	0
Total	10.076.991,8	11.269.341,7	11.050.301,2	10.547.552,1	10.320.202,4	9.776.985	9.618.420,8

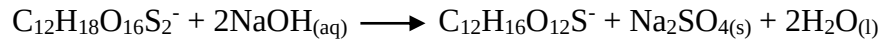
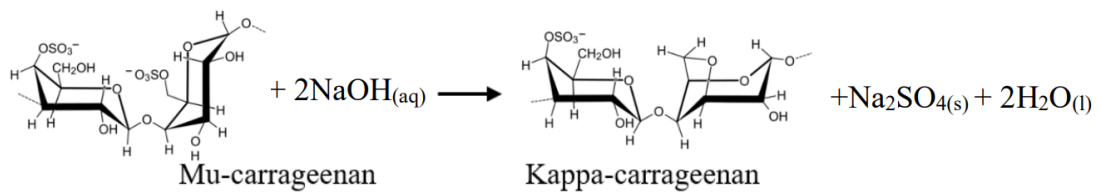
Jenis rumput laut yang memiliki kandungan carrageenan sebagian utama dinding sel mereka termasuk dalam kelas alga merah. Spesies rumput laut yang berbeda akan menghasilkan jenis *carrageenan* yang berbeda pula. Rumput laut tropis *Eucheuma spp.* adalah penghasil *kappa carrageenan*. Spesies rumput laut lain dan jenis *carrageenan* yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1. 6 Spesies rumput laut dan jenis carrageenan yang dihasilkan

Spesies rumput laut	Jenis carrageenan yang dihasilkan
<i>Chondrus crispus</i>	Kappa-Lambda
<i>Eucheuma cottonii</i>	Kappa
<i>Eucheuma spinosum</i>	Iota
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Iota
<i>Gigartina skottbergiimainly</i>	Kappa-Lambda
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Kappa

Sumber: (McHugh, 2003)

Pembuatan *refined carrageenan* jenis *kappa carrageenan* menggunakan bahan baku rumput laut kering berjenis *Eucheuma cottoni* dan larutan NaOH dengan reaksi KCl *Pressing* yaitu berdasarkan reaksi berikut:



Berdasarkan reaksi diatas, untuk memproduksi *refined carrageenan* sebesar 6.000 ton/tahun maka kebutuhan bahan baku proses menurut stoikiometri reaksi adalah sebagai berikut:

Perbandingan mol rumput laut kering : mol NaOH : mol *refined carrageenan* :
mol Na₂SO₄ : mol H₂O = 1 : 2 : 1 : 1 : 2

$$\text{Mol refined carrageenan} = \frac{6.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}}}{384 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times \frac{1.000.000 \text{ g}}{1 \text{ ton}} \times 0,945$$

$$= 14.765.625 \text{ mol/tahun}$$

$$\text{Mol refined carrageenan} = 1 \times 14.765.625 \text{ mol/tahun}$$

$$= 14.765.625 \text{ mol/tahun}$$

Maka:

$$\text{Kebutuhan rumput laut kering} = \frac{14.765.625 \frac{\text{mol}}{\text{tahun}} \times 482 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times \frac{100}{37}}{1.000.000 \frac{\text{g}}{\text{ton}}}$$

$$= 19.235,22 \text{ ton/tahun}$$

Asumsi:

Kebutuhan alkali sebanyak 10x berat rumput laut kering

$$\text{Kebutuhan NaOH (5\%)} = 10 \times 5\% \times \text{Berat rumput laut kering}$$

$$= 10 \times 5\% \times 19.235,22 \text{ ton/tahun}$$

$$= 9.617,61 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, rumput laut kering jenis *Eucheuma cottoni* yang dibutuhkan sebagai bahan baku sebesar 19.235,22 ton/tahun.

1.2.3 Kapasitas Minimal Pabrik

Kapasitas minimal pabrik merupakan kapasitas suatu pabrik yang dalam pengoperasiannya secara ekonomi harus mendapatkan keuntungan. Untuk menentukan kapasitas pabrik karaginan perlu diperhatikan kapasitas pabrik karaginan yang masih berjalan sebagai perkiraan besarnya kapasitas pabrik baru yang akan dibangun agar secara ekonomi masih menguntungkan apabila pabrik dioperasikan. Terdapat dua hal yang perlu diperhatikan dalam memperkirakan besarnya kapasitas pabrik baru yaitu dengan melihat kapasitas pabrik karaginan di

Indonesia dan kapasitas pabrik karaginan secara internasional. Berikut disajikan tabel kapasitas produksi *refined carrageenan* di Indonesia dan luar Indonesia:

Tabel 1. 7 Kapasitas produksi *refined carrageenan* di Indonesia

Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)	Lokasi
PT. Kappa Carrageenan Nusantara (KCN)	650	Pasuruan, Jawa Timur
PT. Centram Pasuruan	650	Pasuruan, Jawa Timur
PT. Algaindo Perdana	1.000	Pasuruan, Jawa Timur
PT. Amarta Carrageenan Indonesia	1.000	Pasuruan, Jawa Timur
PT. Java Bio Colloid	1.512	Surabaya, Jawa Timur
PT. Galic Arta Bahari (GAB)	2.040	Bekasi, Jawa Barat
PT. Cahaya Cemerlang	1.000	Makassar, Sulawesi Selatan
PT. Phoenix Mas Persada	705	Lombok Barat, NTB
PT. Wahyu Putra Bima Sakti	1.000	Sulawesi Selatan
PT. Algae Sumba Timur Lestari (ASTIL)	1.080	Sumba Timur
Total Produksi	10.637	Ton/tahun

Sumber: (Kementerian Perindustrian, 2022)

Tabel 1. 8 Kapasitas produksi *refined carrageenan* di luar Indonesia

Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)	Lokasi
FMC	6.000	New York, USA
Philippines Bio Industries, Inc.	1.800	Canlubag, Philippines
Marcel Carrageenan	5.000	Canlubag, Philippines
Gelymar	1.000	Santiago, Chile
CP Kelco	2.000	Philippines
Shemberg	1.220	Philippines
Shanghai Brilliant	4.000	China
Greenfresh	3.000	China
FMC	6.000	New York, USA
Philippines Bio Industries, Inc.	1.800	Canlubag, Philippines
Total Produksi	24.020	ton/tahun

Pada Tabel 1.4 diketahui kapasitas terkecil pabrik *refined carrageenan* di Indonesia sebesar 650 ton/tahun dan kapasitas terbesar di Indonesia sebesar 2.040 ton/tahun. Sedangkan untuk kapasitas pabrik *refined carrageenan* diluar Indonesia sebesar 6.000 ton/tahun yang dapat dilihat pada Tabel 1.5. Maka dapat

disimpulkan bahwa kapasitas pabrik *refined carrageenan* 6.000 ton/tahun masih memperoleh keuntungan apabila dioperasikan karena masih berada diatas kapasitas minimum pabrik *refined carrageenan* di dunia.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pendirian sebuah pabrik merupakan hal yang sangat penting jika dalam perancangan sebuah pabrik, hal ini karena menyangkut bagaimana jalannya pabrik kedepannya dan keberhasilan suatu pabrik dapat berdiri. Lokasi yang dipilih untuk pendirian pabrik *refined carrageenan* ini adalah Kabupaten Sumenep, Jawa Timur. Pemilihan lokasi ini berdasarkan pada beberapa faktor, antara lain:

1.3.1 Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan karaginan adalah rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*. Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* yang diperlukan oleh pabrik karaginan harus tercukupi kebutuhannya secara kontinyu. Pendirian pabrik yang berdekatan dengan pemasok bahan baku akan menjamin kebutuhan bahan baku tercukupi dan dapat meminimalkan waktu serta dapat menekan biaya transportasi bahan baku tersebut. Kebutuhan rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku pembuatan karaginan akan didapat dari hasil budidaya rumput laut di Jawa Timur khususnya Kabupaten Sumenep dengan jumlah produksi 683.425.380 ton/tahun dan bahan baku NaOH yang dibutuhkan sebesar 7.508,729 ton/tahun diperoleh dari PT. Swadaya Dinamika Mandiri yang berlokasi di Sidoarjo, Jawa Timur. Sedangkan bahan baku pembantu seperti KCl yang dibutuhkan sebesar 1.572,269 ton/tahun diperoleh dari PT. Naraya Cahaya Mentari yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur.

Tabel 1. 9 Wilayah penghasil rumput laut di Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur tahun 2019-2020

Kabupaten/Kota	Volume Produksi (Ton)	
	2019	2020
Brebes	10.559.612	55.428.502
Jepara	16.609.200	23.663.604
Tegal	-	160.730
Banyuwangi	2.742.000	3.903.000
Pacitan	56.725	155,33
Pamekasan	735.006	9.600
Situbondo	51.225	198.695

1.3.2 Daerah Pemasaran

Produk *refined carrageenan* direncanakan akan dipasarkan pada industri-industri yang memanfaatkan *refined carrageenan* sebagai bahan bakunya. Pada umumnya *refined carrageenan* digunakan pada industri pangan sebagai penstabil pada pembuatan es krim, saus dan *jelly*. Sedangkan pada industri non pangan *refined carrageenan* digunakan sebagai bahan tambahan pada pembuatan pasta gigi, pengemulsi pada cat, kosmetik dan farmasi. Berikut adalah beberapa daftar industri yang menggunakan *refined carrageenan* sebagai bahan bakunya:

Tabel 1. 10 Data industri berbahan *refined carrageenan*

Nama Industri	Komoditi	Lokasi
PT. Dura Putra Perkasa	Cat, tinner	Sidoarjo, Jawa Timur
PT. Inti Daya Guna Aneka Warna	Cat tembok	Malang, Jawa Timur
PT. Propan ICC	Cat	Sidoarjo, Jawa Timur
PT. Oxyplast Indonesia	Cat bubuk	Pasuruan, Jawa Timur
PT. Pancatradi	<i>Jelly</i> , wafer	Sidoarjo, Jawa Timur
PT. Rita Sinar Indah	Kosmetika pasta gigi	Surabaya, Jawa Timur
PT. Unilever Indonesia	Pasta gigi, sabun mandi Batangan	Surabaya, Jawa Timur
PT. Makmur Artha Cemerlang	Minuman <i>jelly</i>	Mojokerto, Jawa Timur
PT. Jempol Jaya	Saus	Kediri, Jawa Timur
PT. Sinar Kencana	Bubuk agar-agar	Surabaya, Jawa Timur
PT. Surya Indo Algas	Tepung agar-agar	Sidoarjo, Jawa Timur

Sumber: (Kementerian Perindustrian, 2022)

1.3.3 Penyediaan Air dan Utilitas Lainnya

Daerah Kabupaten Sumenep, Jawa Timur memiliki sumber air untuk memenuhi kebutuhan unit pendukung proses karena cukup dekat dengan laut. Sementara untuk memenuhi unit utilitas pabrik yaitu energi listrik, terdapat jaringan kabel listrik dari PT. Perusahaan Listrik Negara di sekitar lokasi tersebut.

1.3.4 Transportasi

Sarana transportasi untuk bahan baku dan distribusi produk dilakukan melalui jalur darat dan laut. Daerah Kabupaten Sumenep memiliki transportasi darat dan laut yang baik dan mudah dicapai sehingga proses transportasi dapat berjalan optimal. Sarana perhubungan darat di Kabupaten Sumenep sebagai berikut:

- a. Jalan negara : 50,87 km
- b. Jalan provinsi : 61,120 km
- c. Jalan kabupaten : 1.544,676 km
- d. Jembatan dengan Panjang keseluruhan 1.538 m dan berjumlah 227 buah dengan kondisi aspal sepanjang 1.600,43 km.

Sarana perhubungan laut di Kabupaten Sumenep sebagai berikut:

- a. Pelabuhan yang disandari kapal sebanyak 11 buah yang berlokasi di Kecamatan Kalianget, Kecamatan Sapeken, Kecamatan Gayam, Kecamatan Nonggunong, Kecamatan Arjasa, dan Kecamatan Ra'as.

Prasarana pendukung transportasi udara, yaitu:

- b. Bandar Udara Nasional Trunojoyo yang terletak di Kota Sumenep, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur.
- c. Bandar Udara Pengerungan, bandara khusus yang terletak di Kecamatan Sapeken, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur.

1.3.5 Tenaga Kerja

Pemilihan tenaga kerja akan lebih menguntungkan jika mengambil di sekitar lokasi pabrik. Pada tahun 2016, jumlah penduduk di Kabupaten Sumenep cukup banyak yaitu mencapai 1.076.805 jiwa, didominasi oleh penduduk perempuan. Tenaga ahli untuk mendukung berjalannya operasional pabrik dapat diperoleh dari sekitar Sumenep dan wilayah sekitarnya yang tidak jauh dari rencana lokasi pendirian pabrik dengan memperhatikan kualitas dan keahlian sesuai dengan posisi yang dibutuhkan.

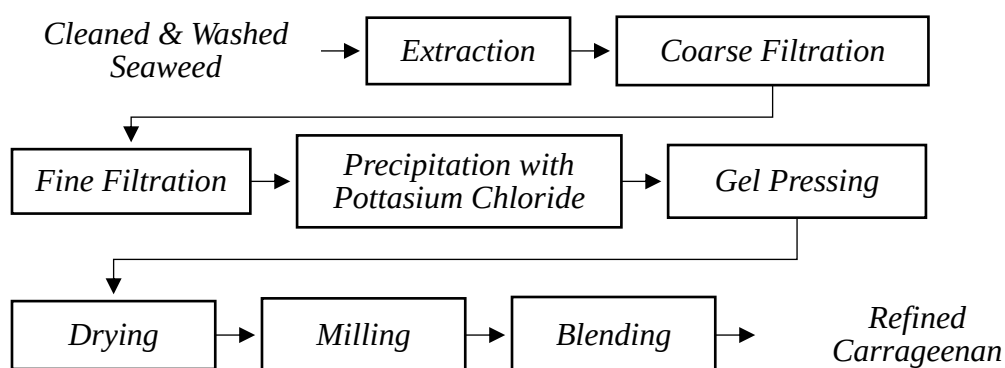
1.3.6 Pembuangan Limbah

Kabupaten Sumenep berdasarkan letak geografis dekat dengan sungai yang bermuara ke Selat Madura dan Laut Jawa sehingga pembuangan limbah dapat dilakukan ke sungai tersebut. Namun, limbah yang dibuang adalah limbah yang telah memenuhi persyaratan pembuangan air limbah agar aman terhadap lingkungan.

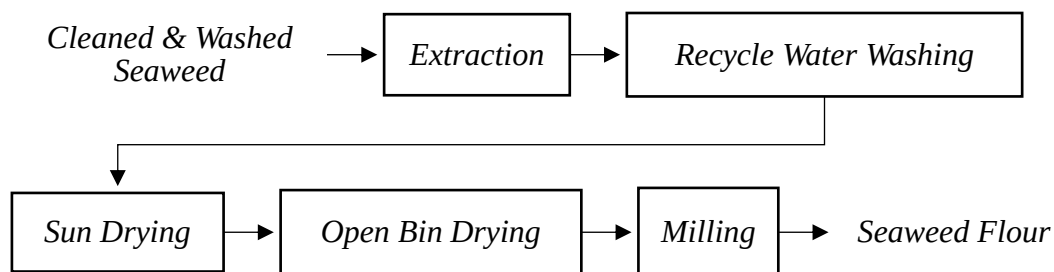
1.3.7 Kebijakan Pemerintah

Pemberlakuan otonomi daerah memberi iklim yang cukup kondusif bagi investor untuk menanamkan modalnya sehingga pertumbuhan ekonomi dan pemasukan daerah dapat terus meningkat. Pemerintah daerah juga terus melakukan peningkatan produksi rumput laut di Kabupaten Sumenep yang memiliki potensi lahan budidaya rumput laut sekitar 11.750 ha.

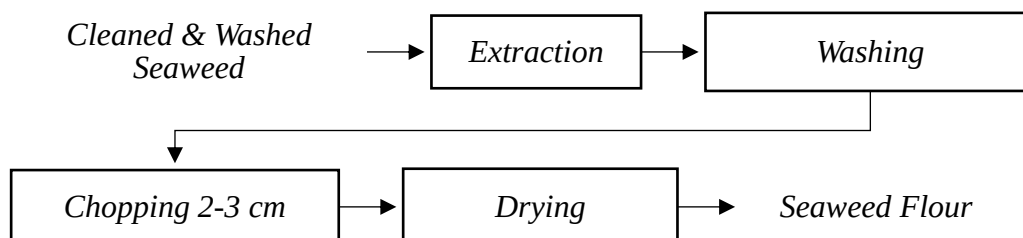
Sedangkan pada RC, selulosa telah dihilangkan melalui proses filtrasi. Hal ini membuat RC mampu menghasilkan larutan yang lebih jernih dibanding SRC yang menghasilkan larutan lebih keruh sehingga aplikasinya lebih terbatas. Proses produksi RC terbagi dalam 3 unit, yaitu *pre-treatment*, perebusan dengan alkali (*alkali modification*), dan pengolahan lanjut. Pada unit *pre-treatment* terdapat tahap sortasi dan pencucian rumput laut menggunakan air untuk menghilangkan impuritas. Unit perebusan dengan alkali untuk meningkatkan kekuatan gel serta unit pengolahan lanjut yang meliputi proses pengeringan, penepungan, pengemasan, dan penyimpanan (Devi et al., 2020).



Gambar 1.2 Blok diagram proses *refined carrageenan*



Gambar 1.3 Blok diagram proses *semi refined carrageenan*



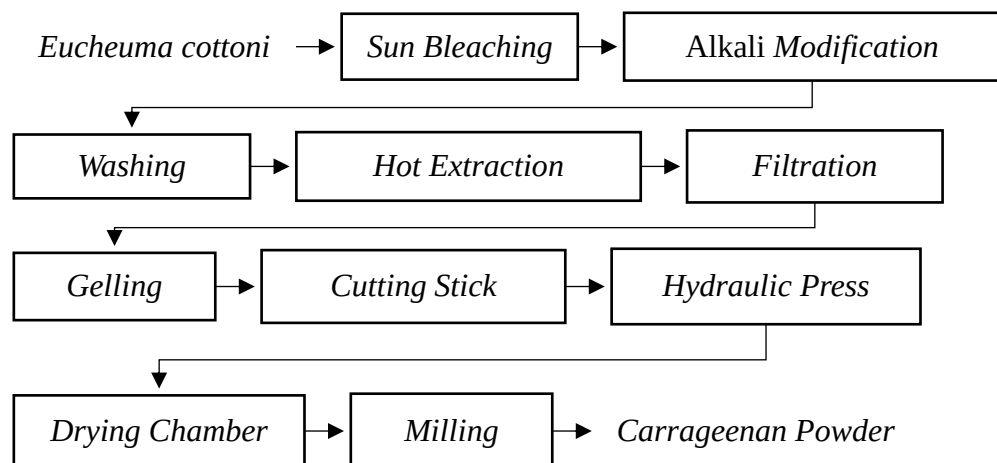
Gambar 1.4 Blok diagram proses ATC

1.4.1 Macam-Macam Proses

Terdapat tiga metode yang biasa digunakan untuk memproduksi *refined carrageenan*, yaitu:

1. Metode *Gel Press*

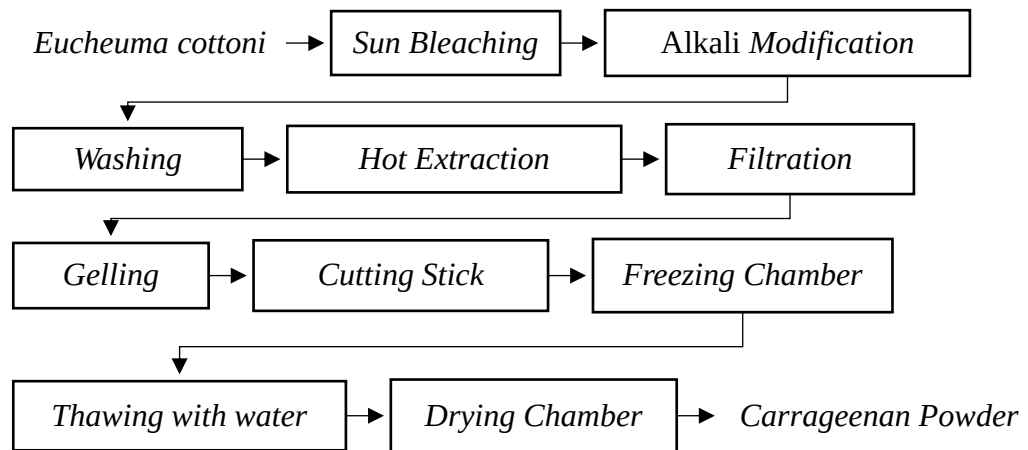
Produksi *refined carrageenan* metode *gel press* menggunakan bahan baku rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*. Alur prosesnya yaitu rumput laut dicuci untuk memisahkan impuritas, dikeringkan, dan diekstrak menggunakan larutan basa NaOH (*alkali modification*). Kemudian dilanjutkan dengan proses filtrasi untuk memisahkan filtrat (*slurry*) dari residu padatan menggunakan *filter screen*. Keluaran *filter screen* diendapkan menggunakan KCl untuk membentuk gel-gel yang akan ditekan menggunakan *filter press*. Gel yang ditekan (*cake*) dikeringkan menggunakan *rotary dryer*, dilanjutkan dengan proses *milling* dan *packaging* bubuk karaginan.



Gambar 1.4 Blok diagram proses *gel press*

2. Metode *Freeze Thaw*

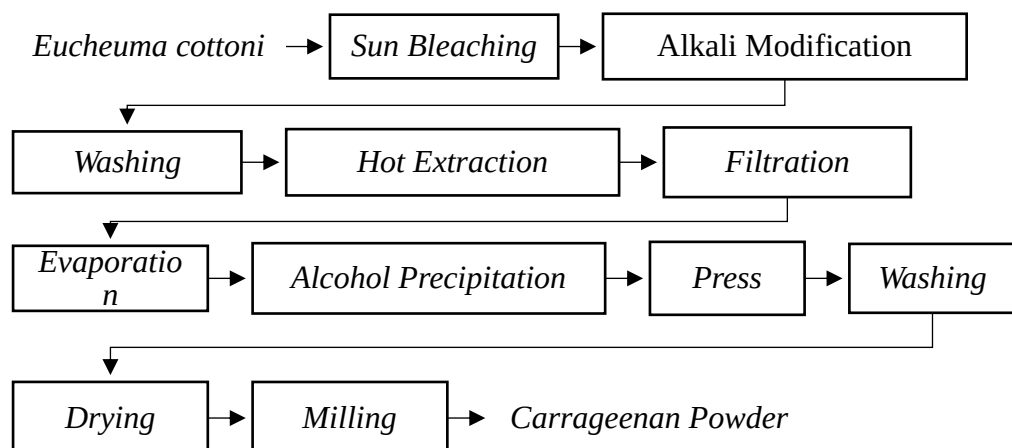
Perbedaan metode *freeze thaw* dengan *gel press* terletak pada tahap pembentukan *gel*. Filtrat hasil *filter screen* dimasukkan ke tempat pembentukan *gel* dan didinginkan pada suhu ruang. *Gel* yang terbentuk dipotong dan dimasukkan *freezing chamber* untuk pembekuan. Proses selanjutnya adalah *thawing* dimana *gel* beku dicairkan dengan air kemudian dikeringkan kembali dalam *drying chamber* sehingga terbentuk karaginan batang kering.



Gambar 1.5 Blok diagram proses *freeze thaw*

3. Metode *Alcohol Precipitation*

Secara umum metode *alcohol precipitation* mirip dengan *gel press*. Hal yang membedakan adalah setelah proses filtrasi pada *filter screen*, filtrat dipekatkan dalam evaporator. Setelah pemekatan dilanjutkan ke proses presipitasi menggunakan *alcohol* (*isopropyl alcohol*, methanol, etanol) kemudian keluaran dari pengendapan difiltrasi. Filtrat berupa *alcohol* akan diproses melalui destilasi untuk *alcohol recovery*. Hasil atas destilasi digunakan sebagai umpan *recycle* untuk precipitator. Endapan/cake dari filtrasi merupakan produk *refined carrageenan* yang akan dikeringkan menggunakan *rotary dryer* untuk selanjutnya menuju proses *milling* dan *packaging*.



Gambar 1.6 Blok diagram proses *alcohol precipitation*

1.4.2 Pemilihan Proses

Pemilihan proses produksi *refined carrageenan* dilakukan untuk menentukan metode produksi dengan efisiensi dan karakteristik produk terbaik.

Proses produksi *refined carrageenan* yang dipilih harus mempertimbangkan beberapa aspek, seperti teknis dan ekonomi. Tiap metode produksi memiliki kelebihan dan kekurangan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.11 berikut.

Tabel 1. 11 Karakteristik metode produksi karaginan

Aspek	<i>Gel Press</i>	<i>Freeze Thaw</i>	<i>Alcohol Precipitation</i>
Produk	<i>Powder</i>	<i>Stick</i>	<i>Powder</i>
Kondisi operasi	80°C, 1 atm	80-90°C, 1 atm	90°C, 1 atm
Bahan baku	Rumput laut kering NaOH	Rumput laut kering NaOH	Rumput laut kering NaOH
Bahan pendukung	KCl	<i>Refrigerant</i>	Alkohol (methanol)
Kelebihan	- <i>Gel</i> yang dihasilkan lebih banyak. - Panas yang digunakan lebih sedikit. - Peralatan lebih sederhana. - Biaya produksi lebih murah. - Lebih ramah lingkungan.	- Sesuai untuk memproduksi <i>iota</i> karaginan.	- Dapat digunakan untuk produksi berbagai tipe karaginan. - Kemurnian lebih tinggi.
Kekurangan	- Produk masih mengandung sedikit KCl. - Kebutuhan air lebih besar. - Hanya digunakan untuk memproduksi <i>kappa</i> karaginan.	- Perlu <i>refrigerant</i> yang mahal.	- Perlu alkohol dalam jumlah banyak. - Perlu penanganan khusus untuk <i>recovery</i> alkohol agar lebih ekonomis. - <i>Gel</i> yang dihasilkan lebih sedikit. - Panas yang digunakan lebih besar. - Biaya produksi mahal.

Berdasarkan karakteristik dari ketiga metode, dipilih metode *Gel Press* untuk memproduksi *refined carrageenan* tipe kappa. *Refined carrageenan* memiliki sifat *gel* yang lebih unggul serta memiliki aplikasi yang luas dalam bidang pangan dan farmasi. Metode ini dipilih melalui pertimbangan faktor efisiensi dan ekonomi produksi. pada metode *gel press* menggunakan peralatan yang lebih sederhana namun tetap menghasilkan tingkat konversi yang tinggi. Ditinjau dari segi ekonomi, metode *gel press* lebih sederhana dan murah (Novianto et al., 2013). Metode ini tidak memerlukan penanganan khusus yang dapat menambah biaya produksi sehingga dinilai lebih ekonomis. Selain itu, proses *gel press* lebih ramah lingkungan sehingga cocok diaplikasikan untuk industri karaginan yang *sustainable*. Menurut Perpres No. 33 Tahun 2019, pada tahun 2017 hanya terdapat 5 perusahaan dalam negeri yang memproduksi *refined carrageenan* dengan total kapasitas terpasang 4.200 ton/tahun. Angka ini sangat kecil jika dibandingkan dengan kebutuhan *refined carrageenan* yang terus meningkat oleh permintaan pasar global.

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama

a. Rumput laut jenis *Echeuma cottonii*

- Komposisi
 - Kadar Abu : 24,74%
 - Kadar Lemak : 0,11%
 - Kadar Protein : 0,27%
 - Kadar Karbohidrat : 58,54%
 - Kadar H₂O : 16,03%

Sumber: Khalilskk.,2018

- Sifat Fisis

Wujud : Padat, Thalli (kerangka tubuh tumbuhan) bulat silindris atau gepeng

Tekstur : permukaan licin

Warna : abu-abu, merah, hijau, hijau kuning tergantung faktor lingkungan (warna tidak selalu tetap)

Sumber: (Atmadja et al., 1996)

- Sifat Kimia

- Kandungan karaginan dalam *Eucheuma cottonii* mencapai 62-68% dari berat keringnya.

Sumber: (Devi et al., 2020)

- Kandungan senyawa fenolik yang tinggi membuat rumput laut jenis ini memiliki efisiensi antioksidan yang baik sebesar 50%.
- Kekuatan gel rumput laut dapat ditingkatkan dengan penambahan larutan alkali.

Sumber: (Wulandari et al., 2019)

b. Natrium Hidroksida (NaOH)

- Komposisi
 - NaOH : 98%
 - NaCl : 0,025%

- Na_2CO_3 : 0,2%
- Fe_2O_3 : 0,0008%
- SiO_2 : 0,002%
- SO_4^{2-} : 0,01%
- NaClO_3 : 0,0005%
- H_2O : 1,7617%

Sumber: Sulfindo, (2020)

- Sifat Fisis

Wujud	: Flake (padatan)
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
Berat molekul	: 40 g/mol
pH	: 14
Titik beku	: 318°C
Titik didih	: 1388°C
Kelarutan dalam air	: 42 g/100 ml pada 0°C dan 347 g/ml pada 100°C

Sumber: Material Safety Data Sheet (MSDS)

- Sifat Kimia

- Larut dalam air dan etanol.
- Membentuk basa kuat bila dilarutkan dalam air.
- Mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida.

Sumber: Material Safety Data Sheet (MSDS)

2.1.2 Spesifikasi Bahan Pendukung

a. Air (H_2O)

- Sifat Fisis

Wujud	: Cairan
Warna	: Tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Berat molekul	: 18,153 g/mol
pH	: netral
Titik beku	: 0°C
Titik didih	: 100°C
Densitas	: 0,998 g/cm ³ (pada 20 °C)

Sumber: Perry, (2008)

- Sifat Kimia
 - Bersifat polar dan dijadikan sebagai pelarut yang baik.
 - Mempunyai ikatan hidrogen.
 - Bersifat netral dalam keadaan murni.

Sumber: Material Safety Data Sheet (MSDS)

b. Potasium Klorida (KCl)

- Sifat Fisis

Wujud	: Bubuk kristal putih
Bau	: Tidak berbau
Kemurnian	: > 99%
Kadar air	: < 1%

Sumber: PT. Naraya Cahaya Mentari, (2022)

Berat molekul	: 74,54 g/mol
pH	: 5,4 – 8,6 (pada 25°C)
Titik lebur	: 770°C
Titik didih	: 1.420°C
Densitas	: 1.987 g/cm ³

Sumber: Material Safety Data Sheet (MSDS)

- Sifat Kimia
 - Mudah larut dalam air dan etanol.
 - Tidak bereaksi dengan air.

Sumber: Material Safety Data Sheet (MSDS)

2.1.3 Spesifikasi Produk Utama

a. *Refined Carrageenan*

- Komposisi

<i>Kappa-Carrageenan</i>	: 94,5%
H ₂ O	: 2,50%
KCl	: 2,97%
Na ₂ SO ₄	: 0,04%

Sumber: Webber dkk., (2012)

- Spesifikasi Produk *Refined Carrageenan*

Viskositas	: Min. 5 cPs (konsentrasi 1,5% pada 75°C)
Kekuatan gel	: Min 700 g/cm ² (1,5% dalam air, pada 10°C)
Kadar air	: Maks. 12%
Kadar abu	: 15-40%
Sulfat	: 15-40%
Total plate count	: Maks. 5000 koloni/g
<i>Salmonella</i>	: (-)/Negatif
<i>E. coli</i>	: (-)/Negatif

Sumber: (Wullandari et al., 2021)

- Sifat Fisis

Kelarutan	: Larut dalam air > 70 °C
Wujud	: Bubuk
Warna	: Krem muda
pH	: 5-11
<i>Relative density</i>	: 0,5-0,8 g/cc

Sumber: Material Safety Data Sheet (MSDS)

Berat Molekul	: 400-600 KDa, minimum 100 KDa
Viskositas	: ≥ 5 cps

Sumber: Velde, dkk., (2002)

- Sifat Kimia

- Memiliki kandungan sulfat < 28% untuk kappa karaginan.

Sumber: Doty, (1987)

- Proses pembentukan gel bersifat thermoreversible, artinya gel dapat mencair pada saat pemanasan (40-60°C) dan membentuk gel kembali pada saat pendinginan (50-20°C)

Sumber: Glicksman, (1983) dan Imeson, (2000)

2.1.4 Spesifikasi Produk Samping

a. Na₂SO₄

- Sifat Fisis

Wujud	: Kristalin
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau

Berat molekul	: 142,04 g/mol
pH	: 5,2 – 8,0 pada 50 g/l (20°C)
Titik lebur	: 888°C
Titik didih	: 108,9°C
Densitas	: 2,7 g/cm ³ (pada 20°C)
Kelarutan dalam air	: 445,5 g/l pada 20°C

Sumber: Material Safety Data Sheet (MSDS)

- Sifat Kimia
 - Tidak larut dalam etanol.
 - Larut dalam gliserol dan hidrogen iodida.
 - Bersifat higroskopis.

Sumber: Material Safety Data Sheet (MSDS)

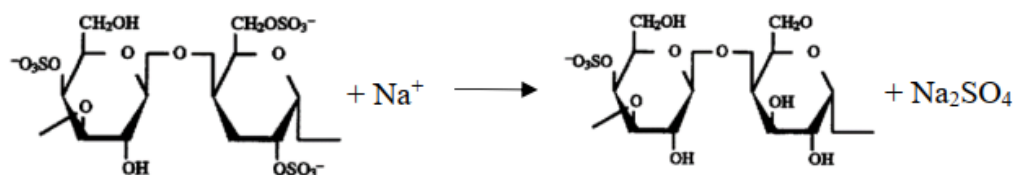
2.2 Konsep Proses

2.2.1 Dasar Reaksi

Proses pembuatan *refined carrageenan* dari rumput laut *Euchema cottoni* terdiri dari dua tahap, yaitu ekstraksi menggunakan larutan alkali dengan penambahan NaOH dan pengendapan dengan menggunakan kalium klorida. Larutan alkali mempunyai dua fungsi yaitu membantu ekstraksi polisakarida dari rumput dan untuk mengkatalisis hilangnya gugus 6-sulfat dari unit monomernya dengan membentuk 3,6-anhidrogalaktosa sehingga mengakibatkan kenaikan kekuatan gelnya (Hidayah dkk., 2013). Sedangkan penggunaan KCl sebagai bahan penjeda dimana kation logam K⁺ menyebabkan filtrat karaginan membentuk gel yang kuat (chapman & chapman, 1980). Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

a. Transformasi gugus sulfat

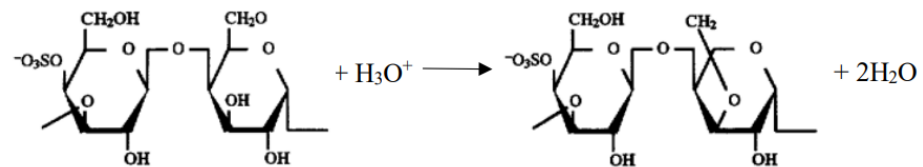
Transformasi gugus sulfat yang terikat dalam gugus galaktosa oleh ion Na⁺ dengan membentuk garam Na₂SO₄.



Gambar 2. 1 Reaksi pada ekstraksi alkali (US Patent 005801240A, 1998)

b. Dehidrasi

Dehidrasi membentuk polimer anhidrogalaktosa, dimana ion OH^- dari larutan alkali bereaksi dengan ikatan bergugus H membentuk *kappa carrageenan* dan air.



Gambar 2. 2 Reaksi pada ekstraksi alkali (US Patent 005801240A, 1998)

2.2.2 Mekanisme Proses

Proses produksi *refined carrageenan* dari bahan baku *euchema cottoni* terdiri dari atas beberapa proses yaitu:

a. Proses persiapan bahan baku

Persiapan bahan baku dilakukan untuk mendapatkan kondisi bahan baku yang optimum dalam proses ekstraksi dengan cara membersihkan rumput laut menggunakan air dan merendam rumput laut dengan larutan basa untuk memperlunak dan memperluas pori-pori partikel rumput laut. Kemudian memotong rumput laut menjadi bagian kecil-kecil.

b. Proses ekstraksi

Ekstraksi rumput laut jenis *Euchema cottoni* ini menggunakan larutan NaOH dengan volume air perebus sebanyak 10 kali berat rumput laut kering. Rumput laut tersebut dipanaskan pada suhu 60°C selama 3 jam. Ekstraksi tersebut menghasilkan *carrageenan* yang terlarut dan menyisakan residu rumput laut dengan kandungan selulosa yang tinggi.

c. Proses presipitasi

Filtrat yang mengandung *carrageenan* kemudian dimasukkan dalam tangki presipitasi untuk proses pembentukan gel dengan menambahkan KCl 1% berat filtrat. Gel yang terbentuk kemudian dipisahkan dari campuran dengan cara ditekan atau di-press dan dikeringkan sehingga menjadi produk *refined carrageenan*.

2.2.3 Kondisi Operasi

Kondisi operasi reaktor yang digunakan pada perancangan pabrik *refined carrageenan* adalah sebagai berikut:

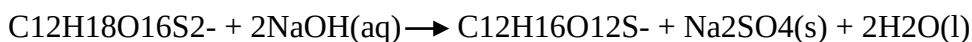
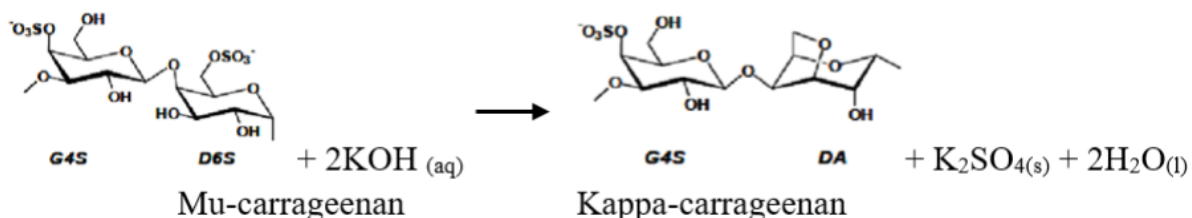
Jenis reaktor	: reaktor tangki berpengaduk
Suhu umpan masuk	: 30°C
Suhu keluar reaktor	: 60°C
Reaksi yang berlangsung	: non adiabatik-isothermal
Sifat reaksi	: endotermis ($\Delta H^{\circ}_R = 3.148,574 \text{ kJ/mol}$)
Tekanan	: 1 atm
Fase	: padat-cair

(US patent 0070702A1,2005)

2.3 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

2.3.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika digunakan untuk mengetahui apakah reaksi yang berlangsung dalam proses kimia melepaskan kalor atau menyerap kalor (eksotermis/endotermis) melalui perhitungan entalpi (ΔH) menggunakan data panas pembentukan standar dalam tekanan 1 atm dan temperatur 298 K. Ekstraksi rumput laut *Eucheuma cottonii* menjadi kappa-carrageenan berlangsung sebagai berikut:



- Panas Reaksi

Data entalpi reaksi standar pada 298 K dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Data Entalpi Reaksi Standard pada 298 K

Komponen	Harga ΔH°_f (kJ/mol)
Seaweed	2813,926
NaOH	-425,6
Carrageenan	7209,83
Na ₂ SO ₄	-1387,1
H ₂ O	-285,83

$$\Delta H^{\circ}_R = \Delta H^{\circ}_f \text{produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{reaktan}$$

$$= (\Delta H^{\circ}_f \text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_{12}\text{S}^{-} + \Delta H^{\circ}_f \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2*\Delta H^{\circ}_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H^{\circ}_f \text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_{16}\text{S}_2^{-} + 2*\Delta H^{\circ}_f \text{NaOH})$$

$$= 314,574 \text{ kJ/mol}$$

Dari hasil perhitungan panas reaksi didapatkan nilai ΔH positif. ΔH positif menandakan bahwa reaksi tersebut bersifat endotermis.

- Energi Bebas Gibbs

Harga ΔG°_f masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Harga ΔG°_f komponen pada suhu 298 K

Tabel 2. 2 Harga ΔG°_f komponen pada suhu 298 K

Komponen	Harga ΔG°_f (kJ/mol)
Seaweed	11667,2
NaOH	-379,5
Carrageenan	7480,432
Na2SO4	-1270,2
H2O	-237,219

$$\Delta G^{\circ} = \Delta G^{\circ}_f \text{produk} - \Delta G^{\circ}_f \text{reaktan}$$

$$= (\Delta G^{\circ}_f \text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_{12}\text{S}^{-} + \Delta G^{\circ}_f \text{K}_2\text{SO}_4 + 2*\Delta G^{\circ}_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G^{\circ}_f \text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_{16}\text{S}_2^{-} + 2*\Delta G^{\circ}_f \text{KOH})$$

$$= -5314,687 \text{ kJ/mol}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai ΔG° negatif, yang menandakan bahwa reaksi tersebut berlangsung spontan.

$$\Delta G^{\circ} = -R T \ln K_{298}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-\Delta G^{\circ}}{R T}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-(-5.314,687 \frac{J}{mol})}{8,314 \frac{J}{mol K} \cdot 298 K}$$

$$= 2,145$$

$$K_{298} = \exp^{(2,145)}$$

$$= 8,543$$

$$\ln \frac{K_{298}}{K} = \frac{\Delta G^{\circ}_R}{R} \left[\frac{1}{298} - \frac{1}{T} \right]$$

$$= \frac{3.148,574 \frac{J}{mol}}{8,314 \frac{J}{mol K}} \left[\frac{1}{298} - \frac{1}{333,15 K} \right]$$

$$= 0,13408282$$

$$K = \frac{8,543}{\exp (0,1340828)}$$

$$= 7,471055$$

Nilai $k > 1$ sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan irreversible.

2.3.2. Tinjauan Kinetika

Pada proses ekstraksi rumput laut *Eucheuma cottonii* menjadi kappa-carrageenan, komponen prekursor yang terdapat dalam rumput laut adalah mu-carrageenan yang akan terbentuk dengan modifikasi larutan basa NaOH. Reaksi ini bisa disebut dengan reaksi cyclization yaitu membentuk 3,6-anhydro- α -D-galaktosa dari α -D-galaktosa 6-sulfate (Ciancia dkk., 1993).

Kinetika reaksi cyclization ini merupakan reaksi pseudo 2nd order, dimana kelebihan NaOH (ratio RLK:NaOH = 1:10) digunakan sebagai reaktan. Sehingga reaksinya berjalan secara irreversible (US Patent 0070702A1, 2005). Dimana persamaan laju reaksi yang didapatkan adalah sebagai berikut:

$$-r_A = k_A * C_A * C_B$$

Keterangan :

$-r_A$ = laju reaksi perubahan reaktan menjadi produk (mol/L.s)

C_A = konsentrasi reaktan A (precursor carrageenan) (mol/L)

C_B = konsentrasi reaktan B (hydroxyl ions) (mol/L)

k = ketetapan konstan, fungsi temperatur (L/mol.s)

(US Patent 0070702A1, 2005)

2.4 Langkah Proses

2.4.1 Langkah Proses Produksi

Proses pembuatan *refined carrageenan* terdiri dari Langkah-langkah sebagai berikut:

a. Penyiapan dan pencucian Bahan Baku

Rumput laut *Eucheuma cottoni* yang telah dibeli dilakukan pencucian dengan menggunakan air bersih untuk menghilangkan garam, pasir, karang, potongan tali dan zat pengotor lainnya. Memasukkan rumput laut kedalam keranjang melalui *belt conveyor*, pencucian dilakukan dengan drum yang berputar dan

berlubang kemudian kedalamnya disemprotkan air sehingga kotoran-kotoran akan menghilang. Kondisi operasi tahap pencucian adalah tekanan 1 atm dan temperatur 30°C, sistem yang digunakan adalah sistem *batch*. Dan air yang terbuang atau tersisa akan ditambah dengan *make-up water*.

b. Pengecilan ukuran

Setelah rumput laut bersih selanjutnya *belt conveyor* akan membawa rumput laut ke mesin *crusher* untuk dihancurkan hingga ukuran 2-3 cm. pengecilan ukuran ini mempunyai tujuan untuk memperluas permukaan kontak rumput laut dengan *solvent* agar ekstraksi karaginan berjalan lebih sempurna sehingga *yield* yang dihasilkan tinggi.

c. Ekstraksi

Tahap ini merupakan tahap paling penting dalam proses pembuatan karaginan. μ -karaginan yang terdapat dalam rumput laut *euchema cottoni* akan diekstrak karaginanannya didalam tangki ekstraktor. Tujuan proses ekstraksi adalah untuk melarutkan komponen-komponen rumput laut selain selulosa dan mensubstitusi gugus sulfat dengan gugus OH^- . Alasannya karena seluruh komponen-komponen rumput laut mudah larut dalam air, gugus OH^- digunakan untuk membentuk karaginan. 5% NaOH digunakan sebagai alkali agar produk yang dihasilkan memiliki *yield* sebesar 37% dan *gel strength* yang tinggi. Proses ekstraksi berlangsung pada kondisi operasi tekanan 1 atm, temperatur 60°C selama 3 jam.

d. Penyaringan

Dari tangki ekstraktor, ekstrak berupa *slurry* yang kaya akan *carrageenan* dialirkan ke *filter screen* untuk memisahkan hasil ekstraksi dengan residu rumput laut. Dengan alasan karena campuran yang dipisahkan beda fase yaitu *solid* dan *liquid*. Komponen *hydroinsoluble* berfase *solid* sedangkan yang lainnya berfase *liquid*. Dengan kondisi operasi tekanan 1 atm dan temperatur 60 °C, dipilih agar memudahkan proses penyaringan saat keadaan panas. Jika kondisi operasi pada temperatur dibawah 60 °C, maka komponen selain *hydroinsoluble material* terlarut dalam larutan dapat menyebabkan partikel *carrageenan* mengalami gelatinisasi.

e. Penjendalan *Carrageenan*

Setelah proses pemisahan selesai, *slurry carrageenan* dimasukkan ke dalam tangki penjedalan untuk memekatkan filtratnya. Di dalam tangki penjedalan

terjadi pembentukan gel dengan penambahan 1% KCl untuk memudahkan proses pengendapan dan terbentuk menjadi gel.

f. Gel Press

Gel yang dingin kemudian dihidraulic press agar carrageenan dapat terbentuk menjadi cake. Proses *gel pressing* mampu menghilangkan sebagian besar kandungan air dari gel hingga 10%.

g. Pengeringan dan Penepungan

Penghilangan kandungan air dilanjutkan melalui proses pengeringan yang dilakukan menggunakan *rotary dryer* pada suhu 80°C sehingga menjadi karaginan kering. Untuk mendapatkan spesifikasi produk yang diinginkan, karaginan kering dihancurkan dengan menggunakan *ball mill* untuk didapatkan produk berupa karaginan *powder*. Selanjutnya karaginan *powder* distandarisasi dengan ayakan (*screen*) 250 mikron. Produk yang telah sesuai standar akan disimpan di bin penampung produk sedangkan produk yang *oversize* akan dikembalikan ke *ball mill* untuk proses penghancuran lebih lanjut.

2.4.2 Langkah Proses Samping

Proses pengolahan residu rumput laut sisa melalui langkah-langkah berikut:

a. Pengeringan

Residu rumput laut dikeringkan menggunakan sinar matahari untuk mengurangi *moisture content* didalamnya.

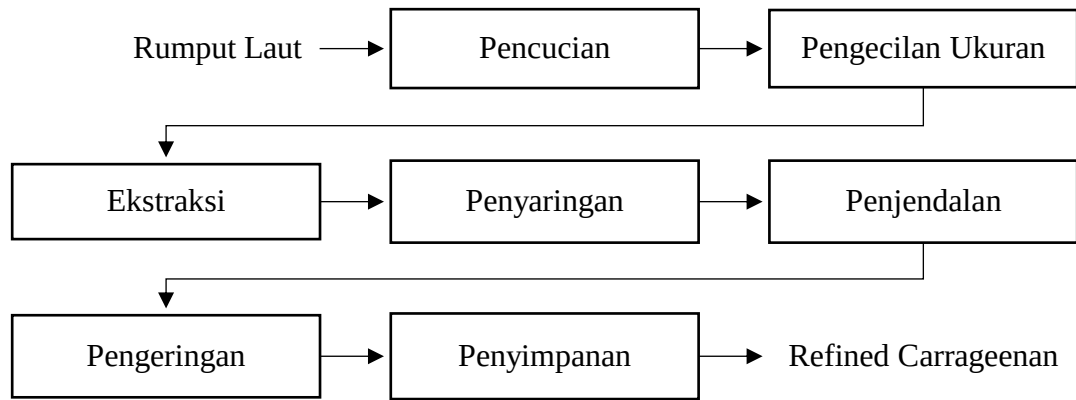
b. Penyimpanan

Rumput laut kering disimpan dalam suhu ruang 30°C dan pada tekanan 1 atm untuk dijual ke industri seperti industri *pulp* atau pupuk.

2.5 Diagram Alir (*Flowsheet*)

2.5.1 Diagram Proses Utama

Diagram alir proses secara umum ditampilkan pada diagram alir berikut ini.



Gambar 2.3 Blok Diagram Proses Utama

2.5.2 Diagram Proses Sampling

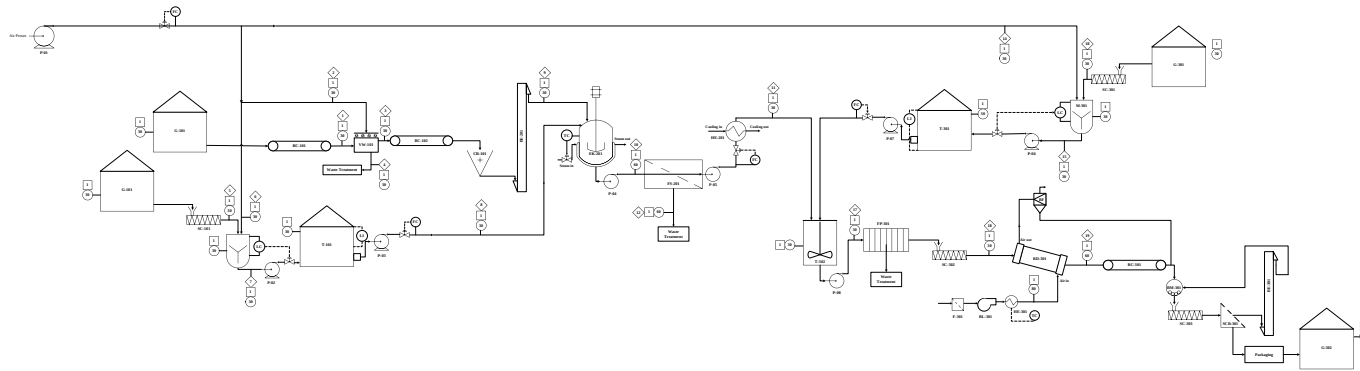
Proses sampling pabrik *refined carrageenan* ini adalah berupa residu rumput laut hasil ekstraksi yang akan meninggalkan limbah yang mengandung selulosa. Residu rumput laut yang mengandung selulosa ini akan diolah dengan proses pengeringan.



Gambar 2.4 Blok Diagram Proses Sampling

FLWSHEET

DIAGRAM ALIR (FLOWSHEET) PABRIK REFINED CARRAGEENAN MENGGUNAKAN PROSES GEL PRESS DENGAN KAPASITAS 6.000 TONTAHUN



PROGRAM STUDI S-1 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA
INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SERIKLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2022

DIAGRAM ALIR (FLOWSHEET)
PABRIK REFINED CARRAGEENAN MENGGUNAKAN PROSES
GEL PRESS DENGAN KAPASITAS 6.000 TONTAHUN

DOSEN PEMBIMBING:
Dr.Eng. Vito Paramita, ST, MM, M.Eng.
NIP. 1910215206512002

DIRANCANG OLEH:
Yusuf Arianto Putri Aji
NIM. 4004119060119

KETERANGAN GAMBAR :

- | | |
|-------|--|
| BC | : Belt Conveyor |
| BE | : Bucket Elevator |
| BL | : Blower |
| BF | : Bag Filter |
| BM | : Ball Mill |
| CR | : Crusher |
| EK | : Ekstraktor |
| FP | : Filter Press |
| FS | : Filter Screen |
| F | : Filter Udara |
| G-101 | : Gudang Penyimpanan Euchema rottam kering |
| G-102 | : Gudang Penyimpanan NaOH Padatan |
| G-301 | : Gudang Penyimpanan KCl |
| G-302 | : Gudang Produk Viamia (Refined Carrageenan) |
| HE | : Heat Exchanger |
| M | : Mixer |
| P | : Pampa |
| RD | : Rotary Dryer |
| SC | : Screw Conveyor |
| SCR | : Screens |
| T-101 | : Tangki Penyimpanan NaOH |
| T-301 | : Tangki Penyimpanan KCl |
| T-302 | : Tangki Presipitasi/Presendulan |
| VW | : Vibrating Washer |
| FC | : Flow Control |
| LC | : Level Control |
| LI | : Level Indicator |
| TC | : Temperature Control |
| ◇ | : Nomor Arus |
| □ | : Tekanan (atm) |
| ○ | : Temperature (°C) |

2.6 Neraca Massa dan Neraca Panas

2.6.1 Neraca Massa

Kapasitas produksi sebesar 6.000 ton/tahun.

