

**PRA RANCANGAN PABRIK BODIESEL DARI MINYAK BIJI
KARET DENGAN KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Kimia



Disusun Oleh :

Nama : Taris Perwita Sari
NIM : 20521101

Nama : Astri Nurisnaeni Anjasmoko
NIM : 20521116

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Taris Perwita Sari
NIM : 20521101

Nama : Astri Nurisnaeni Anjasmoko
NIM : 20521116

Yogyakarta, 30 Juli 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan



1000
METERAI TEMPEL
BESCAALX107587201
Taris Perwita Sari

Td. Tangan



1000
METERAI TEMPEL
071ALX107587206
Astri Nurisnaeni Anjasmoko

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KARET
DENGAN KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Taris Perwita Sari
NIM : 20521101

Nama : Astri Nurisnaeni Anjasmoko
NIM : 20521116

Yogyakarta, 29 Juli 2024

Pembimbing,

Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

NIK. 005220101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KARET DENGAN KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Astri Nurisnaeni Anjasmoko

No. Mahasiswa: 20521116

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 22 Agustus 2024

Tim Penguji

Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

Ketua

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

Anggota I

Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.

Anggota II



22 Agustus 2024



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D

NIK. 995200445

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, serta tidak lupa shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian pelaksanaan tugas akhir yang berjudul “ Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Biji Karet dengan Reaksi Esterifikasi Kapasitas 38.000 Ton/Tahun”

Prarancangan pabrik merupakan salah satu syarat wajib yang harus ditempuh untuk menyelesaikan Program Sarjana di Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Prarancangan pabrik bertujuan untuk mendidik mahasiswa agar mampu menerapkan teori-teori yang diperoleh di kampus serta menyelesaikan permasalahan yang terjadi dilapangan dan dapat menjembatani antara sisi akademis dengan realita lapangan.

Penulisan laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya yang senantiasa memberikan kemudahan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua beserta keluarga yang ikut mendoakan, mendukung, dan memotivasi untuk senantiasa semangat dan terus berjuang. Serta terima kasih atas segala dukungan baik dukungan spiritual maupun material,

sehingga kami mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.

3. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
4. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Dr. Arif Hidayat S.T., MT. selaku Dosen Pembimbing atas semua ilmu dan kesabaran dalam menghadapi mahasiswa bimbingannya.
6. Teman – teman Teknik Kimia 2020 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
7. Dan berbagai pihak lainnya yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Kami menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kami sangat menghargai masukan yang bersifat konstruktif untuk meningkatkan kualitas Tugas Akhir ini. Kami berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya. Kami mengucapkan terima kasih atas perhatian dan kerjasama yang diberikan.

Wassalamu'alaikum Wr., Wb

Yogyakarta, 30 Juli 2024

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin

Dengan segala puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan kenikmatan, kesehatan, dan kekuatan sehingga saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan penuh kerendahan hati dan kesabaran yang luar biasa. Keberhasilan Tugas Akhir ini juga atas dukungan dari orang-orang tercinta, sehingga saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada orang yang telah kebersamai saya selama penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Teristimewa kedua orang tua saya, Bapak (Sigit Harmoko) dan Ibu (Anjar Triningsih) gelar ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, yang selalu memberikan dukungan baik dukungan moril maupun materil yang tidak terhingga, serta doa yang tidak pernah putus dipanjatkan untuk saya sebagai anak. Ini adalah persembahan tulus saya kepada kedua orang tua saya yang telah menjadi garda terdepan disaat saya kesulitan dan kelelahan selama pengerjaan Tugas Akhir ini. Semoga rahmat Allah SWT selalu mengiringi kehidupanmu yang barokah serta senantiasa diberi kesehatan dan panjang umur. Terima kasih ibu, terima kasih bapak.
2. Kakak saya Luky beserta adik saya Mirza, kedua lelaki yang ada di hidup saya sebagai penenang, penghibur dengan segala tawa yang diberikan, dan motivasi saya agar cepat menyelesaikan Tugas Akhir ini dan kembali ke rumah agar bisa dekat dengan mereka.
3. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing saya yang telah kebersamai saya dalam penyusunan Tugas Akhir, dengan sabar dan

semangat beliau dalam kebersamaan saya agar saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan barokah kepada Bapak dan keluarga serta senantiasa diberi kesehatan dan panjang umur.

4. Taris Perwita Sari, *partner* saya semasa Kerja Praktik, Penelitian, dan Tugas Akhir. Terima kasih atas usaha yang telah diberikan selama pengerjaan Tugas Akhir ini, semoga kamu selalu dimudahkan jalannya, walaupun tidak diberi jalan kita untuk pendadaran dan wisuda bersama, tetapi selalu semangat untuk jalan yang kamu ambil.
5. BERLIMA (Rianti, Rifana, Sifa, Taris) terima kasih untuk selalu memberikan semangat dan inspirasi selama ini. Walaupun kebersamaan kita hanya sebentar, tetapi terima kasih telah kebersamai selama perkuliahan ini, yang telah mengajarkan betapa luasnya dunia ini dan menjadi penghibur disaat rindu rumah.
6. Manusia dengan NIM H1E020031, *partner* jarak jauh saya yang selama ini selalu menjadi orang yang mau mendengar keluh kesah saya, memberikan afirmasi positif disaat saya sudah mulai lelah karena rintangan yang dihadapi selama pengerjaan Tugas Akhir, dan orang yang selalu mau untuk direpotkan oleh saya selama ini, semoga kamu juga dimudahkan apapun jalan yang diambil.
7. BA SRUPUT (Ragil dan Puput) teman KKN saya yang selalu menebarkan keceriaan dan semangat dalam kehidupan serta menjadi motivasi agar saya cepat selesai dalam mengerjakan Tugas Akhir ini agar cepat terealisasi untuk pergi ke Lombok.

8. Dan terakhir untuk diri saya sendiri, terima kasih telah bertahan hingga saat ini disaat saya tidak percaya kepada diri sendiri. Namun saya tetap mengingat bahwa langkah kecil yang telah diambil adalah bagian dari sebuah perjalanan, meskipun semua terlihat tidak masuk akal dan sulit pada akhirnya saya mampu menurunkan rasa takut dan melawan ego saya untuk sebuah keikhlasan. Tidak hanya itu disaat pikiran ”*people come and go*” yang selalu menghantui pikiran saya dan menjadi penghambat selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, yang akhirnya dapat saya patahkan dengan ambisi dan motivasi saya agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan cepat. Terima kasih sudah dapat bertahan dan mampu menyelesaikan studi ini dengan tepat waktu, silakan kembali ke rumahmu untuk melanjutkan perjuangan lagi.

Astri Nurisnaeni Anjasmoko

Teknik Kimia UII 2020

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR LAMBANG	xvi
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.2.1 Data Ekspor	2
1.2.2 Data Produksi	4
1.2.3 Data Konsumsi	5
1.3 Tinjauan Pustaka	7
1.3.1 Biodiesel	7
1.3.2 Minyak Biji Karet	10
1.3.3 Proses Pembuatan Biodiesel	12
1.3.4 Pemilihan Proses	15
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	17
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	17
1.4.2 Tinjauan Kinetika	20
BAB II	22
PERANCANGAN PRODUK	22
2.1 Spesifikasi Produk	22
2.1.1 Biodiesel	22
2.1.2 Air	22

2.2	Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	23
2.2.1	Biji Karet.....	23
2.2.2	Metanol.....	24
2.2.3	Asam Sulfat.....	24
2.2.4	Natrium Hidroksida.....	25
2.2.5	Asam Fosfat.....	26
2.3	Pengendalian Kualitas	26
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	26
2.3.2	Pengendalian Kualitas Produk	27
2.3.3	Pengendalian Proses.....	27
BAB III	.....	30
PERANCANGAN PROSES	.....	30
3.1	Diagram Alir Proses dan Material	30
3.1.1	Diagram Alir Kualitatif	30
3.1.2	Diagram Alir Kuantitatif	31
3.2	Uraian Proses	32
3.2.1	Tahap Persiapan Bahan Baku.....	32
3.2.2	Tahap Pembentukan Produk.....	33
3.2.3	Tahap Pemurnian Produk	33
3.3	Spesifikasi Alat Proses	35
3.4	Neraca Massa	65
3.5	Neraca Panas	70
BAB IV	.....	74
PERANCANGAN PABRIK	.....	74
4.1	Lokasi Pabrik	74
4.1.1	Faktor Primer penentuan lokasi Pabrik Biodiesel	74
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik Biodiesel	76
4.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	77
4.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Mechines Layout</i>)	81
4.4	Organisasi Perusahaan	83
4.4.1	Bentuk Perusahaan	83
4.4.2	Struktur Organisasi.....	85
4.4.3	Tugas dan Wewenang.....	89
4.4.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan	97

4.4.5	Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji	101
4.4.6	Fasilitas dan Hak Karyawan.....	105
BAB V	.....	107
UTILITAS	.....	107
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	109
5.1.1	Unit Penyediaan Air	109
5.1.2	Unit Pengolahan Air	112
5.2	Unit Pembangkit <i>Steam</i>	116
5.3	Unit Pembangkit Listrik	116
5.4	Unit Penyedia Udara Tekan	119
5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar	120
5.6	Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan	120
5.6	Spesifikasi Alat Utilitas	121
BAB VI	.....	130
EVALUASI EKONOMI	.....	130
6.1	Evaluasi Ekonomi	130
6.2	Penaksiran Harga Alat	131
6.3	Dasar Perhitungan	135
6.4	Perhitungan Biaya	135
6.5	Analisa Keuntungan	139
6.6	Analisa Kelayakan	139
6.7	Analisis Resiko Pabrik	145
BAB VII	.....	148
PENUTUP	.....	148
7.1	Kesimpulan	148
7.2	Saran	149
DAFTAR PUSTAKA	.....	150
LAMPIRAN A	.....	153
PERANCANGAN REAKTOR	.....	153
LAMPIRAN B	.....	168
<i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)</i>	.....	168
LAMPIRAN C	.....	170
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN	.....	170

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia	2
Tabel 1. 2 Persen Pertumbuhan Jumlah Ekspor	3
Tabel 1. 3 Data produksi biodiesel di Indonesia	4
Tabel 1. 4 Data konsumsi biodiesel di Indonesia	6
Tabel 1. 5 Sifat fisik dan kimia biodiesel dan petrodiesel.....	8
Tabel 1. 6 Standar Nasional Indonesia Biodiesel (SNI 7182:2012).....	9
Tabel 1. 7 Komposisi isi biji karet.....	11
Tabel 1. 8 Kandungan asam lemak bebas dalam biji karet	12
Tabel 1. 9 Harga masing-masing gugus	18
Tabel 1. 10 Harga $\Delta H^{\circ}f$ masing-masing komponen	18
Tabel 1. 11 Panas Reaksi Metil Palmitat	19
Tabel 1. 12 Panas Reaksi Metil Stearat	19
Tabel 1. 13 Panas Reaksi Metil Oleat	19
Tabel 1. 14 Panas Reaksi Metil Linoleat.....	20
Tabel 3. 1 Neraca Massa di Screw Press	65
Tabel 3. 2 Neraca Massa di Degumming	66
Tabel 3. 3 Neraca Massa di Decanter 1	66
Tabel 3. 4 Neraca Massa di Reaktor 1	67
Tabel 3. 5 Neraca Massa di Netralizer 1	67
Tabel 3. 6 Neraca Massa di Decanter 2	68
Tabel 3. 7 Neraca Massa di Washing Tower	68
Tabel 3. 8 Neraca Massa di Decanter 3	69
Tabel 3. 9 Neraca Massa di Menara Distilasi 1	69
Tabel 3. 10 Neraca Massa di Condensor	69
Tabel 3. 11 Neraca Massa di Reboiler.....	70
Tabel 3. 12 Neraca Massa Total	70
Tabel 3. 13 Neraca Panas di Decanter 1	70
Tabel 3. 14 Neraca Panas di Reaktor.....	71
Tabel 3. 15 Neraca Panas di Netralizer	71
Tabel 3. 16 Neraca Panas di Decanter 2.....	72
Tabel 3. 17 Neraca Panas di Washing Tower	72
Tabel 3. 18 Neraca Panas di Decanter 3.....	73
Tabel 3. 19 Neraca Panas di Menara Distilasi.....	73
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan	79
Tabel 4. 2 Jadwal jam kerja karyawan non shift	99
Tabel 4. 3 Jadwal jam kerja karyawan shift	99
Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok	100
Tabel 4. 5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian.....	101
Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin	111
Tabel 5. 2 Kebutuhan air pemanas	112
Tabel 5. 3 Total kebutuhan listrik alat proses	117
Tabel 5. 4 Total kebutuhan listrik utilitas	117

Tabel 5. 5 Total Kebutuhan Listrik.....	119
Tabel 5. 6 Spesifikasi Pompa Utilitas.....	121
Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan).....	122
Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan).....	123
Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Utilitas	124
Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Utilitas.....	125
Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)	126
Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)	127
Tabel 5. 13 Spesifikasi Klarifier.....	128
Tabel 5. 14 Spesifikasi Saringan Utilitas	128
Tabel 5. 15 Spesifikasi Saringan Pasir Utilitas	128
Tabel 5. 16 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas.....	129
Tabel 5. 17 Spesifikasi deaerator.....	129
Tabel 5. 18 Spesifikasi blower cooling tower	129
Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat	131
Tabel 6. 2 Harga Alat Proses	133
Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas	134
Tabel 6. 4 Physical Plant Cost (PPC).....	136
Tabel 6. 5 Direct Plant Cost (DPC).....	136
Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment (FCI).....	136
Tabel 6. 7 Working Capital Investment (WCI)	137
Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	137
Tabel 6. 9 Indirect Manufacturing Cost	138
Tabel 6. 10 Fixed Manufacturing Cost.....	138
Tabel 6. 11 Total Fixed Manufacturing Cost.....	138
Tabel 6. 12 General Expense.....	139
Tabel 6. 13 Total Biaya Produksi	139
Tabel 6. 14 Fixed Cost (Fa).....	142
Tabel 6. 15 Regulated Cost (Ra)	142
Tabel 6. 16 Variabel Cost (Va).....	143
Tabel 6. 17 Annual sales value (Sa)	143
Tabel 6. 18 Analisa Resiko Pabrik	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia	3
Gambar 1. 2 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia.....	5
Gambar 1. 3 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia.....	6
Gambar 1. 4 Reaksi esterifikasi.....	14
Gambar 1. 5 Reaksi transesterifikasi.....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	30
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	31
Gambar 3. 3 Reaksi Pembentukan Metil Ester	33
Gambar 4. 1 Tata Letak Pabrik.....	80
Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses skala 1:100.....	83
Gambar 4. 3 Struktur Organisasi Perusahaan.....	88
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas	108
Gambar 6. 1 Grafik regresi linear.....	132
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi	145

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A153
LAMPIRAN B168
LAMPIRAN C170

DAFTAR LAMBANG

T	:	<i>Temperature, °C</i>
D	:	Diameter, m
H	:	Tinggi, m
P	:	Tekanan, Psia
μ	:	Viskositas, cP
ρ	:	Densitas, kg/m ³
Q	:	Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	:	Luas Penampang, m ²
V	:	Volume, m ³
t	:	Waktu, Jam
M	:	Massa, Kg
F _v	:	Laju Volumetrik, m ³
R	:	Jari-jari, in
P	:	<i>Power motor, Hp</i>
ts	:	Tebal <i>shell</i> , in
ΔP	:	<i>Pressure drop, psia</i>
ID	:	<i>Inside diameter, in</i>
OD	:	<i>Outside diameter, in</i>
Th	:	Tebal <i>head</i> , in
Re	:	Bilangan Reynold
f	:	<i>Allowable stress, psia</i>
icr	:	Jari-jari sudut dalam, in
L	:	Lebar pengaduk, m
N	:	Lebar pengaduk, m
UD	:	Koefisien perpindahan panas <i>overall HE</i> , Btu/jam ft ² °F
UC	:	Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft ² °F
P	:	Panjang, m

l	:	Lebar, m
x	:	Konversi, %
E	:	Efisiensi sambungan
K	:	Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
k	:	Konstanta kinetika reaksi
R	:	Tetapan konstanta gas
F _v	:	Laju alir, m ³ /jam
S _g	:	<i>Specific gravity</i>
LMTD	:	<i>Long mean temperature different, °F</i>

ABSTRAK

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif untuk diesel yang dibuat dari bahan-bahan hewani dan nabati yang dapat diperbaharui. Pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak biji karet dilakukan menggunakan proses esterifikasi. Perancangan pabrik dengan kapasitas 38.000 ton/tahun diharapkan dapat memenuhi kebutuhan biodiesel dalam negeri. Pada pembuatan biodiesel dari minyak biji karet dengan proses esterifikasi digunakan katalis berupa asam sulfat. Menggunakan reaktor tangka berpengaduk (RATB). Pabrik biodiesel dari minyak biji karet ini berencana akan didirikan di Banyuasin, Sumatera Selatan dengan luas tanah sekitar 29.365 m². Pabrik ini akan beroperasi 330 hari/tahun. Dalam menunjang proses produksi, diperlukan air untuk proses utilitas dan listrik yang disediakan oleh PLN. Berdasarkan evaluasi ekonomi didapatkan ROI sebelum pajak sebesar 39,38% dan 29,87% ROI setelah pajak. Nilai *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 2,14 tahun. Menurut analisis kelayakan, pabrik ini layak secara teknis dan ekonomis. Pendirian pabrik biodiesel dianggap sebagai langkah strategis untuk mendukung keberlanjutan energi di Indonesia, mengingat meningkatnya permintaan biodiesel di dalam negeri dan kemungkinan pengurangan ketergantungan impor.

Kata kunci : Biodiesel, Minyak Biji Karet, Esterifikasi, Evaluasi Ekonomi

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative diesel fuel made from renewable animal and vegetable materials. Making biodiesel with rubber seed oil as raw material is done using esterification process. The design of the plant with a capacity of 38,000 tons/year is expected to meet domestic biodiesel needs. In the manufacture of biodiesel from rubber seed oil by esterification process, a catalyst in the form of sulfuric acid is used. Using a stirred tank reactor (RATB). The biodiesel plant from rubber seed oil is planned to be established in Banyuasin, South Sumatra with a land area of approximately 29,365 m². The plant will operate 330 days/year. In supporting the production process, water is required for the utility process and electricity is provided by PLN. Based on economic evaluation, the ROI before tax is 39.38% and 29.87% ROI after tax. The pre-tax Pay Out Time (POT) value is 2.14 years. According to the feasibility analysis, the plant is technically and economically feasible. The establishment of a biodiesel plant is considered a strategic step to support energy sustainability in Indonesia, given the increasing demand for biodiesel in the country and the possibility of reducing import dependence.

Keywords : *Biodiesel, Rubber Seed Oil, Esterification, Economic Evaluation*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia saat ini mengalami ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar yang dikarenakan oleh berkembangnya sektor transportasi dan industri. Hal ini dapat menyebabkan ketersediaan bahan bakar minyak bumi semakin sedikit dan akan habis jika di eksploitasi dalam jumlah yang besar. Dapat diperkirakan cadangan dan produksi bahan bakar minyak bumi (fosil) di Indonesia mengalami penurunan sebesar 10% setiap tahunnya (Bambang, 2006). Sedangkan tingkat konsumsi minyak rata-rata mengalami kenaikan 6% tiap tahunnya (Suroso,2005). Hal ini menjadi permasalahan Indonesia dalam memproduksi bahan bakar yang tidak dapat mengimbangi besarnya tingkat konsumsi bahan bakar minyak. Oleh karena itu, menyebabkan kelangkaan bahan bakar minyak di Indonesia yang berakibat adanya kenaikan harga bahan bakar minyak.

Dengan adanya permasalahan di atas perlu adanya inovasi dalam menangani ketergantungan konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia. Salah satunya adalah dengan penggunaan energi alternatif seperti biodiesel. Biodiesel secara fisik mirip dengan solar, namun pembakarannya lebih bersih. Penggunaan biodiesel sebagai pengganti solar berbahan dasar minyak bumi secara signifikan mengurangi emisi gas beracun ke atmosfer (U.S. *Departement of Energy*, 2011).

Biodiesel adalah energi alternatif yang dapat diperbaharui dan dapat dihasilkan dari minyak nabati seperti minyak jarak, minyak buah nyamplung,

minyak biji karet, dan masih banyak lagi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel.

Alasan didirikannya pabrik biodiesel di Indonesia adalah ketergantungan dunia terhadap bahan bakar fosil. Situasi ini menyebabkan negara-negara berkembang seperti Indonesia mencari sumber energi alternatif seperti biodiesel, bioetanol, biometana, dan hidrogen. Dengan menggunakan berbagai bahan baku yang tersedia di Indonesia.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam menentukan kapasitas pabrik dilakukan melalui pertimbangan jumlah ekspor dan impor biodiesel, produksi biodiesel dalam negeri, serta nilai konsumsi dalam negeri. Berikut adalah hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas pabrik:

1.2.1 Data Ekspor

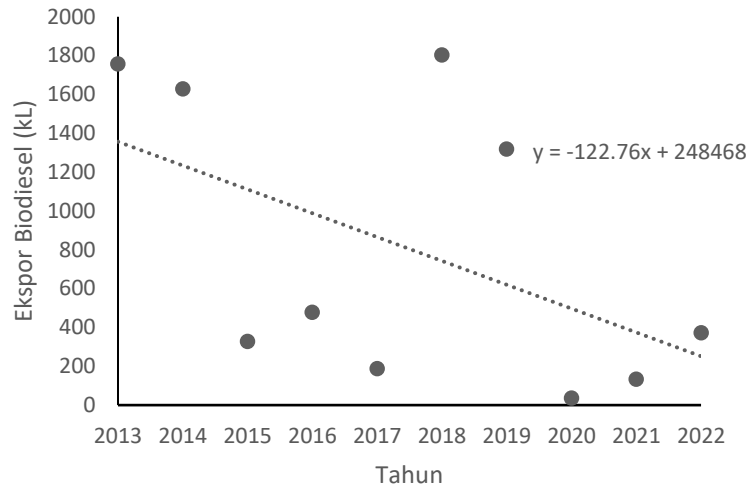
Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik untuk ekspor setiap tahunnya selalu mengalami penurunan, berikut data ekspor 2013-2022.

Tabel 1. 1 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia

Tahun	Ekspor Biodiesel (kL)
2013	1757
2014	1629
2015	328
2016	477
2017	187
2018	1803
2019	1319
2020	36
2021	133
2022	372

Sumber : (ESDM 2023)

Berdasarkan data ekspor tersebut dapat dibuat hasil regresi data ekspor dengan membuat grafik linear antara tahun ekspor dan jumlah ekspor. Grafik linear dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia

Berdasarkan grafik ekspor biodiesel tersebut selanjutnya dapat diketahui nilai % pertumbuhan jumlah ekspor biodiesel di Indonesia yang dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_t = P_o (1 + r)^n$$

Keterangan:

P_t = Tahun yang diproyeksikan

P_o = Tahun terakhir dari data

r = Pertumbuhan rata-rata setiap tahun

n = Selisih tahun

Dari persamaan tersebut dapat diketahui % pertumbuhan yang dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut:

Tabel 1. 2 Persen Pertumbuhan Jumlah Ekspor

Tahun	%P
2013	-
2014	-0,073
2015	-0,799

Tabel 1. 2 Persen Pertumbuhan Jumlah Ekspor (lanjutan)

2016	0,454
2017	-0,608
2018	8,642
2019	-0,268
2020	-0,973
2021	2,694
2022	1,797
Total	10,867
Rata-rata	1,207

Berdasarkan rumus dan data %P tersebut dapat diketahui jumlah ekspor biodiesel pada tahun 2029 adalah sebagai berikut:

$$\text{Ekspor 2029} = 372 \cdot (1+1,207)^{(2029-2022)}$$

$$\text{Ekspor 2029} = 95.003,796 \text{ kL/Tahun}$$

1.2.2 Data Produksi

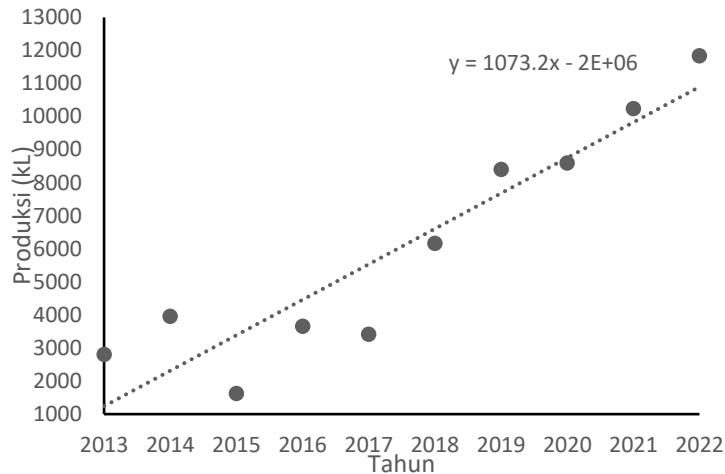
Produksi biodiesel di Indonesia mengalami kenaikan setiap tahunnya menurut data statistika Indonesia. Data produksi biodiesel di Indonesia pada tahun 2013-2022 dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1. 3 Data produksi biodiesel di Indonesia

Tahun	Total Produksi (kL)
2013	2805
2014	3961
2015	1620
2016	3656
2017	3416
2018	6168
2019	8399
2020	8594
2021	10240
2022	11836

Sumber : (ESDM, 2023)

Berdasarkan data produksi biodiesel di Indonesia tersebut dapat dibuat grafik linear antara tahun dan jumlah produksi biodiesel. Grafik linear dapat dilihat pada Gambar 1.2



Gambar 1. 2 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia

Berdasarkan grafik tersebut dapat dihitung perkiraan produksi biodiesel di Indonesia pada tahun 2029 dengan persamaan sebagai berikut :

$$y = 1.073,2x - 2E+06$$

Dengan nilai x adalah tahun dan y sebagai jumlah produksi biodiesel, maka diproyeksi produksi biodiesel pada tahun 2029 adalah 177.522,80 kL/tahun.

1.2.3 Data Konsumsi

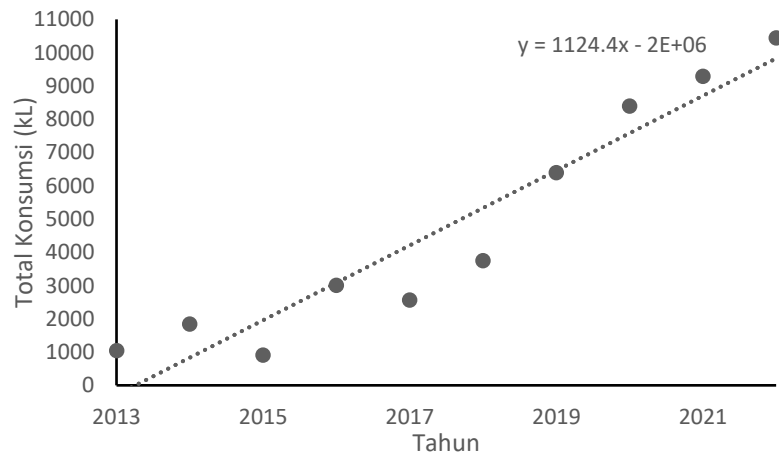
Menurut *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia 2023*, konsumsi biodiesel pada tahun 2013–2022 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 4 Data konsumsi biodiesel di Indonesia

Tahun	Total Konsumsi (kL)
2013	1048
2014	1845
2015	915
2016	3008
2017	2572
2018	3750
2019	6369
2020	8400
2021	9294
2022	10449

Sumber : *Handbook of Energy and Economic Statistic of Indonesia*,
ESDM 2023

Berdasarkan data konsumsi biodiesel di Indonesia tersebut dapat dibuat grafik linear antara tahun dan jumlah konsumsi biodiesel. Grafik linear dapat dilihat pada Gambar 1.3



Gambar 1. 3 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Untuk mendapatkan nilai kapasitas atau kebutuhan biodiesel tahun 2029 ditentukan dengan nilai ekspor, impor, produksi, dan konsumsi biodiesel. Dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kebutuhan} = \text{demand} - \text{supply}$$

(ekspor + konsumsi dalam negeri) – (impor + kebutuhan dalam negeri)

Maka didapatkan kapasitas pada tahun 2029 sebesar 216.338 kL/Tahun atau setara dengan 190.406 ton/tahun. Dengan asumsi 20% diambil, nilai 20% diperoleh dari *Handbook of Energy and Economic Statistic of Indonesia*, yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Disarankan untuk menggunakan nilai ini untuk menghitung kapasitas yang diperlukan untuk mendirikan perusahaan biodiesel. Dihasilkan 38.081 ton per tahun atau 38.000 ton per tahun, dan akan dimulai pada tahun 2029.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Biodiesel

Secara kimia biodiesel termasuk dalam golongan mono alkil ester atau metil ester dengan panjang rantai karbon antara 12-20. Hal ini yang membedakannya dengan petroleum diesel (solar) yang komponen utamanya adalah hidrokarbon (Nasution, M.A., dkk., 2007)

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif untuk diesel yang dibuat dari bahan-bahan hewani dan nabati yang dapat diperbaharui. Untuk menghasilkan biodiesel, minyak nabati atau hewani diesterifikasi atau transesterifikasi dengan metanol. Proses ini menghasilkan metil ester asam lemak dari trigliserida minyak nabati. Asam linoleat, asam

linolenat, asam oleat, asam palmitat, dan asam stearat adalah lima jenis lemak umum yang terkandung dalam minyak nabati.

