

**PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI  
LEMAK SAPI**

**KAPASITAS 26.000 TON/TAHUN**

**PRA RANCANGAN PABRIK**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat**

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



**Disusun Oleh :**

**NAMA : KHARIS MUSYafa      NAMA : EDWINA PUSPA ELFIA ROSA**

**NIM : 20521078                      NIM : 20521177**

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

**2024**

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

### PRA RANCANGAN PABRIK BODIESEL DARI LEMAK SAPI KAPASITAS 26.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kharis Musyafa

Nama : Edwina Puspa Elfia Rosa

NIM : 20521078

NIM : 20521177

Yogyakarta, 09 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

Td. Tangan



Kharis Musyafa



Edwina Puspa Elfia Rosa

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

## PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI KAPASITAS 26.000 TON/TAHUN

### PRA RANCANGAN PABRIK



Nama : Kharis Musyafa

Nama : Edwina Puspa Elfia Rosa

Nim : 20521078

Nim : 20521177

الجمعة المباركة  
الاستاذة الاندونيصة  
الاندونيصة

Yogyakarta, 09 Juli 2024

Pembimbing,

*Arif Hidayat*

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

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

## PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI KAPASITAS 26.000 TON/TAHUN

### PRA RANCANGAN PABRIK

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 5 Agustus 2024

Tim Penguji

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

Ketua

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

Anggota I

**Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D.**

Anggota II

  
\_\_\_\_\_  
15/8/24  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

NIK : 995200445

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Selawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW., sahabat serta pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI DENGAN KAPASITAS 26.000 TON/TAHUN**”. Tugas Akhir prarancangan pabrik ini merupakan serangkaian tugas sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Karunia-Nya
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa dan semangat agar dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dengan sabar, memberikan semangat, masukan, dan dukungan kepada kami dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh teman – teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2020 yang telah banyak membantu dalam kelancaran Tugas Akhir kami ini, yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini masih banyak kekurangan dan kelemahan serta jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

***Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh***

Yogyakarta, 09 Juli 2024

Penyusun

## LEMBAR PERSEMBAHAN



*Alhamdulillah* dengan ucapan rasa syukur yang tiada henti saya panjatkan atas kemudahan yang telah Allah SWT berikan dalam perjuangan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir pra rancangan pabrik ini di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia sebagai akhir dari perjuangan saya dalam menjalani masa kuliah dan sebagai langkah awal dalam menghadapi dunia yang baru.

Perjuangan yang telah saya lakukan ini tidak luput dari orang-orang hebat yang pernah saya temui sebagai penyemangat hingga dapat mencapai titik sekarang ini. Saya menyadari bahwa selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada lembar yang spesial ini saya persembahkan kepada:

1. Ibunda Windayani, S.Ag dan ayahanda H. Wawan Sofwani, S.Pd ini merupakan persembahan dari anak terakhirmu yang telah berhasil menyelesaikan salah satu kewajiban yang telah kalian titipkan dan amanahkan kepada saya. Berkat kasih dan sayang kalian, serta nasihat dan doa yang selalu kalian berikan di kala anakmu jauh dari pandangan mu telah berhasil memberikan semangat dalam perjuangan yang sedang dilakukan. Tidak banyak yang dapat di sampai kan untuk berterima kasih kepada kalian. Semoga apa yang sudah kalian berikan akan selalu bermanfaat untuk anakmu ini, terima kasih Ibu, Ayah.

2. Bapak Dr. Arif Hidayat S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih atas dukungan, bimbingan, inspirasi, dan kesabaran yang bapak berikan kepada saya. Kelapangan hati dan ketulusan bapak selalu memberikan kami motivasi, inspirasi, dan memberikan semangat kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Sifat bapak yang sangat friendly, penuh perhatian, dan ketegasan sangat membangun mental saya untuk fokus meraih dan mengejar gelar yang akan dicapai. Semoga bapak dan keluarga diberi kesehatan dan kebahagiaan selalu.
3. Edwina Puspa Elfia Rosa, selaku partner perjuangan "BISMILLAH ST" terima kasih sudah menemani saya hingga mencapai titik sekarang ini. Mulai dari kerja praktik, penelitian, hingga menyelesaikan tugas akhir ini. Kamu hebat dan kamu kuat, partner perempuan pertama yang pernah aku temui dan bertahan hingga titik ini, dimana perbedaan pemikiran, teguran yang pernah terjadi membuat saya semakin belajar dan termotivasi untuk lebih baik lagi. Tanpa pemikiranmu, tanpa rasa percayamu, tanpa teguranmu, tanpa rasa semangatmu mungkin kita tidak bisa sampai di titik ini. Semoga rasa semangat dan mentalmu yang sudah terbentuk untuk sampai di titik ini dapat bermanfaat untuk ke depannya guna meraih kesuksesan kamu dimasa mendatang.
4. Lani Tiara, terima kasih sudah hadir di akhir perjalanan dimasa kuliah ini. Kamu menjadi sosok yang sangat spesial, dimana semua keluh kesah kamu dengarkan. Memberikan motivasi dan semangat saat saya sedang dalam kondisi yang tidak tahu harus berbuat apa. Dari kamu, saya belajar

bagaimana menghadapi situasi yang sulit dan bagaimana untuk berbuat yang terbaik. Buat kamu semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan semoga kamu tetap seperti sosok yang aku kenal.

5. Darryl dan Iqbal, teman satu kos yang sangat unik. Terima kasih telah memberikan kesenangan selama kurang lebih 4 tahun ini. Dimulai dari pertama kali kumpul di Jogja, disitulah kalian memberikan canda dan tawa setiap hari. Walau terkadang saat saya sedang tidak baik-baik saja dan membutuhkan solusi tetap saja tidak memberikan solusi, yang ada hanya canda dan tawa. Namun, mungkin itulah cara kalian untuk memberikan ketenangan pikiran tanpa adanya solusi. Semangat buat kalian dalam menyelesaikan pendidikan ini, semoga kita dapat ketemu kembali di masa yang akan mendatang.

Kharis Musyafa

Teknik Kimia 2020

## LEMBAR PERSEMBAHAN



*Alhamdulillah* rabbilalamin, puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu tanggung jawab yang harus saya selesaikan untuk mendapatkan gelar sarjana. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Edi Warman dan Ibu Dr. Ns. Elvi Rosanti, S.Kep., M.Kes., juga kedua saudari saya Apt. Edrina Elfia Rosa, S.Farm., dan Atiqah Elfia Putri yang selalu memberikan kasih sayang, semangat dan dukungan baik secara moral dan materi selama ini sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terimakasih bapak atas bimbingan, arahan, ilmu pengetahuan dan juga nasehat selama proses pembuatan tugas akhir ini.
3. Rekan saya, Kharis Musyafa yang sudah menemani dan berjuang bersama saya mulai dari Kerja Praktek, Penelitian, hingga Tugas Akhir ini. Terimakasih atas kerja sama dan perjuangan yang sudah dilalui.
4. Keluarga Kesehatan Dr. Robert ( Rauza, Yanti, Hemalia, Jhody, Fatimah, Fani, Samiyah, dan Tanfizd ) sahabat yang menemani dan mengisi hari - hari saya selama diperkuliahan ini, yang selalu memberikan semangat dan membantu saya dalam berbagai hal.

5. Sahabat saya, Devina, Hanifah, dan Cindy yang sudah selalu ada memberikan semangat dan dukungan kepada saya selama ini disaat suka maupun duka
6. Teman - teman saya, Iman, Elis, Sekar, Fajar, dan Amal yang sudah menjadi bagian dari cerita saya selama diperkuliahan ini, yang menemani, mendengarkan, dan juga memberikan masukan kepada saya agar bisa menjadi lebih baik lagi.
7. Teman – teman seperjuangan di Teknik Kimia 2020 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
8. Terakhir, untuk diri saya sendiri, Edwina Puspa Elfia Rosa. Terimakasih sudah berjuang menyelesaikan apa yang sudah dimulai. Terimakasih sudah bertahan dan tidak menyerah dalam melewati berbagai macam keadaan yang tidak pernah terbayangkan sebelumnya.

Edwina Puspa Elfia Rosa

Teknik Kimia UII 2020

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMBANG .....</b>	<b>xvii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	3
1.3 Tinjauan Pustaka.....	9
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika .....	16
<b>BAB II PERANCANGAN PRODUK.....</b>	<b>20</b>
2.1 Spesifikasi Produk .....	20
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung .....	20
2.3 Pengendalian Kualitas.....	24
<b>BAB III PERANCANGAN PROSES .....</b>	<b>27</b>
3.1 Diagram Alir Proses dan Material .....	27
3.2 Uraian Proses .....	29
3.2.1 Persiapan Bahan Baku.....	29
3.2.2 Proses Pembentukan Bahan Baku.....	30
3.2.3 Proses Pemurnian Produk .....	31
3.3 Spesifikasi Alat .....	32
3.3.1 Spesifikasi Alat Proses .....	32
3.3.2 Spesifikasi Alat Penukar Panas .....	44

3.3.3	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk.....	54
3.3.4	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan .....	58
3.4	Neraca Massa.....	65
3.5	Neraca Panas.....	72
<b>BAB IV</b>	<b>PERANCANGAN PABRIK .....</b>	<b>76</b>
4.1	Lokasi Pabrik.....	76
4.2	Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ) .....	77
4.3	Tata Letak Mesin / Alat Proses ( <i>Mechines Layout</i> ) .....	80
4.4	Organisasi Perusahaan .....	82
<b>BAB V</b>	<b>UTILITAS.....</b>	<b>100</b>
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	102
5.1.1	Unit Penyediaan Air .....	102
5.1.2	Unit Pengolahan Air.....	104
5.2	Unit Pembangkit Steam .....	107
5.3	Unit Pembangkit Listrik .....	107
5.4	Unit Penyediaan Udara Instrumen.....	109
5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar.....	110
5.6	Unit Pengolahan Limbah .....	110
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas .....	111
<b>BAB VI</b>	<b>EVALUASI EKONOMI .....</b>	<b>121</b>
6.1	Evaluasi Ekonomi .....	121
6.2	Penaksiran Harga Alat.....	123
6.3	Dasar Perhitungan.....	131
6.4	Perhitungan Biaya.....	131
6.4.1	Total Capital Investment.....	131
6.4.2	Total Production Cost .....	133
6.4.3	General Expense.....	136
6.5	Analisa Kelayakan .....	137
6.5.1	<i>Return Of Investment (ROI)</i> .....	137
6.5.2	<i>Pay Out Time (POT)</i> .....	138
6.5.3	<i>Break Even Point (BEP)</i> .....	139
6.5.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i> .....	140
6.5.5	<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i> .....	141
<b>BAB VII</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>149</b>
7.1	Kesimpulan .....	149

7.2	Saran .....	151
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>152</b>
<b>LAMPIRAN A Reaktor-01</b> .....		<b>157</b>
<b>LAMPIRAN B <i>Process Engineering Flow Diagram (PEFD)</i></b> .....		<b>177</b>
<b>LAMPIRAN C Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik</b> .....		<b>178</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Produksi Biodiesel di Indonesia.....	4
Tabel 1. 2 Konsumsi biodiesel di indonesia Asosiasi Produksi Biofuel Indonesia (APOBRI) .....	6
Tabel 1. 3 Nilai Ekspor Biodiesel di Indonesia.....	7
Tabel 1. 4 Data Pabrik Biodiesel di Indonesia .....	8
Tabel 1. 5 Nilai Standar Mutu Biodiesel.....	10
Tabel 1. 6 Kandungan Asam Lemak pada Lemak Sapi.....	13
Tabel 1. 7 Rincian Gugus Metode Joback (Reid, 1987) .....	16
Tabel 1. 8 Nilai $\Delta H_f$ .....	17
Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki .....	54
Tabel 3. 2 Neraca Massa Mixer.....	65
Tabel 3. 3 Neraca Massa Reaktor 1.....	66
Tabel 3. 4 Neraca massa reaktor 2 .....	66
Tabel 3. 5 Neraca Massa Netrakizer .....	67
Tabel 3. 6 Neraca Massa Decanter .....	68
Tabel 3. 7 Neraca Massa Evaporator.....	69
Tabel 3. 8 Neraca Massa Menara Distilasi.....	69
Tabel 3. 9 Neraca Massa Condensor.....	70
Tabel 3. 10 Neraca Massa Reboiler.....	70
Tabel 3. 11 Neraca Massa Total.....	71
Tabel 3. 12 Neraca Panas Mixer .....	72
Tabel 3. 13 Neraca Panas Reaktor.....	72
Tabel 3. 14 Neraca Panas Netrakizer .....	73
Tabel 3. 15 Neraca Panas Decanter.....	74
Tabel 3. 16 Neraca Panas Menara Distilasi.....	75
Tabel 3. 17 Neraca Panas Evaporator .....	75
Tabel 4. 1 Spesifikasi Ukuran Lahan .....	78
Tabel 4. 2 Rincian Jam Kerja .....	92
Tabel 4. 3 Rincian Jadwal Shift Kerja.....	93
Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Karyawan Shift.....	94
Tabel 4.5 Pendapatan Karyawan.....	95
Tabel 5. 1 Alat Proses.....	108
Tabel 5. 2 Alat Utilitas .....	108
Tabel 5. 3 Spesifikasi Pompa Utilitas .....	111
Tabel 6. 1 Indeks Harga per Tahun .....	124
Tabel 6. 2 Harga Alat Proses.....	126
Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas.....	128

Tabel 6. 4 Harga Alat Utilitas (lanjutan).....	129
Tabel 6. 5 Analisis Kelayakan Pabrik .....	143
Tabel 6. 6 Identifikasi Hazard Pabrik .....	144

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia .....	5
Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia .....	6
Gambar 1. 3 Grafik Eskpor Biodiesel di Indonesia .....	7
Gambar 1. 4 Reaksi Transesterifikasi .....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif .....	27
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif .....	28
Gambar 3. 3 Reaksi Esterifikasi.....	30
Gambar 4. 1 Tata Letak Bangunan Pabrik .....	80
Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses .....	82
Gambar 4. 3 Struktur Organisasi.....	86
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas.....	101
Gambar 6. 1 Analisis biaya per kapasitas.....	143

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A Reaktor-01 .....	157
LAMPIRAN B Process Engineering Flow Diagram (PEFD).....	177
LAMPIRAN C Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik.....	178

## DAFTAR LAMBANG

T	:	<i>Temperature, °C</i>
D	:	Diameter, m
H	:	Tinggi, m
P	:	Tekanan, psia
$\mu$	:	Viskositas, cP
$\rho$	:	Densitas, kg/m <sup>3</sup>
Q	:	Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	:	Luas Penampang, m <sup>2</sup>
V	:	Volume, m <sup>3</sup>
t	:	Waktu, jam
M	:	Massa, Kg
Fv	:	Laju Volumetrik, m <sup>3</sup>
R	:	Jari- jari, in
P	:	<i>Power motor, Hp</i>
ts	:	Tebal <i>shell</i> , in
$\Delta P$	:	<i>Pressure drop</i> , psia
ID	:	<i>Inside diameter</i> , in
OD	:	<i>Outside diameter</i> , in
Th	:	Tebal <i>head</i> , in
Re	:	Bilangan Reynold
f	:	<i>Allowable stress</i> , psia

icr	:	Jari-jari sudut dalam, in
L	:	Lebar pengaduk, m
N	:	Kecepatan putaran, rpm
UD	:	Koefisien perpindahan panas <i>overall</i> HE, Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
UC	:	Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
P	:	Panjang, m
l	:	Lebar, m
x	:	Konversi, %
E	:	Efisiensi sambungan
K	:	Konduktivitas termal, Btu/jam ft <sup>2</sup> °F
k	:	Konstanta kinetika reaksi
R	:	Tetapan konstan gas
Fv	:	Laju alir, m <sup>3</sup> /jam
Sg	:	<i>Specific gravity</i>
LMTD	:	<i>Long Mean Temperature Different</i> , °F

## ABSTRAK

Biodiesel adalah campuran ester monoalkil rantai Panjang dalam Bahasa Inggris disebut dengan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) yang merupakan bahan bakar alternatif yang bisa didapatkan dari minyak nabati, lemak dan hewani, dan limbah minyak dengan cara proses reaksi esterifikasi dengan bantuan metanol dan asam sulfat untuk mengkonversi asam lemak menjadi *methyl ester*. Pabrik biodiesel ini rencara akan didirikan di daerah Kabupaten Sidoarjo tepatnya di daerah Terung Wetan. Pabrik ini didirikan dengan kapasitas 26.000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Lemak sapi dan metanol dengan bantuan katalis asam sulfat. Proses esterifikasi berlangsung pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm dengan konversi sebesar 98%. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pembangunan pabrik membutuhkan modal produksi sebesar Rp 434.399.428.632, Persen *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 23% dan sesudah pajak 18%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 3,1 tahun dan sesudah pajak 3,9 tahun. Dari data analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dari lemak sapi layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Biodiesel, esterifikasi, lemak sapi, Terung Wetan, ekonomi

## **ABSTRACT**

Biodiesel is a mixture of long-chain monoalkyl esters in English called Fatty Acid Methyl Ester (FAME) is an alternative fuel that can be obtained from vegetable oils, fats and animals, and waste oil by means of an esterification reaction process with the help of methanol and sulfuric acid to convert fatty acids into methyl esters. This biodiesel plant will be established in Sidoarjo Regency, precisely in the Terung Wetan area. The plant will have a capacity of 26.000 tons/year. The raw materials used are cow fat and methanol with the help of sulfuric acid catalyst. The esterification process takes place at 60°C and 1 atm pressure with a conversion of 98%. Based on the economic evaluation, it can be concluded that the construction of the plant requires a production capital of Rp 434.399.428.632. Percent Return On Investment (ROI) before tax is 23% and after tax is 18%. Pay Out Time (POT) before tax 3,2 years and after tax 3,9 years. From the economic analysis data, it can be concluded that the biodiesel plant from beef tallow is feasible to establish.

Keywords: Biodiesel, esterification, beef tallow, Terung Wetan, economy

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Krisis energi di Indonesia membuat cadangan minyak bumi semakin menipis dan diperkirakan akan habis dalam beberapa tahun kedepan. Situasi ini merupakan sebuah ancaman terhadap krisisnya minyak bumi semakin nyata. Ditambah lagi dengan isu kesehatan lingkungan, menjadi tantangan bagi para peneliti dalam melakukan penelitian untuk mencari sumber daya energi alternatif yang dapat diperbaharui. Minyak bumi merupakan sumber bahan bakar yang berasal dari fosil yang memerlukan waktu ratusan tahun untuk dapat menghasilkan kembali minyak tersebut.

Pada tahun 2005, Lembaga Ilmu Nuklir Indonesia (LIPI) membuat terobosan baru dengan melakukan penelitian tentang usaha membuat sumber daya energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang bersumber dari minyak bumi. Sumber energi alternatif tersebut berasal dari minyak hewani dan nabati yaitu biodiesel. Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang berpotensi dapat dikembangkan untuk dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi atau bahan bakar.

Jika terus menggunakan minyak bumi secara terus-menerus tanpa memikirkan penggantinya, pasti dapat menyebabkan sumber energi tersebut akan habis. Terlebih lagi, penggunaan yang terus semakin meningkat menyebabkan harga minyak bumi di dunia semakin meningkat dan menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan

dan ketersediaan pasokan bahan bakar di daerah terpencil menjadi salah satu acuan bagi beberapa negara untuk mengembangkan potensi energi alternatif dan terbarukan.

Dalam memenuhi kebutuhan energi dalam negeri perlu diarahkan agar dapat dilaksanakan dan memperoleh persetujuan. Salah satu bahan bakar alternatif yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan, yaitu jenis bahan bakar cair yang bersumber dari hewani ataupun nabati. (Blesvid dkk., 2012).

Indonesia adalah negara yang beriklim tropis dimana sumber daya alam yang dimiliki sangat melimpah, sehingga terdapat potensi untuk memproduksi biodiesel. Indonesia terus meningkatkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan agar mencapai target bauran sebesar 23% pada tahun 2025. Indonesia menjadi negara pertama yang menerapkan bahan bakar B30, dimana itu merupakan campuran biodiesel dalam minyak solar. Program B30 ini telah diimplementasikan secara bersamaan di seluruh negara pada tanggal 1 januari 2020. Namun konsumsi B30 ini mengalami penurunan sebesar 12%, hal tersebut tidak sesuai dengan alokasi yang ditetapkan sebesar USD 9,5 juta KL menjadi USD 8,4 juta KL.

Biodiesel memiliki kekurangan, yaitu harga yang cukup mahal jika dibandingkan dengan bahan bakar lainnya. Penyebab utama dari mahalnya harga biodiesel tersebut dikarenakan harga bahan baku yang cukup mahal. Bahan baku biodiesel diperoleh dari minyak yang kurang ekonomis untuk dapat dijadikan produk. Maka dari itu perlu mengganti bahan baku alternatif yang tidak bersaing dengan bahan pangan agar menghasilkan biodiesel yang lebih murah.

Pada proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti proses transesterifikasi dan esterifikasi dengan bantuan alkohol dan *Free Fatty Acid* (FFA) guna menghasilkan metil ester dan air. Proses esterifikasi guna mengurangi kandungan FFA yang cukup tinggi, sedangkan proses transesterifikasi untuk mengubah trigliserida dari minyak menjadi mono alkil ester.