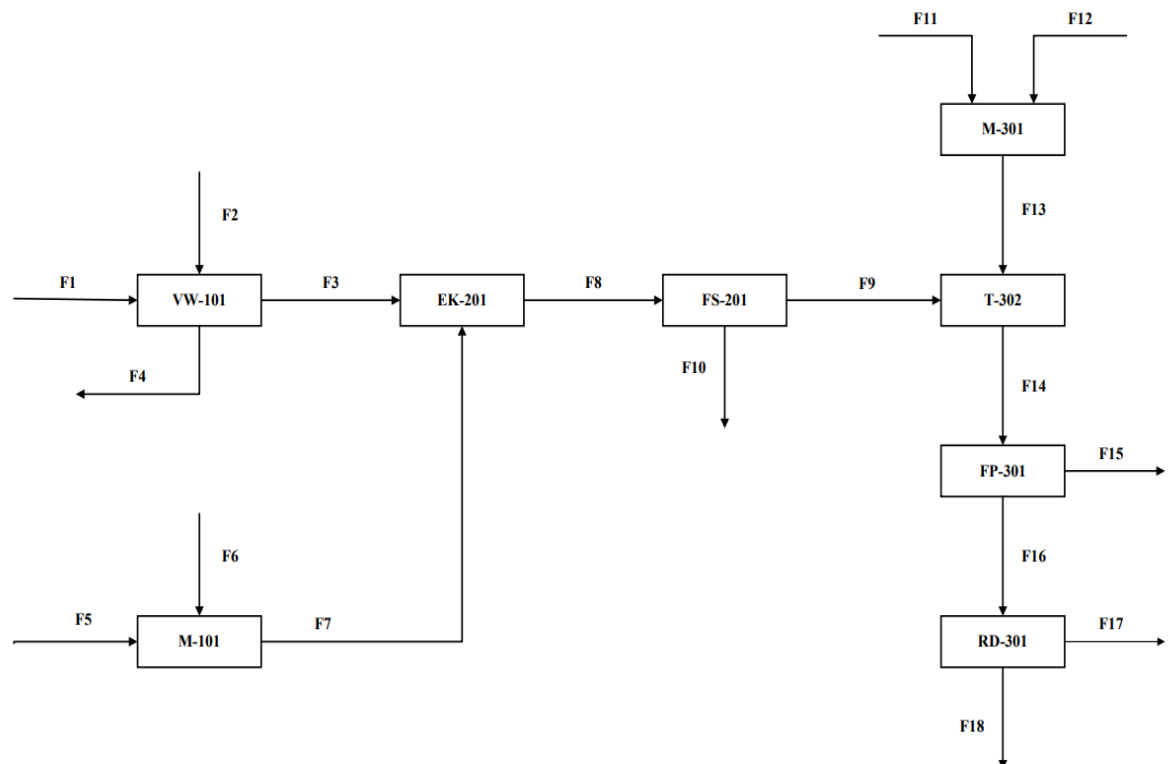
Satu tahun pabrik beroperasi selama 330 hari.

Satu hari pabrik beroperasi selama 24 jam.

Sehingga produksi pabrik tiap jam:

$$6000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{ton}} \times \frac{1}{330} \frac{\text{tahun}}{\text{hari}} \times \frac{1}{24} \frac{\text{hari}}{\text{jam}} = 757,576 \text{ Kg/jam}$$

Berikut adalah diagram alir neraca massa pada proses pembuatan refined carrageenan.



Gambar 2. 5 Blok diagram alir neraca massa

Keterangan Gambar:

VW-101 : Vibrating Washer

T-102 : Tangki Perendaman

M-101 : Mixer NaOH

M-301 : Mixer KCl

EK-201 : Ekstraktor

FS-201 : Filter Screen

T-301 : Tangki Penjedalan

FP-301 : Filter Press

RD-301 : Dryer Refined Carrageenan

Tabel 2. 3 Neraca Massa di sekitar Vibrating Washer (VW-101)

Tabel 2. 3 Neraca Massa di sekitar Vibrating Washer (VW-101)				
Komponen	MASUK (kg/jam)		KELUAR (kg/jam)	
	F1	F2	F3	F4
RLK	83,970	0	83,970	0
NaOH	0	0	0	0
H2O	16,030	500,000	71,730	444,300
Na2SO4	0	0	0	0
k-carrageenan	0	0	0	0
KCl	0	0	0	0
NaCl	0	0	0	0
Na2CO3	0	0	0	0
Fe2O3	0	0	0	0
SiO2	0	0	0	0
SO42-	0	0	0	0
NaClO3	0	0	0	0
Impuritis	0,1	0	0	0,1
TOTAL	600,100		600,100	

Tabel 2. 4 Neraca Massa di sekitar Mixer (M-101)

Komponen	MASUK (kg/jam)		KELUAR (kg/jam)
	F5	F6	F7
RLK	0	0	0
NaOH	41,985	0	41,985
H2O	0,755	796,858	797,613
Na2SO4	0	0	0
k-carrageenan	0	0	0
KCl	0	0	0
NaCl	0,011	0	0,011
Na2CO3	0,086	0	0,086
Fe2O3	0,0003	0	0,0003
SiO2	0,001	0	0,001
SO42-	0,004	0	0,004
NaClO3	0,0002	0	0,0002
TOTAL	839,700		839,700

Tabel 2. 5 Neraca Massa di sekitar Ekstraktor (EK-201)

Komponen	MASUK (kg/jam)		KELUAR (kg/jam)
	F3	F7	F8
RLK	83,970	0	52,901
NaOH	0	41,985	36,829
H2O	71,730	797,613	871,660

Na ₂ SO ₄	0	0	9,156
k-carrageenan	0	0	24,752
KCl	0	0	0
NaCl	0	0,011	0,011
Na ₂ CO ₃	0	0,086	0,086
Fe ₂ O ₃	0	0,0003	0,0003
SiO ₂	0	0,001	0,001
SO ₄ ²⁻	0	0,004	0,004
NaClO ₃	0	0,0002	0,0002
TOTAL	995,400	995,400	995,400

Tabel 2. 6 Neraca Massa di sekitar Filter Screen (FS-201)

Komponen	MASUK (kg/jam)	KELUAR (kg/jam)	
	F8	F9	F10
RLK	52,901	0	52,901
NaOH	36,829	34,987	1,841
H ₂ O	871,660	828,077	43,583
Na ₂ SO ₄	9,156	9,156	0
k-carrageenan	24,752	24,752	0
KCl	0,000	0,000	0
NaCl	0,011	0,011	0
Na ₂ CO ₃	0,086	0,086	0
Fe ₂ O ₃	0,000	0,000	0
SiO ₂	0,001	0,001	0
SO ₄ ²⁻	0,004	0,004	0
NaClO ₃	0,000	0,000	0
TOTAL	995,400	995,400	995,400

Tabel 2. 7 Neraca Massa di sekitar Mixer (301)

Komponen	MASUK (kg/jam)		KELUAR (kg/jam)
	F11	F12	F13
RLK	0	0	0
NaOH	0	0	0
H ₂ O	888,103	0	888,103
Na ₂ SO ₄	0	0	0
k-carrageenan	0	0	0
KCl	0	8,971	8,971
NaCl	0	0	0
Na ₂ CO ₃	0	0	0
Fe ₂ O ₃	0	0	0
SiO ₂	0	0	0
SO ₄ ²⁻	0	0	0
NaClO ₃	0	0	0
TOTAL	897,074	897,074	897,074

Tabel 2. 8 Neraca Massa di sekitar Tangki Presipitasi (T-302)

Komponen	MASUK (kg/jam)		KELUAR (kg/jam)
	F9	F13	F14
RLK	0	0	0
NaOH	34,987	0	34,987
H2O	828,077	888,103	1716,180
Na2SO4	9,156	0	9,156
k-carrageenan	24,752	0	24,752
KCl	0	8,971	8,971
NaCl	0,011	0	0,011
Na2CO3	0,086	0	0,086
Fe2O3	0,000	0	0,000
SiO2	0,001	0	0,001
SO42-	0,004	0	0,004
NaClO3	0,000	0	0,000
TOTAL	1794,148		1794,148

Tabel 2. 9 Neraca Massa di sekitar Filter Press (FP-301)

Komponen	MASUK (kg/jam)	KELUAR (kg/jam)	
	F14	F15	F16
RLK	0	0	0
NaOH	34,987	34,987	0
H2O	1716,180	1372,944	343,236
Na2SO4	9,156	9,15218779	0,004
k-carrageenan	24,752	0	24,752
KCl	8,971	8,074	0,897
NaCl	0,011	0,011	0
Na2CO3	0,086	0,086	0
Fe2O3	0,000	0,000	0
SiO2	0,001	0,001	0
SO42-	0,004	0,004	0
NaClO3	0,000	0,000	0
TOTAL	1794,148	1794,148	

Tabel 2. 10 Neraca Massa di sekitar Rotary Dryer (RD-301)

Komponen	MASUK (kg/jam)	KELUAR (kg/jam)	
	F16	F17	F18
RLK	0	0	0
NaOH	0	0	0
H2O	343,236	8,581	334,655
Na2SO4	0,004	0,004	0
k-carrageenan	24,752	24,752	0
KCl	0,897	0,897	0

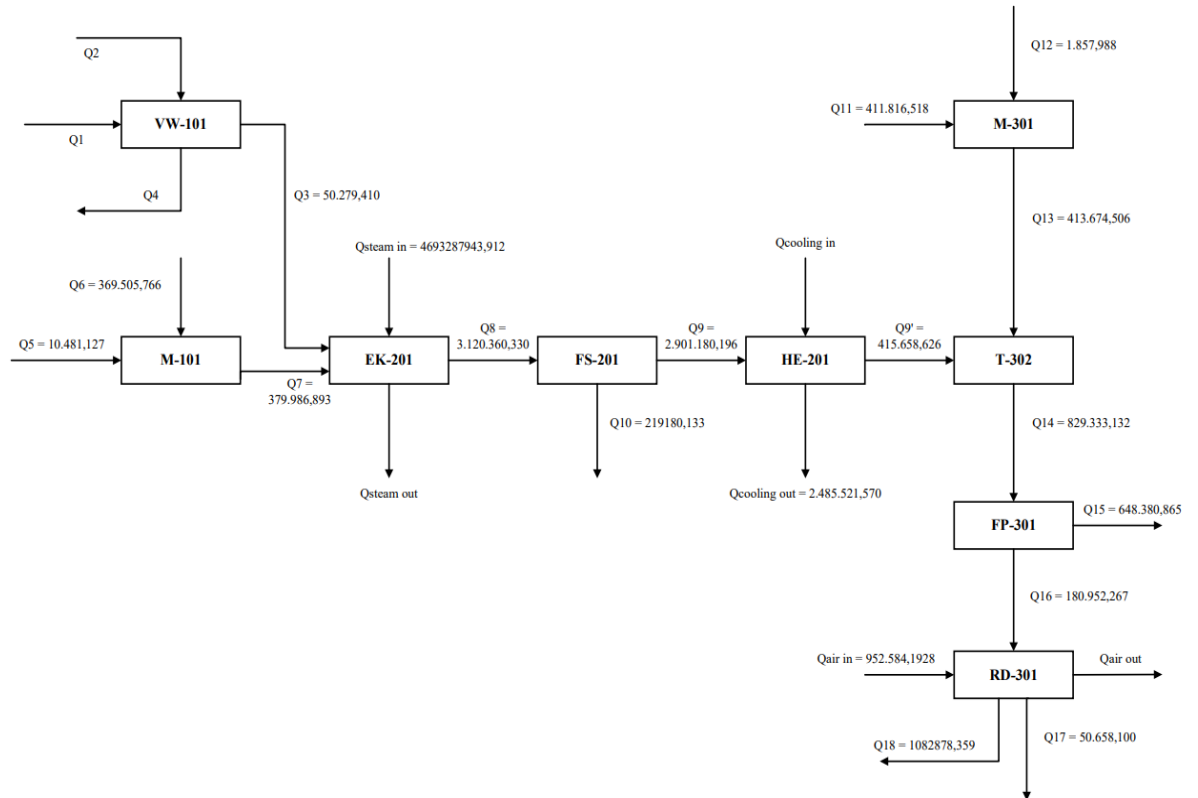
NaCl	0	0	0
Na ₂ CO ₃	0	0	0
Fe ₂ O ₃	0	0	0
SiO ₂	0	0	0
SO ₄ ²⁻	0	0	0
NaClO ₃	0	0	0
TOTAL	368,889	368,889	

Tabel 2. 11 Neraca Massa Overall

No.	Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
Vibrating Washer (VW-101)			
1.	Rumput laut kering	83,97	
	H ₂ O	516,030	
	Impuritas		0,1
Mixer (M-101)			
	NaOH	41,985	
	H ₂ O	797,613	
	NaCl	0,011	
2	Na ₂ CO ₃	0,086	
	Fe ₂ O ₃	0,0003	
	SiO ₂	0,001	
	SO ₄ ²⁻	0,004	
	NaClO ₃	0,0002	
Ekstraktor (EK-201)			
3	H ₂ O	869,343	
	K-carrageenan		24,752
	NaSO ₄		9,156
Filter Screen (FS-201)			
	Rumput laut kering		52,901
4	NaOH		36,829
	H ₂ O		869,343
	K-carrageenan		24,752
	NaSO ₄		9,156
Mixer (M-301)			
5	KCl		8,971
	H ₂ O		895,122
Tangki Penjendalan (T-302)			
	NaOH	34,987	
6	H ₂ O	1716,180	
	NaSO ₄	9,156	
	K-carrageenan	24,752	
Filter Press (FP-301)			
	NaOH		34,987
7	H ₂ O		1716,180
	Na ₂ SO ₄		9,156
	k-carrageenan		24,752

	KCl	8,971
	NaCl	0,011
	Na ₂ CO ₃	0,086
	Fe ₂ O ₃	0,0003
	SiO ₂	0,001
	SO ₄ ²⁻	0,004
	NaClO ₃	0,0002
	Rotary Dryer (RD-301)	
	H ₂ O	343,236
8	Na ₂ SO ₄	0,004
	k-carrageenan	24,752
	KCl	0,897
Total		4094,12
		4094,12
Total Produk = 100,692		
Bahan Baku = 100,926		
<i>Efisiensi</i>	$= \frac{\text{Produk}}{\text{Bahan baku}} \times 100\% = \frac{100,692}{100,926} \times 100\%$	
	= 99,769 %	

2.6.2 Neraca Panas



Gambar 2. 6. Blok diagram alir neraca panas

Keterangan Gambar:

VW-101 : Vibrating Washer

M-101 : Mixer NaOH

M-301 : Mixer KCl

EK-201 : Ekstraktor

FS-201 : Filter Screen

HE-201 : Heat Exchanger

T-301 : Tangki Penjedalan

FP-301 : Filter Press

RD-301 : Dryer Refined Carrageenan

Tabel 2. 12 Neraca panas di sekitar Mixer (M-101)

Komponen	Input		Output
	Q5	Q6	Q7
NaOH	18287,665		18287,665
H ₂ O	284,906	300803,105	301088,011
NaCl	4,601		4,601
Na ₂ CO ₃	48,111		48,111
Fe ₂ O ₃	0,178		0,178

SiO ₂	1,145	1,145
SO ₄ ²⁻	2,928	2,928
NaClO ₃	0,112	0,112
TOTAL	319432,751	319432,751

Tabel 2. 13 Neraca panas di sekitar Ekstraktor (EK-201)

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
ΔH_r	717174,927	-
ΔH_{298}	-	4690609234,365
ΔH_p	-	6492735,432
Q pemanas	4696384794,870	-
TOTAL	4697101969,796	4697101969,796

Tabel 2. 14 Neraca panas di sekitar Filter Screen (FS-201)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q8	6740698,519	-
Q9	-	4985648,923
Q10	-	1755049,596
TOTAL	6740698,519	6740698,519

Tabel 2. 15 Neraca panas di sekitar Heat Exchanger (HE-201)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q9	4985648,923	-
Q9'	-	713236,167
Qair		4272412,756
TOTAL	4985648,923	4985648,923

Tabel 2. 17 Neraca panas di sekitar Mixer (M-301)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q11	335246,967	-
Q12	6259,263	-
Q13	-	341506,229
TOTAL	341506,229	341506,229

Tabel 2. 18 Neraca panas di sekitar Tangki Presipitasi (T-302)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q9'	713236,167	-
Q13	341506,229	-

Q14	-	1054742,396
TOTAL	1054742,396	1054742,396

Tabel 2. 19 Neraca panas di sekitar Filter Press (FP-301)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q14	1054742,396	-
Q15	-	549628,854
Q16	-	505113,542
TOTAL	1054742,396	1054742,396

Tabel 2. 20 Neraca panas di sekitar Rotary Dryer (RD-301)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q16	504673,414	-
Q17	-	50658,100
Q18	-	881537,455
Qudara	427522,141	-
TOTAL	932195,556	932195,556

Tabel 2. 21 Neraca Panas Overall

No	Komponen	Input (kJ/Jam)	Output (kJ/Jam)
	Mixer (M-101)		
1	Q5	18629,64645	
	Q6	300803,1047	
	Ekstraktor (EK-201)		
	ΔH_r	717174,9269	
2	ΔH_{298}		4690602301
	ΔH_p		6492735,432
	Q pemanas	4696384795	
	Kehilangan Panas		896627,5405
3	Filter Screen (FS-201)		
	Q10		1755049,596
	Heat Exchanger (HE-201)		
4	Qair	4272412,756	
	Kehilangan Panas		9629,275295
	Mixer (M-301)		
5	Q11	335246,9667	
	Q12	6259,262566	
6	Tangki Penjendalan (T-302)		
	Q9'	713236,1668	
7	Filter Press (FP-301)		
	Q14	1054742,396	

	Q15	549628,8544
	Rotary Dryer (RD-301)	
	Q17	50658,10035
8	Q18	881537,4552
	Qudara	427522,1413
	Kehilangan Panas	2992654,989
TOTAL		4704230822
		4704230822

$$Panas yang hilang = \frac{\Sigma \text{ Kehilangan Panas}}{Panas Total} \times 100\% = \frac{3898911,805}{4704230822} \times 100\%$$

$$= 0,082880963 \%$$

$$Efisiensi = 100\% - Panas yang hilang$$

$$= 100 - 0,082880963$$

$$= 99,91711904 \%$$

2.7 Tata letak Pabrik dan Pemetaan

2.7.1 Tata Letak Pabrik

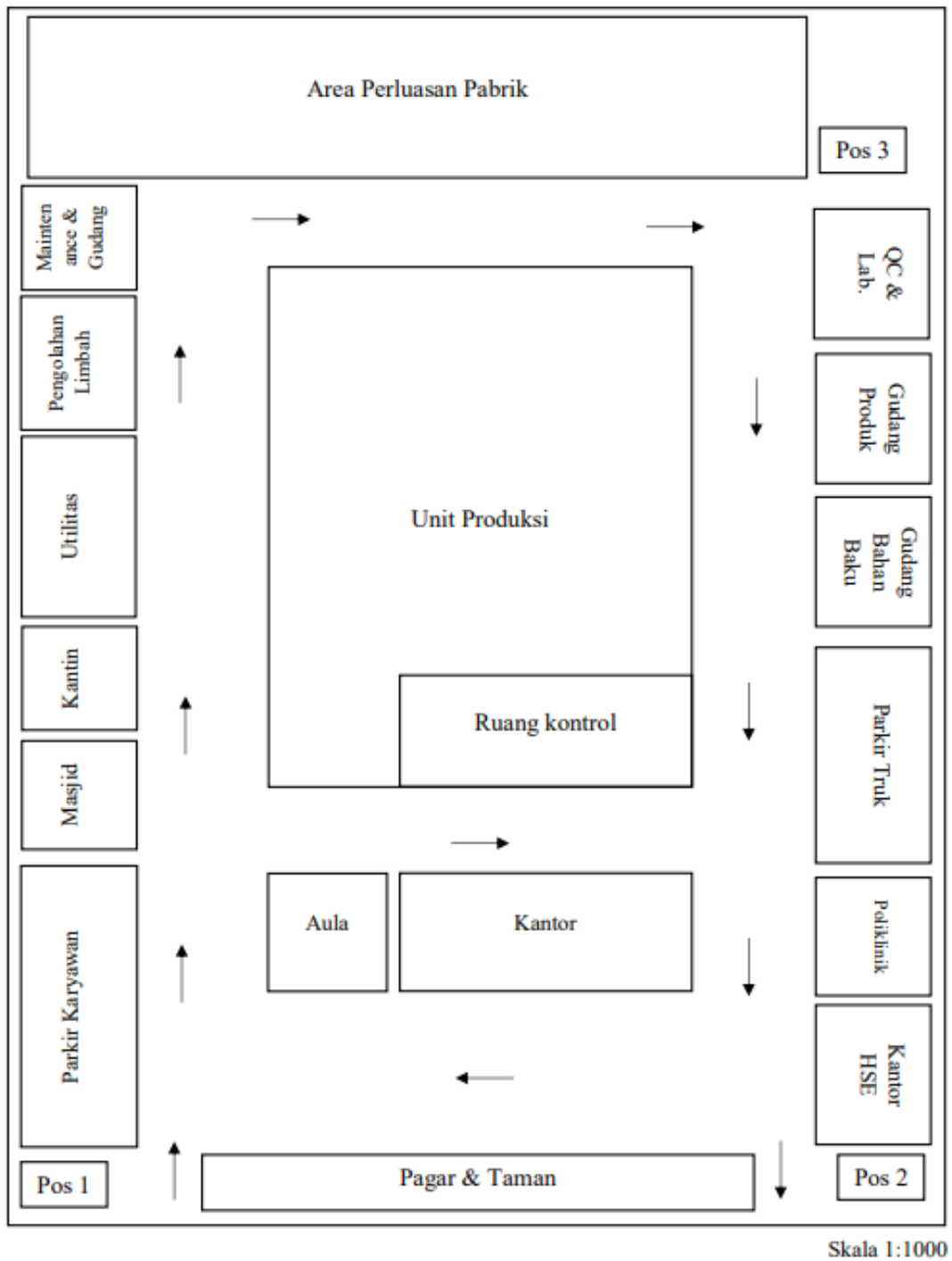
Setelah penyusunan flow diagram, dilakukan penyusunan *layout* pabrik yang mencakup perencanaan tata letak pabrik dan tata letak peralatan. Dalam tata letak pabrik, peralatan dan bangunan fisik pabrik harus ditempatkan sedemikian rupa agar mampu menunjang proses produksi secara efisien. Selain menunjang proses produksi, tata letak pabrik sangat penting untuk kelancaran dan keselamatan para pekerja selama proses produksi berlangsung. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan tata letak pabrik:

- Pendirian pabrik *refined carrageenan* ini merupakan pabrik baru (bukan pengembangan) sehingga penentuan *layout* tidak dibatasi oleh bangunan yang ada.
- Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik.
- Faktor keamanan sangat diperlukan untuk bahaya kebakaran dan ledakan. Untuk itu penyusunan tata letak perlu dijauhkan dari sumber api, bahan panas, dan bahan yang mudah meledak, serta jauh dari gas beracun.
- Sistem konstruksi yang direncanakan adalah *indoor* dikarenakan kondisi operasi yang relatif rendah dan menghindari pengaruh cuaca.
- Harga tanah cukup mahal sehingga memerlukan efisiensi dalam perencanaan pengaturan ruang atau lahan.

Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi kedalam beberapa bagian utama, yaitu:

- Daerah administrasi, perkantoran, laboratorium, dan ruang kontrol sebagai pusat administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang dijual.
- Daerah proses sebagai lokasi peletakan alat dan berjalannya proses produksi *refined carrageenan*.
- Daerah penyimpanan umum dan bengkel, sebagai lokasi menyimpan bahan baku dan produk *refined carrageenan* serta kepentingan bengkel untuk *maintenance* peralatan.
- Daerah parkir dan loading bahan baku sebagai lokasi parkir karyawan dan lokasi mobilitas truk bahan baku ke gudang bahan baku.
- Daerah utilitas merupakan daerah penyedia bahan pendukung proses, seperti unit penyediaan air dan listrik.

GAMBAR TATA LETAK PABRIK REFINED CARRAGEENAN



Gambar 2.7 Tata Letak Pabrik *Refined Carrageenan*

2.7.2 Tata Letak Peralatan

Dalam penyusunan tata letak pabrik refined carrageenan perlu memperhatikan faktor-faktor berikut:

- i. Aliran bahan baku dan produk

Penataan peralatan produksi dilakukan dengan memperhatikan aliran bahan baku dan produk secara efisien untuk menjamin kelancaran dan keamanan proses produksi serta memperoleh keuntungan ekonomi yang besar. Aliran bahan baku yang menggunakan conveyor dan sistem perpipaan harus ditempatkan sedemikian rupa agar tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

ii. Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan pekerja.

iii. Cahaya

Seluruh pabrik harus mendapat penerangan yang memadai, khususnya pada area proses dengan risiko tinggi untuk menghindari terjadinya kecelakaan.

iv. Lalu lintas manusia

Pekerja diharapkan dapat mengakses seluruh peralatan produksi dengan cepat dan mudah. Sehingga jika terdapat masalah pada peralatan proses bisa segera diperbaiki. Selain itu, keselamatan pekerja saat menjalankan tugas juga menjadi prioritas.

v. Jarak antar alat proses

Alat proses dengan suhu dan tekanan operasi tinggi harus dipisahkan dari peralatan proses lainnya sehingga peralatan tersebut tidak membahayakan peralatan proses lainnya jika terjadi ledakan atau kebakaran.

vi. Operasional alat

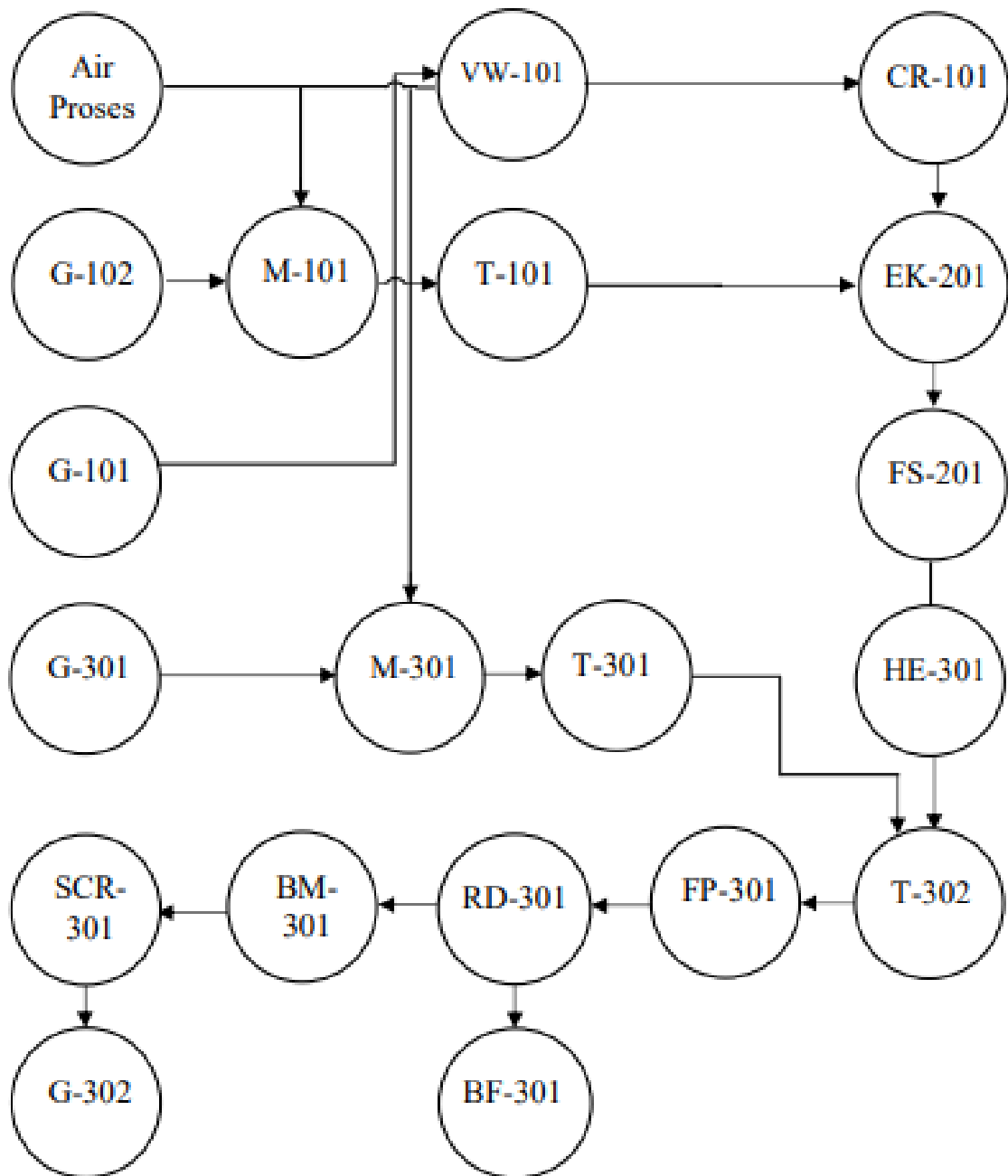
Alat dengan kontrol khusus (valve, sampling location, instrument) harus diletakkan dekat dengan ruang kontrol dan diawasi operator. Kebutuhan ruang alat juga perlu diperhatikan, seperti heat exchanger yang memerlukan ruang untuk pembersihan tube.

vii. Ekonomi

Penempatan peralatan proses berorientasi ekonomi untuk memastikan kelancaran dan keamanan produksi pabrik dengan biaya seminimal mungkin. Tata letak proses harus mempertimbangkan aspek ekonomi berikut:

- Memastikan bahwa dengan biaya minimal proses produksi tetap dapat berjalan lancar dan aman.

- Efektivitas dalam memanfaatkan area bangunan sehingga tidak terjadi pemborosan tempat.
- Biaya bahan dan proses minimal yang mengarah pada pengurangan pengeluaran modal yang tidak diperlukan.



Gambar 2.8 Tata Letak Peralatan Proses

Keterangan:

BF-301 : *Bag Filter*

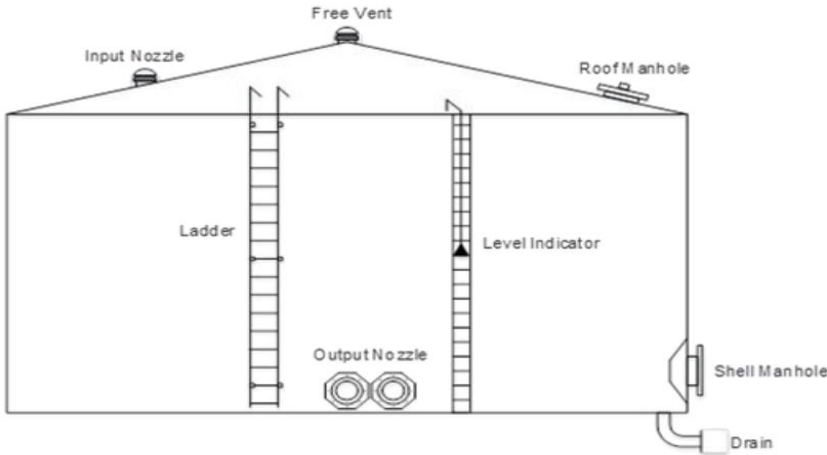
BM-301 : *Ball mill*

CR-101 : *Crusher*

EK-201 : Ekstraktor
FS-201 : *Filter screen*
FP-301 : *Filter press*
G-101 : Gudang *Euchemma cottonii*
G-102 : Gudang penyimpanan bahan baku NaOH
G-301 : Gudang penyimpanan KCl
G-302 : Gudang produk *refined carrageenan*
HE-201 : Heat exchanger
M-101 : Mixer NaOH
M-301 : Mixer KCl
RD-301 : Rotary dryer
SCR-301: Screen
T-101 : Tangki penyimpanan NaOH
T-301 : Tangki penyimpanan KCl
T-302 : Tangki presipitasi
VW-101 : Vibrating washer

BAB III SPESIFIKASI ALAT

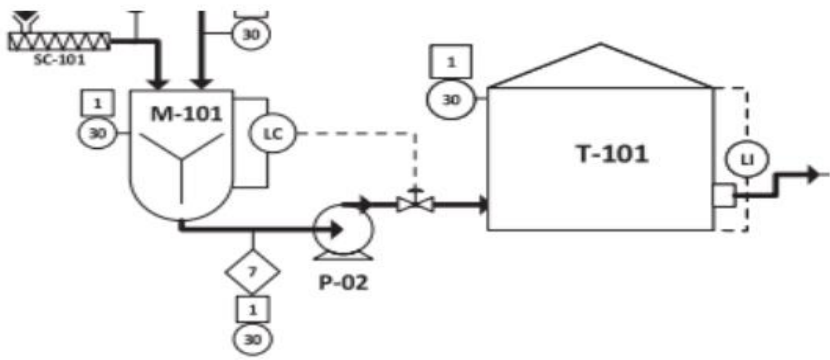
3.1 Unit Penyimpanan

Resume Spesifikasi Tangki Penyimpanan NaOH	
	
Gambar 3.1 Tangki Penyimpanan NaOH	
Nama	Tangki Penyimpanan NaOH
Kode	T-101
Fungsi	Untuk menyimpan bahan baku larutan NaOH 5%
Konstruksi Material	<i>Stainless Steel SA240 Grade 304</i>
Kondisi Operasi	Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm Fasa = <i>aqueous</i>
Jenis	<i>Cylindrical vertical tank with flat bottom dan conical roof</i>
Jumlah	1
Waktu Penyimpanan	7 hari
Dimensi:	
Kapasitas	2.894,111 ft ³
Tinggi Tangki	16 ft
Diameter Tangki	30 ft

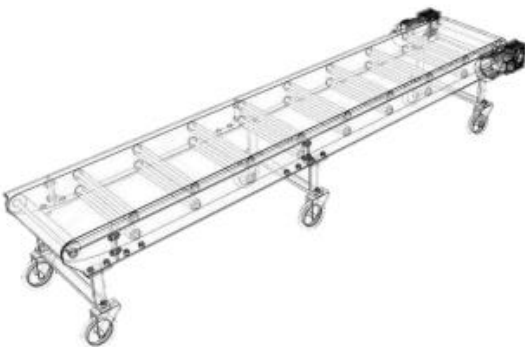
Jumlah <i>Course</i>	2
<i>Course 1:</i>	Panjang <i>plate</i> : 9,419 ft
	Lebar <i>plate</i> : 8 ft
	Tebal <i>shell</i> : 0,273 in
<i>Course 2:</i>	panjang <i>plate</i> : 9,417 ft
	Lebar <i>plate</i> : 8 ft
	Tebal <i>shell</i> : 0,194 in
Tinggi <i>head</i> tangki	6,013 ft
Tebal <i>head</i> tangki	0,522 in

3.2 Unit Pemindah

3.2.1 Pompa

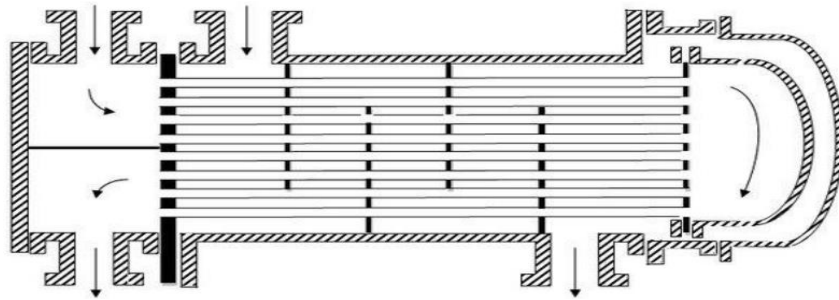
Resume Spesifikasi Pompa	
 The diagram illustrates the NaOH transfer process. NaOH is introduced into mixer M-101 from a source labeled SC-101. The mixer is equipped with a level controller (LC). The output of the mixer is pumped by P-02 to storage tank T-101. Tank T-101 has a level indicator (LI). The pump P-02 is a centrifugal pump. The piping includes several instrumentation points: a pressure/temperature sensor (1, 30) before the mixer, a flow sensor (7, 1, 30) after the mixer, and a pressure/temperature sensor (1, 30) before the tank.	
Gambar 3.2 Pompa NaOH Menuju ke Tangki Penyimpanan NaOH	
Nama	Pompa
Kode	P-02
Fungsi	Mengalirkan NaOH dari mixer (M-101) menuju ke tangki penyimpanan NaOH (T-101)
Konstruksi Material	<i>Stainless Steel SA240 Grade 304</i>
Kondisi Operasi	30 °C, 1 atm
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	0,00024 ft ³ /s
Tenaga Pompa	22,450 lbf.ft/lb
Ukuran Pipa:	
a. Diameter Nominal	0,333 in
b. Sch	40
c. <i>Inside Diameter (ID)</i>	0,269 in
d. <i>Outside Diameter (OD)</i>	0,405 in
Power Pompa	1 HP
Power Motor	1 HP

3.2.2 *Belt Conveyor*

Resume Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i>	
	
Gambar 3.3 <i>Belt Conveyor</i>	
Nama	<i>Belt Conveyor</i>
Kode	BC-101
Fungsi	Untuk mengangkut bahan baku rumput laut dari Gudang penyimpanan (G-101) menuju <i>vibrating washer</i> (VW-101)
Konstruksi Material	<i>Carbon Steel</i>
Kondisi Operasi	30 °C, 1 atm
Jenis	<i>Horizontal belt conveyor</i>
Power	0,019 HP

3.3 Unit Penukar Panas

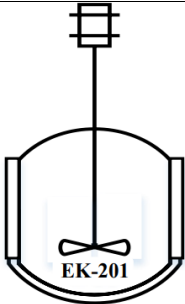
Resume Spesifikasi *Heat Exchanger*



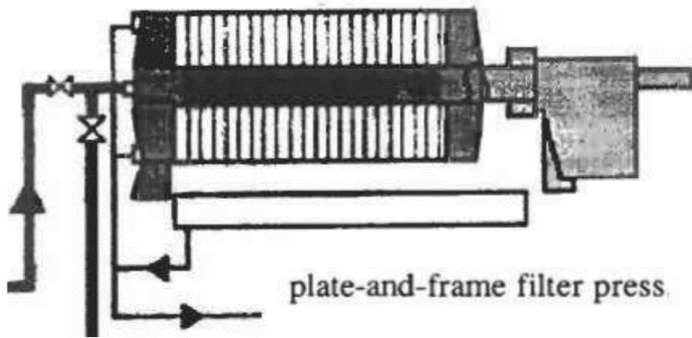
Gambar 3.4 *Shell and Tube Heat Exchanger*

Nama	<i>Heat Exchanger</i>	
Kode	HE-201	
Fungsi	Menurunkan suhu filtrat <i>k-carrageenan</i> sebelum masuk kedalam tangki penjedalan (T-302)	
Konstruksi Material	<i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>	
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
<i>Clean Overall Coeficient</i>	U _c = 24,701 Btu/hr ft ² °F	
<i>Design Overall Coeficient</i>	U _D = 70 Btu/hr ft ² °F	
Spesifikasi:		
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>
3,750 in	ID	0,620 in
0,854 ft ²	<i>Flow area</i>	0,435 ft ²
0,002 psi	ΔP Perhitungan	0,747 psi
10 psi	ΔP maks yang diizinkan	10 psi

3.4 Unit Reaksi

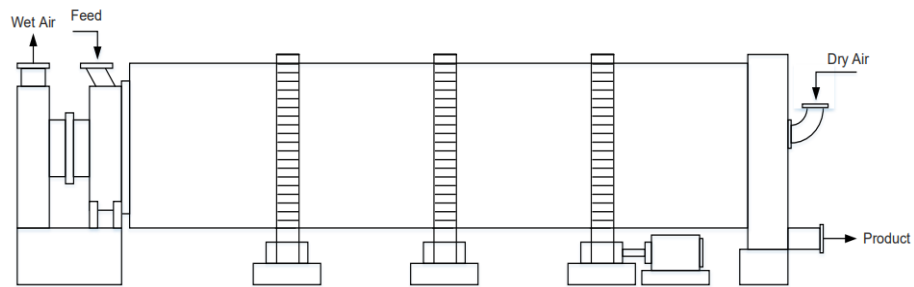
Resume Spesifikasi Ekstraktor	
	
Gambar 3.5 Ekstraktor	
Nama	Ektstraktor
Kode	EK-201
Fungsi	Tempat ekstraksi <i>k-carrageenan</i> dari rumput laut
Konstruksi Material	<i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>
Kondisi Operasi	60°C, 1 atm
Jenis	CSTR
Spesifikasi Tangki:	
a. Diameter	3,837 m
b. Tinggi Ekstraktor	3.837 m
c. Tinggi Tutup Ekstraktor	0,133 m
d. Tinggi Total Ekstraktor	4,103 m
e. Tekanan Design	18,514 psia
Spesifikasi Pengaduk:	
a. Jenis	<i>Marine propeller dengan 3 blade</i>
b. Lebar <i>Baffle</i>	0,161 ft
c. Kecepatan Pengaduk	187,521 rpm
d. Power Pengaduk	1,466 HP
Spesifikasi Jaket Pemanas	
a. Luas Perpindahan	457098,562 ft ²
b. Tinggi Jaket	0,147 m
c. Diameter Jaket	0,0051 m
d. Tebal Jaket	0,125 m

3.5 Unit Pemisah

Resume Spesifikasi <i>Filter Press</i>	
 plate-and-frame filter press	
Gambar 3.3 <i>Plate and Frame Filter Press</i>	
Nama	<i>Filter Press</i>
Kode	FP-301
Fungsi	Memisahkan <i>k-carrageenan</i> dari filtrat
Konstruksi Material	Polypropylene
Kondisi Operasi	30° C, 1 atm
Jenis	<i>Plate and Frame Filter Press</i>
<i>Filtration Area</i>	900 m ²
Tebal <i>Cake</i>	40
<i>Chamber Volume</i>	5,11 m ³
Dimensi (L x W x H)	18530 x 3000 x 2500 mm
<i>Power</i>	8,850 HP

3.6 Unit Pengeringan

Resume Spesifikasi *Rotary Dryer*



Gambar 3.3 *Rotary Dryer*

Nama	<i>Rotary Dryrer</i>
Kode	RD-301
Fungsi	Mengurangi kadar air dalam RC
Konstruksi Material	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Kondisi Operasi	80°C, 1 atm
Jenis	<i>Direct Contact Counter Current Flow Rotary Dryer</i>
Diameter RD	11,331 ft
Volume RD	71,417 ft ³
Panjang RD	11,331 ft
Tebal Dinding RD	0,089 in
Jumlah Putaran	8,989 rpm
<i>Power RD</i>	4,012 HP
<i>Overall heat transfer coefficient</i>	28,102 BTU/lb.ft ² .F
Jumlah <i>flight</i>	2 buah
<i>Slope RD</i>	0,016 ft/ft $\approx$ 5 derajat
<i>Time of Passage</i>	3,289 menit

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

4.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Boiler*)

Unit penyediaan dan pengolahan air berfungsi untuk menyediakan kebutuhan air mulai dari proses pengadaan dan pengolahannya hingga dapat digunakan untuk proses, air umpan *boiler*, air sanitasi dan air *hydrant*.

4.1.1 Kebutuhan Air

A. Air Proses

Air proses digunakan sebagai pencuci rumput laut, dan pengencer pada bahan baku NaOH dan KCl. Kebutuhannya antara lain:

Tabel 4. 1 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Kode	Kebutuhan Air (kg/jam)
Vibrating Washer	VW-101	11.065
Mixer NaOH	M-101	17.634,136
Mixer KCl	M-301	19.653,357
Total		48.352,283

(Yaws, 1999)

Densitas air pada 30°C = 1.023,01 kg/m³

$$\text{Total kebutuhan air proses} = \frac{48352,283 \text{ kg/jam}}{1.023,01 \text{ kg/m}^3} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} = 1.134,353 \text{ m}^3/\text{hari}$$

B. Air Pendingin

Air pendingin adalah air yang digunakan pada alat penukar panas, seperti *cooler* dan kondensor. Air pendingin diambil dari air laut yang telah diolah hingga melalui proses demineralisasi dan disimpan dalam pengampungan air pendingin sehingga memenuhi syarat sebagai air pendingin. Berikut persyaratan air pendingin yang digunakan:

Tabel 4. 2 Syarat Mutu Air Pendingin

Parameter	Air Pendingin	
	Circulating Water	Make up water
pH	6,5 – 8,5	6,0 – 8,4
Konduktivitas elektrik (mS/m)	<80	<30
Klorida (mg/l)	<200	<50
Sulfat (mg/l)	<200	<50
Alkali (mg/l)	<100	<50
Total <i>hardness</i> (mg/l)	<250	<70

Kalsium (mg/l)	<150	<50
Silika (mg/l)	<40	<30
ASME (1994)		

Jumlah kebutuhan air pendingin adalah sebagai berikut:

Kebutuhan air pendingin digunakan pada alat *heat exchanger* (HE-01, HE-02) dapat diketahui dari tabel berikut:

Tabel 4. 3 Kebutuhan Air Pendingin		
No	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	HE-201	67.654,992
	Total	67.654,992

Sistem pendingin yang digunakan adalah sistem tertutup (*recirculation*). Pada sistem ini air dipasok secara kontinyu dari penampung air pendingin yang akan dipompa dan dialirkan ke kondensor dan *heat exchanger*. Kemudian hasil kelarnya akan dipompa ke *chiller* untuk mengembalikan seperti kondsu semula, sehingga air tersebut dapat digunakan kembali sebagai pendingin. Meskipun menggunakan sistem tertutup, tetapi didalam sirkulasinya banyak terjadi kehilangan massa air yang antara lain disebabkan adanya kebocoran-kebocoran di dalam sistem. Oleh karena itu diperlukan *make up water* yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan akan tambahan air tersebut.

Densitas air pada 30°C = 1.023,01 kg/m³ (Yaws, 1999)

Jumlah kebutuhan air pendingin

$$= 67.654,992 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times \frac{1}{1.023,01 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}^3}} = 1.587,198 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}$$

Kebutuhan air saat *start up* = 1.587,198 m³/hari

$$\begin{aligned} \text{Air pendingin yang hilang (2\% kebutuhan setiap bulan)} &= \frac{2\%}{30} \times 1.587,19 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1,058 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air pendingin} &= 1.587,19 \text{ m}^3/\text{hari} + 1,058 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1.588,256 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

C. Kebutuhan Air Umpan Boiler / Boiler Feed Water (BFW)

Air umpan boiler digunakan sebagai fluida pemanas dalam beberapa alat proses. Kebutuhannya antara lain:

Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Nama Alat	Kode	Kebutuhan Steam (kg/jam)
Ekstraktor	EK-201	1.788.485,774
Total		1.788.485,774

Kebutuhan BFW saat *start-up*:

- Kebutuhan *steam* untuk umpan HE dan Ekstraktor = 1.788.485,774 kg/jam
- Densitas air pada 30°C = 1.023,01 kg/m³ (Yaws, 1999)
- Kebutuhan *steam* di Ekstraktor = 1.748,26 m³/jam
= 41.958,24 m³/hari

Diperkirakan *steam* yang hilang selama proses adalah 2% dari *steam trap* serta 3% karena *blowdown*.

$$\text{Blowdown 3\%} = 0.03 \times 41.958,24 \text{ m}^3/\text{hari} = 1.258,75 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Steam Trap 2\%} = 0.02 \times 41.958,24 \text{ m}^3/\text{hari} = 839,165 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Make Up Water} &= \text{Blowdown} + \text{Steam Trap} \\ &= 1.258,75 \text{ m}^3/\text{hari} + 839,165 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2.097,915 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Condensate} &= \text{Jumlah steam yang dialirkan ke Ekstraktor} \\ &= 41.958,24 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air umpan boiler} &= \text{Condensate} + \text{Steam Trap} + \text{Blowdown} \\ &= (41.958,24 + 839,165 + 1.258,75) \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 44.045,155 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Steam yang dihasilkan boiler} &= \text{Steam Trap} + \text{Steam untuk Ekstraktor} \\ &= (839,165 + 41.958,24) \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 42.797,405 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

D. Kebutuhan Air Sanitasi

- Air untuk karyawan
Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405 Tahun 2002, perusahaan harus menyediakan air sanitasi dengan kapasitas minimal per karyawan adalah 60 L/hari, sehingga keperluan air sanitasi untuk 164 karyawan adalah 9,84 m³/hari.
- Air untuk laboratorium
Berdasarkan Keputusan Kepala Bapeda No. 113 Tahun 2000, kebutuhan minimal air sanitasi untuk laboratorium adalah 3 m³/hari.

- Air untuk pembersihan dan pemeliharaan taman

Kebutuhan untuk pembersihan dan pemeliharaan taman dan lain-lainnya diperkirakan sebesar 5 m³/hari.

Total kebutuhan air sanitasi = 17,84 m³/hari.

E. Total Kebutuhan Air

Total kebutuhan air yang digunakan saat *start up*:

= air proses + air umpan *boiler* + air sanitasi + air pendingin

= 1.134,353 + 44.045,155 + 17,84 + 1.588,256 m³/hari

= 46.785,604 m³/hari

F. Kebutuhan Air Hydrant

Air hidran digunakan untuk air pemadam kebakaran. Air ini sangat diperlukan apabila di dalam pabrik terjadi musibah seperti kebakaran. Karena kegunaannya hanya pada saat bencana maka dapat dikatakan bahwa penggunaan air hidran tidak secara terus-menerus dan tidak dikatakan bahwa penggunaan air hidran tidak secara terus-menerus dan tidak menyangkut air proses. Maka spesifikasi dari air hidran pun tidak serumit air umpan *boiler*, dan lain-lain.

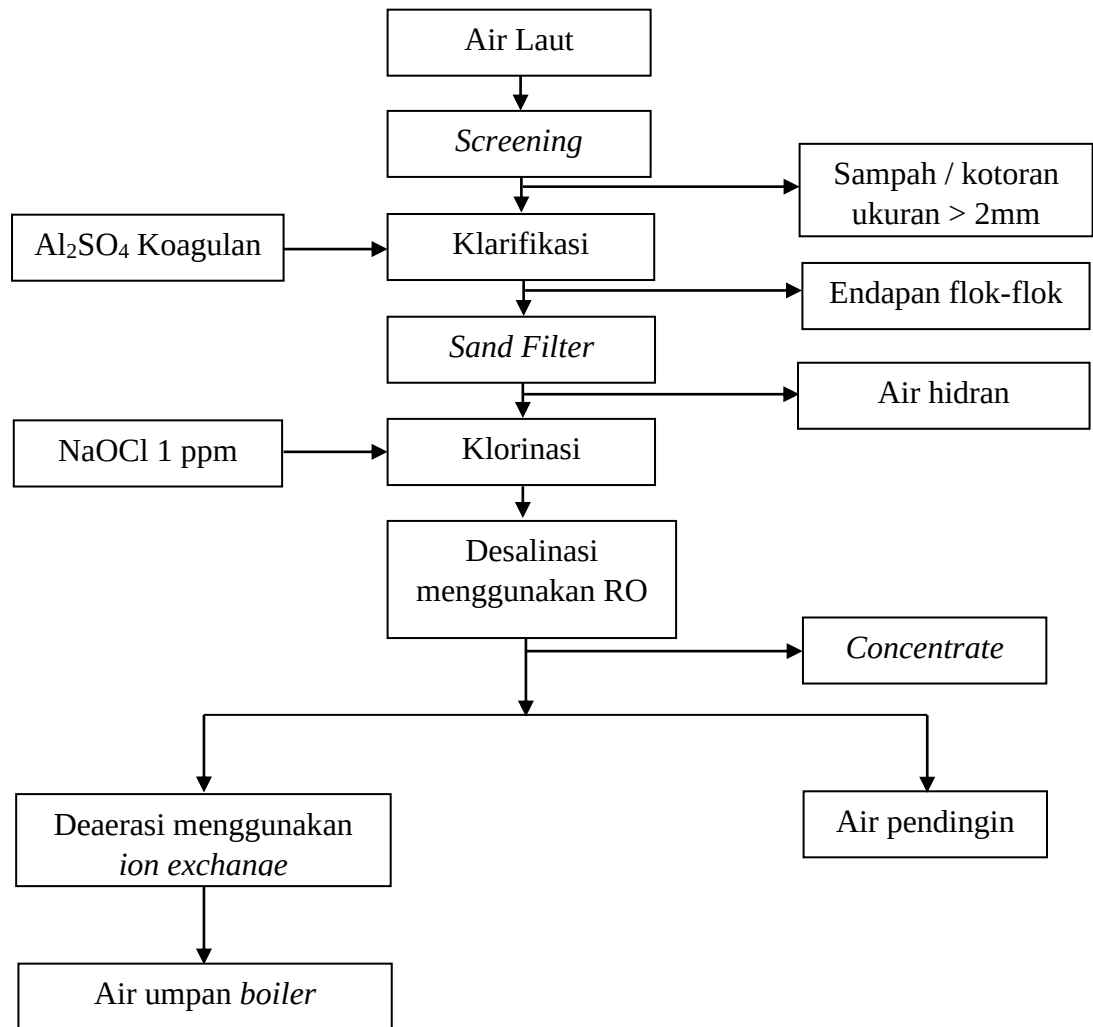
Air hidran disimpan di dalam *filtered water tank*. Pada prakteknya kebutuhan air hidran disalurkan melalui pipa hidran yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa hidran dipersiapkan pada lokasi pabrik yang cukup strategis dengan pertimbangan utama adalah pada kemudahan pencapaian pada semua lokasi pabrik. Berdasarkan Badan Standar Nasional (2000) dalam SNI 03-1735-2000, tangki penyimpanan air hidran mempunyai kapasitas penyimpanan efektif yang mampu memasok air pada laju 1.620 L/menit dengan waktu tidak kurang dari 30 menit. Maka volume tangki penyimpanan minimum waktu adalah: $V = Q \times t = 1.620 \text{ L/menit} \times 30 \text{ menit} = 48.600 \text{ L} = 48,6 \text{ m}^3$.

4.1.2 Pengolahan Air Laut

Unit pengadaan air ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan air mulai dari pengadaan dan pengolahannya hingga air siap digunakan. *Fresh water* atau air laut langsung diambil dari badan air laut perairan Masalembu. Melalui sistem pemompaan dan pemipaan yang langsung dimasukkan dke dalam unit pengolahan dan pengadaan air di dalam pabrik. Penggunaan air laut sebagai sumber air dikarenakan:

- Jumlah atau ketersediaan air laut yang melimpah.
- Jarak perairan Masalembu yang dekat dengan lokasi pabrik dibangun (± 165 mil laut).