Sifat fisis yang dimiliki biodiesel sama dengan minyak solar sehingga memungkinkan biodiesel sebagai energi alternatif untuk kendaraan bermesin diesel. Dibandingkan dengan minyak solar, biodiesel dapat diperbaharui, memiliki bilangan *cetane* yang tinggi, dan tidak mengandung sulfur, yang berarti tidak menghasilkan emisi karbon monoksida. Serta biodiesel tidak mudah terbakar karena memiliki titik bakar yang relatif tinggi (Susilo, 2006; Georgogianni dkk, 2007).

Tabel 1. 5 Sifat fisik dan kimia biodiesel dan petrodiesel

Sifat	Metode	ASTM D975 (Petrodiesel)	ASTM D751 (Biodiesel)
Titik nyala	D93	325K min	403K min
Air dan Sedimen	D2709	0,050 max %vol	0,050 max %vol
Viskositas Kinematik	D445	1,3-4,1 mm ² /s	1,9-6,0 mm ² /s
Massa jenis	D1298	-	0,860-0,900
Abu sulfat	D874	-	0,02 max %mass
Abu Sulfur	D482	0,01 max %mass	-
	D5453	0,05 max %mass	-
	D2622/129	-	0,05 max %mass
Korosi pada tembaga	D130	No 3 max	No 3 max
Bilangan <i>Cetane</i>	D613	40 min	47 min
Aromatisitas	DD1319	35 max %vol	-
Residu karbon	D4530	0,35 max %mass	0,05 max %mass
	D524		
<i>Temperature</i> Destilasi	D1160	555K min	-
		611K max	-

Sumber : (Demirbas, 2009)

Lebih dari sepuluh tahun yang lalu, Indonesia telah memulai pengembangan biodiesel. Namun, pada saat itu, pengembangan biodiesel belum terlihat menarik karena produk turunan minyak bumi

masih mahal. Biodiesel hanya dikembangkan di laboratorium, dengan karakteristiknya, proses produksinya, tes performa, dan aspek lainnya.

Pemerintah Indonesia membuat kebijakan energi tahun 2006 yang menargetkan penggunaan biofuel menjadi lebih dari 5% dari konsumsi energi nasional pada tahun 2025. Selain itu, mereka menargetkan pengembangan pasar biofuel sebagai salah satu cara untuk mengakhiri kemiskinan dan pengangguran dari tahun 2006 hingga 2025. Produksi diproyeksikan mencapai 1,5 juta kiloliter pada tahun 2010 (10% dari konsumsi bahan bakar diesel untuk sektor transportasi), 3 juta kiloliter pada tahun 2015, dan 6,4 juta kiloliter pada tahun 2021 (20% dari konsumsi bahan bakar diesel untuk sektor transportasi dan 5% dari konsumsi bahan bakar diesel nasional).

Dalam proses pembuatan, biodiesel memiliki standar mutu untuk memastikan kualitas biodiesel yang baik dan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Tabel 1. 6 Standar Nasional Indonesia Biodiesel (SNI 7182:2012)

No.	Parameter	Satuan	Batas Nilai ASTM
1	Berat Jenis (40°C)	kg/m ³	850-890
2	Viskositas (40°C)	Cst	2,3-6
3	Angka <i>Cetane</i>	-	Min. 51
4	Titik Nyala	°C	Min. 100
5	Titik Kabut	°C	Maks. 18
6	Korosi Bilah Tembaga	-	Maks. 51
7	Air dan Sedimen	% Vol	Maks. 0,05
8	Temperature Destilasi	°C	Maks. 360
9	Abu	%b	Maks. 0,002

Tabel 1. 6 Standar Nasional Indonesia Biodiesel (SNI 7182:2012)

10	Belerang	Ppm b mg/kg	Maks. 100
11	Fosfor	Ppm b mg/kg	Maks.10
12	Angka Asam	Mg KOH/g	Maks. 0,8
13	Gliserol Bebas	%b	Maks. 0,02
14	Gliserol Total	%b	Maks. 0,24
15	Kadar Ester Alkil	%b	Min. 96,5
16	Angka Iodium	%b(gI _Y /100g)	Min. 115
17	Uji Halphen	-	Negatif

Sumber : (SNI (Standar Nasional Indonesia) 7182:2012)

1.3.2 Minyak Biji Karet

Tanaman karet (*Havea Brasiliensis*) memang merupakan salah satu komoditas penting di Indonesia, yang tersebar luas di banyak daerah tropis yang subur. Tanaman karet menghasilkan lateks sebagai produk utama, yang digunakan dalam berbagai industri, terutama industri karet dan lateks. Selain itu karet menghasilkan biji karet yang dapat diproduksi sebagai minyak biji karet. Namun hingga saat ini pengelolaan benih karet termasuk pengolahan pasca panen menjadi minyak biji karet belum optimal.

Berdasarkan data statistik Dirjen Pertanian, Indonesia merupakan salah satu negara dengan perkebunan tanaman karet terbesar di dunia (lebih dari 3 juta ha). Jumlah biji karet yang dihasilkan tanaman per hektar sangat bervariasi, yaitu sekitar 3.000-450.000 butir/ha/tahun. Jika diasumsikan bahwa setiap hektar perkebunan karet di Indonesia menghasilkan 200.000 butir biji karet per tahun, dengan luas total perkebunan karet di Indonesia adalah sekitar 3,4 juta hektar. Dengan demikian, ada potensi 680 milyar butir biji karet per tahun yang dapat digunakan untuk pembuatan biodiesel.

Biji karet mempunyai bentuk ellipsoidal, dengan panjang 2,5 – 3 cm dan mempunyai berat 2 – 4 gram/biji. Biji karet masak terdiri dari 70% kulit buah dan 30% biji karet. Biji karet terdiri dari \pm 40% tempurung dan 60% tempurung daging biji, dimana variasi proporsi kulit dan daging buah tergantung kesegaran biji. Biji karet yang segar memiliki kadar minyak tinggi dan kandungan air yang tinggi sehingga menghasilkan minyak dengan mutu yang kurang baik. Biji segar terdiri dari 34,1% kulit, 41,2% isi dan 24,4 air. Sedangkan pada biji karet yang telah dicampur selama 2 hari terdiri dari 41,6% kulit, 8% air, 15,3% minyak dan 35,1% bahan kering. Biji karet mengandung 40% sampai 50% minyak terdiri dari 17% sampai dengan 22% asam lemak jenuh dan 77% sampai dengan 82% asam lemak tak jenuh (Swern, 1964)

Kandungan yang terdapat dalam biji karet lainnya yaitu memiliki kadar protein yang cukup besar. Berikut komposisi biji karet dalam % yang ditampilkan pada tabel 1.7

Tabel 1. 7 Komposisi isi biji karet

Komposisi isi biji karet	Jumlah (%)
Minyak	45,63
Karbohidrat	24,21
Protein	22,17
Air	3,71
Abu	2,71

Bij karet memiliki kandungan asam lemak bebas (*FFA*) sekitar 17%. Kandungan asam lemak bebas dalam biji karet (minyak biji karet) dalam Tabel 1.8.

Tabel 1. 8 Kandungan asam lemak bebas dalam biji karet

Jenis asam	Komposisi (%)
Asam Lemak Jenuh	
Asam Palmitat	10,2
Asam stearat	8,7
Total	18,9
Asam Lemak Tidak Jenuh	
Asam Oleat	24,6
Asam Linoleat	52,9
Total	80,5

1.3.3 Proses Pembuatan Biodiesel

Terdapat beberapa proses dalam pembuatan biodiesel adalah sebagai berikut:

a. Mikroemulsifikasi

Metode mikroemulsifikasi melarutkan minyak nabati ke dalam larutan seperti methanol, ethanol, atau 1-butanol. Namun, m menunjukkan alkohol yang digunakan sebagai pengemulsi yang cukup besar, yang dapat meningkatkan volatilitas dan menurunkan titik nyala. Dalam proses ini, bahan bakar yang dihasilkan memiliki tingkat pembakaran yang tidak sempurna, yang menyebabkan deposit karbon dan meningkatkan kekentalan minyak pelumas. Karena kandungan alkoholnya yang tinggi, mikroemulsifikasi memiliki nilai pemanasan volumetrik yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel hidrokarbon.

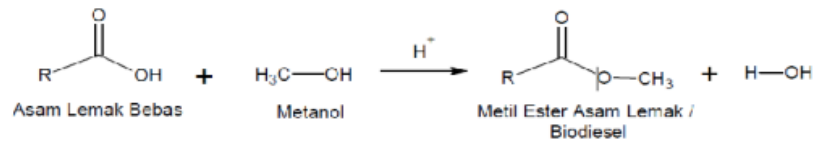
b. Pirolisis

Pirolisis adalah proses pemisahan minyak nabati secara termal atau dengan bantuan katalis untuk memotong rantai hidrokarbon. Ini dilakukan dengan menggunakan katalis yang biasa digunakan untuk memotong rantai minyak bumi, yaitu SiO_2 atau Al_2O_3 , pada

suhu 450°C. Kemudian produknya difraksionasi untuk menghasilkan biodiesel dan biogasoline. Suhu mempengaruhi selektivitas produk pada pemutusan rantai katalik. Semakin tinggi suhu, semakin banyak fraksi ringan yang dibuat. Salah satu keuntungan dari pembuatan biodiesel melalui metode pirolisis adalah strukturnya yang mirip dengan bahan bakar diesel yang dibuat dari minyak bumi. Namun, kelemahan dari proses ini adalah bahwa tidak ada oksigen dalam proses, sehingga bahan bakar yang dihasilkan tidak teroksigenasi, dan peralatan yang digunakan sangat mahal.

c. Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi di mana katalis asam digunakan untuk menggabungkan metanol dengan asam lemak bebas untuk menghasilkan metil ester. Katalis asam yang paling umum digunakan adalah asam kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCl). Dibandingkan dengan katalis basa, reaksi esterifikasi mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester dan kemudian menjadi trigliserida. Jumlah pereaksi, waktu, suhu, konsentrasi katalis, dan kandungan air pada minyak adalah semua faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi. Metil ester yang dihasilkan dari reaksi ini harus bebas dari air dan sisa katalis sebelum reaksi transesterifikasi terjadi. Persamaan reaksi esterifikasi asam lemak dan metanol sebagai berikut:

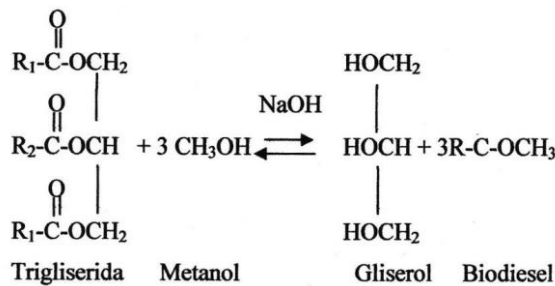


Gambar 1. 4 Reaksi esterifikasi

Reaksi ini adalah reaksi bolak-balik, seperti reaksi transesterifikasi. Akibatnya, keseimbangan reaksi memengaruhi bagaimana asam lemak berubah menjadi produk. Akibatnya, jumlah metanol yang berlebih diperlukan untuk mendapatkan jumlah produk yang tinggi. Memisahkan produk samping (air) dengan cepat juga dapat dicapai. Reaksi ini tergolong reaksi endotermis yang mana semakin tinggi suhunya semakin cepat laju reaksinya dan cenderung menggeser keseimbangan reaksi ke kanan.

d. Transesterifikasi

Proses transesterifikasi merupakan proses dengan menggabungkan trigliserida dari minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol. Proses ini menghasilkan produk samping seperti metil ester asam lemak (FAME/*Fatty Acids Methyl Esters*) atau biodiesel dan gliserol. Pada proses transesterifikasi, katalis basa atau alkali digunakan. Natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH) adalah dua contoh katalis yang biasa digunakan. Gambar berikut menunjukkan reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak alami dan metanol:



Gambar 1. 5 Reaksi transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi membutuhkan katalis untuk mempercepat prosesnya. Tanpa adanya penambahan katalis dapat menghasilkan konversi yang tinggi. Namun, reaksi akan sangat lambat. Kadar FFA dalam minyak nabati sangat sensitif terhadap reaksi transesterifikasi. Menurut beberapa pustaka, tingkat FFA tertinggi yang dapat ditoleransi untuk reaksi ini adalah 1-2,5%, yang setara dengan bilangan asam 2-5 mg KOH/mg. Kandungan asam lemak yang tinggi menyebabkan reaksi samping antara katalis basa dan asam lemak itu sendiri, yang menghasilkan sabun. Reaksi ini disebut sebagai saponifikasi atau penyabunan.

1.3.4 Pemilihan Proses

Berdasarkan perbandingan berbagai proses dan kondisi operasi, reaksi esterifikasi dipilih karena memiliki suhu dan tekanan yang lebih rendah, yang membuatnya lebih aman. Selain itu, konversi yang digunakan juga lebih sedikit. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi esterifikasi:

- a. Temperatur reaksi sangat memengaruhi suhu kecepatan reaksi.

Secara umum, reaksi ini dapat dilakukan pada tekanan atmosfer dan

pada suhu yang mendekati titik didih metanol (60-700°C) jika suhu naik, kecepatan reaksi akan meningkat. Semakin tinggi suhu, semakin banyak energi reaktan yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi aktivasi. Ini akan menyebabkan lebih banyak tumbukan di antara molekul reaktan saat melakukan reaksi sehingga kecepatan reaksi akan meningkat. Arrhenius mengatakan bahwa hubungan antara konstanta kecepatan reaksi dengan temperatur mengikuti persamaan:

$$K = Ae^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

Keterangan:

K = konstanta kecepatan reaksi

R = konstanta gas

A = faktor frekuensi

T = temperatur absolut

E_a = energi aktivasi

- b. Waktu reaksi, semakin lama waktu reaksi, semakin banyak produk yang diproduksi karena reaktan memiliki kesempatan untuk bertumbukan satu sama lain. Namun, jika keseimbangan telah dicapai, waktu yang lebih lama tidak akan mempengaruhi reaksi.
- c. Katalis, dengan menurunkan energi aktivasi reaksi, katalis mempercepat reaksi tetapi tidak mengubah posisi kesetimbangan. Penambahan katalis dimaksudkan untuk mempercepat reaksi dan menurunkan kondisi operasi; tanpa katalis, reaksi esterifikasi baru

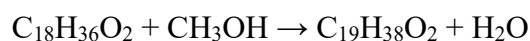
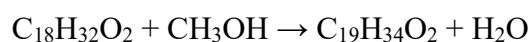
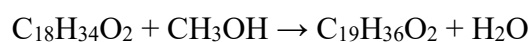
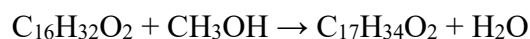
dapat berlangsung pada suhu sekitar 250°C. Ada tiga jenis katalis yang dapat digunakan: katalis asam, basa, dan penukar ion.

- d. Pengadukan pada reaksi esterifikasi, Pengadukan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan campuran reaksi yang bagus. Pengadukan yang tepat akan mengurangi hambatan antar massa. Untuk reaksi heterogen, ini akan menyebabkan lebih banyak reaktan mencapai tahap reaksi.
- e. Rasio molar antara alkohol dan minyak nabati adalah variabel penting lainnya yang mempengaruhi hasil ester. Untuk mendorong reaksi esterifikasi ke arah kanan, maka diperlukan alkohol berlebihan atau memindahkan salah satu produk dari campuran reaksi. Lebih banyak metanol yang digunakan, maka semakin memungkinkan reaktan untuk bereaksi lebih cepat.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk menentukan sifat reaksi (eksotermis/endotermis), apakah berlangsung secara spontan atau tidak spontan, dan arah reaksi (reversible/irreversible). Reaksi pembuatan Biodiesel dari Minyak biji karet pada suhu 25°C (298 K) dan tekanan 1 atm adalah sebagai berikut:



Penentuan sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f). Perhitungan ΔH°_f dengan menggunakan Metode Joback Tabel D4.

Tabel 1. 9 Harga masing-masing gugus

Gugus	Harga (kJ/mol.K)
-CH=	37,97
>CH-	29,89
-CH ₂ -	-20,64
-CH ₃	-76,45
-OH	-208,04
-COO-	-337,92
-COOH-	-426,72

$$\text{Rumus : } \Delta H^\circ_{f(298,15)} = 68,29 + \sum_{ni} + \Delta i$$

a. Asam Palmitat (C₁₆H₃₂O₂)

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f(298,15)} &= 68,29 + [14(-CH_2 -) + 1(-CH_3 -) + 1(-COOH)] \\ &= 68,29 + [14(-20,64) + 1(-76,45) + 1(-426,72)] \\ &= -723,84 \text{ kJ/mol.K} \end{aligned}$$

b. Metil Palmitat (C₁₇H₃₄O₂)

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f(298,15)} &= 68,29 + [14(-CH_2 -) + 2(-CH_3 -) + 1(-COO -)] \\ &= 68,29 + [14(-20,64) + 2(-76,45) + 1(-337,92)] \\ &= -711,49 \text{ kJ/mol.K} \end{aligned}$$

Harga ΔH°_f masing masing komponen pada suhu 25°C (298

K) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. 10 Harga ΔH°_f masing-masing komponen

Komponen	Harga ΔH°_f (kJ/kmol)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-723,84
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-647,9
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-682,56
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	-767
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-711,49

Tabel 1. 10 Harga $\Delta H^{\circ}f$ masing-masing komponen (lanjutan)

$C_{19}H_{36}O_2$	-635,55
$C_{19}H_{34}O_2$	-670,21
$C_{19}H_{38}O_2$	-752,77
H_2SO_4	-814
$NaOH$	-426,60
CH_3OH	-201,16
H_2O	-285,84

Untuk menunjukkan bahwa reaksi eksotermis dilakukan dengan perhitungan ΔH_r

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

Harga ΔH_r untuk masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. 11 Panas Reaksi Metil Palmitat

Komponen		Koefisien	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/kmol)	ΔH_f profduk	ΔH reaktan	ΔH_{reaksi}
Reaktan	$C_{16}H_{32}O_2$	1	-723,84	-997,33	-925,00	-72,324
	CH_3OH	1	-201,16			
Produk	$C_{17}H_{34}O_2$	1	-711,49			
	H_2O	1	-285,84			

Tabel 1. 12 Panas Reaksi Metil Stearat

Komponen		Koefisien	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/kmol)	ΔH_f profduk	ΔH reaktan	ΔH_{reaksi}
Reaktan	$C_{18}H_{34}O_2$	1	-647,9	-921,39	-849,06	-72,324
	CH_3OH	1	-201,16			
Produk	$C_{19}H_{36}O_2$	1	-635,55			
	H_2O	1	-285,84			

Tabel 1. 13 Panas Reaksi Metil Oleat

Komponen		Koefisien	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/kmol)	ΔH_f profduk	ΔH reaktan	ΔH_{reaksi}
Reaktan	$C_{18}H_{32}O_2$	1	-682,56	-956,05	-883,72	-72,324
	CH_3OH	1	-201,16			
Produk	$C_{19}H_{34}O_2$	1	-670,21			
	H_2O	1	-285,84			

Tabel 1. 14 Panas Reaksi Metil Linoleat

Komponen		Koefisien	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/kmol)	ΔH_f profduk	ΔH reaktan	ΔH_{reaksi}
Reaktan	$C_{18}H_{36}O_2$	1	-767	-1.038	-966,28	-72,324
	CH_3OH	1	-201,16			
Produk	$C_{19}H_{38}O_2$	1	-752,77			
	H_2O	1	-285,84			

Harga ΔH_r negatif, menunjukkan bahwa reaksi itu eksotermis, atau membutuhkan dingin. Selain itu, metanol dalam pembuatan biodiesel dibuat berlebih dengan perbandingan air dan metanol sebesar 1:9 maka reaksi berjalan secara *irreversible*, yang berarti bahwa reaksi berjalan dalam satu arah.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia; ini mencakup bidang yang berkaitan dengan pengukuran laju reaksi dan variabel seperti konsentrasi, suhu, dan tekanan. Nilai kinetika reaksi dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 -\frac{d}{dt}(-C_{A0}X_A) &= k \cdot C_A \\
 C_{A0} \frac{d_{X_A}}{d_t} &= k \cdot C_A \\
 C_{A0} \frac{d_{X_A}}{d_t} &= k \cdot C_{A0}(1 - X_A) \\
 \frac{d_{X_A}}{k(1 - X_A)} &= d_t \\
 \frac{d_{X_A}}{d_t} &= k(1 - X_A) \\
 \int_0^{X_A} \frac{d_{X_A}}{k(1 - X_A)} &= k \int_0^t d_t \\
 -\ln(1 - X_A) &= kt
 \end{aligned}$$

$$k = \frac{-\ln(1 - X_A)}{t}$$

Keterangan:

k = konstanta laju reaksi

C_{AO} = konsentrasi reaktan A mula-mula

X_A = konversi reaksi = 0,95

t = waktu reaksi = 30 menit (0,5 jam)

$$k = \frac{-\ln(1 - X_A)}{t}$$

$$k = \frac{-\ln(1 - 0,95)}{0,5}$$

$$k = 5,995/\text{jam}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Biodiesel

Rumus molekul	: R-COOCH ₃
Berat molekul	: 270 kg/kmol
Densitas	: 0,86 kg/l
Viskositas	: 14,152 cP
Fase	: cair
Titik didih	: 200 °C
Nilai asam	: 1 max KOH
Kelarutan	: tidak larut dalam air
BM impuritis	: 60 kg/kmol
Angka setana	: 46 - 70
Flash point	: 130 °C
Kapasitas panas	: $1,84 \times 10^2 + 2,9T - 6,26 \times 10^{-3}T^2 + 5,70 \times 10^{-6} T^3$ J/mol.K dan T pada K
Kemurnian	: 83,1%
Panas pembentukan	: -169,40 kcal/kmol

2.1.2 Air

Rumus molekul	: H ₂ O
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Berat molekul	: 18 g/gmol

Densitas	: 1 g/cm ³
Viskositas (pada 25°C)	: 0,889 cP
Titik didih	: 100°C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap	: 12,3 kPa, pada 50 °C
Kelarutan	: Larut dalam air
Densitas uap	: 17 g/cm ³
Titik beku	: 32 °F
Titik leleh	: 32 °F
Heating value	: -
Titik nyala	: 100 °C
Konduktifitas termal	: 0,6 W/m.K
Suhu	: 25 °C
Sumber	: Kern, 1966

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Biji Karet

Bentuk	: Kotak bentuk tiga atau empat
Warna	: Coklat atau kernel putih kekuningan
Nilai Kalor	: 18.850 J/g
Refractive Indeks	: 1,466-1,469
Kekentalan Kinematik	: 4,5 cP
Kandungan dalam biji karet	
Minyak	: 45-55%
Abu	: 2,71%

Protein : 22,17%
Air : 3,71%
Karbohidrat : 24,21%

2.2.2 Metanol

Rumus Molekul : CH₃OH

Fase : cair

Berat Molekul : 32,04 g/mol

Kenampakan : Cairan putih/bening

Kelarutan : larut dalam air

Titik Didih : 64,85 °C (pada 1 atm)

Titik Beku : -97,53°C

Densitas : 791,8 kg/m³ = 0,791 g/cm³

Kemurnian : 94%

Kapasitas Panas : $40,152 + 3,1046E-01T - 1,0291E-03T^2 +$
 $1,4598E-06T^3$ J/mol K

Sumber : Kirk Othmer , “Encyclopedia Of Technology”, vol 6 Ed.5,
p.300

2.2.3 Asam Sulfat

Rumus molekul : H₂SO₄

Fasa : Cair

Warna : Tidak berwarna

Berat Molekul : 98,08 g/gmol

Densitas : 1-1,84 g/cm³

Viskositas : -

Titik didih : 290°C pada 1 atm

Tekanan : 1 atm

Kelarutan : larut dalam air

Kemurnian : 98%

Impuritas : H₂O 2% berat

Nama lain : Sulfuric Acid

Sumber : PT Petrokimia Gresik

2.2.4 Natrium Hidroksida

Rumus molekul : NaOH

Fasa : Cair

Warna : Tidak berwarna

Berat Molekul : 36,46 g/gmol

Densitas : 1-1,2 g/cm³

Viskositas : -

Titik didih : 1390°C (pada 1 atm)

Tekanan : 1 atm

Tekanan uap : 1 mmHg pada 739 °C

Kelarutan : larut dalam air

Heating Value : 4.184 J.g⁻¹

Titik nyala : *Non Flameable*

Titik beku : -74 °C

Sumber : labchem.com

2.2.5 Asam Fosfat

Rumus Molekul	: H_3PO_4
Berat Molekul	: 98 g/mol
Fase	: Cair
Spesific Gravity (25°C)	: 1,685
Titik didih	: 158 °C
Titik leleh	: 42,35 °C
Densitas	: 3,4

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik metil ester (Biodiesel) ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku yang digunakan selama proses produksi sama dengan pengendalian kualitas input dalam sistem produksi. Tujuan pengendalian kualitas bahan baku adalah untuk memastikan bahwa bahan baku yang digunakan memenuhi spesifikasi proses atau tidak. Oleh karena itu, sebelum produksi dimulai, kualitas bahan baku harus diuji. Standar yang telah dibuat akan menjadi dasar untuk evaluasi yang akan digunakan. Parameter yang diukur meliputi:

- Kandungan bahan baku dari biji karet
- Kemurnian dari bahan baku biji karet, H_2SO_4 , dan metanol
- Kadar air

d. Kadar zat pengotor

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Produk dibuat dengan pengendalian kualitas selama proses produksi. Hal ini harus dilakukan dari bahan baku hingga produk. Pengawasan kualitas bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi, dan produk penunjang proses juga dapat dilakukan, baik di laboratorium maupun dengan alat kontrol.

Alat pengendali yang terletak di ruang kontrol memantau dan mengontrol jalannya operasi. Penyimpangan terhadap indikator yang telah diatur, seperti kecepatan aliran bahan baku atau produk, level pengendalian suhu, dan sebagainya, dapat diidentifikasi melalui sinyal atau tanda seperti nyala lampu, bunyi alarm, dan sebagainya. Jika ada kesalahan, harus dikembalikan ke kondisi atau set semula, baik secara otomatis maupun manual.

Jika pengendalian proses dilakukan untuk memastikan bahwa produk yang memenuhi spesifikasi diproduksi dengan harga tetap, maka pengendalian kualitas harus dilakukan untuk memastikan bahan baku dan produk memenuhi spesifikasi. Setelah rencana produksi telah disusun dan proses produksi telah dimulai, produksi harus dipantau dan dikendalikan untuk memastikan bahwa proses berjalan dengan lancar.

2.3.3 Pengendalian Proses

Pengendalian pada proses produksi Biodiesel ini meliputi alat sistem kontrol dan aliran sistem kontrol.

2.3.3.1. Alat sistem kontrol

1. Sensor, digunakan untuk mengidentifikasi variabel proses.

Alat yang digunakan adalah pressure gauge untuk sensor aliran cairan, sensor tekanan, sensor level, dan termokopel untuk sensor suhu.

2. Controller meliputi *Level Control (LC)*, *Temperature Control (TC)*, *Pressure Control (PC)*, *Flow Control (FC)*.

- a. *Level Control (LC)*

Fungsi *level control* menentukan dan mengontrol level cairan di dalam perangkat untuk memastikan tidak melebihi batas maksimum yang diperbolehkan. Umumnya LC digunakan pada perangkat berbentuk kolom atau bejana. LC dihubungkan ke katup kontrol di outlet kolom atau bejana.