Metanol adalah alkohol yang paling umum digunakan karena biaya rendah dan reaktivitas yang tinggi dibandingkan dengan alkohol rantai panjang lainnya. Produksi biodiesel dengan menggunakan katalis enzim dapat menghasilkan ester yang memuaskan. Namun, proses produksinya mahal dan membutuhkan waktu reaksi yang lebih lama dan konsentrasi katalis yang lebih tinggi. Misalnya, produksi enzimatik biodiesel dari minyak biji kapas diamati hasil 97% setelah 24 jam pada 50°C dengan campuran reaksi yang mengandung 32,5% t-butanol, 13,5% metanol, 54% minyak dan 0,017 g enzim/gram minyak menggunakan *one step fixed bed reaktor kontinyu* (Royon dkk., 2006). Katalis asam yang biasa digunakan adalah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) karena harganya yang murah.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Dalam menjalankan suatu pabrik memerlukan peralatan utama dan pendukung serta kapasitas pabrik biodiesel agar berjalan sesuai yang direncanakan. Kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia setiap tahun semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan masyarakat Indonesia bergantung pada energi dari fosil. Diperkirakan minyak bumi di Indonesia dengan tingkat konsumsi yang tinggi akan habis dalam waktu 15-20 tahun lagi. Namun, fakta lain menyebutkan bahwa Indonesia sudah menjadi importer minyak solar dari tahun 2005 (Susilo,2006).

Penggunaan biodiesel sebaiknya segera diterapkan sebagai bentuk solusi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar berbahan dasar fosil sebagai langkah untuk menghadapi kelangkaan di masa depan. Biodiesel memiliki keunggulan yang cukup baik dibandingkan dengan energi yang lain. Selain itu, biodiesel juga dapat menjadi pilihan utama untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi. Biodiesel dapat memberikan dampak positif kepada masyarakat peternak atau pemotong sapi sebagai bahan baku biodiesel dan terdapat nilai ekonomi yang baik khususnya untuk lemak sapi.

### 1.2.1 Produksi Biodiesel

Berdasarkan data yang diperoleh dari Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APOBRI) perkembangan produksi biodiesel di Indonesia cenderung meningkat. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 1.1

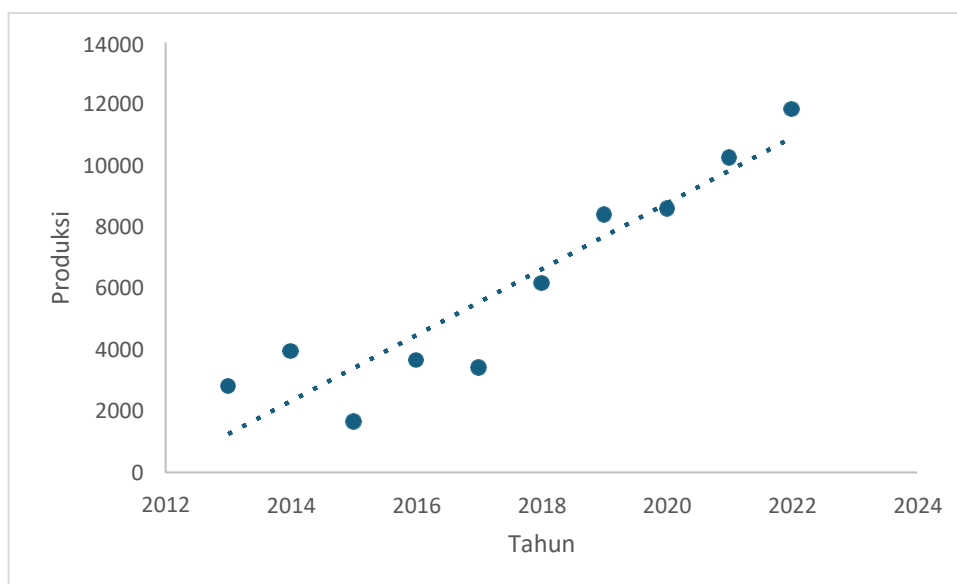
Tabel 1. 1 Produksi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Produksi (x 1000 KL)
2013	2.805
2014	3.961
2015	1.653
2016	3.656
2017	3.416
2018	6.168
2019	8.399
2020	8.594

Tabel 1.1 Produksi Biodiesel di Indonesia (lanjutan)

2021	10.258
2022	11.816

Dari data tabel tersebut dapat dibuat grafik antara tahun (x) dan jumlah produksi (y). Grafik dapat dilihat pada gambar 1.1:



Gambar 1. 1 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia

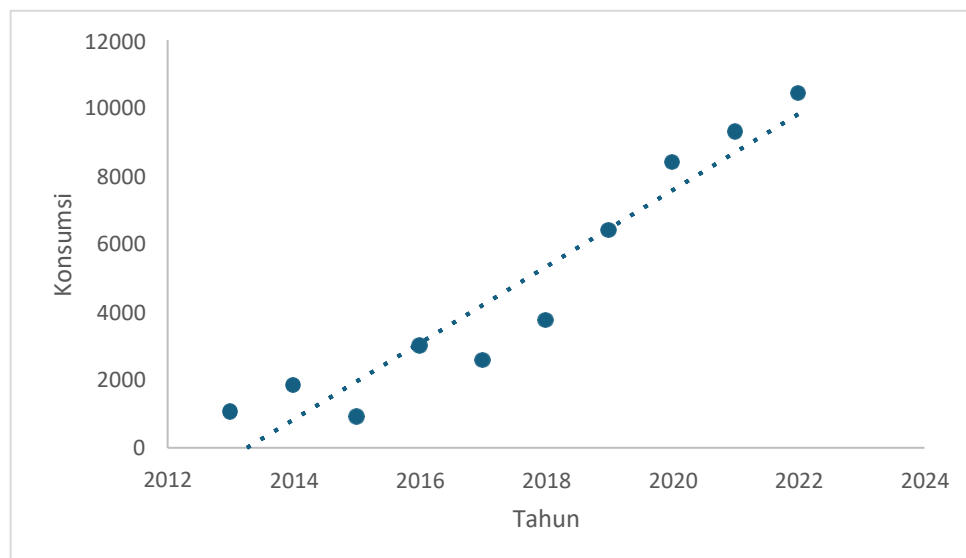
### 1.2.2 Konsumsi Biodiesel

Biodiesel dalam negeri menurut data yang di peroleh dari APOBRI terus meningkat dimulai dari tahun 2019-2022. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 1.2:

Tabel 1. 2 Konsumsi biodiesel di indonesia Asosiasi Produksi Biofuel Indonesia (APOBRI)

Tahun	Konsumsi (x 1000 KL)
2013	1.048
2014	1.845
2015	915
2016	3.006
2017	2.572
2018	3.750
2019	6.396
2020	8.400
2021	9.296
2022	10.430

Dari data tersebut dapat dibuat grafik antara tahun (x) dan jumlah konsumsi (y). Grafik dapat dilihat pada gambar 1.2:



Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

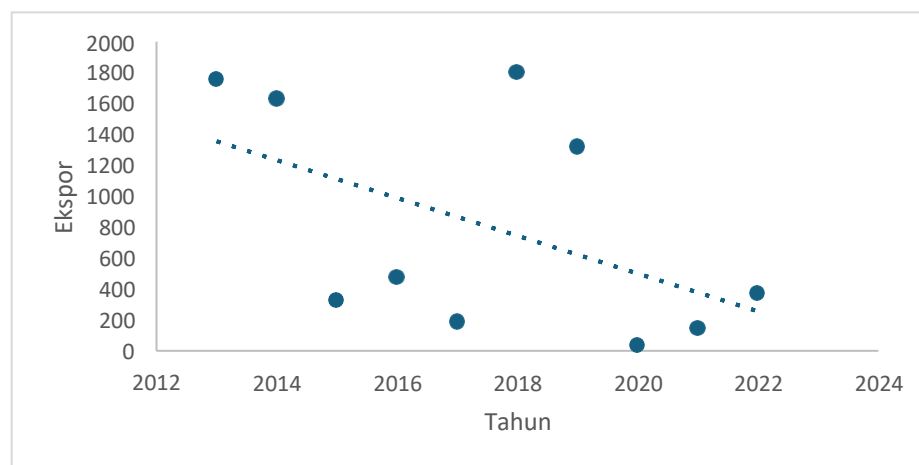
### 1.2.3 Ekspor

Nilai ekspor yang diperoleh dari APOBRI cenderung mengalami kenaikan dan penurunan, data tersebut dapat dilihat dari tabel 1.3:

Tabel 1. 3 Nilai Ekspor Biodiesel di Indonesia

Tahun	Ekspor (x 1000 KL)
2013	1.757
2014	1.629
2015	329
2016	477
2017	187
2018	1.803
2019	1.319
2020	36
2021	147
2022	371

Dari data tersebut dapat dibuat grafik antara tahun (x) dan jumlah ekspor (y). Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 1.3



**Gambar 1. 3 Grafik Eskpor Biodiesel di Indonesia**

Kapasitas dalam mendirikan sebuah industri merupakan faktor penting dalam pendirian pabrik, sebab hal tersebut dapat mengetahui perhitungan secara teknis dan ekonomi yang dikeluarkan. Dengan melakukan pendekatan polinomial diperoleh nilai kebutuhan biodiesel pada tahun 2029 sebesar 123.000 KL/tahun, kemudain nilai tersebut dikalikan degan densitas biodiesel

sebesar 885,0467 kg/m<sup>3</sup> dan diperoleh nilai sebesar 108.860,74 ton. Dengan mengacu dari data statistik terkait peningkatan volume terkait limbah yang berasal dari lemak hewani selama tahun 2019-2023 sebesar 24%, maka kebutuhan pabrik biodiesel yang akan di dirikan pada tahun 2029 yaitu sebesar  $24\% \times 108.860,74 = 26.126,578$  ton. Sehingga diambil perkiraan kapasitas produksi menjadi 26.000 ton/tahun, dikarenakan hal tersebut mengacu pada perkiraan data statistik yang terus meningkat dan berubah selama beberapa tahun kedepan.

Selain itu, dalam menentukan kapasitas pabrik perlu ada pertimbangan dalam memilih skala komersial yang dilakukan agar memperoleh keuntungan. Pertimbangan tersebut dapat mengacu pada beberapa pabrik biodiesel yang telah berdiri di Indonesia, pada tabel 1.4 merupakan daftar perusahaan biodiesel yang berada di Indonesia:

Tabel 1. 4 Data Pabrik Biodiesel di Indonesia

Perusahaan Produksi Biodiesel	KL/Thn
PT. Wilmar Nabati Indonesia	2.250.000
PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	1.603.448
PT. Kutai Refinery Nusantara	1.143.247
PT. Energi Unggul Persada	948.276
PT. Musim Mas	896.522
PT. Bayas Biofuels	862.069
PT. Batara Elok Semesta Terpadu	780.459
PT. Sari Dumai Sejati	689.655

Tabel 1.4 Data Produksi Biodiesel (lanjutan)

PT. Jhonlin Agro Raya	568.966
PT. Pelita Agung Agrindustri	568.966
PT. Sintong Abadi	35.000
PT. Alpha Global Cynergy	12.000
PT. Bali Hijau Biodiesel	360

Jika dibandingkan dengan kapasitas pabrik biodiesel yang ada di Indonesia, kapasitas pabrik biodiesel dari lemak sapi dengan kapasitas 26.000 ton/tahun akan membantu kebutuhan biodiesel di Indonesia, sehingga dapat mengurangi penggunaan produk bahan bakar yang berasal dari fosil serta mengurangi limbah lemak hewani yang berada di Indonesia khususnya pada lemak sapi.

### 1.3 Tinjauan Pustaka

#### 1.3.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti solar yang sangat potensial sebagai bahan bakar mesin diesel. Keunggulan biodiesel dibandingkan dengan bahan bakar solar yaitu dapat mengurangi emisi gas buang yang meliputi emisi hidrokarbon, karbon monoksida, sulfur oksid, serta partikel-partikel lainnya dan manfaat lain dari biodiesel adalah angka setana yang cukup tinggi, dan pelumasan yang sangat baik. Dengan titik nyala yang relatif tinggi 154°C, biodegradabilitas tinggi dan toksinitas rendah, biodiesel

dianggap sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dibanding dengan bahan bakar solar.

Biodiesel adalah bahan bakar yang dibuat dari minyak nabati, baik minyak baru maupun minyak bekas penggorengan (minyak jelantah) melalui proses berbagai proses, seperti transesterifikasi, esterifikasi, atau pirolisis. Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak (BBM) untuk mesin diesel. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam bentuk 100% (B100) atau campuran dengan bahan bakar solar pada tingkat konsentrasi tertentu, seperti 10% biodiesel dicampur dengan 90% solar yang dikenal dengan nama B10 (Knothe,2002).

Standar mutu biodiesel telah ditetapkan nilainya setiap masing masing negara, yaitu untuk Amerika dengan ASTM, Jerman dengan DIN, Perancis dengan *Journal Officiel* dan Indonesia dengan SNI. Standar mutu Biodiesel di Indonesia telah dikeluarkan dalam bentuk SNI No.04-7182-2006, melalui keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional (BSN) Nomor 73/KEP/BSN/2/2006 tanggal 15 Maret 2006. Standar mutu biodiesel berdasarkan tabel 1.5

Tabel 1. 5 Nilai Standar Mutu Biodiesel

NO	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850 - 890
2	Viskositas kinematic pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana	min	51

Tabel 1.5 Nilai Standar Mutu Biodiesel (lanjutan)

4	Titik nyala	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		nomor 1
7	Residu karbon  - Dalam percontoh asli, atau  - Dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	0,05  0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperature distilasi  90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24

Biodiesel mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar minyak bumi yaitu dapat diperbaharui dan dapat digunakan pada mesin diesel tanpa modifikasi. Biodiesel mudah diperbaharui karena sumber bahan

baku untuk produksinya dari bahan pertanian, memiliki bilangan oktan yang tinggi, biodiesel lebih ramah lingkungan karena mudah diuraikan oleh alam, emisi yang lebih rendah, tidak mengandung racun, dan bebas sulfur. Aman dalam penyimpanan dan transportasi karena tidak mengandung racun. Biodiesel tidak mudah terbakar karena memiliki titik bakar yang relatif tinggi. Untuk mengurangi krisis bahan bakar minyak bumi yang semakin hari semakin menipis dan untuk upaya menjaga kerusakan lingkungan maka dari itu harus mengganti penggunaan bahan bakar minyak bumi menggunakan bahan bakar biodiesel. Oleh karena itu, di beberapa negara sedang gencar melakukan pengembangan biodiesel untuk mengurangi penggunaan terhadap solar. Dengan menggunakan biodiesel dapat mengurangi beban masyarakat akan mahalnya harga solar.

### **1.3.2 Lemak Sapi**

Lemak abdomen sapi yang diekstraksi dan menghasilkan minyak dinamakan dengan *beef tallow*. *Tallow* tersebut memiliki bentuk padat dan akan berubah wujud atau fasa menjadi cair pada suhu 40°C - 45°C. *Tallow* merupakan bahan baku *non-edible* dengan komposisi yang cukup tinggi pada produksi sapi dengan biaya yang rendah (da Cunha dkk., 2009).

Menurut *American Institute of Meat Packers (AIMP)* *tallow* di klasifikasikan berdasarkan parameter warna, persen *Free Fatty Acid (FFA)* dan *moisture*. *Tallow* biasanya digunakan sebagai pakan ternak yang memiliki energi tinggi dan murah, namun *tallow* juga dapat dimanfaatkan dalam berbagai industri (Edwinoliver dkk., 2010).

Kandungan asam lemak hewani memiliki kandungan yang hampir sama dengan asam lemak nabati, namun hanya komposisinya yang berbeda. Kandungan asam lemak yang berada dalam lemak sapi dirincikan pada tabel 1.6 :

Tabel 1. 6 Kandungan Asam Lemak pada Lemak Sapi

Asam Lemak	Struktur	% Komposisi
Asam Miristat	$C_{14}H_{28}O_2$	2,72
Asam Pentadekanoat	$C_{15}H_{30}O_2$	0,86
Asam Palmitoleat	$C_{16}H_{30}O_2$	2,02
Asam Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	25,33
Asam Heptadekanoat	$C_{17}H_{34}O_2$	1,67
Asam Linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	0,75
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	29,87
Asam Elaidat	$C_{18}H_{34}O_2$	1,82
Asam Stereat	$C_{18}H_{36}O_2$	34,7
Asam Arakidat	$C_{20}H_{40}O_2$	0,28

Kadar asam lemak bebas pada lemak sapi memiliki komposisi yang cukup, namun hal tersebut perlu diperhatikan karena dapat menyebabkan proses penyabunan dan menurunkan kadar *yield* pada biodiesel. Maka dari itu, diperlukan penambahan katalis guna menghindari proses penyabunan tersebut.

### 1.3.3 Proses Pembuatan Biodiesel

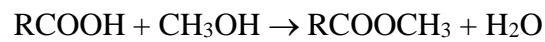
#### a. Pirolisis

Pirolisis merupakan reaksi dekomposisi termal. Biasanya berlangsung tanpa oksigen. Pirolisis minyak nabati biasanya menggunakan garam logam sebagai katalis. Proses ini dapat menghasilkan biodiesel dengan *centane number* yang tinggi. Namun, menurut standar baku mutu biodiesel yang semakin ketat, viskositas biodiesel yang dihasilkan dengan pirolisis dianggap terlalu tinggi dan karakteristik titik tuang yang rendah, abu dan residu karbon yang dihasilkan dari proses tersebut jauh melebihi nilai diesel fosil. Selain itu, sifat aliran dingin dari minyak nabatinya juga buruk (Lestari,2012).

#### b. Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi antara metanol dengan asam lemak bebas membentuk metil ester menggunakan katalis asam. Katalis asam yang sering digunakan adalah asam kuat seperti asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan asam klorida (HCl). Reaksi esterifikasi tidak hanya mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester tetapi juga menjadi trigliserida walaupun dengan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa. Faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi adalah jumlah pereaksi, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak. Metil ester hasil reaksi esterifikasi harus bebas air dan sisa katalis sebelum reaksi

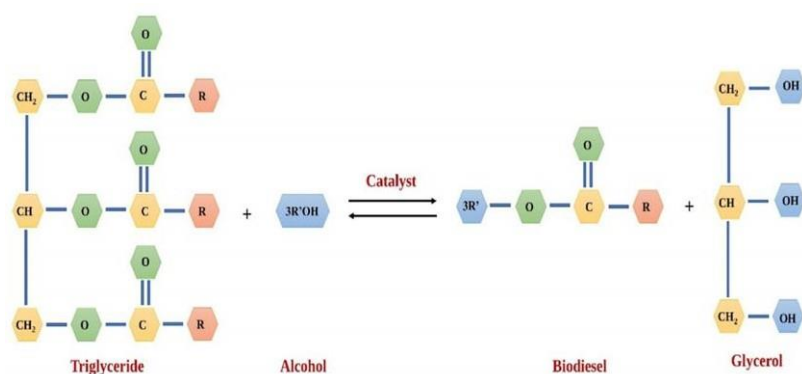
transesterifikasi. Reaksi esterifikasi dapat dilihat sebagai berikut (katalis asam) :



Asam lemak bebas + Methanol  $\rightarrow$  Metil Ester + Air

### c. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol yang menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters/FAME*) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali. Jenis katalis yang biasa digunakan antara seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak alami dengan metanol terdapat pada gambar 1.4 :



Gambar 1. 4 Reaksi Transesterifikasi

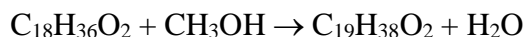
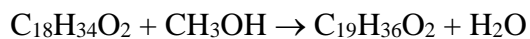
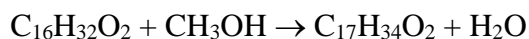
Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang berjalan tiga tahap dan *reversible* (bolak-balik) dimana mono dan digliserida terbentuk sebagai *intermediate*. Reaksi stoikimetris membutuhkan 1

mol trigliserida dan 3 mol alkhohol. Alkohol digunakan secara berlebih untuk meningkatkan *yield alkyl ester* dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk.