Adapun, sistem pengolahan air laut yang diterapkan dalam industri ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Skema Pengolahan Air Laut

A. Unit Pengambilan Air Laut (*Sea Water Intake*)

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pabrik dan didesain untuk mendapatkan air laut yang bersih, bening, dingin dan memenuhi kriteria air yang dibutuhkan. Hal tersebut dapat dicapai dengan mendesain kecepatan aliran masuk air laut $< 0,2$ m/s agar endapan besar tidak banyak terikut (PT TPPI, 2015). Dari *sea water intake*, air laut akan diaring menggunakan *rough screen* untuk menghilangkan pengotor berukuran besar. Setelah keluar dari *rough screen*, kemudian air dimasukkan ke dalam *clarifier*.

B. Unit Klarifikasi

Unit ini bertujuan untuk menghilangkan padatan-padatan yang tersuspensi baik padatan kasar yang masih tersisa, padatan halus maupun memiliki sifat koloid. Proses klarifikasi mencakup koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi dimana masing-masing merupakan Langkah-langkah tersendiri dengan persyaratan tertentu yang harus dipenuhi untuk memperoleh hasil yang dikehendaki.

Langkah-langkah proses klarifikasi adalah sebagai berikut:

- Koagulasi

Koagulasi adalah proses penetralan partikel-partikel yang ada dalam air sehingga dapat diendapkan. Bahan kimia pengendap (koagulan) yang digunakan adalah Al_2SO_4 yang dimasukkan ke dalam air dan diaduk dengan cepat. Hasil reaksi kimia yang terjadi disebut flok yaitu partikel bukan koloid yang sangat halus.

- Flokulasi

Flokulasi merupakan kelanjutan setelah proses koagulasi, partikel-partikel halus hasil koagulasi membentuk suatu gumpalan yang besar sehingga lebih mudah mengendap. Proses ini dibantu dengan pengadukan yang lambat.

- Sedimentasi

Air yang telah melalui proses koagulasi dan flokulasi, selanjutnya masuk ke tahap akhir yaitu sedimentasi. Air bersih dapat dipisahkan setelah flok mengendap. Efisiensi proses ini tidak dapat dipisahkan setelah flok mengendap. Efisiensi proses ini tidak dapat mencapai 100% sehingga air yang dihasilkan masih mengandung zat-zat tersuspensi dalam bentuk *carry over flocs*.

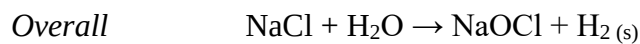
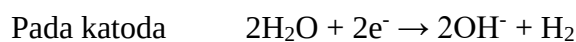
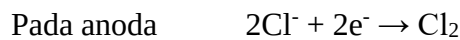
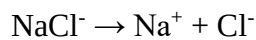
C. Unit Klorinasi

Unit klorinasi pada industri ini bertujuan untuk memproduksi larutan NaOCl (1 ppm) sebagai desinfektan dengan cara mengelektrolisis air laut. Kandungan Cl_2 dalam NaOCl (*sodium hypochlorite*) adalah sebesar 12-15% (Kemmer, 1987). NaOCl ini berfungsi sebagai desinfektan untuk mencegah dan mengurangi pertumbuhan ganggang dan mikroorganisme lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya kerak (*scaling*) atau karang yang akan menyumbat pipa dan mengganggu proses transfer panas di alat-alat penukar panas.

Sehingga penggunaan NaOCl sebagai desinfektan dapat mengurangi risiko bahaya dari penggunaan gas klorin.

Umpan unit klorinasi adalah keluaran dari *clarifier* sehingga sudah terpisah dari *suspended solidnya*. Apabila tidak dibersihkan, *suspended solid* ini akan melekat diantara elektroda-elektroda di dalam *electrolyte cell*. *Electrolyte cell* terdiri dari katoda (*stainless steel*) dan anoda (titanium) yang dialiri oleh listrik DC (searah).

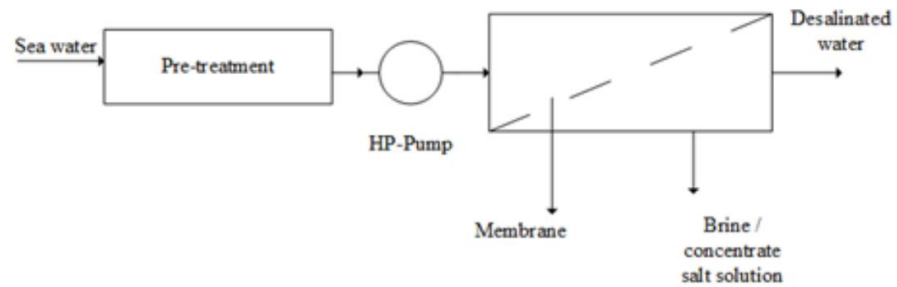
Reaksi yang terjadi di elektroda adalah sebagai berikut:



Shock dosing perlu dilakukan secara periodik dengan kadar 2-3 ppm selama 2 jam untuk memaksimalkan proses desinfeksi (Fritzmman et al., 2007).

D. Unit Desalinasi

Unit desalinasi ini bertujuan untuk memproduksi air tawar (air desalinasi) dengan menghilangkan padatan terlarut dan ion yang terkandung pada air seperti Na^+ , Cl^- , K^+ , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan CO_3^{2-} . Pada unit ini menggunakan sistem *Reverse Osmosis* (RO), sistem ini lebih banyak digunakan daripada proses thermal karena biaya kapital dan operasinya yang lebih murah (Fritzmman et al., 2007). RO merupakan perpindahan air atau larutan dari konsentrasi tinggi (TDS tinggi) ke konsentrasi rendah (TDS rendah) yang dipisahkan oleh membran semipermeabel. Sistem ini menggunakan prinsip tekanan osmosis, sehingga pada sisi *feed* tekanan tinggi harus digunakan agar air dapat mengalir melalui membran. Membran seleksi harus bersifat selektif sehingga dapat menahan zat terlarut seperti molekul berukuran besar serta ion-ion dan zat pelarut murni bisa mengalir ke lapisan berikutnya. Untuk desalinasi air laut tekanan *feed* yang dibutuhkan berkisar antara 55-68 bar (Fritzmman et al., 2007).



Gambar 4.2 Skema Desalinasi Menggunakan Sistem *Reverse Osmosis*

Menurut Fritzmann et al. (2007), proses desalinasi menggunakan membran RO terbagi menjadi 4 tahapan yaitu:

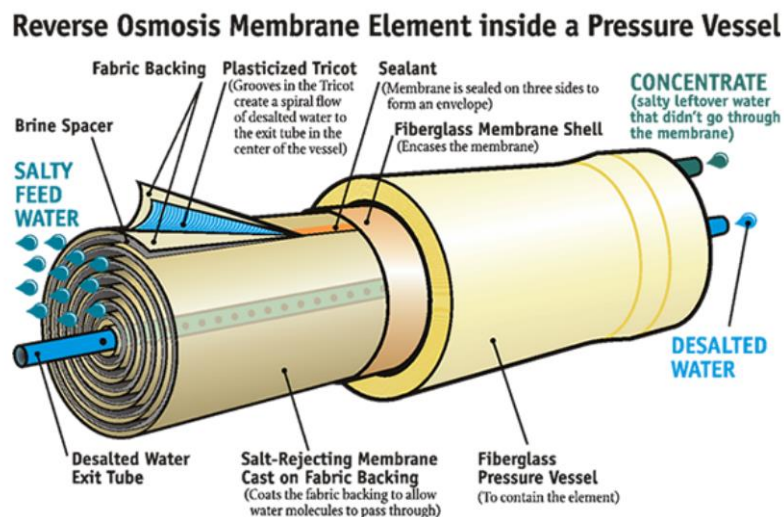
1. *Pre-treatment*

Umpan untuk proses desalinasi ini harus dipisahkan dari *suspended solid*nya agar tidak menimbulkan masalah pada membran yang digunakan. Pemisahan *suspended solid* ini sudah dilakukan di tahapan sebelumnya.

2. *Pressurization*

Proses pemisahan dengan sistem membran RO ini menggunakan prinsip beda tekanan sehingga air dapat mengalir melewati membran dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Oleh karena itu, *feed* masuk membran harus dinaikkan tekanannya dengan menggunakan *high pressure pump* hingga 55-68 bar.

3. Penyaringan dengan membran



Gambar 4.3 Bagian-bagian *Membrane Reverse Osmosis* (Brian,2014)

Air mengalir melewati membran RO karena ada beda tekanan. Membran ini akan menghalangi aliran garam terlarut sehingga hanya air terdesalinasi yang dapat lolos melewati membran. Keluaran dari alat ini ada

dua yaitu aliran *concentrate* (aliran air garam yang tidak dapat lolos) dan aliran *desalted water* (air produk).

4. *Post treatment stabilization*

Air produk hasil pemisahan menggunakan membran RO akan dicek pHnya sebelum dialirkan ke tahapan selanjutnya.

E. Unit Demineralisasi

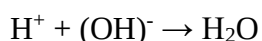
Demineralisasi merupakan proses penghilangan ion-ion mineral yang masih terkandung dalam air yang akan digunakan untuk air umpan *boiler*. Demineralisasi dilakukan menggunakan kation dan anion beds dengan prinsip *ion exchange*. Kation beds untuk menghilangkan kalsium, magnesium, dan sisa sodium. Sementara bikarbonat, sulfat, klorida, dan *water soluble silica* dihilangkan di anion beds (Renel, 1994). Resin penukar kation yang digunakan adalah Lewatit C-249 sedangkan resin penukar anion yang digunakan adalah Lewatit m-500. Tahapan proses demineralisasi terdiri dari:

1. Tahap *in service*

Tahap ini merupakan tahap dimana terjadi reaksi pertukaran ion antara resin dengan larutan. Tahapan ini dilakukan dengan cara mengalirkan air umpan dari atas (*downflow*). Pada proses ini, resin akan menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain ke dalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin dinamakan resin penukar kation dan jika hanya dipertukarkan berupa anion, maka resin dinamakan resin penukar anion.



Pada proses penangkapan ion positif atau negative tersebut akan terlepas ion H (hydrogen) dan ion OH (hidroksil) yang bereaksi membentuk H₂O dengan reaksi:



2. Tahap Pencucian Balik (*backwash*)

Saat resin tersebut telah mempertukarkan semua ion yang dimilikinya, maka reaksi pertukaran ion akan terhenti. Pada saat itu resin dikatakan telah mencapai titik habis (*exhausted*), sehingga harus *dibackwash*. Tahap ini bertujuan untuk:

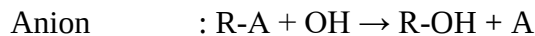
- Pemecahan resin yang tergumpal
- Penghilangan partikel halus yang tertangkap dalam ruang antar resin
- Penghilangan kantong-kantong gas dalam unggun

Tahap ini dilakukan dengan mengalirkan air dari bawah ke atas (*upflow*). Pada tahap ini akan terjadi pengembangan unggun antara 50-70%.

3. Tahap *regeneration*

Tahap regenerasi adalah proses penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin sehingga mengembalikan kapasitas ke tingkat awal atau setidaknya ke tingkat yang diinginkan. Bila ion penukar (resin) telah jenuh dengan ion yang terikat, maka kemampuannya untuk mengikat mineral turun sehingga banyak mineral yang akan lolos. Kejenuhan resin ditandai dengan tingginya konduktivitas air yang dihasilkan. Oleh karena itu perlu diadakan regenerasi dengan menggunakan asam kuat dan basa kuat untuk menghilangkan mineral-mineral yang terikat pada resin penukar ion tersebut. Resin kation diregenerasi menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dan resin anion diregenerasi menggunakan caustic soda ($NaOH$).

Reaksi regenerasi:



4. Tahap *rinse* / pembilasan

Tahap pembilasan bertujuan untuk menghilangkan sisa larutan regenerasi yang terperangkap oleh resin. Pembilasan dilakukan dengan menggunakan air produk dengan aliran *downflow* dan dalam dua tingkat:

- Tingkat laju alir rendah untuk menghilangkan larutan regenerasi
- Tingkat laju alir tinggi untuk menghilangkan sisa ion

Limbah dari pembilasan tingkat laju alir rendah akan digabungkan dengan larutan garam dan dibuang, sementara limbah dari pembilasan tingkat laju alir tinggi disimpan dan digunakan sebagai pelarut senyawa untuk regenerasi.

(Setiadi, 2007)

F. Unit Daerasi

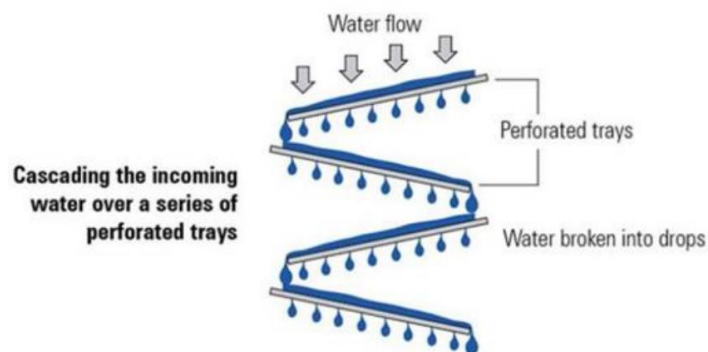
Unit ini digunakan untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, seperti CO_2 , O_2 , N_2 , NH_3 , NO_2 , dan H_2S (Kemmer, 1987). Gas-gas tersebut umumnya

tidak menimbulkan korosi kecuali CO₂, O₂, dan NH₃. Karbondioksida apabila bergabung dengan air akan menyerang logam dengan reaksi:



Prinsip pelepasan gas-gas di deaerator adalah kelarutan O₂ akan turun jika tekanan parsial O₂ turun dan jika temperature sistem naik. *Steam* yang diinjeksikan digunakan untuk media *stripping* gas-gas di dalam deaerator, O₂ yang terlarut akan berpindah dari tekanan parsial yang lebih tinggi (BFW) ke tekanan parsial yang lebih rendah (*steam*). *Steam* juga berfungsi sebagai pemanas BFW yang masuk ke deaerator untuk mendekati titik didihnya. Deaerator yang digunakan adalah tipe *tray* karena *feedwater* nya sudah melewati tahapan penghilangan kandungan solid yang menyebabkan korosi sehingga tidak memerlukan maintenance berlebih.

Proses deaerasi ini dilakukan dengan memasukkan air melalui bagian atas *perforated trays* dalam bentuk tetesan-tetesan sehingga memperluas kontak dengan *steam* dan mengalir ke bawah melewati *tray*. Gas terlarut yang terkandung pada air akan keluar melalui lubang *vent* di bagian atas.



Gambar 4.4 Skema Water Flow Pada Deaerator

Feedwater murni yang sudah tidak mengandung unsur O₂ dan gas lain akan mengalir melalui bagian bawah deaerator dan dikirim ke *boiler* untuk menghasilkan *steam* (Jackson, 1935). Pada unit deaerator diinjeksikan *hydrazine* untuk mengikat oksigen yang masih tersisa dan juga diinjeksikan larutan ammonia sebagai pengontrol pH sehingga keluaran deaerator air berada pada pH antara 8,5- 9,5.

4.1.3 Persyaratan Air Untuk Berbagi Kebutuhan

A. Air Umpan *Boiler*

Merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan air panas yang akan digunakan pada kelangsungan proses produksi. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi
Korosi yang terjadi di dalam *boiler* disebabkan karena air mengandung larutanlarutan asam dan gas-gas terlarut seperti O₂.
- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*)
Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu yang tinggi, biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.
- Zat yang dapat menyebabkan *foaming*
Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan *foaming* pada *boiler* yang disebabkan adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang tak larut dalam jumlah besar. Efek alkalinitas terjadi akibat alkalinitas yang tinggi.

Persyaratan mutu air untuk umpan *boiler* yang sesuai dengan baku mutu pada dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Persyaratan Air Umpan *Boiler*

Tekanan Boiler (psig)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Total Hardness (ppm CaCO₃)	Alkalinitas (ppm CaCO₃)	Silika (ppm SiO₂)
0-300	0,1	0,05	0,3	700	150
301-450	0,05	0,025	0,3	600	90
451-600	0,03	0,02	0,2	500	40
601-750	0,025	0,02	0,2	400	20
751-900	0,02	0,015	0,1	300	20
901-1000	0,02	0,015	0,05	200	8
1001-1501	0,01	0,01	0	0	2
1501-2000	0,01	0,01	0	0	1

(ASME, 1997)

Selain hal di atas, yang perlu diperhatikan dalam sistem *boiler* adalah *blow down*, dimana *blow down* dapat didefinisikan sebagai pembuangan sebagian air dalam *boiler* yang telah tinggi konsentrasinya dan menggantikannya dengan air umpan *boiler* baru, sehingga akan menurunkan konsentrasi *suspended* atau *dissolved solid* air dalam *boiler*. Tujuan *blow down* pada kondisi normal adalah untuk menurunkan konsentrasi zat yang terlarut maupun yang tersuspensi di dalam *boiler*. Karena air panas yang dihasilkan oleh *boiler* relatif murni, yaitu

mengandung H₂O saja, maka jumlah zat- zat atau *solute* di dalam *boiler* semakin lama semakin bertambah jumlahnya. Akibat akumulasi dari zat-zat tersebut akan menyebabkan endapan atau kerak. Kerak ini akan mengubah tegangan muka sehingga dapat memungkinkan terjadinya *carry-over*.

B. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan air minum, laboratorium, kantor, dan domestik. Untuk persyaratan air sanitasi ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 416/MEN.KES/PER/IX/1990.

C. Air Hydrant

Air *hydrant* adalah pasokan air yang ditujukan untuk memadamkan api jika terjadi kebakaran. Pada umumnya air jenis ini tidak memerlukan persyaratan khusus.

4.2 Unit Penyediaan Uap Air (*Steam*)

Steam yang diproduksi pada pabrik *refined carrageenan* ini digunakan sebagai media pemanas *heater*. Untuk memenuhi kebutuhan *steam* digunakan *boiler*. *Steam* yang dihasilkan dari *boiler* ini adalah *saturated steam* yang mempunyai suhu 373,15 K (100 °C) dengan tekanan 1 atm.

Perhitungan kapasitas *boiler*:

$$Q = m (h_2 - h_1)$$

Keterangan:

Q = kapasitas *boiler*

m = massa air pemanas

h_2 = entalpi uap air pada 1 atm, 100°C (Btu/lb)

h_1 = entalpi *feed boiler* (Btu/lb)

Kondisi air pemanas:

$$T = 100^\circ\text{C} = 373,15^\circ\text{K}$$

$$P = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$$

$$h_2 = 398 \text{ kJ/kg} = 171,105 \text{ Btu/lb}$$

Umpan masuk pada suhu 30°C (303,15°K), $h_1 = 293 \text{ kJ/kg} = 125,967 \text{ Btu/lb}$

$$\begin{aligned}
 Q &= m (h_2 - h_1) \\
 &= 1.788.485,774 \text{ kg/jam} \times 2,20462 \text{ lb/kg} (171,105 - 125,967) \text{ Btu/lb} \\
 &= 177.976.042,2 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

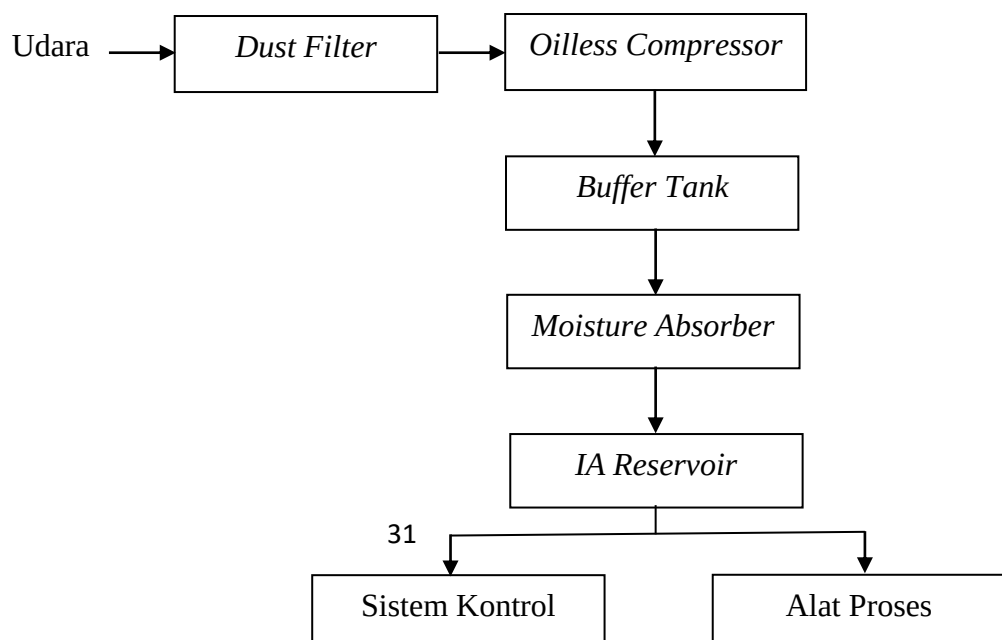
Efisiensi *boiler* 92% untuk memberi panas yang diperlukan untuk memanaskan air:

$$Q = \frac{177.976.042,2 \text{ Btu/jam}}{0,92} = 193.452.220 \text{ Btu/jam}$$

4.3 Unit Penyediaan Udara Tekan

Unit penyediaan udara bertekanan ini diperlukan dalam proses terutama untuk menjalankan sistem instrumentasi di seluruh area proses dan utilitas, dihasilkan dari kompresor dan didistribusikan melalui pipa-pipa. Udara bertekanan ini akan dibagi dalam dua sistem yaitu udara utilitas yang digunakan sebagai *purging* dan pembersihan alat-alat proses serta udara instrumentasi yang digunakan sebagai penggerak sistem kontrol.

Udara yang digunakan diambil dari udara bebas kemudian disaring menggunakan *dust filter* yang berbentuk *package* untuk menghilangkan debu dan kotoran-kotoran yang ikut terbawa. Udara selanjutnya dikompres ke unit *oilless compressor* karena udara untuk kebutuhan instrumen (sistem kontrol) tidak boleh mengandung minyak yang terbawa pada saat dikompres. Kemudian udara akan dihilangkan kadar airnya menggunakan *moisture absorber* dengan media penyerap *silica gel*. Hal ini dilakukan sebab udara tekan untuk instrument maupun utilitas tidak boleh mengandung air karena dapat menyebabkan terjadinya korosi. Udara yang keluar dari *moisture absorber* selanjutnya ditampung dalam tangki *instrument air receiver* (IA reservoir). Dari tangki ini kemudian udara yang telah diproses dibagi menjadi dua yaitu untuk udara instrument dan untuk udara utilitas. Skema pengolahan udara tekan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Skema Pengolahan Udara Tekan

4.4 Unit Pengadaan Listrik

Unit pengadaan listrik berfungsi untuk menyediakan listrik yang digunakan untuk alat proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik pabrik, maupun untuk penerangan jalan di area pabrik. Kebutuhan tenaga listrik suatu industri dapat diperoleh dari:

- Suplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN)
- Pembangkit tenaga listrik sendiri atau *generator* cadangan (*Generator Set*)

Pada perancangan pabrik *refined carrageenan* ini, kebutuhan tenaga listrik dapat dipenuhi PLN dan *generator*. *Generator* yang digunakan adalah *generator* arus bolak-balik dengan berdasarkan pertimbangan:

- Tenaga listrik yang dapat dihasilkan cukup besar
- Tenaga dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan dengan menggunakan transformator
- Umur *generator* lebih awet
- Tidak membutuhkan sumber arus listrik DC untuk membangkitkan medan magnet

Generator AC yang digunakan adalah jenis *generator AC 3 phase* yang memiliki keuntungan:

- Daya lebih besar
- Tenaga listrik stabil
- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
- Konstruksi sangat kuat dan sederhana *Moisture Absorber IA Reservoir Sistem Kontrol Alat Proses Buffer Tank Dust Filter Oilless Compressor*

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi:

- Listrik untuk keperluan proses, pengolahan limbah, dan utilitas
- Kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC

- Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium, dan instrumentasi

4.4.1 Listrik untuk Keperluan Proses, Pengolahan Limbah, dan Utilitas

Kebutuhan listrik untuk peralatan proses dan keperluan pengolahan air dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

- Keperluan Proses

Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik Untuk Proses

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP
Pompa air proses	1	1	1
Pompa tangki NaOH	1	1	1
Pompa ekstraktor	3	1	3
Pompa <i>filter screen</i>	2	1	2
Pompa tangki penjendalan	1	1	1
Ekstraktor	1	1,62	1,62
<i>Belt conveyor</i> RLK	1	0,02	0,02
<i>Belt conveyor vibrating washer</i>	1	0,02	0,02
<i>Belt conveyor rotary dryer</i>	1	0,02	0,02
<i>Bucket elevator</i> RLK	1	2	2
<i>Bucket elevator</i> RC	1	2	2
<i>Screw conveyor</i> NaOH	1	2	2
<i>Screw conveyor</i> KCl	1	2	2
<i>Screw conveyor</i> RC	2	2	4
<i>Heat exchanger filter screen</i>	1	2	2
<i>Filter press</i>	1	7,84	7,84
<i>Rotary dryer</i>	1	3,62	3,62
<i>Ball mill</i>	1	2	2
Total			37,14

- Keperluan utilitas

Tabel 4. 7 Kebutuhan Listrik Untuk Utilitas

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP
Pompa <i>raw water</i>	2	1	2
Pompa deaerator	2	1	2
Pompa air sanitasi	2	1	2
Pompa pengolahan limbah	2	1	2
Pompa desalinasi	2	1	2
Pompa demineralisasi	2	1	2
<i>Blower</i>	2	2	4
Filter udara	2	2	4
HE udara	2	2	4
<i>Bag filter</i>	1	2	2

Total	26
--------------	-----------

- Kebutuhan listrik untuk pengolahan limbah diperkirakan = 20 HP
- Kebutuhan total listrik = Kebutuhan listrik proses + Kebutuhan Utilitas +
 Kebutuhan listrik pengolahan limbah
 = 37,14 HP + 26 HP + 20 HP
 = 83,14 HP
 Jika diketahui 1 HP = 0,7475 kW
 Maka *power* yang dibutuhkan = 83,14 x 0,7475
 = 62,147 kW

4.4.2 Lampu Untuk Keperluan Penerangan

Perkiraan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan menggunakan *Luminous Efficiency*, yaitu tenaga radiasi cahaya yang dikeluarkan oleh lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas area dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Lumen} = \text{Area} \times \text{lux}$$

Keterangan:

Area = luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m²)

lux = kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m²)

Besarnya *lux* nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan. Dalam perancangan ini digunakan nilai *lux* standar menurut AUS (*Lighting Handbook, Zumtobel Lighting GmbH*). Kebutuhan listrik untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, dan AC dapat dilihat pada Tabel 4.8, Tabel 4.9, dan Tabel 4.10

Tabel 4. 8 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan Indoor

Bangunan Indoor	Luas (m ²)	<i>Lux</i> (lumen/m ²)	Lumen
Pos keamanan	50	80	400
Gedung kantor utama	400	200	80000
Kantin	100	160	16000
Laboratorium	200	200	40000
Unit produksi	1500	100	150000
Unit utilitas	500	100	50000
Gudang	800	100	80000
Bengkel	200	100	20000
Aula	200	200	40000

Masjid	100	160	16000
Ruang control	800	200	160000
Poliklinik	100	100	10000
Water treatment inlet	200	100	20000
Power generator	200	100	10000
Power station	200	100	10000
Total	5.550	1.800	506.000

Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan Outdoor

Bangunan Indoor	Luas (m²)	Lux (lumen/m²)	Lumen
Area parkir	1000	70	70000
Area perluasan pabrik	1950	70	136500
Unit pengolahan limbah	300	100	30000
Pos pemeriksaan	125	100	12500
Unit pemadam kebakaran	400	100	40000
Jalan dan taman	1000	60	60000
Total	4.775	500	349.000

Lampu yang direncanakan untuk semua area di dalam bangunan menggunakan lampu *Light-emitting diode* (LED) Philips 12 watt. *Output* tiap lampu adalah 1.055 lumen.

(www.philips.co.id)

Jumlah lumen di dalam ruangan = 506.000 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = $506.000 / 1.055 = 480$ lampu

Area *outdoor* digunakan lampu *Light-emitting diode* (LED) Philips 20 watt. *Output* tiap lampu adalah 2.100 lumen.

(www.philips.co.id)

Jumlah lumen di *outdoor* = 349.000 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = $349.000 / 2.100 = 331$ lampu

Maka total daya untuk penerangan = $(12 \text{ W} \times 480) + (20 \text{ W} \times 331)$
= 12,3 kW

Tabel 4. 10 Kebutuhan Listrik Untuk AC

Area yang perlu AC	Luas (m²)
Gedung kantor utama	400
Pos keamanan	50
Laboratorium	200
Aula	200

Poliklinik	100
Kantor HSE	300
<i>Control room</i>	800
Kantin	100
Total	2.150

Air conditioner direncanakan menggunakan AC *inverter*. Sebuah AC 1 PK memerlukan daya listrik sebesar 1,55 kW. Luas area yang memerlukan AC adalah 2.150 m². Sebuah AC diperkirakan cukup untuk memenuhi kebutuhan ruangan seluas 7x7 m (49 m²).

$$\text{Kebutuhan AC} = 2.150 \text{ m}^2 / 49 \text{ m}^2 = 44 \text{ buah}$$

$$\text{Kebutuhan listrik untuk 42 AC} = 44 \times 1,55 \text{ kW} = 68,2 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC} &= (11 + 68,2) \text{ kW} \\ &= 79,2 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.4.3 Listrik untuk Bengkel, Laboratorium, dan Instrumentasi

Listrik untuk bengkel, laboratorium dan instrumentasi diperkirakan sebesar 30 kW.

Tabel 4. 11 Total Kebutuhan Listrik

Kebutuhan Listrik	Tenaga Listrik (kW)
Listrik untuk keperluan proses	62,147
Listrik untuk keperluan penerangan	12,3
Listrik untuk AC	79,2
Listrik untuk bengkel, laboratorium dan instrumentasi	30
Total	183,647

Faktor keamanan dipilih 10% dari total kebutuhan. Sehingga total akhir kebutuhan listrik adalah sebesar = 1,1 x 183,647 kW = 202,012 kW.

4.4.4 Generator

Bahan bakar yang digunakan untuk *generator* adalah solar. *Generator* ini berjumlah dua buah dan digunakan sebagai cadangan sumber listrik apabila suplai listrik dari PLN terganggu. *Generator* yang digunakan memiliki efisiensi 80%.

$$\text{Input generator} = 202,012 / 0,80 = 252,515 \text{ kW} = 861.617,037 \text{ Btu/jam}$$

Ditetapkan input *generator* sebesar 1.000 kW, sehingga untuk keperluan lain masih tersedia = 1.000 – 252,515 = 747,485 kW

*Spesifikasi *generator*:

Tipe : AC Generator

Kapasitas	: 1.000 kW = 3.412.141,6 Btu/jam
Tegangan	: 220/360 volt
Efisiensi	: 80%
Phase	: 3 phase
Jumlah	: 1 buah
Bahan bakar	: Solar

4.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *boiler* dan *generator*. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair yang diperoleh dari Pertamina atau distribusinya. Adapun alasan menggunakan bahan bakar cair karena:

- Mudah didapat
- Kesetimbangannya terjamin
- Mudah dalam penyimpanannya

Untuk menjalankan *generator* tersebut digunakan bahan bakar, yaitu:

Jenis bahan bakar : Solar

Heating value : 18.970,15 Btu/lb

Massa jenis : 52,283 lb/ft³

Efisiensi bahan bakar : 80%

Specific gravity solar : 0,8691

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan solar untuk generator} &= \frac{3.412.141,6 \text{ Btu/jam}}{(0,8 \times 0,8691 \times 18.970,15)} \\ &= 258,7 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Generator hanya digunakan untuk cadangan Ketika PLN mati, diasumsikan PLN mati 2 hari sebagai cadangan solar.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan solar 2 hari} &= 258,7 \text{ lb/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 2 \text{ hari} \\ &= 12.417,6 \text{ lb} \\ &= 12.417,6 \text{ lb} / 52,283 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 237,50 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan bahan bakar untuk *boiler*:

$$Q = m (h_2 - h_1)$$

Keterangan:

$$Q = \text{kapasitas boiler}$$

m = massa air pemanas
 h_2 = entalpi uap air pada 1 atm, 95°C (Btu/lb)
 h_1 = entalpi *feed boiler* (Btu/lb)

Kondisi air pemanas:

$T = 100^\circ\text{C} = 373,15\text{ K}$
 $P = 1\text{ atm} = 101,325\text{ kPa}$
 $h_2 = 398\text{ kJ/kg} = 171,105\text{ Btu/lb}$

Umpan masuk pada suhu 30°C (303,15 K), $h_1 = 293\text{ kJ/kg} = 125,967\text{ Btu/lb}$

$Q = m (h_2 - h_1)$
 $= 22.110,552\text{ kg/jam} \times 2,20462\text{ lb/kg} (171,105 - 125,967)\text{ Btu/lb}$
 $= 2.200.268,2922\text{ Btu/jam}$

Efisiensi *boiler* 92% untuk memberi panas yang diperlukan untuk memanaskan air:

$Q = \frac{2.200.268,2922\text{ Btu/jam}}{0,92} = 2.391.595,9698\text{ Btu/jam}$

1 Btu/lb = 2.9307107e-7 MW

$\text{Heating Capacity} = \frac{2.391.595,9698\text{ Btu/jam}}{2.9307107e-7 \frac{\text{Btu/jam}}{\text{bhp}}} = 71,44\text{ bhp}$

1 BHP = 33.475,36 Btu/jam

$\text{Boiler Horse Power} = \frac{2.391.595,9698\text{ Btu/jam}}{33.475,36 \frac{\text{Btu/jam}}{\text{bhp}}} = 71,44\text{ bhp}$

Kebutuhan solar untuk *water boiler* = 70 kg/jam x 2,20462 lb/kg = 154,32 lb/jam

$\text{Kebutuhan solar water boiler} = \frac{154,32\text{ lb/jam}}{52,283\text{ lb/ft}^3} \times 24 = 70,84\text{ ft}^3/\text{hari}$

Waktu nyala *boiler* : basis 1 jam air pemanas

$Q = m \times c \times \Delta T$
 $= 22.110,552\text{ kg} \times 4,18\text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (95-70)^\circ\text{C}$
 $= 2.310.552,684\text{ kJ}$

$W = Q$

$P = W$

1.817,70 kW = 2.310,684 kW/s

$t = 1.271,1412\text{ s}$

$t = 0,353\text{ jam}$

Sehingga untuk kebutuhan 1 hari air pemanas, *boiler* harus menyala selama 8,5 jam/hari.

Spesifikasi *water boiler*:

Tipe	: <i>Horizontal Fired Tube Boiler</i>
Jumlah	: 1 buah
<i>Heat surface</i>	: $18,9 \text{ m}^2 = 203,44 \text{ ft}^2$
Tekanan	: $0,7 \text{ Mpa} = 6,9 \text{ atm}$
Temperatur	: 95°C
Bahan bakar	: Solar
Rate bahan bakar	: 70 kg/jam

4.6 Unit Laboratorium

Unit laboratorium merupakan unit yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjamin mutu produk. Dengan data yang diperoleh dari unit laboratorium maka proses produksi dapat *dicontrolling* dan dikendalikan sehingga kualitas produk dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Disamping itu juga berperan dalam pengendali pencemaran lingkungan.

Laboratorium mempunyai tugas pokok sebagai berikut:

- Sebagai pengendali kualitas bahan baku hingga menjadi produk.
- Sebagai pengendali terhadap mutu air proses, air pendingin, air umpan *boiler*, air panas, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.
- Sebagai pengendali pada proses produksi dengan melakukan analisis terhadap pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair, dan limbah padat yang dihasilkan dari unit-unit produksi.

Dalam pelaksanaan tugasnya, laboratorium dikelompokkan menjadi:

A. Laboratorium Pengamatan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika terhadap bahan baku dan produk.

B. Laboratorium Analitik

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa sifat-sifat dan kandungan kimia terhadap bahan baku, bahan pendukung, produk akhir, dan analisa air termasuk analisa limbah.

- Analisa bahan baku dan produk

Analisa bahan baku rumput laut dan produk *refined carrageenan* meliputi kadar air, jenis rumput laut, kandungan *carrageenan*, densitas, viskositas, *gel strength*, *specific gravity*, dan kandungan impuritas.

- Analisa untuk keperluan utilitas

Analisa dilakukan terhadap air proses yang akan digunakan untuk sanitasi, air untuk umpan *boiler*, serta analisa terhadap resin penukar ion yang digunakan.

- Analisa limbah

Analisa terhadap limbah dilakukan dengan tujuan agar limbah yang dibuang ke lingkungan tidak akan mencemari lingkungan sekitar area pabrik.

C. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berkaitan dengan kualitas material dalam proses untuk meningkatkan hasil akhir, melakukan penelitian terhadap kondisi lingkungan dan pengaruhnya pada keadaan pabrik serta pengembangan untuk mengatasi masalah yang muncul akibat proses produksi. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal baru dengan menciptakan inovasi baru untuk keperluan dan peningkatan perusahaan.

4.7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang bukan merupakan produk, yang apabila tersedia dalam jumlah banyak dapat mencemari lingkungan. Unit pengolahan limbah merupakan salah satu unit yang harus disediakan oleh suatu pabrik. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik *refined carrageenan* antara lain:

A. Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan berupa residu dari proses ekstraksi *carrageenan*. Limbah tersebut setelah dipisahkan dengan produk utama, lalu dikeringkan dan dijual. Limbah tersebut dapat dipergunakan sebagai pupuk tanaman. Karena residu hasil ekstraksi yang masih memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, dimana sangat bermanfaat bagi tanaman. Sedangkan padat padat berasal dari kegiatan domestik dibuang ke tempat pembuangan akhir.

B. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berupa:

- Limbah buangan air sanitasi yang berasal dari kamar mandi, pencucian, dapur, dan sebagainya. Limbah ini dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan desinfektan *Ca-hypochlorite*. Sedangkan kotoran yang berasal dari WC dibuang ke tempat pembuangan khusus *septic tank*.

- Air berminyak yang berasal dari buangan pelumas pada pompa dipisahkan dengan cara perbedaan berat jenisnya. Minyak di bagian atas dialirkan ke penampungan terakhir dan kemudian dibuang.
- Air limbah *blowdown* dari *boiler feed water*.
- Limbah cair proses yang sebagian besar mengandung NaOH, sehingga bersifat basa. Maka harus dinetralkan terlebih dahulu hingga pH mencapai sekitar 6,5-7.

C. Limbah Gas

Limbah ini berupa *effluent* gas CO₂ udara pengering dari *rotary dryer*. Pabrik yang ada telah dilengkapi dengan sarana pengolahan limbah gas atau debu dengan fasilitas *dust collector*, dan gas *scrubber*.

BAB V

MANAJEMEN PERUSAHAAN

Manajemen, bentuk, dan struktur perusahaan merupakan elemen penting dalam pendirian suatu perusahaan. Manajemen dan struktur perusahaan yang jelas membantu perusahaan mewujudkan visi dan misi perusahaan. Untuk mewujudkan visi dan misi, perusahaan memiliki serangkaian komponen manajemen yang terbagi berdasarkan tugas dan tanggung jawabnya.

5.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik *refined carrageenan* adalah Perseroan Terbatas (PT). Istilah “Perseroan” menunjuk pada cara menentukan modal, yaitu terbagi dalam saham, sedangkan istilah “Terbatas” menunjuk pada batas tanggung jawab pemegang saham, yaitu hanya sebatas jumlah nominal saham yang dimiliki. Pengertian Perseroan Terbatas (PT) merupakan suatu badan hukum yang didirikan atas perjanjian melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang terbagi dalam saham-saham. Dalam menjalankan operasional perusahaan, modal PT berasal dari saham-saham dan obligasi. Pemegang saham bertanggung jawab hanya sebatas pada besar modal yang disetorkan dalam bentuk kepemilikan saham. Saham-saham yang dijadikan sebagai modal pendirian PT bisa diperjualbelikan sehingga perubahan kepemilikan perusahaan bisa dilakukan tanpa harus membubarkan perusahaan. Terdapat tiga sumber pendanaan PT menurut Legalakses (2022), yaitu:

1. Modal Dasar

Modal keseluruhan nilai perusahaan yang disebut dalam akta pendirian (minimal Rp. 50.000.000,00). Besarnya modal dasar menentukan kelas perusahaan.

2. Modal Ditempatkan

Modal yang sanggup ditanamkan oleh pemegang saham ke dalam perseroan. Menurut pasal 33 UUP, besar modal ditempatkan paling sedikit 25% dari modal dasar.

3. Modal Disetor

Modal perseroan riil yang telah benar-benar disetorkan pemegang saham ke dalam PT. Besarnya modal disetor menurut pasal 33 UUP paling sedikit 25% dari modal dasar. Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini didasarkan atas beberapa faktor, antara lain:

- Mudah mendapatkan modal dengan cara menjual saham di pasar modal atau perjanjian tertutup dan meminta pinjaman dari pihak yang berkepentingan seperti badan usaha atau perseorangan.
- Tanggung jawab pemegang saham bersifat terbatas, artinya kelancaran produksi hanya akan ditangani oleh direksi beserta karyawan sehingga gangguan dari luar dapat diatasi.
- Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, staf beserta karyawan perusahaan.
- Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi dan staf diawasi oleh dewan komisaris.
- Efisiensi dari manajemen, para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang berpengalaman.
- Lapangan usaha lebih luas, suatu Perseroan Terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal tersebut perusahaan dapat memperluas usahanya.
- Merupakan bidang usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
- Mudah bergerak di pasar modal.

Bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain:

Tabel 5. 1 Kelebihan dan Kekurangan Perseroan Terbatas (PT)

Kelebihan	Kekurangan
Kemudahan untuk mendapatkan pinjaman kredit sebagai modal usaha dari bank karena PT merupakan entitas yang terpisah dari pendiri PT.	Ketergantungan perusahaan pada para pemegang saham dan modal yang disertakan
Lebih mudah melakukan perluasan dan pengembangan usaha melalui kerja sama dengan pihak asing (PT PMA).	Rahasia perusahaan kurang terjamin karena seluruh kegiatan perusahaan harus dilaporkan kepada pemegang saham
Dasar sistem kepemilikan PT jelas, yaitu berdasarkan kepemilikan saham.	Tanggungan pajak PT lebih besar karena merupakan subjek pajak

	tersendiri. Jadi, tidak hanya perusahaan, deviden yang dibagikan ke pemegang saham juga dikenakan pajak.
Harta pribadi pemegang saham tidak bertanggung jawab atas kerugian perusahaan (kewajiban hanya sebatas modal yang disetor)	Pengambilan keputusan tidak dapat dilakukan dengan cepat karena perlu melalui rapat bersama Dewan Direksi.
<i>Sustainability</i> PT dijamin oleh badan hukum sehingga bisa berjalan walaupun pendiri dan pengurusnya berubah.	Proses pendirian relatif rumit karena memerlukan akta notaris berbadan hukum serta modal yang besar.
Tidak ada tumpang tindih antara harta perusahaan dengan harta pribadi pemegang saham.	Pembubaran PT sulit dilakukan, harus memenuhi semua kewajiban pajak

Sumber: Greenpermit, (2021)

Adapun syarat-syarat pendirian PT menurut UU No. 40 Tahun 2007, sebagai berikut:

- Perseroan didirikan oleh 2 (dua) orang atau lebih dengan akta notaris yang dibuat dalam bahasa Indonesia. Namun tidak berlaku apabila perseroan seluruh sahamnya dimiliki oleh negara.
- Didirikan dengan akta notaris serta dengan pembuatan Anggaran Dasar (AD) dan Anggaran Rumah Tangga (ART).
- Modal dasar Perseroan paling sedikit Rp.50.000.000,00 (lima puluh juta rupiah).

5.2 Struktur Organisasi dan Deskripsi Tugas

5.2.1 Struktur Organisasi

Struktur organisasi menjadi salah satu faktor penunjang kemajuan suatu perusahaan. Struktur organisasi yang diterapkan dalam perusahaan berhubungan dengan kelancaran komunikasi yang akan mempengaruhi pencapaian tujuan perusahaan. Widjaja (2003) menjelaskan bahwa penyusunan struktur organisasi yang baik dilakukan dengan memperhatikan hal berikut:

- Perumusan tujuan
- Pendelegasian wewenang
- Pembagian kerja
- Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- Sistem pengontrolan pada pekerjaan yang dilaksanakan

- Organisasi perusahaan yang fleksibel

Terdapat 6 jenis struktur organisasi yang dikenal dalam sebuah perusahaan:

1. Struktur Fungsional

Pembagian kerja di struktur organisasi fungsional dilakukan berdasarkan fungsi masing-masing manajemen dan paling umum digunakan. Setiap karyawan memiliki skill dan keterampilan yang sama, kemudian dikelompokkan ke dalam satu unit kerja sehingga sangat tepat ditetapkan pada perusahaan yang menghasilkan beberapa jenis layanan jasa atau produk. Contohnya seperti manajemen keuangan, manajemen pemasaran, manajemen produksi dan manajemen sumber daya manusia. Kelebihannya struktur ini dapat menekankan biaya operasional perusahaan, memudahkan manajer melakukan pengawasan dan evaluasi kinerja karyawan. Tetapi penerapan struktur organisasi fungsional berdampak pada sulitnya diskusi dan komunikasi antara antar karyawan.

2. Struktur Divisional

Pada struktur organisasi divisional, pengelompokan dilakukan berdasarkan kesamaan produk, jasa, atau pasar. Jenis ini biasanya diterapkan di perusahaan bersekala menengah dan besar, karena biaya operasional yang dikeluarkan jadi lebih tinggi dibandingkan dengan struktur fungsional. Struktur organisasi divisional memberikan kemudahan pengelolaan karena bisa membagi divisi perusahaan menjadi bagian yang lebih kecil lagi. Kelemahan dari struktur ini yaitu memerlukan alokasi sumber daya manusia dan distribusi biaya yang besar.

3. Struktur Matriks

Struktur organisasi matriks merupakan penggabungan struktur fungsional dan divisional. Karena merupakan gabungan dari kedua struktur, karyawan pada struktur organisasi matriks harus bisa mengerjakan proyek organisasi yang dibebankan. Penerapan ini menyebabkan akan terjadi sistem komando, di mana seorang karyawan diharuskan memberi laporan kepada pimpinan unit kerja divisional dan pimpinan unit kerja fungsional. Penerapan struktur organisasi matriks cocok untuk perusahaan skala besar hingga tingkat multinasional. Melalui struktur organisasi ini bisa mencapai tingkat koordinasi yang diperlukan dalam tuntutan pada lingkungan perusahaan skala besar.

4. Struktur Lini

Pada struktur organisasi lini atau militer, terdapat hubungan antara atasan dengan bawahan secara langsung atau vertikal. Dari pemimpin tertinggi sampai jabatan terendah dalam struktur organisasi dapat dihubungkan dengan garis wewenang. Kelebihan struktur organisasi lini adalah kesatuan pimpinan yang terpusat pada satu orang. Sedangkan untuk kelemahannya yaitu ada ketergantungan pada satu orang struktur teratas. Jenis organisasi perusahaan ini tepat jika diterapkan pada organisasi kecil seperti wirausaha kedai nasi, bengkel, salon.

5. Struktur Lini dan Staff

Struktur organisasi ini menggabungkan antara struktur organisasi lini dan organisasi fungsional. Pelimpahan wewenang dalam organisasi ini berlangsung secara vertikal dari seorang atasan pimpinan hingga pimpinan dibawahnya. Untuk membantu kelancaran dalam mengelola organisasi, seorang pimpinan mendapat bantuan dari para staf dibawahnya. Staff berperan membantu memberikan pemikiran, nasihat, dan saran sesuai bidang keahlian kepada pimpinan sebagai pertimbangan dalam penetapan suatu keputusan. Struktur organisasi lini dan staff cocok diterapkan pada perusahaan besar dengan jumlah staff dan unit kerja yang banyak karena struktur ini memungkinkan pembagian tugas secara lebih jelas dan terperinci. Kelebihan struktur organisasi ini terletak pada tingginya kedisiplinan karyawan dalam melaksanakan tugas sesuai deskripsi tugasnya. Tetapi pada struktur ini ada kemungkinan pimpinan staff melampaui batas kewenangannya.

6. Struktur Komite atau Proyek

Pada struktur organisasi ini, tugas kepemimpinan dan tugas khusus lainnya dilaksanakan dan dipertanggungjawabkan secara kolektif oleh sekelompok pejabat melalui dewan atau komite. Organisasi komite terdiri dari pimpinan komite yang merupakan pimpinan dengan kewenangan lini dan staff komite yaitu karyawan dengan kewenangan staff. Kelebihan struktur ini yaitu pengambilan keputusan dapat berjalan baik karena melalui musyawarah bersama antara pemegang saham dengan dewan. Sedangkan untuk kelemahannya terdapat pada penghindaran tanggung jawab jika terjadi masalah.

Berdasarkan beberapa jenis struktur organisasi tersebut, dipilih struktur organisasi kerja berdasarkan *Line and Staff Organization*. Pada sistem ini, terdapat

pembagian tugas yang jelas antara dua kelompok pekerja (personel lini dan personel staff) dalam organisasi yang sangat menekankan spesialisasi masing-masing. Dalam pembagian tugas kerja yang terspesialisasi diharapkan pekerja mampu lebih disiplin dalam menjalankan pekerjaannya sesuai dengan deskripsi pekerjaan yang ditetapkan perusahaan. Hal ini tentunya akan mempermudah alur koordinasi dan fungsi pengawasan yang lebih terarah.

Dalam rangka menunjang kelancaran produksi, dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang kompeten dibidangnya. Bantuan pemikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan. Terdapat dua kelompok yang akan berpengaruh dalam menjalankan organisasi kerja berdasarkan sistem garis dan staf ini, antara lain:

- a. Sebagai garis atau lini, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
- b. Sebagai staf, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas sesuai dengan keahliannya, dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran-saran kepada unit operasional.

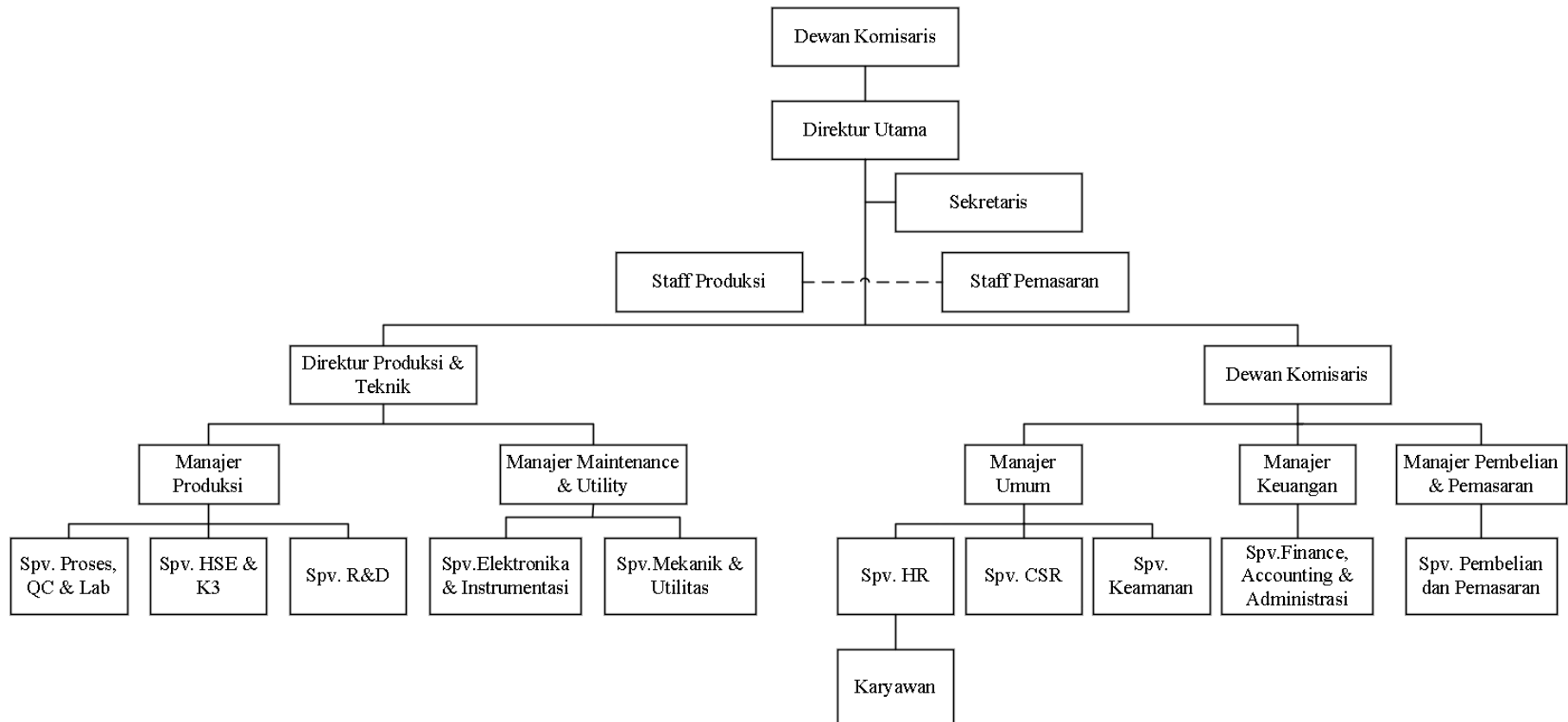
Dewan komisaris mewakili para pemegang saham dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya. Tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan-Umum. Direktur produksi membawahi bidang produksi dan teknik, sedangkan direktur keuangan dan umum membawahi bidang pemasaran, keuangan dan bagian umum. Kedua direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang akan bertanggung jawab atas bagian dalam perusahaan. sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masingmasing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan.