- b. *Temperature Control (TC)*

Kontrol suhu digunakan untuk menentukan dan mengontrol suhu pengoperasian alat berdasarkan suhu pengoperasian yang ditetapkan.

- c. *Pressure Control (PC)*

Kontrol tekanan digunakan untuk menentukan dan mengontrol tekanan operasi berdasarkan tekanan operasi yang ditentukan alat. PC sangat penting untuk sistem yang menggunakan aliran uap atau gas. PC terhubung ke control valve aliran keluaran uap atau gas.

d. *Flow Control* (FC)

Fungsi kontrol aliran menentukan dan mengontrol laju aliran material yang masuk ke suatu proses atau alat.

3. Aktuator dioperasikan sedemikian rupa sehingga variabel aktuator cocok dengan variabel pengontrol. Alat yang digunakan adalah *automatic control valve* atau *hand valve* manual.

2.3.3.2 Aliran Sistem Kontrol

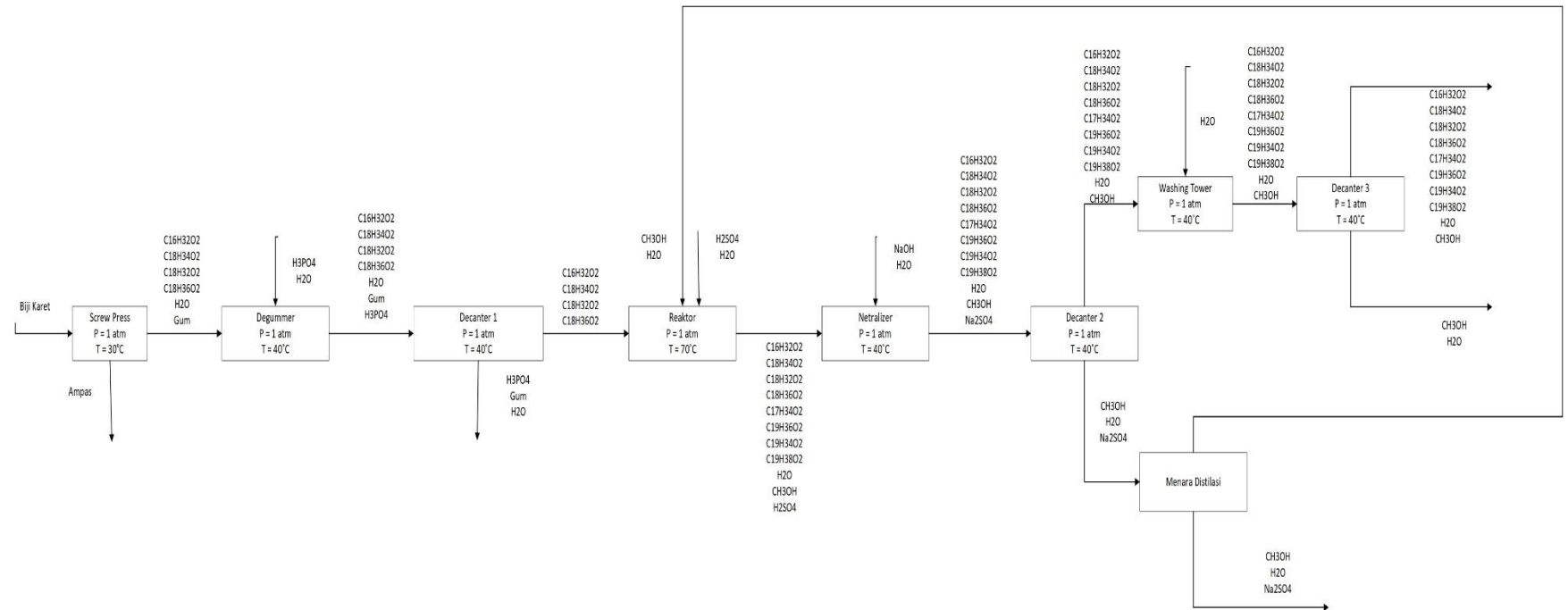
- a. Aliran *pneumatis* (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
- b. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
- c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

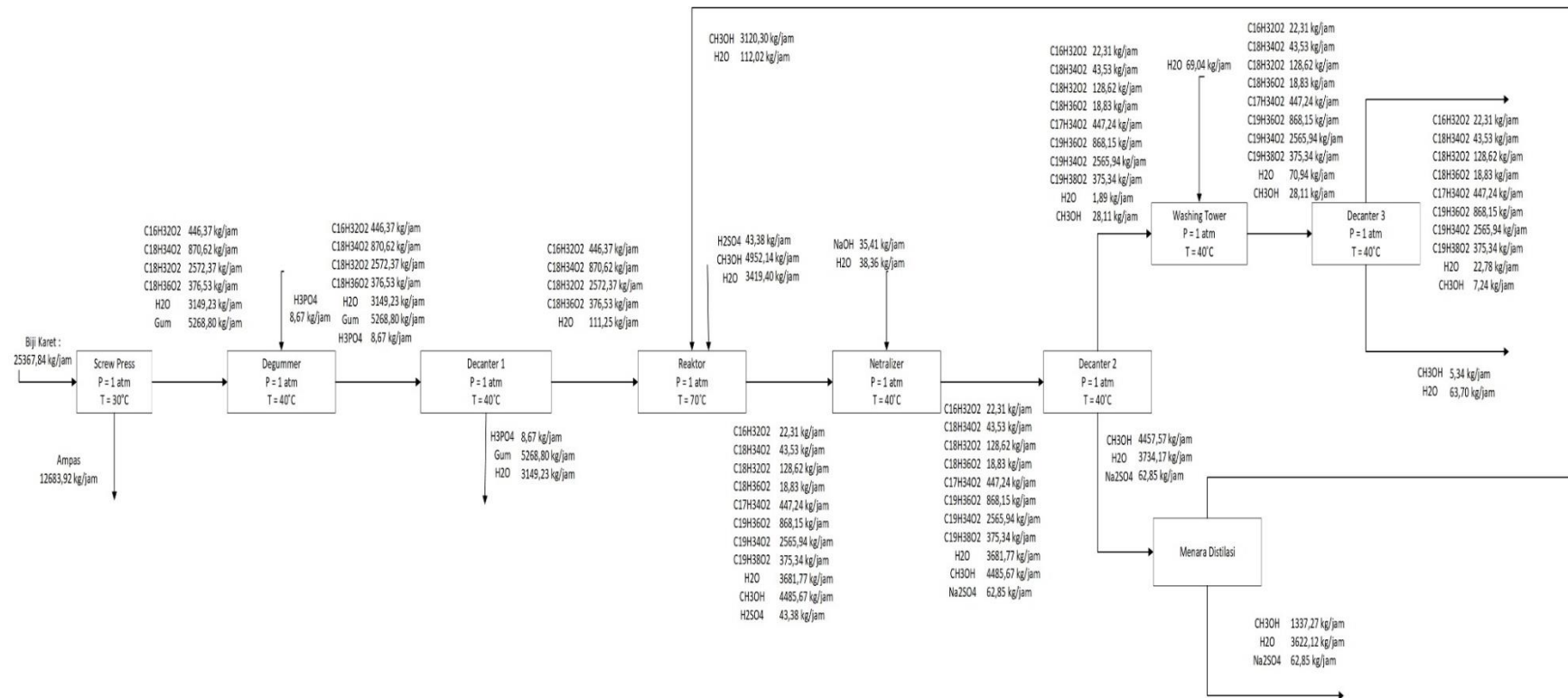
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan biodiesel (*Methyl Ester*) menggunakan bahan baku minyak biji karet, methanol, dan katalis asam sulfat (H_2SO_4) untuk mempercepat reaksi. Pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak biji karet dilakukan menggunakan proses esterifikasi. Proses esterifikasi merupakan proses perubahan minyak nabati atau dengan bahan baku minyak biji karet menjadi metil ester atau biodiesel dengan menggunakan katalis asam H_2SO_4 yang menghasilkan produk samping berupa air. Secara garis besar proses inti pembuatan biodiesel dibagi menjadi beberapa tahap:

- a. Tahap persiapan bahan baku
- b. Tahap pembentukan produk
- c. Tahap pemurnian produk

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku minyak biji karet disimpan pada $T = 30^\circ C$ dan $P = 1 \text{ atm}$ di dalam G-01, sebelumnya dipanaskan dahulu dengan *Heater* (HE-01) yang kemudian dialirkan menuju Reaktor (R-01) dengan menggunakan Pompa (P-04). Kemudian bahan baku *methanol* (CH_3OH) dari Tangki Penyimpanan (T-01) dan katalis H_2SO_4 dari Tangki Penyimpanan (T-02) disimpan pada $T = 30^\circ C$ dan $P = 1 \text{ atm}$, sebelum dialirkan menuju Reaktor (R-01) dilakukan pencampuran terlebih dahulu pada *Mixer* (M-01). Setelah tercampur secara homogen di dalam mixer kemudian, dipanaskan dahulu dengan *Heater* (HE-02) hingga mencapai suhu $70^\circ C$ dan dialirkan menuju Reaktor (R-01).

pencucian menggunakan *Washing Tower* (WT-01). Pemisahan pada decanter terjadi dengan adanya perbedaan kelarutan antara komponen, sehingga terjadi pemisahan antara kelarutan yang lebih ringan (*light stream*) yaitu FFA dan metil ester, dengan kelarutan yang lebih berat (*heavy stream*) yaitu metanol, air, dan Na_2SO_4 .

Campuran *heavy stream* kemudian dialirkan menuju Menara Distilasi (MD-01) untuk menghasilkan penguapan antara metanol dan air yang kemudian dialirkan menuju kondensor (CD-01) membentuk fasa cair dan dapat di *recycle* sebagai umpan masuk pada reaktor. Kemudian untuk hasil bawah dari Menara Distilasi (MD-01) berupa metanol, air, dan Na_2SO_4 dialirkan menuju Unit Pembuangan Limbah (UPL).

Campuran *light stream* dari *Decanter* (DC-02) dialirkan menuju *Washing Tower* (WT-01) untuk dilakukan pencucian dengan suhu 40°C . Setelah dilakukan pencucian, hasil dari *Washing Tower* (WT-01) dialirkan menuju *Decanter* (DC-03) untuk memisahkan produk biodiesel dengan pengotornya. *Light stream* dari *Decanter* (DC-03) berupa metil ester dengan kandungan FFA, metanol, dan air dialirkan menuju Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-05). Sedangkan *heavy stream* yang dihasilkan dari *Decanter* (DC-03) berupa air yang mengandung metanol akan terpisah dan dialirkan menuju Unit Pembuangan Limbah (UPL).

3.3 Spesifikasi Alat Proses

1. Gudang biji karet (G-01)

Fungsi : Menyimpan biji karet untuk kebutuhan proses.

Jenis : Prisma segiempat beraturan

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Bahan Kontruksi : Beton Dimensi

Gudang :

Panjang : 17,24 m

Lebar : 34,74 m

Tinggi : 17,24 m

2. *Screw Press* (SP-01)

Fungsi : Mengeluarkan kandungan minyak yang terdapat di dalam biji karet.

Jenis : Series KP *Screw Press*

Bahan : *Stainless Steel*

Jumlah : 1 Unit

Menurut www.vincentonrp.com untuk kapasitas 20-60 ton/jam

Dipilih:

Model : KP-24

Tipe : *Vincent Srew Press*

Daya maksimum : 60 hp

Panjang(length) : 3,5 m

Ketebalan : 0,5 m

Tinggi : 0,8 m

3. *Mixer* (M-01)

Fungsi : Mencampur H_2SO_4 dan metanol

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

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

Dimensi *Mixer* :

Diameter : 2,34 m

Tinggi : 2,72 m

Tebal *shell* : 0,25 m

Tebal *head* : 0,31 m

Pengaduk *Mixer* :

Jenis : *six-blade turbine, vertical blades*

Diameter pengaduk : 0,77 m

Jumlah pengaduk : 1 buah

Lebar *baffle* : 1,13 m

Kecepatan putaran : 57 rpm

Power : 0,25 Hp

4. Reaktor (R-01)

Fungsi : Untuk mereaksikan FFA (minyak biji karet)
dengan methanol menggunakan katalis
 H_2SO_4

Jenis : Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB)

Jumlah : 2 buah

Kondisi Operasi :

Tekanan : 2 atm

Suhu : 70 °C

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel Type 316*

Dimensi reaktor :

Diameter reaktor : 3,165 m

Tinggi reaktor : 4,619 m

Volume reaktor : 22,214 m³

Tebal shell : 0,187 in

Tebal head : 0,250 in

Jenis head : *Torispherical dished head*

Pengaduk Reaktor :

Jenis : *six-blade turbine*

Diameter : 0,293 m

Jarak : 0,293 m

Tinggi : 0,970 m

Lebar pengaduk : 0,073 m

Lebar baffle : 0,073 m

Power : 15 Hp

Kecepatan putar : 1410,434 rpm

Jumlah : 1 buah

Reaktor (R-02)

Dimensi reaktor :

Diameter reaktor : 1,574 m

Tinggi reaktor : 2,231 m

Volume reaktor : 3,725 m³

Tebal shell : 0,187 in

Tebal head : 0,250 in

Jenis head : *Torispherical dished head*

Pengaduk Reaktor :

Jenis	: <i>six-blade turbine</i>
Diameter	: 0,341 m
Jarak	: 0,341 m
Tinggi	: 1,128 m
Lebar pengaduk	: 0,085 m
Lebar baffle	: 0,085 m
Power	: 5 Hp
Kecepatan putar	: 703,836 rpm
Jumlah	: 1 buah
Jaket pendingin	:
Tinggi	: 1,529 m
Diameter	: 2,692 m
Luas selimut	: 365,676 ft ²
Luas perpindahan panas	: 2,788 ft ²
Harga	: \$ 470.400

5. *Netralizer* (N-01)

Fungsi	: Menetralkan H ₂ SO ₄ sebagai katalis dengan menggunakan NaOH sehingga diperoleh larutan Na ₂ SO ₄
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

 Tekanan : 1 atm

 Suhu : 40°C

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel SA 283 Grade C*

Dimensi *Netralizer* :

 Diameter : 1,969 m

 Tinggi : 2,662 m

 Tebal *shell* : 0,250 in

 Tebal *head* : 0,3125 in

Pengaduk *Netralizer*

 Jenis : *six blade turbine*

 Jumlah *baffle* : 4 buah

 Diameter pengaduk : 0,656 m

 Jumlah pengaduk : 1 buah

 Lebar *baffle* : 0,112 m

 Kecepatan putaran : 84 rpm

 Daya motor : 3 Hp

Harga : \$ 257.109

6. *Decanter* (DC-01)

Fungsi : Untuk memisahkan minyak dan gum

Jenis : *Horizontal Cylinder Vessel*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 40°C

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 316*

Dimensi :

Diameter : 0,784 m

Panjang : 2,690 m

Tebal *shell* : 0,1875 in

Tebal *head* : 0,1875 in

Volume : 0,946 m³

Waktu tinggal : 10 menit

Harga : \$ 137.700

7. *Decanter* (DC-02)

Fungsi : Untuk memisahkan metil ester
dengan komponen air

Jenis : *Horizontal Cylinder Vessel*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :
Tekanan : 1 atm
Suhu : 40°C
Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 316*
Dimensi :
Diameter : 0,865 m
Panjang : 2,952 m
Tebal *shell* : 0,1875 in
Tebal *head* : 0,1875 in
Volume : 1,273 m³
Waktu tinggal : 10 menit
Harga : \$ 169.900

8. *Decanter* (DC-03)

Fungsi : Untuk memisahkan biodiesel dari sisa campuran hasil pencucian air yang keluar dari *Washing Tower*
Jenis : *Horizontal Cylinder Vessel*
Jumlah : 1 buah
Kondisi operasi :
Tekanan : 1 atm
Suhu : 40°C

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 316*

Dimensi :

Diameter : 0,617 m

Panjang : 2,167 m

Tebal *shell* : 0,1875 in

Tebal *head* : 0,1875 in

Volume : 0,462 m³

Waktu tinggal : 10 menit

Harga : \$ 73.600

9. *Washing Tower* (WT-01)

Fungsi : Mencuci biodiesel dari *Decanter* 2
menggunakan air pencuci

Jenis : Tangki Silinder Tegak Berpengaduk

Jumlah : 1 unit

Kondisi Operasi :

Tekanan : 1 atm

Suhu : 40°C

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Dimensi *Washing Tower* :

Diameter : 1,632 m

Tinggi : 1,907 m

Tebal *shell* : 0,1875 in

Tebal *head* : 0,250 in

Pengaduk *washing tower* :

Jenis : *six-blade turbine, vertical blades*

Diameter pengaduk : 0,504 m

Lebar pengaduk : 0,126 m

Jumlah pengaduk : 1 buah

Lebar *baffle* : 1,132 m

Daya motor : 0,36 Hp

Harga : \$ 87.700

10. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan air dan methanol berdasarkan perbedaan titik didih

Jenis : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 84°C

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*

Dimensi Distilasi

Tinggi	: 7 m
Diameter kolom	: 0,209 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,0048 m
Tebal <i>head</i>	: 0,0048 m
Jumlah <i>plate</i>	: 15 buah
Tebal tray	: 0,003 m
Diameter <i>hole</i>	: 0,01 m
Jumlah <i>hole</i>	: 33,629 buah
<i>Tray spacing</i>	: 0,45 m
Panjang <i>weir</i>	: 0,313 m
Tinggi <i>weir</i>	: 0,04 m

Harga : \$ 573.616

11. *Condenser* 01 (CD-01)

Fungsi : Mengembunkan hasil atas Menara Distilasi

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Dimensi *Condensor*

Pipa

ID : 0,67 in

OD : 0,75 in

at : 0,355 in²

Pass : 1

Hot Fluid (Shell)

ID : 3,048 m

Passes : 1

ΔP perhitungan : 0,00981 psi

ΔP diijinkan : 10 psi

Cold Fluid (Tube)

L : 2,438 m

OD : 0,75 in

ID : 0,67 in

BWG : 8

ΔP perhitungan : 0,362 psi

ΔP diijinkan : 10 psi

Harga : \$ 16.701

12. *Reboiler (RB-01)*

Fungsi : Menguapkan cairan yang keluar dari Menara
Distilasi (MD-01) sebagai hasil bawah

Jenis : *Stainless steel SA 167 Grade 3 type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi pipa

A : 664,96 ft²

Ud : 15, 677 Btu/jam.ft².°F

Uc : 16,450 Btu/jam.ft².°F

Rd : 0,003

Cold Fluid (Shell)

OD : 4,5 in

ID : 4,026 in
Surface area : 1,178 ft²/ft
 ΔP perhitungan : 0,032 psi
 ΔP diijinkan : 10 psi

Hot Fluid (Tube)

OD : 3,5 in
ID : 3,068 in
Surface area : 0,917 ft²/ft
 ΔP perhitungan : 0,0048 psi
 ΔP diijinkan : 10 psi

Harga : \$ 44.396

13. *Accumulator* (ACC-01)

Fungsi : Menampung keluaran kondensor pada
Menara Distilasi (MD-01)

Jenis : *Horizontal cylinder*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

Suhu : 67°C

Tekanan : 1 atm

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167 grade 3 type*

304

Kapasitas tangki : 0,52 m³

Dimensi *shell*

Diameter : 0,47 m

Panjang : 2,82 m

Tebal : 0,19 in

Dimensi head

Diameter : 30 in

Panjang : 0,13 m

Tebal : 0,19 in

Panjang total : 3,07 m

14. *Heater 1 (HE-01)*

Fungsi : Memanaskan temperature keluaran
Decanter 1 (DC-01) dari 40°C menjadi 70°C
menuju Reaktor 1 (R-01)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Type 316*

Beban panas : 388076,419 kg/jam

Jumlah *hairpin* : 2 buah

Annulus (Heavy Organic)

T in : 40°C

T out : 70°C

OD : 3,5 in

ID : 3 in

Pressure drop : 0,0064 psi

Surface area : 0,917 ft²/ft

Inner pipe (steam)

T in : 100°C

T out : 100°C

OD : 3 in

ID : 2,07 in

Pressure drop : 0,00003 psi

Surface area : 0,753 ft²/ft

Harga : \$ 2.800

15. *Heater 2 (HE-02)*

Fungsi : Memanaskan temperature keluaran *Mixer* (M-01) dari 30°C menjadi 70 °C menuju reaktor (R-01)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Type 316*

Beban panas : 927696,046 kg/jam

Jumlah *hairpin* : 2 buah

Annulus (Heavy Organic)

T in : 30°C

T out : 70°C

OD : 4,5 in

ID : 4,026 in

Pressure drop : 0,186 psi

Surface area : 1,178 ft²/ft

Inner pipe (steam)

T in : 100°C

T out : 100°C

OD : 3,5 in

ID : 3,068 in

Pressure drop : 0,00315 psi

Surface area : 0,917 ft²/ft

Harga : \$ 41.700

16. *Heater 3 (HE-03)*

Fungsi : Memanaskan temperature umpan metanol dan air dari 40°C menjadi 84 °C dari *Decanter* 2 (DC-02) menuju Menara Distilasi (MD-01)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Type 316*

Beban panas : 1760260,917 kg/jam

Jumlah *hairpin* : 2 buah

Annulus (Heavy Organic)

T in : 40°C

T out : 84°C

OD : 4,5 in

ID : 4,026 in

Pressure drop : 0,255 psi

Surface area : 1,178 ft²/ft

Inner pipe (steam)

T in : 100°C

T out : 100°C

OD : 3,5 in

ID : 3,068 in

Pressure drop : 0,00104 psi

Surface area : 0,917 ft²/ft

Harga : \$ 41.700

17. Cooler 1 (CO-01)

Fungsi : Mendinginkan campuran hasil keluaran Reaktor (R-01) dari suhu 70°C ke suhu 40 °C untuk dialirkan ke *Netralizer* (N-01)

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Cold Fluid

T in : 30 °C

T out : 50 °C

ID : 19,25 in

Pitch : 6 in *triangular pitch*

Baffle : 10 in

Pressure drop : 0,224 psi

Hot Fluid

T in : 70 °C

T out : 40 °C

OD : 0,75 in

ID : 0,62 in

BWG : 16

L : 12 ft

Nt : 432

Pressure drop : 0,08 psi

Luas Transfer panas : 432,46 ft²

Uc : 1.337 btu/jam.ft². °F

Ud : 75 btu/jam.ft². °F

Dirt factor : 0,0126 jam.ft². °F/btu

Harga : \$ 28.600

18. Cooler 2 (CO-02)

Fungsi : Mendinginkan campuran hasil keluaran Menara Distilasi (MD-01) dari suhu 65°C ke 30 °C untuk di *recycle* menuju *Mixer* (M-01)

Jenis : *Shell and Tube*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Cold Fluid

T in : 25 °C

T out : 45 °C

ID : 0,75 in

Pitch : 1 in *triangular pitch*

Baffle : 10 in

Pressure drop : $2,55 \times 10^{-7}$ psi

Hot Fluid

T in : 65 °C

T out : 30 °C

OD : 0,75 in

ID : 0,62 in

BWG : 16

L : 12 ft

Nt : 82

Pressure drop : 2,038 psi

Luas Transfer panas : 194 ft²

Uc : 151 btu/jam.ft². °F

Ud : 75 btu/jam.ft². °F

Dirt factor : 0,0067 jam.ft². °F/btu

Harga : \$ 30.100

19. *Expansion Valve 1* (EV-01)

Fungsi : Menurunkan tekanan dari keluaran Reaktor 01 menuju Netralizer dari 2 atm menjadi 1 atm

Jenis : *Globe valve open*

Jumlah : 1

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA316*

Spesifikasi :

ID : 1,38 m
OD : 1,66 m
a't : 0,01 ft²
Le : 12,19 m

20. Tangki Penyimpanan Metanol (T-01)

Fungsi : Menyimpan kebutuhan metanol untuk produksi selama 14 hari

Jenis : Tangki silinder dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk kerucut (*conical*)

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Spesifikasi

Kapasitas tangki : 1188513,315 kg

Volume : 798 m³

Diameter : 12,192 m

Tinggi : 5,486 m

Tebal *shell* : 0,75 in

Jumlah *course* : 9

Tebal *head* : 0,776 in

Tinggi total tangki : 8,7 m

Harga : \$ 456.100

21. Tangki Penyimpanan H₂SO₄ (T-02)

Fungsi : Menyimpan kebutuhan H₂SO₄ untuk produksi selama 14 hari

Jenis : Tangki silinder dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk kerucut (*conical*)

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Spesifikasi

Kapasitas tangki : 7436,399 kg

Volume : 26,674 m³

Diameter : 3,048 m

Tinggi : 3,657 m

Tebal *shell* : 0,75 in

Jumlah *course* : 10

Tebal *head* : 0,103 in

Tinggi total tangki : 5,7 m

Harga : \$ 57.800

22. Tangki Penyimpanan H₃PO₄ (T-03)

Fungsi : Menyimpan kebutuhan H₃PO₄ untuk produksi selama 14 hari

Jenis : Tangki silinder dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk kerucut (*conical*)

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 40°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Spesifikasi

Kapasitas tangki : 3429,492 kg

Volume : 29,35 m³

Diameter : 3,048 m

Tinggi : 3,657 m

Tebal *shell* : 0,31 in

Jumlah *course* : 6

Tebal *head* : 0,097 in

Tinggi total tangki : 5,7 m

Harga : \$ 57.800

23. Tangki Penyimpanan NaOH (T-04)

Fungsi : Menyimpan kebutuhan NaOH untuk produksi selama 14 hari

Jenis : Tangki silinder dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk kerucut (*conical*)

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 40°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Spesifikasi

Kapasitas tangki : 18450,238 kg

Volume : 68,73 m³

Diameter : 4,572 m

Tinggi : 3,657 m

Tebal *shell* : 0,31 in

Jumlah *course* : 6

Tebal *head* : 0,156 in

Tinggi total tangki : 4,87 m

Harga : \$ 97.900

24. Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-05)

Fungsi : Menyimpan kebutuhan biodiesel untuk produksi selama 14 hari

Jenis : Tangki silinder dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk kerucut (*conical*)

Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 30°C
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-167 Type 316</i>
Spesifikasi	
Kapasitas tangki	: 753444,342 kg
Volume	: 307 m ³
Diameter	: 9,144 m
Tinggi	: 3,657 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,63 in
Jumlah <i>course</i>	: 9
Tebal <i>head</i>	: 0,620 in
Tinggi total tangki	: 6 m
Harga	: \$ 241.100

25. Pompa 1 (P-01)

Fungsi	: Mengalirkan hasil keluaran <i>Screw Press</i> (SP-01) menuju <i>Degumming</i> (DG-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-167 Type 316</i>
Kapasitas	: 6,818 m ³ /jam
Daya pompa	: 0,56 Hp
Daya motor	: 1 Hp

Kecepatan putar : 1808 rpm

Harga : \$ 10.600

26. Pompa 2 (P-02)

Fungsi : Mengalirkan H₃PO₄ menuju *Degumming*
(DG-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Kapasitas : 3,807 m³/jam

Daya pompa : 0,92 Hp

Daya motor : 1,50 Hp

Kecepatan putar : 1049 rpm

Harga : \$ 8.000

27. Pompa 3 (P-03)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran *Degummer*
(DG-01) menuju *Decanter 1* (DC-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Kapasitas : 6,818 m³/jam

Daya pompa : 0,92 Hp

Daya motor : 1,50 Hp

Kecepatan putar : 1693 rpm

Harga : \$ 10.600

28. Pompa 4 (P-04)

Fungsi	: Mengalirkan CH ₃ OH menuju <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-167 Type 316</i>
Kapasitas	: 10,020 m ³ /jam
Daya pompa	: 0,88 Hp
Daya motor	: 1,50 Hp
Kecepatan putar	: 2584 rpm
Harga	: \$ 10.600

29. Pompa 5 (P-05)

Fungsi	: Mengalirkan H ₂ SO ₄ menuju <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-167 Type 316</i>
Kapasitas	: 0,029 m ³ /jam
Daya pompa	: 0,01 Hp
Daya motor	: 0,05 Hp
Kecepatan putar	: 400 rpm
Harga	: \$ 1.700

30. Pompa 6 (P-06)

Fungsi	: Mengalirkan hasil keluaran <i>Decanter 1</i> (DC-01) menuju Reaktor (R-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>

Jumlah : 1 buah
Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*
Kapasitas : 5,847 m³/jam
Daya pompa : 0,95 Hp
Daya motor : 1,50 Hp
Kecepatan putar : 1401 rpm
Harga : \$ 9.000