## 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

### 1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat reaksi berupa eksotermis ataupun endotermis, untuk mengetahui apakah termasuk reaksi *reversible* atau *irreversible*. Tinjauan termodinamika dapat diketahui melalui harga entalpi yang terbentuk selama reaksi. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Perhitungan  $\Delta H_f^\circ$

Perhitungan  $\Delta H_f^\circ$  (298,15) (kj/mol.K) dilakukan dengan menggunakan Metode *Joback*. Rincian kontribusi gugus untuk Metode *Joback* (kj/mol.K) terdapat pada tabel 1.7:

Tabel 1. 7 Rincian Gugus Metode Joback (Reid, 1987)

Gugus	Harga (Kj/mol.K)
-CH=	37,97

Tabel 1.7 Rincian Gugus Metode Joback (Reid, 1987) (lanjutan)

>CH-	29,89
-CH2-	-20,64
-CH3	-76,45
-OH	-208,04
-COO-	337,92
-COOH	-426,72

$$\text{Rumus } \Delta H_{f(298,15)}^{\circ} = 68,29 + \sum n_i \times D_i$$

Berikut cara untuk menghitung nilai  $\Delta H_f^{\circ}$  dari salah satu asam lemak palmitat

a. Asam Palmitat ( $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$ )

$$\begin{aligned} \Delta H_{f(298,15)}^{\circ} &= 68,29 + [14(-\text{CH}_2) + (-\text{CH}_3) + 1(-\text{COOH})] \\ &= 68,29 + [14(-20,64) + 1(-76,45) + 1(-426,72)] \\ &= -848,40 \text{ Kj/mol.K} \end{aligned}$$

Berdasarkan rumus, dilakukan perhitungan  $\Delta H_f^{\circ}$  masing-masing senyawa sehingga diperoleh hasil pada tabel 1.8

Tabel 1. 8 Nilai  $\Delta H_f$ 

Komponen	$\Delta H_{f(298,15)}^{\circ}$ (kj/mol.K)
$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	-848,40
$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	-764,80
$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	-891,20
$\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$	-1.441,80
$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	-727,64

Tabel 1.8 Nilai  $\Delta H_f$  (lanjutan)

$C_{19}H_{38}O_2$	-984,1
$CH_3OH$	-238,4
$H_2O$	-285,83
$H_2SO_4$	-843,99
$NaOH$	-416,88

Berdasarkan tabel 1.8 didapatkan hasil perhitungan bernilai negatif (-), hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi yang bersifat Eksotermis, dimana saat reaksi berlangsung terjadi pengeluaran panas atau menghasilkan panas sehingga diperlukan pendingin pada reaktor untuk menjaga suhu reaktor.

#### 1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika bertujuan untuk mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia. Perhitungan nilai kinetika dilakukan dengan menggunakan persamaan Arrhenius.

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \dots\dots\dots (2)$$

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \dots\dots\dots (3)$$

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{E_a}{R}\right) \left(\frac{1}{T}\right) \gg y = a + bx \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

A = Faktor Arrhenius

$E_a$  = Energi Aktivasi

$T$  = *Temperature* (K)

Berdasarkan persamaan yang sudah diperoleh, selanjutnya data nilai faktor frekuensi, energi aktivasi, dan suhu reaksi dimasukkan kedalam persamaan 1 Arrhenius, sehingga diperoleh :

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

$$k = 4,805 \times 10^{11} \times e^{-\frac{82,845}{8,314 \times 343}}$$

$$k = 4,805 \times 10^{11} \times e^{-29,051}$$

$$k = 6,97951$$

Dimana :

$K$  = Konstanta laju reaksi

$A$  = Faktor frekuensi

$E_a$  = Energi aktivasi (Kj.mol)

$R$  = Konstanta gas (J/mol.K)

$T$  = Suhu (K)

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1 Spesifikasi Produk

Rumus Molekul	: $\text{CH}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$
Fasa	: Cair
Kekentalan	: 2,3 – 6,0 cSt
Berat molekul, g/gmol	: 296,4879 g/gmol
Densitas	: $0,879 \text{ g/cm}^3$
Viskositas	: 4,88 cp pada $30^\circ\text{C}$
<i>Heating Value</i>	: $42 \text{ MJ.Kg}^{-1}$
Titik didih	: $218,5^\circ\text{C}$ pada 20 mmHg
Titik nyala	: $>100^\circ\text{C}$
Titik kabut	: $<18$
Tekanan uap pada $25^\circ\text{C}$	: $6,29 \times 10^{-6} \text{ mmHg}$
Titik Tuang	: $-15^\circ\text{C} - 13^\circ\text{C}$
Massa jenis	: $850 - 890 \text{ Kg/m}^3$
Suhu (T)	: $30^\circ\text{C}$
Sumber	: Hambali,2006

#### 2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

##### a. Lemak Sapi

Bentuk : Padatan

Berat Jenis	: 0,8999 g/mL
Titik Leleh	: 43,5 °C
Titik Didih	: 66,7 °C
Bilangan iodin	: 45,75

**Kandungan Asam**

<i>Miristic</i>	: 2,72%
<i>Pentadecanoid</i>	: 0,86%
<i>Palmitoleic</i>	: 2,02%
<i>Palmitic</i>	: 25,33%
<i>Heptadecanoic</i>	: 1,67%
<i>Linoleic</i>	: 0,75%
<i>Oleic</i>	: 29,87%
<i>Elaidic</i>	: 1,82%
<i>Stearic</i>	: 34,70%
<i>Arachidic</i>	: 0,28%

Sumber: Fuel Processing Technology

**b. Metanol**

Rumus Molekul	: CH <sub>3</sub> OH
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Berat Molekul, g/gmol	: 32,037 g/gmol
Densitas	: 791 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas	: 0,55 cp pada 20°C

Titik didih, 1 atm, °C	: 64,7°C
Tekanan	: 1 atm
Kelarutan	: Larut dalam air
<i>Heating Value</i>	: 22,9 MJ.Kg <sup>-1</sup>
Titik Nyala	: 11°C sampai 12°C
Suhu (T)	: 30°C
Sumber : labchem.com	

## c. Air

Rumus Molekul	: H <sub>2</sub> O
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Berat Molekul, g/gmol	: 18 g/gmol
Densitas	: 1 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas	: 0,889 cp
Titik didih, 1 atm, °C	: 100°C
Tekanan	: 1 atm
Kelarutan	: Larut dalam air
Densitas Uap	: 17 g/cm <sup>3</sup>
Titik Beku	: 32°F
Titik Leleh	: 32°F
<i>Heating Value</i>	: -
Titik Nyala	: 100°C
Konduktifitas Termal	: 0,6 W/m.k

Suhu (T) : 25°C

Sumber : labchem.com

d. Asam Sulfat

Rumus Molekul : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Fasa : Cair

Warna : Tidak Berwarna

Berat Molekul, g/gmol : 98,08 g/gmol

Densitas : 1-1,84 g/cm<sup>3</sup>

Viskositas : -

Titik didih, 1 atm, °C : 290°C

Tekanan : 1 atm

Kelarutan : Larut dalam air

Kemurnian : 98% (air 2%)

Impuritas : H<sub>2</sub>O 2% berat

Nama Lain : *Sulfuric Acid*

Sumber : PT Petrokimia Gresik

e. Natrium Hidroksida

Rumus Molekul : NaOH

Fasa : Cair

Warna : Tidak Berwarna

Berat Molekul, g/gmol : 34,46 g/gmol

Densitas : 1-1,2 g/cm<sup>3</sup>

Viskositas	: -
Titik didih, 1 atm, °C	: 1390°C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap (Pada 20°C)	: 1 mmHg pada 739°C
Kelarutan	: Larut dalam air
<i>Heating Value</i>	: 4.184 J.g <sup>-1</sup>
Titik Nyala	: <i>Non Flameable</i>
Titik Beku	: -74°C
Suhu (T)	: 30°C
Sumber	: labchem.com

### 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas atau *Quality Control* bertujuan untuk memperoleh dan menjaga produk agar tetap sesuai dengan spesifikasi awal perancangan dengan cara melakukan pengawasan dan pengendalian terhadap proses produksi agar tetap berjalan sesuai dengan prosedur yang sudah ada. Kegiatan proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk dengan mutu kualitas tinggi yang sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Pengendalian kualitas atau *Quality Control* terdiri dari pengendalian kualitas bahan baku, kualitas produk, kualitas proses, dan waktu.

#### 2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sesuai dengan kebutuhan untuk proses produksi. Pengujian yang dilakukan yaitu berupa kualitatif dan kuantitatif,

serta dengan uji sempel. Pengujian yang biasa dilakukan yaitu mengetahui kemurnian bahan baku, nilai densitas, dan viskositas.

### **2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk**

Pengendalian kualitas produk biodiesel dengan cara menggunakan produk yang berkualitas, mengendalikan proses dengan sistem kontrol. Pengendalian kualitas produk juga berupa pengawasan dan melakukan pengecekan berupa *Quality Control* saat setelah masuk ke dalam tangki penyimpanan sebelum selanjutnya menuju alat transportasi untuk dapat di distribusikan.

### **2.3.3 Pengendalian Proses**

Pengendalian proses merupakan pengendalian alat yang dilakukan untuk menjaga kelancaran selama proses produksi. Pengendalian proses dapat berupa pengawasan bahan selama berlangsungnya proses produksi, seperti kontrol laju alir, suhu, dan tekanan. Berikut yang termasuk kedalam pengendalian proses pada masing masing alat :

a. Reaktor

Proses kontrol pada reaktor terdapat *temperature indicator* yang berfungsi untuk mengendalikan dalam reaktor berdasarkan *set poin*. Nilai hasil pengukuran akan di bandingkan dengan *set poin* atau suhu yang diinginkan.

b. *Netralizer*

Proses kontrol pada *netralizer* yaitu *flow control* (FC) berfungsi untuk mengendalikan cairan yang akan masuk kedalam alat selanjutnya agar sesuai dengan aliran yang sudah di tetapkan.

c. *Heater*

Proses kontrol yang ada di *heater* merupakan *temperature control* (TC) berfungsi untuk mengendalikan suhu sesuai dengan *set poin*.

d. *Cooler*

Proses kontrol yang ada di *heater* merupakan *temperature control* (TC) berfungsi untuk mengendalikan suhu sesuai dengan *set poin*.

e. Tangki Penyimpanan

Proses kontrol pada tangki penyimpanan produk dan bahan baku cair yaitu *level indicator* (LI) yang berfungsi untuk mengukur ketinggian cairan dalam tangki.

#### **2.3.4 Pengendalian Waktu**

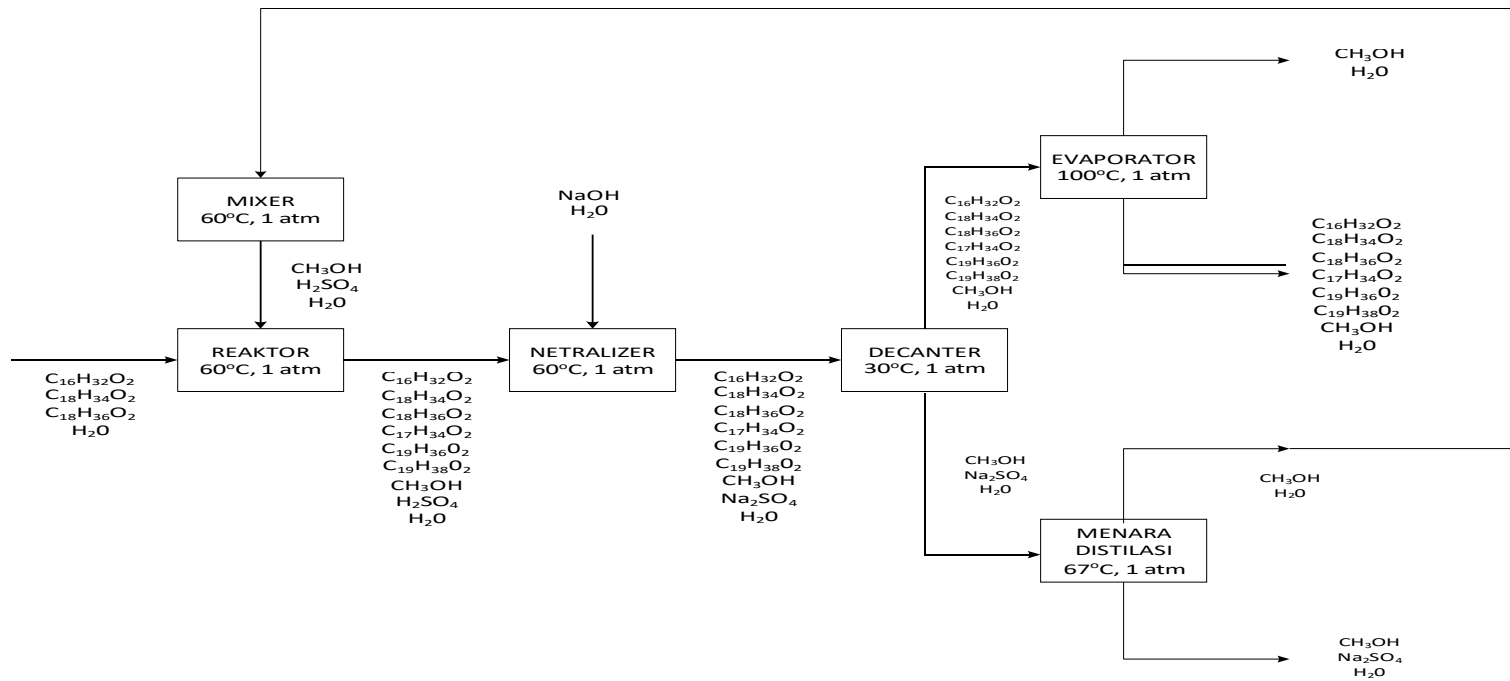
Pengendalian waktu dilakukan untuk mendapatkan hasil produk dengan kualitas yang baik. Efisiensi waktu harus diperhitungkan untuk mengoptimalkan proses produksi. Sehingga setiap target produksi sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan dan ditargetkan. Bentuk pengendalian waktu dapat berupa waktu saat produksi, optimasi waktu penyimpanan bahan baku ataupun produk dan juga perawatan.

# BAB III

## PERANCANGAN PROSES

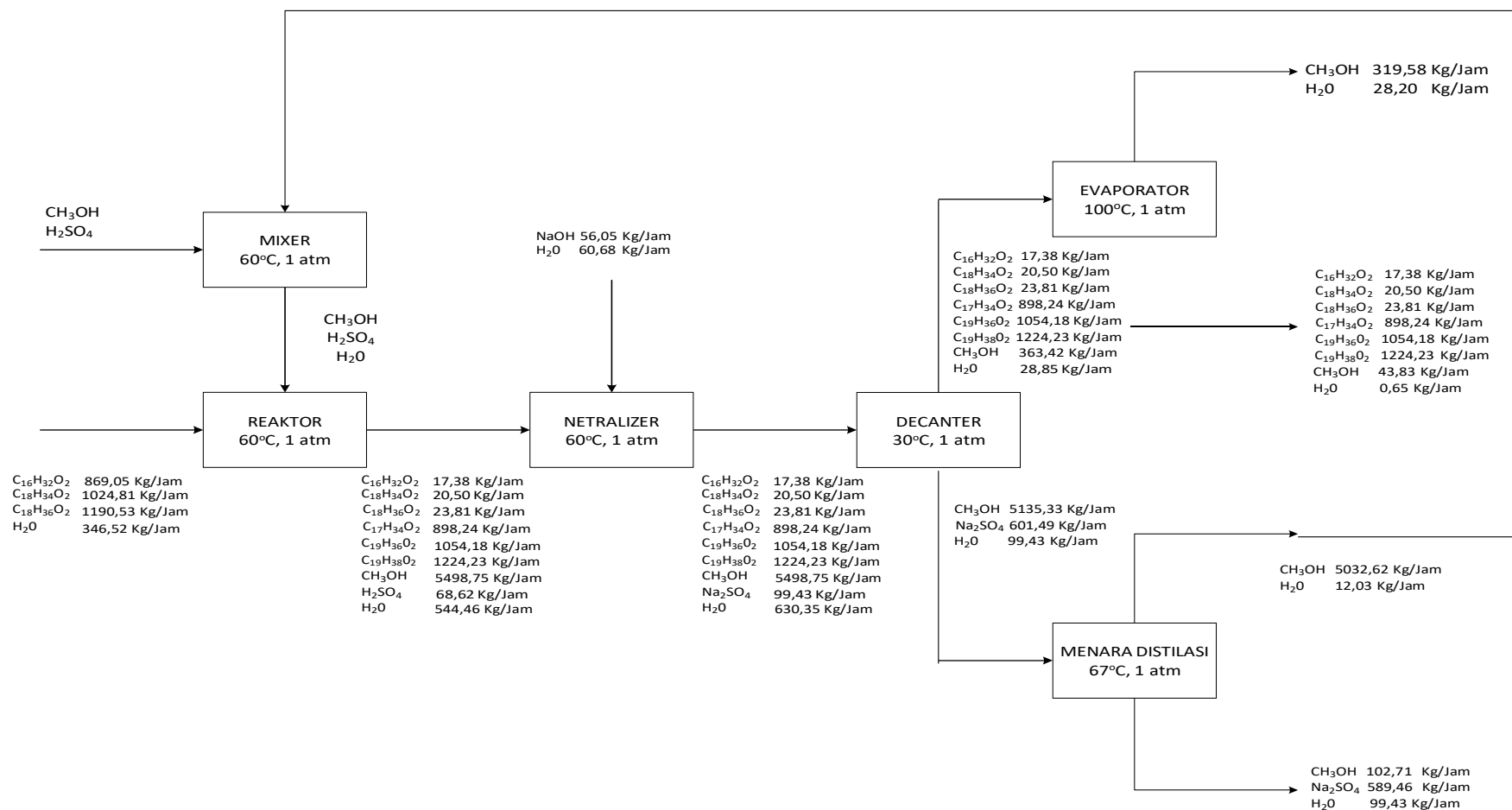
### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material

#### 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 menggunakan proses esterifikasi, dimana proses ini terjadi dengan cara merubah minyak nabati asam lemak yang terkandung didalam lemak sapi menjadi metil ester atau biodiesel dengan bantuan metanol dan menghasilkan produk samping berupa air ( $H_2O$ ). Pada reaksi ini, digunakan katalis berupa asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang berperan dalam mempercepat reaksi esterifikasi.

Proses pembuatan biodiesel terbagi menjadi 3 tahap yaitu :

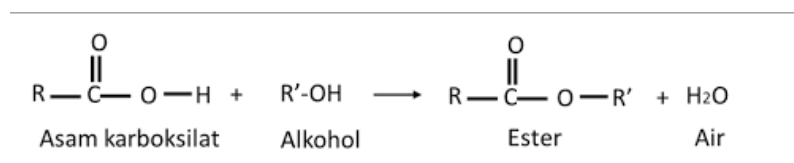
1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemurnian produk

#### 3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Pada tahap persiapan bahan baku, sebelum masuk pada proses esterifikasi, bahan baku utama berupa lemak sapi disimpan dalam tangki penampung (T-01) pada suhu  $30^{\circ}C$  dengan 1 atm dan kemudian dipanaskan didalam tangki pemanas berupa silo (SL-01), setelah itu lemak sapi cari dialirkan dengan pompa untuk kemudian dimasukkan kedalam reaktor (R-01). Sedangkan bahan baku lainnya berupa metanol pada tangki (T-02) dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) pada tangki (T-03) pada suhu  $30^{\circ}C$  dengan 1 atm akan dicampur terlebih dahulu didalam *mixer* (M-01) kemudian campuran tersebut akan dipanaskan dengan *heater* (HE-01) dan kemudian dimasukkan kedalam reaktor (R-01).

### 3.2.2 Proses Pembentukan Bahan Baku

Campuran lemak sapi cair, metanol, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kemudian direaksikan didalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan kondisi *isothermal* dengan reaksi *irreversible* pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Pada kondisi ini, suhu reaksi harus dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping dengan cara menambahkan jaket pendingin pada masing masing reaktor. Pada proses ini, digunakan dua reaktor seri dengan konversi reaktor sebesar 85% pada (R-01) dan 98% pada (R-02). Selain itu, dalam reaksi didalam reaktor, dilakukan pencampuran dengan rasio molar antara *Free Fatty Acid* (FFA) dan metanol sebesar 1 : 6 dengan katalis asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sebanyak 2% dari FFA. Adapun reaksi yang terjadi didalam reaktor terdapat pada gambar 3.3 :



Gambar 3. 3 Reaksi Esterifikasi

Hasil reaksi yang telah terbentuk pada reaktor (R-01 dan R-02), selanjutnya produk tersebut dialirkan menuju tangki *netralizer* (N-01) dengan suhu dan tekanan di *netralizer* (N-01) sebesar 60°C 1 atm dan dilanjutkan dengan penambahan larutan NaOH dari tangki penyimpanan (T-04) yang sudah dipanaskan terlebih dahulu oleh *heater* (HE-02) hingga suhu 60°C agar produk biodiesel yang telah terbentuk bebas dari impuritis berupa NaOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang sudah terikat oleh NaOH menjadi garam Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Hasil produk yang telah terbentuk dan bebas dari impuritis tersebut kemudian dialirkan menuju alat pemisah berupa *decanter* (DC-01), sebelum masuk alat tersebut produk di

turunkan suhunya dengan menggunakan *cooler* (CL-01) menjadi 30°C agar dapat dipisahkan.

Pada alat pemisah *decanter* (DC-01) bekerja karena adanya perbedaan densitas dan kelarutan dari campuran minyak (biodiesel) dengan air ataupun campuran lain yang terkandung didalam larutan. Perbedaan ini menghasilkan dua lapisan berupa lapisan atas (*light stream*) yang berisi larutan dengan nilai densitas lebih ringan berupa biodiesel dan FFA. Sedangkan lapisan bawah (*heavy stream*) berisi larutan dengan nilai densitas yang lebih berat berupa campuran air, metanol, dan campuran lainnya.