Berikut beberapa manfaat struktur organisasi bagi perusahaan:

- Menjelaskan, membagi, dan membatasi pelaksanaan tugas dan tanggung jawab setiap orang yang terlibat didalamnya.
- Penempatan tenaga kerja yang tepat sesuai bidangnya.
- Pengawasan, evaluasi, dan pengembangan perusahaan serta manajemen perusahaan yang lebih efisien.
- Penyusunan program pengembangan manajemen.
- Menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada.

- Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar

Struktur organisasi pabrik *refined carrageenan* adalah sebagai berikut



5.2.2 Deskripsi Tugas

Terdapat level organisasi pada tiap divisi yang meliputi *Supervisor*, *staff*, dan operator untuk beberapa divisi yang menggunakan sistem kerja *shift*. Supervisor pada masing-masing divisi bertanggung jawab kepada manager atas karyawannya. Garis koordinasi untuk masing-masing divisi adalah dari *Manager* langsung kepada *Supervisor* kemudian dilanjutkan oleh masing-masing karyawan pada saat mendapat giliran *shift* dan berkoordinasi langsung kepada operator pada *shift* tersebut.

A. Pemegang Saham

Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) merupakan pemegang kekuasaan tertinggi dalam PT. RUPS terdiri atas pemegang saham, dewan komisaris, dan direktur utama. Pemegang saham adalah kelompok orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan dan jalannya operasi perusahaan. Para pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang berhak mengadakan RUPS serta berhak:

- Meminta pertanggungjawaban dewan komisaris dan direktur lewat siding.
- Musyawarah untuk dapat mengganti dewan komisaris dan direktur.
- Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

B. Dewan Komisaris

Dewan komisaris diangkat oleh Pemegang Saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham untuk jangka waktu tertentu yang mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut:

- Menetapkan kebijakan sesuai dengan kebijakan pemerintah.
- Melakukan pengawasan terhadap direksi.
- Menolak dan menyetujui rencana direksi.
- Mempertanggungjawabkan perusahaan kepada Pemegang Saham.

C. Direktur Utama

- Menjaga kestabilan organisasi dan membuat keberlanjutan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
- Mengangkat dan memberhentikan direktur dengan persetujuan Rapat Umum Pemegang Saham.
- Mengkoordinasi Direktur Keuangan dan Umum beserta Direktur Produksi dan Teknik.

D. Sekretaris

Dalam menjalankan perannya sekretaris bertugas dalam:

- Menyiapkan agenda rapat untuk direktur utama.
- Menerima telepon untuk pimpinan.
- Membuat janji dan koordinasi dengan klien.
- Menjadi notulen rapat dan mengurus kegiatan surat-menyurat perusahaan.
- Perwakilan meeting dan menjadi relasi perusahaan.

E. Staff Ahli

Staff Ahli merupakan kumpulan tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahlian masing-masing. Tugas dan wewenang staff ahli adalah sebagai berikut:

- Memberikan nasihat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- Memberikan sara-saran mengenai sistem perpajakan.
- Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

F. Direktur Produksi dan Teknik

Organisasi perusahaan di pabrik *refined carrageenan* ini terdiri dari dua departemen yaitu departemen produksi dan teknik serta departemen administrasi dan keuangan. Departemen produksi dan teknik dipimpin oleh direktur produksi dan teknik. Direktur produksi dan teknik bertugas mengatur dan mengawasi pelaksanaan produksi serta bertanggung jawab memberikan laporan kepada direktur utama.

G. Direktur Administrasi dan Keuangan

Tugas dari direktur administrasi dan keuangan adalah mengkoordinir dan mengawasi segala pelaksanaan administrasi dan keuangan perusahaan sesuai arahan yang diberikan serta memberikan laporan kepada pimpinannya yaitu direktur utama. Direktur Administrasi dan Keuangan membawahi manajer pada departemen keuangan, umum, serta pembelian dan pemasaran.

H. Supervisor

Supervisor adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh manajer masing-masing, sehingga diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses

produksi. Setiap supervisor bertanggung jawab terhadap manajer masing-masing sesuai dengan divisinya.

I. Manajer

Tugas manajer secara umum adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan pada setiap departemen sesuai dengan garis besar yang diberikan pimpinan perusahaan. Manajer dapat bertindak sebagai staff ahli sebagai staff direktur bersama dengan staff ahli. Manajer ini bertanggung jawab kepada direktur yang menangani departemen tersebut. Manajer terdiri dari:

- **Manajer Produksi**

Manajer produksi bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dan Teknik dalam bidang mutu dan kelancaran produksi, manajer produksi membawahi:

- a. Supervisor Proses, *Quality Control* dan Laboratorium

Supervisor proses memimpin divisi proses. Tugas dari supervisor proses adalah antara lain sebagai berikut:

- Mengawasi jalanya proses produksi.
- Menjalankan tindakan pada peralatan produksi jika mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh supervisor yang berwenang.
- Mengawasi dan menganalisis mutu bahan baku dan bahan pembantu.
- Mengawasi dan menganalisis mutu produksi.
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan limbah buangan pabrik.
- Membantu laporan berkala kepada manajer produksi.

- b. Supervisor *Health Safety Enviroment* (HSE) & Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

- Menangani berbagai hal yang berhubungan dengan keselamatan kerja.
- Melakukan identifikasi bahaya dan mengurangi potensi bahaya yang ditimbulkan akibat pekerjaan.
- Menjalankan proses K3 dengan standar operasional tertentu yang digunakan oleh perusahaan.

c. Supervisor *Research and Development* (R&D)

- Membantu perusahaan mengumpulkan informasi dan data untuk mengembangkan kualitas produk dan efisiensi proses.
- Menghimpun data selera dan target pasar agar lebih unggul dari kompetitor.
- Melakukan inovasi terbaru untuk menarik calon investor.

• **Manajer *Maintenance & Utility***

Manajer *maintenance* dan *utility* secara umum bertugas melakukan perawatan alat produksi serta mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan air, uap, dan listrik proses. Manajer *maintenance* dan *utility* membawahi:

a. Supervisor Elektronika & Instrumentasi

- Memperbaiki mesin produksi yang rusak secara program atau part elektrik agar mesin produksi bisa segera beroperasi kembali.
- Melakukan perawatan terhadap elektrikal mesin produksi agar tidak terjadi kerusakan saat mesin sedang beroperasi.
- Mendata dan menyiapkan *electrical part* di mesin produksi sebagai *spare part* untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan yang berulang.

b. Supervisor Mekanik dan Utilitas

- Memasang, merawat, serta melakukan pengadaan spare part mesin produksi.
- Melakukan perawatan preventif, perawatan prediktif, perawatan korektif, dan perawatan *breakdown* mesin produksi.
- Melakukan perawatan dan pengadaan spare part mesin utilitas.

• **Manajer Umum**

Manajer umum bertugas dalam memastikan kualitas tenaga kerja, kelancaran urusan perusahaan dengan eksternal perusahaan, sekaligus keamanan perusahaan. Manajer umum membawahi:

a. Supervisor *Human Resource* (HR)

- Menyeleksi kandidat karyawan mulai dari proses *interview* sampai *assesment*.
- Mendukung program pelatihan untuk memperkaya kemampuan kinerja karyawan.

- Melakukan penilaian kinerja karyawan dan bertanggung jawab terhadap database dan system kontrak kerja karyawan.
- b. Supervisor *Corporate Social Responsibility* (CSR)
 - Mengembangkan kerja sama perusahaan dengan para pemaku kepentingan, seperti masyarakat dan pemerintah sekitar.
 - Memperkuat citra perusahaan dengan menunjukkan keunggulan komparatif yang membedakan dengan kompetitor.
 - Penerapan program CSR secara konsisten mampu menarik investor dan menaikkan harga saham.
- c. Supervisor Keamanan
 - Melaksanakan pengamanan secara menyeluruh sesuai dengan penempatan di lokasi masing-masing.
 - Melakukan pemeriksaan pada tamu dan kendaraan yang akan masuk ke area perusahaan.
 - Menanyakan keperluan dan menunjukkan meja resepsionis / penerima tamu / layanan informasi.
 - Menjaga ketertiban dan memelihara asset dan inventaris perusahaan
- **Manajer Keuangan**

Departemen ini bertanggung jawab pada perencanaan fungsi keuangan dan akuntansi perusahaan serta memberikan informasi keuangan secara komprehensif untuk membantu perusahaan dalam proses pengambilan keputusan yang mendukung pencapaian target financial perusahaan.

- a. Supervisor *Finance, Accounting* dan Administrasi
 - Menyusun dan mengontrol anggaran serta melakukan pembayaran transaksi perusahaan.
 - Memproses dan mengelola laporan keuangan serta mencatat setiap transaksi bisnis.
 - Melakukan pembayaran perpajakan perusahaan untuk memastikan efisiensi biaya dan kepatuhan terhadap peraturan perpajakan.
 - Mencatat dan memeriksa status data penjualan.
 - Merekapitulasi dan mengarsipkan data penjualan.
 - Melakukan *cross check* rutin terkait faktur dan retur dari *customer*.

- Membuat surat resmi untuk keperluan perusahaan (surat perpanjangan kontrak, surat perintah kerja, surat pembelian dan penjualan).

- **Manajer Pembelian & Pemasaran**

Departemen pembelian dan penjualan dipimpin oleh seorang manajer yang bertanggung jawab secara langsung kepada direktur administrasi dan keuangan. Manajer pembelian dan pemasaran membawahi:

a. Supervisor Pembelian dan Pemasaran

- Membuat kontrak pembelian sesuai spesifikasi bahan.
- Meninjau pasar untuk memonitor harga dan kualitas bahan sehingga tawar menawar dalam pembelian akan lebih tepat.
- Mengadakan pertemuan internal secara rutin dengan unit kerja lainnya untuk mengoptimalkan kinerja.
- Mengendalikan hasil produksi dan menetapkan pedoman harga produk.
- Merencanakan, merumuskan, dan mengevaluasi kebijakan pemasaran produk.
- Mengkoordinir penyusunan rencana penjualan agar memenuhi target.

5.3 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Penggajian

Kebutuhan dan sistem gaji karyawan tergantung pada status, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian karyawan. Pembagian kelompok karyawan pabrik dibagi menjadi tiga, yaitu:

A. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerja.

B. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan serta terikat hubungan kerja dengan perusahaan dalam jangka waktu yang terbatas. Hubungan kerja diatas dalam suatu perjanjian, berpedoman pada peraturan menteri tenaga kerja PER-02/MEN/1993.

C. Karyawan Borongan (*Out Sourcing*)

Karyawan dipekerjakan oleh pabrik apabila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk pekerjaannya yang bersifat *incidental* dan tidak kontinyu.

5.3.1 Pembagian Jam Kerja

Pabrik ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan 24 jam dalam satu hari. Pembagian jam kerja dibagi menjadi dua golongan, yaitu karyawan *shift* dan *non-shift* dengan jumlah jam kerja 40 jam tiap minggu.

- Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang menangani proses produksi secara langsung dan bagian yang berhubungan dengan keamanan pabrik. Yang termasuk karyawan *shift* adalah karyawan bagian produksi, operator produksi, bagian laboratorium, dan bagian keamanan. Para karyawan *shift* bekerja secara bergantian sehari semalam yang dibagi dalam tiga *shift*, sebagai berikut:

shift pagi : Pukul 06.15 – 15.00

shift siang : Pukul 15.45 – 23.00

shift malam : pukul 22.45 – 07.00

Karyawan *shift* dibagi dalam empat regu, dimana tiga regu bekerja dan satu regu libur yang diberlakukan secara bergantian. Tiap regu mendapat giliran enam hari kerja dan dua hari libur untuk tiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Jadwal kerja tiap regu dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. 2 Jadwal Kerja Karyawan								
Regu	Hari							
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin
A	O	P	P	S	M	O	M	P
B	S	S	O	M	S	M	P	O
C	P	O	S	P	P	S	O	S
D	M	M	M	O	O	P	S	M
Keterangan:		P = <i>Shift</i> Pagi				S = <i>Shift</i> Siang		
		M = <i>Shift</i> Malam				O = Off (Libur)		

- Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung (Seksi Proses Produksi dan Seksi Utilitas). Yang termasuk karyawan *non-shift* adalah Direktur, *Senior Advisor*, *Manager*, *Supervisor*, serta pegawai yang berada dalam naungan Direktur Keuangan dan Umum (kecuali pegawai di Seksi Keamanan dan rumah tangga). Jam kerja karyawan *non-shift* adalah hari Senin hingga Jumat pukul 07.30 – 16.30.

5.3.2 Jabatan dan Pendidikan

Pembagian jabatan harus berdasarkan dengan pendidikan tenaga kerja. Pembagian jabatan berdasarkan pendidikan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5. 3 Jabatan dan Pendidikan Karyawan

Jabatan	Pendidikan
Dewan komisaris	Minimal Sarjana
Direktur Utama	Minimal Sarjana
Sekretaris	Sarjana Manajemen / Ilmu Komunikasi
Staf Produksi	Minimal D3 Teknik
Staf Pemasaran	Minimal D3 Teknik
Direktur Produksi & Teknik	Minimal Sarjana Teknik
Direktur Administrasi & Keuangan	Minimal Sarjana Ekonomi / Akuntansi
Manajer Produksi	Minimal Sarjana Teknik
Manajer Maintenance & <i>Utility</i>	Minimal Sarjana Teknik Mesin / Teknik Kimia
Manajer Umum	Minimal Sarjana Psikologi
Manajer Keuangan	Minimal Sarjana Ekonomi / Akuntansi
Manajer Pembelian & Pemasaran	Minimal Sarjana Ekonomi / Ilmu Komunikasi
Supervisor Proses	Sarjana Teknik Kimia / Teknologi pangan
Supervisor QC & Lab	Sarjana Teknik Kimia / Kimia Murni / Teknologi Pangan
Supervisor HSE & K3	Sarjana Teknik Lingkungan / Industri / Kesehatan Masyarakat
Supervisor R&D	Sarjana Teknik Kimia / Teknologi

	Pangan / Kimia Murni
Supervisor Elektronika & Instrumentasi	Sarjana Teknik Elektro
Supervisor Mekanik & Utilitas	Sarjana Teknik Mesin / Teknik Kimia
Supervisor HR	Sarjana Psikologi / Teknik Industri
Supervisor CSR	Sarjana Hukum / Manajemen & Kebijakan Publik
Supervisor Keamanan	Minimal D3
Supervisor <i>Finance & Accounting</i>	Sarjana Ekonomi / Akuntansi
Supervisor Administrasi	Sarjana Administrasi Bisnis
Supervisor Pembelian	Sarjana Ekonomi
Supervisor Pemasaran	Sarjana Ekonomi
Karyawan Produksi	Minimal D3 Teknik Kimia
Karyawan Maintenance & Utility	Minimal D3 Teknik Kimia / Elektro / Mesin
Karyawan HR & CSR	Minimal D3 Manajemen / Ilmu Komunikasi
Karyawan Keuangan	Minimal D3 Akuntansi
Karyawan Pembelian & Pemasaran	Minimal D3 Akuntansi / Ilmu Komunikasi
Dokter	Sarjana Kedokteran
<i>Security</i>	SMU atau Sederajat
<i>Cleaning Services</i>	SMU atau Sederajat
<i>Office Boy</i>	SMU atau Sederajat
<i>Driver</i>	SMU atau Sederajat

5.3.3 Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan dalam suatu pabrik harus diperhatikan dengan benar dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing posisi pekerjaan. Tabel 5.3. merupakan rincian jumlah karyawan pada unit proses, Tabel 5.4. menampilkan rincian jumlah karyawan pada unit utilitas, Tabel 5.5. rincian jumlah karyawan HSE, laboratorium dan unit pemeliharaan.

Tabel 5. 4 Rincian Jumlah Karyawan Unit Proses

No	Nama Alat	Jumlah Alat	Orang /Alat/Shift	Orang/Shift
1.	Tangki NaOH	1	0,2	0,2

2.	<i>Belt Conveyor</i>	3	0,2	0,6
3	<i>Vibrating Washer</i>	1	0,2	0,2
4	Pompa	8	0	0
5	<i>Mixer</i>	2	0,2	0,4
6	<i>Heat Exchanger</i>	2	0,1	0,2
7	Tangki KCL	1	0,2	0,2
8	<i>Crusher</i>	1	0,5	0,5
9	<i>Bucket Elevator</i>	2	0,1	0,2
10	Ekstraktor	1	1	1
11	<i>Filter Screen</i>	1	0,05	0,05
12	Tangki Penjedalan	1	0	0
13	<i>Screw Conveyor</i>	4	0,2	0,8
14	<i>Plate & Frame Filter Press</i>	1	1	1
15	<i>Rotary Dryer</i>	1	0,5	0,5
16	<i>Ball Mill</i>	1	0,5	0,5
17	<i>Screen</i>	1	0,05	0,05
18	Gudang Penyimpanan	2	0,15	0,3
19	Seksi Penunjang Proses			
	- Pengendalian Proses	1	3	3
	- Lab Dan QC	1	3	3
	- Pemeliharaan Mesin	1	3	3

Jumlah Karyawan Proses Tiap *Shift* 15,7 ~ 16

Sumber : peters: plant design and economics for chemical engineers, table.21

Hal. 198., Kenneth: project and cost enginers handbook, 4th Ed, table 3.7

(kenneth, 2005)

Jumlah karyawan utilitas = Jumlah regu x Jumlah karyawan tiap shift

= 4 x 16

= 64 orang

Tabel 5. 5 Rincian Jumlah Karyawan Utilitas

No	Nama Alat	Jumlah Alat	Orang /Alat/Shift	Orang/Shift
1.	Pengadaan Air			
	• <i>Water Boiler</i>	1	0,5	0,5

• Air Proses	1	0,1	0,1
• Air Sanitasi	1	0,5	0,5
2. Pengadaan Tenaga Listrik	1	1,5	1,5
3. Pengadaan Udara Tekan	1	1	1
4. Pengadaan Bahan Bakar	1	0,5	0,5
Jumlah Karyawan Tiap <i>Shift</i>			4,1 ~ 4

(Ulrich, 1984, Tabel. 6-2, Hal. 329)

Jumlah karyawan utilitas = Jumlah regu x Jumlah karyawan tiap shift
= 4 x 4
= 16 orang

Tabel 5. 6 Rincian Jumlah Karyawan HSE, Laboratorium, dan Maintenance

No	Nama alat	Jumlah alat	Orang/Alat/shift	Orang/shift
1.	Pengolahan limbah, HSE	1	2	2
2.	Analaisa Laboratorium	1	2	2
3.	<i>Maintenance</i>	1	1	1
Jumlah Karyawan Tiap <i>Shift</i>				5

Jumlah karyawan utilitas = Jumlah regu x Jumlah karyawan tiap shift
= 4 x 5
= 20 orang

Tabel 5. 7 Rincian Jumlah Karyawan Dan Gaji

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)
1	Dewan Komisaris	3	Rp. 40.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp. 30.000.000
3	Sekretaris	1	Rp. 3.000.000
4	Staf Produksi	1	Rp. 5.000.000
5	Staf Pemasaran	1	Rp. 5.000.000
6	Direktur Produksi & Teknik	1	Rp. 30.000.000
7	Direktur Administrasi & Keuangan	1	Rp. 30.000.000
8	Manajer Produksi	1	Rp. 15.000.000
9	Manajer <i>Maintenance & Utility</i>	1	Rp. 15.000.000,00

10	Manajer Umum	1	Rp.	15.000.000,00
11	Manajer Keuangan	1	Rp.	15.000.000,00
12	Manajer Pembelian & Pemasaran	1	Rp.	15.000.000,00
13	Supervisor Proses	1	Rp.	9.000.000,00
14	Supervisor QC & Lab	1	Rp.	9.000.000,00
15	Supervisor HSE & K3	1	Rp.	9.000.000,00
16	Supervisor R&D	1	Rp.	9.000.000,00
17	Supervisor Elektronika & Instrumentasi	1	Rp.	9.000.000,00
18	Supervisor Mekanik & Utilitas	1	Rp.	9.000.000,00
19	Supervisor HR	1	Rp.	9.000.000,00
20	Supervisor CSR	1	Rp.	9.000.000,00
21	Supervisor Keamanan	1	Rp.	9.000.000,00
22	Supervisor <i>Finance & Accounting</i>	1	Rp.	9.000.000,00
23	Supervisor Administrasi	1	Rp.	9.000.000,00
24	Supervisor Pembelian	1	Rp.	9.000.000,00
25	Supervisor Pemasaran	1	Rp.	9.000.000,00
26	Karyawan Produksi	64	Rp.	2.500.000,00
27	Karyawan <i>Maintenance & Utility</i>	16	Rp.	2.500.000,00
28	Karyawan HSE & Laboratorium	20	Rp.	2.500.000,00
29	Karyawan HR & CSR	5	Rp.	2.500.000,00
30	Karyawan Keuangan	3	Rp.	2.500.000,00
31	Karyawan Pembelian & Pemasaran	5	Rp.	2.500.000,00
32	Dokter	3	Rp.	4.000.000,00
33	<i>Security</i>	6	Rp.	2.000.000,00
34	<i>Cleaning Services dan Office Boy</i>	3	Rp.	2.000.000,00
35	<i>Driver</i>	3	Rp.	2.500.000,00
Total		155	Rp.	1.230.000.000,00

Sumber: Persolkelly Indonesia Salary Guide, (2021)

Sedangkan sistem gaji yang diterapkan sebagai berikut:

a. Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada karyawan tetap yang dibayarkan tiap awal bulan dengan besaran gaji yang sesuai dengan peraturan perusahaan.

b. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian yang dibayarkan tiap akhir pekan sekali.

c. Gaji Lemburan

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dengan besaran yang sesuai dengan peraturan perusahaan.

5.4 Kesejahteraan Karyawan

Untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan dan keluarganya, perusahaan memberikan fasilitas penunjang, antara lain:

A. Fasilitas Kesehatan

Perusahaan menyediakan poliklinik di area pabrik dengan tujuan untuk memberikan pertolongan pertama apabila terjadi kecelakaan pada karyawan selama jam kerja. Perusahaan juga melakukan kerja sama dengan beberapa rumah sakit. Sehingga untuk menangani kecelakaan berat, baik akibat kerja maupun bukan, perusahaan menunjuk rumah sakit rujukan untuk proses penanganannya. Perusahaan akan bertanggung jawab pada biaya pengobatan karyawan sesuai dengan undangundang yang berlaku.

B. Fasilitas Pendidikan

Perusahaan menyediakan beasiswa bagi anak-anak karyawan yang berprestasi di sekolahnya. Selain itu perusahaan mengembangkan sumber daya manusia melalui pelatihan, pendidikan, pembinaan, dan pemantapan budaya perusahaan. Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan kesempatan belajar bagi karyawan untuk mengembangkan diri sesuai dengan kemampuan atau bidangnya.

C. Fasilitas Asuransi

Fasilitas asuransi diberikan kepada karyawan untuk memberikan jaminan sosial dan memberikan perlindungan kepada karyawan terhadap hal-hal yang tidak diinginkan.

D. Tunjangan

- Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan yang bersangkutan.

- Tunjangan bekerja di luar jam kerja didasarkan jumlah jam kerja. – Tunjangan hari raya.
- Tunjangan bonus keuntungan akhir tahun.

E. Fasilitas Transportasi

Fasilitas transportasi disediakan oleh perusahaan berupa mobil dan supir untuk kegiatan operasional dan transportasi bus antar jemput karyawan non-shift maupun karyawan shift.

F. Seragam Kerja

Seragam kerja diberikan kepada seluruh karyawan sejumlah tiga pasang untuk setiap tahunnya.

G. Fasilitas Koperasi

Koperasi karyawan (Kopkar) didirikan dengan tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan dan memenuhi kebutuhan sehari-hari karyawan dengan harga murah.

H. Kantin

Kantin disediakan untuk memenuhi kebutuhan makanan karyawan ketika sedang bekerja. Fasilitas makan ini sepenuhnya ditanggung oleh perusahaan.

I. Peribadatan

Perusahaan menyediakan tempat ibadah berupa masjid di area pabrik.

J. Peralatan Safety

Perusahaan menyediakan peralatan safety berupa safety helmet, safety shoes, masker, goggle, glove, dan alat-alat safety lainnya untuk menjaga keselamatan kerja karyawan pabrik. K.

K. Cuti

- Cuti tahunan diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun.
- Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.
- Cuti hamil atau melahirkan dan menyusui kepada karyawan dapat mengajukan cuti selama 1,5 bulan sebelum melahirkan dan 1,5 bulan setelah melahirkan atau apabila diakumulasikan menjadi 3 bulan (diatur dalam pasal 82 UU No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan).

5.5 Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Pabrik refined carrageenan mengambil kebijakan dalam aspek perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan keselamatan instalasi peralatan dan karyawan di bawah

Unit Inspeksi Proses dan Keselamatan Lingkungan. Manajemen perusahaan sangat mendukung dan ikut berpartisipasi dalam program pencegahan kerugian baik terhadap karyawan, asset perusahaan, terjaganya kegiatan operasi serta keamanan masyarakat sekitar yang diakibatkan oleh keberadaan perusahaan.

Pelaksanaan tugas dalam kesehatan dan keselamatan kerja dilandaskan pada:

- **UU No. 1 Tahun 1970**

Mengenai keselamatan kerja karyawan, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

- **UU No. 2 Tahun 1951**

Mengenai ganti rugi akibat kecelakaan kerja, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

- **PP No. 4 Tahun 1982**

Mengenai ketentuan pokok pengolahan lingkungan hidup, dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

- **PP No. 29 Tahun 1986**

Mengenai ketentuan AMDAL, dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

Kegiatan yang dilakukan dalam rangka menciptakan Kesehatan dan Keselamatan Kerja antara lain: mengawasi keselamatan jalannya produksi, bertanggung jawab terhadap alat-alat keselamatan kerja, bertindak sebagai instruktur safety, membuat rencana kerja pencegahan kecelakaan, membuat prosedur darurat penanggulangan kebakaran dan kecelakaan proses, mengawasi kuantitas dan kualitas bahan buangan pabrik agar tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar.

5.6 Manajemen Produksi

Manajemen produksi merupakan suatu proses perencanaan, pengorganisasian dalam mengendalikan usaha dan proses penggunaan sumber daya organisasi untuk mencapai tujuantujuan organisasi yang telah ditetapkan. Demikian juga dalam suatu perusahaan, manajemen merupakan faktor yang cukup berpengaruh terhadap kinerja dan kemajuan suatu perusahaan. Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang tujuannya untuk menyelenggarakan semua kegiatan untuk memproses bahan baku menjadi produk dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi sedemikian rupa sehingga proses produksi berjalan sesuai rencana.

Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi ialah untuk mengusahakan agar memperoleh kualitas produksi yang sesuai dengan rencana dan dalam jangka waktu yang

tepat. Dengan meningkatnya kegiatan produksi maka selayaknya harus diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat menghindari terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali. Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian, dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

5.6.1 Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu faktor eksternal dan internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan. Sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a. Kemampuan Pasar

Terdapat dua kemungkinan, yaitu:

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik maka rencana produksi disusun maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dari kemampuan pabrik. Terdapat tiga alternatif yang harus diambil, yaitu:
- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dari kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Rencana produksi tetap, dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan pada tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran yang lain dan menggunakan fasilitas pemasaran yang mudah diakses seperti e-business.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu:

- Material (Bahan Baku) Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan dicapai target produksi yang diinginkan.
- Manusia (Tenaga Kerja) Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pada pabrik. Untuk itu perlu adanya pelatihan atau training pada karyawan.
- Mesin (Peralatan) Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja efektif mesin dan kemampuan mesin.

Jam kerja 103 efektif mesin adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

5.6.2 Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan, perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses produksi berjalan baik dan optimal. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk dengan kualitas yang sesuai standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilakukan pengendalian produksi sebagai berikut:

a. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik atau terdapat kerusakan pada alat proses. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau melalui analisa pengujian di laboratorium.

b. Pengendalian Kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali dengan keadaan yang ada.

c. Pengendalian Waktu

Untuk mencapai kualitas (berkaitan dengan expired date) dan kuantitas tertentu maka perlu adanya pengendalian waktu tertentu pula.

d. Pengendalian Bahan Proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan maka bahan proses harus mencukup, untuk itu diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

5.7 Corporate Social Responsibility (CSR)

Corporate Social Responsibility (CSR) adalah komitmen, kontribusi atau tindakan yang dilakukan oleh perusahaan terhadap sosial, pembangunan ekonomi berkelanjutan, dan lingkungan perusahaan. CSR timbul dengan adanya Undang-Undang (UU) Tentang Perseroan Terbatas No 40 Tahun 2007, dan Undang-Undang (UU) Tentang Penanaman Modal No 25 Tahun 2007, yang inti dari peraturan tersebut adalah suatu PT atau Penanaman Modal wajib melaksanakan tanggung jawab sosial dan lingkungan. Program

CSR merupakan investasi perusahaan dari pertumbuhan yang berkelanjutan (*Sustainability*) dan bukan lagi dilihat sebagai sarana biaya. Penerapan CSR merupakan salah satu bentuk implementasi dari konsep tata kelola perusahaan yang baik (*Good Corporate Governance*).

CSR berbeda dengan charity atau sumbangan sosial. CSR harus dijalankan diatas sesuatu program dengan memperhatikan kebutuhan dan keberlanjutan program dalam jangka panjang. Melalui CSR diharapkan mampu membantu menciptakan keseimbangan antara perusahaan, masyarakat, dan lingkungan. Keputusan manajemen perusahaan dalam penerapan program CSR merupakan keputusan yang rasional, karena implementasi program-program CSR akan menimbulkan dampak lingkungan emas yang dapat dinikmati oleh perusahaan dan seluruh stakeholder-nya. Dimana dengan adanya CSR akan membuat dukungan dan pembelaan masyarakat setempat meningkat. Selain itu pada kondisi ini perusahaan akan mendapatkan kelancaran pada seluruh proses atau aktivitas produksi serta dalam pemasaran produk. Sedangkan terjaganya kelestarian lingkungan dan alam, selain menjamin kelancaran proses produksi juga menjamin ketersediaan pasokan bahan baku produksi yang didapatkan dari alam.

Terdapat lima pilar yang mencakup kegiatan CSR, antara lain:

1. Pengembangan kapasitas SDM di lingkungan internal perusahaan maupun lingkungan masyarakat sekitarnya.
2. Penguatan ekonomi masyarakat di sekitar wilayah perusahaan.
3. Pemeliharaan hubungan relasional antara korporasi dengan lingkungan sosialnya, yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan kerentanan konflik.
4. Perbaikan tata kelola perusahaan.
5. Pelestarian lingkungan, baik lingkungan fisik, sosial, maupun budaya.

CSR memberikan manfaat baik bagi masyarakat maupun perusahaan, yaitu sebagai berikut:

- a. Bagi masyarakat:
 - Meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan kelestarian lingkungan sekitar perusahaan.
 - Adanya beasiswa untuk anak kurang mampu di daerah sekitar perusahaan.
 - Meningkatkan pemeliharaan fasilitas umum.
 - Pembangunan fasilitas umum untuk masyarakat yang bersifat sosial.

b. Bagi perusahaan:

- Meningkatkan citra dari perusahaan.
- Membedakan perusahaan tersebut dengan para pesaing atau perusahaan lain.
- Memberikan inovasi bagi perusahaan.
- Mengembangkan kerja sama dengan perusahaan lain.
- Memperkuat brand perusahaan di mata masyarakat.

Program CSR yang akan dilaksanakan oleh pabrik refined carrageenan adalah sebagai berikut:

a. *Community Relation*

Kegiatan ini menyangkut pengembangan kesepahaman melalui komunikasi dan informasi terhadap masyarakat sekitar yaitu karyawan, pemasok bahan baku, panyalur, dan pelanggan, seperti melakukan sosialisasi pemanfaatan produk refined carrageenan. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga komunikasi dan hubungan baik dengan masyarakat.

b. *Community Services*

Kegiatan ini berupa pemberian bantuan pelayanan masyarakat atau kepentingan umum. Contoh kegiatan ini adalah berupa pemberian bantuan atau sumbangan bagi korban bencana alam, bantuan membangun atau memperbaiki fasilitas umum, bantuan sarana air bersih dan poliklinik gratis.

c. *Community Empowering*

Kegiatan memberikan bantuan akses yang lebih luas terhadap masyarakat untuk menunjang kemandirian seperti pelatihan mengenai budidaya rumput laut, pelatihan manajemen pemasaran, dan keuangan bagi masyarakat yang membutuhkan. Selain itu perusahaan juga menjalin kemitraan dengan usaha kecil dan menengah untuk membina dan membangun citra positif dari masyarakat kepada perusahaan selaku

BAB VI

TROUBLESHOOTING

Troubleshooting merupakan pendekatan sistematis untuk mencegah dan mengantisipasi adanya kemungkinan masalah yang muncul melalui serangkaian analisis penyebab dan solusi. Analisis ini menunjukkan adanya risiko jika terjadi masalah serta kemungkinan penyelesaian masalah yang terjadi. Rancangan *troubleshooting* pada desain pabrik *refined carrageenan* dianalisis berdasarkan tingkat penilaian risiko proses di setiap unit. *Troubleshooting* didasarkan pada jenis unit proses yang ada di pabrik, meliputi unit penyiapan bahan baku, unit ekstraksi, serta unit penjendalan dan penepungan.

6.1 *Troubleshooting* Unit Peyiapan Baham Baku

Tabel 6. 1 *Troubleshooting* Unit Penyiapan Bahan Baku

Alat	Masalah	Penyebab	Solusi
Tangki Penyimpanan NaOH	a. Tangki penyimpanan mengalami kebocoran	- Korosi pada tangki - Material tangki mengalami penipisan dan <i>fatigue</i>	- Melakukan inspeksi dan perawatan secara berkala untuk menjaga tangki tetap dalam keadaan baik
Pompa Sentrifugal	a. <i>Bearing</i> terlalu panas	- Pelumas tidak cukup - <i>Bearing</i> tergores dan berkarat - <i>Shaft</i> bengkok	- Tambahkan pelumas - Mengganti <i>roller bearing</i> - Mengganti <i>shaft</i>
	b. Pompa tidak menyala	- Motor rusak - <i>Impeller</i> tersumbat - Tidak ada arus listrik	- Perbaiki motor - Lakukan pembersihan pada <i>impeller</i> - Perika aliran listrik
	c. Motor kelebihan beban	- <i>Head</i> yang rendah - <i>Shaft</i> rusak	- Kurangi tekanan katup - Mengganti <i>shaft</i>
	d. <i>Impeller</i> rusak	- <i>Impeller</i> terkikis akibat bergesekan dengan ruang	- Perbaiki <i>impeller</i>

			<i>casing</i>	
	e.	Banyak fluida yang keluar dari <i>casing</i>	- <i>Mechanical seal</i> yang mengalami kebocoran	- Melakukan inspeksi dan pembongkaran pada pompa
	f.	Timbul suara bising dan getaran	- Penyumbatan saluran <i>suction</i> / <i>discharge</i> oleh gelembung udara karena perubahan tekanan parsial cairan (kavitasi)	- Periksa <i>filter</i> pompa berkala agar tidak tersumbat - Evaluasi kinerja pompa menggunakan pengukur tekanan dan <i>flowmeter</i> pastikan sesuai referensi kurva pompa - Memastikan saluran pipa ideal untuk kondisi operasi pompa
<i>Vibrating Washer</i>	a.	Getaran yang abnormal	- Putaran drum tidak lancar	- Mengganti sistem bantalan drum yang telah rusak
	b.	Drum yang tersumbat	- Terdapat kotoran, benda asing atau benda keras yang terangkut di lubang drum	- Melakukan perawatan dan pembersihan secara rutin
	c.	Korosi	- Terjadinya sedimentasi atau adanya <i>solid waste</i> yang mengendap pada <i>vibrating washer</i>	- Melakukan pengecekan dan pembersihan secara rutin
<i>Mixer</i>	a.	Unit mengeluarkan suara	- Bantalan aus	- Periksa kondisi bantalan, ganti jika diperlukan
	b.	<i>Mixer</i> tidak	- <i>Motor overload</i>	- Pastikan densitas,

	berputar		viskositas, dan volume cairan sesuai spesifikasi alat
		- <i>Overheating</i>	- Pastikan tidak ada benda besar yang menghalangi baling-baling - Matikan motor 5 menit agar dingin - Periksa dan bersihkan akumulasi kotoran
	c. Keluar percikan api	- Hubungan kontak antara sikat dan komutator tidak rata	- Periksa sikat motor, ganti jika sudah terlalu pendek sehingga tidak menutupi sikat dengan lamel komutator rotor.
<i>Crusher</i>	a. Ukuran <i>output</i> yang tidak sesuai	- <i>Cutter</i> yang tumpul - Pemakaian sudah cukup lama	- Memperbaiki mata pisau atau <i>cutter</i> dengan cara diasah - Mengganti <i>cutter</i> dengan yang baru
	b. Efektivitas mesin <i>crusher</i> menurun	- Beban material yang berlebihan (<i>overload</i>)	- Kurangi jumlah material yang dipotong
	c. <i>Gear</i> patah / retak	- Tarikan atau karena terkoyak oleh material yang lebih keras	- Melakukan pengecekan dan pembersihan pada <i>gear</i> secara berkala

6.2 Troubleshooting Unit Ekstraksi

Tabel 6. 2 Troubleshooting Unit Ekstraksi

Alat	Masalah	Penyebab	Solusi
<i>Heat Exchanger</i>	a. Korosi	- Adanya deposit dari sisa hasil produksi yang menempel di dinding <i>tube</i>	- Melakukan pembersihan dan pemeriksaan secara rutin
	b. Pengurangan ketebalan <i>tube heat exchanger</i>	- Lamanya usia pemakaian alat	- Mengganti dengan <i>tube</i> yang baru
	c. Kebocoran pada <i>bonnet heat exchanger</i>	- <i>Seal o-ring</i> yang sudah rusak	- Memperbaiki atau mengganti <i>seal o-ring</i>
	d. Laju perpindahan panas berkurang	- Lamanya usia pemakaian alat - Adanya kotoran dan deposit yang menempel pada <i>tube</i>	- Melakukan pembersihan karena telah terjadi pengotoran (<i>fouling</i>)
Ekstraktor	a. Temperatur yang terlalu tinggi	- Kebocoran pada <i>tube heat exchanger</i> - Tingginya temperatur di <i>heat exchanger</i>	- Pemasangan <i>temperature alarm high (TAH)</i>
	b. Korosi dan penipisan material tangki	- Faktor lingkungan dan paparan zat korosif	- Pemilihan dan pemeliharaan material tangki yang tepat

<i>Filter Screen</i>	a. Kerusakan pada <i>screen</i>	- Terdapat padatan yang menumpuk pada <i>screen</i>	- Melakukan pembersihan rutin pada <i>screen</i> yang kotor atau mengganti apabila telah rusak
		- Baut pengikat <i>screen</i> longgar atau lepas	- Periksa dan perbaiki baut pengikat <i>screen</i>

6.3 Troubleshooting Unit Penjendalan dan Penepungan

Tabel 6. 3 *Troubleshooting* Unit Penjendalan dan Penepungan

Alat	Masalah	Penyebab	Solusi
Tangki Penjendalan (<i>propeller</i>)	a. Tangki penyimpanan mengalami kebocoran	- Korosi pada tangki - Material tangki mengalami penipisan dan <i>fatigue</i>	- Melakukan inspeksi dan perawatan secara berkala untuk menjaga tangki tetap dalam keadaan baik
<i>Filter Press</i>	a. <i>Filter press</i> tidak menekan dengan baik	- <i>Cake</i> yang menempel - Masalah pada pompa umpan	- Melakukan pembersihan pada <i>filter cloth</i> - Melakukan inspeksi dan membersihkan puing-puing yang menyumbat pompa
	b. Kebocoran pada <i>filter plate</i>	- Tekanan dan laju alir yang terlalu tinggi - Penggunaan <i>filter cloth</i> yang tidak tepat	- Turunlan tekanan dan laju alir <i>feed</i> - Mengganti <i>filter cloth</i>
	c. <i>Cycle time</i>	- Kapasitas terlalu	- Melakukan

	terlalu panjang		besar		pengawasan dan penurunan <i>feed</i>
<i>Rotary Dryer</i>	a. Kerusakan mesin <i>rotary dryer</i>	-	Korosi	-	Melakukan pemeriksaan dan perawatan rutin
	b. Penurunan efektivitas pengeringan	-	Tekanan yang masuk terlalu besar	-	Menurunkan tekanan
		-	Suhu tidak tersalurkan ke pipa	-	Pengecekan terhadap aliran uap ke pipa kemudian perbaiki
	c. Suhu didalam mesin tidak stabil	-	Pipa tersumbat kerrak	-	Pengecekan bagian pipa kemudian perbaiki
	d. Pengeringan tidak merata	-	Perputaran <i>drying kiln</i> tidak sesuai	-	Melakukan penyesuaian kontak antara <i>wheel belt</i> dan <i>riding wheel</i> untuk mengatur putaran <i>drying kiln</i>
<i>Ball Mill</i>	a. Kapasitas rendah	-	Ukuran material tidak sesuai (granularitas kasar)	-	Tambahkan media <i>grinding</i> (bola-bola baja)
		-	Rasio media <i>grinding</i> dengan volume material terlalu rendah	-	Kurangi volume <i>feed</i> ke <i>mill</i>
		-	Volume pengumpanan terlalu besar		
	b. Getaran yang abnormal	-	Kopling <i>ball mill</i> tidak sejajar	-	Pelurusan kopling <i>ball mill</i>
		-	Celah antara dua roda	-	Periksa dan kencangkan baut kopling Sesuaikan celah antara kedua roda

	kopling <i>ball mill</i> terlalu kecil	sesuai kebutuhan
c. Suara yang abnormal	- Kerusakan pada <i>bearing</i> - <i>Gearbox</i> berputar tidak normal	- Mengganti <i>bearing</i> dengan yang baru - Periksa dan pastikan oli pelumas <i>gearbox</i> maksimal

Rancangan troubleshooting pada ketiga unit proses, diharapkan dapat mengatasi adanya risiko kerugian dan kecelakaan kerja yang memiliki kemungkinan untuk terjadi. Hal ini dilakukan agar Ketika terjadi masalah, perusahaan sudah memiliki solusi untuk mengatasi masalah sesuai prosedur yang telah dipersiapkan. Apabila risiko kerugian dan kecelakaan kerja dapat ditekan, maka lingkungan kerja akan lebih kondusif dan relatif lebih aman. Hal tersebut akan sejalan dengan performa karyawan dan pada akhirnya proses produksi berjalan lancar sehingga kualitas produk terjamin.

BAB VII

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dari prarancangan pabrik refined carrageenan dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan pabrik agar bisa didirikan dengan pertimbangan ekonomi untung dan rugi. Untuk mengetahui hal tersebut perlu dievaluasi atau penilaian investasi yang ditinjau dari:

1. Keuntungan / Profit
2. *Percent Return on Investment* (ROI)
3. *Pay Out Time* (POT)
4. *Break Event Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)
6. *Internal Rate of Return* (IRR)

Untuk menunjang faktor-faktor di atas perlu diadakan penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

1. Modal Investasi (*Capital Investment*) meliputi:
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Pabrik (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*) meliputi:
 - a. Administrasi
 - b. *Management Salaries*
 - c. Penjualan (*Sales*)
 - d. Riset (*Research*)
 - e. Keuangan (*Finance*)

7.1 Perkiraan Harga Peralatan

Harga alat proses industri setiap tahun mengalami perubahan sesuai dengan kondisi perekonomian pada saat tersebut. Untuk mengetahui harga-harga peralatan yang ada sekarang dapat ditaksir berdasarkan harga aktual yang ada di pasar.

Untuk memperkirakan harga alat, diperlukan indeks yang dapat digunakan untuk mengkonversikan harga alat pada masa yang lalu sehingga diperoleh harga alat pada saat sekarang dan mendatang.

Persamaan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun 2024:

Penentuan harga alat menggunakan persamaan:

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

Dalam hubungan ini:

E_x = harga alat pada tahun 2024

E_y = harga alat pada tahun y

N_x = indeks tahun 2024 = 673,5

N_y = indeks tahun y

7.2 Dasar Perhitungan

1. Kapasitas Produksi

Kapasitas Produksi = 6.000 ton/tahun

Satu Tahun Operasi = 330 hari

Tahun Pendirian Pabrik = 2024

2. Kebutuhan Bahan Baku dan Produk

Harga rumput laut = Rp 20.000/kg (www.agromarket.com)

Harga NaOH = Rp 20.000/kg (PT. Swadaya Dinamika Mandiri)

Harga KCl = Rp 24.200/kg (PT. Naraya Cahaya Mentari)

Harga jual RC = USD 10,06/kg (www.alibaba.com)

Kurs jual = Rp 15.708,15/USD (kurs BI, Agustus 2023)

Kurs beli = Rp 15.551,85/USD (kurs BI, Agustus 2023)

UMK Sumenep = Rp 1.978.927,22 (kemnaker, 2022)

7.3 Perhitungan Biaya Produksi (*Production Cost*)

7.3.1 Penaksiran Modal Industri (*Total Capital Investment*)

Capital investment adalah banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital investment terdiri dari:

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Modal tetap adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan pembuatannya.

2. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

Modal kerja adalah usaha atau modal yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

7.3.2 Penentuan *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost merupakan jumlah dari *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Manufacturing cost meliputi:

1. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

DMC adalah pengeluaran yang berkaitan khusus dalam pembuatan produk.

2. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

IMC adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

3. *Fixed Manufacturing Cost* (FMC)

FMC adalah harga yang berkenaan dengan *fixed capital* dan pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak bergantung pada waktu maupun tingkat produksi.

7.3.3 *General Expenses*

General expenses atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*, terdiri dari:

1. Administrasi

2. Sales

3. Riset

4. Finance

7.4 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, dan untuk mengetahui apakah pabrik tersebut potensial atau tidak untuk didirikan, maka perlu dilakukan analisa kelayakan.

Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

7.4.1 *Percent Profit on Sales* (% POS)

$$\text{POS} = \frac{\text{Profit}}{\text{Harga jual produk}} \times 100\%$$

7.4.2 *Percent return of Investment (ROI)*

Return on Investment adalah perkiraan keuntungan yang dapat diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan.

$$\text{Percent Return on Investment} = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

7.4.3 *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Keuntungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam beberapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali untuk kembalinya capital investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi. POT didapatkan dari perhitungan tabel *Cash Flow*.

7.4.4 *Break Event Point (BEP)*

Break Event Point adalah titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau titik batas produksi, dimana pabrik dikatakan tidak untung dan tidak rugi. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

$$\text{BEP} = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\%$$

Dengan:

Fa = *Fixed manufacturing costs*

Ra = *Regulated cost*

Va = *Variable cost*

Sa = *Sales cost*

7.4.5 *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah suatu titik atau saat penentuan suatu aktifitas produksi dihentikan. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen kapasitas minimal tersebut dalam satu tahun, maka pabrik harus berhenti operasi atau tutup.

$$\text{SDP} = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\%$$

Dengan:

Ra = *Regulated cost*

Va = *Variable cost*

Sa = *Sales cost*

7.4.6 Internal Rate of Return (IRR)

Presentase keuntungan pabrik yang dihitung dengan trial harga IRR sehingga diperoleh nilai *Net Present Worth* (NPV) = 0. Harga i sering dibandingkan dengan suku bunga bank, dimana jika harga i lebih besar dari suku bunga berarti investasi ke pabrik lebih menguntungkan daripada menyimpan di bank.

$$P' = \frac{F}{(1 + IRR)^n}$$

Dengan:

P = *Present value*

F = Nilai uang pada tahun n

n = Tahun

7.5 Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi

7.5.1 Capital Investment

1. Fixed Capital Investment

- *Physical Equipment Cost* (PEC)

Tabel 7. 1 Total Purchased Equipment Cost (PEC)

<i>Purchased Equipment Cost</i>	Biaya (USD)	
Harga alat (<i>Equipment Cost</i> , EC Lokal)	\$	520.450,47
Harga Alat (<i>Equipment Cost</i> , EC Import)	\$	857.363,82
Biaya pengangkutan sampai pelabuhan (15% EC Import)	\$	128.604,57
Asuransi pengangkutan (1% EC Import)	\$	8.573,64
EMKL (Ekspedisi Muatan Kapal Laut, (1% EC Import)	\$	8.573,64
Biaya transportasi laut (15% EC Import)	\$	128.604,57
Pengangkutan dari pelabuhan sampai lokasi pabrik (15% EC Import)	\$	128.604,57
Provisi bank (0,5% EC Import)	\$	4.286,82
Pajak bea masuk barang (20% EC Import)	\$	171.472,76
Transportasi alat lokal (15% EC Lokal)	\$	78.067,57
Asuransi pengangkutan (0,5% EC Lokal)	\$	2.602,25
Provisi bank (0,2% EC Lokal)	\$	1.040,90
Jumlah PEC (USD)	\$	2.038.245,60

- *Equipment Installation* (EI)

Tabel 7. 2 Total Biaya *Equipment Installation* (EI)

Biaya Instalasi	USD
Material (11% PEC)	\$ 224.207,02
Buruh Lokal (32% PEC)	\$ 652.238,59
Total Biaya Instalasi	\$ 876.445,61

- Pemipaan (*Piping Cost*)

Tabel 7. 3 Total Biaya Pemipaan (*Piping Cost*)

Biaya Pemipaan	USD
Material (21% PEC)	\$ 428.031,58
Buruh lokal (15% PEC)	\$ 305.736,84
Total Biaya Pemipaan	\$ 733.768,41

- Biaya Instrumentasi (*Instrumentation Cost*)

Tabel 7. 4 Total Biaya Instrumentasi

Biaya Pemipaan	USD
Material (21% PEC)	\$ 428.031,58
Buruh lokal (15% PEC)	\$ 305.736,84
Total Biaya Pemipaan	\$ 733.768,41

(Aries & Newton, hal 97)

- Insulasi

Tabel 7. 5 Total Biaya Insulasi

Biaya Insulasi	USD
Material (3% PEC)	\$ 61.147,37
Buruh (5% PEC)	\$ 101.912,28
Total Biaya Insulasi	\$ 163.059,65

- Biaya listrik (*Electrical Cost*)

Tabel 7. 6 Total Biaya Listrik

Biaya Listrik	USD
Material (7% PEC)	\$ 142.677,19
Buruh (3% PEC) (100% wni)	\$ 61.147,37
Total Biaya Listrik	\$ 203.824,56

- Bangunan (*Building Cost*)

- Luas bangunan = 8.375 m²
- Total biaya bangunan = USD 544.999,02
- Tanah (*Land Cost*)
 - Luas tanah = 9.625 m²
 - Total biaya tanah = USD 673.581,18
- Utilitas
 - Biaya utilitas = 40% x PEC
 - = USD 815.298,24
- *Environmental Cost*
 - Biaya lingkungan = 25% x PEC
 - = USD 509.561,40
- *Physical Plant Cost (PPC)*

Tabel 7. 7 Total Physical Plant Cost (PPC)

<i>Physical Plant Cost</i>	USD
PEC	\$ 2.038.245,60
Instalasi	\$ 876.445,61
Pemipaan	\$ 733.768,41
Instrumentasi	\$ 305.736,84
Insulasi	\$ 163.059,65
Listrik	\$ 203.824,56
Bangunan	\$ 544.999,02
Tanah	\$ 673.581,18
Utilitas	\$ 815.298,24
<i>Environment</i>	\$ 509.561,40
Total PPC	\$ 6.864.520,51

- *Engineering and Construction*
 - Engineering & Construction* = 20% x PPC
 - = USD 1.372.904,10
- *Direct Plan Cost (DPC)*
 - DPC = PPC + (*Engineering & Construction*)
 - = USD 8.237.424,61
- *Contractor's Fee*
 - Contractor's Fee* = 5% x DPC
 - = USD 411.871,23
- *Contingency*

$$\begin{aligned}\text{Contingency} &= 12\% \times \text{DPC} \\ &= \text{USD } 988.490,95\end{aligned}$$

Tabel 7. 8 Total Fixed Capital Investment (FCI)

<i>Fixed capital investment</i>	USD
<i>Direct plant cost</i>	\$ 8.237.424,61
<i>Contractor's fee</i>	\$ 411.871,23
<i>Contingency</i>	\$ 988.490,95
Jumlah	\$ 9.637.786,79

7.5.2 Working Capital Investment (WCI)

Tabel 7. 9 Total Working Capital Investment (WCI)

<i>Working capital</i>	Biaya (USD)
<i>Raw material inventory</i>	\$ 2.616.893,67
<i>In process inventory</i>	\$ 7.569,65
<i>Product inventory</i>	\$ 3.633.432,44
<i>Extended credit</i>	\$ 3.849.622,80
<i>Available cash</i>	\$ 3.633.432,44
Jumlah	\$ 13.740.951,00

Tabel 7. 10 Total Capital Investment (TCI)

<i>Total capital investment</i>	Biaya (USD)
<i>Fixed capital investment</i>	\$ 9.637.786,79
<i>Working capital Invesment</i>	\$ 13.740.951,00
<i>Plant start up</i>	\$ 963.778,68
<i>IDC</i>	\$ 1.349.290,15
Jumlah	\$ 25.691.806,62

7.5.3 Total Manufacturing Cost (TMC)

Tabel 7. 11 Total Manufacturing Cost (TMC)

<i>Manufacturing cost</i>	Biaya (USD)
<i>Direct manufacturing cost</i>	\$ 34.559.074,28
<i>Indirect manufacturing cost</i>	\$ 4.676.210,77
<i>Fixed manufacturing cost</i>	\$ 732.471,80
Jumlah	\$ 39.967.756,85

7.5.4 General Expenses

Tabel 7. 12 Total General Expenses

<i>General expenses</i>		Biaya (USD)
<i>Administration</i>	\$	1.917.249,46
<i>Sales expense</i>	\$	8.880.835,57
<i>Research</i>	\$	2.903.715,48
<i>Finance</i>	\$	1.027.672,26
Jumlah	\$	14.729.472,78

Tabel 7. 13 Total Production Cost (TPC)

Total biaya produksi		Biaya (USD)
<i>Manufacturing cost</i>	\$	39.967.756,85
<i>General expenses</i>	\$	14.729.472,78
Jumlah	\$	54.697.229,63

7.6 Perhitungan Analisa Kelayakan (*Fit and Proper Test*)

1. Keuntungan / Profit
2. *Return of Investment* (ROI)
3. *Pay Out Time* (POT)
4. *Break Event Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)
6. *Internal Rate of Return* (IRR)

1. Keuntungan / Profit

Pendapatan per tahun dari harga jual = USD 60.494.072,55

Total production cost per tahun = USD 54.697.229,63

Keuntungan sebelum pajak = Pendapatan – total production cost

= 60.494.072,55 - 54.697.229,63

= USD 5.796.842,92 per tahun

Pajak pendapatan = 25% dari keuntungan sebelum pajak

(UU No. 36 Tahun 2008 Pasal 17 ayat 1(b) tentang Pajak Penghasilan Badan Usaha Tetap)

= 25% x USD 5.796.842,92

= USD 1.449.210,73

Keuntungan sesudah pajak = keuntungan sebelum pajak – (pajak)

= USD (5.796.842,92 - 1.449.210,73)

= USD 4.347.632,19

Percent Profit on Sales (% POS)

$$\text{POS sebelum pajak} = \frac{\text{Profit sebelum pajak}}{\text{Harga jual produk}} \times 100\%$$

$$\text{POS sebelum pajak} = 9,6\%$$

$$\text{POS sesudah pajak} = \frac{\text{Profit setelah pajak}}{\text{Harga jual produk}} \times 100\%$$

$$\text{POS sesudah pajak} = 7,2\%$$

2. *Return of Investment (ROI)*

$$\text{Percent Return Investment} = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

$$\text{ROI sebelum pajak} = 60,15\%$$

$$\text{ROI setelah pajak} = 43,11\%$$

(Aries & Newton, hal 193)

3. *Pay Out Time (POT)*

POT adalah waktu pengembalian modal (*depreciable capital investment*) yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang dilakukan akan kembali. Dengan wajib Pajak badan dalam negeri dan bentuk usaha tetap adalah sebesar 25%. (Undang-undang republik Indonesia nomor 7 tahun 1983 tentang pajak penghasilan pasal 17 hal 62 pasal 1b).