31. Pompa 7 (P-07)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran *Mixer* (M-01)
menuju Reaktor (R-01)
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 buah
Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*
Kapasitas : 4,865 m³/jam
Daya pompa : 0,56 Hp
Daya motor : 1 Hp
Kecepatan putar : 1482 rpm
Harga : \$ 9.600

32. Pompa 8 (P-08)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran Reaktor (R-01)
menuju *Netralizer* (N-01)
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 buah
Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Kapasitas : 17,287 m³/jam

Daya pompa : 1,53 Hp

Daya motor : 2 Hp

Kecepatan putar : 3043 rpm

Harga : \$ 12.600

33. Pompa 9 (P-09)

Fungsi : Mengalirkan NaOH menuju *Netralizer* (N-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Kapasitas : 0,058 m³/jam

Daya pompa : 0,16 Hp

Daya motor : 0,25 Hp

Kecepatan putar : 400 rpm

Harga : \$ 2.100

34. Pompa 10 (P-10)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran *Netralizer* (N-01) menuju *Decanter 2* (DC-02)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Kapasitas : 17,287 m³/jam

Daya pompa : 2 Hp

Daya motor : 3 Hp
Kecepatan putar : 2012 rpm
Harga : \$ 12.600

35. Pompa 11 (P-11)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran *Decanter 2* (DC-02) menuju *Washing Tower* (WT-01)
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 buah
Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*
Kapasitas : 6,136 m³/jam
Daya pompa : 0,59 Hp
Daya motor : 1 Hp
Kecepatan putar : 2307 rpm
Harga : \$ 9.100

36. Pompa 12 (P-12)

Fungsi : Mengalirkan H₂O menuju *Washing Tower* (WT-01)
Jenis : *Centrifugal pump*
Jumlah : 1 buah
Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*
Kapasitas : 0,083 m³/jam
Daya pompa : 0,01 Hp
Daya motor : 0,08 Hp
Kecepatan putar : 219 rpm

Harga : \$ 2.300

37. Pompa 13 (P-13)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran *Decanter 2* (DC-02) menuju Menara Distilasi (MD-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Kapasitas : 11,105 m³/jam

Daya pompa : 1,31 Hp

Daya motor : 1,50 Hp

Kecepatan putar : 1921 rpm

Harga : \$ 11.000

38. Pompa 14 (P-14)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran *Washing Tower* (WT-01) menuju *Decanter 3* (DC-03)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 Type 316*

Kapasitas : 6,209 m³/jam

Daya pompa : 0,56 Hp

Daya motor : 0,75 Hp

Kecepatan putar : 2214 rpm

Harga : \$ 9.100

39. Pompa 15 (P-15)

Fungsi	: Mengalirkan <i>recycle</i> dari Menara Distilasi (MD-01) menuju <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA-167 Type 316</i>
Kapasitas	: 4,897 m ³ /jam
Daya pompa	: 0,63 Hp
Daya motor	: 1 Hp
Kecepatan putar	: 1608 rpm
Harga	: \$ 9.100

3.4 Neraca Massa

a. *Screw Press* (SP)

Tabel 3. 1 Neraca Massa di *Screw Press*

Komponen	Arus masuk (kg/jam)	Arus keluar (kg/jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
Biji karet	25367,834	-	25367,834
Ampas	-	12683,916	-
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	-	446,369
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	-	870,616
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	-	2572,374
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	-	-	376,529
H ₂ O	-	-	3149,224
Gum	-	-	5268,801
Total	25367,834	25367,834	

b. *Degumming* (DG)

Tabel 3. 2 Neraca Massa di *Degumming*

Komponen	Arus masuk (kg/jam)		Arus keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
H ₂ O	3148,594	0,629	3149,224
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	446,369	-	446,369
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	870,616	-	870,616
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	2572,374	-	2572,374
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	376,529	-	376,529
H ₃ PO ₄	-	8,676	8,676
Gum	5268,801	-	5268,801
Total	12692,592		12692,592

c. *Decanter* 1 (DC-01)

Tabel 3. 3 Neraca Massa di *Decanter* 1

Komponen	Arus masuk (kg/jam)	Arus keluar (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
H ₂ O	3149,224	3149,224	-
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	446,369	-	446,369
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	870,616	-	870,616
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	2572,374	-	2572,374
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	376,529	-	376,529
H ₃ PO ₄	8,676	8,676	-
Gum	5268,801	5268,801	-
Total	12692,592	12692,592	

d. Reaktor 1 (R-01)

Tabel 3. 4 Neraca Massa di Reaktor 1

Komponen	Arus Masuk (kg/jam)			Arus Keluar (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	446,369	-	-	22,318
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	870,616	-	-	43,530
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	2572,374	-	-	128,618
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	376,529	-	-	18,826
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	-	-	447,241
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	-	-	868,146
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	-	-	2565,943
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	-	-	375,336
CH ₃ OH	-	-	4952,138	4485,687
H ₂ O	-	0,885	2122,345	3681,773
H ₂ SO ₄	-	43,379	-	43,378
Total	4265,890	44,264	7074,484	12680.803
	12680.803			

e. *Netralizer* (N-01)

Tabel 3. 5 Neraca Massa di *Netralizer* 1

Komponen	Arus masuk (kg/jam)		Arus keluar (kg/jam)
	Arus 10	Arus 11	Arus 12
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	22,318	22,318
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	43,530	43,530
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	128,618	128,618
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	-	18,826	18,826
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	447,241	447,241
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	868,146	868,146
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	2565,943	2565,943
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	375,336	375,336
CH ₃ OH	-	4485,687	4485,687
H ₂ O	38,362	3681,773	3736,071
H ₂ SO ₄	-	43,378	-
NaOH	35,411	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	62,855
Total	73,773	12681.803	
	12754,576		12754,576

f. *Decanter 2 (DC-02)*

Tabel 3. 6 Neraca Massa di *Decanter 2*

Komponen	Arus masuk (kg/jam)	Arus keluar (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 13	Arus 14
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	22,318	-	22,318
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	43,530	-	43,530
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	128,618	-	128,618
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	18,826	-	18,826
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	447,241	-	447,241
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	868,146	-	868,146
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	2565,943	-	2565,943
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	375,336	-	375,336
CH ₃ OH	4485,687	4378,840	106,847
H ₂ O	3736,071	3728,859	7,211
Na ₂ SO ₄	62,855	62,855	-
Total	12754,576	8170,554	4584,023
		12754,576	

g. *Washing Tower (WT-01)*

Tabel 3. 7 Neraca Massa di *Washing Tower*

Komponen	Arus masuk (kg/jam)		Arus keluar (kg/jam)
	Arus 14	Arus 15	Arus 16
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	22,318	-	22,318
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	43,530	-	43,530
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	128,618	-	128,618
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	18,826	-	18,826
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	447,241	-	447,241
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	868,146	-	868,146
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	2565,943	-	2565,943
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	375,336	-	375,336
CH ₃ OH	106,847	-	106,847
H ₂ O	7,211	1117,491	1124,703
Total	4584,023	1117,491	5701,117
	5701,117		

h. *Decanter 3 (DC-03)*

Tabel 3. 8 Neraca Massa di *Decanter 3*

Komponen	Arus masuk (kg/jam)	Arus keluar (kg/jam)	
	Arus 16	Arus 17	Arus 18
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	22,318	22,318	-
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	43,530	43,530	-
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	128,618	128,618	-
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	18,826	18,429	-
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	447,241	447,241	-
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	868,146	868,146	-
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	2565,943	2565,943	-
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	375,336	375,336	-
CH ₃ OH	106,847	7,241	85,598
H ₂ O	1124,703	22,780	1117,457
Total	5701,117	4499,586	1203,055
		5701,117	

i. *Menara Distilasi (MD-01)*

Tabel 3. 9 Neraca Massa di *Menara Distilasi 1*

Komponen	Arus Masuk (kg/jam)	Arus keluar (kg/jam)	
	Arus 13	Arus 19	Arus 20
CH ₃ OH	4378,840	1313,652	3065,188
H ₂ O	3728,859	3616,993	111,865
Na ₂ SO ₄	62,855	62,855	-
Total	8170,554	4993,500	3177,054
		8170,554	

j. *Condensor (CD-01)*

Tabel 3. 10 Neraca Massa di *Condensor*

Komponen	Masuk		Keluar			
	kmol/jam	kg/jam	<i>Reflux</i>		<i>Distilat</i>	
			kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CH ₃ OH	85,531	2736,998	34,569	1106,207	50,962	1630,790
H ₂ O	3,317	59,698	0,045	0,814	3,271	58,883
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-
Sub Total	88,847	2796,696	34,614	1107,022	54,234	1689,675
Total		2796,696		2796,696		

k. *Reboiler* (RB-01)

Tabel 3. 11 Neraca Massa di *Reboiler*

Komponen	Masuk		Keluar			
			<i>Reflux</i>		<i>Distilat</i>	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CH ₃ OH	37,554	1201,750	14,664	469,260	22,890	732,490
H ₂ O	178,945	3221,024	69,874	1257,747	109,070	1963,276
Na ₂ SO ₄	0,382	54,275	0,149	21,193	0,233	33,081
Sub Total	216,882	4477,094	1748,201	1748,201	132,194	2728,848
Total	4477,049		4477,049			

l. Neraca Massa Total

Tabel 3. 12 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
CH ₃ OH	4952,138	4485,687
H ₂ SO ₄	43,379	-
H ₂ O	3419,394	3681,773
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	446,369	22,318
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	870,616	43,531
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	2572,374	128,619
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	376,529	18,429
NaOH	35,411	-
Na ₂ SO ₄	-	62,885
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	447,242
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	868,146
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	2565,943
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	375,336
Total	12716,214	12716,214

3.5 Neraca Panas

a. *Decanter* 1 (DC-01)

Tabel 3. 13 Neraca Panas di *Decanter* 1

Komponen	Masuk	Keluar	
	$\Delta H1$ (kJ/jam)	$\Delta H1$ (kJ/jam)	$\Delta H1$ (kJ/jam)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	8158,657	8158,657	-
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	14653,946	14653,946	-
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	41076,999	41076,999	-
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	7100,354	7100,354	-
H ₂ O	205160,960	-	205160,960
H ₃ PO ₄	115,401	-	115,401
Total	276266,320	70989,958	205276,361
		276266,320	

b. Reaktor (R-01)

Tabel 3. 14 Neraca Panas di Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	46504,346	2325,217
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	94243,581	4712,179
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	234138,898	11706,944
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	35870,100	1793,505
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	41193,045
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	80145,784
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	223215,090
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	36844,480
CH ₃ OH	794739,354	719881,393
H ₂ SO ₄	774349,324	833767,085
H ₂ O	1557,178	1557,178
ΔH reaksi	-192,218	-
Qserap	-	24068,660
Total	1981210,565	1981210,565

c. *Netralizer* (N-01)

Tabel 3. 15 Neraca Panas di *Netralizer*

Komponen	Masuk	Keluar
	Q (kJ/jam)	Q (kJ/jam)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	203,966	203,966
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	7853,631	177,508
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1026,925	1026,925
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	366,348	366,348
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	3613,425	3613,425
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	3019,110	3019,110
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	19580,271	19580,271
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	7526,004	7526,004
CH ₃ OH	63147,490	63147,490
H ₂ SO ₄	158,273	-
H ₂ O	73673,381	73946,570
NaOH	199,933	-
Na ₂ SO ₄	-	197,131
ΔH reaksi	17,978	-
Qserap	-	7581,989
Total	180386,741	180386,741

d. *Decanter 2 (DC-02)*

Tabel 3. 16 Neraca Panas di *Decanter 2*

Komponen	Masuk	Keluar	
	$\Delta H1$ (kJ/jam)	$\Delta H1$ (kJ/jam)	$\Delta H1$ (kJ/jam)
$C_{16}H_{32}O_2$	407,932	407,932	-
$C_{18}H_{34}O_2$	355,017	826,698	-
$C_{18}H_{32}O_2$	2053,850	2053,850	-
$C_{18}H_{36}O_2$	732,697	314,650	-
$C_{17}H_{34}O_2$	7226,850	7226,850	-
$C_{19}H_{36}O_2$	6038,220	14060,663	-
$C_{19}H_{34}O_2$	39160,542	39160,542	-
$C_{19}H_{38}O_2$	15052,008	1504,148	-
CH_3OH	126294,981	123,639	124790,833
H_2O	128101,029	-	127977,390
Na_2SO_4	394,2620	-	349,262
Total	325817,392	72142,918	253162,486
		325817,392	

e. *Washing Tower (WT-01)*

Tabel 3. 17 Neraca Panas di *Washing Tower*

Komponen	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
$C_{16}H_{32}O_2$	407,932	407,932
$C_{18}H_{34}O_2$	355,017	355,017
$C_{18}H_{32}O_2$	2053,850	2053,850
$C_{18}H_{36}O_2$	732,697	732,697
$C_{17}H_{34}O_2$	7226,850	7226,850
$C_{19}H_{36}O_2$	6038,220	6038,220
$C_{19}H_{34}O_2$	39160,542	39160,542
$C_{19}H_{38}O_2$	15052,008	15052,008
H_2O	2367,459	2367,459
Total	73394,578	73394,578

f. *Decanter 3 (DC-03)*

Tabel 3. 18 Neraca Panas di *Decanter 3*

Komponen	Masuk	Keluar	
	ΔH_1 (kJ/jam)	ΔH_1 (kJ/jam)	ΔH_1 (kJ/jam)
$C_{16}H_{32}O_2$	407,932	407,932	-
$C_{18}H_{34}O_2$	355,017	355,017	-
$C_{18}H_{32}O_2$	2053,850	2053,850	-
$C_{18}H_{36}O_2$	732,697	732,697	-
$C_{17}H_{34}O_2$	7226,850	7226,850	-
$C_{19}H_{36}O_2$	6038,220	6038,220	-
$C_{19}H_{34}O_2$	39160,542	39160,542	-
$C_{19}H_{38}O_2$	15052,008	15052,008	-
CH_3OH	1504,148		351,558
H_2O	2491,098	249,796	2239,190
Total	75022,366	72142,918	2590,748
		75022,366	

g. *Menara Distilasi (MD-01)*

Tabel 3. 19 Neraca Panas di *Menara Distilasi*

Komponen	Masuk	Keluar
	Δh_{in} (kJ/jam)	Δh_{out} (kJ/jam)
ΔH umpan	1032420,603	-
ΔH distilat	-	222229,785
ΔH condensor	-	-608767,872
ΔH bottom	-	703979,623
ΔH reboiler	-714979,067	-
Total	317441,536	317441,536

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pada perancangan pabrik, penentuan lokasi pabrik merupakan aspek yang perlu diperhatikan dan sangat penting. Karena lokasi pabrik dapat menunjang faktor produksi serta nilai ekonomis dari pabrik yang dibangun. Namun dalam penentuan lokasi pabrik juga tidak lepas dari beberapa pertimbangan, antara lain: ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, kondisi iklim dan cuaca, sumber air, sumber listrik, ketersediaan tenaga kerja.

Berdasarkan faktor-faktor pertimbangan tersebut, Pabrik Biodiesel dari Minyak Biji Karet dengan Kapasitas 38.000 Ton/Tahun direncanakan akan didirikan di Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Hal tersebut dikarenakan Banyuasin merupakan daerah kawasan perkebunan karet, dekat dengan perkotaan, serta dikelilingi sungai yang dapat menjadi akses pengolahan limbah yang ramah lingkungan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi pabrik antara lain:

4.1.1 Faktor Primer penentuan lokasi Pabrik Biodiesel

Faktor primer dalam penentuan lokasi Pabrik Biodiesel adalah sebagai berikut:

a. Ketersediaan Bahan Baku

Dalam sebuah produksi, bahan baku menjadi bagian paling utama untuk menunjang keberhasilan proses produksi. Maka dari itu kebutuhan dan ketersediaan bahan baku perlu diperhatikan. Dalam perancangan pabrik biodiesel ini,

menggunakan bahan baku biji karet yang didapat dari perkebunan karet. Pemilihan lokasi pabrik di Kabupaten Banyuasin merupakan pemilihan yang tepat dalam aspek ketersediaan bahan baku, dimana biji karet dapat diperoleh di kawasan perkebunan karet di sekitar Sumatera Selatan, seperti Muara Enim, Prabumulih, dan sekitarnya. Dengan demikian lokasi tersebut masih dapat dijangkau melalui transportasi darat sehingga dapat mempermudah penyediaan pasokan bahan baku serta dapat mengurangi biaya transportasi.

b. Pemasaran

Lokasi pemasaran juga memegang peran penting dalam menunjang keberhasilan sebuah pabrik. Dimana apabila strategi pemasaran yang tepat dapat menghasilkan keuntungan secara ekonomi serta dapat menjamin keberlangsungan proses produksi pabrik.

c. Transportasi

Pabrik biodiesel ini akan didirikan di Banyuasin untuk mempermudah pengangkutan dan pemasaran produk, karena lokasi pabrik yang dekat dengan pelabuhan dan jalan transportasi yang nyaman. Sehingga diharapkan untuk keberlanjutan pemasaran dapat diarahkan ke berbagai pulau yang ada di Indonesia seperti pulau Jawa dan dipasarkan ke luar negeri dapat beroperasi dengan baik.

d. Kondisi Iklim dan Cuaca

Kondisi iklim dan cuaca yang stabil dapat mempengaruhi proses produksi serta menjadi faktor yang dapat membantu pekerja untuk bekerja dalam keadaan lingkungan yang baik.

e. Sumber Air

Sumber air menjadi salah satu aspek penting untuk menunjang proses produksi suatu pabrik. Pabrik biodiesel ini terletak di Banyuasin dimana dikelilingi oleh sungai Musi maka kebutuhan air dapat terpenuhi dengan baik.

f. Sumber Listrik

Bahan bakar dan listrik juga salah satu faktor yang sangat penting dalam menunjang proses produksi suatu pabrik. Pada pabrik biodiesel ini sumber listrik yang utama diperoleh dari PLN (Perusahaan Listrik Negara).

g. Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja menjadi modal utama untuk membangun suatu pabrik. Untuk itu diperlukan beberapa karakter pekerja yang baik seperti produktif, mau berlatih dalam aspek apapun, serta memiliki tingkat rasa ingin tahu yang besar. Dalam sebagian tenaga kerja dapat diperoleh dari sekitar lokasi didirikannya pabrik.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik Biodiesel

Faktor sekunder dalam penentuan lokasi Pabrik Biodiesel adalah sebagai berikut:

a. Perluasan Area Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan pembangunan produksi Sumatera Selatan yaitu Banyuasin, sehingga jika terjadinya perluasan area pabrik tidak akan mengganggu pemukiman warga penduduk yang berada di wilayah sekitar.

b. Perijinan

Lokasi pabrik akan didirikan di kawasan khusus industri yang mempermudah dalam perijinan pendirian pabrik kepada pemerintah. Sehingga diharapkan dengan adanya pendirian pabrik ini dapat memberikan kesejahteraan bagi masyarakat sekitar dan dapat mengembangkan daerah sekitar.

c. Sarana dan Prasarana

Pendirian pabrik juga harus mempertimbangkan daerah yang memiliki sarana dan prasarana yang memadai untuk keberlangsungan hidup tenaga kerja. Sarana dan prasarana meliputi jalan, tempat ibadah, tempat makan, tempat hiburan, rumah sakit, bank, sekolah.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik adalah tempat di mana bagian-bagian pabrik berkumpul, termasuk tempat kerja karyawan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat peralatan, dan fasilitas seperti taman dan tempat parkir. Tata letak pabrik dirancang untuk mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi proses produksi, sehingga pabrik dapat beroperasi dengan efektif dan efisien. Untuk memperkirakan biaya sebelum

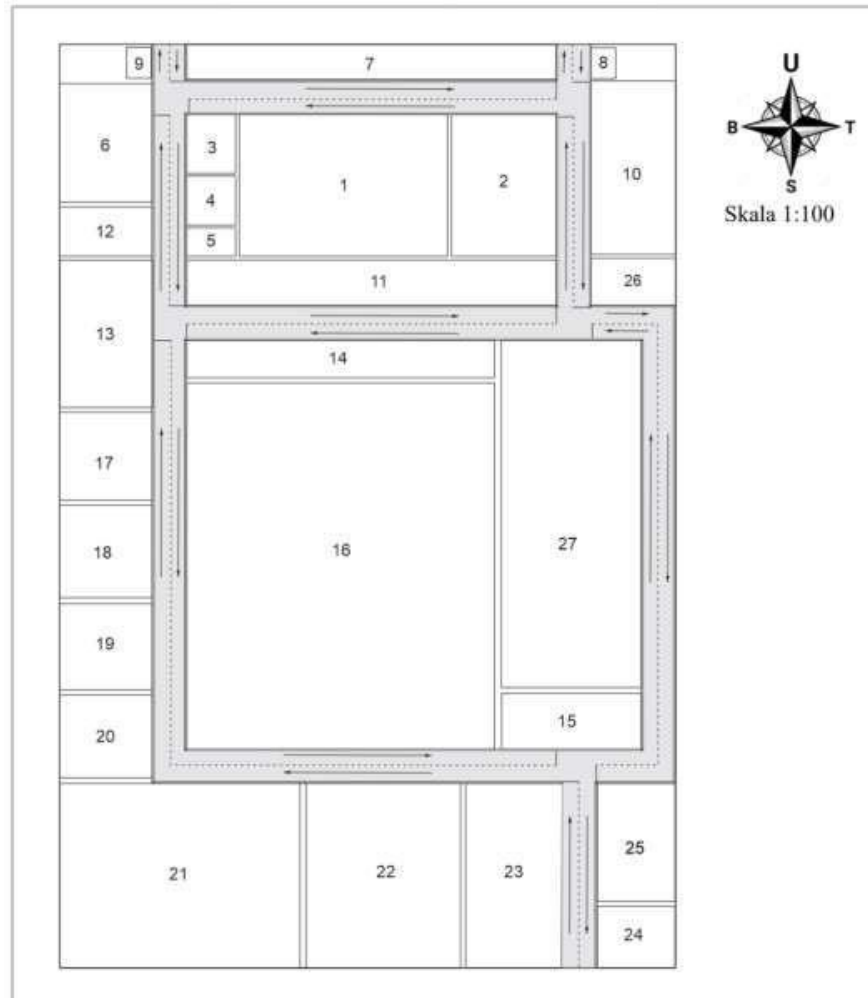
mendirikan pabrik dan memastikan operasi yang optimal, tata letak pabrik harus seefisien mungkin dari segi fungsi dan ekonomi. Dalam membuat tata letak pabrik, hal-hal berikut harus diperhatikan:

- a. Urutan pada proses produksi
- b. Perluasan lokasi yang akan diperkirakan untuk masa mendatang
- c. Penyaluran ekonomis pada bahan baku, pengadaan air, steam proses, dan tenaga listrik
- d. Perawatan dan perbaikan pabrik
- e. Kepuasan dan keselamatan kerja
- f. Luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksi yang memenuhi syarat
- g. Service area meliputi tempat parkir, kantin, ruang ibadah, dan sebagainya harus diatur sebaik mungkin agar jaraknya tidak jauh dari tempat kerja
- h. Masalah mengenai safety yang memungkinkan terjadinya kecelakaan, kebakaran dan sebagainya
- i. Mengikuti peraturan daerah setempat
- j. Masalah tempat pembuangan limbah

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan

No.	Lokasi	Bangunan		Luas (m ²)	Tanah		Luas (m ²)
		Panjang	Lebar		Panjang	Lebar	
1	Kantor	45	15	675	49,5	16,5	816,7
2	Gedung Serbaguna	20	14	280	22	15,4	338,8
3	Masjid	10	8	80	11	8,8	96,8
4	Kantin	8	8	64	8,8	8,8	77,44
5	Koperasi	8	5	40	8,8	5,5	48,4
6	Area parkir utama	20	15	300	22	16,5	363
7	Pos satpam 1	5	4	20	5,5	4,4	24,2
8	Pos satpam 2	5	4	20	5,5	4,4	24,2
9	Poliklinik	14	7	98	15,4	7,7	118,6
10	Gudang	23	15	345	25,3	16,5	417,5
11	<i>Loading space 1</i>	45	7	315	49,5	7,7	381,2
12	<i>Loading space 2</i>	21	7	147	23,1	7,7	177,9
13	Area proses	65	35	2275	71,5	38,5	2752,8
14	Ruang alat	15	10	150	16,5	11	181,5
15	Laboratorium	12	15	180	13,2	16,5	217,8
16	Ruang <i>control process</i>	12	15	180	13,2	16,5	217,8
17	Ruang <i>control utilitas</i>	12	15	180	13,2	16,5	217,8
18	Area utilitas	24	10	240	26,4	11	290,4
19	Area parkir truk	20	16,5	330	22	18,15	399,3
20	Ruang listrik	12	10	120	13,2	11	145,2
21	Bengkel	17	9	153	18,7	9,9	185,1
22	Area pemadam kebakaran	14	8	112	15,4	8,8	135,5
23	UPL	25	20	500	28	22	605
24	Halaman depan kantor	50	4	200	55	4,4	242
25	Halaman belakang kantor	60	8	480	66	8,8	580,8
26	Perluasan pabrik	50	25	1250	55	27,5	1512,5
27	Taman	24	14	336	26,4	15,4	406,56
28	jalan	-	-	3.951	-	-	4.390
Luas Bangunan				13.021	-	-	-
Luas Tanah							15.365



Gambar 4. 1 Tata Letak Pabrik

Keterangan

- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 1. Kantor | 15. Area <i>loading space</i> 2 |
| 2. Gedung Serbaguna | 16. Area proses |
| 3. Masjid | 17. Ruang alat |
| 4. Kantin | 18. Laboratorium |
| 5. Koperasi | 19. Ruang <i>control process</i> |
| 6. Area parkir utama | 20. Ruang <i>control utilitas</i> |
| 7. Halaman depan kantor | 21. Area utilitas |
| 8. Pos satpam 1 | 22. UPL |
| 9. Pos satpam 2 | 23. Area parkir truk |
| 10. Taman | 24. Ruang listrik |

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 11. Halaman belakang kantor | 25. Bengkel |
| 12. Poliklinik | 26. Area pemadam kebakaran |
| 13. Gudang | 27. Perluasan pabrik |
| 14. Area <i>loading space</i> 1 | |

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Mechines Layout*)

Peralatan proses yang disusun sebagaimana tepatnya akan berpengaruh pada kondisi konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien. Berikut adalah faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penempatan tata letak alat proses yaitu:

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang sesuai dengan alur proses yang tepat dapat memberikan keuntungan ekonomi yang besar, serta menunjang keamanan dan kelancaran produksi.

b. Aliran Udara

Aliran udara pada suatu proses perlu diperhatikan agar dapat terjadi sirkulasi udara dan gas buang yang lancar. Sirkulasi udara yang lancar diperuntukkan guna menghindari terjadinya stagnasi udara pada tempat yang dapat terjadi dengan adanya penumpukan bahan kimia berbahaya, sehingga menimbulkan bahaya keselamatan bagi tenaga kerja.

c. Pencahayaan

Pengaturan pencahayaan pada area pabrik diperlukan perhatian khusus, terutama pada area pabrik yang memiliki resiko tinggi atau bahaya dari kecelakaan. Area tersebut umumnya adalah area yang terdapat bahan kimia yang mudah terbakar maka pencahayaannya perlu dijaga supaya tidak terjadi percikan atau ledakan pada pencahayaan pada

tempat-tempat proses tersebut berlangsung. Tujuan dari hal tersebut yaitu untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kecelakaan pabrik.

d. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

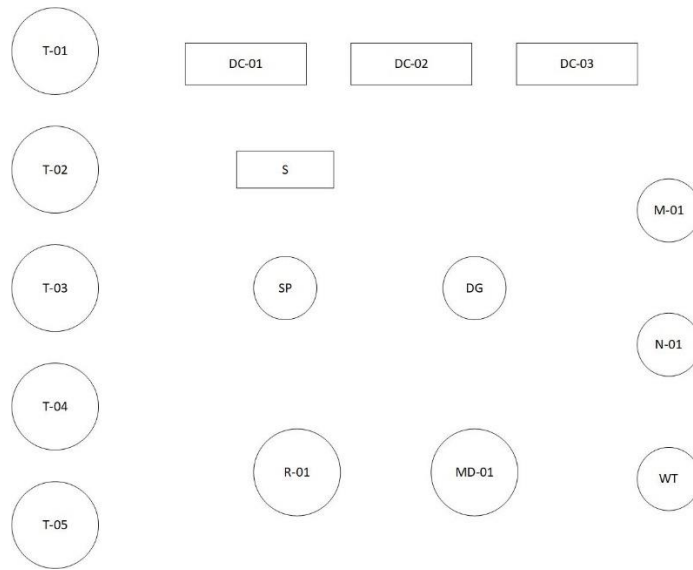
Faktor ini harus diperhatikan dalam menentukan tata letak proses, agar para pekerja dapat bekerja dengan mudah dan cepat apabila terdapat gangguan pada proses produksi supaya pekerja dapat dengan cepat memperbaiki gangguan tersebut. Namun dalam hal ini keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

e. Pertimbangan Ekonomi

Penyusunan tata letak alat proses yang optimum diharapkan dapat meminimalisir pengeluaran biaya operasi dan dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengutamakan aspek keamanan dan keselamatan pekerja.

f. Jarak Antar Alat Proses

Pada penentuan Jarak alat proses, proses yang memiliki suhu dan tekanan yang tinggi perlu dipisahkan dari alat proses yang lain. Hal tersebut bertujuan untuk melindungi alat-alat proses lainnya jika adanya kebakaran atau ledakan pada alat proses yang memiliki suhu dan tekanan yang tinggi.



Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses skala 1:100

Keterangan

T : Tangki Penyimpanan

S : Silo

SP : *Screw Press*

DG: *Degummer*

M : *Mixer*

N : *Netralizer*

WT : *Washing Tower*

R : Reaktor

MD : Menara Distilasi

DC : *Decanter*

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Oleh karena pengoperasian pabrik biodiesel minyak biji karet memerlukan manajemen yang baik, maka diperlukan struktur organisasi yang terstruktur agar pembagian tugas dan tanggung jawab dapat berjalan dengan baik dan akurat. Pembangunan pabrik dengan kapasitas produksi tahunan sebesar 38.000 ton dengan status PT (perseroan terbatas). Menurut Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2007, Perseroan Terbatas (PT) adalah badan hukum berdasarkan akad, yang kegiatan usahanya dilakukan dengan modal dasar terbagi

atas saham, disebut juga badan hukum. Saham adalah surat berharga yang diterbitkan oleh perseorangan atau korporasi dan dimiliki oleh pemegang saham sebagai bentuk kepemilikan atas korporasi tersebut dengan penyertaan modal yang disetor. Dalam perusahaan PT, pemegang saham hanya perlu membayar sejumlah tertentu untuk setiap sahamnya. Alasan memilih perusahaan berbentuk perseroan terbatas (PT) adalah:

- a. Kemudahan dalam mendapatkan modal, yaitu dilakukan dengan menjual saham perusahaan maupun dari bank.
- b. Kelancaran produksi hanya dapat dipegang oleh pengurus perusahaan, karena tanggung jawab yang dimiliki pemegang saham sangat terbatas.
- c. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
- e. Lapangan usaha yang lebih luas dikarenakan suatu perusahaan perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari

masyarakat sehingga dengan modal ini dapat untuk memperluas usaha.

- f. Dapat dengan mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Berdirinya sebuah perusahaan tentu saja memiliki struktur atau organisasi perusahaan yang baik dan sesuai dengan mekanisme manajemen yang berlaku agar memiliki sebuah pembagian tugas maupun wewenang yang baik di dalam menjalankan sebuah perusahaan. Berdasarkan hal tersebut maka dibutuhkan struktur organisasi yang baik di dalam perusahaan. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dengan perusahaan lainnya bermacam macam atau tidak sama karena harus berdasarkan dengan bentuk maupun kebutuhan dari masing masing perusahaan itu sendiri. Selain itu, dengan adanya struktur organisasi dapat membantu perusahaan untuk mengatur dan membagi bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang, dan tanggung jawab dari masing-masing bagian atau divisi yang terbentuk di dalam perusahaan tersebut. Dalam menjalankan garis organisasi dipengaruhi oleh dua kelompok, yaitu:

- a. Sebagai ahli atau *line* adalah orang yang bertugas melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan organisasi.
- b. Sebagai *staff* adalah pegawai dengan keahlian unik dan berfungsi sebagai penasihat unit operasional.

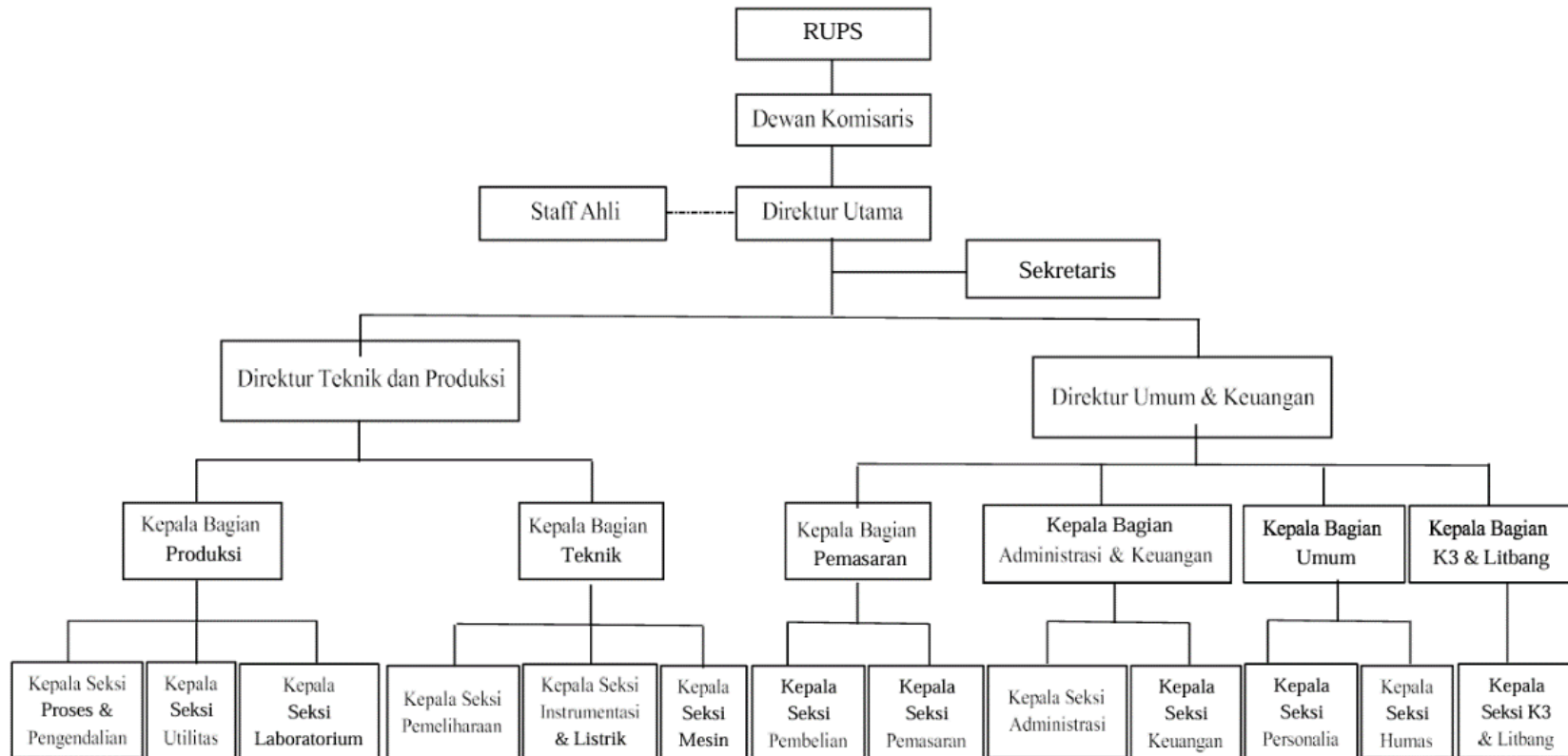
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan diwakili oleh direksi dalam menjalankan operasional sehari-hari, sedangkan tanggung jawab pengurusan perusahaan dilaksanakan oleh direksi yang dibantu oleh manajer operasional dan manajer operasional departemen keuangan dan umum. Direktur wilayah produksi bertanggung jawab atas produksi, pasokan, pemeliharaan, pengembangan, dan kontrol kualitas. Direktur Keuangan dan Pelaksana saat ini membawahi bidang pemasaran, administrasi, keselamatan, kesehatan, keselamatan kerja dan lingkungan. Setiap kepala departemen mengepalari beberapa departemen (*supervisor*) dan mengelola serta mengawasi beberapa karyawan atau karyawan di setiap departemen. Karyawan perusahaan dibagi menjadi beberapa kelompok tim yang masing-masing dipimpin oleh seorang pemimpin tim yang bertanggung jawab kepada seorang *supervisor* di setiap departemen. Untuk mencapai kelancaran produksi, diperlukan tenaga khusus yang terdiri dari para ahli di bidangnya. Karyawan yang berbakat memberikan ide dan nasihat kepada manajemen untuk mencapai tujuan perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai materi pengantar untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.

4. Penyusunan rencana pengembangan manajemen.
5. Penataan ulang langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar dan tidak memenuhi syarat.

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN



Gambar 4. 3 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

Seperti yang diketahui dalam suatu Perseroan Terbatas terdapat organ-organ di dalamnya yang memegang wewenang dan tanggung jawab serta tugasnya masing-masing. Organ-organ tersebut terdiri dari Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS), Direksi dan Dewan Komisaris. Pasal 1 angka 4, angka 5 dan angka 6 Undang-undang Nomor 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas (UUPT) mengatur definisi yang dimaksud dengan ketiga organ tersebut.

a. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Kewenangan tertinggi dalam struktur organisasi lini dan staf adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dihadiri oleh pemegang saham dan direksi dan diadakan minimal setahun sekali untuk terus memantau dan mengevaluasi operasional perusahaan. Namun untuk hal yang mendesak dapat diadakan RUPS sesuai aturan forum. Hak dan keistimewaan RUPS adalah:

1. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur serta mengesahkan anggota pemegang saham apabila mengundurkan diri sesuai dengan musyawarah
3. Mengesahkan hasil-hasil kerja serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan
4. Menetapkan besar keuntungan tahunan yang diperoleh untuk dibagikan, disimpan, atau ditanamkan kembali.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih melalui RUPS, yang bertindak sebagai eksekutif pemegang saham dan oleh karena itu bertanggung jawab kepada pemegang saham. Tugas Dewan Komisaris antara lain:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya
2. Mengawasi tugas-tugas direktur utama
3. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting

c. Direktur Utama

Pimpinan tertinggi perusahaan adalah direktur utama. Dia membawahi Direktur Produksi dan Teknik serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur Utama juga bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala keputusan yang dia ambil sebagai pimpinan perusahaan.

Direktur utama membawahi beberapa direktorat yaitu:

1. Direktorat Teknik dan Produksi

Selain mengawasi kesinambungan operasional pabrik, Direktorat Teknik dan Produksi membawahi Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, dan Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu. Direktorat ini juga bertanggung jawab untuk merumuskan kebijakan teknik operasi.

2. Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Selain melaksanakan kebijakan pemasaran, Direktorat Keuangan dan Pemasaran terdiri dari Bagian Keuangan dan Bagian Pemasaran. Mereka juga bertanggung jawab untuk menyusun dan mengalokasikan anggaran dan pendapatan perusahaan.

3. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Administrasi, humas, keamanan, keselamatan kerja, dan personalia adalah tugas dan wewenang yang dimiliki oleh Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum. Direktorat ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), dan Lingkungan, Bagian Umum dan Keamanan, dan Bagian Administrasi, dan Sumber Daya Manusia.

Tugas-tugas Direktur Utama meliputi:

1. Memimpin dan mengembangkan perusahaan secara efektif dan efisien.
2. Merumuskan dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS.
3. Mengusulkan kerjasama dengan pihak eksternal demi kepentingan perusahaan.
4. Mewakili perusahaan untuk menjalin hubungan maupun perjanjian- perjanjian dengan pihak ketiga.

5. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap orang yang bekerja dalam perusahaan.

d. Staff Ahli

Staff ahli memiliki tugas memberi masukan, berupa saran, nasihat, dan pandangannya terhadap segala aspek operasional yang terlibat dalam perusahaan.

Tugas dan wewenang staff ahli antara lain:

1. Memberikan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan
2. Mengadakan evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan
3. Memberikan saran dalam bidang hukum.

e. Kepala Bagian

Kepala divisi bertanggung jawab kepada direktur utama. Kepala bagian memiliki tanggung jawab untuk mengatur, mengawasi, dan mengkoordinasi pelaksanaan tugas sesuai dengan bidang mereka. Kepala bagian mencakup:

1. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan produksi berlangsung secara lancar dan efisien dalam memenuhi target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Adapun tugas Kepala Bagian Produksi adalah sebagai berikut:

- a. Mengawasi semua kegiatan proses produksi yang berlangsung di lantai pabrik seperti pemotongan, pengeleman, perakitan, dan proses lainnya.
- b. Mengkoordinir dan mengarahkan setiap bawahannya serta menentukan pembagian tugas bagi setiap bawahannya.
- c. Mengawasi dan mengevaluasi seluruh kegiatan produksi agar dapat mengetahui kekurangan dan penyimpangan/kesalahan sehingga dapat dilakukan perbaikan untuk kegiatan berikutnya.

2. Kepala Bagian Teknik

Adapun tugas Kepala Bagian Teknik adalah sebagai berikut:

- a. Bertanggung jawab atas tersedianya mesin, peralatan dan kebutuhan listrik demi kelancaran produksi
- b. Mendelegasikan dan mengkoordinir tugas - tugas di bagian perawatan mesin dan listrik.

3. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala Bagian Pemasaran bertanggung jawab atas segala yang berhubungan dengan pemasaran produk dalam perusahaan sampai ke konsumen. Adapun tugas Kepala Bagian Pemasaran adalah sebagai berikut:

- a. Bertugas untuk melakukan analisis pasar, meneliti persaingan dan kemungkinan perubahan permintaan serta mengatur distribusi produksi.

- b. Menentukan kebijaksanaan dan strategi pemasaran perusahaan yang mencakup jenis produk yang akan dipasarkan, harga pendistribusian dan promosi.
 - c. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen dan tingkat persaingan sehingga dapat ditentukan rencana volume (jumlah) penjualan.
4. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu
- Adapun tugas Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu yaitu untuk mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.
5. Kepala Bagian Administrasi
- Adapun tugas Kepala Bagian Administrasi yaitu untuk bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia, dan rumah tangga perusahaan.
6. Kepala Bagian Humas dan Keamanan
- Adapun tugas Kepala Bagian Humas dan Keamanan yaitu untuk bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.
7. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Adapun tugas Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan yaitu untuk bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

f. Kepala Seksi

Kepala seksi bertanggung jawab atas pelaksanaan tugas di lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang ditetapkan oleh para kepala bagian masing-masing. Berikut ini adalah tanggung jawab dan wewenang kepala seksi:

1. Kepala Seksi Pembelian Bahan Baku

Kepala Bagian Pembelian Bahan Baku bertanggung jawab atas persediaan bahan baku di gudang. Adapun tugas Kepala Bagian Pembelian Bahan Baku adalah menyediakan bahan baku yang diminta oleh bagian perencanaan sesuai dengan kebutuhan order.

2. Kepala Seksi Proses

Bertanggung Jawab Memimpin langsung seta memantau proses produksi.

3. Kepala Seksi Utilitas

Bertanggung jawab terhadap penyiapan air , steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

4. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel
Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.
5. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi
Bertanggung jawab terhadap penyediaan Listrik serta kelancaran alat alat instrumentasi.
6. Kepala Seksi Keuangan
Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.
7. Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan
Bertanggung jawab dalam mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.
8. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu
Bertanggung jawab menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.
9. Kepala Seksi Pemasaran
Bertanggung jawab dalam mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

10. Kepala Seksi Tata Usaha

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

11. Kepala Seksi Personalia

Bertanggung jawab dalam mengkoordinasikan dengan kepegawaian.

12. Kepala Seksi Humas

Bertanggung jawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan , pemerintah dan masyarakat.

13. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Bertanggung jawab mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, saerta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

14. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.4.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Biodiesel direncanakan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Jumlah hari kerja selama setahun 330 hari. Hari-hari yang lainnya digunakan untuk perawatan dan perbaikan. Catatan hari kerja:

1. Cuti Tahunan

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

2. Hari Libur Nasional

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

3. Kerja Lembur (*Overtime*)

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

Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua, yaitu karyawan shift dan non shift.

1. Jadwal Non *Shift*

Karyawan *non shift* merupakan karyawan yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi, seperti bagian administrasi, bagian gudang, dan lain-lain. Dalam satu minggu karyawan bekerja selama 5 hari dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari Sabtu, Minggu dan hari besar ditetapkan sebagai hari libur. Yang termasuk karyawan non-shift adalah Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian

serta bawahan yang berada di kantor. Berikut merupakan perincian jam kerja karyawan non-shift sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Jadwal jam kerja karyawan *non shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	07.00 – 16.00	12.00 – 13.00
Jum'at	07.00 – 16.00	11.0 – 13.00

2. Jadwal *Shift*

Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Bagi karyawan shift, setiap 3 hari kerja mendapatkan libur 1 hari dan masuk shift secara bergantian waktunya. Kelompok kerja shift ini di bagi menjadi 3 shift sehari, masing masing bekerja selama 8 jam, sehingga harus dibentuk 4 kelompok, dimana setiap hari 3 kelompok bekerja, sedangkan 1 kelompok libur. Aturan jam kerja karyawan shift:

Tabel 4. 3 Jadwal jam kerja karyawan *shift*

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift 1</i>	07.00 – 15.00	11.00 – 12.00
<i>Shift 2</i>	15.00 – 23.00	19.00 – 20.00
<i>Shift 3</i>	23.00 – 07.00	03.00 – 04.00

Setelah dua hari karyawan masuk *shift 2*, dua hari *shift 3*, dan dua hari *shift 1*, maka karyawan shift ini mendapat libur selama 1 hari. Setiap masuk kerja shift, karyawan diberikan waktu istirahat selama 1 jam secara bergantian. Diluar jam kerja kantor maupun pabrik tersebut. Apabila karyawan masih

dibutuhkan untuk bekerja diluar jam kerja yang telah ditentukan maka kelebihan jam kerja tersebut diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*) dengan perhitungan gaji yang berbeda. Serta untuk hari besar (hari libur nasional), maka karyawan kantor akan diliburkan. Sedangkan karyawan pabrik tetap masuk kerja sesuai jadwal yang sudah ada dengan perhitungan lembur. Masing-masing shift dikepalai oleh satu orang kepala shift. Jadwal kerja masing-masing kelompok sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
B	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
C	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
D	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Tabel 4.4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok (lanjutan)

Kelompok	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
B	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
C	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
D	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S

Keterangan :

P = *Shift* Pagi (07.00 – 15.00)

S = *Shift* Sore (15.00 – 23.00)

M = *Shift* Malam (23.00 – 07.00)

L = Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah tenaga kerja disesuaikan dengan kebutuhan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif.

Tabel 4. 5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)	Gaji/Tahun (Rp)	Total Gaji (Rp)
1	Direktur Utama	1	48.000.000	48.000.000	576.000.000	576.000.000
2	Direktur Teknik dan Operasi	1	38.000.000	38.000.000	456.000.000	456.000.000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	38.000.000	38.000.000	456.000.000	456.000.000
4	Direktur SDM dan Umum	1	38.000.000	38.000.000	456.000.000	456.000.000
5	Kepala Bagian Produksi dan Utilitas	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
6	Kepala Bagian Listrik dan Instrumentasi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
7	Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, Pengendalian Mutu	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
9	Kepala Bagian Administrasi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian (lanjutan)

10	Kepala Bagian Humas dan Keamanan	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
11	Kepala Bagian K3 dan Lingkungan	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
12	Kepala Seksi Proses	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
13	Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
14	Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
15	Kepala Seksi Utilitas	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
16	Kepala Seksi Listrik dan Instrumen	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
17	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
18	Kepala Seksi Laboratorium dan Pengembangan Mutu	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
19	Kepala Seksi Keuangan	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
20	Kepala Seksi Pemasaran	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
21	Kepala Seksi Tata Usaha	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
22	Kepala Seksi Personalia	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian (lanjutan)

23	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
24	Kepala Seksi Keamanan	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
25	Kepala Seksi K3	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
26	Kepala Seksi Lingkungan	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
27	Kepala Seksi Pendataan Audit	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
28	Kepala Seksi Perencanaan Keuangan	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
29	Kepala Seksi Pengendalian Keuangan	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
30	Kepala Seksi Pengadaan Bahan Baku	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
31	Kepala Seksi Pengadaan Bahan Pendukung	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
32	Kepala Seksi Akuntansi	1	10.000.000	10.000.000	120.000.000	120.000.000
33	Sekretaris	4	17.000.000	68.000.000	204.000.000	816.000.000
34	Operator Produksi	30	7.000.000	210.000.000	84.000.000	2.520.000.000
35	Operator Utilitas	15	7.000.000	105.000.000	84.000.000	1.260.000.000
36	Karyawan Produksi	4	6.000.000	24.000.000	72.000.000	288.000.000

Tabel 4.5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian (lanjutan)

37	Karyawan Utilitas	4	6.000.000	24.000.000	72.000.000	288.000.000
38	Karyawan Bahan Baku dan Produk	6	6.000.000	36.000.000	72.000.000	432.000.000
39	Karyawan Listrik, Instrumentasi, dan Pemeliharaan	6	6.000.000	36.000.000	72.000.000	432.000.000
40	Karyawan Litbang	4	6.000.000	24.000.000	72.000.000	288.000.000
41	Karyawan K3 dan Pengolahan Limbah	6	6.000.000	36.000.000	72.000.000	432.000.000
42	Karyawan Kas/Anggaran	4	5.000.000	20.000.000	60.000.000	240.000.000
43	Karyawan Pemasaran/Penjualan	4	5.000.000	20.000.000	60.000.000	240.000.000
44	Karyawan Humas dan Keamanan	8	5.000.000	40.000.000	60.000.000	480.000.000
45	Karyawan Administrasi	6	5.000.000	30.000.000	60.000.000	360.000.000
46	Dokter	2	10.000.000	20.000.000	120.000.000	240.000.000
47	Perawat	4	5.000.000	20.000.000	60.000.000	240.000.000
48	Supir	6	4.000.000	24.000.000	48.000.000	280.000.000
49	Cleaning Service	10	4.000.000	40.000.000	48.000.000	480.000.000
50	Security	9	4.000.000	36.000.000	48.000.000	432.000.000

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

1. Hak Cuti

a. Cuti Tahunan

Dalam satu tahun, setiap karyawan perusahaan memiliki hak untuk mengambil cuti sebanyak 12 hari. Jika hak ini tidak digunakan dalam jangka waktu tersebut, hak cuti tersebut akan hilang dan tidak dapat diperoleh lagi untuk tahun berikutnya.

b. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

c. Cuti Hamil

Bagi tenaga kerja wanita yang akan melahirkan berhak mendapatkan cuti lahiran selama 3 bulan

2. Hari Libur Nasional

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

3. Kerja Lembur (*overtime*)

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

4. Poliklinik

Berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 03/Men/1980 tentang Pemeriksaan Kesehatan Kerja Dalam Penyelenggaraan

Keselamatan Kerja. Salah satu tugas utama klinik perusahaan adalah menangani keadaan darurat dan keadaan darurat di dalam perusahaan. Selain itu, kesehatan karyawan merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam meningkatkan efisiensi produksi. Untuk itu, perusahaan menawarkan fasilitas praktik umum yang dikelola oleh dokter dan perawat.

5. Pakaian Kerja

Pakaian kerja yang diberikan kepada setiap pekerja yaitu sebanyak 3 pasang pada setiap tahunnya.

6. Tunjangan Hari Raya

Tunjangan ini diberikan setiap tahun, yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

7. Jamsostek

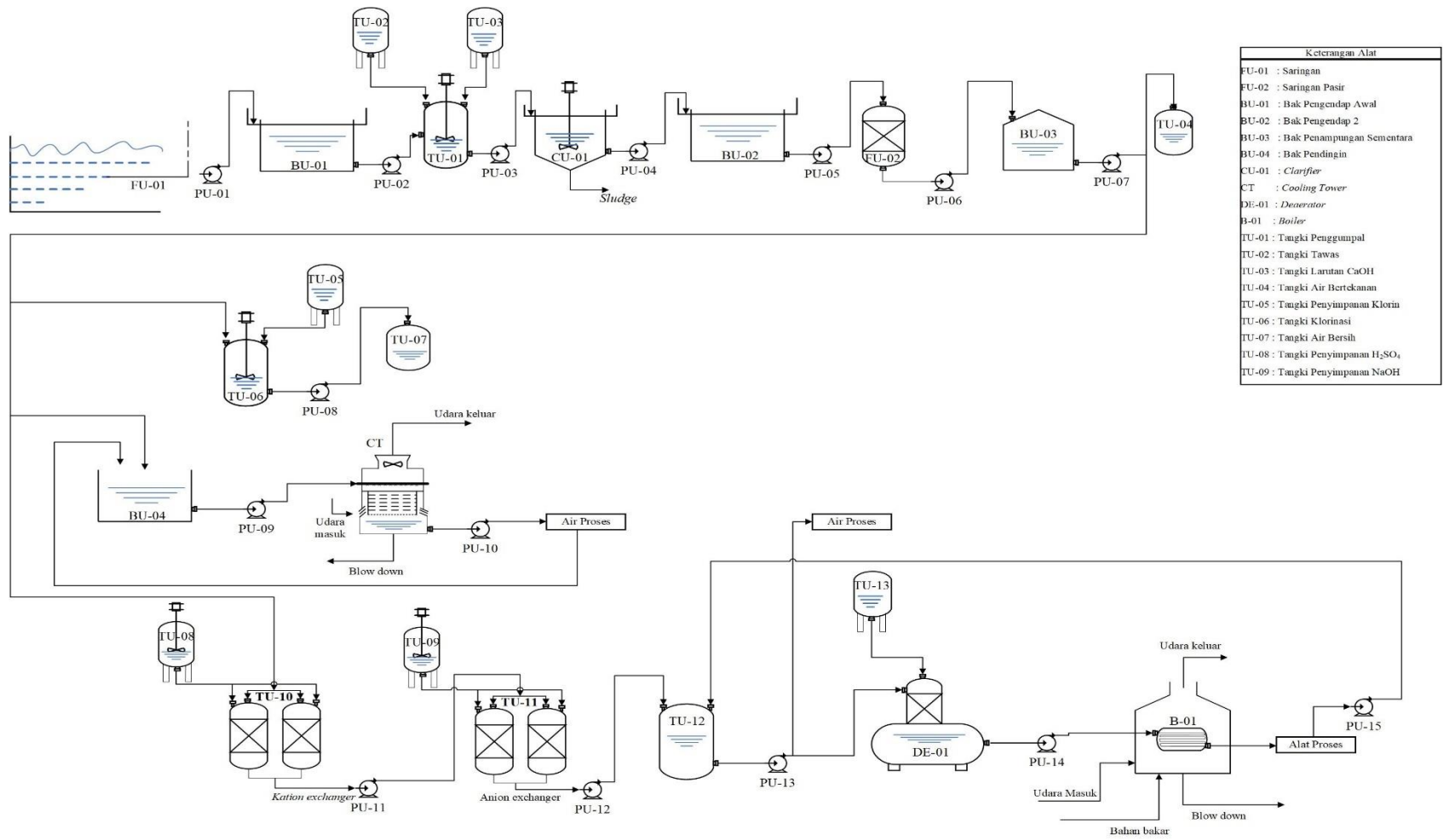
Jamsostek merupakan asuransi pertanggung jawaban jiwa dan asuransi kecelakaan yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada para karyawan ketika sedang menjalankan tugasnya.