### 3.2.3 Proses Pemurnian Produk

Produk *light stream* atau hasil atas dari *decanter* (DC-01) selanjutnya akan memasuki *evaporator* (EV-01) untuk dilakukan pemurnian dengan menurunkan kadar air dan dan metanol. Pada proses ini digunakan suhu proses sebesar 100°C dan tekanan 1 atm. Sehingga produk biodiesel dapat memenuhi standar SNI yang berlaku. Selanjutnya, produk biodiesel hasil keluaran bawah *evaporator* (EV-01) akan diturunkan suhu nya menjadi 30°C menggunakan *cooler* (CL-02) sebelum nantinya akan disimpan didalam tangki produk biodiesel (T-05).

Sedangkan campuran *heavy stream* dari *decanter* (DC-01) akan dialirkan menuju menara distilasi (MD-01) untuk memurnikan campuran metanol yang ada. Selanjutnya hasil keluaran berupa metanol akan dirubah fasa nya menjadi cair dengan *condenser* (CD-01) dan kemudian diturunkan suhunya dengan *cooler* (CL-03) dan akan digunakan kembali atau di *recycle* menuju *mixer* (M-

01). Sedangkan hasil bawah menara distilasi (MD-01) akan diturunkan suhunya dengan menggunakan *cooler* (CL-05) sebelum nantinya dialirkan menuju unit pengolahan limbah (UPL).

### 3.3 Spesifikasi Alat

#### 3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

##### a. Mixer

Kode	:	M-01
Fungsi	:	Mencampur metanol dengan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Jenis	:	Tangki silinder tegak berpengaduk
Jumlah	:	1 buah

##### Kondisi Operasi

a. Tekanan	:	1 atm
b. Suhu	:	30°C
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

##### Dimensi Mixer

a. Diameter	:	2,567 m
b. Tinggi	:	4,636 m
c. Tebal <i>Shell</i>	:	0,187 m
d. Tebal <i>Head</i>	:	0,201 m

##### Pengaduk Mixer

a. Jenis	:	<i>Six-blade turbine, vertical blades</i>
b. Diameter Pengaduk	:	0,658 m

c. Jumlah Pengaduk	:	1 buah
d. Lebar <i>Baffle</i>	:	0,112 m
e. Kecepatan Putaran	:	101,942 rpm
f. <i>Power</i>	:	3,268 hp
Harga	:	\$101,923.5

b. Reaktor 1

**Spesifikasi Umum**

Kode	:	R-01
Fungsi	:	Mereaksikan lemak sapi dengan metanol menggunakan katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	:	Kontinyu
Jumlah	:	1 buah
Harga	:	\$80,900.00

**Kondisi Operasi**

Suhu	:	60°C
Tekanan	:	1 atm
Kondisi Operasi	:	Isothermal

**Konstruksi dan Material**

Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel type 316</i>
Diameter Reaktor	:	4,443 m
Tebal <i>Shell</i>	:	0,188 in
Tinggi Reaktor	:	7,630 m

Tinggi Cairan <i>Shell</i>	:	2,292 m
Tinggi <i>Head</i> (OA)	:	0,482 m
Tebal <i>Head</i>	:	0,209 in
Volume <i>Shell</i>	:	15,695 m <sup>3</sup>
Volume <i>Head</i>	:	0,206 m <sup>3</sup>
Volume Reaktor	:	16,107 m <sup>3</sup>
Jenis <i>Head</i>	:	<i>Torispherical Dished Head</i>
Konversi	:	85%

#### **Pengaduk Reaktor**

Jenis	:	<i>Six-blade Turbine, Vertical Blades</i>
Diameter	:	0,790 m
Jarak	:	0,790 m
Lebar Pengaduk	:	0,158 m
Lebar <i>Baffle</i>	:	0,134 m
Power	:	4,283 hp
Kecepatan Putar	:	88,607 rpm
Jumlah	:	1 buah

#### **Jaket Pendingin**

Tinggi	:	2,780 m
Diameter	:	2,480 m
Luas Selimut	:	48 ft <sup>2</sup>

## c. Reaktor 2

**Spesifikasi Umum**

Kode	:	R-02
Fungsi	:	Mereaksikan lemak sapi dengan metanol menggunakan katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	:	Kontinyu
Jumlah	:	1 buah
Harga	:	\$80,900.00

**Kondisi Operasi**

Suhu	:	60°C
Tekanan	:	1 atm
Kondisi Operasi	:	Isothermal

**Konstruksi dan Material**

Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel type 316</i>
Diameter Reaktor	:	4,443 m
Tebal <i>Shell</i>	:	0,187 in
Tinggi Reaktor	:	7,668 m
Tinggi Cairan <i>Shell</i>	:	2,292 m
Tinggi <i>Head</i> (OA)	:	0,502 m
Tebal <i>Head</i>	:	0,209 in
Volume <i>Shell</i>	:	15,695 m <sup>3</sup>
Volume <i>Head</i>	:	2,615 m <sup>3</sup>

Volume Reaktor	:	20,924 m <sup>3</sup>
Jenis <i>Head</i>	:	<i>Torispherical Dished Head</i>
Konversi	:	98%

#### **Pengaduk Reaktor**

Jenis	:	<i>Six-blade Turbine, Vertical Blades</i>
Diameter	:	0,790 m
Jarak	:	0,790 m
Lebar Pengaduk	:	0,158 m
Lebar <i>Baffle</i>	:	0,134 m
Power	:	0,911 hp
Kecepatan Putar	:	52,894 rpm
Jumlah	:	1 buah

#### **Jaket Pendingin**

Tinggi	:	2,780 m
Diameter	:	2,480 m
Luas Selimut	:	48 ft <sup>2</sup>

#### *d.* Netralizer

Kode	:	N-01
Fungsi	:	Menetralkan katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> menggunakan NaOh
Jenis	:	Tangki silinder tegak berpengaduk
Jumlah	:	1 buah

#### **Kondisi Operasi**

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 60°C
- Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA 167*

**Dimensi *Netralizer***

- a. Volume : 11,569 m<sup>3</sup>
- b. Diameter : 2,140 m
- c. Tinggi : 3,211 m
- d. Tebal *shell* : 0,187 in
- e. Tinggi cairan dalam *shell* : 1,784 m
- f. Tebal *head* : 0,250 in
- g. Jenis *head* : *Torispherical*

**Pengaduk *Netralizer***

- a. Jenis : *Six blade turbine, vertical blades*
- b. Diameter : 0,714 m
- c. Jumlah pengaduk : 1 buah
- d. Lebar *baffle* : 0,121 m
- e. Kecepatan putaran : 125 rpm
- f. *Power* : 5 hp
- Harga : \$81,313.7

e. Decanter

- Kode : DC-01
- Fungsi : Memisahkan komponen biodiesel dengan komponen air

Jenis : *Horizontal Silinder*

Jumlah : 1 buah

**Kondisi Operasi**

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Bahan Konstruksi : *Stainless steel SA 316*

**Dimensi Decanter**

a. Diameter : 0,512 m

b. Panjang ; 1,535 m

c. Tebal *shell* : 1,373 in

d. Tebal *head* : 0,187 in

e. Waktu tanggal : 10 menit

Harga : \$92,450.9

f. **Evaporator**

Kode Alat : EV-01

Fungsi : Menguapkan air yang tercampur dengan metanol pada biodiesel

Jenis : *Long tube vertikal evaporator*

Bahan : *Stainless Steel SA-167 grade 3 tipe 304*

Operating Condition		
Position	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	<i>Heavy Organic</i>	<i>Steam</i>

<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>	<i>Hot</i>	
<i>Temperature, °C</i>	100°C	100°C	
<i>Pressure, atm</i>	1 atm	1 atm	
Mechanical Design			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
ID	8 in	ID	0,485 in
		OD	0,04 in
<i>Pitch</i>	1 in triangular	BWG	10
<i>Baffle</i>	2 in	L	8 ft
		Nt	12 buah
<i>Pressure drop</i>	0,002 psi	<i>Pressure drop</i>	0,0028 psi
Luas transfer panas	19,22 ft <sup>2</sup>		
Uc	493,05 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F		
Ud	500 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F		
<i>Dirt Factor</i>	0,0126		
Harga, \$	\$57.300		

## g. Menara Distilasi

Kode : MD-01

Fungsi : Memisahkan air dan metanol berdasarkan perbedaan titik didih

Jenis : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 buah

**Kondisi Operasi**

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 67.08 °C

**Dimensi Menara Distilasi**

- a. Tinggi : 13 m
- b. Diameter Kolom : 0,398 m
- c. Tebal *Shell* : 0,005 m
- d. Tebal *Head* : 0,005 m
- e. Jumlah *Plate* : 14 *plate*
- f. Tebal *Tray* : 0,03 m
- g. Diameter *Hole* : 0,01 m
- h. Jumlah *Hole* : 48 buah
- i. *Tray Spacing* : 0,45 m
- j. Panjang *Weir* : 0,306 m
- k. Tinggi *Weir* : 0,04 m

Harga : \$628.953,5

h. Condensor 1

Kode : CD-01

Fungsi : Mengembunkan uap hasil Menara Distilasi  
menjadi *Liquid*

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Operating Condition			
Position		<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>		<i>Light Organic</i>	<i>Water</i>
<i>Fluid type</i>		<i>Hot</i>	<i>Cold</i>
<i>Temperature in</i>		67,08 °C	30°C
<i>Temperature out</i>		64,55 °C	40 °C
<i>Pressure,</i>		1 atm	1 atm
Mechanical Design			
<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i>	3,14 in <sup>2</sup>	<i>Length</i>	7,88 in <sup>2</sup>
<i>Hairpin</i>	11 buah	<i>Haipin</i>	11 buah
ID,in	4 in	ID,in	3 in
OD,in	4,5 in	OD,in	3,5 in
<i>Surface area</i>	1,178 ft <sup>2</sup> /ft	<i>Surface area</i>	0,917 ft <sup>2</sup> /ft
$\Delta P$ terhitung	0,0019 psi	$\Delta P$ terhitung	0,2277 psi
$\Delta P$ diijinkan,	< 10 psi	$\Delta P$ diijinkan	< 10 psi
Rdmin,	0,003 Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F		
Rdcal	0,0041 Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F		
Luas Transfer Panas	195,453 ft <sup>2</sup>		
Harga, \$	\$34.968,5		

## i. Reboiler 1

Kode	: RB-01
Fungsi	: Menguapkan cairan hasil bawah Menara Distilasi (MD-01)
Jumlah	: 1 buah
Jenis	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>

Operating Condition			
Position		<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>		<i>Heavy Organic</i>	<i>Steam</i>
<i>Fluid type</i>		<i>Cold</i>	<i>Hot</i>
<i>Temperature in, °C</i>		67°C	100°C
<i>Temperature out, °C</i>		88°C	100°C
<i>Pressure, atm</i>		1 atm	1 atm
Mechanical Design			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
ID	15,25 in	ID	0,6 in
		OD	0,75 in
<i>Pitch</i>	<i>4 in triangular</i>	BWG	16
<i>Baffle</i>	16,944 in	L	16 ft
		Nt	140 buah
<i>Pressure drop</i>	0,0013 psi	<i>Pressure drop</i>	0,0006 psi

Luas transfer panas	364,084 ft <sup>2</sup>
Uc	248 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
Ud	60 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
<i>Dirt Factor</i>	0,0126
Harga, \$	\$25.747,3

## j. Accumulator

Kode	: ACC-01
Fungsi	: Menampung arus keluaran Condensor (CD-01) pada Menara Distilasi (MD-01)
Jumlah	: 1 buah
Jenis	: <i>Horizontal Cylinder</i>

Operating Condition	
Suhu, °C	64,54°C
Tekanan, atm	1 atm
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304
Kapasitas Tangki	2,36 m <sup>3</sup>
Diameter <i>Shell</i>	
Diameter, m	0,7805 m
Panjang, m	4,6829 m
Tebal <i>shell</i>	0,1875 in

Dimensi Head	
Diameter, in	30 in
Panjang, m	0,1907 m
Tebal head, in	0,1875 in
Panjang total, m	5,0643 m
Harga, \$	\$3.932

### 3.3.2 Spesifikasi Alat Penukar Panas

#### a. Heater 1

Kode	: HE-01
Fungsi	: Menaikkan suhu dari keluaran Mixer (M-01)
Jumlah	: 1 buah
Jenis	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>

Operating Condition			
Position	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	<i>Medium Organic</i>		<i>Steam</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>
<i>Temperature in</i>	30 °C		100 °C
<i>Temperature out</i>	60 °C		100 °C
<i>Pressure,</i>	1 atm		1 atm
Mechanical Design			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
ID	19,25 in	ID	0,87 in

		OD	1 in
<i>Pitch</i>	8 in triangular	BWG	16
<i>Baffle</i>	21,39 in	L	16 ft
		Nt	128 buah
<i>Pressure drop</i>	0,011 psi	<i>Pressure drop</i>	0,008 psi
Luas transfer panas	455.3525 ft <sup>2</sup>		
Uc	411 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F		
Ud	100 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F		
<i>Dirt Factor</i>	0,008		
Harga, \$	\$83.708,8		

b. *Heater 2*

Kode : HE-02

Fungsi : Menaikkan suhu dari tangki NaOH menuju  
*Netralizer* (NT-01)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Operating Condition		
Position	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	<i>Heavy Organic</i>	<i>Water</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>	<i>Hot</i>

<i>Temperature in</i>	30 °C	100 °C	
<i>Temperature out</i>	60 °C	100 °C	
<i>Pressure,</i>	1 atm	1 atm	
<b>Mechanical Design</b>			
<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i>	3,14 in <sup>2</sup>	<i>Length</i>	7,88 in <sup>2</sup>
<i>Hairpin</i>	1 buah	<i>Haipin</i>	1 buah
ID,in	4 in	ID,in	3 in
OD,in	4,5 in	OD,in	3,5 in
<i>Surface area</i>	1,178 ft <sup>2</sup> /ft	<i>Surface area</i>	0,917 ft <sup>2</sup> /ft
$\Delta P$ terhitung,	0,0005 psi	$\Delta P$ terhitung	0,0001 psi
$\Delta P$ diijinkan	< 10 psi	$\Delta P$ diijinkan	< 10 psi
Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		
Rdcal, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,022		
Luas Transfer Panas	21,628 ft <sup>2</sup>		
Harga, \$	\$2.754,4		

c. *Heater 3*

Kode : HE-03

Fungsi : Menaikkan suhu keluaran Decanter (DC-01)  
menuju Menara Distilasi (MD-01)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Operating Condition			
Position	<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	<i>Heavy Organic</i>		<i>Water</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>
<i>Temperature in</i>	30 °C		100 °C
<i>Temperature out</i>	67 °C		100 °C
<i>Pressure,</i>	1 atm		1 atm
Mechanical Design			
<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i>	3,14 in <sup>2</sup>	<i>Length</i>	7,88 in <sup>2</sup>
<i>Hairpin</i>	1 buah	<i>Haipin</i>	1 buah
ID,in	4 in	ID,in	3 in
OD,in	4,5 in	OD,in	3,5 in
<i>Surface area</i>	1,178 ft <sup>2</sup> /ft	<i>Surface area</i>	0.917 ft <sup>2</sup> /ft
DP terhitung, psi	0,487 psi	DP terhitung, psi	0,0014 psi
DP diijinkan, psi	< 10 psi	DP diijinkan, psi	< 10 psi
Rdmin, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		
Rdcal, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,007		

Luas Transfer Panas	152,382 ft <sup>2</sup>
Harga, \$	\$50.656,4

d. Cooler 1

Kode : CL-01

Fungsi : Menurunkan suhu umpan masuk Decanter  
(DC-01)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Operating Condition			
Position	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	<i>Brine</i>		<i>Heavy Organic</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>
<i>Temperature in</i>	15 °C		60 °C
<i>Temperature out</i>	28 °C		30 °C
<i>Pressure,</i>	1 atm		1 atm
Mechanical Design			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
ID	15,25 in	ID	0,634 in
		OD	0,75 in
<i>Pitch</i>	8 <i>triangular</i>	BWG	17

<i>Baffle</i>	16,944 in	L	10 ft
		Nt	128
<i>Pressure drop</i>	0,0394 psi	<i>Pressure drop</i>	1,834 psi
Luas transfer panas	395,354 ft <sup>2</sup>		
Uc	749 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F		
Ud	40 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F		
<i>Dirt Factor</i>	0,0121		
Harga, \$	\$27.423,9		

e. *Cooler 2*

Kode : CL-02  
 Fungsi : Menurunkan suhu produk Biodiesel  
 Jumlah : 1 buah  
 Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Operating Condition		
Position	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	<i>Heavy Organic</i>	<i>Brine</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Hot</i>	<i>Cold</i>
<i>Temperature in</i>	100 °C	15 °C
<i>Temperature out</i>	30 °C	28 °C
<i>Pressure,</i>	1 atm	1 atm
Mechanical Design		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>

<i>Length</i>	3,14 in <sup>2</sup>	<i>Length</i>	7,88 in <sup>2</sup>
<i>Hairpin</i>	2 buah	<i>Haipin</i>	2 buah
ID,in	4 in	ID,in	3 in
OD,in	4,5 in	OD,in	3,5 in
<i>Surface area</i>	1,178 ft <sup>2</sup> /ft	<i>Surface area</i>	0,917 ft <sup>2</sup> /ft
$\Delta P$ terhitung	0,133 psi	$\Delta P$ terhitung	0,76 psi
$\Delta P$ diijinkan	<10 psi	$\Delta P$ diijinkan	< 10 psi
Rdmin,Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		
Rdcal, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,005		
Luas Transfer	182,079 ft <sup>2</sup>		
Panas			
Harga, \$	\$22.513,9		

f. *Cooler 3*

Kode : CL-03

Fungsi : Menurunkan suhu produk atas Menara  
Distilasi (MD-01) untuk di *recycle*

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Operating Condition		
Position	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	<i>Light Organic</i>	<i>Brine</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Hot</i>	<i>Cold</i>

<i>Temperature in</i>	65 °C	15°C
<i>Temperature out</i>	30 °C	28 °C
<i>Pressure,</i>	1 atm	1 atm

Mechanical Design			
<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i>	3,14 in <sup>2</sup>	<i>Length</i>	7,88 in <sup>2</sup>
<i>Hairpin</i>	4 buah	<i>Haipin</i>	4 buah
ID,in	4 in	ID,in	3 in
OD,in	4,5 in	OD,in	3,5 in
<i>Surface area</i>	1,178 ft <sup>2</sup> /ft	<i>Surface area</i>	0,917 ft <sup>2</sup> /ft
$\Delta P$ terhitung	0,219 psi	$\Delta P$ terhitung	1,329 psi
$\Delta P$ diijinkan	<10 psi	$\Delta P$ diijinkan,	< 10 psi
Rdmin,Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		
Rdcal, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,0037		
Luas Transfer Panas	100,709 ft <sup>2</sup>		
Harga, \$	\$19.520,1		

g. *Cooler 4*

Kode : CL-04

Fungsi : Menurunkan suhu hasil atas Evaporator  
(EV-01)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Operating Condition			
Position		<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>		<i>Light Organic</i>	<i>Brine</i>
<i>Fluid type</i>		<i>Hot</i>	<i>Cold</i>
<i>Temperature in</i>		100 °C	15 °C
<i>Temperature out</i>		30 °C	28 °C
<i>Pressure,</i>		1 atm	1 atm
Mechanical Design			
<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i>	3,14 in <sup>2</sup>	<i>Length</i>	7,88 in <sup>2</sup>
<i>Hairpin</i>	4 buah	<i>Haipin</i>	4 buah
ID,in	4 in	ID,in	3 in
OD,in	4,5 in	OD,in	3,5 in
<i>Surface area</i>	1,178 ft <sup>2</sup> /ft	<i>Surface area</i>	0,917 ft <sup>2</sup> /ft
$\Delta P$ terhitung	0,219 psi	$\Delta P$ terhitung	1,329 psi
$\Delta P$ diijinkan	<10 psi	$\Delta P$ diijinkan	< 10 psi
Rdmin,Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,003		
Rdcal, Btu/hr.ft <sup>2</sup> .°F	0,0006		
Luas Transfer	18,231 ft <sup>2</sup>		
Panas			

Harga, \$	\$1.437,1
-----------	-----------

*h. Cooler 5*

Kode : CL-05  
 Fungsi : Menurunkan suhu hasil bawah Menara  
 Distilasi (MD-01)  
 Jumlah : 1 buah  
 Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Operating Condition			
Position	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	<i>Brine</i>		<i>Heavy Organic</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>		<i>Hot</i>
<i>Temperature in</i>	15 °C		88 °C
<i>Temperature out</i>	28 °C		30 °C
<i>Pressure,</i>	1 atm		1 atm
Mechanical Design			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
ID	17,25 in	ID	0,606 in
		OD	0,75 in
<i>Pitch</i>	<i>2 in triangular</i>	BWG	15
<i>Baffle</i>	19,167 in	L	12 ft
		Nt	224
<i>Pressure drop</i>	0,0721 psi	<i>Pressure drop</i>	0,0001 psi

Luas transfer panas	416,38 ft <sup>2</sup>
Uc	266 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
Ud	40 btu/jam.ft <sup>2</sup> .F
<i>Dirt Factor</i>	0,0232
Harga, \$	\$14.849,6