Untuk menghitung *Pay-out time* atau *Payback Period* ini digunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{POT before taxes} &= \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Fixed Capital Investment Profit before} + \text{Depresiasi/tahun}} \times 100\% \\ &= 1,54 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{POT after taxes} &= \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit after} \frac{\text{taxes}}{\text{tahun}} + \text{Depresiasi/tahun}} \times 100\% \\ &= 2,01 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi *Pay-out time* untuk pabrik Refined Carrageenan ini adalah 2,1 tahun. Untuk pabrik *Refined Carrageenan* yang tergolong low risk plant / pabrik berisiko rendah, maksimum payout time yang dapat diterima adalah 5 tahun (Arie & Newton, 1995: Tabel 55, hal 196).

4. *Shut Down Point (SDP)*

1. *Fixed Manufacturing Cost (Fa)*

Tabel 7. 14 *Total Fixed Manufacturing Cost (Fa)*

<i>Fixed manufacturing cost</i>		Biaya (USD)
Depresiasi	\$	443.338,19
Property tax	\$	192.755,74
Asuransi	\$	96.377,87
Jumlah	\$	732.471,80

2. *Variable Cost (Va)*

Tabel 7. 15 *Total Variable Cost (Va)*

<i>Variable cost</i>		Biaya (USD)
Raw material	\$	32.972.860,25
Utilitas	\$	536.721,49
Royalti dan Paten	\$	604.940,73
Packaging product and transport	\$	4.537.055,44
Jumlah	\$	38.651.577,91

3. *Regulated Cost (Ra)*

Tabel 7. 16 *Total Regulated Cost (Ra)*

<i>Regulated cost</i>		Biaya (USD)
Labor cost	\$	71.842,26
Payroll overhead	\$	25.300,97
Supervise	\$	54.662,59
Laboratorium	\$	12.650,48
General expenses	\$	14.729.472,78
Maintenance	\$	289.133,60
Plant supplies	\$	28.913,36
Plant overhead	\$	101.203,88
Jumlah	\$	15.313.179,92

4. *Penjualan Produk (Sa)*

Penjualan produk selama setahun = USD 60.494.072,55

5. **Break Event Point (BEP)**

BEP adalah titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan tingkat berapa harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

$$\begin{aligned}
\text{BEP} &= \frac{(Fa+0,3Ra)}{(Sa-Va-0,7Ra)} \times 100\% \\
&= \frac{(737.471,80+(0,3(15.313.179,92)))}{(60.494.072,55-38.651.577,91-(0,7(15.313.179,92)))} \times 100\% \\
&= 47,89\%
\end{aligned}$$

(Aries & Newton, hal 206)

- **Shut Down Point (SDP)**

SDP adalah suatu titik atau penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain regulated cost yang terlalu tinggi, atau juga bisa karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).

$$\begin{aligned}
\text{SDP} &= \frac{0,3Ra}{Sa-Va-0,7Ra} \times 100\% \\
&= \frac{0,3 \times 15.313.179,92}{60.494.072,55-38.651.577,91-(0,7(15.313.179,92))} \times 100\% \\
&= 41,30\%
\end{aligned}$$

(Aries & Newton, hal 206)

6. Internal Rate of Return (IRR)

Fixed Capital Investment (FCI)	= USD 9.637.786,79
Working Capital (WCI)	= USD 13.740.951,00
Salvage Value (SV)	= 8% x FCI
	= 8% x 9.637.786,79
	= USD 771.022,94
Depresiasi	= USD 443.338,19
Cash Flow (CF)	= Profit After Taxes + Depresiasi
	= USD 4.790.970,38
Umur Pabrik (n)	= 10 tahun

Internal Rate of return dalam hal ini IRR dihitung dengan trial harga IRR hingga diperoleh net present value (NPV) = 0, Present value dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P = \frac{F}{(1 + IRR)^n}$$

Dimana:

P = present value

F = nilai uang pada tahun n

n = tahun

Tabel 7. 17 Nilai Cash Flow dan Present Value Sepanjang Umur Pabrik

Tahun	Cash Flow	NPV
0	-\$23.378.737,79	-\$23.378.737,79
1	\$ 4.790.970	\$ 4.139.300,96
2	\$ 4.790.970	\$ 3.576.271,84
3	\$ 4.790.970	\$ 3.089.826,13
4	\$ 4.790.970	\$ 2.669.546,93
5	\$ 4.790.970	\$ 2.306.434,25
6	\$ 4.790.970	\$ 1.992.712,28
7	\$ 4.790.970	\$ 1.721.662,88
8	\$ 4.790.970	\$ 1.487.481,71
9	\$ 4.790.970	\$ 1.285.153,94
10	\$ 4.790.970	\$ 1.110.346,87
Net Present Value		0

Dengan menggunakan solver pada Microsoft Excel, diperoleh nilai IRR sebesar 52,295%. Dalam analisa kelayakan ekonomi, nilai IRR dapat digunakan untuk menyatakan tingkat profitabilitas dari suatu investasi. Modal yang digunakan dalam pembuatan pabrik berasal dari investor sehingga investasi dapat dikatakan profit apabila IRR lebih besar dari suku bunga kredit korporasi bank. Rata-rata suku bunga dasar kredit korporasi bank umum konvensional tahun 2022 adalah 7,95% (OJK, September 2022). Sehingga dapat disimpulkan kegiatan investasi pabrik ini layak secara ekonomi.

Tabel 7. 18 Data Grafik Analisa Ekonomi

x	Fa	Sa	Tc	Va	Ra
0	732471,8	0,0	5326425,8	732471,8	4593954,0
100	732471,8	60494072,5	54697229,6	38651577,9	53964757,8

Keterangan:

Fa = *Fixed Manufacturing Cost*

Sa = *Revenue*

Tc = *Total Production Cost*

Va = *Variable Cost*

Ra = *Regulated Cost*

RESUME

1. Percent Profit on Sales sebelum pajak adalah 9,58% dan sesudah pajak adalah 7,19%.
2. Percent Return on Investment sebelum pajak adalah 60,15% dan sesudah pajak adalah 45,11%.
3. Dengan solver didapatkan IRR sebesar 15,74%, lebih besar dibandingkan suku bunga pokok pinjaman bank sebesar 7,95%.
4. Pay Out Time pabrik Refined Carrageenan adalah 2,1 tahun.
5. Break Event Point pabrik Refined Carrageenan adalah 47,89%.
6. Shut Down Point pabrik Refined carrageenan adalah 41,30%.

Tabel 7.19 Evaluasi Pabrik

No	Uji Kelayakan	Hasil	Satuan	Batas	Keterangan
1.	POS Sebelum Pajak	9,58%			
	POS Setelah Pajak	7,19%			
2.	ROI Sebelum Pajak	60,15%			
	ROI Setelah Pajak	45,11%		11-44%	Layak
3.	POT	2,01	Tahun	maks 5 tahun	Layak
4.	IRR	15,74%		min 12%	Layak
5.	BEP	47,89%		40 - 60%	Layak
6.	SDP	41,30%		< BEP	Layak

BAB VIII

PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari perancangan pabrik *refined carrageenan* sebagai berikut:

- a. Perancangan pabrik *refined carrageenan* dengan proses gel press kapasitas 6.000 ton/tahun. Bahan baku yang dibutuhkan yaitu rumput laut kering sebesar 14.717,109 ton/tahun, NaOH sebesar 7.508,729 ton/tahun, KCl sebesar 1.572,269 ton/tahun dan H₂O sebesar 382.950,084 ton/tahun.
- b. Lokasi pabrik *refined carrageenan* akan dibangun di daerah Sumenep, Jawa Timur atas beberapa pertimbangan. Sumenep dekat dengan sumber bahan baku karena merupakan daerah yang memproduksi rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dalam skala besar sehingga meminimalkan waktu dan biaya produksi. Daerah ini memiliki penyediaan air dari laut sebagai air baku yang dimanfaatkan untuk air proses, umpan *boiler*, *hydrant*, dan sanitasi serta listrik dari PLN untuk memenuhi utilitas pabrik. Pada lokasi ini juga terdapat beberapa industri pangan dan non-pangan sebagai target pemasaran produk *refined carrageenan*. Bahan baku NaOH diperoleh dari PT. Swadaya Dinamika Mandiri yang berlokasi di Sidoarjo, Jawa Timur dan KCl diperoleh dari PT. Naraya Cahaya Mentari yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur.
- c. Reaksi pembentukan kappa carrageenan berlangsung di dalam ekstraktor pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm dengan konversi 37% dan kemurnian 94,5%.
- d. Peralatan proses yang digunakan antara lain tangki penyimpanan, pompa, *mixer*, ekstraktor, *heat exchanger*, tangki presipitasi, *filter press*, dan *rotary dryer*.
- e. Utilitas yang diperlukan adalah air sebesar 46.785,604 m³/hari. Kebutuhan steam sebanyak 1.788.485,774 kg/jam, bahan bakar untuk boiler sebesar 193.452.220 Btu/jam dan bahan bakar generator sebagai cadangan sebesar 258,7 lb/jam. Kebutuhan listrik pengolahan sebesar 79,2 kW yang diperoleh dari PLN dan digunakan generator jika suplai listrik dari PLN kurang. Untuk pengawasan kualitas bahan baku dan produk dilakukan dalam laboratorium.
- f. Pabrik *refined carrageenan* akan didirikan berdasarkan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Dalam menjalankan operasional perusahaan, modal berasal dari saham-saham dan obligasi dengan kedudukan tertinggi dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pabrik *refined carrageenan* ini menggunakan struktur organisasi lini dan staff. Banyak karyawan sebanyak 96 orang yang terbagi kedalam tiga unit yaitu karyawan

unit proses, karyawan unit utilitas, serta karyawan unit HSE, laboratorium, dan *maintenance*.

- g. Pabrik *refined carrageenan* layak untuk didirikan. Pabrik ini memiliki *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 57,34% dan sesudah pajak 43,01%, *Pay Out Time* (POT) pada tahun ke-2, *Break Event Point* (BEP) 49,45%, *Shut Down Point* (SDP) 42,76%, dan *Internal Rate of Return* (IRR) 14,56%. Berdasarkan beberapa hasil analisis dapat disimpulkan bahwa pabrik *Refined Carrageenan* dengan kapasitas 6.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adharini, R. I., Suyono, E. A., Suadi, Jayanti, A. D., & Setyawan, A. R. (2019). A comparison of nutritional values of *Kappaphycus alvarezii*, *Kappaphycus striatum*, and *Kappaphycus spinosum* from the farming sites in Gorontalo Province, Sulawesi, Indonesia. *Journal of Applied Phycology*, 31(1), 725–730. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1540-0>.
- Aries, R. S., and Newton, R. R. 1955. Chemical engineering cost estimation. New York: McGraw Hill Book Co. Inc
- Aris, M. (2020). Hubungan Kedalaman Perairan dengan Kandungan Kappa-Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*. *Techno-Fish*, 4(2), 85–94. <https://doi.org/10.25139/tf.v4i2.3044>.
- Anggadireja, Jana T., Achmad Zatnika., Heri Purwoto., & Sri Istini. (2006). Rumput Laut. Jakarta: Penebar Swadaya.
- ASME. 1997. Guidelines for Water Quality in Modern Industrial Water Tube Boilers.
- Atmadja, W.S., Kadi, A., Sulistijo dan Satari. R. 1996. Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut di Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. Kalsium Klorida. SNI 02-2805-2005, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. Karaginan murni (Refined Carrageenan). Bagian 1, Kappa Karaginan, Syarat mutu dan pengolahan, Jakarta.
- Bunga, S. M., Montalu, R. I., Hari, J. W., & Montolalu, L. (2013). Karakteristik Sifat Fisika Kimia Karaginan rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* pada Berbagai Umur Panen yang Diambil dari Daerah Perairan Desa Arakan Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 1, 54–58.
- Bank Indonesia. (2022). Kurs transaksi bi. Diakses pada 2 Oktober 2022 dari sumber: <http://www.bi.go.id/>
- BPS. (2022). Buletin statistik perdagangan luar negeri. Katalog BPS: 8202006. Jakarta: BPS RI

- BPS. (2022). Produksi dan nilai produksi perikanan jenis budidaya rumput laut menurut kabupaten/kota di provinsi jawa timur. Diakses tanggal 14 Juni 2022, dari sumber: <https://jatim.bps.go.id/>
- Brown, G. G., Brown, G. M., Foust, A. S., Katz, D. L., Schneidewind, R., White, R. R., Wood, W. P., Banchero, J. T., Brownell, L. E., Martin, J. J., Williams, G. B., York, J. L. 1950. Unit operation. University of Michigan: Wiley
- Brownell, L. E., and Young, E. H. 1979. Process Equipment Design. Wiley Eastern Limited
- Campo, V. L., Kawano, D. F., Silva, D. B. da, & Carvalho, I. (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis - A review. Carbohydrate Polymers, 77(2), 167–180. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.01.020>
- CEPCI. 2019. Chemical Engineering Economic Indicator. Diakses pada 2 Februari 2020 dari sumber: www.chemengonline.com/pci
- Ciancia, M., Nosedá, M.D., Matulewicz M.C., dan Cerezo A.S. 1993. Alkali-modification of carrageenans: mechanism and kinetics in the kappa/iota-, mu/nu- and lambda-series. Carbohydrate Polymers 20, 95-98. Elsevier.
- Cynthia; Alfando Hoo; Prasitya Ningrum A. 2019. Prancangan Pabrik Refined Carragenan Kapasitas 2500 ton/tahun. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Coulson, J. M., and Richardson, J. F. 1985. An introduction to chemical engineering design. Chemical engineering Vol. 6. Oxford: Pergamon Press
- Cokrowati, N., Diniarti, N., Setyowati, D. N., Waspodo, S., & Marzuki, M. (2019). Eksplorasi dan Penangkaran Bibit Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) di Perairan Teluk Ekas Lombok Timur. Jurnal Biologi Tropis, 19(1), 51–53. <https://doi.org/10.29303/jbt.v19i1.994>
- Desiana, E., & Hendrawati, T. Y. (2015). Pembuatan Karagenan dari *Eucheuma cottoni* dengan Ekstraksi KOH Menggunakan Variabel Waktu Ekstraksi. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, November, 1–7.
- Devi, F. P., Riyadi, D. N., & Kurniawansyah, F. (2020). Produksi Kappa Karaginan dari Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) dengan Metode Semi-Refined Carrageenan. Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering, 01(01), 1–4.

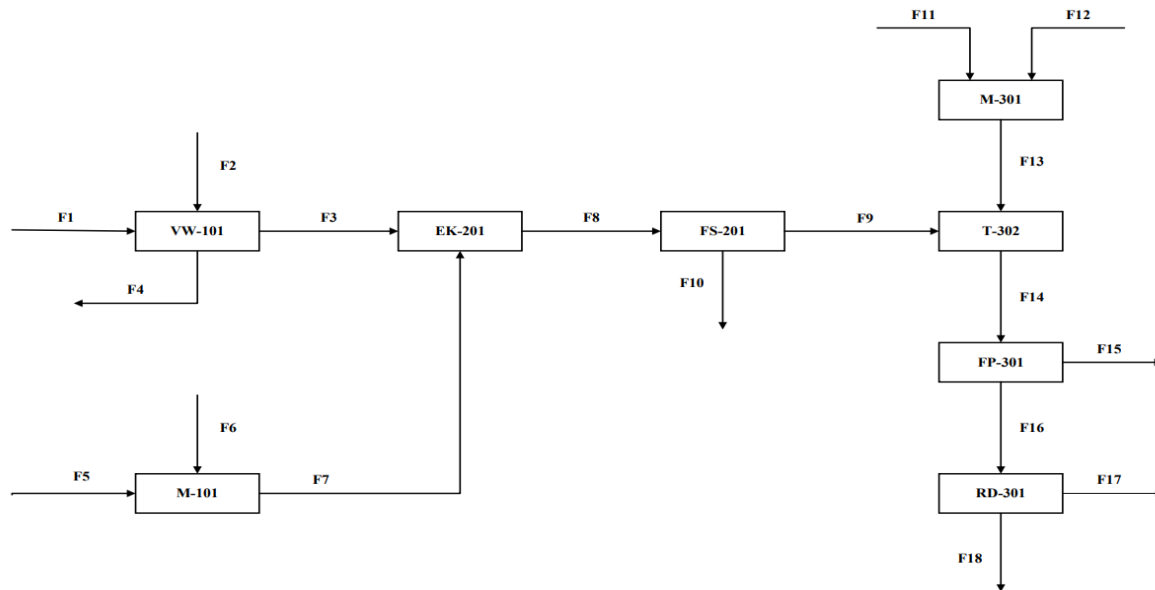
- Devi, F. P., Riyadi, D. N., & Kurniawansyah, F. (2022). Produksi Kappa Karaginan dari Rumput Laut. 01(01), 1–4.
- Diharmi, A., Fardiaz, D., Andarwulan, N., & Heruwati, E. S. (2011). Karakteristik Karagenan Hasil Isolasi *Eucheuma spinosum* (Alga merah) dari Perairan Semenep Madura. Jurnal Perikanan Dan Kelautan, 1(16), 117–123. <https://doi.org/10.1201/9781482293579-17>
- Engineering ToolBox. 2004. Water - Specific Heat. Diakses tanggal 17 Agustus 2022, dari sumber: https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-water-d_660.html
- FAO. 2018. The global status of seaweed production, trade, and utilization. Globefish Research Programme Vol. 124. Rome. 120 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Fogler, A. H. 1999. Elements of chemical reaction engineering. New Jersey: Prentice Hall International Inc
- Foust, A. A. 1980. Principles of unit operation, 2nd edition. New York: John Wiley and Sons Inc
- Fritzmann, C., Lowenberg, J., Wintgens, T., dan Merlin, T. 2007. State-of-the-art of reverse osmosis desalination. Desalination 216 (1-3), 1-76.
- Geankoplis, C. J. 1993. Transport processes and unit operation 3th ed. New Jersey: Allyn & Bacon Inc
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2014. Komoditas rumput laut kian strategis. Pusat data statistik dan informasi
- Kementerian Perindustrian. 2022. Bahan diskusi media forum merdeka barat 9 (FMB9). Diakses tanggal 2 November 2022, dari sumber: <http://www.agro.kemenperin.go.id>
- Kenneth, K.H. 2005. Project and cost engineers' handbook, 4th edition. New York: Marcel Dekker
- Kern, D. Q. 1965. Process heat transfer. Tokyo: Mc Graw Hill Book Co
- Knudsen, N.R., Ale, M.T., Ajalloueian, F., Yu, L., dan Meyer, A.S. 2017. Rheological properties of agar and carrageenan from Ghanaian Red seaweeds. Food Hydrocolloids Journal. Elsevier.

- Larsen, P.F. 1996. Carrageenan Product and A Method of Producing Same. US Patent 5502179.
- McHugh, D. J. 2003. A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper 441. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO)
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 1990. Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Peraturan Menteri Kesehatan No.416.
- Moirano, A. L. 1977. Sulphated seaweed polysaccharides in food colloids. Graham MD (editor), The AVI Publishing Company Inc, Westpoint Connecticut
- Novianto, D., Dinarianasari, Y., & Prasetyaningrum, A. (2013). Pembuatan Refined Carrageenan dari Ruput Laut Jenis *Euchema cottonii*. Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri, 2(3), 109–114.
- Peraturan Presiden. 2019. Peta panduan (road map) pengembangan industry rumput laut nasional tahun 2018-2021. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2019
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D. 1985. Plant design and economic for chemical engineers, 3rd ed. Tokyo: Mc Graw Hill Book Company
- Poling, B.E., Thomson, G.H., Friend, D.G., Rowley, R.L., dan Wilding, W.V. 2008. Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th ed. Section 2 Physical and Chemical Data. McGrawHill Companies, In
- Prasetyowati, A, C. J., & Agustiawan, D. (2008). Pembuatan Tepung Karaginan Dari Rumput Laut (*Eucheuma cottoni*) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengendapan. Jurnal Teknik Kimia, 15(2), 27–33.
- PT Kelly Services Indonesia. 2019. Indonesia 2019 salary guide. Jakarta: PERSOLKELLY Company
- Rideout, C.S., dan Bernabe, M.G. 2001. Method for Extracting Semi-Refined Carrageenan From Seaweed. European Patent 0964876 B1.
- Salam, M. R. B., & Larasati, D. (2013). Pemanfaatan Material Rumput Laut Melalui Ekstraksi Karagenan untuk Desain Kemasan Edible. Senirupa Dan Desain, 1, 1–9.

- Smith, J. M., and H. C. Van Ness. 1996. Introduction to chemical engineering thermodynamics, 5th ed. New York: Mc. Graw Hill Book Co
- Strong, C.H.G. 1975. Process of Extracting Carrageenan From Seaweed. US Patent 3907770, Guelph, Canada.
- Suparmi, dan Sahri, A. 2009. Mengenal potensi rumput laut: kajian pemanfaatan sumber daya rumput laut dari aspek industri dan kesehatan. Jurnal Sultan Agung Vol. 154 (118): 95 – 116
- Ulrich, G. D. 1984. A guide to chemical engineering process design and economics. New York: John Wiley and Sons
- UN Comtrade. 2022. International Trade Statistics, Import-Export Data. Diakses pada 1 Maret 2022, dari sumber: <http://comtrade.un.org/>
- Widjaja, G., dan Yani, A. 2003. Seri hukum perseroan terbatas. Jakarta: Raja Grafindo
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). 2020. CSR-in-action. Diakses pada 20 Juni 2022, dari sumber: <http://www.csr-in-action.org/>
- Wulandari, R., Indriana, D., dan Amalia, A. N. 2019. Kajian penggunaan hidrokoloid sebagai emulsifier pada proses pengolahan coklat. Jurnal Industri Hasil Perkebunan Vol. 14, No. 1
- Wullandari, P., Sedayu, B. B., Novianto, T. D., & Prasetyo, A. W. (2021). Characteristic of semi refined and refined carrageenan flours used in the making of biofilm (bioplastic). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 733(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012112>
- Yaws, C. L. 1999. Chemical properties handbook. United States: McGraw-Hill Companies Inc

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN NERACA MASSA



Gambar A.1 Blok diagram pembuatan *Refined Carrageenan*

Keterangan Gambar:

- VW-101 : Vibrating washer
T-102 : Tangki Perendaman
M-101 : Mixer NaOH
EK-201 : Ekstraktor
FS-201 : Filter screen
T-301 : Tangki penjendalan
FP-301 : Filter press
RD-301 : Dryer Refined Carrageenan

A. Ketentuan yang digunakan

- Kapasitas Produksi sebesar 6.000 ton/ tahun.
Satu tahun pabrik beroperasi selama 330 hari
Satu hari pabrik beroperasi selama 24 jam
Sehingga produksi pabrik tiap jam :

$$6000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{ton}} \times \frac{1}{330} \frac{\text{tahun}}{\text{hari}} \times \frac{1}{24} \frac{\text{hari}}{\text{jam}} = 757,576 \text{ Kg/jam}$$

- Komposisi bahan baku

1. Rumput laut jenis *Euchema cottonii*

Abu	: 24,74%
Lemak	: 0,11 %
Protein	: 0,27%
Karbohidrat	: 58,54 %

Sumber : Khalil dkk., (2018)

2. Natrium Hidroksida (NaOH)

NaOH	: 98%
NaCl	: 0,025 %
Na ₂ CO ₃	: 0,2 %
Fe ₂ O ₃	: 0,0008%
SiO ₂	: 0,002%
SO ₄ ²⁻	: 0,01%
NaClO ₃	: 0,0005%
H ₂ O	: 1,7617%

Sumber: Sulfindo, (2020)

3. Potasium Klorida (KCl)

Bentuk Fisik	: bubuk kristal putih
Kemurnian	: > 99%
Kadar Air	: < 1%

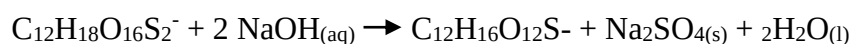
Sumber: PT. Naraya Cahaya Mentari, (2022)

3. Komposisi produk *Refined Carrageenan*

<i>Kappa-Carrageenan</i>	: 94,50%
H ₂ O	: 2,50%
KCl	: 2,97%
Na ₂ SO ₄	: 0,04%

Sumber: Webber dkk., (2012)

4. Reaksi utama yang terjadi:



Perubahan *Mu-Carrageenan* menjadi *Kappa-Carrageenan* dengan NaOH

Konversi : 37% (Patent US 0070702A1, 2005)

B. Berat Molekul Rata-Rata

Tabel A. 1 Data Berat Molekul, Titik Didih, dan Titik Lebur

Komponen	BM (kg/mol)	Titik Didih	Titik Lebur
RLK	0,482	35*	55
NaOH	0,039997	1388	318
H ₂ O	0,018	100	100
Na ₂ SO ₄	0,142	108,9	888
k-carrageenan	0,384	41*	57
KCl	0,075	1413	770
Na ₂ CO ₃	0,106	1600	851

*T gel

Analisa komponen tiap arus:

Tabel A. 2 Analisa Komponen Tiap Arus

Komponen	Arus								
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
RLK	V		V					V	
NaOH					V		V	V	V
H ₂ O	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Na ₂ SO ₄								V	V
k-carrageenan								V	V
KCl									
NaCl					V		V	V	V
Na ₂ CO ₃					V		V	V	V
Fe ₂ O ₃					V		V	V	V
SiO ₂					V		V	V	V
SO ₄ ²⁻					V		V	V	V
NaClO ₃					V		V	V	V

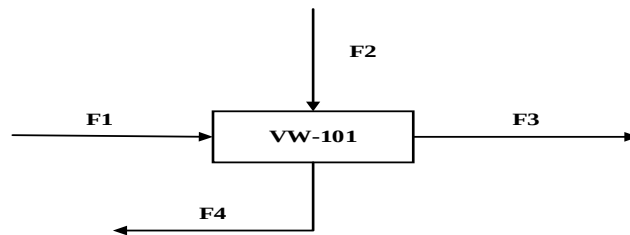
Komponen	Arus								
	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18
RLK	V								
NaOH	V				V	V			
H ₂ O	V	V		V	V	V	V	V	V
Na ₂ SO ₄					V	V	V	V	
k-carrageenan					V		V	V	
KCl			V	V	V	V	V	V	
NaCl					V	V			
Na ₂ CO ₃					V	V			
Fe ₂ O ₃					V	V			
SiO ₂					V	V			
SO ₄ ²⁻					V	V			
NaClO ₃					V	V			

C. Perhitungan Neraca Massa

Basis perhitungan laju alir massa 100 kg/jam

1. *Vibrating Washer* (VW-101)

Fungsi: Mencuci rumput laut kering agar bersih dari kotoran.



Gambar A. 2 Skema Neraca Massa di sekitar *Vibrating Washer* (VW-101)

Neraca Massa Total:

Input = Output

$$F1 + F2 = F3 + F4$$

Neraca Massa Komponen:

Asumsi:

- Air pencuci yang digunakan sebanyak 5x berat rumput laut.
- Sebanyak 11,14% berat air pencuci terserap oleh rumput laut.
- Kotoran (impuritis) yang terikut sebesar 0,1 % dan massa masuk.

Komposisi RLK:

Rumput Laut Kering (83,97%) = $0,8397 \times 100 \text{ kg/jam} = 83,97 \text{ kg/jam}$

Air (16,03%) = $0,1603 \times 100 \text{ kg/jam} = 16,03 \text{ kg/jam}$

Air Pencuci = 5 x berat RLK

Air pencuci = $5 \times (83,97 + 0,1603) \text{ kg/jam} = 500 \text{ kg/jam}$

Impurities = 0,1 kg/jam

Air yang terikut rumput laut setelah pencucian = $11,14 + 16,03 = 27,17 \text{ kg/jam}$

Neraca Massa RLK:

Input = Output

$F1_{RLK} + F2_{RLK} = F3_{RLK} + F4_{RLK}$

$83,97 \text{ kg/jam} + 0 \text{ kg/jam} = F3_{RLK} + 0 \text{ kg/jam}$

$F3_{RLK} = 83,97 \text{ kg/jam}$

Neraca Massa Air

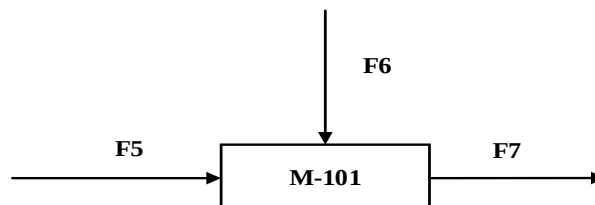
$$\begin{aligned}
 \text{Input} &= \text{Output} \\
 F_{1\text{air}} + F_{2\text{air}} &= F_{3\text{air}} + F_{4\text{air}} \\
 F_{3\text{air}} &= F_{1\text{air}} + F_{2\text{air}} \times 11,14\% \\
 F_{3\text{air}} &= 71,73 \text{ kg/jam} \\
 F_{1\text{air}} + F_{2\text{air}} &= F_{3\text{air}} + F_{4\text{air}} \\
 16,03 \text{ kg/jam} + 500,00 \text{ kg/jam} &= 71,73 \text{ kg/jam} + F_{4\text{air}} \\
 F_{4\text{air}} &= 444,30 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel A. 3 Neraca Massa di sekitar Vibrating Washer (VW-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	F1	F2	F3	F4
RLK	83,970	0	83,970	0
NaOH	0	0	0	0
H ₂ O	16,030	500,000	71,730	444,300
Na ₂ SO ₄	0	0	0	0
<i>k-carrageenan</i>	0	0	0	0
KCl	0	0	0	0
NaCl	0	0	0	0
Na ₂ CO ₃	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃	0	0	0	0
SiO ₂	0	0	0	0
SO ₄ ²⁻	0	0	0	0
NaClO ₃	0	0	0	0
Impuritis	0,1	0	0	0,1
TOTAL	600,100		600,100	

2. Mixer (M-101)

Fungsi: Membuat larutan NaOH 5%w.



Gambar A. 3. Skema Neraca Massa di sekitar Mixer (M-101)

Neraca Massa Total:

$$\begin{aligned}
 \text{Input} &= \text{Output} \\
 F_5 + F_6 &= F_7
 \end{aligned}$$

Neraca Massa Komponen:

Asumsi:

- Bahan baku NaOH yang digunakan berwujud padat dengan kemurnian 98%w NaOH.
- Digunakan air untuk melarutkan NaOH 98%w menjadi NaOH 5%w.
- Jumlah NaOH 5%w yang dibutuhkan sebanyak 10 kali berat RLK.

Kebutuhan NaOH 5%w:

NaOH (5%)	= 42 kg/jam
NaCl (0,0015%)	= 0,011
Na ₂ CO ₃ (0,0204%)	= 0,086
Fe ₂ O ₃	= 0,0003
SiO ₂	= 0,001
SO ₄ ²⁻	= 0,004
NaClO ₃	= 0,0002
H ₂ O	= 797,613

Komposisi NaOH 98%w:

NaOH (98%)	= 41,985 kg/jam
NaCl (0,025%)	= $0,03/98 \times 41,985 \text{ kg/jam} = 0,011 \text{ kg/jam}$
Na ₂ CO ₃ (0,2%)	= $0,2/98 \times 41,985 \text{ kg/jam} = 0,086 \text{ kg/jam}$
Fe ₂ O ₃ (0,0008%)	= $0,0008/98 \times 41,985 \text{ kg/jam} = 0,0003 \text{ kg/jam}$
SiO ₂ (0,002%)	= $0,001/98 \times 41,985 \text{ kg/jam} = 0,001 \text{ kg/jam}$
SO ₄ ²⁻ (0,01%)	= 0,004 kg/jam
NaClO ₃ (0,0005%)	= 0,0002 kg/jam
H ₂ O (1,7617%)	= 0,730476321 kg/jam

Neraca Massa NaOH:

Input	= Output
F5NaOH + F6NaOH	= F7NaOH
41,985 kg/jam + 0 kg/jam	= F7NaOH
F7NaOH	= 41,985 kg/jam

Neraca Massa Air:

Input	= Output
F5air + F6air	= F7air

$$0,75 + F_{6\text{air}} = 771,966$$

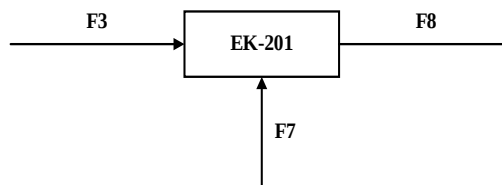
$$F_{6\text{air}} = 796,86 \text{ kg/jam}$$

Tabel A. 4 Neraca Massa di sekitar Mixer (M-101)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	F5	F6	F7
RLK	0	0	0
NaOH	41,985	0	41,985
H ₂ O	0,755	796,858	797,613
Na ₂ SO ₄	0	0	0
<i>k-carrageenan</i>	0	0	0
KCl	0	0	0
NaCl	0,011	0	0,011
Na ₂ CO ₃	0,086	0	0,086
Fe ₂ O ₃	0,0003	0	0,0003
SiO ₂	0,001	0	0,001
SO ₄ ²⁻	0,004	0	0,004
NaClO ₃	0,0002	0	0,0002
TOTAL	839,700		839,700

3. Ekstraktor (EK-201)

Fungsi: mengekstraksi *k-carrageenan* dari rumput laut dengan pemutusan ikatan sulfat pada rantai *m-carrageenan* menggunakan NaOH 5%.



Gambar A. 4 Skema Neraca Massa di sekitar Ekstraktor (EK-201)

Neraca Massa Total:

$$\text{Input} - \text{Reaksi} = \text{Output}$$

$$F3 + F7 - R = F8$$

Neraca Massa Komponen:

Konversi rumput laut menjadi *k-carrageenan* = 37%

Neraca Massa RLK

$$\text{Input} = \text{Output}$$

$$\begin{aligned}
 F3RLK + F7RLK + (-rRLK) &= F8RLK \\
 83,97 \text{ kg/jam} + 0 - (0,37 \times 174,212 \times 0,482) &= F8RLK \\
 F8RLK &= 52,901 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{Input} &= \text{Output} \\
 F3NaOH + F7NaOH + (-rNaOH) &= F8NaOH \\
 [0 + 41,985 - (2 \times 64,458 \times 0,04)] &= F8RLK \\
 F8NaOH &= 36,829 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa Air

$$\begin{aligned}
 \text{Input} &= \text{Output} \\
 F3Air + F7Air + rAir &= F8Air \\
 71,73 + 797,613 + (2 \times 64,458 \times 0,018153) &= F8Air \\
 F8Air &= 871,665 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa Na₂SO₄

$$\begin{aligned}
 \text{Input} &= \text{Output} \\
 F3Na_2SO_4 + F7Na_2SO_4 + rNa_2SO_4 &= F8Na_2SO_4 \\
 0 + 0 + (64,458 \times 0,14204) \text{ kg/jam} &= F8Na_2SO_4 \\
 F8Na_2SO_4 &= 9,156 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa *k-carrageenan*

$$\begin{aligned}
 \text{Input} &= \text{Output} \\
 F3k\text{-car} + F7k\text{-car} + r k\text{-car} &= F8k\text{-car} \\
 0 + 0 + (64,458 \times 0,384) \text{ kg/jam} &= F8k\text{-car} \\
 F8k\text{-car} &= 24,752 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

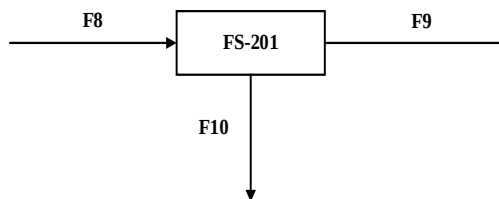
Tabel A. 5 Neraca Massa di sekitar Ekstraktor

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	F3	F7	F8
RLK	83,970	0	52,901
NaOH	0	41,985	36,829
H ₂ O	71,730	797,613	871,660
Na ₂ SO ₄	0	0	9,156
<i>k-carrageenan</i>	0	0	24,752
KCl	0	0	0
NaCl	0	0,011	0,011
Na ₂ CO ₃	0	0,086	0,086
Fe ₂ O ₃	0	0,0003	0,0003
SiO ₂	0	0,001	0,001

SO ₄ ²⁻	0	0,004	0,004
NaClO ₃	0	0,0002	0,0002
TOTAL	995,400		995,400

4. Filter Screen (FS-201)

Fungsi: memisahkan sisa rumput laut yang tidak terkonversi dengan produk *k-carrageenan*.



Gambar A. 5 Skema Neraca Massa di sekitar *Filter Screen* (FS-201)

Neraca Massa Total:

Input = Output

F8 = F9 + F10

Neraca Massa Komponen:

Asumsi: sisa rumput laut yang tidak terkonversi menyimpan 5%w larutan NaOH-air.

Neraca Massa RLK:

Input = Output

F8RLK = F9RLK + F10RLK

52,901kg/jam = 0 kg/jam + F10RLK

F10RLK = 52,901 kg/jam

Neraca Massa NaOH

F8NaOH = F9NaOH + F10NaOH

36,829 kg/jam = F9NaOH + (5% x 36,829) kg/jam

F9NaOH = 34,987 kg/jam

Neraca Massa Air

F8Air = F9Air + F10Air

871,665 kg/jam = F9Air + (5% x 871,665) kg/jam

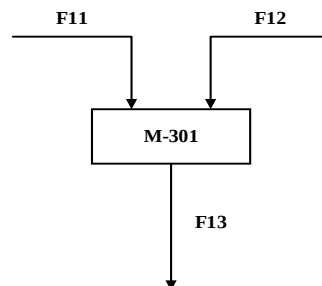
F14Air = 828,077 kg/jam

Tabel A. 6 Neraca Massa di sekitar *Filter Screen* (FS-201)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	F8	F9	F10
RLK	52,901	0	52,901
NaOH	36,829	34,987	1,841
H ₂ O	871,660	828,077	43,583
Na ₂ SO ₄	9,156	9,156	0
<i>k-carrageenan</i>	24,752	24,752	0
KCl	0,000	0,000	0
NaCl	0,011	0,011	0
Na ₂ CO ₃	0,086	0,086	0
Fe ₂ O ₃	0,000	0,000	0
SiO ₂	0,001	0,001	0
SO ₄ ²⁻	0,004	0,004	0
NaClO ₃	0,000	0,000	0
TOTAL	995,400	995,400	

5. *Mixer* (M-301)

Fungsi: Membuat larutan KCl 1%w.



Gambar A. 6 Skema Neraca Massa di sekitar Mixer (M-301)

Neraca Massa Total:

Input = Output

F11 + F12 = F13

Neraca Massa Komponen:

Asumsi:

- Bahan baku KCl yang digunakan berwujud padat dengan kemurnian 99%w KCl
- Digunakan air untuk melarutkan KCl 99%b menjadi KCl 1%b
- Jumlah KCl 1%b dihitung berdasarkan berat filtrat karaginan dari Filter screen.

Basis = Berat filtrat karaginan dari *filter screen*

Basis = Total F9 = 897,074 kg/jam

Neraca Massa KCl:

$$\begin{aligned} \text{Input} &= \text{Output} \\ \text{F11KCl} + \text{F12KCl} &= \text{F13KCl} \\ 0 \text{ kg/jam} + 1\% \cdot 897,074 \text{ kg/jam} &= \text{F13KCl} \\ \text{F13KCl} &= 8,971 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca Massa Air:

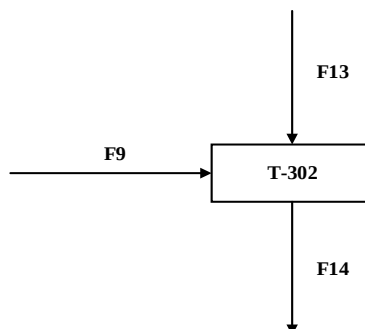
$$\begin{aligned} \text{Input} &= \text{Output} & \text{**KCl 1\%} &= 1\% \text{ terlarut} + 99\% \text{ pelarut} \\ \text{F11air} + \text{F12air} &= \text{F13air} \\ (99\% \cdot 897,074) + 0 &= \text{F13air} \\ \text{F13air} &= 888,103 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel A. 7 Neraca Massa di sekitar Mixer (301)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	F11	F12	F13
RLK	0	0	0
NaOH	0	0	0
H ₂ O	888,103	0	888,103
Na ₂ SO ₄	0	0	0
<i>k-carrageenan</i>	0	0	0
KCl	0	8,971	8,971
NaCl	0	0	0
Na ₂ CO ₃	0	0	0
Fe ₂ O ₃	0	0	0
SiO ₂	0	0	0
SO ₄ ²⁻	0	0	0
NaClO ₃	0	0	0
TOTAL	897,074		897,074

6. Tangki Presipitasi/Penjedaan (T-302)

Fungsi: Menjendalkan *k-carrageenan* dengan menggunakan KCl 1%w sehingga teksturnya berubah menjadi *gel* padat.



Gambar A. 7 Skema Neraca Massa di sekitar Tangki Presipitasi (T-302)

Neraca Massa Total:

Input = Output

$$F9 + F13 = F14$$

Neraca Massa Komponen:

Untuk menjendalkan *k-carrageenan*, digunakan KCl 1% berat larutan *k-carrageenan*.

Neraca Massa KCl:

Input = Output

$$F9KCl + F13KCl = F14KCl$$

$$0 + 8,971 \text{ kg/jam} = F14KCl$$

$$F14KCl = 8,971 \text{ kg/jam}$$

Neraca Massa Air:

Input = Output

$$F9Air + F13Air = F14Air$$

$$828,077 + 888,103 \text{ kg/jam} = F14Air$$

$$F14Air = 1716,180 \text{ kg/jam}$$

Tabel A. 8 Neraca Massa di sekitar Tangki Presipitasi (T-302)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	F9	F13	F14
RLK	0	0	0
NaOH	34,987	0	34,987
H ₂ O	828,077	888,103	1716,180
Na ₂ SO ₄	9,156	0	9,156
<i>k-carrageenan</i>	24,752	0	24,752
KCl	0	8,971	8,971
NaCl	0,011	0	0,011
Na ₂ CO ₃	0,086	0	0,086
Fe ₂ O ₃	0,000	0	0,000
SiO ₂	0,001	0	0,001
SO ₄ ²⁻	0,004	0	0,004
NaClO ₃	0,000	0	0,000
TOTAL	1.794,148		1.794,148

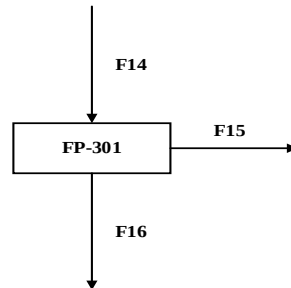
7. Filter Press (FP-301)

Fungsi: Memisahkan produk padatan *k-carrageenan* dengan sisa reaktan dan impuritas.

Asumsi:

- Berat %solid pada *filter press* 60-80% (Ulrich, 1984; Table 4-23, hal. 223)
- 20% air iku ke *k-carrageenan*

- 0,04% Na₂SO₄ ikut k-carrageenan (sesuai spesifikasi produk)



Gambar A. 8 Skema Neraca Massa di sekitar Filter Press (FP-301)

Neraca Massa Total

Input = Output

F14 = F15 + F16

Neraca Massa *k-carrageenan*:

Input = Output

F14_{k-carrageenan} = F15_{k-carrageenan} + F16_{k-carrageenan}

24,752 kg/jam = 0 kg/jam + F16_{k-carrageenan}

F16_{k-carrageenan} = 24,752 kg/jam

Neraca Massa Air:

Input = Output *asumsi 20% air ikut ke k- carrageenan

F14_{Air} = F15_{Air} + F16_{Air}

1716,180 kg/jam = (80%*1716,180) + F16_{Air}

F16_{Air} = 343,236 kg/jam

Neraca Massa Na₂SO₄:

*asumsi 0,04% Na₂SO₄ ikut ke k- carrageenan

F15_{Na₂SO₄} = (100-0,04)% x F14_{Na₂SO₄} = 9,152 kg/jam

Input = Output

F14_{Na₂SO₄} = F15_{Na₂SO₄} + F16_{Na₂SO₄}

9,156 kg/jam = 9,156 + F16_{Na₂SO₄}

F16_{Na₂SO₄} = 0,004 kg/jam

Neraca Massa KCl:

Input = Output

*asumsi 10% KCl ke F-16

F16KCl = 10% x 8,971 kg/jam = 0,897 kg/jam

F14KCl = F15KCl + F16KCl

8,971 kg/jam = F15KCl + (10% x 8,971) kg/jam

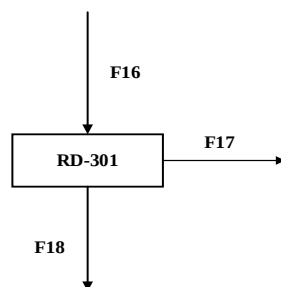
F15KCl = 8,074 kg/jam

Tabel A. 9 Neraca Massa di sekitar Filter Press (FP-301)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	F14	F15	F16
RLK	0	0	0
NaOH	34,987	34,987	0
H ₂ O	1716,180	1372,944	343,236
Na ₂ SO ₄	9,156	9,15218779	0,004
<i>k-carrageenan</i>	24,752	0	24,752
KCl	8,971	8,074	0,897
NaCl	0,011	0,011	0
Na ₂ CO ₃	0,086	0,086	0
Fe ₂ O ₃	0,000	0,000	0
SiO ₂	0,001	0,001	0
SO ₄ ²⁻	0,004	0,004	0
NaClO ₃	0,000	0,000	0
TOTAL	1.794,148	1.794,148	

8. Rotary Dryer (RD-301)

Fungsi: Mengurangi kadar air dari produk *k-carrageenan*.



Gambar A. 9 Skema Neraca Massa di sekitar *Rotary Dryer* (RD-301)

Neraca Massa Total:

Input = Output

F16 = F17 + F18

Neraca Massa Komponen:

Produk *refined carrageenan* mengandung 2,5% H₂O.

Neraca Massa k-carrageenan:

$$F16k\text{-carrageenan} = F17k\text{-carrageenan} + F18k\text{-carrageenan}$$

$$24,752 \text{ kg/jam} = F17k\text{-carrageenan} + 0 \text{ kg/jam}$$

$$F17k\text{-carrageenan} = 24,752 \text{ kg/jam}$$

Neraca Massa Na₂SO₄:

$$F16Na_2SO_4 = F17Na_2SO_4 + F18Na_2SO_4$$

$$0,004 \text{ kg/jam} = F17Na_2SO_4 + 0 \text{ kg/jam}$$

$$F17Na_2SO_4 = 0,004 \text{ kg/jam}$$

Neraca Massa Air:

$$F16Air = F17Air + F18Air$$

$$343,236 \text{ kg/jam} = (2,5\% \times 343,236) \text{ kg/jam}$$

$$F18Air = 334,655 \text{ kg/jam}$$

Tabel A. 10 Neraca Massa di sekitar Rotary Dryer (RD-301)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	F16	F17	F18
RLK	0	0	0
NaOH	0	0	0
H ₂ O	343,236	8,581	334,655
Na ₂ SO ₄	0,004	0,004	0
k-carrageenan	24,752	24,752	0
KCl	0,897	0,897	0
NaCl	0	0	0
Na ₂ CO ₃	0	0	0
Fe ₂ O ₃	0	0	0
SiO ₂	0	0	0
SO ₄ ²⁻	0	0	0
NaClO ₃	0	0	0
TOTAL	368,889	368,889	

Berdasarkan perhitungan neraca massa diatas, terdapat 34,234 kg/jam *Refined Carrageenan* yang dihasilkan. Sedangkan kapasitas produksi pabrik sebesar 757,576 kg/jam. Sehingga faktor *scale up* (f) dibutuhkan untuk menentukan jumlah bahan baku yang dibutuhkan.

$$\text{Total Produk} \times f = \text{Kapasitas Produksi Pabrik}$$

$$f = \frac{\text{Kapasitas Produksi Pabrik}}{\text{Total Produk}} = 22,130$$

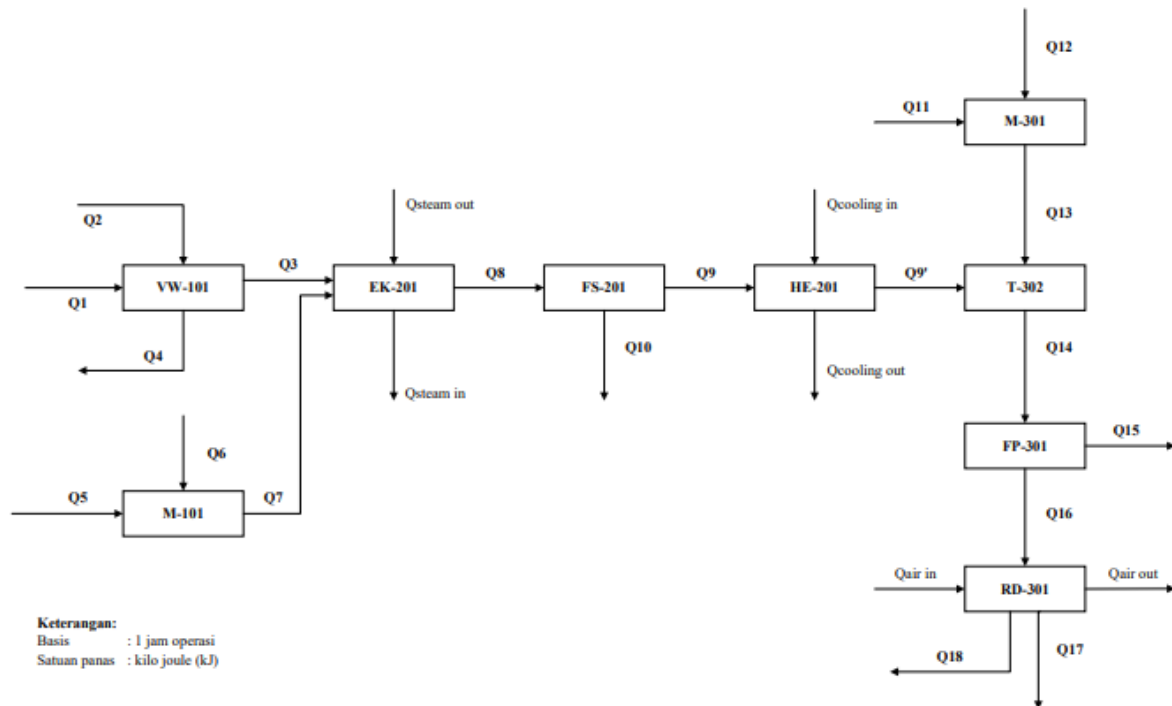
Faktor *scale up* harus dikalikan ke setiap arus yang ada di neraca massa untuk mendapatkan neraca massa yang sebenarnya.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Bahan Baku} &= f \times \text{Basis Massa} \times \text{Kemurnian} \\
 &= 22,130 \times 100 \text{ kg/jam} \times 83,97\% \\
 &= 1858,221 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan bahan baku rumput laut yang dibutuhkan pabrik *refined carrageenan* dengan kapasitas 6.000 ton/tahun adalah 1858,221 kg/jam.