BAB V

UTILITAS

Untuk menjalankan proses produksi, utilitas adalah komponen penunjang operasional pabrik yang sangat penting. Untuk menjalankan proses produksi, menjaga alat-alat produksi tetap beroperasi dengan normal, menjaga kondisi operasi pabrik tetap stabil sesuai dengan yang diinginkan, dan menjaga aspek keamanan proses produksi terlaksana dengan baik, unit utilitas berguna untuk memenuhi, menyediakan, menyiapkan, dan mendistribusikan kebutuhan unit proses agar proses produksi dapat berjalan lancar sesuai standar yang ditentukan. Berikut adalah penyediaan utilitas yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik biodiesel yaitu:

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- b. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
- c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- d. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
- e. Unit Penyediaan Bahan Bakar
- f. Unit Pengelolaan Limbah



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan dan pengolahan merupakan unit yang memenuhi kebutuhan air untuk seluruh operasional instalasi dan mengolah air konstruksi, air pembersih, air pendingin dan air pengendalian kebakaran, siap digunakan bila terjadi kebakaran. Air merupakan salah satu elemen penting yang perlu disediakan dalam produksi. Pada industri ini kebutuhan air umumnya dipenuhi dari air sumur, air sungai, air danau, dan air laut. Pada perancangan pabrik air biodiesel, sumber air yang digunakan adalah Sungai Musi. Pertimbangan penggunaan air sungai sebagai sumber air antara lain:

- a. Sungai Musi terletak dekat dengan Pabrik Biodiesel yang akan didirikan sehingga dapat memudahkan dalam pengambilan air yang dibutuhkan untuk unit utilitas.
- b. Kontinuitas aliran air sungai relatif tinggi dibandingkan air sumur, sehingga kecil risiko terjadinya kekeringan dan ketersediaan sumber air akan selalu terjaga.
- c. Dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih kompleks dan membutuhkan lebih banyak biaya karena kandungan garam dan mineralnya harus dipisahkan. pengolahan air sungai lebih mudah dan lebih murah.

Berikut adalah air yang dibutuhkan untuk proses produksi pabrik Biodiesel yaitu:

a. Air Domestik

Air sanitasi digunakan untuk keperluan rumah tangga dan kantor perusahaan seperti air minum dan berasal dari air sungai yang telah melalui proses pengolahan. Untuk memastikan air sanitasi memenuhi persyaratan kimia, fisik, dan bakteriologis berikut:

1. Syarat kimia : tidak mengandung zat organik maupun organik dan tidak beracun
2. Syarat fisik : suhu normal di bawah suhu udara luar, warna jernih, tidak berasa, dan tidak berbau
3. Syarat bakteriologis : tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen seperti *Salmonella*

Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari. Jumlah karyawan pada pabrik ini berjumlah 164 orang. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar 56.400 kg/hari

b. Air Service

Air layanan umum digunakan sebagai air untuk melayani kebutuhan pelayanan publik seperti laboratorium, kantin, pabrik, poliklinik, alat pemadam kebakaran bila terjadi kebakaran, dan lain-lain. Persyaratan kimia, fisik dan bakteriologis untuk air sanitasi sama dengan air rumah tangga. Kebutuhan air untuk air pelayanan diperkirakan sebesar 540 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air ini selanjutnya akan digunakan untuk

pelayanan publik antara lain laboratorium, alat pemadam kebakaran, kantin, bengkel dan pelayanan lainnya.

c. Air Proses

Air proses digunakan untuk keperluan proses pada alat *Washing Tower* (WT-01). Air proses yang dibutuhkan yaitu sebesar 63.596 kg/jam dengan perancangan dibuat *over design* 20% sehingga air proses yang dibutuhkan menjadi 76.315 kg/jam.

d. Air Pendingin

Air pendingin diperlukan pada alat yang membutuhkan penurunan *temperature*. Pada pabrik biodiesel ini kebutuhan air pendingin adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Reaktor-01</i>	8,297
<i>Cooler-01</i>	22,343
<i>Cooler-02</i>	608,204
<i>Condensor-01</i>	3451,820
<i>Netralizer-01</i>	5,041
Total	4.095,747

Dengan *over design* sebesar 20%, perancangan mencapai 4.914,896 kg/jam. Pada unit *cooling tower*, air pendingin mengalami *blowdown* selama proses berlangsung sehingga diperlukan adanya air *make-up* sebesar 167,105 kg/jam.

e. Air Pemanas (*steam*)

Air pemanas digunakan sebagai media pemanas di pabrik. Air *steam* yang tersedia dalam ketel harus memenuhi persyaratan. Jika air *boiler* tidak memenuhi persyaratan, dapat terjadi kerusakan pada sistem. Oleh

karena itu, tindakan pencegahan harus diambil untuk mencegah *scalling*, *fouling*, dan *foaming*. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pabrik biodiesel ini ditunjukkan pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5. 2 Kebutuhan air pemanas

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
HE-01	8,255
HE-02	21,167
HE-03	44,270
RB-01	525,366
Total	599,059

Dengan *over design* sebesar 20%, perancangan mencapai 718,871 kg/jam. Pada unit *boiler*, air *steam* mengalami *blowdown* sebesar 15% dan adanya penggunaan *steam trap* sebesar 5% selama proses berlangsung sehingga diperlukan adanya air *make-up* sebesar 143,774 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Sebelum dimanfaatkan, air sungai harus diolah terlebih dahulu hingga memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai air industri, air suplai uap, dan air untuk kegiatan pabrik. Tahapan pengolahan air sungai adalah sebagai berikut:

a. Pengambilan Air

Air dari sungai dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) menggunakan pompa. Alat penyaringan berfungsi untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar.

b. *Screening*

Sebelum proses pengolahan, air sungai harus melalui penjernihan awal. Dalam penjernihan ini, air sungai dialirkan melalui saringan yang menahan puing-puing besar seperti pohon, ranting, daun-daun

berguguran, dan sampah (penyaringan awal). Air tersebut kemudian ditampung di reservoir.

c. Penggumpalan

Air tersebut kemudian dikirim ke tangki pengendapan, dimana ditambahkan senyawa untuk mengentalkan koloid yang tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap. Umumnya tawas atau aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 digunakan sebagai *flokulan*. Karena garam ini diperoleh dari asam kuat dan basa lemah, garam ini mudah terhidrolisis dalam air dalam suasana basa. Tujuan dari proses *flokulasi* adalah untuk memflokulasi partikel menjadi flok dengan ukuran yang dapat dipisahkan melalui sedimentasi dan filtrasi. Alasan penambahan kapur adalah karena dapat menciptakan suasana basa yang mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan meningkatkan koagulasi.

d. Pengendapan

Setelah melalui bak penggumpal, air sungai dialirkan ke bak pengendap awal untuk mengendapkan gumpalan zat padat berukuran besar atau flok yang terbentuk. Setelah flok mengendap, *blow down* dapat dibuang. Kemudian dialirkan ke dalam proses filtrasi.

e. Sand Filter

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi dialirkan ke penyaringan untuk dilakukan filtrasi. Proses ini menggunakan resin untuk menghilangkan mineral Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan Na^{2+} yang terkandung di dalam air. Tujuan dari filtrasi adalah untuk

menyaring partikel halus yang masih lolos atau yang masih ada dalam air dan belum terendapkan. Tujuan dari penyaringan dan pengendapan bertahap ini adalah untuk memastikan bahwa air bebas dari kotoran dan aman digunakan untuk proses produksi dan kegiatan pabrik lainnya. Pada tahap ini, penyaringan dilakukan menggunakan filter pasir yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaringan. *Sand Filter* dicuci setelah dianggap kotor dengan cara *backwash* dan *rinse*.

f. Penampungan sementara

Air bersih yang ditampung dalam bak penampung air sementara merupakan hasil dari air yang sudah melalui tahap filtrasi. Dengan kegunaan air bersih tersebut digunakan sebagai keperluan air domestik dan *service water*, air proses, air pendingin, dan *steam water*.

g. Klorinasi

Penambahan klorin (Cl_2) atau *hipoklorit* pada air dikenal sebagai klorinasi. Tujuan klorinasi adalah untuk membunuh bakteri dan mikroba dalam air, sehingga air aman untuk digunakan setiap hari.

h. Demineralisasi

Proses demineralisasi dilakukan untuk menghilangkan ion-ion dari air yang difilter untuk umpan *boiler*. Pelunakan air dan dealkalinasi adalah dua fase proses demineralisasi ini. Mineral Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan Na^{2+} , serta mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih dalam kation *exchanger*. Resin *hydrogen-zeolite* dapat menangkap mineral ini. Namun setelah resin tidak dapat lagi menangkap mineral, resin akan disubjekkan

dalam proses regenerasi resin, di mana asam kuat H_2SO_4 ditambahkan untuk meregenerasi resin kation *exchanger*.

Air bebas mineral dengan kecenderungan *scaling* yang minimal adalah air keluaran dari kation *exchanger*. Untuk menyelesaikan proses dealkalinasi, air akan disubjekkan ke dalam anion *exchanger* setelah melewati kation *exchanger*. Tujuan proses ini adalah untuk menangkap ion negatif seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , dan Cl^- . Ion negatif ini diperlukan karena jika air basa ini dipanaskan, akan berpotensi membentuk gas CO_2 , yang dapat mengganggu operasi *boiler* dan perangkat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion mirip dengan pelunakan air.

Perbedaan utamanya adalah jenis resin yang digunakan. Dalam proses ini, setelah resin memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion, resin akan diregenerasikan dengan menambahkan basa kuat NaOH . Air keluaran anion *exchanger* ini kemudian dapat digunakan sebagai air proses. Namun, untuk digunakan sebagai air umpan boiler, proses lebih lanjut diperlukan.

i. Deaerasi

Air keluaran dari proses demineralisasi akan disubjekkan ke proses deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama gas oksigen. Korosi boiler dapat menyebabkan kerusakan yang sangat berbahaya selain memperpendek umur *boiler*. Di dalam *boiler*, pengikisan dapat menyebabkan peledakan karena ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain. Untuk mengikat oksigen dan gas

terlarut lainnya, senyawa N_2H_4 , juga dikenal sebagai hidrazin, ditambahkan untuk menghilangkan gas-gas terlarut. Setelah gas terlarut dihilangkan, air keluaran deaerator dapat langsung dimasukkan ke boiler sumber air, kemudian dimasukkan ke *boiler*.

Proses pembangkitan air menjadi *steam* akan terjadi di dalam *boiler*. Namun, selama periode tertentu, sistem *blowdown* menghilangkan sejumlah air untuk menjaga konsentrasi *suspended solid* yang terakumulasi di dalam *boiler*. Untuk menggantikan air yang hilang ini, air penambah ditambahkan.

5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Dengan menyediakan *steam* dan *boiler*, unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *steam* untuk proses produksi. Kesadahannya harus dihilangkan sebelum air masuk ke *boiler*. karena air sadah akan membuat kerak di *boiler*. Air yang akan digunakan sebelum masuk ke boiler diolah di deaerator untuk menghilangkan gas terlarut, seperti oksigen. Gas sisa pembakaran masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap. Akibatnya, air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding dan pipanya, sehingga mendidih. Nanti, uap air yang terbentuk akan dialirkan ke *header steam* untuk dikirim ke area proses. Unit pembangkit steam ini dapat mencukupi kebutuhan sebesar 35,307 kg/jam.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Sumber listrik PLN akan memenuhi kebutuhan pabrik ini. Selain itu, jika terjadi gangguan pada PLN, generator digunakan untuk menggerakkan sumber daya penting seperti *boiler*, kompresor, dan pompa. Prinsip kerja

generator ini adalah bahwa energi surya dan udara terbakar secara kompresi menghasilkan panas yang digunakan untuk menghidupkan generator, yang kemudian menghasilkan tenaga listrik yang kemudian didistribusikan ke panel dan selanjutnya. Berikut merupakan rincian untuk kebutuhan listrik pabrik Biodiesel diantaranya sebagai berikut:

a. Kebutuhan listrik alat proses

Tabel 5. 3 Total kebutuhan listrik alat proses

No	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Reaktor 1	R-01	60	44,74
2	Reaktor 2	R-02	5	3,73
3	<i>Mixer</i>	M-01	0,25	0,19
4	<i>Netralizer</i>	N-01	3	2,24
5	<i>Washing Tower</i>	WT-01	0,36	0,27
6	Pompa 1	P-01	1	0,75
7	Pompa 2	P-02	1,5	1,12
8	Pompa 3	P-03	1,5	1,12
9	Pompa 4	P-04	1,5	1,12
10	Pompa 5	P-05	0,05	0,04
11	Pompa 6	P-06	1,5	1,12
12	Pompa 7	P-07	2	1,49
13	Pompa 8	P-08	3	2,24
14	Pompa 9	P-09	2	1,49
15	Pompa 10	P-10	0,25	0,19
16	Pompa 11	P-11	1	0,75
17	Pompa 12	P-12	0,83	0,06
18	Pompa 13	P-13	1,5	1,12
19	Pompa 14	P-14	0,75	0,56
20	Pompa 15	P-15	1	0,75
Total			87,25	65,06

b. Kebutuhan listrik untuk utilitas

Tabel 5. 4 Total kebutuhan listrik utilitas

No	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Kompresor	KU-01	3	2,24
2	<i>Blower Cooling Tower</i>	BU-01	1	0,75
3	<i>Pengaduk Flokulator</i>	TU-01	0,5	0,37
4	Klarifier	CL-01	0,5	0,37
5	Pompa Utilitas 1	PU-01	1	0,75
6	Pompa Utilitas 2	PU-02	1	0,75

Tabel 5.4 Total kebutuhan listrik utilitas (lanjutan)

7	Pompa Utilitas 3	PU-03	1,5	1,12
8	Pompa Utilitas 4	PU-04	1,5	1,12
9	Pompa Utilitas 5	PU-05	1,5	1,12
10	Pompa Utilitas 6	PU-06	1,5	1,12
11	Pompa Utilitas 7	PU-07	1,5	1,12
12	Pompa Utilitas 8	PU-08	0,33	0,25
13	Pompa Utilitas 9	PU-09	2	1,49
14	Pompa Utilitas 10	PU-10	0,08	0,06
15	Pompa Utilitas 11	PU-11	0,08	0,06
16	Pompa Utilitas 12	PU-12	0,08	0,06
17	Pompa Utilitas 13	PU-13	0,08	0,06
18	Pompa Utilitas 14	PU-14	0,05	0,04
19	Pompa Utilitas 15	PU-15	0,17	0,12
	Total		16,88	12,59

Sehingga total kebutuhan listrik untuk proses dan utilitas adalah 76,16 kW kemudian di *over design* sebesar 10% sehingga menjadi 83,773 kW.

c. Kebutuhan listrik untuk penerangan

Untuk alat penerangan power yang dibutuhkan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik. Dimana total kebutuhan listrik sebesar 76,16 kW. Maka kebutuhan listrik untuk penerangan sebesar 11,42 kW, dibuat *over design* sebesar 10% sehingga kebutuhan listrik untuk penerangan menjadi 12,56 kW.

d. Kebutuhan listrik alat kontrol

Untuk alat kontrol dibutuhkan 25% dari total kebutuhan listrik. Maka kebutuhan listrik untuk alat kontrol sebesar 19,04 kW, dibuat *over design* sebesar 10% sehingga kebutuhan listrik untuk alat kontrol menjadi 20,94 kW.

e. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

Untuk peralatan kantor (AC, komputer, dll) dibutuhkan 15% dari total kebutuhan listrik. Maka kebutuhan listrik untuk peralatan kantor sebesar 11,42 kW, dibuat *over design* sebesar 10% sehingga kebutuhan listrik untuk alat kantor menjadi 12,56 kW.

f. Kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium dan lain-lain

Untuk bengkel, laboratorium dll dibutuhkan 15% dari total kebutuhan listrik. Maka kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium dll sebesar 11,42 kW, dibuat *over design* sebesar 10% sehingga kebutuhan listrik untuk bengkel, laboratorium dll menjadi 12,56 kW.

Total kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat berdasarkan Tabel 5.5 di bawah ini

Tabel 5. 5 Total Kebutuhan Listrik

Kebutuhan Listrik	kW
Listrik proses dan utilitas	83,77
Listrik instrumentasi	20,49
Listrik AC dan penerangan	25,13
Listrik bengkel dan laboratorium	12,56
Total kebutuhan listrik	142,41

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Instrument pengendali yang bekerja secara *pneumatic* digerakkan oleh unit penyedia udara tekan ini. Dengan tekanan 7,2 bar dan suhu 30 °C, 14 alat kontrol digunakan, membutuhkan 23,78 m³/jam udara tekan. Dengan faktor keamanan 10%, diperlukan udara tekan sebesar 26,16 m³/jam dari kompresor yang dilengkapi dengan dryer yang berisi *silica gel*.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Bahan bakar solar senilai 2,531 kg/jam digunakan di unit penyedia bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan *boiler*.

5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Untuk mencegah pencemaran lingkungan sekitar, limbah yang dihasilkan dari proses pabrik diolah terlebih dahulu untuk memenuhi standar lingkungan. Jenis limbah yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

- a. Limbah cair berasal dari pembuangan air sanitasi, seperti air masak, bekas pencucian, dan lainnya. Karena tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya, limbah ini tidak membutuhkan perawatan khusus.
- b. Air limbah laboratorium diolah melalui beberapa proses sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat kimia. Proses pengolahan meliputi pengendapan, penyaringan, penambahan bahan kimia, pengendalian pH, dan perawatan biologi.

5.6 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 6 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai yang melewati Screening (FU-01) ke Bak Pengendapan 1 (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan 1 (BU-01) ke Tangki <i>Flokulator</i> /Penggumpal (TU-01)	Mengalirkan air dari Tangki <i>Flokulator</i> /Penggumpal (TU-01) ke Klarifier (CL-01)	Mengalirkan air dari Klarifier (CL-01) ke Bak Pengendap 2 (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 2 (BU-02) ke Bak Saringan Pasir/ <i>Sand Filter</i> (FU-02)
Jenis Bahan	<i>Single Stage Centrifugal Pump Cast Iron</i>				
Kapasitas (gpm)	44,11	44,09	44,09	44,09	44,09
Ukuran Pipa					
IPS	3	3	3	3	3
No. Sch	40	40	40	40	40
ID (in)	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07
OD (in)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Efisiensi Pompa	0,24	0,20	0,20	0,20	0,20
Tenaga Pompa (Hp)	0,66	0,68	0,95	0,95	0,95
Tenaga Motor (Hp)	1	1	2	2	2

Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Saringan Pasir/ <i>Sand Filter</i> (FU-02) ke Bak Penampungan Sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-03) ke Pengolahan Air untuk kebutuhan Air Bertekanan, Air Domestik, Air Pendingin, dan <i>Steam</i>	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-06) ke Tangki Penampungan Air Bersih (TU-07)	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU-04) ke <i>Cooling Tower</i> (CL-01)	Mengalirkan air dari Alat Proses ke Bak Air Pendingin (BU-04)
Jenis Bahan	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Kapasitas (gpm)	44,09	44,09	2,45	25,39	2,45
Ukuran Pipa					
IPS	3	3	1	2	1
No. Sch	40	40	40	40	40
ID (in)	3,07	3,07	1,05	2,07	1,05
OD (in)	3,50	3,50	1,32	2,38	1,32
Efisiensi Pompa	0,20	0,20	0,20	0,38	0,20
Tenaga Pompa (Hp)	0,95	0,79	0,03	1,32	0,04
Tenaga Motor (Hp)	2	1	0,33	2	0,08

Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari Kation <i>Exchanger</i> ke Anion <i>Exchanger</i>	Mengalirkan air dari Anion <i>Exchanger</i> ke BakUmpan <i>Boiler</i>	Mengalirkan air dari Bak Umpan <i>Boiler</i> ke Deaerator	Mengalirkan air dari Deaerator ke <i>Boiler</i>	Mengalirkan air dari Alat Proses ke Bak Umpan <i>Boiler</i>
Jenis Bahan	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i> <i>Cast Iron</i>				
Kapasitas (gpm)	4,11	4,11	3,71	3,71	4,46
Ukuran Pipa					
IPS	1	1	1	1	1
No. Sch	40	40	40	40	40
ID (in)	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
OD (in)	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Efisiensi Pompa	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tenaga Pompa (Hp)	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05
Tenaga Motor (Hp)	0,08	0,08	0,08	0,05	0,17

Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Utilitas

Bak	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air	Mengendapkan endapan yang berbentuk <i>flok</i> dengan proses <i>flokulasi</i>	Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring sand <i>filter</i>	Menampung air untuk kebutuhan <i>cooling tower</i>
Jenis Bahan	Bak Persegi Beton bertulang			
Spesifikasi				
Kapasitas (m ³ /jam)	8,54	10,25	10,24	4,91
Panjang (m)	5,89	4,97	4,97	6,56
Lebar (m)	5,89	4,97	4,97	6,56
Tinggi (m)	2,94	2,48	2,48	3,28

Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Utilitas

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi dengan menambahkan koagulan	Menyimpan larutan alum 5 % untuk 2 minggu Operasi	Menyimpan larutan CaOH untuk 1 minggu	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu
Jenis	Tangki silinder berpengaduk	Tangki silinder	Tangki silinder	Tangki silinder	Tangki silinder
Bahan	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Spesifikasi					
Tinggi (m)	2,35	1,23	1,35	2,59	0,07
Diameter (m)	2,35	0,61	0,67	2,59	0,07
Volume (m ³)	10,24	0,36	0,48	13,68	0,00029
Jenis Impeller	<i>Marine propeller 3 blade</i>	-	-	-	-
Jumlah Impeller	1	-	-	-	-
Power motor	0,5	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Tangki	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk regenerasi penukar kation	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk regenerasi penukar anion	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion-ion positif (Na ⁺ , Ca ²⁺ , Ba) yang ada dalam air
Jenis Bahan	Tangki silinder tegak <i>Carbon steel</i>	Tangki silinder tegak <i>Carbon steel</i>	Tangki silinder tegak <i>Stainless steel</i>	Tangki silinder tegak <i>Carbon steel</i>	Tangki silinder tegak <i>Stainless steel</i>
Spesifikasi					
Tinggi (m)	0,89	2,59	1,54	0,95	2,28
Diameter (m)	0,89	2,59	1,54	0,95	0,22
Volume (m ³)	0,57	13,68	2,91	0,67	0,07
Jenis Impeller	-	-	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-	-	-
Power motor	-	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	2

Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Tangki	TU-11	TU-12	TU-13
Fungsi	Menghilangkan ion-ion negatif yang masih terbawa dari bak air bersih	Mencampur Kondensat sirkulasi dan <i>make up</i> air umpan <i>boiler</i> sebelum dibangkitkan sebagai <i>steam</i> dalam <i>boiler</i>	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis Bahan	Tangki silinder tegak <i>Carbon steel</i>	Tangki silinder tegak <i>Carbon steel</i>	Tangki silinder tegak <i>Carbon steel</i>
Spesifikasi			
Tinggi (m)	1,90	1,06	1,03
Diameter (m)	0,21	1,06	1,03
Volume (m ³)	0,06	0,95	0,87
Jenis Impeller	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-
Power motor	-	-	-
Jumlah	2	1	1

Tabel 5. 13 Spesifikasi Klarifier

Kode	Klarifier (CL-01)
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang bersifat koloid yang terbawa oleh air dari bak pengendap awal
Jenis	Tangki silinder conical bottom berpengaduk
Spesifikasi	
Diameter (m)	3,73
Tinggi (m)	4,20
Volume (m ³)	40,98

Tabel 5. 14 Spesifikasi Saringan Utilitas

Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring Kotoran-Kotoran yang berukuran besar misalnya daun , ranting dan sampah-sampah lainnya
Bahan	Aluminium
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	8.535,08
Panjang (m)	5,89
Lebar (m)	5,89
Diameter Lubang saringan (cm)	1

Tabel 5. 15 Spesifikasi Saringan Pasir Utilitas

Kode	FU-02
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Jenis	Tangki silinder
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Ukuran Pasir (mesh)	28
Spesifikasi	
Volume (m ³)	1,05
Panjang (m)	1,28
Lebar (m)	1,28
Tinggi (m)	0,64

Tabel 5. 16 Spesifikasi *Cooling Tower* Utilitas

Kode	<i>Cooling Tower (CT-01)</i>
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan oleh alat proses dengan media pendingin udara
Bahan	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
Spesifikasi	
Panjang (m)	0,39
Lebar (m)	0,39
Tinggi (m)	6,71

Tabel 5. 17 Spesifikasi *deaerator*

Kode	DE-01
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> dan turbin.
Jenis	Tangki silinder tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	718,87
Diameter (m)	1,03
Tinggi (m)	1,03
Volume (m ³)	0,86

Tabel 5. 18 Spesifikasi blower cooling tower

Kode	<i>Blowing cooling tower (BL-01)</i>
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jenis	<i>Centrifugal blower</i>
Bahan	<i>Carboon steel</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	4.217,54
Efisiensi	0,82
Power (Hp)	1

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Untuk memperkirakan kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi pabrik, diperlukan analisis ekonomi. Analisa ini menilai kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, jangka waktu modal investasi dapat dikembalikan, dan titik impas, yaitu ketika biaya produksi total sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu, tujuan dari analisis ekonomi adalah untuk menentukan apakah pabrik yang dirancang ini layak untuk didirikan dan menghasilkan keuntungan. Faktor-faktor yang perlu ditinjau dalam analisa kelayakan evaluasi ekonomi, yaitu:

- a. *Return On Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Discounted Cash Flow* (Rate DCFR)
- d. *Break Even Point* (BEP)
- e. *Shut Down Point* (SDP)

Sebelum melakukan menganalisa lima faktor tersebut, dilakukan perikaraan terhadap beberapa hal yaitu sebagai berikut:

- A. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*)
 1. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)
 2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
- B. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 1. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 2. Biaya produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 3. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
- C. Pengeluaran Umum (*General Cost*)

6.2 Penaksiran Harga Alat

Harga semua peralatan proses dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Harga peralatan tidak stabil setiap tahun dan dapat mengalami kenaikan atau penurunan tergantung pada kondisi ekonomi, sehingga sulit untuk menentukan harga peralatan secara akurat. Untuk itu, dapat dilakukan dengan memperkirakan harga peralatan dengan mengetahui harga indeks peralatan operasi tahun tersebut.