### 3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki

Tangki	T-01	T-02
Fungsi Alat	Menyimpan bahan baku lemak sapi	Menyimpan bahan baku metanol
Lama Penyimpanan	7 hari	7 hari
Fasa	Padat	Cair
Jumlah Tangki	1 Buah	1 buah
Jenis Tangki	Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>torispherical roof</i> dan tutup bawah datar	Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>torispherical roof</i> dan tutup bawah datar
Kondisi Operasi		
Suhu :	30°C	30°C
Tekanan :	1 atm	1 atm
Spesifikasi Bahan Konstruksi :	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Volume Tangki :	436 m <sup>3</sup>	810 m <sup>3</sup>
Diameter :	10,668 m	13,716 m
Tinggi :	5 m	5 m
Jumlah Course :	4	3
<i>Head &amp; Bottom</i>		
Jenis <i>Head</i> :	Torispherical Head	Torispherical Head
Tebal <i>Head</i> :	0,0121 in	0,8240 in
Jenis <i>Bottom</i> :	Flat Bottom	Flat Bottom

Tebal <i>Bottom</i> :	0,875 in	1,125 in
Harga	\$125.144	\$329.206,6

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki (lanjutan)

Tangki	T-03	T-04
Fungsi Alat	Menyimpan bahan baku H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Menyimpan bahan baku NaOH
Lama Penyimpanan	7 hari	7 hari
Fasa	Cair	Cair
Jumlah Tangki	1 Buah	1 buah
Jenis Tangki	Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>torispherical roof</i> dan tutup bawah datar	Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>torispherical roof</i> dan tutup bawah datar
Kondisi Operasi Suhu : Tekanan :	30°C 1 atm	30°C 1 atm
Spesifikasi Bahan Konstruksi : Volume Tangki : Diameter : Tinggi : Jumlah Course :	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i> 18 m <sup>3</sup> 3,048 m 2 m 7	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i> 18 m <sup>3</sup> 3,048 m 2 m 7
<i>Head &amp; Bottom</i> Jenis <i>Head</i> : Tebal <i>Head</i> : Jenis <i>Bottom</i> : Tebal <i>Bottom</i> :	Torispherical Head 0,1079 in Flat Bottom 0,875 in	Torispherical Head 0,1182 in Flat Bottom 0,875 in
Harga	\$8.981,6	\$14.490,4

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki (lanjutan)

Tangki	T-05	Silo Lemak Sapi
Fungsi Alat	Menyimpan produk Biodiesel	Mencairkan lemak sapi
Lama Penyimpanan	7 hari	1 hari
Fasa	Padat	cair
Jumlah Tangki	1 Buah	1 buah
Jenis Tangki	Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>conical roof</i> dan tutup bawah datar	Silinder tegak dengan conical bottom dan flat head
Kondisi Operasi Suhu : Tekanan :	30°C 1 atm	60°C 1 atm
Spesifikasi Bahan Konstruksi : Volume Tangki : Diameter : Tinggi : Jumlah Course :	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i> 436 m <sup>3</sup> 10,668 m 5 m 2	<i>Stainless Steel SA 299 Type 304</i> 1.437.756.6 m <sup>3</sup> 3 m 7 m
<i>Head &amp; Bottom</i> Jenis <i>Head</i> : Tebal <i>Head</i> : Jenis <i>Bottom</i> : Tebal <i>Bottom</i> :	Torispherical Head 0,5298 in Flat Bottom 0,875 in	Flat Head 0,5 in Conical bottom 0,375 in
Harga	\$176.878,2	\$20.800

### 3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

#### a. *Screw Conveyor*

Kode	: SC-01
Fungsi	: Mengangkut minyak lemak sapi Reaktor (R-01)
Jumlah	: 1 buah
Bahan yang diangkut	: Minyak Lemak Sapi

#### **Kondisi Operasi**

a. Tekanan	: 1 atm
b. Suhu	: 60 °C
Bentuk Bahan	: Cair
Jenis Conveyor	: <i>Screw Conveyor</i>
Kapasitas	: 5000 kg/jam
Kecepatan	: 40 rpm
Daya Motor	: 0,43 Hp

#### **Dimensi Conveyor**

a. Panjang	: 15 ft
b. Tinggi	: 6 in
Harga	: \$4.550,7

#### b. *Bucket Elevator*

Kode	: BE-01
Fungsi	: Mengangkut bahan baku Lemak Sapi menuju Silo (SC-01)

Jumlah : 1 buah

Bahan yang diangkut : Lemak Sapi

**Kondisi Operasi**

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Bentuk Bahan : Padat

Jenis *Conveyor* : *Bucket Elevator*

Kapasitas : 2,951 Kg/jam

Kecepatan : 30,48 m/min

**Dimensi Conveyor**

a. Panjang : 12 m

b. Lebar : 14 in

c. Tinggi : 8,89 cm

Harga : \$13.173,1

c. Pompa 1

Kode : P-01

Fungsi : Mengalirkan Metanol dari tangki (T-01) ke Mixer (M-01)

Jenis : *Centrifugal Pump*

Jumlah : 1 buah

Bahan Konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Tipe 316*

Kapasitas : 11 m<sup>3</sup>/jam

Daya Pompa : 468,23 watt

Daya Motor	:	745,7 watt
Kecepatan Putar	:	2525,64 rpm
Harga	:	\$14.849,6

d. Pompa 2

Kode	:	P-02
Fungsi	:	Mengalirkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dari tangki (T-03) ke Mixer (M-01)
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	:	1 buah
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	:	0,04 m <sup>3</sup> /jam
Daya Pompa	:	2,73 watt
Daya Motor	:	37,285 watt
Kecepatan Putar	:	329,29 rpm
Harga	:	\$1.077,8

e. Pompa 3

Kode	:	P-03
Fungsi	:	Mengalirkan keluaran <i>Mixer</i> (M-01) ke Reaktor (R-01)
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	:	1 buah
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	:	9 m <sup>3</sup> /jam

Daya Pompa	:	617,55 watt
Daya Motor	:	1118,55 watt
Kecepatan Putar	:	1910,53 rpm
Harga	:	\$14.849,6

f. Pompa 4

Kode	:	P-04
Fungsi	:	Mengalirkan keluaran Reaktor (R-01) ke Reaktor (R-02)
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	:	1 buah
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	:	13 m <sup>3</sup> /jam
Daya Pompa	:	271,91 watt
Daya Motor	:	372,85 watt
Kecepatan Putar	:	4201,65 rpm
Harga	:	\$16.646

g. Pompa 5

Kode	:	P-05
Fungsi	:	Mengalirkan NaOH dari tangki (T-04) ke Netralizer (N-01)
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	:	1 buah
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>

Kapasitas	: 0,093 m <sup>3</sup> /jam
Daya Pompa	: 4,49 watt
Daya Motor	: 37,285 watt
Kecepatan Putar	: 466,74 rpm
Harga	: \$1.077,8

*h.* Pompa 6

Kode	: P-06
Fungsi	: Mengalirkan hasil Reaktor (R-02) ke Netralizer (N-01)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 13 m <sup>3</sup> /jam
Daya Pompa	: 511,36 watt
Daya Motor	: 745,7 watt
Kecepatan Putar	: 2616,31 rpm
Harga	: \$16.646

*i.* Pompa 7

Kode	: P-07
Fungsi	: Mengalirkan hasil Netralizer (N-01) ke Decanter (DC-01)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah

Bahan Konstruksi	:	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	:	13 m <sup>3</sup> /jam
Daya Pompa	:	472,30 watt
Daya Motor	:	745,7 watt
Kecepatan Putar	:	2836,62 rpm
Harga	:	\$16.646

*j.* Pompa 8

Kode	:	P-08
Fungsi	:	Mengalirkan hasil atas Decanter (DC-01) ke Evaporator (EV-01)
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	:	1 buah
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	:	5 m <sup>3</sup> /jam
Daya Pompa	:	175,18 watt
Daya Motor	:	248,57 watt
Kecepatan Putar	:	2599,81 rpm
Harga	:	\$13.173,1

*k.* Pompa 9

Kode	:	P-09
Fungsi	:	Mengalirkan hasil bawah Decanter (DC-01) ke Menara Distilasi (MD-01)
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>

Jumlah	:	1 buah
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	:	9 m <sup>3</sup> /jam
Daya Pompa	:	482,64 watt
Daya Motor	:	745,7 watt
Kecepatan Putar	:	2166,64 rpm
Harga	:	\$14.849,6

*l.* Pompa 10

Kode	:	P-10
Fungsi	:	Mengalirkan hasil bawah Evaporator (EV-01) ke Tangki Biodiesel (T-05)
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	:	1 buah
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	:	4 m <sup>3</sup> /jam
Daya Pompa	:	6,85 watt
Daya Motor	:	37,285 watt
Kecepatan Putar	:	938,94 rpm
Harga	:	\$14.849,6

*m.* Pompa 11

Kode	:	P-11
------	---	------

Fungsi	: Mengalirkan hasil atas Menara Distilasi (MD-01) sebagai <i>recycle</i> ke <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan Konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 8 m <sup>3</sup> /jam
Daya Pompa	: 0,86 watt
Daya Motor	: 37,285 watt
Kecepatan Putar	: 6645,74 rpm
Harga	: \$1.077,8

### 3.4 Neraca Massa

#### a. Mixer (M-01)

Tabel 3. 2 Neraca Massa Mixer

Komponen	Massa Input (kg/jam)		Massa Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
CH <sub>3</sub> OH	5850,6325	-	5850,6325
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	68,6182	65,656
Total	5919,2507		5919,2507

#### b. Reaktor 1 (R-01)

Tabel 3. 3 Neraca Massa Reaktor 1

Komponen	Massa Input (kg/jam)		Massa Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
$C_{16}H_{32}O_2$	-	869,0501	130,3572
$C_{18}H_{34}O_2$	-	1024,8136	153,7220
$C_{18}H_{36}O_2$	-	1190,5266	178,5790
$C_{17}H_{34}O_2$	-	-	779,0899
$C_{19}H_{36}O_2$	-	-	914,3372
$C_{19}H_{38}O_2$	-	-	1061,8324
$CH_3OH$	5850,6325	-	5545,4264
$H_2O$	-	346,5222	518,2006
$H_2SO_4$	68,6182	-	68,6182
Total	9350,1632		9350,1632

## c. Reaktor 2 (R-02)

Tabel 3. 4 Neraca massa reaktor 2

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)
	Arus 5	Arus 6
$C_{16}H_{32}O_2$	130,3572	17,3810

Tabel 3.4 Neraca Massa Reaktor 2 (lanjutan)

$C_{18}H_{34}O_2$	153,7220	20,4963
$C_{18}H_{36}O_2$	178,5790	23,8105
$C_{17}H_{34}O_2$	779,0899	898,2448
$C_{19}H_{36}O_2$	914,3372	1054,1770
$C_{19}H_{38}O_2$	1061,8324	1224,2303
$CH_3OH$	5545,4264	5498,7478
$H_2O$	518,2006	544,4573
$H_2SO_4$	68,6182	68,6182
Total	9350,1632	9350,1632

## d. Netrakizer (N-01)

Tabel 3. 5 Neraca Massa Netrakizer

Komponen	Massa		Massa
	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 6	Arus7	Arus 8
$C_{16}H_{32}O_2$	17,3810	-	17,3810
$C_{18}H_{34}O_2$	20,4963	-	20,4963
$C_{18}H_{36}O_2$	23,8105	-	23,8105
$C_{17}H_{34}O_2$	898,2448	-	898,2448
$C_{19}H_{36}O_2$	1054,1770	-	1054,1770
$C_{19}H_{38}O_2$	1224,2303	-	1224,2303
$CH_3OH$	5498,7478	-	5498,7478

Tabel 3.5 Neraca Massa Netrakizer (lanjutan)

H <sub>2</sub> O	5498,7478	60,6828	630,3468
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	544,4573	-	-
NaOH	-	56,0149	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	99,4264
Total	9466,8609		9466,8609

## e. Decanter (DC-01)

Tabel 3. 6 Neraca Massa Decanter

Komponen	Massa	Output	
	Input (kg/jam)	(kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	17,3810	17,381	-
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	20,4963	20,496	-
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	23,8105	23,811	-
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	898,2448	898,245	-
C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1054,1770	1054,177	-
C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	1224,2303	1224,230	-
CH <sub>3</sub> OH	5498,7478	363,420	5135,328
H <sub>2</sub> O	630,3468	28,853	601,493
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	99,4264	-	99,426
Subtotal	9466,8609	3630,6131	5836,25
Total	9466,8609	9466,8609	

## f. Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 7 Neraca Massa Evaporator

Komponen	Massa	Output	
	Input (kg/jam)	(kg/jam)	
	Arus 9	Arus 13	Arus 14
$C_{16}H_{32}O_2$	17,381	-	17,381
$C_{18}H_{34}O_2$	20,496	-	20,496
$C_{18}H_{36}O_2$	23,811	-	23,811
$C_{17}H_{34}O_2$	898,245	-	898,245
$C_{19}H_{36}O_2$	1054,177	-	1054,177
$C_{19}H_{38}O_2$	1224,230	-	1224,230
$CH_3OH$	363,420	319,583	43,837
$H_2O$	28,853	28,202	0,652
Subtotal	3630,6131	347,785	3282,8283
Total	3630,6131	3630,6131	

## g. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 8 Neraca Massa Menara Distilasi

Komponen	Masa	Masa	
	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12
$CH_3OH$	5135,328	5032,640	102,707

Tabel 3.8 Neraca Massa Menara Distilasi (lanjutan)

H <sub>2</sub> O	601,493	12,030	589,464
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	99,426	-	99,426
Subtotal	5831,96	5044,6699	791,5965
Total	5836,925	5836,925	

## h. Condensor (CD-01)

Tabel 3. 9 Neraca Massa Condensor

Komponen	Massa Input		Massa Output			
			Reflux		Distilat	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CH <sub>3</sub> OH	239,714	7670,851	82,444	2638,211	157,270	5032,640
H <sub>2</sub> O	1,019	18,336	0,350	6,306	0,668	12,030
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-
Sub total	240,733	7689,188	82,794	2644,518	157,938	5044,670
Total	7689,188		7689,188			

## i. Reboiler (RB-01)

Tabel 3. 10 Neraca Massa Reboiler

Komponen	Input		Output			
			Reflux		Bottom	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CH <sub>3</sub> OH	24,304	777,738	21,095	675,032	3,210	102,707

Tabel 3.10 Neraca Massa Reboiler (lanjutan)

H <sub>2</sub> O	247,982	4463,674	215,234	3874,210	32,748	589,464
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,074	720,441	4,404	625,301	0,670	95,140
Sub total	277,360	5961,854	240,732	5174,543	36,628	787,311
Total	5961,854		5961,854			

## j. Neraca Massa Total

Tabel 3. 11 Neraca Massa Total

Komponen	Massa Input (Kg/jam)	Massa Output (Kg/jam)
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	869,0501	17,381
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1024,8136	20,496
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1190,5266	23,811
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	-	898,245
C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	-	1054,177
C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	-	1224,230
CH <sub>3</sub> OH	5850,6325	5498,748
H <sub>2</sub> O	346,5222	630,347
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	68,6182	-
NaOH	116,6977	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	99,426
Total	9466,8609	9466,8609

### 3.5 Neraca Panas

#### a. Mixer (M-01)

Tabel 3. 12 Neraca Panas Mixer

Komponen	Masuk	Keluar
	$\Delta H$ in (Kj/jam)	$\Delta H$ out (Kj/jam)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,885	1,885
CH <sub>3</sub> OH	4,741,849	4,741,849
H <sub>2</sub> O	46,980	46,980
Total	4,790,714	4,790,714

#### b. Reaktor (R-01)

Tabel 3. 13 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	$\Delta H$ in (Kj/ jam)	$\Delta H$ out (Kj/ jam)
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	59,172	1,183
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	66,677	1,334
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	84,237	1,685
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	-	63,360
C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	-	71,419
C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	-	75,935
CH <sub>3</sub> OH	4,741,849	4,456,652
H <sub>2</sub> O	46,980	73,815

Tabel 3.13 Neraca Panas Reaktor (lanjutan)

H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,885	1,885
ΔH Reaksi	-402,51779	-
Q terserap	-	253,933
Total	5,001,202	5,001,202

## c. Netrakizer (N-01)

Tabel 3. 14 Neraca Panas Netralizer

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/ jam)	ΔH out (Kj/ jam)
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1183,430	1183,430
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1333,542	1333,542
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1684,732	1684,732
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	6336,478	6336,478
C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	71419,367	71419,367
C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	75935,301	75935,301
CH <sub>3</sub> OH	4456652,047	4456652,047
H <sub>2</sub> O	73814,840	85459,316
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1885,324	-
NaOH	2243,804	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		2371,163
ΔH reaksi	667,170	

Tabel 3.14 Neraca panas Netrakizer (lanjutan)

Q terserap		-9219,3429
Total	4750180,03	4750180,03

## d. Decanter (DC-01)

Tabel 3. 15 Neraca Panas Decanter

Komponen	Masuk	Keluar	
	$\Delta H$ in (Kj/ jam)	$\Delta H$ out atas (Kj/ jam)	$\Delta H$ out bawah (Kj/ jam)
$C_{16}H_{32}O_2$	169,061	169,154	-
$C_{18}H_{34}O_2$	190,506	190,383	-
$C_{18}H_{36}O_2$	240,676	240,611	-
$C_{17}H_{34}O_2$	9.051,497	9.051,381	-
$C_{19}H_{36}O_2$	10.202,767	10.202,790	-
$C_{19}H_{38}O_2$	10.847,900	10.847,789	-
$CH_3OH$	636.664,578	15.256,759	621.407,586
$H_2O$	12.208,474	33,321	12.175,145
$Na_2SO_4$	338,738	-	338,755
Total	679.914,197	45.992,189	633.921,487
		679.914,197	

## e. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 16 Neraca Panas Menara Distilasi

Komponen	Input	Output
	$\Delta H_{in}$	$\Delta H_{out}$
	kJ/jam	kJ/jam
$\Delta H$ umpan	721,670	-
$\Delta H$ distilat	-	511,679
$\Delta H$ condensor	-	-768,542
$\Delta H$ bottom	-	1,790,454
$\Delta H$ reboiler	811,921	-
Total	1.533,591	1.533,591

## f. Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 17 Neraca Panas Evaporator

Komponen	Masuk	Keluar	
	Q (kJ/jam)	atas Q (kJ/jam)	Bawah Q (kJ/jam)
CH <sub>3</sub> OH	643.890,6525	-	-
H <sub>2</sub> O	-	139.608,9241	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	504.191,9174
Total	643.890,6525	643.890,6525	

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Penentuan lokasi pabrik dalam merancang sebuah pabrik adalah aspek yang sangat penting untuk mempertimbangkan didirikannya sebuah pabrik. Kemudahan dalam pengoperasian dan perencanaan pabrik merupakan faktor-faktor yang perlu diperhatikan. Lokasi pendirian pabrik harus dekat dengan bahan baku sehingga transportasi untuk bahan baku murah serta memberikan keuntungan pada pabrik yang akan didirikan dan lingkungan sekitar. Disamping itu utilitas merupakan hal yang penting dalam proses produksi, maka dari itu pabrik harus berdekatan dengan sumber air seperti sungai, laut, danau, dll. Sebab hal tersebut mempengaruhi faktor keberhasilan dan kelancaran proses produksi.

Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas, maka lokasi pendirian pabrik biodiesel dengan kapasitas produksi 26.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Terung Wetan, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur dimana, daerah Jawa Timur memiliki potensi peternakan yang cukup besar. Dalam pemilihan lokasi pabrik, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan yaitu sebagai berikut:

- a. Letak daerah, pabrik akan didirikan berdekatan dengan beberapa industri yang berada disana, sehingga terdapat lahan yang cukup luas, di tambah dengan akses transportasi yang mudah di lalui.
- b. Ketersediaan air, lokasi yang diambil dekat dengan aliran sungai, sehingga memudahkan dalam proses utiitas dan proses produksi.

- c. Pemasaran, distribusi produk tidak sulit di jangkau yang disebabkan akses untuk menuju kota dan daerah lainnya mudah dijangkau dengan waktu yang relatif cepat, terutama untuk di distribusikan kepada Pertamina.
- d. Tenaga kerja, tenaga kerja yang dibutuhkan minimal pendidikan SMA/ sederajat hingga sarjana. Dan perekrutan tenaga kerja mengikuti kualifikasi guna menunjang kesejahteraan pabrik.
- e. Limbah Pabrik, hasil buangan dari pabrik wajib diperhatikan, terutama dampak terhadap kesehatan lingkungan sekitar lokasi pabrik. Hal ini dapat dilakukan dengan cara membuat tempat pembuangan limbah dalam suatu bak serta aliran tertentu tanpa mencemari lingkungan.

#### **4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)**

Dalam menentukan dan merancang tata letak pabrik harus dipikirkan dan disiapkan guna meningkatkan keamanan, keselamatan, dan kenyamanan dalam segala aspek. Tujuan dari perencanaan tata letak pabrik yaitu harus mendapatkan penggabungan yang optimal antara fasilitas produksi yang ada.

Terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik, diantaranya:

1. Fleksibilitas operasi dan produksi dengan disesuaikan untuk kemudahan dalam pemeliharaan alat proses dan pengontrolan produksi.
2. Distribusi utilitas yang tepat dan efisien.