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN NERACA ENERGI



Gambar B.1 Blok diagram neraca panas pembuatan Refined Carrageenan

Keterangan Gambar:

VW-101	: <i>Vibrating Washer</i>
M-101	: <i>Mixer NaOH</i>
EK-201	: <i>Ekstraktor</i>
FS-201	: <i>Filter Screen</i>
HE-201	: <i>Heat Exchanger</i>
T-301	: <i>Tangki Penjedalan</i>
FP-301	: <i>Filter Press</i>
RD-301	: <i>Dryer Refined Carrageenan</i>

Kapasitas Produksi	= 6.000 ton/tahun
Suhu Referensi	= 25°C (298,2 °K)
Basis	= 1 jam operasi

B.1. Data-data Konstanta untuk Berbagai Zat

1. Konstanta Kapasitas Panas (Cair)

$$\int C_p dT = \int (A + BT + CT^2 + DT^3) dT$$

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dT = \int_{T_1}^{T_2} (A + BT + CT^2 + DT^3) dT$$

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dT = A(T_2 - T_1) + \frac{B}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{C}{3}(T_2^3 - T_1^3) + \frac{D}{4}(T_2^4 - T_1^4)$$

$$HI = n \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

Keterangan:

C_p = Kapasitas panas cairan (kJ/kmol.°K)

H_i = Panas yang masuk atau keluar sistem (kJ/jam)

N = Jumlah mol gas yang masuk atau keluar sistem (kmol/jam)

A, B, C, D, E = Konstanta kapasitas panas cair

T = Suhu (°K)

Tabel B. 1 Data kapasitas panas (c_p) beberapa senyawa

Senyawa	A	B	C	D	E	T _{min}	T _{max}	C _p 25	C _p (kJ/Kmol.K)
H ₂ O	92,053	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07		273	615	75,55	
NaOH	87,639	-4,84E-04	-4,54E-06	1,19E-09		600	2700		9,76E+01
KCl	188,929	-1,90E-01	8,79E-05	-8,91E-09					
NaCl	95,016	-3,11E-02	9,68E-07	5,51E-09					
Na ₂ CO ₃									112,3
Fe ₂ O ₃									103,7
SiO ₂	343,91	-2,82E-01	9,45E-05	-9,00E-09					
SO ₄ ²⁻									136,70761
NaClO ₃									104,6
Na ₂ SO ₄	233,515	-9,53E-03	-3,47E-05	1,58E-08					

Sumber: (Yaws, 1995) dan (NIST, 2022)

2. Penentuan Kapasitas Panas Padatan Organik

• Rumput Laut Kering (C₁₂H₁₈O₁₆S₂⁻)

Tabel B. 2 Kapasitas panas RLK

Komposisi	Persentase	X	C _p (kkal/kg.°C)	X.C _p (kkal/kg.°C)
Karbohidrat	58,54%	0,79	0,379	0,301
H ₂ O	16,03%	0,01	0,422	0,005
Protein	0,27%	0,04	0,467	0,019
Lemak	0,11%	0,01	0,224	0,003
Abu	24,74%	0,14	0,320	0,045
Total	100%	1	1,812	0,373

Kapasitas Panas RLK = 0,373 kkal/kg.°C
= 1,560 kJ/kg.°C

- *k-carrageenan* (C₁₂H₁₆O₁₂S⁻)

Tabel B. 3 Kapasitas panas k-carrageenan

Komposisi	Persentase	X	Cp (kkal/kg.°C)	X.Cp (kkal/kg.°C)
<i>k-Carrageenan</i>	944,5%	0,94	0,379	0,358
H ₂ O	2,5%	0,02	0,422	0,011
KCl	3,0%	0,03	50,887	1,511
Na ₂ SO ₄	0,04%	0,04	13,935	0,006
Total	100%	1	65,623	1,886

Kapasitas Panas *k-carrageenan* = 1,886 kkal/kg.°C
= 7,889 kJ/kg.°C

Menghitung panas masuk dan keluar untuk komponen padat dengan persamaan:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

Menghitung panas masuk dan keluar untuk komponen cair dengan persamaan:

$$Q = n \cdot \int_{T_{ref}}^T Cp \cdot dT$$

B.2 Perhitungan Neraca Panas

$$Q = n \cdot \int_{T_{ref}}^T Cp \cdot dT$$

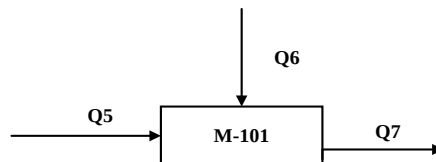
$$Q = n \cdot \int_{T_{ref}}^T (A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4) dT$$

$$Q = n \cdot \left(AT + \frac{B}{2} T^2 + \frac{C}{3} T^3 + \frac{D}{4} T^4 + \frac{E}{5} T^5 \right) \Big|_{T_{ref}}$$

1. Mixer (M-101)

Fungsi: Membuat larutan NaOH 5%.

Tujuan: Menghitung heat flow tiap arus, dengan asumsi panas pelarutan NaOH sangat kecil sehingga diabaikan.



Gambar B.2 Skema Neraca Panas di Sekitar Mixer (M-101)

Neraca Panas:

$$Q \text{ Input} = Q \text{ Output}$$

$$Q5 + Q6 = Q7$$

Panas masuk Mixer (Q5)

$$T_{\text{input}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

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

$$Q = \sum n_i \int_{298,15}^{303,15} C_p \cdot dT$$

$$\begin{aligned} Q5 = & \sum n_{\text{NaOH}} \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{NaOH}} \cdot dT + \sum n_{\text{H2O}} \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{H2O}} \cdot dT \\ & + \sum n_{\text{NaCl}} \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{NaCl}} \cdot dT + \sum n_{\text{Na2CO3}} \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{Na2CO3}} \cdot dT \\ & + \sum n_{\text{Fe2O3}} \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{Fe2O3}} \cdot dT + \sum n_{\text{SiO2}} \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{SiO2}} \cdot dT \\ & + \sum n_{\text{SO42-}} \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{SO42-}} \cdot dT + \sum n_{\text{NaClO3}} \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{NaClO3}} \cdot dT \end{aligned}$$

Tabel B. 4 Arus panas masuk M-101 (Q5)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
NaOH	87,639	-0,00048368	-4,5423E-06	1,19E-09	435,576	41,985	18287,665
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,35E-07	377,486	0,755	284,906
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,51E-09	429,544	0,011	4,601
Na2CO3	0	0	0	0	561,500	0,086	48,111
Fe2O3	0	0	0	0	518,500	0,000	0,178
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498	-9E-09	1336,624	0,001	1,145
SO42-	0	0	0	0	683,538	0,004	2,928
NaClO3	0	0	0	0	523,000	0,000	0,112
Q5							18629,646

Panas masuk Mixer (Q6)

$$T_{\text{input}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

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

$$\begin{aligned} Q &= n_{\text{H2O}} \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{H2O}} \cdot dT \\ &= 796,858\text{ kmol/jam} \times 377,486\text{ kJ/kmol} \\ &= 300.803,105 \end{aligned}$$

Tabel B. 5 Arus panas masuk M-101 (Q6)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,35E-07	377,486	796,858	300803,105
Q5							300803,105

Panas keluar Mixer (Q7)

T input = 30 °C = 303,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

$$\begin{aligned}
 Q7 = & \sum n_{NaOH} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaOH} \cdot dT + \sum n_{H2O} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pH2O} \cdot dT \\
 & + \sum n_{NaCl} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaCl} \cdot dT + \sum n_{Na2CO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNa2CO3} \cdot dT \\
 & + \sum n_{Fe2O3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pFe2O3} \cdot dT + \sum n_{SiO2} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pSiO2} \cdot dT \\
 & + \sum n_{SO42-} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pSO42-} \cdot dT + \sum n_{NaClO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaClO3} \cdot dT
 \end{aligned}$$

Tabel B. 6 Arus panas keluar M-101 (Q7)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
NaOH	87,639	-0,00048368	-4,5423E-06	1,19E-09	435,576	41,985	18287,665
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,35E-07	377,486	797,613	301088,011
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,51E-09	429,544	0,011	4,601
Na2CO3	0	0	0	0	561,500	0,086	48,111
Fe2O3	0	0	0	0	518,500	0,000	0,178
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498	-9E-09	1336,624	0,001	1,145
SO42-	0	0	0	0	683,538	0,004	2,928
NaClO3	0	0	0	0	523,000	0,000	0,112
Q7							319432,751

Neraca panas di sekitar Mixer (M-101) dapat dilihat di Tabel B. 7. berikut ini:

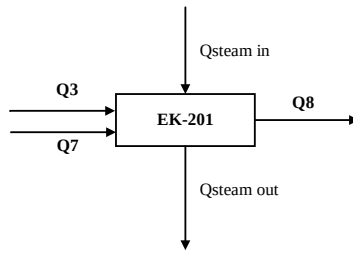
Tabel B. 7 Neraca panas di sekitar Mixer (M-101)

Komponen	Input		Output
	Q5	Q6	Q7
NaOH	18287,665		18287,665
H2O	284,906	300803,105	301088,011
NaCl	4,601		4,601
Na2CO3	48,111		48,111
Fe2O3	0,178		0,178
SiO2	1,145		1,145
SO42-	2,928		2,928
NaClO3	0,112		0,112
TOTAL		319432,751	319432,751

2. Ekstraktor (EK-201)

Fungsi: Mereaksikan RLK dengan NaOH 5%

Tujuan: Menghitung Kebutuhan Panas



Gambar B.3 Skema Neraca Panas di sekitar Ekstraktor (EK-201)

Neraca Panas:

$$Q \text{ Input} = Q \text{ Output}$$

$$Q3 + Q7 = Q8$$

Panas masuk Ekstraktor (Q3)

$$T \text{ input} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q3 = \sum n_{RLK} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pRLK} \cdot dT + \sum n_{H2O} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pH2O} \cdot dT$$

Tabel B. 8 Arus panas masuk EK-201 (Q3)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,35E-07	377,486	71,730	27077,098
RLK					4414,256	83,970	370665,078
						Q3	397742,176

Panas masuk Ekstraktor (Q7)

$$T \text{ input} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$\begin{aligned}
 Q7 = & \sum n_{NaOH} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaOH} \cdot dT + \sum n_{H2O} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pH2O} \cdot dT \\
 & + \sum n_{NaCl} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaCl} \cdot dT + \sum n_{Na2CO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNa2CO3} \cdot dT \\
 & + \sum n_{Fe2O3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pFe2O3} \cdot dT + \sum n_{SiO2} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pSiO2} \cdot dT \\
 & + \sum n_{SO42-} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pSO42-} \cdot dT + \sum n_{NaClO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaClO3} \cdot dT
 \end{aligned}$$

Tabel B. 9 Arus panas keluar EK-201 (Q7)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
---------	---	---	---	---	----------------------------	-----------------	-----------------

NaOH	87,639	-0,00048368	-4,5423E-06	1,19E-09	435,576	41,985	18287,665
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,35E-07	377,486	797,613	301088,011
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,51E-09	429,544	0,011	4,601
Na2CO3	0	0	0	0	561,500	0,086	48,111
Fe2O3	0	0	0	0	518,500	0,000	0,178
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498	-9E-09	1336,624	0,001	1,145
SO42-	0	0	0	0	683,538	0,004	2,928
NaClO3	0	0	0	0	523,000	0,000	0,112
							Q7 319432,751

Tabel B. 10 Data ΔH_f

Nama	ΔH_f_{298} (kJ/jam)
RLK	2.813,926
<i>k-carrageenan</i>	7.209,83
Natrium Hidroksida	-425,6
Natrium Carbonat	-1151
Natrium sulfat	-1.387
Air	-286
Kalium klorida	-437

$$\begin{aligned}\Delta H_{f298} \text{ reaktan} &= \frac{(\Delta H_{f298} \text{ RLK} + (2 \times \Delta H_{f298} \text{ NaOH})) \text{ kJ}}{\text{mol}} \times 1000 \frac{\text{mol}}{\text{kmol}} \times \text{mol reaksi} \\ &= (2.813,926 + (2 \times -425,6)) \times 1000 \times 727,979 \\ &= 1.428.824.273,260 \text{ kJ/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{f298} \text{ reaksi} &= \Delta H_{f298} \text{ produk} - \Delta H_{f298} \text{ reaktan} \\ &= (3.020.969.289,230 - 1.428.824.273,260) \\ &= 1.428.824.273,260 \text{ kJ/jam}\end{aligned}$$

Panas keluar Ekstraktor (Q8)

T input = 60 °C = 333,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

$$\begin{aligned}Q8 &= \sum n_{RLK} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pRLK} \cdot dT + \sum n_{NaOH} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaOH} \cdot dT \\ &+ \sum n_{H2O} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pH2O} \cdot dT + \sum n_{Na2SO4} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNa2SO4} \cdot dT \\ &+ \sum n_{k-carr} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pk-carr} \cdot dT + \sum n_{NaCl} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaCl} \cdot dT \\ &+ \sum n_{Na2CO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNa2CO3} \cdot dT + \sum n_{Fe2O3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pFe2O3} \cdot dT \\ &+ \sum n_{SiO2} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pSiO2} \cdot dT + \sum n_{SO42-} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pSO42-} \cdot dT\end{aligned}$$

$$+ \sum n \text{NaClO}_3 \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{p\text{NaClO}_3} \cdot dT$$

Tabel B. 11 Arus panas keluar EK-201 (Q8)

FORMULA	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
RLK					26212,497	52,901	1386669,91
NaOH	87,64	-0,00048	-0,0000045	0,0000000012	3047,475	36,829	112234,61
H ₂ O	92,05	-0,04	-0,0002110	0,000000053	2634,166	871,660	2296097,46
Na ₂ SO ₄	2,34E+02	-9,53E-03	-3,47E-05	1,58E-08	7964,171	9,156	72918,76
k-carrageenan					106028,476	24,752	2624415,43
NaCl	9,50E+01	-3,11E-02	9,68E-07	5,51E-09	2991,649	0,011	32,04
Na ₂ CO ₃					3930,500	0,086	336,78
Fe ₂ O ₃					3629,500	0,000	1,24
SiO ₂	343,91	-0,28233	0,000094498	-9,0006E-09	9237,674	0,001	7,92
SO ₄ ²⁻					4784,766	0,004	20,50
NaClO ₃					3661,000	0,000	0,78
Q8							6492735,432

Kebutuhan Panas (Q pemanas):

$$\begin{aligned} Q_{\text{air in}} - Q_{\text{air out}} &= Q_8 - (Q_7 + Q_3) + \Delta H_{f298} \text{reaksi} \\ &= 1.476\,585,078 + (193.925,871 + 7.852,720) + 1.592.145.015,970 \\ &= 1.593.419.822,458 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Digunakan *steam* dengan nilai $H_v - H_l$ sebesar 2.625,9 kJ/kg. (J.M. Smith dkk, 2001)

$$\begin{aligned} \text{Massa steam yang dibutuhkan} &= Q_{\text{air in}} - Q_{\text{air out}} / H_v - H_l = 1.593.419.822,458 / 2.625,9 \\ &= 606.809,026 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Neraca panas di sekitar Ekstraktor (EK-201) dapat dilihat di Tabel B. 12. berikut ini:

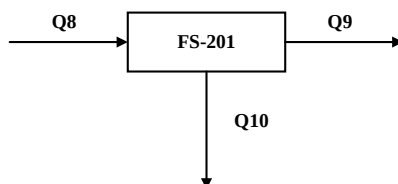
Tabel B. 12 Neraca panas di sekitar Ekstraktor (EK-201)

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
ΔH_r	717174,927	-
ΔH_{298}	-	4690609234,365
ΔH_p	-	6492735,432
Q pemanas	4696384794,870	-
TOTAL	4697101969,796	4697101969,796

3. Filter Screen (FS-201)

Fungsi: Memisahkan sisa rumput laut yang tidak terkonversi dengan produk *k-carrageenan*.

Tujuan: Menghitung suhu keluaran FS-201 dan panas yang hilang selama proses separasi.



Gambar B.4 Skema Neraca Panas di sekitar Filter Screen (FS-201)

Neraca Panas:

Q Input = Q Output

$Q8 = Q9 + Q10$

Panas masuk Filter Screen (Q8)

T input = 60 °C = 333,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

Tabel B. 13 Arus panas masuk FS-201 (Q8)

Formula	A	B	C	D	$\int Cp dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
RLK					30899,792	52,9011	1634632,99
NaOH	87,639	0,00048368	-4,5423E-06	1,1863E-09	3047,475	36,82872285	112234,61
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07	2634,166	871,66	2296097,46
Na2SO4	233,515	-0,0095276	0,000034665	1,5771E-08	7964,171	9,15585013	72918,76
k-carrageenan					106028,476	24,75198672	2624415,43
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,5116E-09	2991,649	0,010710459	32,04
Na2CO3					3930,500	0,085683673	336,78
Fe2O3					3629,500	0,000342735	1,24
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498	-9,0006E-09	9237,674	0,000856837	7,92
SO42-					4784,766	0,004284184	20,50
NaClO3					3661,000	0,000214209	0,78
					Q8 6740698,519		

Panas keluar Filter Screen (Q9)

T input = 60 °C = 333,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

$$\begin{aligned}
 Q9 = & \sum n_{NaOH} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{NaOH} \cdot dT + \sum n_{H2O} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{H2O} \cdot dT \\
 & + \sum n_{Na2SO4} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{Na2SO4} \cdot dT + \sum n_{k-carr} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{k-carr} \cdot dT \\
 & + \sum n_{NaCl} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{NaCl} \cdot dT + \sum n_{Na2CO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{Na2CO3} \cdot dT
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \Sigma nFe2O3. \int_{298,15}^{303,15} CpFe2O3. dT + \Sigma SiO2. \int_{298,15}^{303,15} CpSiO2. dT \\
& + \Sigma nSO42-. \int_{298,15}^{303,15} CpSO42-. dT + \Sigma nNaClO3. \int_{298,15}^{303,15} CpNaClO3. dT
\end{aligned}$$

Tabel B. 14 Arus panas keluar FS-201 (Q9)

Formula	A	B	C	D	∫ Cp dT (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
NaOH	87,639	-0,00048368	-4,5423E-06	1,1863E-09	3047,475	34,987	106622,882
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07	2634,166	828,077	2181292,590
Na2SO4	233,515	-0,0095276	-0,000034665	1,5771E-08	7964,171	9,156	72918,758
k-carrageenan					106028,476	24,752	2624415,429
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,5116E-09	2991,649	0,011	32,042
Na2CO3					3930,500	0,086	336,780
Fe2O3					3629,500	0,000	1,244
				-9,0006E-09			
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498		9237,674	0,001	7,915
SO42-					4784,766	0,004	20,499
NaClO3					3661,000	0,000	0,784
Q9							4985648,923

Panas keluar Filter Screen (Q10)

T input = 60 °C = 333,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

$$\begin{aligned}
Q10 = & \Sigma nRLK. \int_{298,15}^{303,15} CpRLK. dT + \Sigma nH2O. \int_{298,15}^{303,15} CpH2O. dT \\
& + \Sigma nNaOH. \int_{298,15}^{303,15} CpNaOH. dT
\end{aligned}$$

Tabel B. 15 Arus panas keluar FS-201 (Q10)

Formula	A	B	C	D	∫ Cp dT (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
RLK					30899,792	52,901	1634632,992
NaOH	87,639	-0,00048368	-4,5423E-06	1,1863E-09	3047,475	1,841	5611,731
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07	2634,166	43,583	114804,873
Q10							1755049,596

Neraca panas di sekitar Filter Screen (FS-201) dapat dilihat di Tabel B. 16. berikut ini:

Tabel B. 16 Neraca panas di sekitar Filter Screen (FS-201)

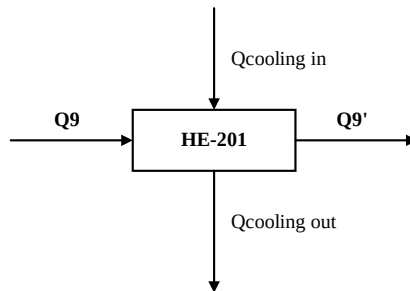
Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q8	6740698,519	-
Q9	-	4985648,923
Q10	-	1755049,596

TOTAL	6740698,519	6740698,519
--------------	--------------------	--------------------

4. *Heat Exchanger* (HE-201)

Fungsi: Mendinginkan produk ekstraktor sebelum masuk ke tangki presipitasi.

Tujuan: Menentukan pendingin yang dibutuhkan untuk mendinginkan suhu dari 60 °K ke 30 °K dan menghitung kebutuhan air *refrigerant*.



Gambar B.5 Skema Neraca Panas di sekitar Heat Exchanger (HE-201)

Neraca Panas:

Q Input = Q Output

Q9 = Q9'

Panas masuk Heat Exchanger (Q9)

T input = 60 °C = 333,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

$$\begin{aligned}
 Q9 = & \sum n_{NaOH} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{NaOH} \cdot dT + \sum n_{H2O} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{H2O} \cdot dT \\
 & + \sum n_{Na2SO4} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{Na2SO4} \cdot dT + \sum n_{k-carr} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{k-carr} \cdot dT \\
 & + \sum n_{NaCl} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{NaCl} \cdot dT + \sum n_{Na2CO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{Na2CO3} \cdot dT \\
 & + \sum n_{Fe2O3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{Fe2O3} \cdot dT + \sum n_{SiO2} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{SiO2} \cdot dT \\
 & + \sum n_{SO4^{2-}} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{SO4^{2-}} \cdot dT + \sum n_{NaClO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{NaClO3} \cdot dT
 \end{aligned}$$

Tabel B. 17 Arus panas masuk HE-201 (Q9)

FORMULA	A	B	C	D	$\int Cp \, dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
NaOH	87,639	-0,00048368	-4,5423E-06	1,1863E-09	3047,475	34,98728671	106622,882
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07	2634,166	828,077	2181292,590
Na2SO4	233,515	-0,0095276	-0,000034665	1,5771E-08	7964,171	9,15585013	72918,758
k-carrageenan					106028,476	24,75198672	2624415,429

NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,5116E-09	2991,649	0,010710459	32,042
Na2CO3					3930,500	0,085683673	336,780
Fe2O3					3629,500	0,000342735	1,244
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498	-9,0006E-09	9237,674	0,000856837	7,915
SO42-					4784,766	0,004284184	20,499
NaClO3					3661,000	0,000214209	0,784
Q9in							4985648,923

Panas keluar *Heat Exchanger* (Q9')

T input = 30 °C = 303,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

$$\begin{aligned}
 Q9' = & \sum n_{NaOH} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaOH} \cdot dT + \sum n_{H2O} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pH2O} \cdot dT \\
 & + \sum n_{Na2SO4} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNa2SO4} \cdot dT + \sum n_{k-carr} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pk-carr} \cdot dT \\
 & + \sum n_{NaCl} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaCl} \cdot dT + \sum n_{Na2CO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNa2CO3} \cdot dT \\
 & + \sum n_{Fe2O3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pFe2O3} \cdot dT + \sum n_{SiO2} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pSiO2} \cdot dT \\
 & + \sum n_{SO42-} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pSO42-} \cdot dT + \sum n_{NaClO3} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pNaClO3} \cdot dT
 \end{aligned}$$

Tabel B. 18 Arus panas keluar HE-201 (Q9')

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
NaOH	87,639	-0,00048368	-4,5423E-06	1,1863E-09	435,5761635	34,98728671	15239,628
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07	377,4863816	828,077	312587,790
Na2SO4	233,515	-0,0095276	-0,000034665	1,5771E-08	1139,728456	9,15585013	10435,183
k-carrageenan					15146,92514	24,75198672	374916,490
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,5116E-09	429,5439015	0,010710459	4,601
Na2CO3					561,5	0,085683673	48,111
Fe2O3					518,5	0,000342735	0,178
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498	-9,0006E-09	1336,623902	0,000856837	1,145
SO42-					683,53805	0,004284184	2,928
NaClO3					523	0,000214209	0,112
Q9out							713236,167

QPendingin = Qout - Qin

= 197.128,154 - 1.375.922,162

= 1.178.794,008 kJ/jam

Kebutuhan air *refrigerant*:

P = 101,325 kpa

Tair in = 30 °C

Tair out = 45 °C

Specific heat (cP) = 4,21 kJ/kg.°K

(J.M. Smith dkk, 2001)

$$massa\ air = \frac{Q\ pendingin}{cP\ (T_{air\ out} - T_{air\ in})} = \frac{Q\ pendingin}{cP\ (T_{air\ out} - T_{air\ in})} = kg/jam$$

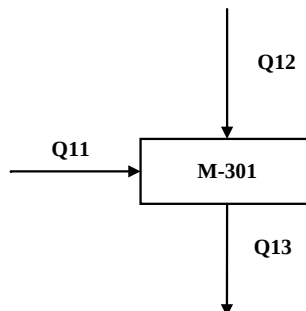
Neraca panas di sekitar Heat Exchanger (HE-201) dapat dilihat di Tabel B. 16. berikut ini:

Tabel B. 19 Neraca panas di sekitar Heat Exchanger (HE-201)		
Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q9	4985648,923	-
Q9'	-	713236,167
Qair		4272412,756
TOTAL	4985648,923	4985648,923

5. Mixer (M-301)

Fungsi: Membuat larutan KCl 1% dengan mencampur air dan padatan KCl.

Mixer dianggap bersifat adiabatik, sehingga tidak ada panas yang masuk dan keluar dari sistem.



Gambar B.6 Skema Neraca Panas di sekitar Mixer (M-301)

Neraca Panas:

Q Input = Q Output

Q11+Q12 = Q13

Panas masuk Mixer (Q11)

T input = 30 °C = 303,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

$$Q11 = \sum n_{H2O} \cdot \int_{298,15}^{303,15} C_{pH2O} \cdot dT$$

Tabel B. 20 Arus panas masuk M-301 (Q11)

Formula	A	B	C	D	$\int Cp dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07	377,4863816	888,103	335246,967
Q11							335246,967

Panas masuk Mixer (Q12)

$$T_{\text{input}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

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

$$Q12 = \sum n_{KCl} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{KCl} \cdot dT$$

Tabel B. 21 Arus panas masuk M-301 (Q12)

Formula	A	B	C	D	$\int Cp dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
KCl	188,929	0,18986	0,000087872	-8,91E-09	697,742	8,971	6259,263
Q12							6259,263

Panas keluar Mixer (Q13)

$$T_{\text{input}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

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

$$Q13 = \sum n_{H2O} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{H2O} \cdot dT + \sum n_{KCl} \cdot \int_{298,15}^{303,15} Cp_{KCl} \cdot dT$$

Tabel B. 22 Arus panas keluar M-301 (Q13)

Formula	A	B	C	D	$\int Cp dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
H2O	92,0530	-0,0400	-0,0002	0,000001	377,486	888,103	335246,967
KCl	188,929	-0,18986	8,787E-05	-8,91E-09	697,742	8,971	6259,263
Q13							341506,229

Neraca panas di sekitar Mixer (M-301) dapat dilihat di Tabel B. 23. berikut ini:

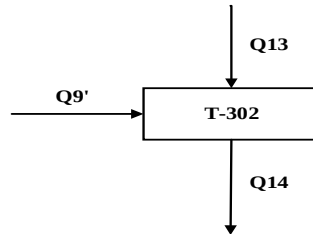
Tabel B. 23 Neraca panas di sekitar Mixer (M-301)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q11	335246,967	-
Q12	6259,263	-
Q13	-	341506,229
TOTAL	341506,229	341506,229

6. Tangki Presipitasi (T-302)

Fungsi: Untuk menjendalkan RC menjadi bentuk gel dengan bantuan larutan KCl.

Tangki presipitasi bersifat adiabatik dan isothermal sehingga suhu masuk sama dengan suhu keluar dan panas masuk sama dengan panas keluar.



Gambar B.7 Skema Neraca Panas di sekitar Tangki Presipitasi (T-302)

Neraca Panas:

$$Q \text{ Input} = Q \text{ Output}$$

$$Q9' + Q13 = Q14$$

Panas masuk Tangki Presipitasi (Q9')

$$T \text{ input} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Tabel B. 24 Arus panas masuk T-302 (Q9')

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
NaOH	87,639	-0,0004837	-4,5423E-06	1,19E-09	435,5761635	34,987	15239,628
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,35E-07	377,4863816	828,077	312587,790
Na2SO4	233,515	-0,0095276	-3,4665E-05	1,58E-08	1139,728456	9,156	10435,183
k-carrageenan					15146,92514	24,752	374916,490
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,51E-09	429,5439015	0,011	4,601
Na2CO3					561,5	0,086	48,111
Fe2O3					518,5	0,000	0,178
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498	-9E-09	1336,623902	0,001	1,145
SO42-					683,53805	0,004	2,928
NaClO3					523	0,000	0,112
						Q9'	713236,167

Panas masuk Tangki Presipitasi (Q13)

$$T \text{ input} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Tabel B. 25 Arus panas masuk T-302 (Q13)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	H _{in} (Kj/jam)
H ₂ O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,35E-07	377,4863816	888,103	335246,967
KCl	188,929	-0,18986	0,000087872	-8,91E-09	697,7418877	8,971	6259,263
						Q13	341506,229

Panas keluar Tangki Presipitasi (Q14)

T input = 30 °C = 303,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

Tabel B. 26 Arus panas keluar T-302 (Q14)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	H _{in} (Kj/jam)
NaOH	87,639	-0,0004837	-4,5423E-06	1,19E-09	435,5761635	34,987	15239,628
H ₂ O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,35E-07	377,4863816	1716,180	647834,757
Na ₂ SO ₄	233,515	-0,0095276	-3,4665E-05	1,58E-08	1139,728456	9,156	10435,183
<i>k-carrageenan</i>					15146,92514	24,752	374916,490
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,51E-09	429,5439015	0,011	4,601
Na ₂ CO ₃					561,5	0,086	48,111
Fe ₂ O ₃					518,5	0,000	0,178
SiO ₂	343,91	-0,28233	0,000094498	-9E-09	1336,623902	0,001	1,145
SO ₄ ²⁻					683,53805	0,004	2,928
NaClO ₃					523	0,000	0,112
KCl	188,929	-0,18986	0,000087872	-8,91E-09	697,7418877	8,971	6259,263
						Q14	1054742,396

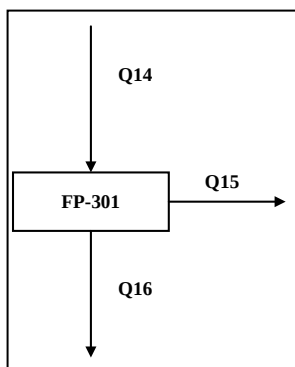
Neraca panas di sekitar Tangki Presipitasi (T-302) dapat dilihat di Tabel B. 27. berikut ini:

Tabel B. 27 Neraca panas di sekitar Tangki Presipitasi (T-302)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q9'	713236,167	-
Q13	341506,229	-
Q14	-	1054742,396
TOTAL	1054742,396	1054742,396

7. Filter Press (FP-301)

Fungsi: Mengurangi kadar air dalam *refined carrageenan*.



Gambar B.8 Skema Neraca Panas di sekitar Filter Press (FP-301)

Neraca Panas:

$$Q \text{ Input} = Q \text{ Output}$$

$$Q14 = Q15 + Q16$$

Panas masuk *Filter Press* (Q14)

$$T \text{ input} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Tabel B. 28 Arus panas masuk FP-301 (Q14)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
NaOH	87,639	-0,000484	-4,5423E-06	1,1863E-09	435,5761635	34,98728671	15239,628
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07	377,4863816	1716,180473	647834,757
Na2SO4	233,515	-0,009528	-0,000034665	1,5771E-08	1139,728456	9,15585013	10435,183
k-carrageenan					15146,92514	24,75198672	374916,490
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,5116E-09	429,5439015	0,010710459	4,601
Na2CO3					561,5	0,085683673	48,111
Fe2O3					518,5	0,000342735	0,178
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498	-9,001E-09	1336,623902	0,000856837	1,145
SO42-					683,53805	0,004284184	2,928
NaClO3					523	0,000214209	0,112
KCl	188,929	-0,18986	0,000087872	-8,911E-09	697,7418877	8,970742157	6259,263
Q14							1054742,396

Panas keluar *Filter Press* (Q15)

$$T \text{ input} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T \text{ reff} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Tabel B. 29 Arus panas masuk FP-301 (Q15)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
NaOH	87,639	-	-4,5423E-06	1,1863E-	435,5761635	34,987	15239,628

		0,000484		09			
		-		5,3469E-			
H2O	92,053	0,039953	-0,00021103	07	377,4863816	1372,944	518267,806
		-	-	1,5771E-			
Na2SO4	233,515	0,009528	0,000034665	08	1139,728456	9,152	10431,009
		-		5,5116E-			
NaCl	95,016	0,031081	9,6789E-07	09	429,5439015	0,011	4,601
Na2CO3					561,5	0,086	48,111
Fe2O3					518,5	0,000	0,178
				-9,001E-			
SiO2	343,91	-0,28233	0,000094498	09	1336,623902	0,001	1,145
SO42-					683,53805	0,004	2,928
NaClO3					523	0,000	0,112
				-8,911E-			
KCl	188,929	-0,18986	0,000087872	09	697,7418877	8,074	5633,336
						Q15	549628,854

Panas keluar *Filter Press* (Q16)

T input = 30 °C = 303,15 °K

T reff = 25 °C = 298,15 °K

Tabel B. 30 Arus panas masuk FP-301 (Q16)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
H2O	92,053	-0,039953	-0,000211	5,3469E-07	377,486	343,236	129566,951
Na2SO4	233,515	-0,009528	-3,467E-05	1,5771E-08	1139,728	0,004	4,174
<i>k-carrageenan</i>					15146,925	24,752	374916,490
KCl	1,89E+02	-1,90E-01	8,79E-05	-8,91E-09	697,742	0,897	625,926
						Q16	505113,542

Neraca panas di sekitar *Filter Press* (FP-301) dapat dilihat di Tabel B. 31. berikut ini:

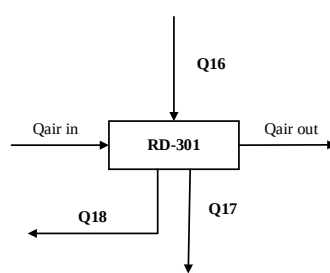
Tabel B. 31 Neraca panas di sekitar *Filter Press* (FP-301)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q14	1054742,396	-
Q15	-	549628,854
Q16	-	505113,542
TOTAL	1054742,396	1054742,396

8. *Rotary Dryer* (RD-301)

Fungsi: Mengurangi kadar air dari produk *k-carrageenan* (*refined carrageenan*).

Tujuan: Menghitung kebutuhan udara panas yang diperlukan untuk mengeringkan produk *refined carrageenan* (RC).



Gambar B.9 Skema Neraca Panas di sekitar Rotary Dryer (RD-301)

Neraca Panas:

$$Q_{\text{Input}} = Q_{\text{Output}}$$

$$Q_{16} = Q_{17} + Q_{18}$$

Panas masuk Rotary Dryer (Q16)

$$T_{\text{input}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

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

Tabel B. 32 Arus panas masuk RD-301 (Q16)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
H ₂ O	92,053	0,03995	-0,00021103	5,3469E-07	377,486	343,236	129566,951
Na ₂ SO ₄	233,515	0,00953	0,000034665	1,5771E-08	1139,728	0,004	4,174
k-carrageenan	0	0	0	0	15146,925	24,752	374916,490
KCl	188,929	0,18986	0,000087872	-8,9111E-09	697,742	0,266	185,799
Q16							504673,414

Panas keluar Rotary Dryer (Q17)

$$T_{\text{input}} = 60\text{ }^{\circ}\text{C} = 333,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

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

Tabel B. 33 Arus panas masuk RD-301 (Q17)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
H ₂ O	92,053	0,03995	-0,00021103	5,3469E-07	2634,166	10,541	27766,112
Na ₂ SO ₄	233,515	0,00953	0,000034665	1,5771E-08	7964,171	0,001	4,544
k-carrageenan					15146,9251	1,426	21606,105
KCl	188,929	0,18986	0,000087872	-8,9111E-09	4811,8934	0,266	1281,339
Q17							50658,100

Panas keluar Rotary Dryer (Q18)

$$T_{\text{input}} = 60\text{ }^{\circ}\text{C} = 333,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

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

Tabel B. 34 Arus panas masuk RD-301 (Q18)

Formula	A	B	C	D	$\int C_p dT$ (kJ/kmol)	n (kmol/jam)	Hin (Kj/jam)
H2O	92,053	-0,03995	-0,00021103	5,3469E-07	2634,166376	334,655	881537,455
Q18							881537,455

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan udara panas} &= Q_{\text{udara out}} - Q_{\text{udara in}} \\
 &= (Q17 + Q18) - Q16 \\
 &= (50658,100 + 881537,455) - 504673,414 \\
 &= 427.522,141 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca panas di sekitar Rotary Dryer (RD-301) dapat dilihat di Tabel B. 35. berikut ini:

Tabel B. 35 Neraca panas di sekitar Rotary Dryer (RD-301)

Komponen	Q masuk (kJ/jam)	Q keluar (kJ/jam)
Q16	504673,414	-
Q17	-	50658,100
Q18	-	881537,455
Qudara	427522,141	-
TOTAL	932195,556	932195,556

LAMPIRAN C

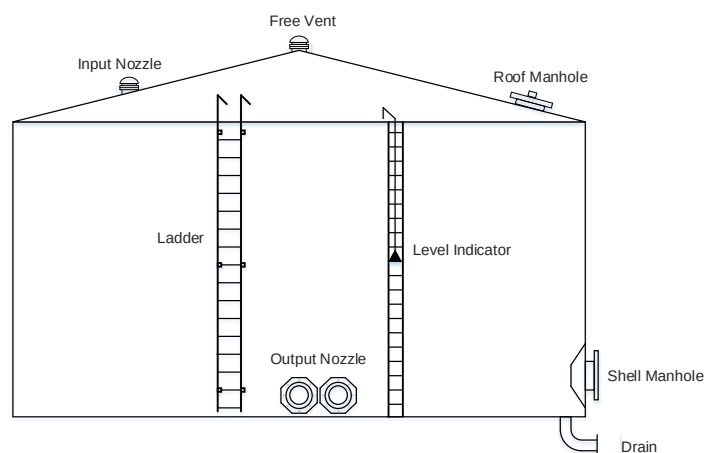
SPESIFIKASI ALAT

1. Tangki Penyimpanan NaOH

Kode : T-101

Fungsi : Untuk menyimpan bahan baku berupa larutan NaOH 5% pada tekanan 1 atm dan suhu 30 °C
Tujuan :

- A. Menentukan Tipe Tangki
- B. Menentukan Bahan Konstruksi Tangki
- C. Menentukan Kapasitas Tangki
- D. Menentukan Diameter Tangki
- E. Menentukan Jumlah Plate dan Tebal Shell Tiap Plate
- F. Menentukan Tebal dan Tinggi Head Tangki
- G. Menentukan Diameter Pipa Pengisian dan Pengeluaran



Gambar C.1 Tangki Penyimpanan Larutan NaOH

A. Menentukan Tipe Tangki

Dalam perancangan dipilih cylindrical vertical tank with flat bottom dan conical roof dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Cocok untuk penyimpanan larutan NaOH pada suhu 30 °C dan tekanan atmosferik dalam fase cair.
- Konstruksi lebih sederhana dibandingkan dengan tipe horizontal sehingga biaya konstruksi lebih ekonomis.
- Pertimbangan menggunakan atap jenis conical roof yaitu tekanan penyimpanan kurang dari 200 psia = 13,6 atm dan memiliki nilai ekonomis serta faktor keamanan tinggi.

B. Menentukan Bahan Konstruksi

Dalam perancangan tangki, dipilih bahan konstruksi tangki untuk penyimpanan asam sulfat adalah Stainless Steel SA 240 Grade 304, dengan pertimbangan (Coulson and Richardson, 4th ed. vol 6, 2005, hal: 295):

- NaOH disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dimana pada kondisi ini tidak membutuhkan bahan tangki khusus sehingga cukup dengan menggunakan bahan stainless steel.
- Bahan stainless steel banyak digunakan terutama tipe 304 karena harganya yang lebih ekonomis dan ketersediaan bahan yang lebih banyak dibanding dengan bahan lain.
- Tahan terhadap korosi dan panas.
- Maksimum allowable working stress cukup besar.

C. Menentukan Kapasitas Tangki

Tabel C.1 Data Perhitungan Kapasitas Tangki

Komponen	Laju Alir (kg/jam)	Fraksi	Densitas (kg/L)
NaOH	41,464	0,051	1,871
H ₂ O	771,236	0,949	0,020
Jumlah	812,700	1,000	1,892

$$\text{Kebutuhan NaOH selama 7 hari} = \frac{812.700 \times 30 \times 24}{1.892} = 72.180,004 \text{ L}$$

$$= 72,180 \text{ m}^3 = 2.549,013 \text{ ft}^3$$

Dengan factor keamanan 10 % maka volumenya menjadi

$$V_t = 110\% \times 72,180 \text{ m}^3 = 79,398 \text{ m}^3 = 2.803,914 \text{ ft}^3 = 544,798 \text{ bbl}$$

D. Menentukan Diameter Tangki

Berdasarkan persamaan 3-12 (Brownell and Young, 1959) untuk tangki tertutup didapat harga perbandingan $D/H = 8/3$ (D = diameter, H = tinggi).

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

$$79,398 = \frac{1}{4} \times \pi \times (8/3H)^2 \times H$$

$$H = 3,359 \text{ m} = 11,021 \text{ ft}$$

$$D = 8,958 \text{ m} = 29,390 \text{ ft}$$

Untuk ukuran standar, tangki yang digunakan adalah:

$$H = 16 \text{ ft}$$

$$D = 30 \text{ ft}$$

(Brownel and Young, Appendix E, item 3, 1977: 348)

Berdasarkan Appendix E, Tabel Item 3., Brownell dan Young (1959) halaman 348, tangki dengan ukuran tersebut memiliki kapasitas maksimum 2.020 bbl, sementara kapasitas rancangan adalah 544,798 bbl sehingga tangki yang dibutuhkan yaitu 1 buah dengan 2 course.

Jumlah course = 2 buah

Bult-welded courses = 96 in = 8 ft

Diketahui bahwa volume ukuran tangki standard melebihi dari volume fluida, kemudian dihitung besarnya kelebihan volume. Kelebihan ini untuk menjaga batas aman perancangan:

$$\% \text{excess volume} = \frac{86.622}{321,178} \times 100\% = 27\%$$

E. Menentukan Jumlah Plate dan Tebal Shell Tiap Plate

Dengan bahan yang dipilih yaitu Stainless Steel SA-240 Grade C memiliki karakteristik sebagai berikut:

$$f = 18.750 \text{ lb/in}^2 \text{ (Tabel Item 4., Brownell and Young, 1999: 344)}$$

Jenis pengelasan yang digunakan adalah Double-Welded Butt Joint (E), karena jenis pengelasan ini tidak memiliki keterbatasan. Berdasarkan Tabel 13.2 pada buku Brownell and Young (1959), nilai efisiensi pengelasan Double-Welded Butt Joint adalah 80%.

Untuk mengantisipasi terjadinya korosi pada dinding luar tangki akibat faktor dari luar, maka tangki ditambahkan faktor korosi. Berdasarkan Peters and Timmerhaus,

(1991) nilai faktor korosi (c) adalah sebesar 0,125 in.

Berdasarkan data diatas, dapat dihitung tebal dinding tangki dengan persamaan berikut:

$$ts = \frac{\rho (H-1)(12D)}{2f .E.144} + C$$

(Brownel and Young, 1959, Eq. 3.18)

Dimana:

ts = tebal shell (in)

ρ = densitas cairan (lb/ft³)

D = diameter dalam (in)

f = tekanan yang diizinkan (lb/in²)

E = efisiensi pengelasan

c = faktor korosi (in)

H = tinggi tangki (ft)

Dalam perancangan tangki penyimpanan larutan NaOH ini akan menggunakan 10 plate untuk tiap course, jarak sambungan antar plate (allowance untuk vertical welded joint) = 5/32 in, dan lebar tiap plate standar pada tiap course = 8 ft. Untuk menghitung panjang plate, dapat digunakan rumus:

$$L = \frac{(\pi \cdot d) - \text{weld length}}{12n}$$

(Brownell and Young, 1959, hal 55)

Dimana:

L = panjang tiap plate (ft)

d = diameter dalam + tebal shell (in)

n = jumlah plate, dalam kasus ini berjumlah 10 plate

Weld length = n x allowable welded joint

- Course 1

H = 16 ft

D = 30 ft

$$T1 = \frac{118,087 \times (16-1) \times (12 \times 30)}{2 \times 18,750 \times 0,8 \times 144} + 0,125$$

T1 = 0,273 in

Panjang plate:

$$L1 = \frac{n \times (360 \times 0,273) - (10 \times \frac{5}{32})}{2 \times 18,750 \times 0,8 \times 144} = 9,419 \text{ ft} = 301,721 \text{ in}$$

- Course 2

H2 = H1 - 8 = 8 ft

D = 30 ft

$$T2 = \frac{118,087 \times (8-1) \times (12 \times 30)}{2 \times 18,750 \times 0,8 \times 144} + 0,125$$

T2 = 0,194 in

Panjang plate

$$L2 = \frac{n \times (360 \times 0,194) - (10 \times \frac{5}{32})}{12 \times 10} = 9,417 \text{ ft} = 113,002 \text{ in}$$

Tabel C. 2 Jumlah Course

Course	Panjang shell (ft)	Lebar plate (ft)	Tebal shell (in)
1	9,419	8	0,273
2	9,417	8	0,194

F. Menentukan Tebal dan Tinggi Head Tangki

Jenis : conical roof head

Bahan : stainless steel SA 240 grade C

Digunakan persamaan 4.6 (Brownell and Young, 1959):

$$\sin \theta = \frac{D}{430 \times t} = \frac{30}{430 \times \frac{3}{16}} = 0,372$$

$$\theta = 21,845$$

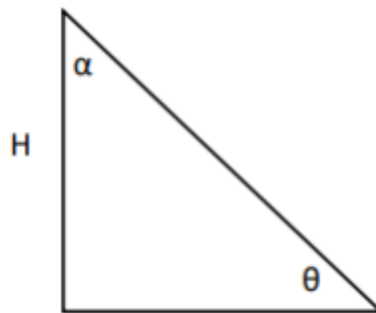
Dimana:

D = diameter (ft)

θ = sudut antara cone roof dan garis horizontal

t = tebal shell roof supported (in)

Sehingga tinggi head tangki dapat ditentukan sebagai berikut:



$$\alpha = 90 - \theta = 68,155^\circ$$

$$\tan \alpha = \frac{D}{2H}$$

$$H = \frac{25}{2 \times \tan 68,155} = 6,013 \text{ ft}$$

Persamaan untuk menghitung tebal head

$$H = \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6 P)}$$

(Pers 6.154, Brownell and Young, 1959)

Tekanan penyimpanan = 1 atm = 14,7 psi dan diambil faktor keamanan 10%, maka

$$P = 1,1 \times 14,7 \text{ psi} = 16,170 \text{ psi}$$

$$H = \frac{16,170 \times 30 \times 12}{2 \times \cos 68,155 \times (18.750 \times 0,8 - 0,6 \times 16,170)} = 0,522 \text{ in}$$

G. Menentukan Diameter Pipa Pengisian dan Pengeluaran

Untuk pipa pengisian digunakan persamaan:

$$D_{opt} = 3,9 \times (Qf)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$$

(Peters and Timmerhaus, 1991, Pers. 11.45, hal 365)

Dimana:

Di = diameter dalam optimum (in)

Qf = laju alir volumetric (ft³ /s)

ρ = densitas campuran (lb/ft³)

direncanakan waktu pengisian tangki dari 0 hingga penuh adalah 5 jam

$$Qf = \frac{\text{Laju Alir NaOH 5 \%}}{5 \times 3600 \text{ s}}$$

$$Qf = \frac{2.803,914 \text{ ft}^3}{5 \times 3600 \text{ s}} = 0,156 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\rho = 118,087 \text{ lb/ft}^3$$

$$D_{i \text{ opt.}} = 3,9 \times (0,156)^{0,45} \times (118,087)^{0,13} = 3,141 \text{ in}$$

Digunakan pipa standar:

D nominal = 4 in

Schedule number = 40

OD = 4,5 in

ID = 4,026 in

Flow area per pipe = 12,7 in²

(Kern, 1950, Tabel 11. hal. 844)

Sedangkan untuk pipa pengeluaran:

$$Qf = \frac{812,700 \times 2,205}{118,087 \times 3600 \text{ s}} = 0,004 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$D_{i \text{ opt}} = 3,9 \times (0,004)^{0,45} \times (113,05)^{0,13} = 0,619 \text{ in}$$

Digunakan pipa standar:

D nominal = 1,250 in

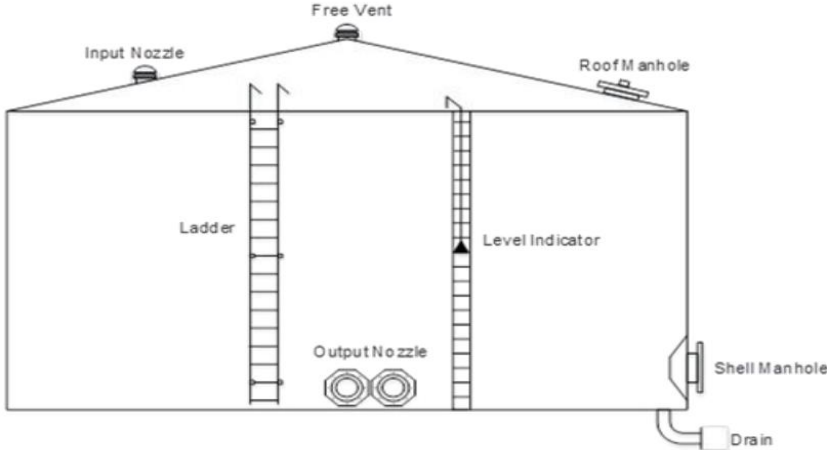
Schedule number = 40

OD = 0,675 in

ID = 0,493 in

Flow area per pipe = 0,192 in²

(Kern, 1950, Tabel 11. hal. 844)

Resume Spesifikasi Tangki Penyimpanan NaOH	
	
Gambar 3.1 Tangki Penyimpanan NaOH	
Nama	Tangki Penyimpanan NaOH
Kode	T-101
Fungsi	Untuk menyimpan bahan baku larutan NaOH 5%
Konstruksi Material	<i>Stainless Steel SA240 Grade 304</i>
Kondisi Operasi	Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm Fasa = <i>aqueous</i>
Jenis	<i>Cylindrical vertical tank with flat bottom dan conical roof</i>
Jumlah	1
Waktu Penyimpanan	7 hari
Dimensi:	
Kapasitas	2.894,111 ft ³
Tinggi Tangki	16 ft
Diameter Tangki	30 ft
Jumlah Course	2
Course 1:	Panjang plate : 9,419 ft

	Lebar <i>plate</i> : 8 ft
	Tebal <i>shell</i> : 0,273 in
<i>Course 2:</i>	panjang <i>plate</i> : 9,417 ft
	Lebar <i>plate</i> : 8 ft
	Tebal <i>shell</i> : 0,194 in
Tinggi <i>head</i> tangka	6,013 ft
Tebal <i>head</i> tangka	0,522 in

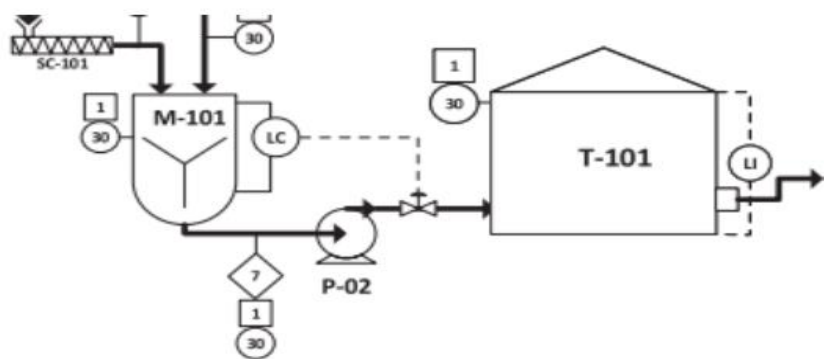
2. Pompa

Kode : P-02

Fungsi : Mengalirkan larutan NaOH dari mixer (M-101) menuju ke tangki penyimpanan larutan NaOH (T-101).

Tujuan :

- A. Menentukan Tipe Pompa
- B. Menentukan Bahan Konstruksi Pompa
- C. Menentukan Kapasitas Pompa
- D. Menentukan Power Pompa



Gambar C.2 Pompa

A. Menentukan Tipe Ekstraktor

Tipe pompa yang dipilih dalam design ini adalah pompa sentrifugal, dengan pertimbangan dari Peters and Timmerhaus (1991), hal 521:

- Konstruksi yang mudah dan harganya relatif murah.
- Tidak memerlukan area yang luas dan mudah perawatannya.
- Biaya perawatan yang rendah jika dibandingkan dengan tipe pompa yang lain.
- Tidak ada valve yang terlibat di saat pompa beroperasi.

(Peters and Timmerhaus, 1991)

B. Menentukan Bahan Konstruksi Pompa

Dalam perancangan digunakan bahan Stainless Steel SA 240 Grade 304. Berkaitan dengan pemilihan bahan konstruksi ini, berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- Material yang pada umumnya digunakan sebagai konstruksi pompa.
- Tahan terhadap korosi.
- Dapat di las dengan proses yang sering dilakukan.
- Harganya relatif lebih murah.