Indeks harga tahun 2029 diperkirakan dengan garis linier menggunakan data indeks harga dari tahun 1996 sampai 2023, sebagai berikut :

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1996	381,70
1997	386,50
1998	389,50
1999	390,60
2000	394,10
2001	394,30
2002	395,60
2003	402,00
2004	444,20
2005	468,20
2006	499,60
2007	525,40
2008	575,40
2009	521,90
2010	550,80
2011	585,70
2012	584,60
2013	567,30
2014	576,10
2015	556,80
2016	541,70
2017	567,50

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat (lanjutan)

2018	603,10
2019	607,50
2020	596,20
2021	776,30
2022	648,94
2023	658,61

Ada dua persamaan yang dapat digunakan untuk memperkirakan harga alat. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat dihitung dengan mengambil harga tahun referensi dan kemudian dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries & Newton, 1955).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.1)$$

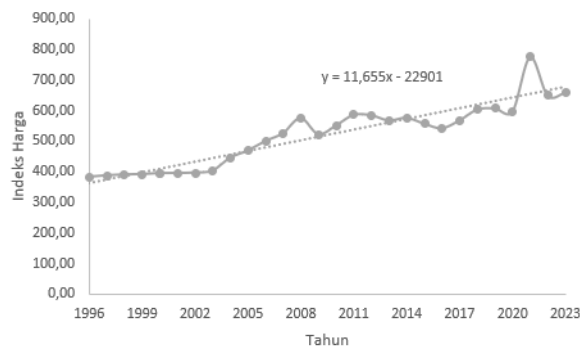
Keterangan :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2029

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx : Indeks harga pada tahun 2029

Ny : Indeks harga pada tahun referensi 2014



Gambar 6. 1 Grafik regresi linear

Persamaan yang didapatkan yaitu :

$$y = 11,655x - 22901$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, harga indeks dapat dicari pada tahun perancangan. Dengan demikian, indeks pada tahun 2029 sebesar 702,65, sedangkan indeks harga pada tahun 2014, yang digunakan sebagai tahun referensi harga alat, sebesar 576,10. Berdasarkan nilai indeks harga tahun 2029 tersebut, didapatkan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut:

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2019
Tangki CH ₃ OH	T-01	1	\$ 456.100	\$ 556.297
Tangki H ₂ SO ₄	T-02	1	\$ 57.800	\$ 70.498
Tangki H ₃ PO ₄	T-03	1	\$ 57.800	\$ 70.498
Tangki NaOH	T-04	1	\$ 97.900	\$ 119.407
Tangki Biodiesel	T-05	1	\$ 241.100	\$ 294.065
<i>Mixer</i>	M-01	1	\$ 37.600	\$ 45.860
<i>Degummer</i>	DG-01	1	\$ 68.600	\$ 83.670
<i>Screw Press</i>	SP-01	1	\$ 4.900	\$ 5.976
<i>Belt Conveyor</i>	BC-01	1	\$ 2.800	\$ 3.415
Reaktor	R-01	2	\$ 327.700	\$ 799.397
<i>Netralizer</i>	N-01	1	\$ 210.800	\$ 257.109
<i>Decanter 1</i>	DC-01	1	\$ 137.700	\$ 167.950
<i>Decanter 2</i>	DC-02	1	\$ 169.900	\$ 207.224
<i>Decanter 3</i>	DC-03	1	\$ 73.600	\$ 89.769
Menara Distilasi	MD-01	1	\$ 470.300	\$ 573.616
Reboiler	RB-01	1	\$ 36.400	\$ 44.396
<i>Condensor</i>	CD-01	1	\$ 13.700	\$ 16.710
<i>Washing Tower</i>	WT-01	1	\$ 87.700	\$ 106.970
<i>Heater 1</i>	HE-01	1	\$ 2.800	\$ 3.415
<i>Heater 2</i>	HE-02	1	\$ 41.700	\$ 50.861
<i>Heater 3</i>	HE-03	1	\$ 41.700	\$ 50.861
<i>Cooler 1</i>	CL-01	1	\$ 28.600	\$ 34.883
<i>Cooler 2</i>	CL-02	1	\$ 30.100	\$ 36.712
Pompa 1	P-01	1	\$ 10.600	\$ 12.929
Pompa 2	P-02	1	\$ 8.000	\$ 9.757
Pompa 3	P-03	1	\$ 10.600	\$ 12.929

Tabel 6.2 Harga Alat Proses (lanjutan)

Pompa 4	P-04	1	\$ 10.600	\$ 12.929
Pompa 5	P-05	1	\$ 1.700	\$ 2.073
Pompa 6	P-06	1	\$ 9.000	\$ 10.977
Pompa 7	P-07	1	\$ 12.600	\$ 15.368
Pompa 8	P-08	1	\$ 12.600	\$ 15.368
Pompa 9	P-09	1	\$ 2.100	\$ 2.561
Pompa 10	P-10	1	\$ 9.100	\$ 11.099
Pompa 11	P-11	1	\$ 2.300	\$ 2.805
Pompa 12	P-12	1	\$ 11.000	\$ 13.416
Pompa 13	P-13	1	\$ 9.100	\$ 11.099
Pompa 14	P-14	1	\$ 9.100	\$ 11.099
Pompa 15	P-15	1	\$ 9.600	\$ 11.709
Total				\$ 3.738.796

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2029
Saringan Awal	FU-01	1	\$ 18.800	\$ 22.930
Saringan Pasir	FU-02	1	\$ 5.400	\$ 6.586
Bak Pengendapan Awal	BU-01	1	\$ 15.300	\$ 18.661
Bak Pengendapan 2	BU-03	1	\$ 97.600	\$ 119.040
Bak Penampung Sementara	BU-04	1	\$ 27.500	\$ 33.541
Bak Air Pendingin	BU-05	1	\$ 192.100	\$ 234.300
Tangki Flokulator	TU-01	1	\$ 27.400	\$ 33.419
Tangki Larutan Tawas	TU-02	1	\$ 2.400	\$ 2.927
Tangki CaOH	TU-03	1	\$ 3.200	\$ 3.903
Tangki Air Bertekanan	TU-04	1	\$ 29.300	\$ 35.736
Tangki Kaporit	TU-05	1	\$ 100	\$ 122
Tangki Klorinasi	TU-06	1	\$ 3.200	\$ 3.903
Tangki Air Bersih	TU-07	1	\$ 31.900	\$ 38.907
Tangki H ₂ SO ₄	TU-08	1	\$ 9.400	\$ 11.465
Tangki NaOH	TU-09	1	\$ 1.900	\$ 2.317
Tangki Kation	TU-10	1	\$ 2.000	\$ 2.439
Tangki Anion	TU-11	1	\$ 4.200	\$ 5.122.7
Tangki umpan boiler	TU-12	1	\$ 2.600	\$ 3.171
Tangki N ₂ H ₄	TU-13	1	\$ 1.700	\$ 2.073
Clarifier	CL-01	1	\$ 70.000	\$ 85.377
Cooling tower	CT-01	1	\$ 147.900	\$ 180.390
Blower cooling tower	BL-01	1	\$ 23.300	\$ 28.418
Tangki deaerator	De-01	1	\$ 1.000	\$ 1.219
Boiler	B-01	1	\$ 98.600	\$ 120.260
Pompa 1	PU-01	1	\$ 7.900	\$ 9.635
Pompa 2	PU-02	1	\$ 7.900	\$ 9.635

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas (lanjutan)

Pompa 3	PU-03	1	\$ 7.900	\$ 9.635
Pompa 4	PU-04	1	\$ 7.900	\$ 9.635
Pompa 5	PU-05	1	\$ 7.900	\$ 9.635
Pompa 6	PU-06	1	\$ 7.900	\$ 9.635
Pompa 7	PU-07	1	\$ 7.900	\$ 9.635
Pompa 8	PU-08	1	\$ 4.500	\$ 5.488
Pompa 9	PU-09	1	\$ 6.400	\$ 7.805
Pompa 10	PU-10	1	\$ 4.500	\$ 5.488
Pompa 11	PU-11	1	\$ 4.500	\$ 5.488
Pompa 12	PU-12	1	\$ 4.500	\$ 5.488
Pompa 13	PU-13	1	\$ 4.500	\$ 5.488
Pompa 14	PU-14	1	\$ 4.500	\$ 5.488
Pompa 15	PU-15	1	\$ 4.500	\$ 5.488
Total		41		\$ 1.122.350,7

6.3 Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi	: 38.000 Ton/Tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 tahun
Kurs mata uang	: 1\$ = Rp16.410 (Per Juni 2024)
Pabrik didirikan	: 2029

6.4 Perhitungan Biaya

a. Modal (*Capital Investment*)

Capital investment mencakup semua biaya yang diperlukan untuk membangun fasilitas pabrik, termasuk kelengkapannya, dan mengoperasikannya. Berikut adalah komponen dari *capital investment*:

1. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment merupakan seluruh biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas pabrik baik *manufacturing* maupun *non manufacturing*. *Fixed Capital Investment* terdiri dari :

Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	PPC Alat Proses	\$ 12.315.594	Rp202.098.901.786
2	PPC Alat Utilitas	\$ 1.608.270	Rp26.391.713.785
3	Bangunan	\$ 3.073.248	Rp50.432.000.000
4	Tanah	\$ 1.876.904	Rp30.800.000.000
	Total	\$ 18.874.016	Rp309.722.615.571

Tabel 6. 5 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Purchasing Equipment Cost</i>	\$ 1.571.291	Rp25.784.885.835
2	Instalasi	\$ 675.655	Rp11.087.500.909
3	Instrumentasi dan control	\$ 235.693	Rp3.867.732.875
4	Pemipaan	\$ 1.351.310	Rp22.175.001.818
5	Instalasi listrik	\$ 235.694	Rp3.867.732.875
6	Instalasi isolasi	\$ 235.694	Rp3.867.732.875
	Total	\$ 1.608.270	Rp70.650.587.190

Tabel 6. 6 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	\$ 22.648.820	Rp371.667.138.686
2	<i>Engineering and Construction</i>	\$ 22.648.820	Rp371.667.138.686
3	<i>Contractor Fee</i>	\$ 452.976	Rp7.433.342.774
4	<i>Contigency Cost</i>	\$ 2.264.882	Rp37.166.713.869
	Total	\$ 48.015.498	Rp787.934.334.014

2. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment mengacu pada biaya yang diperlukan untuk menjalankan bisnis atau dana yang dibutuhkan untuk mengoperasikan pabrik selama jangka waktu tertentu. Ada beberapa sumber pendanaan untuk memulai pabrik, antara lain pinjaman bank, dana pribadi, dan investor.

Tabel 6. 7 *Working Capital Investment (WCI)*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	\$ 167.874	Rp2.754.825.178
2	<i>In Process Inventory</i>	\$ 223.599	Rp3.669.266.090
3	<i>Product Inventory</i>	\$ 1.242.218	Rp20.384.811.610
4	<i>Available cash</i>	\$ 1.242.218	Rp20.384.811.610
5	<i>Extended credit</i>	\$ 29.813.252	Rp489.235.478.640
	Total	\$ 32.689.164	Rp536.429.193.128

b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan sebuah produksi dari suatu produk. Menurut Aris dan Newton, *Manufacturing cost* terdiri dari *Direct Manufacturing Cost*, *Indirect Manufacturing Cost*, dan *Fixed Manufacturing Cost*.

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing Cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	Bahan Baku	\$ 2.014.568	Rp33.059.066.631
2	Bahan Utilitas	\$ 70,96	Rp1.164.501
3	Gaji Karyawan	\$ 943.327	Rp15.480.000.000
4	<i>Supervise</i>	\$ 503.624	Rp8.264.475.533
5	<i>Maintenance</i>	\$ 1.920.619	Rp31.517.373.361
6	<i>Plant Supplies</i>	\$ 384.123	Rp6.303.474.672
7	<i>Royalties</i>	\$ 57.618	Rp945.521.201
	Total	\$ 5.823.953	Rp95.571.075.898

2. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect Manufacturing Cost merupakan biaya pengeluaran yang secara tidak langsung terdapat pada operasi pabrik.

Tabel 6. 9 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Payroll Overhead</i>	\$ 188.665	Rp3.096.000.000
2	<i>Laboratory</i>	\$ 188.665	Rp3.096.000.000
3	<i>Plant overhead</i>	\$ 943.327	Rp15.480.000.000
4	<i>Packaging and shipping</i>	\$ 1.520.000	Rp24.943.200.000
Total		\$ 2.840.658	Rp46.615.200.000

3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya yang dikeluarkan oleh pabrik dalam operasi pabrik maupun tidak beroperasi dengan sifat tetap yang tidak tergantung pada waktu maupun tingkat produksi tertentu.

Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	Depreciation	\$ 4.321.394	Rp70.914.090.061
2	Property tax	\$ 960.309	Rp15.758.686.680
3	Insurance	\$ 960.309	Rp15.758.686.680
Total		\$ 6.242.014	Rp102.431.463.422

Tabel 6. 11 Total *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	Direct Manufacturing Cost	\$ 5.823.953	Rp95.571.075.898
2	Indirect Manufacturing Cost	\$ 2.840.658	Rp46.615.200.000
3	Fixed Manufacturing Cost	\$ 6.242.014	Rp102.431.463.422
Total		\$ 14.906.626	Rp244.617.739.320

c. **Pengeluaran Umum (*General Expenses*)**

General Expense merupakan seluruh pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi sebuah pabrik yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*.

Tabel 6. 12 *General Expense*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	Administrasi	\$ 4.842.297	Rp74.461.811.629
2	Sales	\$ 24.211.399	Rp397.309.058.143
3	<i>Finance</i>	\$ 6.456.373	Rp105.949.082.171
4	<i>Research</i>	\$ 6.456.373	Rp105.949.082.171
	Total	\$ 41.966.424	Rp688.669.034.114

Tabel 6. 13 Total Biaya Produksi

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	Total	\$ 14.906.626	Rp244.617.739.320
	<i>Manufacturing Cost</i>		
2	<i>General Expense</i>	\$ 41.966.424	Rp688.669.034.114
	Total	\$ 56.873.051	Rp933.286.773.434

6.5 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan sebelum pajak

Total penjualan : Rp1.247.160.000.000

Total produksi : Rp933.286.773.434

Keuntungan : Total penjualan – Total produksi

: Rp313.873.226.566

b. Keuntungan setelah pajak

Pajak 25% dari keuntungan : Rp78.468.306.641

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – 25% pajak

: Rp235.404.919.924

6.6 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan adalah salah satu cara untuk mengetahui apakah pabrik layak didirikan atau tidak dalam sisi ekonomi berdasarkan keuntungan yang didapatkan. Berikut adalah cara untuk menentukan analisa kelayakan pabrik, yaitu:

a. *Return on Investment (ROI)*

Return on Investment adalah nilai keuntungan tahunan yang diperoleh untuk tujuan pengembalian investasi. Secara matematis ROI dapat dihitung dengan membandingkan keuntungan tahunan dengan modal yang ditanamkan dalam satuan %. Industri kimia dengan risiko rendah memiliki ROI sebelum pajak minimum sebesar 11%, sedangkan pabrik dengan risiko tinggi memiliki ROI sebelum pajak minimum sebesar 44%.

$$\%ROI = \frac{\text{laba tahunan}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

1. ROI sebelum pajak

ROI : 39,835%

2. ROI setelah pajak

ROI : 29,876%

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah jumlah tahun modal yang ditanam dapat dibayar kembali dari keuntungan yang dihitung sebelum dikurangi penyusutan. Waktu minimum teoritis yang diperlukan untuk membayar kembali modal tetap yang diinvestasikan berdasarkan keuntungan tahunan ditambah penyusutan. *Pay Out Time* dihitung berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa tahun investasi yang dilakukan akan terbayar. Pabrik dengan risiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun,

sedangkan pabrik dengan risiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

1. POT sebelum pajak

$$POT = \frac{\textit{Fixed Capital Investment}}{\textit{Keuntungan sebelum pajak} + \textit{Depresiasi}}$$
$$= 2,14 \text{ tahun}$$

2. POT setelah pajak

$$POT = \frac{\textit{Fixed Capital Investment}}{\textit{Keuntungan sebelum pajak} + \textit{Depresiasi}}$$
$$= 2,67 \text{ tahun}$$

c. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah kondisi dimana perusahaan tidak mengalami untung dan tidak mengalami kerugian. Jadi dapat dikatakan bahwa perusahaan yang mencapai titik *break even point* ialah perusahaan yang telah memiliki kesetaraan antara modal yang dikeluarkan untuk proses produksi dengan pendapatan produk yang dihasilkan. Secara umum BEP mempunyai nilai antara 40% hingga 60%. Kapasitas produksi pada saat penjualan sama dengan total biaya. Pabrik akan merugi jika beroperasi di bawah nilai BEP dan akan memperoleh keuntungan jika beroperasi di atas nilai BEP.

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

Dimana :

Fa : *Fixed Manufacturing Cost*

Ra : *Regulated cost*

Va : *Variael cost*

Sa : *Sales price*

1. *Fixed Cost (Fa)*

Fixed cost (Fa) merupakan biaya-biaya tertentu yang harus dikeluarkan setiap tahunnya, baik pabrik tersebut sedang berproduksi maupun tidak.

Tabel 6. 14 *Fixed Cost (Fa)*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Depreciaton</i>	\$ 4.321.394	Rp70.914.090.061
2	<i>Property tax</i>	\$ 960.309	Rp15.758.686.680
3	<i>Insurance</i>	\$ 960.309	Rp15.758.686.680
	Total	\$ 6.242.041	Rp102.431.463.422

2. *Regulated Cost (Ra)*

Regulated cost (Ra) merupakan sejumlah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya dan besarnya biaya tersebut sebanding dengan total kapasitas produksi. Biaya-biaya tersebut dapat berupa biaya tetap atau biaya variabel.

Tabel 6. 15 *Regulated Cost (Ra)*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	Gaji karyawan	\$ 943.327	Rp15.480.000.000
2	<i>Payroll overhead</i>	\$ 188.665	Rp3.096.000.000
3	<i>Plant overhead</i>	\$ 943.327	Rp15.480.000.000
4	<i>Supervise</i>	\$ 503.624	Rp8.264.475.533
5	<i>Laboratory</i>	\$ 188.665	Rp3.096.000.000
6	<i>General expense</i>	\$ 41.966.424	Rp688.669.034.114
7	<i>Maintenance</i>	\$ 1.920.619	Rp31.517.373.361
8	<i>Plant supplies</i>	\$ 384.123	Rp6.303.474.672
	Total	\$ 47.038.778	Rp771.906.357.679

3. Variabel Cost (Va)

Variabel cost (Va) merupakan sejumlah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya, yang besarnya dipengaruhi oleh total kapasitas produksi.

Tabel 6. 16 *Variabel Cost* (Va)

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	Bahan Baku	\$ 2.014.568	Rp33.059.066.631
2	<i>Packaging and shipping</i>	\$ 1.520.000	Rp24.943.200.000
3	Biaya bahan utilitas	\$ 70,96	Rp1.164.501
4	<i>Royalties and patents</i>	\$ 57.618	Rp945.521.201
Total		\$ 3.592.257	Rp58.948.952.333

4. Sales price (Sa)

Tabel 6. 17 *Annual sales value* (Sa)

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Annual sales value</i>	\$ 76.000.000	Rp1.247.160.000.000
Total		\$ 76.000.000	Rp1.247.160.000.000

Berdasarkan data diatas, maka dapat menentukan nilai BEP adalah sebagai berikut:

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$$
$$= 51,55\%$$

d. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah titik kapasitas produksi dimana dalam kondisi tersebut lebih menguntungkan menutup pabrik daripada melanjutkan pengoperasiannya. Persentase minimum kapasitas pabrik yang dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam satu tahun. Apabila dalam satu tahun tidak mencapai persen dari kapasitas minimum, maka pabrik harus berhenti beroperasi atau ditutup.

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

$$= 34,85\%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate (DCFR) adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, berdasarkan investasi yang tidak dibayar kembali pada akhir setiap tahun selama umur pabrik. Analisis kelayakan ekonomi menggunakan DCFR dilakukan dengan menggunakan nilai moneter atau investasi yang teridentifikasi dan bervariasi terhadap waktu yang tidak dibayar kembali pada akhir tahun selama umur pabrik. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{(WC + FCI) \times (1 + i)^{10}}{CF} = ((1 + i)^9 + 1 + i)^8 + \dots + (1 + i)1) \frac{WC + SV}{CV}$$

Dimana :

FCI : *Fixed Cost Investment*

WC : *Working Capital Investment*

SV : *Salvage value* = depresiasi

n : umur pabrik 10 tahun

i : nilai DCFR

Nilai DCFR dapat ditentukan dengan melakukan *trial and error* pada microsoft excel dengan metode *goal seek*. Maka diperoleh nilai DCFR adalah sebagai berikut

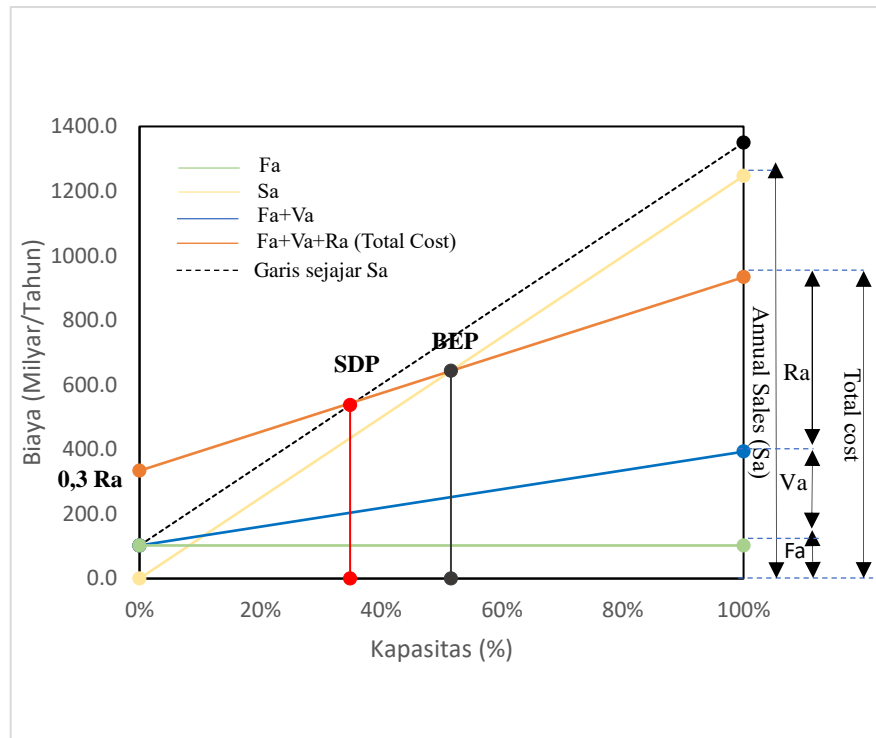
$$DCFR = 13,24\%$$

Bunga bank Indonesia pada 2027 = 5,75%

1,5 dari bunga bank Indonesia = 8,62%

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian Pabrik Biodiesel dari Minyak

Biji Karet dapat di pahami melalui grafik *Break Even Point* berikut:



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

6.7 Analisis Resiko Pabrik

Analisis resiko pabrik dilakukan untuk menentukan seberapa besar atau seberapa kecil resiko sebuah pabrik dengan mempertimbangkan potensi hasil. Analisis ini menentukan bahwa pabrik biodiesel termasuk dalam kategori resiko rendah (*low risk*) berdasarkan faktor-faktor berikut:

Tabel 6. 18 Analisa Resiko Pabrik

No	Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1.	Kondisi Operasi	Suhu paling tinggi : 84°C	√	

		Tekanan antara 1 sampai 2 atm	√	
2.	Bahan baku yang digunakan			
	Minyak Biji Karet	Produk ini dianggap tidak bahaya	√	
	Metanol	Toksisitas : sangat beracun (karsinogen manusia)		√
		Explosion limits : lower 6%	√	
		Flammability : mudah terbakar		√
3.	Bahan Pembantu			
	Natrium Hidroksida	Toksisitas : sangat korosif		√
		Explosion limits : tidak mudah meledak	√	
		Flammability : tidak mudah terbakar	√	
		Stabilitas : stabil	√	
	Katalis Asam Sulfat	Toksisitas : korosif		√
		Explosion limits : tidak mudah meledak	√	
		Flammability : tidak mudah terbakar	√	
	Asam Fosfat	Toksisitas: sangat korosif dan sangat beracun		√
		Explosion limits : tidak mudah meledak	√	
		Flammability : tidak mudah terbakar	√	
4.	Produk yang dihasilkan			
	Biodiesel	Toksisitas: sangat beracun (karsinogen manusia)		√
		Flammability : mudah terbakar		√

Berdasarkan analisa resiko pabrik tersebut, adapun resiko terkait limbah proses yang dihasilkan selama proses produksi yaitu sebagai berikut:

1. Jika gliserol dan metanol tidak dikontrol dengan baik, mereka akan mencemari air tanah dan permukaan, serta residu katalis (NaOH) yang jika tidak dihilangkan dengan benar akan mencemari sumber air atau tanah.

2. Bahaya kesehatan yang dapat disebabkan oleh residu metanol adalah dapat merusak sistem saraf dan organ tubuh. Selain itu, pemurnian dan esterifikasi biodiesel dapat menghasilkan gas dan asap.
3. Ketidakstabilan bahan kimia, seperti metanol yang mudah terbakar, dan potensi bahaya yang dihasilkan selama proses esterifikasi, yang dapat menyebabkan kebocoran, adalah alasan mengapa keamanan pabrik sangat penting.
4. Karena kesalahan dalam manajemen limbah seperti katalis dapat menyebabkan masalah pencemaran dan memerlukan biaya tambahan untuk pemrosesan dan pembuangan yang aman dan sesuai peraturan, penanganan dan pembuangan limbah harus diperhatikan.

Pabrik biodiesel dari minyak biji karet dengan kapasitas 38.000 ton/tahun dapat disimpulkan berdasarkan analisis di atas menunjukkan bahwa kondisi operasi pabrik dengan tekanan atmosfer dan suhu yang rendah. Selain itu, berdasarkan analisis bahaya dan limbah, pabrik ini memiliki risiko yang dapat dikelola dengan baik dengan menerapkan praktik keamanan yang ketat. Tergantung pada kepatuhan terhadap prosedur keamanan dan peraturan, pabrik ini cenderung memiliki tingkat risiko yang rendah hingga sedang dengan memperhatikan tindakan pencegahan yang disarankan.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, Perancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Biji Karet dengan Kapasitas 38.000 Ton/Tahun dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Tujuan dari pembangunan pabrik Biodiesel dari Minyak Biji Karet dengan kapasitas 38.000 ton/tahun adalah untuk memenuhi kebutuhan biodiesel di dalam negeri, mengurangi ketergantungan pada produk impor, menciptakan lebih banyak lapangan kerja dan mendorong pertumbuhan ekonomi.
- b. Pabrik Biodiesel dari Minyak Biji Karet didirikan di Banyuasin dengan luas tanah sebesar 29.365 m².
- c. Hasil evaluasi ekonomi pabrik Biodiesel dari Minyak Biji Karet adalah sebagai berikut:
 1. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp313.873.226.566
 2. Keuntungan setelah pajak sebesar Rp235.404.919.924
 3. *Return of Investment* sebelum pajak (Roi b) sebesar 39,385%, nilai ROI ini menunjukkan nilai yang masih layak dalam syarat ROI b untuk pabrik kimia dengan resiko rendah yaitu minimal 11%
 4. *Return of Investment* setelah pajak (RoI a) sebesar 29,876%
 5. *Pay Out Time* sebelum pajak (POT b) sebesar 2,14 tahun, nilai POT tersebut menunjukkan nilai masih layak dalam syarat POT untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimal yaitu 5 tahun.
 6. *Pay Out Time* setelah pajak (POT a) sebesar 2,67 tahun

7. *Break Even Point* (BEP) sebesar 51,55%, nilai BEP tersebut menunjukkan nilai masih memenuhi syarat BEP untuk pabrik kimia yaitu berkisar antara 40% - 60%
 8. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 34,85%
 9. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 13,24%, nilai DCFR tersebut telah memenuhi syarat yaitu nilai minimum DCFR adalah 1,5 kali suku bunga pinjaman bank.
- d. Sebagai kesimpulan dari semua tinjauan yang dilakukan, yang mencakup ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses, dan hasil evaluasi ekonomi, pabrik Biodiesel dengan kapasitas 38.000 ton/tahun adalah layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan pabrik kimia memerlukan pemahaman konsep dasar untuk meningkatkan kelayakan pabrik yang akan dibangun. Konsep-konsep tersebut antara lain:

- a. Perancangan pabrik kimia membutuhkan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan pranalar dan referensi lain yang berkaitan dengan konsep dasar pendirian pabrik. Mempelajari lebih lanjut tentang ide ini akan membantu menghasilkan biodiesel untuk memenuhi permintaan domestik dan ekspor yang semakin meningkat.
- b. Untuk mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh, pemilihan seperti alat proses, bahan baku, dan penunjang harus diperhatikan.
- c. Diharapkan pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan akan berkembang karena desain pabrik kimia bergantung pada produksi limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aigbodion, A. I., & Pillai, C. K. S. (2000). Preparation, analysis and applications of rubber seed oil and its derivatives in surface coatings. *Progress in organic coatings*, 38(3-4), 187-192.
- Aries, R.s., and Newton, R.D., (1955). *Chemical_Engineering_Cost_Estimation*. Mc Graw Hill Book co., New York.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional., 2015. SNI 7182:2015, “Biodiesel”, Badan Standar Nasional.
- Bambang. 2006. Biodiesel Sumber Energi Alternatif Pengganti Solar Yang Terbuat Dari Ekstraksi Minyak Jarak Pagar. Surabaya : Trubus Agrisarana.
- Brown, G.G. 1950. “*Unit Operation*”, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Brownell, L. E. dan Young, E. H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley Eastern Limited: New York.
- Coulson, J.M and Richardson, J.F. 1983. *Chemical Engineering, 1st edition, Volume 6*. Pergason Press.Oxford
- Demirbas A., (2003), “*Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey*”, *Energy Convers. Manage.*, 44, hal. 2093–109.
- ESDM. (2023). *Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Fogler, H. Scott.1992. *Element of Chemical Reactions Engineering 3 rd ed*. India : Prentice-Hall
- Geankoplis, J.C. 1978. “*Transport Process and Unit Operation*” *Third Edition*, Prentice Hall International Inc., United States of America.

- Georgogianni, K. G., Kontiminas, M. G., Tegou, E., Avlonitis, D., dan Gergis, V., 2007. Biodiesel Production: Reaction and Process Parameters of Alkali-Catalyzed Transesterification of waste Frying Oils, *Energy & Fuels*, 21, 3023-3027.
- Kern, D.Q, 1985, “ Process Heat Transfer “, Mc GrawHill Book Co. Ltd, New York
- Kirk, R. E., and Othmer D.F.1998 *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed. The Interscience Encyclopedia Inc. New York.
- LabChem. (2023). Diakses 20 Oktober 2023, dari www.labchem.com
- Matches. 2014. *Matche's Process Equipment Cost Estimates*. (online). <http://www.matche.com/default.html>
- Mc Cabe, W. L. 1976. *Unit Operation of Chemical Engineering*, (3rd ed) . Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd
- Nasution,M.A., dkk.2007. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Sawit terhadap Konsumsi dan Emisi Mobil Diesel Tipe Common Rail. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 15(2): 91-102
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 7th Edition. McGrawHill Book Co: New York.
- Peters, M., Timmerhause, K., and West, R. 2003. *Plant Design and Economics For Chemical Engineers*. Mc Graw Hill Companies Inc
- Suroso.2005.Kilang Pengolahan BBM Dioptimalkan, *Harian Pagi Jawa Pos* 11 Maret 2005.
- Susilo, B., 2006. Biodiesel sumber Energi Alternatif Pengganti Solar yang terbuat dari Ekstraksi Minyak jarak Pagar, *Trubus Agrisarana*, Surabaya.