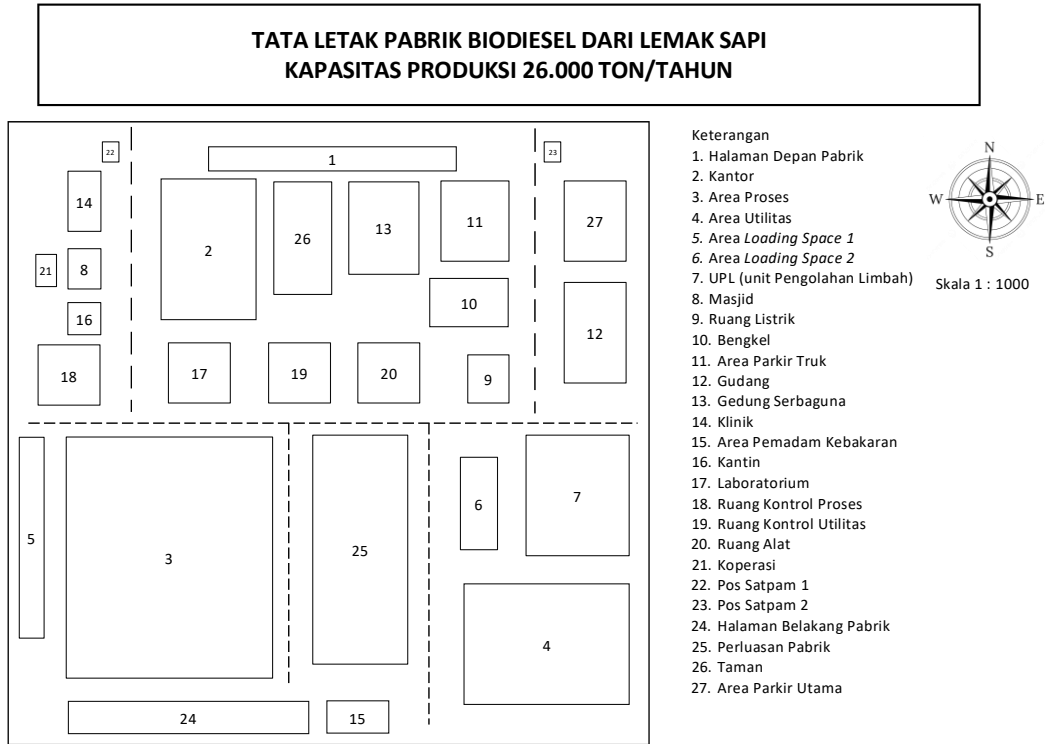
3. Memiliki area yang cukup luas guna memberikan kebebasan gerak yang cukup bagi personil, diantaranya peralatan yang menyimpan bahan berbahaya.
4. Adanya kemungkinan perluasan pabrik
5. Terdapat *service area* seperti lahan parkir, kantin yang tidak jauh dari pabrik, tempat ibadah, gedung pertemuan, serta gedung olahraga.
6. Memperhatikan masalah pengolahan limbah agar tidak mengganggu atau mencemari lingkungan.

Tabel 4. 1 Spesifikasi Ukuran Lahan

No	Area	Panjang	Lebar	Luas (m <sup>2</sup> )	Panjang	Lebar	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Kantor	35	23	805	38,5	25,3	974,05
2	Gedung Serbaguna	23	17	391	25,3	18,7	473,11
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	15	8	120	16,5	8,8	145,2
10	Gudang	25	15	375	27,5	16,5	453,75
11	Area Loading Space 1	50	6	300	55	6,6	363
12	Area Loading Space 2	23	9	207	25,3	9,9	250,47
13	Area Proses	60	50	3000	66	55	3630
14	Ruang Alat	15	15	225	16,5	16,5	272,25

Tabel 4.1 Spesifikasi Ukuran Lahan (lanjutan)

15	Laboratorium	15	15	225	16,5	16,5	272,25
16	Ruang <i>Control Process</i>	15	15	225	16,5	16,5	272,25
17	Ruang <i>Control utilitas</i>	15	15	225	16,5	16,5	272,25
18	Area Utilitas	30	40	1200	44	33	1452
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	12	19	228	20,9	13,2	275,88
22	Area Pemadam Kebakaran	14	8	112	15,4	8,8	135,52
23	UPL	30	25	750	33	27,5	907,5
24	Halaman Depan Kantor	6	60	360	66	6,6	435,6
25	Halaman Belakang Kantor	16	60	960	16,6	60	996
26	Perluasan Pabrik	57	23	1311	62,7	25,3	1586,31
27	Taman	28	14	392	30,8	15,4	474,32
28	Jalan	-	-	1435,455	-	-	1594,95
Luas Bangunan				8732 m <sup>2</sup>			
Luas Tanah				14.405,05 m <sup>2</sup>			



Gambar 4. 1 Tata Letak Bangunan Pabrik

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

Perancangan pengaturan letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat lebih efektif dan efisien. Ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan:

a. Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar. Serta dapat menunjang kelancaran dan keamanan pada saat produksi.

b. Aliran udara

Aliran udara di dalam maupun di sekitar area proses perlu diperhatikan guna menghindari diamnya udara di suatu tempat.

c. Operasi

Peralatan yang memerlukan perhatian khusus harus di tempatkan di dekat *control room*.

d. Pencahayaan

Tempat proses yang berbahaya dan beresiko tinggi harus diberikan pencahayaan tambahan. Serta pencahayaan seluruh pabrik harus memadai demi keselamatan pekerja.

e. Lalu lintas

Lalu lintas kendaraan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat. Sehingga apabila terjadi gangguan dapat langsung dijangkau.

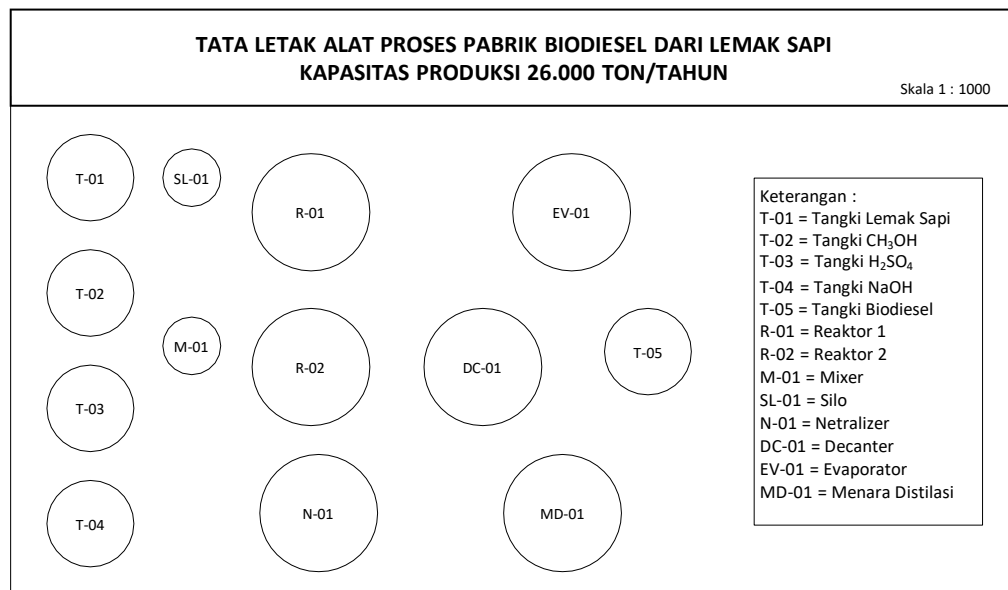
f. Keamanan

Alat proses harus diletakkan sebaik mungkin. Sehingga apabila terjadi kebakaran tidak ada pekerja yang terperangkap dan mudah dijangkau oleh unit pemadam. Tata letak alat proses harus sesuai agar:

1. Adanya kelancaran proses produksi.
2. Menurunkan biaya material, agar *capital* yang tidak penting menjadi turun.
3. Karyawan memperoleh kenyamanan dan kepuasan kerja.

g. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi yang tinggi, sebaiknya diberi jarak aman dari alat lainnya. Apabila terjadi kecelakaan produksi, alat tersebut tidak membahayakan alat produksi lainnya.



Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses

## 4.4 Organisasi Perusahaan

### 4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik Biodiesel yang akan dijalankan memerlukan manajemen yang baik, sehingga dibutuhkan struktur organisasi yang terstruktur dan juga pembagian tugas dan tanggung jawab yang benar. Pabrik Biodiesel ini direncanakan akan didirikan berbentuk PT (Perseroan Terbatas). Menurut UU Nomor 40 Tahun 2007 Perseroan Terbatas (PT) merupakan suatu badan usaha berbentuk hukum yang didirikan atas perjanjian dan kegiatan usaha dilakukan dengan modal dasar yang dibagi pada saham atau dapat disebut dengan persekutuan modal. Saham merupakan surat berharga yang diterbitkan oleh PT atau Perusahaan yang dimiliki oleh pemegang saham sebagai bentuk kepemilikan sebagai usaha dengan ikut serta modal deposito. Pada

perusahaan berbentuk PT, pemegang saham hanya memiliki tanggung jawab untuk menyetor jumlah total yang ditentukan pada masing-masing saham. Ada beberapa alasan pemilihan perusahaan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) antara lain :

1. Modal yang didapatkan mudah. Modal didapat dengan cara menjual saham perusahaan.
2. Pemegang saham memiliki tanggung jawab yang terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin. Perusahaan tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, beserta staffnya, ataupun karyawan perusahaan.
4. Pergerakan di pasar global mudah dilakukan.
5. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.

Ciri ciri perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT), yaitu :

1. Pemegang saham merupakan pemilik perusahaan
2. Direksi merupakan pemimpin perusahaan yang dipilih oleh pemegang saham
3. Pendirian perusahaan dilakukan melalui akta notaris dengan berdasarkan pada Undang-Undang Hukum Dagang
4. Modal ditentukan pada sahan dan akta pendirian
5. Pengelolaan sumber daya manusia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan tetap memperhatikan Undang-Undang Perburuhan.

#### 4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi dibutuhkan untuk menjalankan aktivitas agar bisa berjalan dengan efektif dan efisien. Struktur organisasi yang baik akan membuat masing masing jabatan dapat dengan mudah memahami tugas, wewenang, dan batasannya. Maka dari itu struktur organisasi pada perusahaan dapat menggambarkan bagian, tugas tanggung jawab, posisi, wewenang, dan kedudukan pada masing masing jabatan pada perusahaan. Adapun manfaat lain yang diperoleh suatu perusahaan apabila menerapkan struktur organisasi dengan tepat adalah :

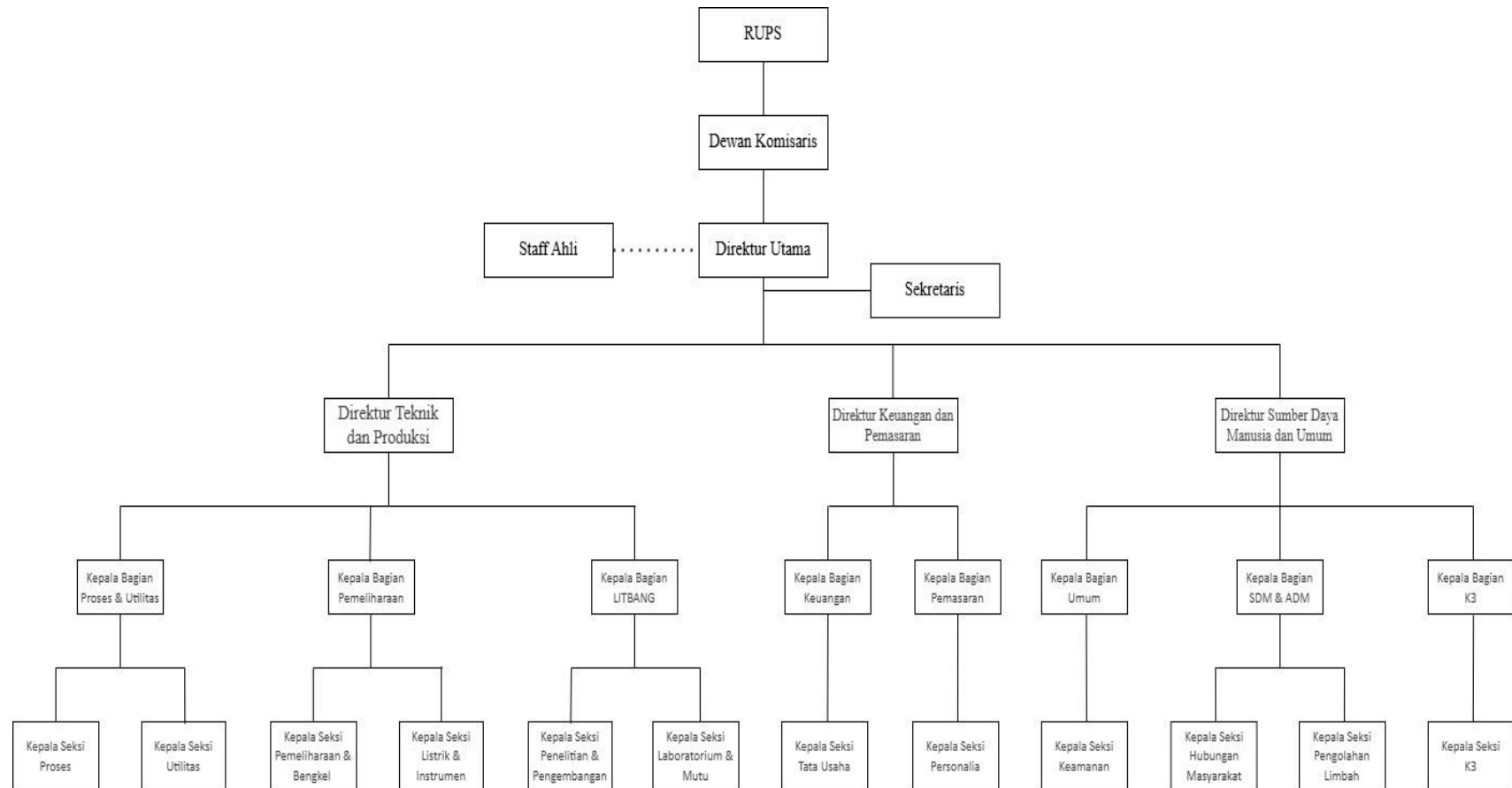
1. Komunikasi dan kolaborasi dapat terjalin dengan baik
2. Mengurangi konflik antar karyawan
3. Efisiensi operasional
4. Produktivitas karyawan dapat meningkat

Dalam menjalankan garis organisasi dipengaruhi oleh dua kelompok, yaitu:

1. Sebagai ahli garis (line), adalah orang yang bertugas untuk menjalankan tugas pokok pada organisasi untuk mencapai tujuan.
2. Sebagai staff, adalah orang yang bertugas dengan keahlian pada dirinya, yang berfungsi sebagai pemberi saran untuk unit operasional.

Pada penjalanan wewenang dan tugas, pemegang saham diwakili oleh Dewan Komisaris. Pada penjalanan tugas perusahaan dilakukan oleh Direktur Utama dengan dibantu beberapa direktur yang berada dibawahnya.

Dewan Komisaris dan Direktur utama dipilih melalui Rapat Umum Pemegang Saham oleh pemegang saham. Struktur organisasi pada perusahaan terdapat pada gambar 4.3 :



Gambar 4. 3 Struktur Organisasi

### 4.4.3 Tugas dan Wewenang

#### A. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah pemberi modal perusahaan dengan membeli surat berharga perusahaan (saham). Dapat dikatakan bahwa pemegang saham yaitu orang yang memiliki perusahaan. Tugas dan wewenang dari pemegang saham, yaitu:

1. Memberhentikan dan mengangkat Dewan Komisaris dan Direktur.
2. Mengesahkan hasil neraca perhitungan keuntungan kerugian dan hasil usaha tahunan pada perusahaan
3. Mengadakan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang diadakan minimal satu kali rapat dalam waktu satu tahun

#### B. Dewan Komisaris

Dewan komisaris adalah yang melaksanakan tugas yang diberikan oleh pemegang saham dan juga bertanggung jawab kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang dari Dewan Komisaris, yaitu:

1. Menyetujui dan menilai rencana direksi tentang target perusahaan, kebijakan umum, pengarahannya pemasaran dan alokasi sumber-sumber dana.
2. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.
3. Mengawasi tugas-tugas direksi.

### C. Direktur Utama

Direktur utama adalah pimpinan tertinggi yang ada pada perusahaan yang memiliki tanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama yaitu sebagai berikut, yaitu:

1. Melaksanakan dan mengatur kebijakan perusahaan.
2. Memiliki tanggung jawab kepada Pemegang Saham dan Dewan Komisaris atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.
3. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
4. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
5. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, yaitu:

#### 1. Direktorat Teknik dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi mempunyai tugas dan wewenang untuk merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, yaitu Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan

Instrumentasi, dan Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendali Mutu.

2. Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat Keuangan dan Pemasaran mempunyai tugas dan wewenang dalam menyusun dan mengalokasikan anggaran dan pendapatan perusahaan serta melaksanakan kebijakan pemasaran. Direktorat Keuangan dan Pemasaran membawahi beberapa bagian, yaitu Bagian Keuangan dan Bagian Pemasaran.

3. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum mempunyai tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, humas, keamanan, keselamatan kerja, dan personalia. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, yaitu Bagian K3 (Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan), Bagian Umum dan Keamanan, dan Bagian Administrasi, dan Sumber Daya Manusia.

4. Staff Ahli

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

## 5. Sekretaris

Sekretaris diangkat oleh direktur utama untuk menangani masalah surat menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lain untuk membantu dalam menangani administrasi perusahaan.

## D. Kepala Bagian

Kepala Bagian memiliki tanggung jawab kepada Direktur Utama. Tugas umum dari Kepala Bagian yaitu mengatur, mengawasi, dan mengkoordinasi pelaksanaan kerja sesuai dengan bidangnya. Kepala bagian terdiri dari:

### 1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Kepala Proses dan Utilitas bertugas untuk menjaga dan mengatur kelancaran pada unit proses dan utilitas agar *rate production* pabrik tercapai dengan mengatur jalannya proses produksi. Kepala Bagian Proses dan Utilitas membawahi Seksi Proses dan Utilitas.

### 2. Kepala Bagian Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan

Kepala Bagian Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan bertugas untuk menjaga dan mengatur jumlah pasokan listrik agar selalu mencukupi kebutuhan pabrik serta secara rutin melakukan uji kelayakan terhadap setiap instrumen dalam area pabrik. Kepala Bagian Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan

membawahi Seksi Pemeliharaan dan Bengkel dan Seksi Listrik dan Instrumentasi.

### 3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan K3

Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan K3 bertugas untuk mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan K3 dan litbang. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan K3 membawahi Seksi k3 dan Seksi Litbang.

### 4. Kepala Bagian Keuangan

Kepala Bagian Administrasi Keuangan bertugas untuk menghitung dan mencatat keluar masuknya dana perusahaan. Kepala Bagian Administrasi Keuangan membawahi Seksi Keuangan, Pelaporan Keuangan & Manajemen dan Seksi Akuntansi Biaya.

### 5. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala Bagian Pemasaran bertugas mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang pembelian bahan baku dan pemasaran produk. Kepala Bagian Pemasaran membawahi Seksi Pembelian dan Seksi Pemasaran.

### 6. Kepala Bagian Umum

Kepala Bagian Umum bertugas untuk mengatur kegiatan penunjang dalam perusahaan seperti menjaga kebersihan kantor,

keamanan dan lain lain. Kepala Bagian Umum membawahi Seksi Pelayanan Umum, dan Seksi Keamanan.

#### 7. Kepala Bagian Sumber Daya Manusia

Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia bertugas untuk menjaga kualitas sumber daya manusia (SDM) yang berada pada perusahaan dengan melakukan pelatihan kerja, sehingga dapat tetap menjaga etos kerja dari setiap pegawai.

#### 4.4.4 Jam Kerja Karyawan

Pabrik Biodiesel dari lemak sapi nantinya akan beroperasi selama 330 hari selama 24 jam perhari dalam satu tahun. Sisa hari yang bukan hari libur akan digunakan untuk perawatan, perbaikan pabrik, atau *shut down*. Menurut pengaturan jam kerja, karyawan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu :

1. Karyawan *non-shift* yaitu karyawan yang bekerja selama 5 hari dengan total kerja 40 jam per minggu. Karyawan ini tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk dalam golongan karyawan *non shift* yaitu direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh yang tugasnya berada di kantor. Berikut merupakan perincian jam kerja karyawan non-shift yang terdapat pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Rincian Jam Kerja

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	07.00 - 16.00	12.00 - 13.00
Jum'at	07.00 - 16.00	11.00 - 13.00

2. Karyawan *Shift* yaitu karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu pada pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi sehingga tidak dapat ditinggalkan. Yang termasuk dalam golongan karyawan *shift* yaitu operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, termasuk petugas keamanan yang menjaga keamanan selama proses produksi berlangsung. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi menjadi 3 *shift* dengan pengaturan *shift* terdapat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Rincian Jadwal Shift Kerja

Kelompok Kerja	Jam Kerja	Jam Istirahat
Shift 1	07.00 - 15.00	11.00 - 12.00
Shift 2	15.00 - 23.00	19.00 - 20.00
Shift 3	23.00 - 07.00	03.00 - 04.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat kelompok dan empat minggu. Pada setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Setiap kelompok mendapatkan giliran 5 hari kerja dan 2 hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Berikut merupakan jadwal kerja karyawan *shift* pada tabel 4.4 :

Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Karyawan Shift

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

Tabel 4. 4 Jadwal Kerja Karyawan Shift (lanjutan)

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

Keterangan :

P = *Shift Pagi* (07.00 – 15.00)

S = *Shift Siang* (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 yang ada, hal ini bertujuan agar pekerjaan dapat diselesaikan dengan efektif. Berikut merupakan rincian jumlah tenaga kerja dan system penggajiannya.