(Sandmeyer Steel Company, 2014)

C. Menentukan Kapasitas Pompa

$$\text{Densitas} = A \times B^{-(1 - T/T_c)^n}$$

Tabel C.3 Densitas Campuran NaOH 5%

Tabulasi Perhitungan Densitas NaOH								
Komponen	Ai	Bi	Tci (K)	ni	ρi	Xi	xi*ρi (gr/cm3)	T (K)
NaOH	0,200	0,098	2.820,000	0,254	1,909	0,98	1,871	303
H2O	0,347	0,274	647,130	0,286	1,023	0,02	0,020	303
Total					2,932	1	1,892	

$$\rho \text{ campuran} = 1,892 \text{ g/cm}^3 = 118,087 \text{ lb/ft}^3$$

• Menentukan Kapasitas Pompa

$$\begin{aligned} \text{Laju alir NaOH 98\% dan air dari mixer} &= 41,365 \text{ kg/jam} \\ &= 91,195 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Volumetrik} &= \frac{\text{Kecepatan aliran}}{\text{Densitas}} \\ &= 0,772 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,00021 \text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 0,022 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 5,777 \text{ gal/min} \end{aligned}$$

Dengan faktor keamanan 10% maka laju alir umpan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan volumetric (Qf)} &= 110\% \times Q_f \\ &= 0,849 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,00024 \text{ ft}^3/\text{s} \\ &= 0,024 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 6,355 \text{ gal/min} \end{aligned}$$

• Menentukan Inside Diameter Optimum

Menurut persamaan 11-45 (Peters & Timmerhaus, 4th edition, 1991) diameter optimal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Di_{opt} = 3,0 \times (Qf)^{0,36} \times (\mu c)^{0,18}$$

Dimana:

Di opt = Diameter optimal

Qf = Kecepatan volumetric (ft³ /s)

μ_c = Viskositas campuran (cp)

Di opt = 0,185 in

= 0,015 ft

Berdasarkan spesifikasi pipa oleh Kern (1965) Tabel 11, hal. 844, didapatkan:

D nominal = 0,333 in = 0,028ft

OD = 0,405 in = 0,034 ft

ID = 0,269 in = 0,022 ft

Cross sect. Area = 0,058 in² = 0,000403 ft²

Menghitung Kecepatan Linear Fluida

Dihitung dengan persamaan:

$$v = \frac{qf}{A} = \frac{0,000024}{0,000403} = 0,586 \text{ ft/s}$$

- Menghitung Viskositas Campuran Fluida pada Saat Masuk Pompa

Tabel C.4 Viskositas Campuran NaOH

Tabulasi Perhitungan Densitas NaOH								
Komponen	A	B	C	D	μ	xi	xi. μ (cP)	T (K)
NaOH	-4,194	2.051,500	0,003	-0,0000006	3,468	0,982	3,406	298
H2O	-10,216	1.792,500	0,018	-0,0000126	1,083	0,018	0,019	298
Total					4,550	1,000	3,425	

- Menentukan Bilangan Reynolds

$$N_{Re} = \frac{ID \times v \times \rho}{\mu}$$

Dimana:

NRe : Bilangan Reynolds

ID : Diameter dalam

v : Kecepatan linear fluida

ρ : Densitas campuran

μ : Viskositas campuran

$$N_{Re} = \frac{0,022 \times 0,586 \times 118,087}{0,002} = 673,754$$

Didapatkan nilai $NRe < 2.100$, maka termasuk aliran laminar (Coulson 4th edition, 2005).

- **Menentukan Faktor Friksi**

Berdasarkan Appendix C–1 Foust (1980), untuk stainless steel dengan:

ID = 0,27 in

Didapatkan harga relative roughness sebesar:

$\epsilon / D = 0,007$

Berdasarkan Appendix C–1 Foust (1980), untuk $NRe = 41.258$, diperoleh harga friction factor (f), sebesar:

$f = 0,035$

- **Menghitung Panjang Ekuivalen**

Berdasarkan Appendix C–2c hingga C–2d (Foust, 1980), maka diperoleh data sebagai berikut:

Tabel C.5 Jumlah Kebutuhan Fitting dan Panjang Total pada Pompa

Komponen	Jumlah	L/D	Le total (ft)	Le total (m)
Pipa lurus horizontal	3		105	32,004
Pipa lurus vertical	2		25	7,620
Elbow 90 °C	3	30	10,35	3,155
Gate valve (1/4 closed)	1	13	1,49	0,454
Check valve	1	50	5,75	1,753
Sharp Edge Entrance ($K = 0,5$)	1	30	3,45	1,052
Sharp Edge Exit ($K = 1$)	1	60	6,89	2,100
Panjang Ekuivalen		183	157,93	48,137

- **Menentukan Total Friksi (Kehilangan Energi Akibat Gesekan)**

Persamaan D'Arcy menurut (Foust, 1980) yaitu:

$$\Sigma F = \frac{f \times v^2 \times \Sigma L}{2 \times gc \times D}$$

Dimana:

ΣF : Total friksi

f : Faktor friksi

v : Kecepatan linear fluida

ΣL : Panjang ekuivalen

g_c : Percepatan gravitasi

D : Diameter

$$\Sigma F = \frac{0,035 \times 0,586 \times 0,022}{2 \times 32,2 \times 0,1149} = 0,416 \text{ ft.lbf/lbm}$$

D. Menentukan Power Pompa

- Menentukan Tenaga Pompa

$$\frac{v_i^2}{2a \cdot g_c} + Z_i \frac{g}{g_c} - \frac{p_1}{\rho} - (Wf) = \frac{v_2^2}{2a \cdot g_c} + Z_2 \frac{g}{g_c} - \frac{p_2}{\rho} + \Sigma F$$
$$-W_f = \Delta Z \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a \cdot g_c} + \Sigma F$$

Dimana:

Δv : Beda kecepatan linear fluida (ft/jam)

a : Faktor koreksi terhadap tenaga kinetis (ft/jam²)

g_c : Percepatan gravitasi standa (32,2 ft.lbm/lbf.s²)

g : Percepatan gravitasi (32,2 ft/s²)

ρ : Densitas fluida (lb/cuft)

ΣF : Total friksi

ΔZ : Beda elevasi (ft)

ΔP : Beda tekanan (lbf/ft²)

W_f : Total head (ft.lbf/lbm)

- Menentukan Velocity Head

Karena diameter pipa yang digunakan sama maka kecepatan fluidanya sama, maka:

$$\Delta v^2 = 0$$

Sehingga,

$$\text{Velocity Head} = \frac{\Delta v^2}{2a \times g_c} = 0 \text{ lbf.ft/lbm}$$

V_1 merupakan kecepatan linear pada titik 1 yang berada pada pipa masuk menuju pompa, sedangkan V_2 merupakan kecepatan linear pada titik 2 yang berada pada ujung pipa menuju diluter, dimana pipa yang digunakan diasumsikan mempunyai diameter yang sama sehingga $\Delta v = 0$ ft/s.

- Menentukan Static Head

ΔZ merupakan selisih antara titik Z_2 dan Z_1 .

$$Z_1 = 0 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 6 + 8 + 4 = 18 \text{ ft}$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 18 - 0 = 18 \text{ ft}$$

Maka,

$$\Delta Z \times \frac{g}{g_c} = 18 \times \frac{32.2}{32.15} = 18,028 \text{ ft.lbf/lbm}$$

• Menghitung Pressure Head

$$P_1 = P_{\text{Operasi}} + P_{\text{Hidrostatik}}$$

$$P_{\text{Operasi}} = 1 \text{ atm}$$

$$= 1,013 \text{ bar}$$

$$= 2.116,22 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \rho \times \frac{g}{g_c} \times h$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 18 \times \frac{32.2}{32.15} \times 4 = 473,083 \text{ lb/ft.s}^2$$

$$P_1 = 2.116,22 + 473,083 = 2.589,30 \text{ lb/ft.s}^2$$

$$P_2 = P_{\text{Diluter}} = 1 \text{ atm}$$

$$= 2.116,22 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{2.569,12 - 2.116,22}{113,05} = 4,006 \text{ lbf.ft/lbm}$$

• Menghitung Tenaga Pompa Satuan Massa

$$-W_f = \Delta Z \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a \cdot g_c} + \Sigma F$$

$$-W_f = 22,450 \text{ lbf.ft/lbm}$$

Berdasarkan Peters and Timmerhause fig. 14-37 hal. 520 (1991) untuk kapasitas 6,355 gal/min, diperoleh harga efisiensi pompa sebesar 10%. Oleh karena itu, dapat

diketahui tenaga pompa adalah:

$$\text{Power pompa aktual} = -W_f \times Q_f \times \rho$$

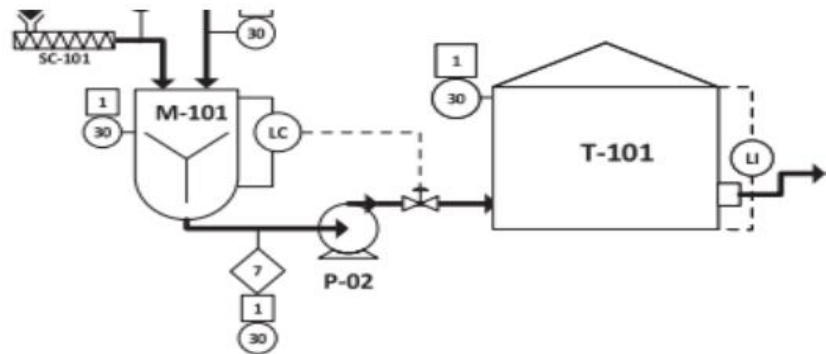
$$\text{Power pompa actual} = 0,626 \text{ HP}$$

Berdasarkan power pompa standar, maka digunakan pompa dengan power 0,626 HP, sehingga dalam Peters & Timmerhaus Gambar. 14-38 hal. 521 (1991) dapat diperoleh efisiensi motor sebesar 70%.

$$\text{Power pompa} = \frac{0,626}{70\%} = 0,894 \text{ HP}$$

Berdasarkan power motor standar, maka digunakan motor dengan power 1 HP.

Resume Spesifikasi Pompa



Gambar 3.2 Pompa NaOH Menuju ke Tangki Penyimpanan NaOH

Nama	Pompa
Kode	P-02
Fungsi	Mengalirkan NaOH dari mixer (M-101) menuju ke tangki penyimpanan NaOH (T-101)
Konstruksi Material	<i>Stainless Steel SA240 Grade 304</i>
Kondisi Operasi	30 °C, 1 atm
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	0,00024 ft ³ /s
Tenaga Pompa	22,450 lbf.ft/lb
Ukuran Pipa:	
a. Diameter Nominal	0,333 in
b. Sch	40
c. <i>Inside Diameter (ID)</i>	0,269 in
d. <i>Outside Diameter (OD)</i>	0,405 in
Power Pompa	1 HP
Power Motor	1 HP

3. Belt Conveyor

Kode : BC-101

Fungsi : Untuk mengangkut bahan baku rumput laut dari gudang penyimpanan (G-101) menuju ke vibrating washer (VW-101).

Tujuan : Menentukan Power Belt Conveyor



Gambar C. 3 Belt Conveyor

Jenis : Horizontal belt conveyor

Bahan konstruksi : Carbon steel

Kondisi Operasi :

Suhu : 30 °C

Tekanan : 1 atm = 14,7 psi

Jarak angkut : 15 m

Laju alir : 81,27 kg/jam = 0,023 kg/s

Perhitungan daya:

$$P = 0,0027 m^{0,82} L$$

Dimana:

m = laju alir (kg/s)

L = jarak angkut (m)

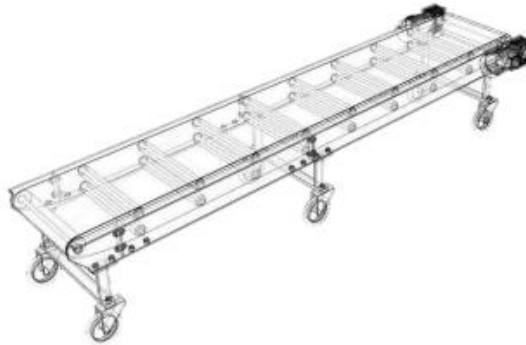
$$P = 0,0027 \times m^{0,82} \times L$$

$$= 0,0027 \times (0,023)^{0,82} \times 15$$

$$= 0,014 \text{ kW} \approx 0,019 \text{ HP.}$$

Sehingga, digunakan daya standar sebesar 0,019 HP.

Resume Spesifikasi *Belt Conveyor*



Gambar 3.3 *Belt Conveyor*

Nama	<i>Belt Conveyor</i>
Kode	BC-101
Fungsi	Untuk mengangkut bahan baku rumput laut dari Gudang penyimpanan (G-101) menuju <i>vibrating washer</i> (VW-101)
Konstruksi Material	<i>Carbon Steel</i>
Kondisi Operasi	30 °C, 1 atm
Jenis	<i>Horizontal belt conveyor</i>
<i>Power</i>	0,019 HP

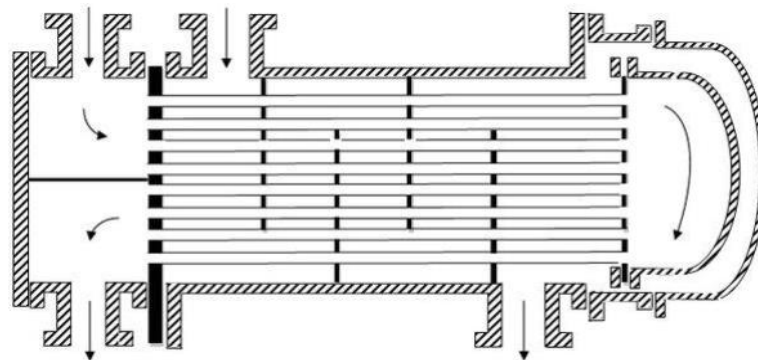
4. Heat Exchanger

Kode : HE-201

Fungsi : Menurunkan suhu filtrat k-carrageenan sebelum masuk ke dalam tangki penjedalan (T-302).

Tujuan :

- A. Menentukan Luas Perpindahan Panas Heat Exchanger
- B. Menentukan Tipe dan Bahan Konstruksi Heat Exchanger
- C. Menentukan Spesifikasi Heat Exchanger



Gambar C. 4 Shell and Tube Heat Exchanger

Data-data:

- Fluida panas = k-carrageenan
 - Suhu masuk HE = $60\text{ }^{\circ}\text{C} = 140\text{ oF}$
 - Suhu keluar HE = $30\text{ }^{\circ}\text{C} = 86\text{ oF}$
 - Laju alir fluida panas = $806,872\text{ kg/jam} = 1.779,152\text{ lb/jam}$
 - Pressure drop larutan max = 10 psia
- Fluida dingin = cooling water
 - Suhu masuk HE = $15\text{ }^{\circ}\text{C} = 59\text{ oF}$
 - Suhu keluar HE = $40\text{ }^{\circ}\text{C} = 104\text{ oF}$
 - Laju alir fluida dingin = $11.199,943\text{ kg/jam} = 24.695,874\text{ lb/jam}$
 - Pressure drop larutan max = 10 psia
- Beban panas = $1.375.922,162\text{ kJ/jam}$
= $1.304.122,416\text{ Btu/jam}$

A. Menentukan Luas Perpindahan Panas Heat Exchanger

- Menghitung harga LMTD

Tabel C. 6 Harga LMTD

<i>Hot Fluid (F)</i>	<i>Cold Fluid (F)</i>	ΔT
140 <i>High Temperature</i>	104	36
86 <i>Low Temperature</i>	59	27

$$LMTD = \frac{27 - 36}{2,3 \log \frac{27}{36}} = 31.320$$

- Penentuan koefisien overall design (UD)

Berdasarkan Kern, Tabel 8, hal. 840 (1988) untuk heavy organics ($\mu > 1\text{cp}$) sebagai fluida panas dan air sebagai fluida dingin, harga UD berada diantara 5 – 75 Btu/jam.oF.ft².

Maka dipilih UD = 70 Btu/jam.oF.ft²

- Penentuan Luas Perpindahan Panas

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}} = \frac{1.304.122,416 \text{ BTU/jam}}{70 \times 31,320 \text{ F}} = 594,844 \text{ ft}^2$$

B. Menentukan Tipe dan Bahan Konstruksi Heat Exchanger

Didapatkan nilai A = 594,844 ft² (A > 200 ft²), maka digunakanlah jenis heatexchanger shell and tube (Kern, 1988) dan bengan bahan konstruksi Stainless Steel SA 240 Grade 304. Digunakan pipa dengan diameter luar (OD) 3/4 in, 1 in triangular pitch:

Tabel C. 7 Tube Spesifikasi

Tube spesifikasi	Nilai
L	20 ft
Tube OD	3/4 in
BWG	16 in
C'	0,25 in
a"	0,196 ft ²

$$Nt = \frac{A}{L \times a''} = \frac{594,844}{20 \times 0,1963} = 151,514$$

Pada Tabel 9 Kern, 1950 dengan nilai Nt = 151, digunakan 1 tube passes, sehingga didapatkan data untuk shell:

Tabel C. 8 Shell Spesifikasi

Shell spesifikasi	Nilai
ID shell	15 ¹ / ₄ in
Pitch	1 in
Pass	1

Koreksi koefisien UD:

$$A_{\text{koreksi}} = N_t \times L \times a'' = 151 \times 20 \text{ ft} \times 0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft} = 592,826 \text{ ft}^2$$

$$N_t = \frac{Q}{A_{\text{koreksi}} \times LMTD} = \frac{1.304.122,416}{592,826 \times 31,320} = 70,237 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \text{ ft}^2\text{°F}$$

Mencari minimum baffle of space dengan persamaan 11.4 dalam kern, 1988):

Tabel C.9 Data Pipa

Shell side		Tube side	
ID (in)	15 1/4 in	Number and L	151 and 20 ft
baffle space	1,875 in	OD	3/4 in
Pass	1	BWG	16 in
		Passes (n)	1

Fluida panas : shell, k-carrageenan

(1) Menghitung flow area (Aa)

$$\begin{aligned} \text{ID} &= 3,750 \text{ in} \\ \text{Baffle space} &= 1,875 \text{ in} \\ \text{Pt} &= 1 \text{ in} \\ \text{C}' = \text{Pt} - \text{OD} &= 0,250 \text{ in} \\ A_0 &= \frac{1}{144} \left(\pi \frac{\text{ID}^2}{4} - N_t \pi x \frac{\text{OD}^2}{4} \right) \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{1}{144} \left(\pi \frac{10^2}{4} - 151 \pi x \frac{0,25^2}{4} \right) \text{ ft}^2 \\ A_0 &= 0,404 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_o &= \frac{4 \times a}{N_t \times \pi \times \text{OD}/12} \\ D_o &= \frac{4 \times 0,404}{151 \times 3,14 \times \frac{0,75}{12}} \\ D_o &= 0,055 \text{ ft} \end{aligned}$$

2) Menghitung mass velocity (Ga)

$$\begin{aligned} G_a &= \frac{W}{a_a} = \frac{1.779,152}{0,404} \\ G_a &= \frac{W}{a_a} = 4.400,873 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \cdot \text{ft}^2 \end{aligned}$$

3) Menghitung Reynolds number (Rea)

pada T = 113 OF

Viskositas = 1,832 cP = 4,432 lb ft. hr

$$Re_a = \frac{D_e G_a}{\mu}$$

$$Re_a = \frac{0,055 \times 4.400,873}{4,432}$$

$$Re_a = 54,155$$

4) Menghitung faktor heat transfer JH

Berdasarkan Fig. 28 (Kern, 1988)

didapatkan harga JH untuk bilangan

54,155 adalah JH = 4.

5) Menentukan $\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3}$

$$c = 0,971 \text{ BTU/lb}\cdot\text{oF}$$

$$k = 0,341 \text{ BTU/hr.ft}^2\cdot\text{oF}$$

$$\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,971 \times 4,432}{0,341}\right)^{1/3}$$

6) Menentukan h_o

$$h_o = j_H \frac{k}{D_e} \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

$$h_o = 4 \times \frac{0,341}{0,051} \times 2,327 \times 1$$

$$h_o = 59,714 \text{ BTU hr. ft}^2\cdot\text{oF}$$

Fludia dingin: Tube side, air pendingin

1) Menghitung flow area (aa)

$$a_t = \frac{Nt a' t}{144 n} = \frac{151 \times 0,1963}{144 \times 1} = 0,206 \text{ ft}^2$$

$$D_e = 0,620 \text{ in} = 0,0516 \text{ ft}$$

2) Menghitung mass velocity (Gt)

$$G_t = \frac{W}{a_p}$$

$$G_t = \frac{24.695,874 \text{ lb/jam}}{0,206 \text{ ft}^2}$$

$$G_t = 119.974,695 \text{ lb/hr.ft}^2$$

3) Menghitung Reynolds number

(Rep)

$$\text{Pada } T = 81,5 \text{ oF, } \mu = 1,464 \text{ cP}$$

7) Menentukan t_w

$$t_w = t_c \frac{\frac{h_{io}}{\phi_s}}{\frac{h_o}{\phi_s} + \frac{h_{io}}{\phi_t}} (T_c - t_c)$$

$$t_w = 81,5 \frac{148,830}{59,714 + 148,30} (113 - 81,5)$$

$$= 4.848,155$$

8) Menghitung Clean overall

coefficient (U_c):

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{148,30 \times 59,714}{148,30 + 59,714} =$$

$$42,616 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} \text{ ft}^2\cdot\text{oF}$$

9) Menghitung R_D

$$R_D = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = \frac{42,843 - 70}{42,843 \times 70} = 0,009$$

$$\mu = 0,579 \text{ cP} \times 2,42 = 1,4 \text{ lb/ft.hr}$$

$$Re_p = \frac{D G_p}{\mu}$$

$$Re_p = \frac{0,256 \times 2.183.231,746}{1,4}$$

$$Re_p = 4.227,550$$

Berdasarkan Fig. 24 (Kern, 1988)

didapatkan harga JH untuk

bilangan

Reynolds 4.227,550 adalah JH =

19.

4) Menentukan $\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3}$

$$c = 0,601 \text{ BTU/lb}\cdot\text{oF}$$

$$k = 0,364 \text{ BTU/hr.ft}^2\cdot\text{oF}$$

$$\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,601 \times 1,464}{0,364}\right)^{1/3}$$

$$= 1,342$$

5) Menentukan condensation of water (hi)

$$h_i = j_H \frac{k}{D_e} \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3}$$

$$h_i = 19 \frac{0,364}{0,051} \times 1,342 \times 1$$

$$h_i = 180,036 \text{ BTU hr. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

6) Menentukan hi terkoreksi berdasarkan

OD

$$h_{io} = h_i \times \frac{ID}{OD}$$

$$h_{io} = 180,036 \times \frac{0,62}{0,75}$$

$$h_{io} = 148,830 \text{ BTU/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Menentukan Pressure Drop

(a) Untuk Re = 54,155

$$f = 0,009 \text{ (Fig. 29, Kern)}$$

(b) Menghitung Number of cross,

$$N + 1 = 12 \times \frac{L}{B}$$

$$= 120$$

$$ID = 10 \text{ In} = 0,8333 \text{ ft}$$

(c) Menghitung pressure drop

$$\Delta P_a = \frac{f G_a^2 ID (N + 1)}{5,22 \times 10^{10} D_c s} =$$

$$\Delta P_a = 0,006 \text{ psi } 10^{10}$$

$$\text{Allowable } \Delta P_a = 10 \text{ psi}$$

(a) Untuk Re = 4.227,550

$$f = 0,003 \text{ (Fig. 24, Kern)}$$

$$\rho = 1.036,665 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 64,717 \text{ lb/ft}^3$$

(b) Menghitung ΔP_t

$$\Delta P_t = \frac{f G_t^2 L n}{5,22 \times 10^2 D_e' \phi t}$$

$$= \frac{0,003 \times 119,974,695 \times 21 \times 1}{5,22 \times 10^{10} \times 0,516 \times 1}$$

$$\Delta P_t = 0,267 \text{ psi}$$

$$G_t = 119.974,695 \text{ lb/hr.ft}^2$$

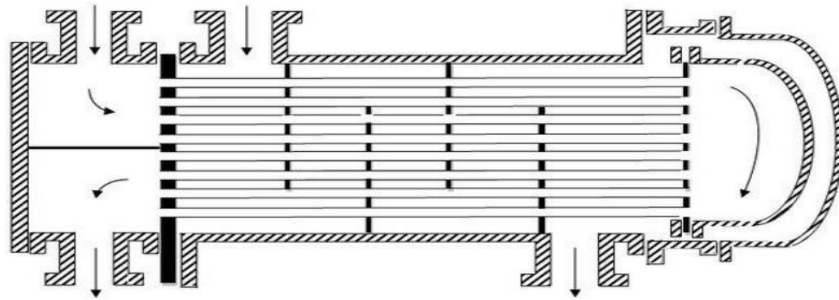
$$\frac{v^2}{g} = 0,002 \text{ (Fig. 27, Kern)}$$

$$\Delta P_r = \frac{4 \times n}{s} \frac{v^2}{2 g} = \frac{4 \times 1}{1} \times 0,002 =$$

$$0,008 \text{ psi}$$

ΔP untuk shell and tube harus <10 psi, sehingga cooler layak untuk di rancang dalam perancangan alat perpindahan panas.

Resume Spesifikasi *Heat Exchanger*



Gambar 3.4 *Shell and Tube Heat Exchanger*

Nama	<i>Heat Exchanger</i>	
Kode	HE-201	
Fungsi	Menurunkan suhu filtrat <i>k-carrageenan</i> sebelum masuk kedalam tangki penjedalan (T-302)	
Konstruksi Material	<i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>	
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
<i>Clean Overall Coeficient</i>	$U_c = 24,701 \text{ Btu/hr ft}^2\text{°F}$	
<i>Design Overall Coeficient</i>	$U_D = 70 \text{ Btu/hr ft}^2\text{°F}$	
Spesifikasi:		
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>
3,750 in	ID	0,620 in
0,854 ft ²	<i>Flow area</i>	0,435 ft ²
0,002 psi	ΔP Perhitungan	0,747 psi
10 psi	ΔP maks yang diizinkan	10 psi

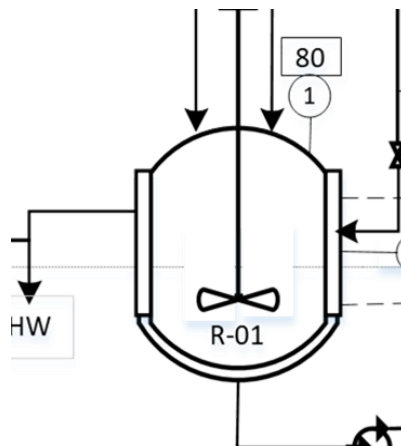
5. Ekstraktor

Kode : EK-201

Fungsi : Tempat ekstraksi k-carrageenan dari rumput laut

Tujuan :

- A. Menentukan Tipe Ekstraktor
- B. Menentukan Bahan Konstruksi Ekstraktor
- C. Menghitung Dimensi Ekstraktor
- D. Perancangan Pengaduk
- E. Perancangan Jaket Pemanas



Gambar C.5 Ekstraktor

A. Menentukan Tipe Ekstraktor

Dalam perancangan ini digunakan ekstraktor tangki berpengaduk dilengkapi dengan jaket pemanas, melalui pertimbangan:

- Reaksi yang berlangsung merupakan fasa padat-cair
- Reaksi berjalan secara batch
- Dengan tangki berpengaduk distribusi konsentrasi dan suhu lebih merata
- Proses isothermal

B. Menentukan Bahan Konstruksi Ekstraktor

Digunakan bahan konstruksi yang terbuat dari Stainless Steel SA 240 Grade 304 dengan pertimbangan sebagai berikut:

- NaOH merupakan basa kuat, dan ketika berada pada suhu tinggi dapat menimbulkan korosi.
- Mempunyai allowable stress yang cukup tinggi, yaitu 9.700 psia

C. Menghitung Dimensi Ekstraktor

Kondisi operasi:

Suhu : 60 °C

Tekanan : 1 atm = 14,7 psi

Konversi : 37%

Jenis reaksi : Endotermis

Waktu tinggal : 3 jam

- Menghitung Volume Masuk Ekstraktor

Laju alir massa masuk ekstraktor = 893,871 kg/jam

Massa rumput laut = 81,27 kg/jam

Massa H₂O = 771,966 kg/jam

Massa NaOH = 40,635 kg/jam

ρ_{RL} = 1053 kg/m³

$\rho_{H_2O, 60\text{ }^{\circ}\text{C}}$ = 994,960 kg/m³

$\rho_{NaOH, 60\text{ }^{\circ}\text{C}}$ = 1.896,244 kg/m³

X_{RL} = $\frac{81,27}{893,871} = 0,091$

$X_{H_2O, 60\text{ }^{\circ}\text{C}}$ = $\frac{771,966}{893,871} = 0,864$

$X_{NaOH, 60\text{ }^{\circ}\text{C}}$ = $\frac{40,635}{893,871} = 0,045$

$$\rho_{Campuran} = \frac{m_{RL} + m_{H_2O} + m_{NaOH}}{\left(\frac{81,27}{0,091} + \left(\frac{771,966}{0,864} + \left(\frac{40,635}{0,045} \right) \right) \right)} = 1022,169 \frac{kg}{m^3} = 63,812 \frac{lb}{cuft}$$

Laju volumetric :

$$V = 0,874 \frac{m^3}{jam} \times 3 jam = 2,623 \frac{m^3}{batch}$$

- Menghitung Volume Tangki

Ekstraktor di desain cylindrical shape dengan torispherical head dan bottom

Vtangki = Vtutup atas + Vtutup bawah + Vshell

Perbandingan diameter dan tinggi shell = D : Hs = 1 : 1

Faktor kelonggaran : 10%

Vtangki : 2,623 m³/batch x 110% = 2,886 m³

Dari persamaan 5.11 Brownell and Young hal. 188, volume head torispherical adalah:

Vtutup atas : 0,000049 D³

Vtutup bawah : $0,000049 D^3$

$$V_{shell} = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot H_s}{4}$$

Substitusi H_s menjadi D

$$V_{shell} = 0,785 \times D^3$$

Sehingga

$$V_{tangkai} = V_{tutup atas} + V_{tutup bawah} + V_{shell}$$

$$2,886 = 0,000049 D^3 + 0,000049 D^3 + 0,785 D^3$$

$$D = 1,543 \text{ m} = 60,749 \text{ in}$$

$$H_s = 1,543 \text{ m}$$

- Menghitung Tinggi Cairan Dalam Tangki

$$V_{cairan} = V_{tutup bawah} + \text{Volume dalam silinder}$$

$$66.384 = 0,000049 + \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H_{cairan}}{4}$$

$$66.384 = 0,000049 + \frac{3,14 \cdot 1,543^2 \cdot H_{cairan}}{4}$$

$$H_{cairan} = 1,544 \text{ m} = 60,782 \text{ in}$$

- Menghitung Tekanan Desain

$$P_{operasi} = P_{reaksi} + P_{hidrostatik}$$

$$P_{operasi} = 1 \text{ atm} + \left(\rho \frac{g}{g_c} H_{cairan} \right)$$

$$P_{operasi} = 14,696 \text{ psia} + \left(0,002 \frac{\text{lb}}{\text{in}^3} \times 1 \times 60,782 \text{ in} \right)$$

$$P_{operasi} = 16,941 \text{ psia}$$

Untuk alasan keselamatan, maka desain ekstraktor mempunyai tekanan 10% lebih besar dari tekanan perhitungan.

$$P_{operasi} = 110\% \times 16,941 \text{ psia} \quad P_{design} = 18,635 \text{ psia}$$

- Menghitung tebal shell

Memilih material Carbon Steel SA 240 Grade 304 dengan spesifikasi :

$$\text{Max. allowable stress (f)} = 9.700 \text{ psia}$$

$$\text{Welding efficiency (E)} = 0,8 \text{ Double-welded}$$

$$\text{butt joint Corrosion factor (C)} = 0,125$$

$$\text{Radius} = 3,837 \text{ m} = 151,063 \text{ in}$$

(Peters and Timmerhaus, 1991)

Tebal shell dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Brownell, 13-1, hal 254:

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6P} + C$$

Dimana:

t_s = shell thickness (in)

P = design pressure (psia)

r_i = radius (in)

f = maximum allowable stress (psia) E = welding efficiency

C = corrosion factor (in)

$$t_s = \frac{18,635 \times 151,063}{(9,700 \times 0,8) - (0,6 \times 18,365)} + 0,125$$

$$t_s = 0,488 \text{ in}$$

Berdasarkan Brownell and Young Tabel 5.7, ketebalan minimum shell adalah 5/8 in. Maka, standart tebal shell yang dipilih adalah 5/8 in.

- Menghitung Dimensi Head Ekstraktor

Dalam perancangan ini dipilih torispherical flanged dan dished head.

$$OD = ID + (2 \times \text{tebal shell})$$

$$OD = 60,749 + (2 \times 0,488)$$

$$OD = 61,726 \text{ in} = 5,144 \text{ ft}$$

Untuk $OD = 61,726 \text{ in}$, berdasarkan Tabel 5.7 hal. 91, Brownell and Young:

$$OD \text{ standar} = 173,111 \text{ in}$$

$$\text{Tebal shell} = 5/8 \text{ in}$$

$$icr = 11 \text{ in}$$

$$r = 170 \text{ in}$$

$$w = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{icr}{r}} \right) = w = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{11}{170}} \right) = 0,814$$

Untuk menghitung tebal head ekstraktor, persamaan 7.77 dari Brownell and Young hal 138:

$$\text{Tebal head (th)} = \frac{P \times w \times r}{(2 \times f \times E) - (0,2 \times P)} + C$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal head (th)} &= \frac{18,635 \times 0,814 \times 170}{(2 \times 9.700 \times 0,8) - (0,2 \times 18,635)} + 0,125 \\ &= 0,291 \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung Tinggi Ekstraktor

Dari Tabel 5.6, Brownell hal 88 untuk $th = 0,291 \text{ in}$, didapatkan:

$$sf = 2 \text{ in.}$$

$$icr = 0,563 \text{ in}$$

$$a = \frac{1}{2} ID = 30,375 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 29,812 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 169,438 \text{ in}$$

Nilai b dapat dihitung dengan persamaan di halaman 87 Brownell and Young:

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{169,438^2 - 29,812^2} = 166,794 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 170 - 166,794 = 3,206 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi head} = th + b + sf$$

$$= 0,291 + 3,206 + 2$$

$$= 5,497 \text{ in} = 0,458 \text{ ft} = 0,140 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi vessel} = \text{tinggi cylinder} + (2 \times \text{tinggi head})$$

$$= 151,063 + (2 \times 5,497)$$

$$= 162,057 \text{ in} = 4,116 \text{ m}$$

D. Perancangan Pengaduk

Viskositas campuran:

Tabel C.10 Viskositas campuran di ekstraktor

Komponen	Laju Alir (kg/jam)	Fraksi massa (x)	Viskositas (cp)	$\mu \cdot x$ (cp)
Rumput laut	81,27	0,091	31,72	2,884
H ₂ O	771,966	0,864	1967,133	1698,858
NaOH	40,635	0,045	312,5	14,205
Total	893,871	1		

Berdasarkan Gambar. 10.57 (Brown), dengan volume fluida = 66,384 m³ dan viskositas = 1.715,947 cp (1,153 lb/ft.s), Marine propeller dengan 3 blade dipilih karena memiliki efisiensi pencampuran yang tinggi dengan viskositas fluida yang rendah.

Berdasarkan Power Consumption of Agitation Table dari Brown (1978) hal 507, data yang diketahui adalah:

$$Dt/Di = 3$$

$$Zi/Di = 0,75-1,3 = 1,1 \text{ dipilih}$$

$$Zl/Di = 2,7-3,9 = 2,7 \text{ dipilih}$$

$$W/Di = 0,1$$

Dimana:

Dt = Diameter tangki

Di = Diameter Agitator

Zi = Jarak pengaduk dengan dasar tangki

Zl = Tinggi fluida

W = Lebar baffle

Perhitungan:

$$Dt = 1,543 \text{ m} = 5,062 \text{ ft}$$

$$Di = Dt/3 = 0,514 \text{ m} = 1,687 \text{ ft}$$

$$W = (W/Di) \times Di = 0,051 \text{ m} = 0,169 \text{ ft}$$

Jarak pengaduk dari dasar tangki = Zi; Zi/Di yang diizinkan 0,75 sampai 1,3 diambil harga 1,1 sehingga:

$$Zi = 1,1 \times 0,514 = 0,586 \text{ m}$$

Tinggi cairan = Zl; (Zl/Di yang diizinkan 2,7 sampai 3,9) sehingga diperoleh:

$$\text{Tinggi cairan min.} = 1,389 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan maks.} = 2,006 \text{ m}$$

- **Kecepatan Pengaduk**

$$\frac{WELH}{2 \times Di} = \left(\frac{\pi \times Di \times N}{600} \right)^2$$

(Rase, 1977)

Dimana:

WELH = Water Equivalent Liquid Height

Di = Diameter agitator (ft)

N = Kecepatan putar pengaduk (rpm)

$$WELH = \frac{H_L \times \rho_{campuran}}{\rho_{air}} = \frac{2,006 \times 63,812}{60,600} = 2,112 \text{ m} = 6,930 \text{ ft}$$

Maka:

$$N = \frac{600}{\pi \times Di} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times Di}} = \frac{600}{3,14 \times 1,687^2} \sqrt{\frac{6,930}{2 \times 1,687}} = 162,179 \text{ rpm}$$

Faktor keselamatan = 10%

$$N_{design} = 10\% \times 162,179 \text{ rpm} = 178,397 \text{ rpm}$$

- **Agitator Power**

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

(Brown, 1978)

Dimana:

D_i = Diameter impeller = 1,687 ft

N = Kecepatan pengaduk = 2,973 rps

ρ = Density campuran = 63,812 lb/ft³

μ = Viskositas campuran = 1,153 lb/ft.s

$$N_{Re} = \frac{2,973 \times 1,687^2 \times 63,812}{1,153} = 468,554$$

Dari Geankoplis (1993), Gambar 3,4-4, hal 145, diperoleh:

$N_p = 1$

$g_c = 32,2$

Power dari agitator ekstraktor dapat dihitung dengan persamaan:

$$P = \frac{N_p \times N^3 \times D_i^5 \times \rho}{g_c} = \frac{1 \times 2,973^3 \times 1,687^5 \times 63,812}{32,2} = 712,758 \text{ lbf. } \frac{ft}{s}$$

$$\text{Power} = 712,758 \text{ lbf. } \frac{ft}{s} = 1,296 \text{ HP}$$

Tenaga motor penggerak pengaduk dengan efisiensi motor = 80%, maka

power motor minimal adalah:

$$\text{Power} = 80\% \times 1,296 \text{ HP} = 1,037 \text{ HP}$$

Sehingga agitator power sebesar 2 HP

E. Perancangan Jaket Pemanas

Fungsi : Sebagai jaket pemanas untuk menjaga kestabilan suhu

Jenis : Jaket Vessel

Media : Steam

Fluida Panas (°F)	Fluida Dingin (°F)
140	113
140	86

- **Menghitung Luas Perpindahan Panas (A)**

$$Q_{\text{campuran}} = 1593419822,458 \text{ kJ/jam} = 1510270395,863 \text{ BTU/jam}$$

Dari kern harga UD untuk heater steam dan aqueous solution adalah 250 Btu/jam.ft².°F

Kecepatan aliran pemanas:

$$A_{dibutuhkan} = \frac{Q}{U_D \times LMTD} = \frac{1510270395,863}{250 \times 39} = 155.087.358 \text{ ft}^2$$

- **Menghitung Tebal Jaket Pemanas**

$$Q_m = \frac{m}{\rho_{air}} = \frac{606809,026 \text{ kg/jam}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 606,809 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Volume jaket yang dibutuhkan:

$$V_j = Q_m \times \text{Waktu tinggal} = 606,809 \times 3 \text{ jam} = 1.820,427 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi jaket pemanas} &= 10\% \text{ lebih tinggi dari tinggi cairan dalam ekstraktor} \\ &= 10\% \times 5,065 \text{ ft} \\ &= 0,507 \text{ ft} = 0,154 \text{ m} \end{aligned}$$

Diameter jaket pemanas (Dj)

$$V_j = \frac{1}{4} \times \pi \times Dj^2 \times H_j$$

$$Dj = \sqrt{\frac{1/4 \times 3,14 \times 0,154}{1.820,427}} = 0,008 \text{ m} = 0,027 \text{ ft}$$

Sehingga, tebal jaket pemanas:

$$t_j = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0,6P} + C$$

(Brownell and Young, 1959)

Dimana:

P = Tekanan operasi = 16,941 psia

r_i = Jari-jari jaket (in)

f = Allowable stress = 9.700 psia

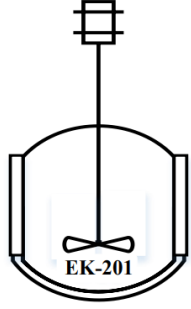
E = Efisiensi pengelasan = 0,8

C = Faktor korosi = 0,125

$$r_i = \frac{Dj}{2} = \frac{0,008}{2} = 0,004 \text{ m}$$

$$r_i = \frac{16,941 \times 0,004}{(9.700 \times 0,8) - (0,6 \times 16,914)} + 0,125 = 0,125 \text{ m}$$

Sehingga tebal jaket pemanas yang digunakan adalah 0,125 m.

Resume Spesifikasi Ekstraktor	
	
Gambar 3.5 Ekstraktor	
Nama	Ektstraktor
Kode	EK-201
Fungsi	Tempat ekstraksi <i>k-carrageenan</i> dari rumput laut
Konstruksi Material	<i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>
Kondisi Operasi	60°C, 1 atm
Jenis	CSTR
Spesifikasi Tangki:	
f. Diameter	3,837 m
g. Tinggi Ekstraktor	3.837 m
h. Tinggi Tutup Ekstraktor	0,133 m
i. Tinggi Total Ekstraktor	4,103 m
j. Tekanan Design	18,514 psia
Spesifikasi Pengaduk:	
e. Jenis	<i>Marine propeller dengan 3 blade</i>
f. Lebar <i>Baffle</i>	0,161 ft
g. Kecepatan Pengaduk	187,521 rpm
h. Power Pengaduk	1,466 HP
Spesifikasi Jaket Pemanas	
e. Luas Perpindahan	457098,562 ft ²
f. Tinggi Jaket	0,147 m
g. Diameter Jaket	0,0051 m
h. Tebal Jaket	0,125 m

6. Filter Press

Kode : FP-301

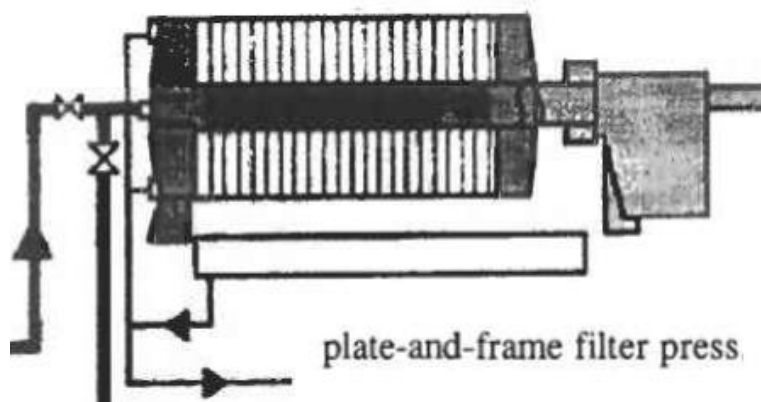
Fungsi : Memisahkan k-carrageenan dari filtrat

Tipe : Plate and Frame Filter Press

Tujuan :

A. Menghitung Jumlah Plate

B. Menghitung Power Filter Press



Gambar C.6 Plate and Frame Filter Press

A. Menghitung Jumlah Plate

Kondisi operasi:

Suhu : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Laju umpan : 1.613,644 kg/jam

- Filtrat

Laju filtrat, $F_f = 1.281,099$ kg/jam

Densitas filtrat, ρ_f

Tabel C. 11 Densitas filtrat

Komponen	Laju Alir (kg/jam)	Fraksi massa (x)	ρ (kg/m ³)
H ₂ O	1372,944	0,975	994,960
NaOH	34,987	0,025	1896,244

Total	1407,932	1
-------	----------	---

$$\rho_{\text{filtrat}} = \frac{1}{\frac{0,978}{994,960} + \frac{0,027}{1,896,244}} = 1.007,783 \text{ kg/m}^3$$

- Cake

Laju cake, $F_c = 332,546 \text{ kg/jam}$

Densitas cake, ρ_c

Tabel C. 12 Densitas cake

Komponen	Laju Alir (kg/jam)	Fraksi massa (x)	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$
H ₂ O	343,236	0,930	994,960
Na ₂ SO ₄	0,004	0,00001	2472,900
k-carrageenan	24,752	0,067	999,760
KCL	0,897	0,002	2015,655
Total	368,889	1	

$$\rho_{\text{cake}} = \frac{1}{\frac{0,930}{994,960} + \frac{0,00001}{2472,900} + \frac{0,067}{999,760} + \frac{0,002}{2015,655}} = 996,514 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume cake, } V_c = \frac{F_c}{\rho_c} = \frac{368,889}{996,514} = 0,370 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Luas Penyaringan Efektif (A)

$$w = \frac{\text{Laju Alir massa cake}}{\text{laju alir umpan}} = \frac{368,889}{1794,046} = 0,206$$

Waktu proses, t_p direncanakan selama 1 jam

Luas permukaan plate direncanakan = 0,3 m²

$$L \times A (1 - e)\rho_c = (V_f + e \times L \times A)\rho_f \left(\frac{w}{1-w}\right)$$

(Brown dkk., 1951)

Dimana:

A = Luas efektif penyaringan

L = Tebal cake pada frame = diasumsikan, L = 4 cm = 0,04 m

ρ_c = Densitas cake (kg/m³)

W = Fraksi massa cake dalam umpan

ρ_f = Densitas filtrat (kg/m³)

ε = Porositas cake = 0,325 (Brown dkk., 1951)

$$0,04A (1 - 0,325)\rho_c = (V_f + e \times L \times A)\rho_f\left(\frac{w}{1-w}\right)$$

$$0,04A (1 - 0,325)\rho_c = (1,145 + 0,325 \times 1006,825 \times A)\rho_f\left(\frac{0,206}{1-0,206}\right)$$

$$A = 35,013 \text{ m}^2$$

Faktor keamanan (fk) = 10%, sehingga luas plate = (1 + fk) A

$$= (1+10\%) 35,013 \text{ m}^2$$

$$= 38,515 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah plate yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Luas plate}}{\text{luas permukaan plate}} \\ &= \frac{38,515}{0,3} = 128,383 = 129 \text{ plate} \end{aligned}$$

Spesifikasi membran filter press yang akan digunakan sebagai berikut:

Tipe = Membrane filter press

Filter material = Polypropylene

Pressure = Hydraulic pressure

Filtration area = 1000 m²

Jumlah plate = 141

Tebal cake = 40 mm

Filter Chamber volume = 19.651 L

Dimensi (LxWxH) = 18.530 x 3.000 x 2.500 mm

Feeding pressure = >0,8 Mpa

(Shanghai Dazhang Filtration Equipment Co.,Ltd)

Berdasarkan spesifikasi tersebut, maka jumlah filter press yang dibutuhkan sebanyak 1 filter press.

B. Menghitung Power Filter Press

Power filter press dihitung menggunakan tenaga hidraulik dari pompa.

- Menentukan Kapasitas Pompa

$$\text{Densitas umpan} = 1.038,674 \text{ kg/m}^3 = 64,842 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viskositas umpan} = 0,209 \text{ lb/ft.s}$$

$$Q_f = \frac{\text{laju alir}}{\text{Densitas}} = \frac{1,099}{64,784} = 0,017 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Faktor keselamatan pompa 10%, maka Qf menjadi:

$$Q_f = 110\% \times 0,015 = 0,017 \text{ ft}^3/\text{s}$$

- Menentukan Diameter Optimum

Asumsi aliran laminar, sehingga diameter optimum didapatkan melalui persamaan:

$$D_{i,opt} = 3Qf^{0,36} \mu c^{0,18}$$

(Peters and Timmerhaus, 1991)

Dimana:

$D_{i,opt}$ = Diameter optimum dalam pipa (in)

Q = Laju alir fluida (ft³/s)

ρ = Densitas fluida (lb/ft³)

μ = Viskositas fluida (cp)

$$D_{i,opt} = 3 \times 0,019^{0,36} \times 312,0096^{0,18} = 2,012 \text{ in} = 0,168 \text{ ft}$$

Spesifikasi pipa standar dari Kern (1965):

Nominal pipe size = 2 in

OD = 2,38 in = 0,198 ft

ID = 2,067 in = 0,172 ft

Flow area per pipe = 3,35 in² = 0,023 ft²

Schedule = 40

- Menentukan Friction Factor Pipa (f)

$$V = \frac{Qf}{A} = \frac{0,019}{0,023} = 0,82 \text{ ft/s}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\mu} = \frac{64,784 \times 0,172 \times 0,802}{0,210} = 42,668$$

Asumsi aliran laminar benar karena aliran laminar N_{Re} nya < 2.100.

$$f = \frac{64}{N_{Re}} = \frac{64}{42,668} = 1500$$

- Menentukan Energi Yang Hilang Pada Friksi

Panjang ekuivalen sistem perpipaan pada filter press di asumsi $L_e = 50$.

$$\Sigma F = \frac{f \cdot V^2 \cdot \Sigma L_e}{2 \cdot D_i \cdot g_c} = \frac{1,5 \times (0,802 \frac{\text{ft}}{\text{s}})^2 \cdot 50}{2 \times 0,168 \text{ ft} \cdot 32,2 \frac{\text{lbmft}}{\text{lbf s}^2}} = 4,467 \text{ lbf/lbm}$$

Dimana:

f = Friction factor

v = Kecepatan linear fluida

g_c = Faktor konversi = 32,2

D_i = Diameter dalam pipa

- Menentukan Potential Head

$Z_1 = 1 \text{ ft}$

$$Z_2 = 10 \text{ ft}$$

$$\Delta Z \frac{g}{g_c} = (Z_2 - Z_1) \cdot \frac{g}{g_c}$$

$$\Delta Z \frac{g}{g_c} = (10 - 1) \cdot \frac{32}{32}$$

$$\Delta Z \frac{g}{g_c} = 9 \text{ ft} \cdot \frac{\text{lbf}}{\text{lbm}}$$

- Menentukan Head Velocity

V_1 = Kecepatan linear fluida di titik 1

V_2 = Kecepatan linear fluida di titik 2

Karena kecepatan linier fluida di titik 1 dan 2 relatif sama, maka menghasilkan

$$\Delta V = 0.$$

$$Velocity \text{ head} = \frac{\Delta V^2}{2\alpha \cdot g_c} = 0$$

- Menentukan Head Pressure

$$Head \text{ pressure} = \frac{\Delta P}{\rho}$$

Dimana:

P_1 = Tekanan fluida sebelum masuk filter press = 1 atm = 2.116,23 lbf/ft²

P_2 = Tekanan fluida saat proses filter press = 5 atm = 10.581,08 lbf/ft²

$$Head \text{ pressure} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{10.581,08 - 2.116,23}{1037,735} = 8,157$$

- Menentukan Power Pompa Filter Press

Power pompa per satuan massa ($-W_f$)

$$-W_f = \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \cdot g_c} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Sigma F$$

$$-W_f = 9 \text{ ft} \frac{\text{lbf}}{\text{lbm}} + 0 + 8,157 + 4,467 \frac{\text{lbf}}{\text{lbm}} = 21,624 \text{ lbf/lbm}$$

Pompa BHP

Kapasitas pompa = 0,017 ft³/s = 7,630 gal/min.

Berdasarkan Gambar 14-37, (Peters and Timmerhaus, 1991), pompa dengan 25,67 gal/min mempunyai efisiensi sebesar 28%.

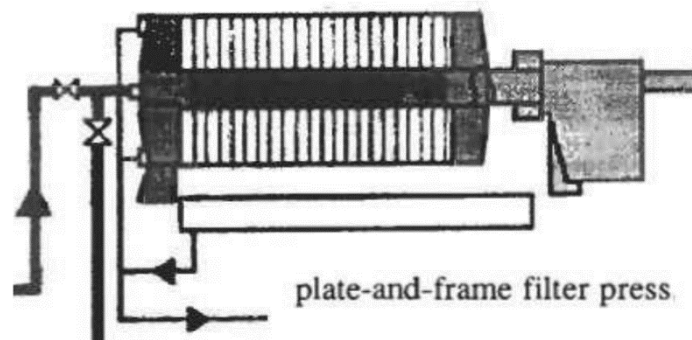
$$BHP = \frac{Q_f \cdot \rho \cdot (-W_f)}{550 \cdot \eta} = 7,611 \text{ HP}$$

Berdasarkan Gambar 14-38, (Peters and Timmerhaus, 1991), pompa dengan 7,611 HP mempunyai efisiensi sebesar 28%.

$$P_{\text{motor}} = \frac{P_{\text{actual}}}{\eta_m} = \frac{7,611 \text{ HP}}{86\%} = 8,850 \text{ HP}$$

Sehingga digunakan tenaga motor standar sebesar 8,850 HP.

Resume Spesifikasi *Filter Press*



Gambar 3.3 *Plate and Frame Filter Press*

Nama	<i>Filter Press</i>
Kode	FP-301
Fungsi	Memisahkan <i>k-carrageenan</i> dari filtrat
Konstruksi Material	Polypropylene
Kondisi Operasi	30° C, 1 atm
Jenis	<i>Plate and Frame Filter Press</i>
<i>Filtration Area</i>	900 m ²
Tebal <i>Cake</i>	40
<i>Chamber Volume</i>	5,11 m ³
Dimensi (L x W x H)	18530 x 3000 x 2500 mm
<i>Power</i>	8,850 HP

6. Rotary Dryer

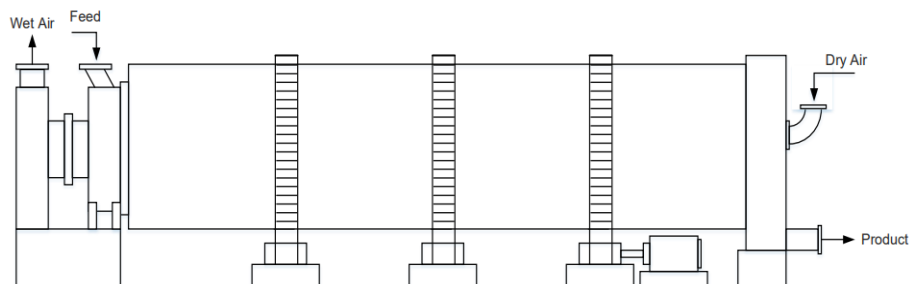
Kode : RD-301

Fungsi : Mengurangi kadar air dalam RC

Tipe : *Direct Contact Counter Current Flow Rotary Dryer*

Tujuan :

- E. Menentukan Dimensi *Rotary Dryer*
- F. Menentukan Waktu Tinggal
- G. Menentukan *Slope Dryer*
- H. Menentukan *Overall Heat Transfer* Massa
- I. Menentukan *Power Rotary Dryer*



Gambar C.7 Rotary Dryer

A. Menentukan Dimensi *Rotary Dryer*

Dalam perancangan ini dipilih tipe *dryer* yaitu *Direct Contact Counter Current Flow Rotary Dryer*, melalui pertimbangan berikut:

- Termasuk tipe *dryer* yang memiliki kapasitas besar atau lebih dari 1000 kg/jam.
- Menghasilkan efisiensi transfer panas yang lebih besar dan material yang dikeringkan tidak *heat-sensitive*.