Swern . Bailey's. 1964. *Industrial Oil and Fat Product*. New York: Interscience
Publ.

Treyball, R. E. 1980. *Mass Transfer Operation*. McGraw-Hill Book Co: New
York.

U.S. Departement of Energy, 2011, Energy Efficiency & Renewable Energi :
Vehicle Technologies Program

Wallas. S.M. 1988. *Chemical Process Equipment*. Butterworth Publishers,
Stoneham USA

Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Handbooks. New
York.

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

Reaktor-01

Fungsi : Mereaksikan Asam Lemak Bebas (FFA) menggunakan Methanol dengan Katalis Asam Sulfat (H_2SO_4)

Jenis : Reaktor Alit Tangki Berpengaduuk (RATB) dengan jaket pendingin

Kondisi Operasi : *Ishotermal*

$$T = 70^{\circ}C$$

$$P = 2 \text{ atm}$$

Konversi : 95%

1. Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM	Input (kmol/jam)	Output (kg/jam)
$C_{16}H_{32}O_2$	256	446,369	22,318
$C_{18}H_{34}O_2$	282	870,616	43,530
$C_{18}H_{32}O_2$	280	2.572,374	128,618
$C_{18}H_{36}O_2$	284	376,529	18,826
$C_{17}H_{34}O_2$	270	-	447,241
$C_{19}H_{36}O_2$	296	-	868,146
$C_{19}H_{34}O_2$	294	-	2.565,943
$C_{19}H_{38}O_2$	298	-	375,336
CH_3OH	32	4.952,138	4.485,687
H_2O	18	3.419,394	3.681,773
H_2SO_4	98	43,378	43,378
Total		12.680,803	12.680,803

2. Densitas

Densitas komponen pada suhu : 70°C/343,15 K

Komponen	Densitas Aspen (kg/m ³)	Massa (kg/jam)	Fraksi massa	ρL campuran (kg/m ³)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	848,622	446,369	0,0352	29,871
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	854,298	870,616	0,0687	58,652
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	871,648	2.572,374	0,2029	176,818
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	845,759	376,529	0,0297	25,113
CH ₃ OH	743,936	4952,138	0,3905	290,523
H ₂ O	974,536	3419,394	0,0034	3,333
H ₂ SO ₄	1785,34	43,378	0,2697	481,419
Total		12680,803	1	1065,733

3. Viskositas

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi massa (xi)	μ	ln μ	ln μ * xi
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	446,369	0,0352	7,625	2,031	0,071
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	870,616	0,0687	8,021	2,082	0,142
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	2.572,374	0,2029	6,323	1,844	0,374
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	376,529	0,0297	9,538	2,255	0,066
CH ₃ OH	4952,138	0,3905	0,327	-1,116	-0,435
H ₂ O	3419,394	0,0034	0,474	-0,746	-0,002
H ₂ SO ₄	43,378	0,2697	8,799	2,174	0,586
Total	12680,803	1	41,109	8,525	0,803

Persamaan reaksi :



Persamaan kecepatan reaksi :

$$-\frac{d(CA)}{dt} = k_1 \cdot C_A C_B - k_2 \cdot C_C C_D \quad (2)$$

Jika metanol berlebihan, maka persamaan (2) menjadi seperti berikut:

$$-\frac{d(CA)}{dt} = k C_A \quad (3)$$

Dengan konversi asam, X_A bagian, dan konsentrasi awal asam C_{AO}, kemudian persamaan (3) diintegrasikan dengan batas X_A= 0 pada t = t₀ dan X_A = X_A dan t = t, maka diperoleh :

$$-\ln(1 - XA) = k(t - t_0) \quad (4)$$

Dengan persamaan tersebut nilai Xa merupakan konversi reaksi sebesar 95% sedangkan t menunjukkan waktu berlangsung sebesar 0,5 jam. Maka untuk menentukan nilai k digunakan persamaan :

$$k = \frac{-\ln(1-XA)}{t} \quad (5)$$

Sehingga diperoleh nilai k = 5,991/jam

Reaksi Asam



	$C_{16}H_{32}O_2$	CH_3OH	$C_{17}H_{34}O_2$	H_2O
Mula-mula	1,74	154,75	0	189,96
Reaksi	1,66	1,65	1,65	1,65
Setimbang	0,09	153,09	1,65	191,62



	$C_{18}H_{34}O_2$	CH_3OH	$C_{19}H_{36}O_2$	H_2O
Mula-mula	3,08	153,09	0	191,62
Reaksi	2,93	2,93	2,93	2,93
Setimbang	0,15	150,16	2,93	194,55



	$C_{18}H_{32}O_2$	CH_3OH	$C_{19}H_{34}O_2$	H_2O
Mula-mula	9,18	150,16	0	194,55
Reaksi	8,72	8,72	8,72	8,72
Setimbang	0,45	141,43	8,72	203,28



	$C_{18}H_{36}O_2$	CH_3OH	$C_{19}H_{38}O_2$	H_2O
Mula-mula	1,32	131,43	0	203,28
Reaksi	1,25	1,25	1,25	1,25
Setimbang	0,06	140,17	1,25	204,54

4. Optimasi Reaktor

a. Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

$$F_V = \frac{\text{massa umpan}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$= 11,898 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 11.898,664 \text{ liter/jam}$$

b. Menghitung Konsentrasi

$$C_{A0} = \frac{n_a}{F_V}$$

$$= 1,289 \text{ kmol/m}^3$$

$$= 1.289,538 \text{ mol/m}^3$$

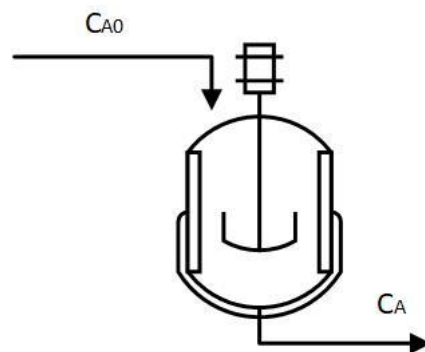
$$C_A = C_{A0}(1 - X)$$

$$= 0,064 \text{ kmol/m}^3$$

$$= 64,476 \text{ mol/m}^3$$

c. Menghitung Volume Reaktor

1. Menggunakan 1 Reaktor



$$F_{A0} - F_A - (-r_A)V = 0$$

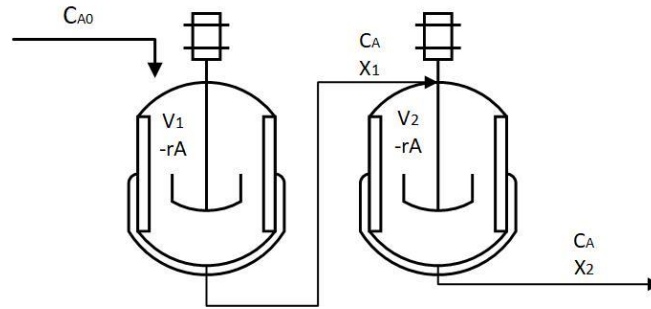
$$(F_V \cdot C_{A0}) - (F_V \cdot C_A) - (k \cdot C_A)V = 0$$

$$(F_V \cdot C_{A0}) - (F_V \cdot C_{A0}(1 - X_0)) - (k \cdot C_{A0}(1 - X_0))V = 0$$

$$V = \frac{F_V(C_{A0} - C_A)}{k \cdot C_A}$$

$$= 37,732 \text{ m}^3$$

2. Menggunakan 2 Reaktor



Dirancang $V_1 = V_2$

$$F_{A0} - F_A - (-r_A)V = 0$$

$$(F_V \cdot C_{A0}) - (F_V \cdot C_A) - (k \cdot C_A)V = 0$$

$$(F_V \cdot C_{A0}) - (F_V \cdot C_{A0}(1 - X_0)) - (k \cdot C_{A0}(1 - X_0))V = 0$$

$$V = \frac{F_V(C_{A0} - C_A)}{k \cdot C_A}$$

$$= 3,064 \text{ m}^3$$

d. Menghitung Waktu Tinggal

$$\tau = \frac{(C_{a0} - C_a)}{-r_a}$$

$$\tau = \frac{V}{F_{v0}}$$

$$= \frac{37,732 \text{ m}^3}{11,898 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 3,171 \text{ jam}$$

$$= 11.416 \text{ detik}$$

e. Optimasi Reaktor

1. Menggunakan 1 Reaktor

$$V : 37,732 \text{ m}^3$$

$$X_0 : 0\%$$

$$X_1 : 95\%$$

$$\tau_1 : 3,171 \text{ jam}$$

2. Menggunakan 2 Reaktor

$$V_1 : 5,661 \text{ m}^3$$

$$V_2 : 5,661 \text{ m}^3$$

$$X_0 : 0\%$$

$$X_1 : 66,70\%$$

$$X_2 : 95\%$$

$$\tau_2 : 0,475 \text{ jam}$$

3. Menggunakan 3 Reaktor

$$V_1 : 3,454 \text{ m}^3$$

$$V_2 : 3,454 \text{ m}^3$$

$$V_3 : 3,454 \text{ m}^3$$

$$X_0 : 0\%$$

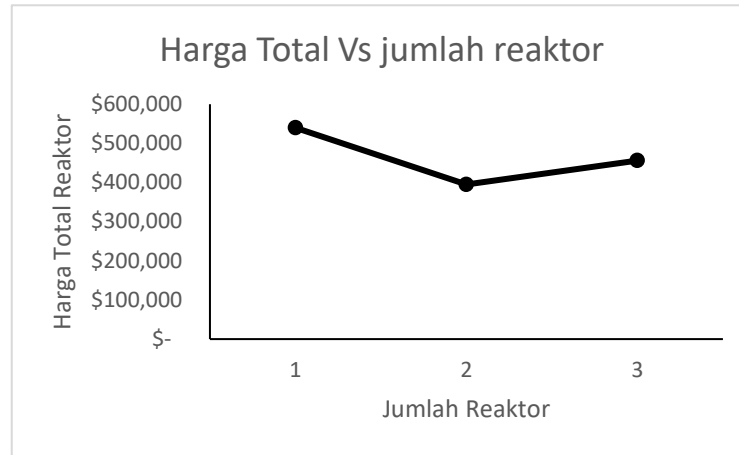
$$X_1 : 71,18\%$$

$$X_2 : 86,30\%$$

$$X_3 : 95\%$$

$$\tau_3 : 0,29 \text{ jam}$$

Jumlah Reaktor	V (m ³)	V (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	37,732	9.967,944	539.800	539.800
2	5,661	1.495,377	197.500	395.000
3	3,454	912,533	152.000	456.000



Berdasarkan optimasi reaktor yang dilakukan, jumlah reaktor yang optimal untuk mendapatkan konversi 95% adalah 2 reaktor karena mempunyai harga total yang paling murah.

f. Menghitung Dimensi Reaktor

Volume reaktor dengan menggunakan faktor keamanan 20%, maka volume reaktor menjadi

$$\text{Volume reaktor} = 1,2 \times 37,732 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = 45,279 \text{ m}^3$$

Reaktor berbentuk silinder vertical terdiri dari dinding (*shell*) dan tutup atas serta bawah (*head*) yang berbentuk *torispherical*.

$$\text{Volume head Torispherical} = 0,000049d^3$$

Dengan ketentuan $D=H$ dimana:

D = Diameter reaktor

H = Tinggi reaktor

Dengan pertimbangan tersebut sehingga volume reaktor didapat menggunakan persamaan berikut:

V reaktor total = Volume silinder + 2 Volume Head

$$V \text{ Head} = 4,076 \text{ m}^3$$

$$V \text{ shell} = 37,733 \text{ m}^3$$

$$V \text{ reaktor total} = 45,885 \text{ m}^3$$

g. Menghitung Ketinggian Cairan dalam Reaktor

V cairan di shell = Vshell – Vbottom

$$V \text{ shell} = 37,733 \text{ m}^3$$

$$V \text{ bottom} = 4,076 \text{ m}^3$$

$$V \text{ cairan di shell} = 33,656 \text{ m}^3$$

$$At = \frac{\pi}{4} ID^2$$

$$At = 10,388 \text{ m}^3$$

$$h \text{ cairan di shell} = \frac{V_{\text{cairan di shell}}}{At}$$

$$h \text{ cairan di shell} = 3,239 \text{ m}$$

h. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6P)} + C$$

$$ts = \frac{(21,191 \text{ psig} \times 71,157 \text{ in})}{((18750 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 21,191 \text{ psig}))} + 0,125 \text{ in}$$

$$ts = 0,226 \text{ in}$$

$$ts \text{ standar} = 0,25 \text{ in}$$

i. Perancangan Dimensi Head

$$th = \frac{P \times r \times W}{2fE - 0,2P} + c$$

$$th = \frac{21,191 \text{ psi} \times 96 \text{ in} \times 1,739}{((2 \times 18750 \text{ psia} \times 0,8) - (0,2 \times 21,191 \text{ psi}))} + 0,125 \text{ in}$$

$$th = 0,243 \text{ in}$$

$$th \text{ standar} = 0,25 \text{ in}$$

Diperoleh dari persamaan persamaan 13.10 Brownell and Young, 1959 Diperoleh nilai tebal shell dan tebal head dari perhitungan yaitu 0,226 in dan 0,243 in dengan tebal shell dan tebal head standar yaitu 0,25 in. Untuk tebal standar 0,25 in berdasarkan table 5.6 Brownell and Young didapatkan nilai sf dan nilai icr yaitu 2,5 in dan 0,75 in. Sehingga untuk mencari tinggi head digunakan persamaan:

$$OA \text{ (tinggi head total)} = th \text{ standar} + b + sf$$

Dimana :

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= 71,549 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - (icr)$$

$$= 65,424 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 89,875 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$= 61,620 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 34,379 \text{ in}$$

Sehingga didapatkan nilai tinggi head total yaitu:

$$OA = th \text{ standar} + b + sf$$

$$= 37,129 \text{ in}$$

$$= 0,943 \text{ m}$$

Tinggi total reaktor = 2H head + Hshell

$$= 5,522 \text{ m}$$

j. Menghitung Dimensi Pengaduk

Jenis pengaduk yang digunakan adalah *flat six blade turbine*, impeller jenis ini digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental. Berdasarkan tabel 3.4.1 Geankoplis, Hal 144 didapatkan data sebagai berikut:

$$Dt = 1,014 \text{ m}$$

$$\text{Diameter propeller (Da)} = Dt/3$$

$$= 0,338 \text{ m}$$

$$\text{Panjang propeller dari dasar (E)} = Dt/3$$

$$= 0,338 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar propeller (L)} &= Da/4 \\ &= 0,085 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar baffle (L)} &= Dt/12 \\ &= 0,085 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi propeller (W)} &= Da/5 \\ &= 0,068 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan (H)} &= 1,1 \times Dt \\ &= 1,116 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah baffle} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = 1 \text{ buah}$$

k. Menghitung Power Pengaduk

$$\text{Power Number (Np)} = 2$$

$$\rho = 1066 \text{ kg/m}^3 = 1,066 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu = 2,1 \text{ cP} = 0,021 \text{ g/cm.s}$$

$$Ni = 2034,993 \text{ rpm} = 33,917 \text{ rps}$$

$$Di = 0,338 \text{ m}$$

$$gc = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$Pa = \rho \times Np \times Ni^3 \times Di^5$$

$$= 37,498 \text{ kW}$$

$$= 50,285 \text{ Hp}$$

$$P_{motor} = \frac{Pa}{Efisiensi}$$

$$= 51 \text{ Hp}$$

$$P \text{ standar} = 60 \text{ Hp}$$

I. Jacket Pendingin

Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	ΔH in (kJ/jam)	ΔH out (kJ/jam)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	46504,346	2325,217
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	94243,581	4712,179
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	234138,898	11706,944
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	35870,100	1793,505
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	41193,045
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	80145,784
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	223215,090
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	36844,480
CH ₃ OH	794739,354	719881,393
H ₂ SO ₄	774349,324	833767,085
H ₂ O	1557,178	1557,178
ΔH reaksi	-192,218	-
Qserap	-	24068,660
Total	1981210,565	1981210,565

Berdasarkan neraca panas reaktor, nilai $Q_{in} > Q_{out}$ sehingga reaktor memerlukan pendingin berupa water.

Kondisi operasi pendingin:

$$T_1 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 45^\circ\text{C} = 318,15 \text{ K}$$

1. Sifat fisis air

$$C_p \text{ (Kapasitas Panas Larutan)} = 0,018 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$$

$$\rho \text{ (Densitas)} = 1018,27 \text{ kg/m}^3 = 63,54 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ (Viskositas)} = 51,2 \text{ cP} = 12,38 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k \text{ (Konduktivitas)} = 5,19 \text{ Btu/jam.ft.}^\circ\text{F}$$

2. Kebutuhan air pendingin

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T}$$

$$m = \frac{22812,758 \text{ Btu/jam}}{0,018 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F} \times (113^\circ\text{F} - 77^\circ\text{F})}$$

$$= 33937 \text{ lb/jam}$$

3. Menghitung LMTD

$$\text{Suhu fluida panas reaktor} = 70^\circ\text{C} = 158^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu fluida dingin masuk} = 25^\circ\text{C} = 77^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu fluida dingin keluar} = 45^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F}$$

Fluida Panas	Temperature (°F)	Fluida Dingin	Selisih (°F)
161,53	High	113	48,53
158	Low	77	81

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

$$= 63,39^\circ\text{F}$$

Berdasarkan Tabel 8, Kern, nilai UD untuk transfer panas *heavy organic* dan fluida dingin berupa *water* adalah sebagai berikut:

$$UD \text{ heavy organic} = 5 \text{ sampai } 75 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$UD \text{ trial} = 75 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

4. Heat Transfer Area

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T_{LMTD}}$$
$$= 5,45 \text{ ft}^2$$

5. Luas Selubung Reaktor

$$L = \pi \cdot D \cdot H + \frac{1}{4} D^2$$
$$= 3,14 \times 11,92 \text{ ft} \times 11,92 \text{ ft} + \frac{1}{4} 11,92 \text{ ft}$$
$$= 482,39 \text{ ft}^2$$

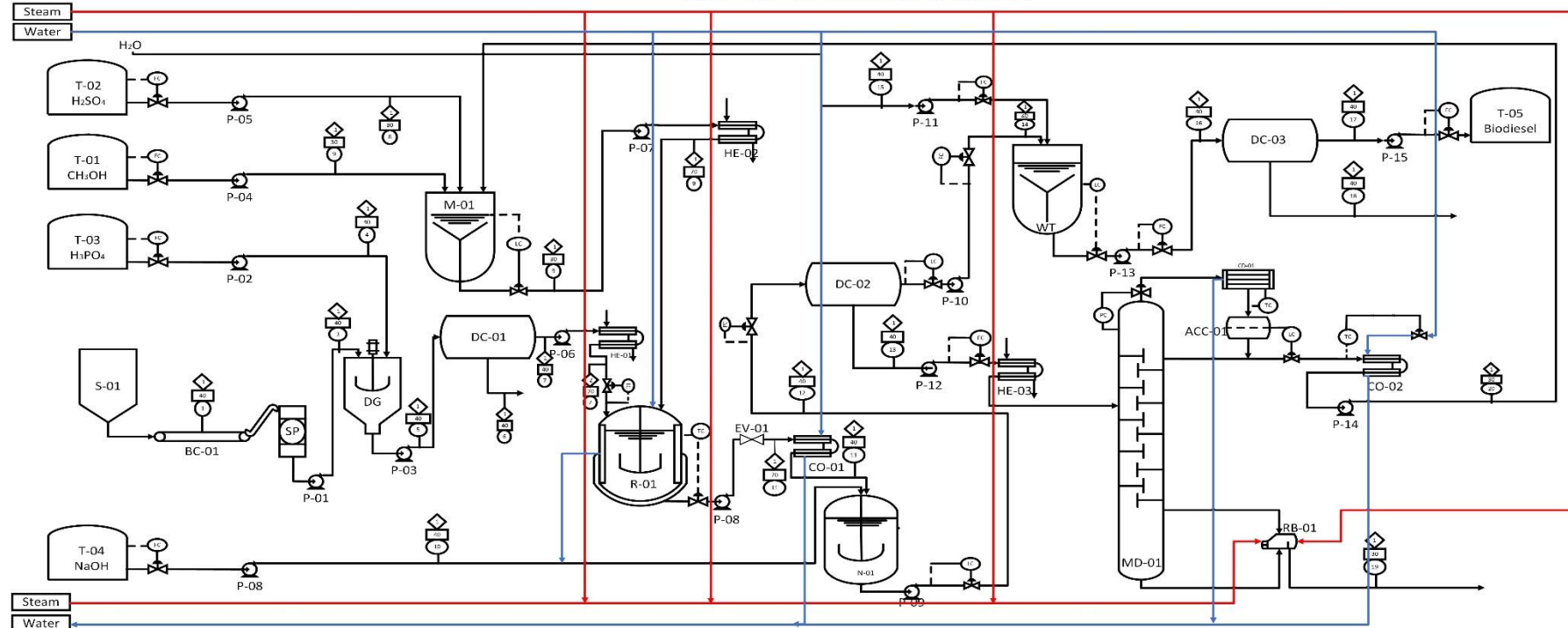
Karena luas transfer panas < luas selubung reaktor, maka reaktor menggunakan jaket pendingin

6. Jaket Pendingin

REAKTOR 1					
Jaket Pendingin	Tinggi	66	in	1,67	m
	Diameter	106	in	2,69	m
	Luas selimut	5,45	ft ²		

LAMPIRAN B
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
(PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KARET DENGAN
KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (kg/jam)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C ₁₈ H ₃₄ O ₂			446,369		446,369		446,369				22,318	22,318		22,318		22,318				
C ₁₈ H ₃₂ O ₂			870,616		870,616		870,616				43,531	43,531		43,531		43,531				
C ₁₈ H ₃₀ O ₂			2572,374		2572,374		2572,374				128,618	128,618		128,618		128,618				
C ₁₈ H ₂₈ O ₂			576,529		576,529		576,529				18,826	18,826		18,826		18,826				
C ₁₈ H ₂₆ O ₂											447,241	447,241		447,241		447,241				
C ₁₈ H ₂₄ O ₂											868,146	868,146		868,146		868,146				
C ₁₈ H ₂₂ O ₂											2565,943	2565,943		2565,943		2565,943				
C ₁₈ H ₂₀ O ₂											375,336	375,336		375,336		375,336				
C ₁₈ H ₁₈ O ₂											492,138									
C ₁₈ H ₁₆ O ₂											4485,687	4485,687	4378,840	106,847		106,847	7,241	85,598	1313,652	3065,188
H ₂ O			3148,594	0,679	3149,274	3149,274		0,885	2122,345	38,362	3681,773	3736,071	3728,859	7,211	1117,491	1124,705	22,780	1117,457	3616,893	111,865
H ₂ SO ₄									43,379											
NaOH										35,411										
Na ₂ SO ₄													62,855	62,855						62,855
Biji Karet			25367,833																	
Gum			5268,801		5268,801	5268,801														
Ammax			12683,916																	
Li ₂ CO ₃					8,676	8,676	8,676													
total	26267,823	26883,931	26883,931	9,206	26922,592	9216,02	5268,850	41,264	7074,484	73,773	32681,803	32954,576	8170,556	5701,137	1117,491	5701,117	8495,586	1203,055	4993,500	1177,024

Alat	Keterangan
ACC	Accumulator
CO	Condenser
CD	Cooler
HE	Heater
RB	Reboiler
S	Silo
TP	Tangki Penyimpanan
BC	Belt Conveyor
SP	Screw Press
DG	Degummar
DC	Decanter
M	Mixer
R	Reaktor
N	Neutralizer
WT	Washing Tower
MD	Menara Distilasi
P	Pompa

Simbol	Keterangan
FC	Flow Controller
LC	Level Controller
PC	Pressure Controller
LI	Level Indicator
TC	Temperature Controller
CV	Control Valve
PI	Pipa
TI	Isi/ik
U	Udara Tekan

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL
DARI MINYAK BIJI KARET DENGAN
KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN

Dibuat Oleh:
 1. Tark Perwita Sari (20521101)
 2. Nurul Nurazwan Asjamsolo (20521114)

Dosen Pembimbing:
 1. Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

1. Nama Mahasiswa : Taris Perwita Sari

NIM : 20521101

2. Nama Mahasiswa : Astri Nurisnaeni Anjasmoko

NIM : 20521116

Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak
Biji Karet dengan Kapasitas Produksi 38.000
Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 14 September 2023

Batas Akhir Bimbingan : 13 Maret 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	27-09-2023	Perkenalan dan diskusi tentang judul prarancangan pabrik	<i>[Signature]</i>
2	02-10-2023	Diskusi perubahan judul prarancangan pabrik	<i>[Signature]</i>
3	06-10-2023	Pergantian judul prarancangan pabrik	<i>[Signature]</i>
4	10-10-2023	Diskusi spesifikasi bahan baku, produk, dan diagram alir kualitatif	<i>[Signature]</i>
5	20-10-2023	Konsultasi spesifikasi bahan baku, produk, dan diagram alir	<i>[Signature]</i>
6	01-11-2023	Konsultasi diagram alir	<i>[Signature]</i>
7	07-11-2023	Konsultasi diagram alir dan diskusi neraca massa	<i>[Signature]</i>
8	09-11-2023	Konsultasi neraca massa	<i>[Signature]</i>
9	20-11-2023	Konsultasi neraca massa	<i>[Signature]</i>
10	01-12-2023	Penetapan neraca massa	<i>[Signature]</i>
11	16-01-2024	Perhitungan neraca massa	<i>[Signature]</i>
12	05-03-2024	Perbaikan neraca massa	<i>[Signature]</i>
13	08-03-2024	Diskusi perancangan reaktor	<i>[Signature]</i>

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

1. Nama Mahasiswa : Taris Perwita Sari

NIM : 20521101

2. Nama Mahasiswa : Astri Nurisnaeni Anjasmoko

NIM : 20521116

Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak
Biji Karet dengan Kapasitas Produksi 38.000
Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 14 Maret 2024

Batas Akhir Bimbingan : 13 September 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	14-03-2024	Konsultasi perancangan volume reaktor	<i>[Signature]</i>
2	19-03-2024	Konsultasi perancangan dimensi reaktor	<i>[Signature]</i>
3	20-03-2024	Konsultasi perancangan reaktor	<i>[Signature]</i>
4	26-03-2024	Penetapan perancangan reaktor	<i>[Signature]</i>
5	28-03-2024	Konsultasi Perancangan Netralizer dan Decanter	<i>[Signature]</i>
6	01-04-2024	Konsultasi Perancangan Netralizer	<i>[Signature]</i>
7	25-04-2024	Konsultasi perancangan Decanter dan Menara Distilasi	<i>[Signature]</i>
8	02-05-2024	Konsultasi Aspen Plus dan perancangan Menara Distilasi	<i>[Signature]</i>
9	16-05-2024	Diskusi Alat penyimpanan bahan, transportasi bahan dan penukar panas	<i>[Signature]</i>
10	21-05-2024	Pembahasan Alat penyimpanan bahan, transportasi bahan dan penukar panas	<i>[Signature]</i>
11	31-05-2024	Diskusi perhitungan utilitas	<i>[Signature]</i>
12	03-06-2024	Konsultasi perhitungan utilitas	<i>[Signature]</i>
13	20-06-2024	Konsultasi tata lokasi pabrik dan evaluasi ekonomi	<i>[Signature]</i>
14	21-06-2024	Konsultasi evaluasi ekonomi	<i>[Signature]</i>
15	27-06-2024	Konsultasi evaluasi ekonomi	<i>[Signature]</i>
16	16-07-2024	Konsultasi PEFD	<i>[Signature]</i>
17	19-07-2024	Konsultasi PEFD dan naskah	<i>[Signature]</i>
18	25-07-2024	Revisi naskah	<i>[Signature]</i>