Tabel 4.5 Pendapatan Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji	Gaji	Gaji
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
1	Direktur Utama	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000	Rp480.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000	Rp360.000.000
3	Staff ahli	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000	Rp216.000.000
4	Sekretaris	1	Rp18.000.000	Rp18.000.000	Rp216.000.000
5	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000	Rp360.000.000
6	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000	Rp360.000.000
7	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
8	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
9	Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
10	Ka. Bag. Keuangan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000

Tabel 4.5 Pendapatan Karyawan (lanjutan)

11	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
12	Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
13	Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
14	Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
15	Ka. Sek. Proses	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
16	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
17	Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
18	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
19	Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
20	Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
21	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
22	Ka. Sek. Unit Pengolahan Limbah	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
23	Ka. Sek. Tata Usaha	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
24	Ka. Sek. Personalia	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
25	Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1	Rp12.000.000	Rp12.000.000	Rp144.000.000
26	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000	Rp120.000.000
27	Karyawan Proses	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000	Rp384.000.000
28	Karyawan Utilitas	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000	Rp384.000.000

Tabel 4.5 Pendapatan Karyawan (lanjutan)

29	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000	Rp384.000.000
30	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000	Rp384.000.000
31	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000	Rp768.000.000
32	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000	Rp768.000.000
33	Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000	Rp384.000.000
34	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000	Rp384.000.000
35	Karyawan Tata Usaha	5	Rp7.000.000	Rp35.000.000	Rp420.000.000
36	Karyawan Personalia	5	Rp7.000.000	Rp35.000.000	Rp420.000.000
37	Karyawan Hubungan Masyarakat	5	Rp7.000.000	Rp35.000.000	Rp420.000.000
38	Karyawan Keamanan	8	Rp7.000.000	Rp56.000.000	Rp672.000.000
39	Operator	48	Rp7.000.000	Rp336.000.000	Rp4.032.000.000
40	Dokter	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
41	Perawat	4	Rp6.000.000	Rp24.000.000	Rp288.000.000
42	Sopir	6	Rp5.000.000	Rp30.000.000	Rp360.000.000
43	Cleaning Service	5	Rp5.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
44	Satpam	6	Rp5.000.000	Rp30.000.000	Rp360.000.000
Total		160	Rp558.000.000	Rp1.374.000.000	Rp16.488.000.000

#### 4.4.6 Kesejahteraan Pegawai

Dalam menjalankan pabrik, perusahaan memberikan hak dan fasilitas untuk menunjang kesejahteraan karyawan. Adapun hak dan fasilitas yang diberikan perusahaan sebagai berikut :

##### 1. Hak Cuti

###### a) Cuti Tahunan

Setiap karyawan dalam perusahaan mempunyai hak cuti maksimal sebanyak 14 hari dalam satu tahun. Apabila dalam waktu satu tahun hak cuti tersebut tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diakumulasikan untuk tahun berikutnya.

###### b) Cuti Massal

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

###### c) Cuti Hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak mendapatkan cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayarkan dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

##### 2. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional adalah hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan *shift*, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja lembur (*overtime*).

### 3. Kerja Lembur

Kerja lembur dilaksanakan atas persetujuan kepala bagian apabila ada pekerjaan yang mendesak dan harus segera diselesaikan.

### 4. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya. Selain itu, disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

### 5. Jamsostek

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

### 6. Penyediaan Fasilitas Bagi Karyawan

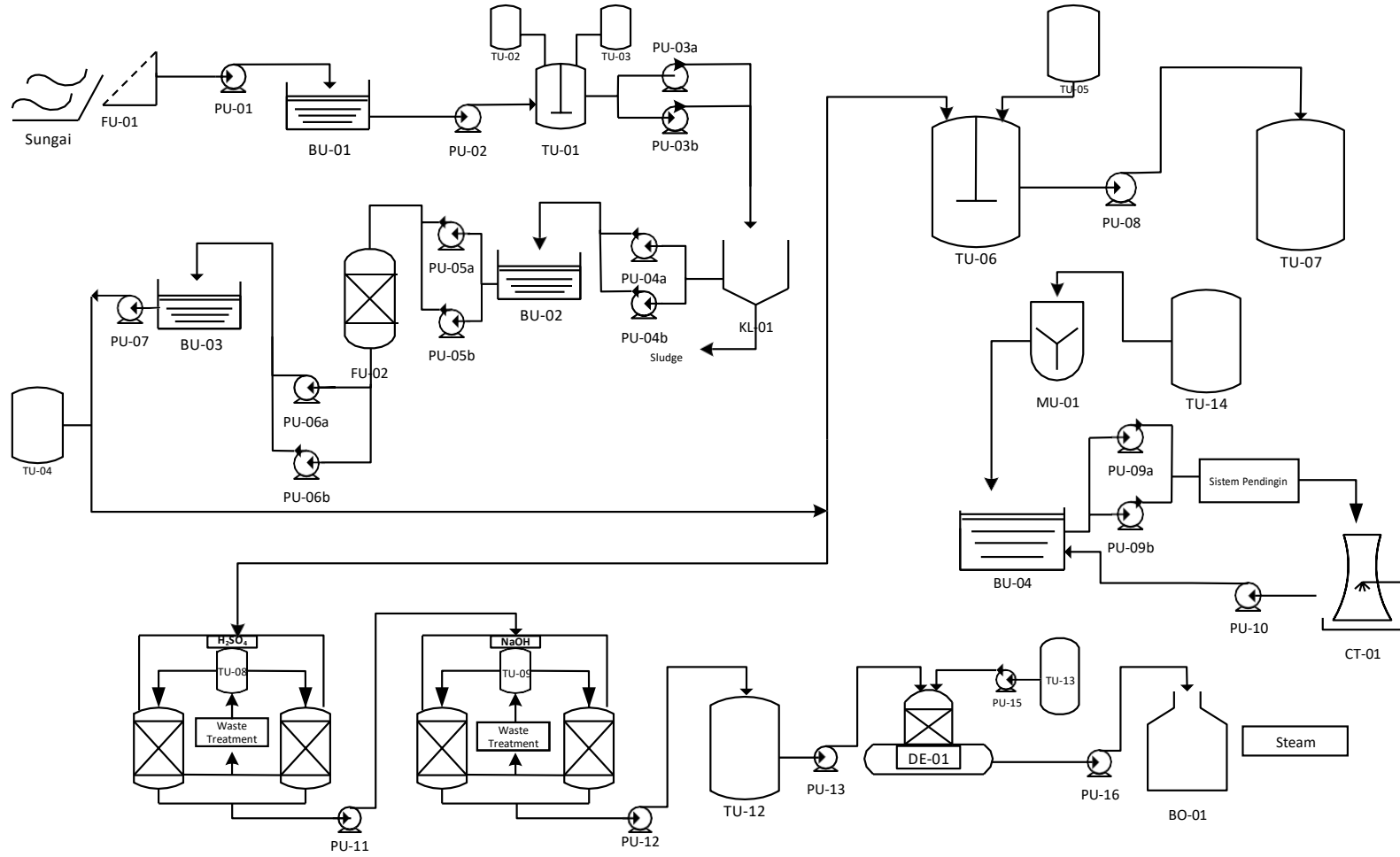
- a. Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan
- b. Penyediaan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat
- c. Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik
- d. Penyediaan fasilitas koperasi karyawan
- e. Penyediaan fasilitas kantin
- f. Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja 10 tahun berturut-turut.

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Unit utilitas atau unit pendukung merupakan bagian penunjang dalam berlangsungnya proses produksi suatu pabrik. Unit utilitas meliputi:

- a. Unit Penyediaan dan Pengelolaan 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 Pengolahan Limbah



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

## 5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

### 5.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air bertugas untuk menyediakan air untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Dalam memenuhi kebutuhan pabrik, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau, maupun air laut. Dalam perancangan pabrik ini yaitu menggunakan air sungai yang berada di daerah Sidoarjo. Pertimbangan mengambil sumber air tersebut adalah:

- a. Pengolahan air yang relatif lebih mudah, serta biaya pengolahan yang relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan menggunakan air laut.
- b. Air sungai memiliki aliran kontinu yang lebih tinggi dibandingkan air sumur, sehingga kekurangan jumlah air dapat dihindari.
- c. Letak sungai yang tidak jauh dengan pabrik.

Air yang berada dalam lingkungan pabrik, dipergunakan untuk:

- a) Air pendingin

Ada beberapa faktor yang menyebabkan air tersebut digunakan untuk air pendingin adalah:

1. Air merupakan materi yang memiliki jumlah yang besar atau melimpah.
2. Memiliki kemudahan dalam pengolahan dan pengaturan.
3. Dapat menyerap jumlah panas yang tinggi dan tidak terdekomposisi.

4. Tidak mengalami penyusutan dalam arti adanya temperatur yang rendah.

b) *Air boiler*

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan air sebagai umpan *boiler*:

1. Tidak terdapat zat yang menyebabkan korosi. Korosi tersebut dapat terjadi jika air mengandung zat terlarut seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ , dan  $H_2S$ , serta gas terlarut.
2. Zat yang menyebabkan kerak. Kerak dapat ditimbulkan dengan adanya kesadaha dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam dan silikat.
3. Zat yang menyebabkan *foaming* dan *priming*. *Foaming* yaitu adanya gelembung atau busa yang berada di permukaan air dan keluar bersama *steam*. Air yang diambil dari proses pemanasan dapat menyebabkan *foaming* pada *boiler* yang disebabkan karena adanya zat organik dan anorganik dalam jumlah besar. Sedangkan *priming* disebabkan karena adanya tetes air dalam *steam* yang menyebabkan turunnya efisiensi energi dari *steam* dan mengasikkan kristal garam.

c) *Air sanitasi*

Air sanitasi digunakan untuk keperluan kantor, rumah tangga perusahaan, air minum, laboratorium, dan lain-lain. Air sanitasi tersebut harus memiliki syarat-syarat tertentu yaitu:

1. Syarat fisik:
  - a) Memiliki suhu normal dibawah suhu udara luar
  - b) Warna yang jernih
  - c) Tidak berasa
  - d) Tidak berbau
2. Syarat kimia:
  - a) Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
  - b) Tidak beracun
3. Syarat bakteriologis, tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri pantogen seperti *salmonella* dan *escherichia coli*.

### 5.1.2 Unit Pengolahan Air

Pemenuhan kebutuhan air pada pabrik dilakukan dengan menggunakan air yang berasal dari sungai yang diolah terlebih dahulu agar dapat memenuhi syarat untuk dapat digunakan. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan fisik dan kimia. Dimana tahapan dalam pengolahan tersebut antara lain:

- a. Penyaringan awal

Air yang berasal dari sungai dilakukan pembersihan yaitu dengan dialirkan melalui *screening* untuk menyaring kotoran-kotoran yang besar seperti daun, ranting, dan lainnya.

- b. Bak pengendapan

Setelah melalui tahap *screening* selanjutnya dialirkan menuju bak pengendapan awal untuk mengendapkan kotoran-kotoran dan lumpur

yang masih ikut terbawa dalam proses penyaringan proses ini dinamakan sedimentasi.

c. Bak penggumpal

Air yang telah tersedimentasi dari kotoran dan lumpur dari bak pengendapan, selanjutnya masuk ke dalam bak penggumpal yang memiliki pengaduk. Proses ini dilakukan untuk membentuk penggumpalan kotoran dan lumpur yang tidak mengendap dan masih terbawa ke dalam bak penggumpalan.

d. *Clarifier*

Pada tahap *clarifier* air yang telah terpisah dari gumpalan lumpur dan kotoran pada bak penggumpalan diaduk menggunakan agitator. Air *clarifier* keluar dari bagian pinggir secara *overflow*. Kemudian *sludge* yang terbentuk akan mengendap dan akan di *blow-down* secara berkala.

e. Bak Penyaring

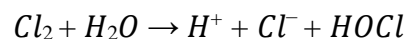
Air yang berasal dari *clarifier* akan dialirkan menuju bak penyaring bertujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang terdapat pada air sungai yang tidak mengendap dengan menggunakan *sand filter* (pasir, kerikil, dan penyaring).

f. Bak Penampungan Sementara

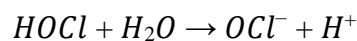
Tahap ini air yang telah melewati proses penyaringan akan di tampung dan dapat di distribusikan sebagai air perkantoran, air umpan boiler, air pendingin, dan air proses.

g. Tangki karbon aktif

Setelah melalui bak penampungan sementara, kemudian air dialirkan menuju tangki karbon aktif dimana air ditambahkan dengan klorin atau kaporit yang bertujuan untuk membunuh kuman dan mikroorganisme. Klorin merupakan zat kimia yang sering digunakan karena memiliki harga yang cukup murah dan memiliki kekuatan untuk desinfeksi yang cukup lama. Klorin dalam air akan membentuk kaporit, dengan reaksi:



Selanjutnya, asam hipokrit pecah sesuai reaksi berikut:



Sehingga air dapat di gunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

h. Tangki air bersih

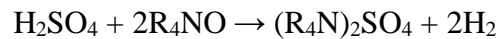
Pada tangki ini air yang telah di proses pada tangki karbon aktif akan disimpan sebelum di distribusikan untuk keperluan.

i. Tangki *kation exchanger*

Air yang berada di bak penampungan berfungsi sebagai *make up boiler* akan di masukan ke dalam tangki *kation exchanger*. Pada tangki ini berisikan resin pengganti kation yang terkandung dalam air berupa ion  $H^+$ , sehingga air yang keluar mengandung anion dan kation.

j. Tangki *anion exchanger*

Tangki ini berfungsi mengikat ion negatif yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion akan terikat dengan resin. Reaksinya berupa:



Sebelum masuk boiler air diproses dalam unit deaerator dan unit pendingin.

## 5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Pada bagian unit penyediaan *steam* memiliki tujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menggunakan *boiler* dengan total kebutuhan *steam* 2.346 kg/jam. Pada *boiler* memanfaatkan suhu hingga 100°C kemudian diumpankan ke dalam boiler. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan tungku pembakaran dan lorong api. Residu pembakaran akan masuk ke *economizer* sebelum dibuang melewati cerobong asap.

## 5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik biodiesel dipenuhi oleh PLN. Selain itu, juga digunakan generator pabrik sebagai cadangan apabila terjadi gangguan pada pasokan listrik dari PLN. Penggunaan generator bertujuan agar proses produksi dan alat alat tetap berjalan atau berlangsung meskipun terdapat gangguan pasokan listrik dari PLN.

Berikut merupakan rincian kebutuhan listrik pabrik biodiesel baik kebutuhan listrik alat proses maupun alat utilitas :

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5. 1 Alat Proses

No.	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Mixer	M-01	3,2678	2,4368
2	Reaktor 1	R-01	4,2829	3,1938
3	Reaktor 2	R-02	0,9111	0,6794
4	Netralizer	N-01	5,0000	3,7285
5	Pompa 1	P-01	1,0000	0,7457
6	Pompa 2	P-02	0,0500	0,0373
7	Pompa 3	P-03	1,5000	1,1186
8	Pompa 4	P-04	0,5000	0,3729
9	Pompa 5	P-05	0,0500	0,0373
10	Pompa 6	P-06	1,0000	0,7457
11	Pompa 7	P-07	1,0000	0,7457
12	Pompa 8	P-08	0,3333	0,2486
13	Pompa 9	P-09	1,0000	0,7457
14	Pompa 10	P-10	0,0500	0,0373
15	Pompa 11	P-11	0,0500	0,0373
16	Screw Conveyor	SC-01	0,43	0,3207
17	Bucket Elevator	BE-01	0,5	0,3729
Total			20,4252	15,2310

b. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Tabel 5. 2 Alat Utilitas

No.	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Blower Cooling Tower	BU-01	60	80,4613
2	Kompressor	KU-01	3	4,0231
3	Pengaduk Fluktuator	MU-01	2	2,6820
4	Mixer	MU-02	0,5	0,6705

Tabel 5.2 Alat Utilitas (lanjutan)

5	Klarifier	KL-01	2	2,6820
6	Pompa Utilitas 1	PU-01	25	33,5255
7	Pompa Utilitas 2	PU-02	60	80,4613
9	Pompa Utilitas 3b	PU-03b	100	134,1021
10	Pompa Utilitas 4a	PU-04a	60	80,4613
11	Pompa Utilitas 4b	PU-04b	60	80,4613
12	Pompa Utilitas 5a	PU-05a	60	80,4613
13	Pompa Utilitas 5b	PU-05b	60	80,4613
14	Pompa Utilitas 6a	PU-06a	60	80,4613
15	Pompa Utilitas 6b	PU-06b	60	80,4613
16	Pompa Utilitas 7	PU-07	75	100,5766
17	Pompa Utilitas 8	PU-08	0,17	0,2279
18	Pompa Utilitas 9a	PU-09a	15	20,1153
19	Pompa Utilitas 9b	PU-09b	15	20,1153
20	Pompa Utilitas 10	PU-10	0,5	0,6705
21	Pompa Utilitas 11	PU-11	0,5	0,6705
22	Pompa Utilitas 12	PU-12	0,5	0,6705
23	Pompa Utilitas 13	PU-13	0,5	0,6705
24	Pompa Utilitas 14	PU-14	0,25	0,3352
25	Pompa Utilitas 15	PU-15	2	2,6820
26	Pompa Utilitas 16	PU-16	200	268,2043
Total			821,92	1102,2126

Berdasarkan rincian diatas, maka total kebutuhan listrik yaitu 1229,188 KW. Kebutuhan listrik akan di suplai dari PLN, serta sebagai cadangan listrik dengan menggunakan generator set pada kapasitas 2000 KW.

#### 5.4 Unit Penyediaan Udara Instrumen

Udara instrumen atau udara tekan digunakan untuk alat *Pneumatic Control* yang bertugas untuk menggerakkan *instrument - instrument control* di pabrik yang bekerja secara *pneumatic*. Kebutuhan udara tekan yang diperlukan pada pabrik

biodiesel ini yaitu sebesar 52,34 m<sup>3</sup>/jam atau sebesar 7,2 bar. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari *blower* udara akan dilewatkan melalui sebuah tangki udara yang berisi *silica gel*.

### **5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar**

Unit penyediaan bahan bakar digunakan untuk keperluan proses pembakaran pada boiler dan juga generator. Bahan bakar yang digunakan merupakan solar dengan banyaknya kebutuhan sebesar 207,04 kg/jam.

### **5.6 Unit Pengolahan Limbah**

Limbah yang diperoleh dari pabrik ini yaitu limbah cair dan gas. Limbah cair berasal dari pembuangan air sanitasi. Limbah ini tidak membutuhkan perlakuan khusus karena memiliki sifat seperti limbah rumah tangga yang tidak mengandung bahan kimia berbahaya. Namun yang perlu diperhatikan adalah limbah yang berasal dari laboratorium dan limbah proses, sehingga harus diolah agar sesuai dengan peraturan pemerintah dari setiap kegiatan pabrik biodiesel dimana nilai maksimal untuk COD 100 mg/l, BOD 20 mg/l, TTS 80 mg/l, minyak 5mg/l, pH antara 6,5-8,5.