B. Menentukan Bahan Konstruksi *Rotary Dryer*

Digunakan bahan konstruksi yang terbuat dari *Carbon Steel SA-285 Grade C*, melalui pertimbangan berikut:

- Mampu mengolah material solid hingga temperatur 450 °C.
- Material tidak korosif.
- Ekonomis apabila dibandingkan dengan *Stainless Steel*.

C. Menghitung Dimensi *Rotary Dryer*

Kondisi operasi:

Suhu umpan masuk : 30°C

Suhu umpan keluar : 60°C

Suhu udara pengering masuk: 80°C

Suhu udara pengering keluar : 90°C

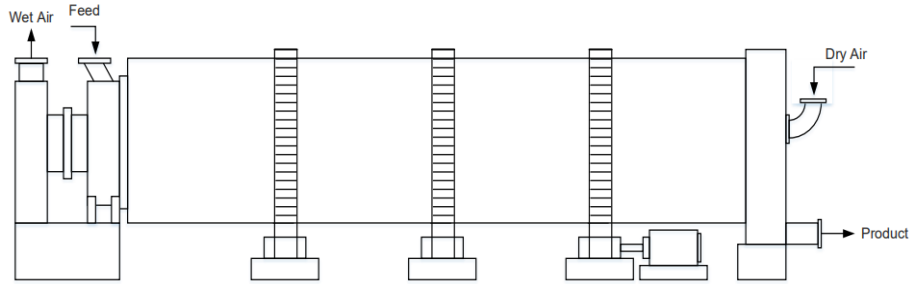
Tekanan : 1 atm = 14,7 psi

Laju alir umpan masuk : 332,546 kg/jam

Laju alir umpan keluar : 32,461 kg/jam

Laju alir udara pengering masuk : 450.414,487 kg/jam

Resume Spesifikasi *Rotary Dryer*



Gambar 3.3 *Rotary Dryer*

Nama	<i>Rotary Dryrer</i>
Kode	RD-301
Fungsi	Mengurangi kadar air dalam RC
Konstruksi Material	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>
Kondisi Operasi	80°C, 1 atm
Jenis	<i>Direct Contact Counter Current Flow Rotary Dryer</i>
Diameter RD	11,331 ft
Volume RD	71,417 ft ³
Panjang RD	11,331 ft
Tebal Dinding RD	0,089 in
Jumlah Putaran	8,989 rpm
<i>Power RD</i>	4,012 HP
<i>Overall heat transfer coefficient</i>	28,102 BTU/lb.ft ² .F
Jumlah <i>flight</i>	2 buah
<i>Slope RD</i>	0,016 ft/ft $\approx$ 5 derajat
<i>Time of Passage</i>	3,289 menit

LAMPIRAN D

ANALISA EKONOMI

Kapasitas Produksi	: 6.000 ton/tahun	
Satu tahun operasi	: 330 hari	
Rencana pendirian	: 2028	
Kurs mata uang	: Rp 15.367,15/ USD	(Bank Indonesia, Agustus 2023)

Berdasarkan Peters and Timmerhaus (1991), untuk menunjang faktor-faktor tersebut di atas perlu diadakan penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

D.1. Perhitungan Biaya Produksi (*Production Cost*)

D.1.1. Modal Investasi (*Capital Investment*) meliputi:

D.1.1.1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

D.1.1.2. Modal Kerja (*Working Capital*)

D.1.2. Biaya Pabrik (*Manufacturing Cost*) meliputi:

D.1.2.1. Biaya Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

D.1.2.2. Biaya Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)

D.1.2.3. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

D.1.3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*) meliputi:

D.1.3.1. Administrasi

D.1.3.2. Penjualan (*Sales*)

D.1.3.3. Riset (*Research*)

D.1.3.4. Keuangan (*Finance*)

D.2. Analisa Kelayakan (*Fit and Proper Test*)

D.2.1. Keuntungan/Profit

D.2.2. Percent Profit on Sales (% POS)

D.2.3. Return of investment (ROI)

D.2.4. Pay Out Time (POT)

D.2.5. Break Event Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP)

D.2.6. Internal Rate of Return (IRR)

D.1. Perhitungan Biaya Produksi (*Production Cost*)

D.1.1. Modal Investasi (*Capital Investment*)

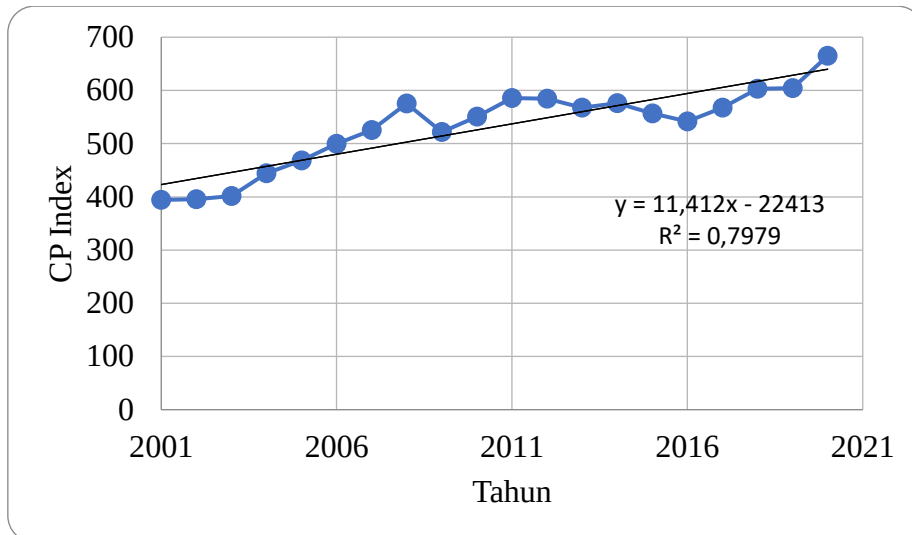
Harga alat tiap tahun mengalami perubahan sesuai dengan kondisi perekonomian yang ada. Untuk memperkirakan harga alat diperlukan indeks yang dapat digunakan untuk mengkonversikan harga pada masa lalu agar dapat diperoleh

harga di masa mendatang. Harga indeks tahun 2024 dicari dengan *persamaan least square*, dengan menggunakan data indeks dari tahun 2001 sampai 2020. Untuk tujuan tersebut digunakan data indeks sebagai berikut:

Tabel D. 1. Indeks CEP Tahun 2001 sampai dengan 2020

Tahun (X)	Indeks (Y)
2001	394,3
2002	395,6
2003	401,7
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	604,5
2020	664,96

(Chemical Engineering Magazine, 2023)



Gambar D. 1. Hubungan Tahun dengan Indeks

Dari data di atas didapat grafik linear sebagai

$$Y = 11,412X - 22413$$

Dalam hubungan ini:

X = tahun

Nilai indeks tahun 2024 dapat dicari dengan cara berikut:

$$\begin{aligned} Y &= mX + C \\ &= 11,412X - 22413 \\ &= 11,412 (2024) - 22413 \end{aligned}$$

$$Y = 673,5$$

Harga alat pada tahun 2024 dapat dicari dengan

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

(Aries & Newton, 1955 hal.16)

Dalam hubungan ini :

Ex = harga alat pada tahun 2024

Ey = harga alat pada tahun y

Nx = indeks tahun 2024 = 673,5

Ny = indeks tahun y

➤ Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi = 6.000 ton/tahun,

Satu tahun = 330 hari

Tahun pendirian pabrik = 2024

Harga rumput laut = Rp 20.000/kg (www.agromarket.com)

Harga NaOH	= Rp 20.000/kg	(PT. Swadaya Dinamika Mandiri)
Harga KCl	= Rp 24.200/kg	(PT. Naraya Cahaya Mentari)
Harga jual RC	= USD 10,06/kg	(www.alibaba.com)
Kurs jual	= Rp 15.708,15/USD	(kurs BI, Agustus 2023)
Kurs beli	= Rp 15.551,85/USD	(kurs BI, Agustus 2023)
UMK Sumenep	= Rp 1.978.927,22	(kemnaker, 2022)

Tabel D. 2. Harga Pembelian Alat (PEC)

Alat	Jumlah	Harga 2014 (USD)	Harga 2023 (USD)	Harga total (USD)	Ket
Tangki NaOH	1	\$ 52.500	\$ 61.373,88	\$ 61.373,88	I
Belt conveyor	3	\$ 52.500	\$ 61.373,88	\$ 61.373,88	I
Vibrating Washer	1	\$ 8.800	\$ 10.287,43	\$ 10.287,43	I
Pompa	8	\$ 86.400	\$ 101.003,86	\$ 101.003,86	-
Mixer	2	\$ 79.800	\$ 93.288,29	\$ 93.288,29	-
Heat exchanger	2	\$ -	\$ -	\$ -	-
Crusher	1	\$ 55.000	\$ 64.296,44	\$ 64.296,44	I
Bucket Elevator	2	\$ 27.000	\$ 31.563,71	\$ 31.563,71	I
Ekstraktor	1	\$ 332.700	\$ 388.935,02	\$ 388.935,02	I
Filter Screen	1	\$ 25.700	\$ 30.043,97	\$ 30.043,97	I
Tangki Penjedalan	1	\$ 21.300	\$ 24.900,26	\$ 24.900,26	-
Screw Conveyor	4	\$ 44.800	\$ 52.372,37	\$ 52.372,37	I
Plate & Frame Filter Press	1	\$ 115.700	\$ 135.256,33	\$ 135.256,33	I
Rotary Dryer	1	\$ 162.600	\$ 190.083,66	\$ 190.083,66	-
Ball Mill	1	\$ 92.100	\$ 107.667,31	\$ 107.667,31	-
Screen	1	\$ 18.700	\$ 21.860,79	\$ 21.860,79	I
Bag filters	1	\$ 3.000	\$ 3.507,08	\$ 3.507,08	-
Jumlah				\$ 1.377.814,29	
Jumlah Rp				Rp 21.172.872.224,6	

Keterangan : I = Barang import

- = Barang lokal

(www.matche.com)

Total Equipment cost USD 1.377.814,29 yang terdiri dari barang import USD 857.363,82 dan barang lokal USD 520.450,47.

D.1.1.1. Fixed Capital Investment (FCI)

- *Purchased Equipment Cost (PEC)*

Tabel D. 3. Total *Purchased Equipment Cost*

<i>Purchased Equipment Cost</i>	Biaya (USD)
Harga alat (<i>Equipment Cost</i> , EC Lokal)	\$ 520.450,47
Harga Alat (<i>Equipment Cost</i> , EC Import)	\$ 857.363,82
Biaya pengangkutan sampai pelabuhan (15% EC Import)	\$ 128.604,57
Asuransi pengangkutan (1% EC Import)	\$ 8.573,64
EMKL (Ekspedisi Muatan Kapal Laut, (1% EC Import)	\$ 8.573,64
Biaya transportasi laut (15% EC Import)	\$ 128.604,57
Pengangkutan dari pelabuhan sampai lokasi pabrik (15% EC Import)	\$ 128.604,57
Provisi bank (0,5% EC Import)	\$ 4.286,82
Pajak bea masuk barang (20% EC Import)	\$ 171.472,76
Transportasi alat lokal (15% EC Lokal)	\$ 78.067,57
Asuransi pengangkutan (0,5% EC Lokal)	\$ 2.602,25
Provisi bank (0,2% EC Lokal)	\$ 1.040,90
Jumlah PEC (USD)	\$ 2.038.245,60

- ***Equipment Installation (EI)***

Equipment Installation cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan alat-alat proses dan biaya pemasangannya. Dari Aries & Newton (1955) hal. 77, diperoleh biaya instalasi besarnya 43% PEC, terdiri dari material 11% dan buruh 32%. Pemasangan alat menggunakan 100% tenaga Indonesia.

Tabel D. 4. Total Biaya Equipment Installation

Biaya Instalasi	USD
Material (11% PEC)	\$ 224.207,02
Buruh Lokal (32% PEC)	\$ 652.238,59
Total Biaya Instalasi	\$ 876.445,61

- ***Pemipaan (Piping Cost)***

Piping cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk sistem pemipaan dalam proses dan biaya pemasangannya. Dari tabel 17, Aries & Newton (1955) hal. 78, diperoleh bahwa untuk sistem pemipaan solid-fluid biaya pemipaan sebesar 36% PEC, terdiri dari material 21% PEC dan ongkos buruh 15% PEC (100% tenaga Indonesia).

Material = 21% x PEC
= 21% x USD 2.038.245,60
= USD 428.031,576

Buruh = 15% x PEC

$$= 15\% \times \text{USD } 2.038.245,60$$

$$= \text{USD } 305.736,84$$

Tabel D. 5. Total Biaya Pemipaan

Biaya Pemipaan		USD
Material (21% PEC)	\$	428.031,58
Buruh lokal (15% PEC)	\$	305.736,84
Total Biaya Pemipaan	\$	733.768,41

- **Instrumentasi**

Instrumentation Cost adalah biaya yang digunakan untuk melengkapi sistem proses dengan suatu pengendalian (control). Dari tabel 19, Aries & Newton (1955) hal. 97 diperoleh bahwa untuk extensive control besarnya biaya instrumentasi adalah 15% PEC terdiri dari material 12% PEC dan buruh 3% PEC.

Digunakan 100% tenaga Indonesia.

$$\begin{aligned} \text{Material} &= 12\% \times \text{PEC} \\ &= 12\% \times \text{USD } 2.038.245,60 \\ &= \text{USD } 244.589,47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buruh} &= 3\% \times \text{PEC} \\ &= 3\% \times \text{USD } 2.038.245,60 \\ &= \text{USD } 61.147,37 \end{aligned}$$

Tabel D. 6. Total Biaya Instrumentasi

Biaya Instrumentasi		USD
Material (12% PEC)	\$	244.589,47
Buruh Lokal (3% PEC)	\$	61.147,37
Total Biaya Instrumentasi	\$	305.736,84

(Aries & Newton, hal 97)

- **Insulasi**

Insulation Cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk sistem insulasi di dalam proses produksi. Dari tabel 21, Aries & newton (1955) hal. 98, diperoleh besarnya biaya isolasi adalah 8% PEC, terdiri dari material 3% PEC dan buruh 5% PEC. Dalam hal ini digunakan 100% tenaga kerja Indonesia.

$$\begin{aligned} \text{Material} &= 3\% \times \text{PEC} \\ &= 3\% \times \text{USD } 2.038.245,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{USD } 61.147,37 \\
 \text{Buruh} &= 5\% \times \text{PEC} \\
 &= 5\% \times \text{USD } 2.038.245,60 \\
 &= \text{USD } 101.912,28
 \end{aligned}$$

Tabel D. 7. Total Biaya Insulasi

Biaya Insulasi		USD
Material (3% PEC)	\$	61.147,37
Buruh (5% PEC)	\$	101.912,28
Total Biaya Insulasi	\$	163.059,65

(Aries & Newton, hal 98)l

- **Biaya Listrik (*Electrical Cost*)**

Electrical cost adalah biaya yang dipakai untuk pengadaan sarana pendukung dalam penyediaan atau pendistribusian tenaga listrik. Berdasarkan Tabel 26 Peters and Timmerhaus (1991) hal. 210, diperoleh bahwa besarnya biaya listrik adalah 10-80% PEC, pada pabrik ini diestimasikan biaya listrik sebesar 10% PEC, yang terdiri dari material 7% PEC dan labor 3% PEC. Dalam hal ini digunakan 100% tenaga kerja Indonesia.

$$\begin{aligned}
 \text{Material} &= 7\% \times \text{PEC} \\
 &= 7\% \times \text{USD } 2.038.245,60 \\
 &= \text{USD } 142.677,19 \\
 \text{Buruh} &= 3\% \times \text{PEC} \\
 &= 3\% \times \text{USD } 2.038.245,60 \\
 &= \text{USD } 61.147,37
 \end{aligned}$$

Tabel D. 8. Total Biaya Listrik

Biaya Listrik		USD
Material (7% PEC)	\$	142.677,19
Buruh (3% PEC) (100% wni)	\$	61.147,37
Total Biaya Listrik	\$	203.824,56

- **Bangunan**

Tabel D. 9. Perincian Luas Bangunan Pabrik

Nama Bangunan	Luas (m2)
Pos Keamanan	50
Gedung Kantor Utama	400
Kantin	100
Laboratorium	200
Unit Pemadam Kebakaran	400
Gudang	800
Bengkel	200
Control room	800
Masjid	100
Poliklinik	100
Aula	200
Jalan dan taman	1000
Unit Produksi	1500
Unit Utilitas	500
Unit Pengolahan Limbah	300
Power Station	200
Power Generator	200
Water Treatment Inlet	200
Area Parkir	1000
Kantor HSE	125
Total Bangunan (m2)	8375

Luas bangunan = 8.375 m²

Harga rata-rata bangunan = Rp 1.000.000 /m²

= USD 65,07 /m²

= Luas Bangunan x harga/m²

= 8.375 m² x USD 65,07/m²

Total harga bangunan = USD 544.999,02

- **Tanah**

Tabel D. 10. Perincian Luas Bangunan Pabrik

Fungsi Tanah	Luas (m²)
Pos Keamanan	125
Gedung Kantor Utama	500
Kantin	200
Laboratorium	400
Unit Pemadam Kebakaran	400
Gudang	1000
Bengkel	300
<i>Control Room</i>	800
Masjid	200
Poliklinik	200
Aula	300
Kantor HSE	200
Lapangan Parkir Karyawan	500
Lapangan Parkir Kendaraan Besar	500
Unit Proses	1500
Unit Utilitas	500
Unit Pengolahan Limbah	300
Jalan dan Taman	1000
<i>Power Station</i>	300
<i>Power Generator</i>	200
<i>Water Treatment Inlet</i>	200
Total Luas (m²)	9625

Luas tanah = 9.625 m²

Harga tanah = Rp 750.000,00/m²

= USD 48,81/m²

Biaya Tanah = Luas Tanah x harga/m²

= 9.625 m² x USD 48,81/m²

= USD 673.581,18

Daerah Perluasan Pabrik = 10% x PEC

$$= 10\% \times \text{USD } 2.038.245,60$$

$$= \text{USD } 203.824,56$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya tanah} &= \text{Biaya Tanah} + \text{Daerah Perluasan Pabrik} \\ &= \text{USD } 877.405,74 \end{aligned}$$

- **Utilitas**

Biaya utilitas adalah biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan unit-unit pendukung proses, antara lain air, listrik, dan udara tekan. Dari Tabel 31, Aries & Newton hal. 109 diperoleh bahwa biaya utilitas diperkirakan sebesar 40% untuk pemakaian rata-rata pabrik beroperasi normal (*average service*).

$$\begin{aligned} \text{Biaya utilitas} &= 40\% \times \text{PEC} \\ &= 40\% \times \text{USD } 2.038.245,60 \\ &= \text{USD } 815.298,24 \end{aligned}$$

- **Environmental**

Environmental cost adalah biaya yang digunakan untuk pemeliharaan lingkungan sekitar pabrik baik yang di dalam maupun di luar pabrik dan pembuatan IPAL. Biaya lingkungan diperkirakan sebesar 10-30% PEC (Peters & Timmerhauss, 1991). Dalam hal ini, biaya lingkungan ditetapkan sebesar 25% PEC.

$$\begin{aligned} \text{Biaya lingkungan} &= 25\% \times \text{PEC} \\ &= 25\% \times \text{USD } 2.038.245,60 \\ &= \text{USD } 509.561,40 \end{aligned}$$

Tabel D. 11. Total *Physical Plant Cost* (PPC)

Physical Plant Cost		USD
PEC	\$	2.038.245,60
Instalasi	\$	876.445,61
Pemipaan	\$	733.768,41
Instrumentasi	\$	305.736,84
Insulasi	\$	163.059,65
Listrik	\$	203.824,56
Bangunan	\$	544.999,02
Tanah	\$	673.581,18
Utilitas	\$	815.298,24
<i>Environmental</i>	\$	509.561,40
Total PPC	\$	6.864.520,51

- **Engineering and Construction**

Cost of Engineering and Construction adalah biaya untuk design engineering, field supervisor, temporary construction, dan inspection. Dari Tabel 4, Aries & Newton

(1955), hal. 4, untuk physical cost lebih dari USD 5.000.000 maka biaya *Engineering & Construction* sebesar 20% PPC.

$$\begin{aligned}\text{Engineering \& Construction} &= 20\% \times \text{PPC} \\ &= 20\% \times \text{USD } 6.864.520,51 \\ &= \text{USD } 1.372.904,10\end{aligned}$$

- **Direct plant Cost (DPC)**

$$\begin{aligned}\text{DPC} &= \text{PPC} + (\text{Engineering \& Construction}) \\ &= \text{USD } 1.372.904,10 + \text{USD } 6.864.520,51 \\ &= \text{USD } 8.237.424,61\end{aligned}$$

- **Contractor's Fee**

Contractor's fee adalah biaya yang dipakai untuk membayar kontraktor pembangun pabrik. Dari Tabel 4 Aries & Newton (1955), hal. 4, biaya *contractor's fee* diestimasi sebesar 4-10% DPC, diambil 5% DPC.

$$\begin{aligned}\text{Contractor's fee} &= 5\% \times \text{USD } 8.237.424,61 \\ &= \text{USD } 411.871,23\end{aligned}$$

- **Contingency**

Contingency adalah biaya kompensasi perubahan harga dan kesalahan estimasi Dari Tabel 5 Aries & Newton (1955), hal. 4, besarnya 10-25% DPC. Dalam hal ini ditetapkan 12%, karena pabrik *Refined Carrageenan* termasuk golongan pabrik dengan resiko rendah.

$$\begin{aligned}\text{Contingency} &= 12\% \times \text{USD } 8.237.424,61 \\ &= \text{USD } 988.490,95\end{aligned}$$

Tabel D. 12. Total Fixed Capital Investment (FCI)

<i>Fixed capital investment</i>		USD
<i>Direct plant cost</i>	\$	8.237.424,61
<i>Contractor's fee</i>	\$	411.871,23
<i>Contingency</i>	\$	988.490,95
Jumlah	\$	9.637.786,79

D.1.1.2. Working Capital Investment (WCI)

- **Raw Material Inventory (30 hari bahan baku)**

Kebutuhan

$$\checkmark \text{ Rumpun Laut Kering} = 1.226.425,750 \text{ kg/bulan}$$

- ✓ NaOH = 625.727,423 kg/bulan
- ✓ KCl = 131.022,379 kg/bulan

Tabel D. 13. Total Biaya Bahan Baku per Bulan

Bahan Baku	Harga/kg (\$)	Harga 1 Bulan (\$)
Rumput Laut Kering	\$ 1,301	\$ 1.596.181,10
NaOH	\$ 1,30	\$ 814.378,11
KCl	\$ 1,57	\$ 206.334,46
Total Raw Material Inventory	\$ 4,178	\$ 2.616.893,67

(Aries & Newton, hal 12)

- ***In process Inventory***

In process inventory adalah biaya yang harus ditanggung selama bahan sedang berada dalam proses. Besarnya diperkirakan 0,5 dari *Manufacturing cost* (Aries & Newton, 1955 hal. 12).

Waktu operasi = 3 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \frac{0,5 \times \text{waktu operasi} \times \text{TMC}}{330 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} \\
 &= \frac{0,5 \times \text{waktu operasi} \times \$ 40.187.500,46}{330 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} \\
 &= \$ 7.611,27
 \end{aligned}$$

- ***Product inventory***

Product Inventory adalah biaya yang diperlukan dalam penyimpanan produk sebelum produk tersebut ke pasaran. Besarnya diperkirakan setara dengan 1 bulan produksi untuk harga *manufacturing cost* (Aries & Newton, 1955, hal. 12).

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Product Inventory} &= \frac{30}{330} \times \text{TMC} \\
 &= \frac{30}{330} \times \$ 40.187.500,46 \\
 &= \text{USD } 3.653.409,13
 \end{aligned}$$

- ***Extended Credit***

Extended credit adalah persediaan uang yang digunakan untuk menutup penjualan barang yang belum dibayar. Besarnya diperkirakan setara dengan hasil penjualan selama 1 bulan produksi atau 2 kali biaya *manufacturing* dalam 1 bulan produksi (Aries & Newton, 1955 hal. 12).

Harga *Refined Carrageenan* = USD 10,06/kg

Harga residu rumput laut = USD 0.32/kg

Kapasitas Produksi RC	= 6.000 ton/tahun
Kapasitas residu rumput laut	= 418,977 ton/tahun
Penjualan Produk	= USD 60.494.072,55 /tahun
Distributor (20% Penjualan)	= USD 12.098.814,51
Pajak Penjualan (10% Penjualan)	= USD 6.049.407,255
Total Penjualan	= USD 42.345.850,78
Biaya <i>Extended Credit</i>	$= \frac{30}{330} \times \text{Penjualan}$
	$= \frac{30}{330} \times \text{USD } 42.345.850,78$
	= \$ 4.234.585,08

- **Available Cash**

Available Cash adalah persediaan uang yang digunakan untuk membayar buruh, jasa, dan material. Besarnya diperkirakan setara dengan hasil penjualan selama 1 bulan produksi *manufacturing cost* dalam 1 tahun produksi (Aries & Newton, 1955 hal. 13).

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Available Cash} &= \frac{30}{330} \times \text{TMC} \\
 &= \frac{30}{330} \times \$ 40.187.500,46 \\
 &= \$ 3.653.09,13
 \end{aligned}$$

Tabel D. 14. Total Working Capital Investment (WCI)

<i>Working capital</i>	Biaya (USD)
<i>Raw material inventory</i>	\$ 2.616.893,67
<i>In process inventory</i>	\$ 7.569,65
<i>Product inventory</i>	\$ 3.633.432,44
<i>Extended credit</i>	\$ 3.849.622,80
<i>Available cash</i>	\$ 3.633.432,44
Jumlah	\$ 13.740.951,00

- **Plant start Up**

Plant start up dapat diestimasikan sebesar 8-10% dari *Fixed Capital Investment* (Peters and Timmerhaus page 179). Dalam kasus ini diambil *Plant Start Up* sebesar 10% dari FCI.

$$\begin{aligned}
 \text{Plant Start Up} &= 10\% \times \text{USD } 9.637.786,79 \\
 &= \text{USD } 963.778,68
 \end{aligned}$$

- **Interest During Construction**

Biaya IDC 7% pertahun dari FCI selama masa pembangunan (2 tahun)

$$\text{IDC} = 7\% \times \text{FCI} \times 2$$

$$= 7\% \times \text{USD } 9.637.786,79 \times 2$$

$$= \text{USD } 1.349.290,15$$

Tabel D. 15. Total Capital Investment (TCI)

Total capital investment	Biaya (USD)
<i>Fixed capital investment</i>	\$ 9.637.786,79
<i>Working capital Invesment</i>	\$ 13.740.951,00
<i>Plant start up</i>	\$ 963.778,68
IDC	\$ 1.349.290,15
Jumlah	\$ 25.691.806,62

D.1.2. Manufacturing Cost

D.1.2.1. Direct Manufacturing Cost

Bahan Baku (untuk 1 tahun = 330 hari produksi)

Tabel D. 16. Total Harga Bahan Baku per Tahun

Bahan Baku	Harga/kg (\$)	Harga 1 Tahun (\$)
Rumput Laut Kering	\$ 1,301	\$ 19.154.173,23
NaOH	\$ 1,30	\$ 9.772.537,36
KCl	\$ 1,57	\$ 2.476.013,46
Total Biaya Bahan Baku	\$ 4,178	\$ 31.402.724,05

(Aries & Newton, hal 119)

$$\text{Asuransi (1\% Biaya Bahan Baku)} = 1\% \times \text{USD } 31.402.724,05$$

$$= \text{USD } 314.027,24$$

$$\text{Angkut (5\% Biaya Bahan Baku)} = 5\% \times \text{USD } 31.402.724,05$$

$$= \text{USD } 1.256.108,96$$

$$\text{Total Biaya Bahan Baku} = \text{Bahan Baku} + \text{Asuransi} + \text{Angkutan}$$

$$= \text{USD } 32.972.860,25$$

- **Labor Cost**

Tabel D. 17. Total Gaji Buruh per Tahun

Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Gaji /per tahun (Rp)
Karyawan produksi	64	Rp2.000.000,00	Rp 1.536.000.000

Karyawan HR & CSR	5	Rp2.000.000,00	Rp	120.000.000
Karyawan Keuangan	3	Rp2.000.000,00	Rp	72.000.000
Karyawan Pembelian & Pemasaran	5	Rp2.000.000,00	Rp	120.000.000
Karyawan Maintenance & Utility	16	Rp2.000.000,00	Rp	384.000.000
Karyawan HSE & Lab	20	Rp2.000.000,00	Rp	480.000.000
Total biaya tenaga kerja			Rp	2.712.000.000
USD			\$	176.482,07

- **Supervisi**

Tabel D. 18. Total Gaji Supervisi per Tahun

Jabatan	Jumlah (orang)	Gaji/per bulan (Rp)	Gaji/per tahun (Rp)
Supervisor	10	Rp 7.000.000,00	Rp 840.000.000,00
Total Biaya Tenaga Kerja			Rp 840.000.000,00
USD			\$ 54.662,59

- **Maintenance**

Maintenance cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan peralatan proses, besarnya 2-10% FCI. Dalam hal ini ditetapkan 3% FCI, karena peralatan yang digunakan pada pabrik *Refined Carrageenan* ini termasuk peralatan dalam sederhana (Aries & Newton, 1955 hal. 164).

$$\begin{aligned}
 \text{Maintenance Cost} &= 3\% \times \text{FCI} \\
 &= 3\% \times \text{USD } 9.637.786,79 \\
 &= \text{USD } 289.913,36
 \end{aligned}$$

- **Plant Supplies**

Plant supplies ditetapkan sebesar 10% dari *Maintenance Cost* per tahun, karena dianggap pabrik beroperasi pada kondisi normal. (Aries & Newton, 1955 hal. 168)

$$\begin{aligned}
 \text{Besarnya} &= 10\% \times \text{biaya maintenance} \\
 &= 10\% \times \text{USD } 289.133,60 \\
 &= \text{USD } 28.913,36
 \end{aligned}$$

- **Royalti dan Paten**

Royalti dan Paten = 1-5% harga penjualan produk

(Aries & Newton hal. 168)

Produk = *Refined Carrageenan* (RC)

Produk Samping = Residu rumput laut

Harga RC = USD 10,06/kg

Harga residu rumput laut = USD 0.32/kg

Produksi RC = 6.000 ton/tahun

Produksi residu rumput laut = 418,977 ton/tahun

Total Penjualan = USD 60.494.072,55

Royalti & Paten = 1% x Total Penjualan

= 1% x USD 42.345.850,78

= USD 604.940,73

- **Utilitas**

Utility cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk pengoperasian unit-unit pendukung proses seperti pengadaan air pemanas, pengolahan air, penyediaan listrik, dan udara tekan. Pengeluaran pada seksi utilitas dialokasikan untuk membeli listrik dari PLN, bea pengolahan air, dan bahan bakar ketel dan generator. Biasanya besarnya biaya utilitas adalah 35% dari nilai bangunan dan contingency.

(Aries & Newton, 1955 hal. 168)

Biaya utilitas = 35% x (USD 988.490,95 + USD 544.999,02)

= USD 536.721,49

Tabel D. 19. Total Direct Manufacturing Cost (DMC)

Total Direct Manufacturing Cost	Biaya (USD)
Bahan baku	\$ 32.972.860,25
Labor cost	\$ 71.842,26
Supervisi	\$ 54.662,59
Maintenance	\$ 289.133,60
Plant supplies	\$ 28.913,36
Royalti & Paten	\$ 604.940,73
Utilitas	\$ 536.721,49
Jumlah	\$ 34.559.074,28

D.1.2.2. *Indirect Manufacturing Cost*

- ***Payroll Overhead***

Payroll Overhead meliputi biaya untuk membayar pensiunan, liburan yang ditanggung pabrik, asuransi, cacat jasmani akibat kerja, dan THR, besarnya 15-20% dari *Labor Cost*. Dalam hal ini ditetapkan 20% dari *labor cost* & supervisi (Aries & Newton, 1955 hal. 173).

Besarnya 20% dari Total Labor Cost.

$$\begin{aligned}\text{Payroll Overhead} &= 20\% \times \text{USD } (176.482,07 + 54.662,59) \\ &= \text{USD } 46.228,93\end{aligned}$$

- ***Laboratorium***

Laboratory cost adalah biaya yang diperlukan untuk analisa laboratorium, besarnya 10-20% dari Labor Cost. Dalam hal ini ditetapkan 20% dari labor cost dan supervisi, karena *Refined Carrageenan* ini tergolong produk yang tidak membutuhkan banyak Analisa (Aries Newton, 1955 hal. 174).

$$\begin{aligned}\text{Laboratorium} &= 20\% \times (\text{labor cost} + \text{supervise cost}) \\ &= 20\% \times \text{USD } (176.482,07 + 54.662,59) \\ &= \text{USD } 23.114,47\end{aligned}$$

- ***Plant Overhead***

Plant Overhead cost adalah biaya yang diperlukan untuk service yang tidak langsung berhubungan dengan unit produksi yaitu pergudangan, biaya kesehatan, dan bonus produksi. Besarnya 50-100% dari *Labor Cost* dan *Supervise*. Dalam perkiraan ini ditetapkan 80% dari labor cost dan supervise, karena pabrik *Refined Carrageenan* ini tergolong pabrik yang sederhana (Aries & Newton, 1955, hal. 174).

$$\begin{aligned}\text{Plant Overhead} &= 80\% \times \text{USD } (176.482,07 + 54.662,59) \\ &= \text{USD } 184.915,73\end{aligned}$$

- ***Packaging Product and Shipping***

Biaya packaging dibutuhkan untuk membayar biaya pengepakan dan *container* produk, besarnya tergantung dari sifat-sifat dan kimia produk serta nilainya sedangkan *shipping* diperlukan untuk membayar ongkos pengangkutan barang produksi hingga sampai di tempat pembeli. Besarnya 4-36% harga penjualan produk. Biaya *packaging* ditetapkan besarnya 5% dari harga penjualan, sedangkan *shipping* sebesar 2,5% dari penjualan (Aries & Newton, 1955, hal. 174).

$$\begin{aligned}
 \text{Packaging} &= 5\% \times \text{harga penjualan pertahun} \\
 &= 5\% \times \text{USD } 60.494.072,55 \\
 &= \text{USD } 3.024.703,63
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Shipping} &= 2,5\% \times \text{harga penjualan pertahun} \\
 &= 2,5\% \times \text{USD } 60.494.072,55 \\
 &= \text{USD } 1.512.351,81
 \end{aligned}$$

Total biaya *Packaging & Shipping* = USD 4.537.055,44

Tabel D. 20. Total Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Total Indirect Manufacturing Cost	Biaya (USD)
<i>Payroll overhead</i>	\$ 25.300,97
Laboratorium	\$ 12.650,48
<i>Plant overhead</i>	\$ 101.203,88
<i>Packaging product and Shipping</i>	\$ 4.537.055,44
Jumlah	\$ 4.676.210,77

D.1.2.3. Fixed manufacturing Cost (FMC)

- **Depresiasi**

Depresiasi merupakan penurunan harga peralatan dan gedung karena pemakaian, besarnya 8-10% FCI (Aries & Newton, 1955, hal. 180). Ditetapkan 8% FCI, adapun rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Depresiasi} = \frac{p-s}{n}$$

$$P = \text{FCI}$$

$$\text{Nilai sisa (S)} = 8\% \text{ FCI}$$

$$\text{Umur pabrik (n)} = 10 \text{ tahun}$$

(Jenis chemical industry: peter, 1980)

$$\text{Depresiasi} = \frac{p-0,08 p}{n}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Depresiasi} &= \frac{\$ 9.637.786,79 - 0,08 \times 9.637.786,79}{20} \\
 &= \$ 443.338,19
 \end{aligned}$$

- **Property tax**

Property Taxes adalah pajak yang yang dibayar oleh perusahaan, besarnya 1-2% FCI. Ditetapkan 2% dari FCI.

(Aries & Newton, 1955 hal.181)

$$\begin{aligned}\text{Property tax} &= 2\% \times \text{USD } 9.637.786,79 \\ &= \text{USD } 192.755,74\end{aligned}$$

- **Asuransi**

Pihak perusahaan harus mengeluarkan uang untuk biaya asuransi pabriknya, besarnya 1% dari FCI (Aries & Newton, 1955, hal. 182).

$$\begin{aligned}\text{Asuransi} &= 1\% \times \text{USD } 9.637.786,79 \\ &= \text{USD } 96.377,87\end{aligned}$$

Tabel D. 21. Total Fixed Manufacturing Cost (FMC)

<i>Fixed manufacturing cost</i>	Biaya (USD)
Depresiasi	\$ 443.338,19
<i>Property tax</i>	\$ 192.755,74
Asuransi	\$ 96.377,87
Jumlah	\$ 732.471,80

Tabel D. 22. Total Manufacturing Cost (TMC)

<i>Manufacturing cost</i>	Biaya (USD)
<i>Direct manufacturing cost</i>	\$ 34.559.074,28
<i>Indirect manufacturing cost</i>	\$ 4.676.210,77
<i>Fixed manufacturing cost</i>	\$ 732.471,80
Jumlah	\$ 39.967.756,85

D.1.3. General Expenses

D.1.3.1. Administrasi

- **Management Salaries**

Tabel D.23. Total Management Salaries

Jabatan	Jumlah (orang)	Gaji/per bulan (Rp)	Gaji/per tahun (Rp)
Dewan Komisaris	2	20000000	Rp 480.000.000
Direktur	2	12000000	Rp 288.000.000
Manager	5	8000000	Rp 480.000.000
Staf Produksi & Staf Pemasaran	2	2000000	Rp 48.000.000
Sekretaris	1	2500000	Rp 30.000.000
Dokter	2	2500000	Rp 60.000.000
Security	2	2000000	Rp 48.000.000

Driver	2	2000000	Rp	48.000.000
Office Boy & cleaning service	3	2000000	Rp	72.000.000
Total				Rp 1.554.000.000
USD				\$ 101.125,79

- **Legal Fee and Auditing**

Legal Fee adalah biaya untuk dokumen-dokumen yang sah secara hukum, sedangkan *auditing* adalah biaya untuk membayar akuntan publik. Besarnya adalah 3% Penjualan.

Legal Fee and Auditing = 3% x Penjualan

= 3% x USD 60.494.072,55

= USD 1.814.822,18

(Peter & Timmerhaus hal. 211)

- **Office Tools and Communication**

Untuk peralatan kantor dan komunikasi disediakan sebesar Rp 20.000.000,00 setiap tahun.

Office Tools and Communication = Rp 20.000.000,00

= USD 1.301,49

(Peter & Timmerhaus hal. 211)

Tabel D. 24. Total Biaya Administrasi

Administrasi	USD
<i>Management salaries</i>	\$ 101.125,79
<i>Legal Fee and Auditing</i>	\$ 1.814.822,18
<i>Office Tools and Communication</i>	\$ 1.301,49
Total Biaya Administrasi	\$ 1.917.249,46

D.1.3.2. Sales expense

Besarnya *sales expense* bervariasi, tergantung pada tipe produk, distribusi, market, advertisement dan lain-lain. Secara umum besarnya diperkirakan 5-22% Total *Manufacturing Cost*. Dalam perancangan ini ditentukan 22% dari TMC, karena produk memerlukan promosi dan produk baru yang nantinya langsung dijual pada pabrik lain (Aries & Newton, 1955 hal. 186).

Sales expense = 22% x TMC

$$= 22\% \times \text{USD } 40.187.500,46$$

$$= \text{USD } 8.929.662,60$$

D.1.3.3. Research & development cost

Research and development cost adalah biaya yang diperlukan untuk peningkatan dan pengembangan produk ataupun jenisnya. Besarnya diperkirakan 4,8% harga penjualan karena *Refined Carrageenan* termasuk produk *Pharmaceuticals* (Aries & Newton, 1955 hal. 187).

$$\text{Research} = 4,8\% \times \text{harga penjualan}$$

$$= 4,8\% \times \text{USD } 60.494.072,55$$

$$= \text{USD } 2.903.715,48$$

D.1.3.4. Finance

Finance adalah pengeluaran untuk membayar bunga pinjaman modal. Besarnya *finance cost* sebesar 2-5% dari *Total Capital Investment*. Ditetapkan 4% (Aries & Newton, 1955 hal. 187).

$$\text{Total Finance Cost} = 4\% \times \text{Total Capital Investment}$$

$$= 4\% \times \text{USD } 25.731.801,62$$

$$= \text{USD } 1.029.272,06$$

Adapun untuk *Total General Expenses* dan jumlah total biaya produksi berturut-turut ditunjukkan pada Tabel D.25 dan D.26 berikut.

Tabel D. 25. Total General Expenses

General expenses	Biaya (USD)
<i>Administration</i>	\$ 1.917.249,46
<i>Sales expense</i>	\$ 8.880.835,57
<i>Research</i>	\$ 2.903.715,48
<i>Finance</i>	\$ 1.027.672,26
Jumlah	\$ 14.729.472,78

Tabel D. 26. Total Production Cost (TPC)

Total biaya produksi	Biaya (USD)
<i>Manufacturing cost</i>	\$ 39.967.756,85
<i>General expenses</i>	\$ 14.729.472,78
Jumlah	\$ 54.697.229,63

D.2. Analisa Kelayakan (*Fit and Proper Test*)

D.2.1. Keuntungan / Profit

Pendapatan per tahun dari harga jual = USD 60.494.072,55

Total production cost per tahun (PC) = USD 24.990.988,84

Keuntungan sebelum pajak (PBT) = Pendapatan – PC
= 60.494.072,55 – 54.697.229,63

Pajak pendapatan 25% dari keuntungan sebelum pajak (UU No. 36 Tahun 2008 Pasal 17 ayat 1(b) tentang Pajak Penghasilan badan usaha tetap).

Pajak Pendapatan = 25% x USD 5.526.672,49
= USD 1.381.668,12

Keuntungan sesudah pajak (PAT) = PBT – pajak
= 5.526.672,49 – 1.381.668,12
= USD 4.145.004,36

D.2.2. Percent Profit on Sales (% POS)

POS sebelum pajak = $\frac{\text{profit sebelum pajak}}{\text{harga jual produk}} \times 100 \%$

POS sebelum pajak = $\frac{5.526.672,49}{60.494.072,55} \times 100 \%$

POS sebelum pajak = 9,1 %

POS setelah pajak = $\frac{\text{profit sesudah pajak}}{\text{harga jual produk}} \times 100\%$

POS setelah pajak = $\frac{4.145.004,36}{60.494.072,55} \times 100 \%$

POS setelah pajak = 6,9 %

D.2.3. Percent Return on Investment (ROI)

ROI adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

Percent Return on Investment = $\frac{\text{profit}}{\text{fixed capital investment}} \times 100\%$

ROI sebelum pajak = $\frac{5.526.672,49}{9.637.786,79} \times 100\%$

ROI Sebelum pajak = 57,34 %

ROI setelah pajak = $\frac{4.145.004,36}{9.637.786,79}$

ROI setelah pajak = 43,01 %

(Aries & Newton, hal 193)

D.2.4. Pay Out Time (POT)

POT adalah waktu pengembalian modal (*depreciable capital investment*) yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang dilakukan akan kembali. Dengan wajib Pajak badan dalam negeri

dan bentuk usaha tetap adalah sebesar 25%. (Undang-undang republik Indonesia nomor 7 tahun 1983 tentang pajak penghasilan pasal 17 hal 62 pasal 1b).

Untuk menghitung *Pay-out time* atau *Payback Period* ini digunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{POT before taxes} &= \frac{\text{fixed capital investment}}{\text{Profit before taxes per tahun} + \text{depresiasi per tahun}} \\ &= \frac{\text{USD } 9.637.786,79}{5.526.672,49} \\ &= 1,61 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{POT after taxes} &= \frac{\text{fixed capital investment}}{\text{Profit after taxes per tahun} + \text{depresiasi per tahun}} \\ &= \frac{\text{USD } 9.637.786,79}{4.145.004,36 + 443.338,19} \\ &= 2,10 \text{ tahun} \end{aligned}$$

D.2.5. Break Event Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP)

D.2.5.1. Fixed Manufacturing Cost (Fa)

Tabel D. 27. Total Fixed Manufacturing Cost (Fa)

<i>Fixed manufacturing cost</i>	Biaya (USD)
Depresiasi	\$ 443.338,19
Property tax	\$ 192.755,74
Asuransi	\$ 96.377,87
Jumlah	\$ 732.471,80

D.2.5.2. Variable Cost (Va)

Tabel D. 28. Total Variable Cost (Va)

<i>Variable cost</i>	Biaya (USD)
Raw material	\$ 32.972.860,25
Utilitas	\$ 536.721,49
Royalti dan Paten	\$ 604.940,73
Packaging product and transport	\$ 4.537.055,44
Jumlah	\$ 38.651.577,91

D.2.5.3. Regulated Cost (Ra)

Tabel D. 29. Total Regulated Cost (Ra)

<i>Regulated cost</i>	Biaya (USD)
Labor cost	\$ 71.842,26

<i>Payroll overhead</i>	\$	25.300,97
<i>Supervise</i>	\$	54.662,59
<i>Laboratorium</i>	\$	12.650,48
<i>General expenses</i>	\$	14.729.472,78
<i>Maintenance</i>	\$	289.133,60
<i>Plant supplies</i>	\$	28.913,36
<i>Plant overhead</i>	\$	101.203,88
Jumlah	\$	15.313.179,92

D.2.5.4. Penjualan Produk (Sa)

Penjualan produk selama setahun = USD 60.494.072,55

✓ **Break Event Point (BEP)**

BEP adalah titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan tingkat berapa harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \\
 &= \frac{(732.471,80 + 0,3 (15.583.350,36))}{(60.494.072,55 - 38.651.577,91 - 0,7 (15.583.350,36))} \times 100\% \\
 &= 49,45\%
 \end{aligned}$$

✓ **Shut Down Point (SDP)**

SDP adalah suatu titik atau penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *regulated cost* yang terlalu tinggi, atau juga bisa karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).

$$\begin{aligned}
 \text{SDP} &= \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \\
 &= \frac{0,3(15.583.350,36)}{60.494.072,55 - 38.651.577,91 - 0,7 (15.583.350,36)} \times 100\% \\
 &= 42,76\%
 \end{aligned}$$

(Aries & Newton, hal 206)

Artinya pabrik ini mempunyai persentase kapasitas minimal SDP 41,30 % untuk dapat mencapai kapasitas produksi 6.000 ton/tahun. Apabila pabrik tidak mampu mencapai kapasitas minimal tersebut maka lebih baik berhenti beroperasi atau tutup karena lebih murah menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost* daripada harus terus memproduksi. Apabila nilai kapasitas produksi lebih besar dari SDP tetapi lebih kecil dari BEP, artinya

pabrik dalam keadaan rugi maka untuk mengatasi kerugian ini pabrik harus menutup kerugian itu dengan menggunakan dana *Fixed Cost* dengan cara:

- Depresiasi : Untuk sementara ditiadakan
- Pajak : Meminta pembebasan pajak pada Dirjen Pajak
- Asuransi : Meminta penghapusan premi asuransi

Ketiga dana pada *Fixed Cost* tersebut dialokasikan untuk menutup kerugian perusahaan.

D.2.6. Internal Rate of Return (IRR)

Fixed Capital Investment (FCI) = USD 9.637.786,79

Working Capital (WCI) = USD 13.780.946,00

Salvage Value (SV) = 8% x FCI
 = 8% x US\$ 9.637.786,79
 = USD 771.022,94

Profit After Tax = 4.145.004,36

Depresiasi = USD 443.338,19

Cash Flow (CF) = *Profit After Taxes* + Depresiasi
 = 4.145.004,36 + 443.338,19
 = USD 4.588.342,56

Umur pabrik (n) = 10 tahun

Internal Rate of return dalam hal ini IRR dihitung dengan trial harga IRR hingga diperoleh *net present value* (NPV) = 0, Present value dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P = \frac{F}{(1 + IRR)^n}$$

Dimana:

P = *present value*

F = nilai uang pada tahun n

n = tahun

Tabel D. 30 Nilai Cash Flow dan Present Value Sepanjang umur Pabrik

Tahun	<i>Cash Flow</i>		<i>Present Value</i>	
0			-\$23.378.737,79	
1	\$	4.790.970	\$	4.139.300,96
2	\$	4.790.970	\$	3.576.271,84
3	\$	4.790.970	\$	3.089.826,13

4	\$	4.790.970	\$	2.669.546,93
5	\$	4.790.970	\$	2.306.434,25
6	\$	4.790.970	\$	1.992.712,28
7	\$	4.790.970	\$	1.721.662,88
8	\$	4.790.970	\$	1.487.481,71
9	\$	4.790.970	\$	1.285.153,94
10	\$	4.790.970	\$	1.110.346,87
Net present Value				0

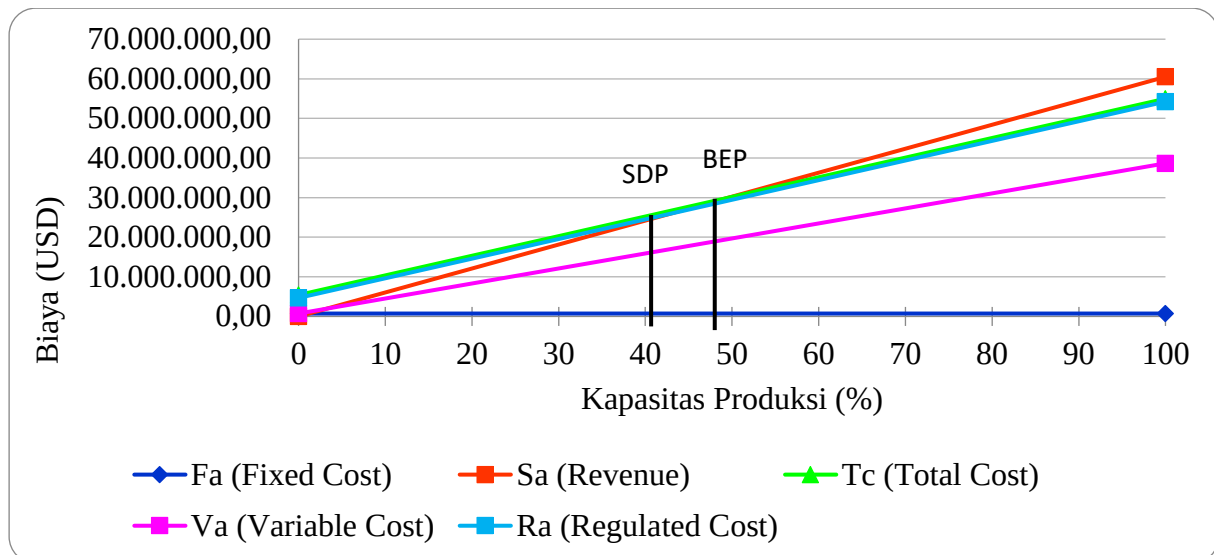
Dengan menggunakan solver pada Microsoft Excel, diperoleh nilai IRR sebesar 15,74%. Dalam analisa kelayakan ekonomi, nilai IRR dapat digunakan untuk menyatakan tingkat profitabilitas dari suatu investasi. Modal yang digunakan dalam pembuatan pabrik berasal dari investor sehingga investasi dapat dikatakan profit apabila IRR lebih besar dari suku bunga kredit korporasi bank. Rata- rata suku bunga dasar kredit korporasi bank umum konvensional tahun 2022 adalah 7,95% (OJK, September 2022). Sehingga dapat disimpulkan kegiatan investasi pabrik ini layak secara ekonomi.

✓ **Grafik Analisa Kelayakan Ekonomi Pabrik *Refined Carrageenan***

Data yang digunakan untuk menggambar grafik kelayakan ekonomi adalah sebagai berikut.

Tabel D. 31 Data Grafik Analisa Ekonomi

x	Fa	Sa	Tc	Va	Ra
0	732471,8	0,0	5326425,8	732471,8	4593954,0
100	732471,8	60494072,5	54697229,6	38651577,9	53964757,8



Gambar D. 2. Hubungan Nilai pendapatan terhadap tingkat produksi

Keterangan:

Fa = Fixed Manufacturing Cost

Sa = Revenue

Tc = Total Production Cost

Va = Variable Cost

Ra = Regulated Cost

RESUME

1. *Percent Profit on Sales* sebelum pajak adalah 9,58%% dan sesudah pajak adalah 7,19%.
2. *Percent Return on Investment* sebelum pajak adalah 57,34% dan sesudah pajak adalah 43,01%.
3. Dengan *solver* didapatkan IRR sebesar 14,56%, lebih besar dibandingkan suku bunga pokok pinjaman bank sebesar 5%.
4. *Pay Out Time* pabrik *Refined Carrageenan* adalah 2,10 tahun.
5. *Break Event Point* pabrik *Refined Carrageenan* adalah 49,45%.
6. *Shut Down Point* pabrik *Refined Carrageenan* adalah 42,76%.