## 5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

### a. Spesifikasi Pompa Utilitas

Tabel 5. 3 Spesifikasi Pompa Utilitas

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03a	PU-03b	PU-04a	PU-04b	PU-05a
Fungsi	Mengalirkan air sungai menuju bak penampungan	Mengalirkan air dari bak penampungan menuju tangki flokulator (TU-01)	Mengalirkan air dari tangki flokulator (TU-01) ke klarifier (KL-01)	Mengalirkan air dari tangki flokulator (TU-01) ke klarifier (KL-01)	Mengalirkan air dari klarifier menuju bak pengendapan 2	Mengalirkan air dari klarifier menuju bak pengendapan 2	Mengalirkan air dari bak pengendap 2 menuju sand filter 2 (FU-02)
Jenis	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump
Bahan Konstruksi	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>
<b>Spesifikasi</b>							
Kapasitas (gpm)	1859,86 gpm	1859,86 gpm	929,93 gpm	929,93 gpm	929,93 gpm	929,93 gpm	1858,77 gpm
Kecepatan Aliran (ft/s)	4,33 ft/s	4,33 ft/s	3,79 ft/s	3,79 ft/s	3,79 ft/s	3,79 ft/s	3,79 ft/s
IPS (in)	14,00 in	14,00 in	10,00 in	10,00 in	10,00 in	10,00 in	10,00 in
Flow Area (in)	138,00 in	138,00 in	78,80 in	78,80 in	78,80 in	78,80 in	78,80 in
OD (in)	14,00 in	14,00 in	10,75 in	10,75 in	10,75 in	10,75 in	10,75 in
ID (in)	13,25 in	13,25 n	10,02 in	10,02 in	10,02 in	10,02 in	10,02 in
Efisiensi Pompa	0,58	0,20	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20
Power Motor (Hp)	25 hP	60 hP	100 hP	100 hP	60 hP	60 hP	60 hP
Kecepatan Putar (rpm)	15093 rpm	15990 rpm	11063,49 rpm	11063,49 rpm	10271,73 rpm	10271,73 rpm	10271,73 rpm
Harga	\$33.770,92	\$33.770,92	\$27.064,64	\$27.064,64	\$27.064,64	\$27.064,64	\$27.064,64

Tabel 5. 3 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Parameter	PU-05b	PU-06a	PU-06b	PU-07	PU-08	PU-09a	PU-09b
Fungsi	Mengalirkan air dari bak pengendap 2 menuju sand filter 2 (FU-02)	Mengalirkan air dari sand filter menuju bak sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari sand filter menuju bak sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari (BU-03) ke pengolahan air	Mengalirkan air dari klorinasi menuju tangki air bersih	Mengalirkan air dari bak pendingin menuju cooling tower	Mengalirkan air dari bak pendingin menuju cooling tower
Jenis	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump
Bahan Konstruksi	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>
<b>Spesifikasi</b>							
Kapasitas (gpm)	1858,77 gpm	1858,77 gpm	1858,77 gpm	1858,77 gpm	11,284 gpm	1565,75 gpm	1565,75 gpm
Kecepatan Aliran (ft/s)	3,79 ft/s	3,79 ft/s	3,79 ft/s	7,58 ft/s	1,78 ft/s	3,19 ft/s	3,19 ft/s
IPS (in)	10,00 in	10,00 in	10,00 in	14,00 in	1,50 in	10,00 in	10,00 in
Flow Area (in)	78,80 in	78,80 in	78,80 in	78,80 in	2,04 in	78,80 in	78,80 in
OD (in)	10,75 in	10,75 in	10,75 in	10,75 in	1,90 in	10,75 in	10,75 in
ID (in)	10,02 in	10,02 in	10,02 in	10,02 in	1,61 in	10,02 in	10,02 in
Efisiensi Pompa	0,20	0,20	0,20	0,20	0,58	0,58	0,58
Power Motor (Hp)	60 hP	60 hP	60 hP	75 hP	0,17 Hp	15 hP	15 hP
Kecepatan Putar (rpm)	10271,73 rpm	10271,73 rpm	10271,73 rpm	4793,29 rpm	1405,21 rpm	11822,46 rpm	11822,46 rpm
Harga	\$27.064,64	\$27.064,64	\$27.064,64	\$33.770,92	\$17.244,73	\$25.627,58	\$25.627,58

Tabel 5. 3 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Parameter	PU-10	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15	PU-16
Fungsi	Mengalirkan air dari proses menuju bak pendingin	Mengalirkan dari kation exchanger menuju anion exchanger	Mengalirkan dari kation exchanger menuju anion exchanger	Mengalirkan air dari anion exchanger menuju umpan boiler	Mengalirkan air dari umpan boiler menuju deaerator	Mengalirkan air dari tangki kation menuju deaerator	Mengalirkan air dari deaerator menuju boiler
Jenis	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump	Centrifugal Pump
Bahan Konstruksi	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>	<i>Cost Iron</i>
<b>Spesifikasi</b>							
Kapasitas (gpm)	11,28 gpm	15,97 gpm	15,97 gpm	15,97 gpm	15,97 gpm	19,03 gpm	1174,32 gpm
Kecepatan Aliran (ft/s)	1,78 ft/s	2,52 ft/s	2,52 ft/s	2,51 ft/s	2,51 ft/s	1,82 ft/s	3,28 ft/s
IPS (in)	1,50 in	1,50 in	1,50 in	1,50 in	1,50 in	2,00 in	12,00 in
Flow Area (in)	2,04 in	2,04 in	2,04 in	2,04 in	2,04 in	3,35 in	115,00 in
OD (in)	1,90 in	1,90 in	1,90 in	1,90 in	1,90 in	2,38 in	12,75 in
ID (in)	1,61 in	1,61 in	1,61 in	1,61 in	1,61 in	2,07 in	12,09 in
Efisiensi Pompa	0,58	0,58	0,35	0,30	0,58	0,02	0,02
Power Motor (Hp)	0,50 hP	0,50 hP	0,50 hP	0,50 hP	0,25 hP	2,00 hP	200 hP
Kecepatan Putar (rpm)	624,68 rpm	1225,03 rpm	1322,61 rpm	1322,54 rpm	1678,08 rpm	3127,85 rpm	18979,26 rpm
Harga	\$17.244,73	\$17.244,73	\$17.244,73	\$17.244,73	\$17.244,73	\$7.903,83	\$30.896,80

## b. Spesifikasi Bak Utilitas

Tabel 5. 4 Spesifikasi Bak Utilitas

Parameter	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari sungai	Mengendapkan endapan yang berbentuk <i>flok</i> dengan proses flokulasi	Menampung sementara <i>raw water</i> setelah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung air untuk kebutuhan <i>Cooling Tower</i>
Jenis	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi
Bahan	Beton Bertulang	Beton Bertulang	Beton Bertulang	Beton Bertulang
<b>Spesifikasi</b>				
Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam)	369,8761 m <sup>3</sup> /jam	443,9828 m <sup>3</sup> /jam	369,6714 m <sup>3</sup> /jam	2568,825 m <sup>3</sup> /jam
Panjang (m)	20,706 m	17,466 m	17,466 m	6,6 m
Lebar (m)	20,706 m	17,466 m	17,466 m	6,6 m
Tinggi (m)	10,351 m	8,733 m	8,733 m	3,3 m

## c. Spesifikasi Tangki Utilitas

Tabel 5. 5 Spesifikasi Tangki Utilitas

Parameter	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran berupa dispersi dengan menambahkan koagulan	Menyimpan larutan alum 5%	Menyiapkan dan menyimpan larutan CaOH	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Jenis	Tangki Silinder Berpengaduk	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b>Spesifikasi</b>				
Tinggi (m)	8,2675 m	4,3221 m	4,7438 m	4,3107 m
Diameter (m)	8,2675 m	2,1611 m	2,3719 m	4,3107 m
Volume (m <sup>3</sup> )	443,6057 m <sup>3</sup>	15,8455 m <sup>3</sup>	20,9504 m <sup>3</sup>	62,88 m <sup>3</sup>
Jenis Impeller	Marine Propeller 3 Blade	-	-	-
Jumlah Impeller	1	-	-	-
Power Motor	3 hP	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 5 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Parameter	TU-05	TU-06	TU-07	TU-08
Fungsi	Menampung kebutuhan kaporit sebelum masuk tangki klorinasi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menyimpan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> untuk regenerasi penukar kation
Jenis	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b>Spesifikasi</b>				
Tinggi (m)	0,120 m	1,4944 m	4,3107 m	1,5479 m
Diameter (m)	0,1197 m	1,4944 m	4,3107 m	1,5479 m
Volume (m <sup>3</sup> )	0,0013 m <sup>3</sup>	2,6200 m <sup>3</sup>	62,88 m <sup>3</sup>	2,9155 m <sup>3</sup>
Jenis Impeller	-	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-	-
Power Motor	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 5 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Parameter	TU-09	TU-10	TU-11	TU-12
Fungsi	Menyimpan NaOH untuk regenerasi penukar anion	Menghilangkan mineral dalam air dengan mengikat kation	Menghilangkan ion – ion negatif yang terbawa dari bak air bersih	Mencampur kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler
Jenis	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
<b>Spesifikasi</b>				
Tinggi (m)	0,9514 m	2,2860 m	2,1340 m	1,6782 m
Diameter (m)	0,9514 m	0,4356 m	0,4142 m	1,6782 m
Volume (m <sup>3</sup> )	0,6761 m <sup>3</sup>	0,2838 m <sup>3</sup>	0,2544 m <sup>3</sup>	3,7102 m <sup>3</sup>
Jenis Impeller	-	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-	-
Power Motor	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 5 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Parameter	TU-13	TU-14
Fungsi	Menyimpan larutan $N_2H_4$	Menyimpan Larutan NaCL
Jenis	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
<b>Spesifikasi</b>		
Tinggi (m)	1,6874 m	16 m
Diameter (m)	1,6874 m	16 m
Volume (m <sup>3</sup> )	3,7713 m <sup>3</sup>	3,074 m <sup>3</sup>
Jenis Impeller	-	-
Jumlah Impeller	-	-
Power Motor	-	-
Jumlah	1	1

## d. Spesifikasi Alat Utilitas

## 1. Klarifier

Tabel 5. 6 Spesifikasi Klarifier

Kode	:	KL-01
Fungsi	:	Mengendapkan kotoran yang terbawa dari bak penampungan awal
Jenis	:	Tangki Silinder Conical Bottom Berpengaduk
<b>Spesifikasi</b>		
Diameter (m)	:	13,1239 m
Tinggi (m)	:	13,1239 m
Volume (m <sup>3</sup> )	:	1174,4228 m <sup>3</sup>

## 2. Saringan Utilitas

Tabel 5. 7 Spesifikasi Saringan Utilitas

Kode	:	FU-01
Fungsi	:	Menyaring kotoran yang berukuran besar
<b>Spesifikasi</b>		
Kapasitas (kg/jam)	:	369.284 kg/jam
Panjang (m)	:	10 ft
Lebar (m)	:	8 ft
Diameer lubang saringan (cm)	:	1 cm

## 3. Saringan pasir

Tabel 5. 8 Spesifikasi Saringan Pasir

Kode	:	FU-02
Fungsi	:	Menyaring partikel halus yang ada dalam air sungai
<b>Spesifikasi</b>		
Volume (m <sup>3</sup> )	:	45,5475 m <sup>3</sup>
Panjang (m)	:	2,2498 m
Lebar (m)	:	4,4995 m
Ukuran mesh	:	28 mesh

## 4. Cooling Tower Utilitas

Tabel 5.9 spesifikasi Cooling Tower Utilitas

Kode	:	CT-01
Fungsi	:	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Bahan	:	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
<b>Spesifikasi</b>		
Panjang (m)	:	3,6767 m
Lebar (m)	:	3,6767 m
Tinggi (m)	:	1,8384 m

## 5. Deaerator

Tabel 5.10 Spesifikasi Deaerator

Kode	:	DE-01
Fungsi	:	Menghilangkan gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> yang terikat dalam <i>feed water</i>
<b>Spesifikasi</b>		
Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam)	:	3,0981 m <sup>3</sup> /jam
Tinggi (m)	:	1,6782 m
Volume (m <sup>3</sup> )	:	3,7102 m <sup>3</sup>
Diameter (m)	:	1,6782 m

## 6. Blower Cooling Tower

Tabel 5.11 spesifikasi Blower Cooling Tower

Kode	:	BL-01
Fungsi	:	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang didinginkan
Jenis	:	<i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	:	<i>Carbon Steel</i>
<b>Spesifikasi</b>		
Kapasitas (m <sup>3</sup> /jam)	:	2815,200 m <sup>3</sup> /jam
Efisiensi	:	0,58
Power (hp)	:	40 hp

## BAB VI

### EVALUASI EKONOMI

#### 6.1 Evaluasi Ekonomi

Pra-rancangan pabrik membutuhkan analisa ekonomi agar dapat memperkirakan terkait kelayakan investasi modal dalam suatu produksi pabrik, Analisa ekonomi dilakukan melalui peninjauan kebutuhan modal investasi, besar laba yang diperoleh, jangka waktu modal investasi dapat dikembalikan, dan titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu, analisa ekonomi juga ditujukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang layak atau tidak untuk didirikan dan mendapatkan keuntungan. Adapun beberapa faktor yang perlu ditinjau dalam evaluasi ekonomi, antara lain :

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

Sebelum melakukan analisa terhadap lima faktor tersebut, maka diperlukan perkiraan terhadap beberapa hal berikut :

1. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*), meliputi :
  - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*) adalah banyaknya pengeluaran berupa uang yang diperlukan untuk pembangunan fasilitas produksi dan operasi utama dalam pabrik.

- b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*) adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.
2. Penentuan Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*), meliputi :
  - a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*) adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.
  - b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*) adalah pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik
  - c. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*) adalah biaya yang selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung pada waktu dan tingkat produksi.
3. Biaya Pengeluaran Umum (*General Cost*), merupakan pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk kedalam *Manufacturing Cost*, meliputi:
  - a. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, perlu dilakukan perkiraan terhadap :

    - a) Biaya tetap (*Fixed Cost*)
    - b) Biaya Variabel (*Variable Cost*)
    - c) Biaya mengambang (*Regulated Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi

- a. *Return On Investment* (ROI) adalah besarnya keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap.
- b. *Pay out time* (POT) adalah waktu minimum yang diperlukan untuk mengembalikan modal tetap *Fixed Capital Investment* (FCI) berdasarkan keuntungan tiap tahun.
- c. *Break Even Point* (BEP) adalah terjadinya titik impas dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produksinya, maka pabrik tidak mendapat keuntungan maupun kerugian.
- d. *Shut Down Point* (SDP) adalah kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor seperti *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

## 6.2 Penaksiran Harga Alat

Harga alat akan mengalami perubahan seiring berjalannya waktu dan juga menyesuaikan dengan keadaan ekonomi yang ada. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga peralatan pada tahun tertentu dapat dilihat dari indeks harga yang ada. Indeks harga tersebut disebut dengan *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Tabel 6. 1 Indeks Harga per Tahun

Tahun	Index
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8

Penentuan indeks harga pada tahun tahun berikutnya dapat dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear sehingga didapatkan persamaan :

$$y = 8,7072X - 16,977 \dots\dots\dots(5)$$

Berdasarkan persamaan diatas, diperoleh indeks pada tahun 2029 sebesar 689,9. Selain itu, digunakan indeks pada tahun 2014 sebagai acuan atau referensi harga alat yaitu sebesar 576,1. Setelah diperoleh indeks harga, dilanjutkan dengan menentukan harga alat berdasarkan indeks tahun yang diinginkan dan juga indeks tahun referensi dengan menggunakan rumus :

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Dimana :

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)

Berdasarkan perhitungan dengan rumus yang ada, diperoleh harga alat proses dan alat utilitas pada tabel 6.2

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	EY	EX	HARGA (Rp)
				2014	2029	
1	Silo	SL-01	1	\$20.800	\$24.909	Rp405.768.405
2	Bucket Elevator	BE-01	1	\$11.000	\$13.173	Rp214.589.060
3	Screw Conveyor	SC-01	1	\$3.800	\$4.550	Rp74.130.766
4	Tangki Lemak Sapi	T-01	1	\$104.500	\$125.144	Rp2.038.596.076
5	Tangki Metanol	T-02	1	\$274.900	\$329.206	Rp5.362.775.707
6	Tangki H2SO4	T-03	1	\$7.500	\$8.981	Rp146.310.723
7	Tangki NaOH	T-04	1	\$12.100	\$14.490	Rp236.047.966
8	Tangki Biodiesel	T-05	1	\$147.700	\$176.878	Rp2.881.345.842
9	Mixer	M-01	1	\$85.110	\$101.923	Rp1.660.334.086
10	Reaktor 1	R-01	1	\$80.900	\$96.881	Rp1.578.205.001
11	Reaktor 2	R-02	1	\$80.900	\$96.881	Rp1.578.205.001
12	Netralizer	N-01	1	\$67.900	\$81.313	Rp1.324.599.747
13	Decanter	DC-01	1	\$140.600	\$168.375	Rp2.742.838.357
14	Evaporator	EV-01	1	\$148.300	\$177.596	Rp2.893.050.700
15	Menara Distilasi	MD-01	1	\$667.400	\$799.245	Rp13.019.703.555
16	Reboiler	RB-01	1	\$21.500	\$25.747	Rp419.424.073
17	Condensor 1	CD-01	1	\$29.200	\$34.968	Rp569.636.415
18	Condensor 2	CD-02	1	\$16.900	\$20.238	Rp329.686.829

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses (lanjutan)

19	Heater 1	HE-01	1	\$69.900	\$83.708	Rp1.363.615.940
21	Heater 2	HE-02	1	\$2.300	\$2.754	Rp44.868.621
22	Heater 3	HE-03	1	\$42.300	\$50.656	Rp825.192.478
23	Cooler 1	CL-01	1	\$22.900	\$27.423	Rp446.735.408
24	Cooler 2	CL-02	1	\$18.800	\$22.513	Rp366.752.212
25	Cooler 3	CL-03	1	\$16.300	\$19.520	Rp317.981.971
26	Cooler 4	CL-04	1	\$1.200	\$1.437	Rp23.409.715
27	Cooler 5	CL-05	1	\$23.900	\$28.621	Rp466.243.504
28	Pompa 1	P-01	1	\$12.400	\$14.849	Rp241.900.395
29	Pompa 2	P-02	1	\$900	\$1.077	Rp17.557.286
30	Pompa 3	P-03	1	\$12.400	\$14.849	Rp241.900.395
31	Pompa 4	P-04	1	\$13.900	\$16.646	Rp271.162.540
32	Pompa 5	P-05	1	\$900	\$1.077	Rp17.557.286
33	Pompa 6	P-06	1	\$13.900	\$16.646	Rp271.162.540
34	Pompa 7	P-07	1	\$13.900	\$16.646	Rp271.162.540
35	Pompa 8	P-08	1	\$11.000	\$13.173	Rp214.589.060
36	Pompa 9	P-09	1	\$12.400	\$14.849	Rp241.900.395
37	Pompa 10	P-10	1	\$12.400	\$14.849	Rp241.900.395
38	Pompa 11	P-11	1	\$900	\$1.077	Rp17.557.286
Total				\$2.223.610	\$2.662.885	Rp43.378.398.297

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	EY	EX	HARGA (Rp)	
				2014	2029		
1	Tangki Tawas	TU-01	1	\$ 5,300.00	\$ 6,347.02	Rp	103,392,911.07
2	Tangki N2H4	TU-02	1	\$ 2,300.00	\$ 2,754.37	Rp	44,868,621.78
3	Tangki CaOH	TU-03	1	\$ 13,000.00	\$ 15,568.16	Rp	253,605,253.56
4	Tangki air berteksnsn	TU-04	1	\$ 2,900.00	\$ 3,472.90	Rp	56,573,479.64
5	Tangki kebutuhan kaporit	TU-05	1	\$ 5,300.00	\$ 6,347.02	Rp	103,392,911.07
6	Tangki pencampuran klorin	TU-06	1	\$ 2,900.00	\$ 3,472.90	Rp	56,573,479.64
7	Tangki air bersih	TU-07	1	\$ 5,300.00	\$ 6,347.02	Rp	103,392,911.07
8	Tangki H2SO4	TU-08	1	\$ 5,300.00	\$ 6,347.02	Rp	103,392,911.07
9	Tangki NaOH	TU-09	1	\$ 2,900.00	\$ 3,472.90	Rp	56,573,479.64
10	Tangki kation	TU-10	1	\$ 2,300.00	\$ 2,754.37	Rp	44,868,621.78
11	Tangki anion exchanger	TU-11	1	\$ 18,000.00	\$ 21,555.91	Rp	351,145,735.70
12	Tangki Kondensat	TU-12	1	\$ 9,000.00	\$ 10,777.95	Rp	175,572,867.85
13	Tangki N2H4	TU-13	1	\$ 7,000.00	\$ 8,382.85	Rp	136,556,674.99
14	Tangki NaCl	TU-14	1	\$ 6,300.00	\$ 7,544.57	Rp	122,901,007.49
15	Mixer Brine	MU-01	1	\$ 61,000.00	\$ 73,050.58	Rp	1,189,993,882.09
16	Sand Filter		1	\$ 35,000.00	\$ 41,914.26	Rp	682,783,374.97
17	Cooling Tower		1	\$ 345,000.00	\$ 413,154.90	Rp	6,730,293,267.56
18	Flash Mixer		1	\$ 67,000.00	\$ 80,235.88	Rp	1,307,042,460.66
19	Klarifier		1	\$ 48,000.00	\$ 57,482.42	Rp	936,388,628.53
20	Kompresor		1	\$ 2,000.00	\$ 2,395.10	Rp	39,016,192.86

Tabel 6. 4 Harga Alat Utilitas (lanjutan)

21	Boiler		1	\$ 218,000.00	\$ 261,065.99	Rp 4,252,765,021.24
22	Pompa-01	PU-01	2	\$ 14,100.00	\$ 33,770.92	Rp 550,128,319.26
23	Pompa-02	PU-02	2	\$ 14,100.00	\$ 33,770.92	Rp 550,128,319.26
24	Pompa-03a	PU-03a	2	\$ 11,300.00	\$ 27,064.64	Rp 440,882,979.27
25	Pompa-03b	PU-03b	2	\$ 11,300.00	\$ 27,064.64	Rp 440,882,979.27
26	Pompa-04a	PU-04a	2	\$ 11,300.00	\$ 27,064.64	Rp 440,882,979.27
27	Pompa-04b	PU-04b	2	\$ 11,300.00	\$ 27,064.64	Rp 440,882,979.27
28	Pompa-05a	PU-05a	2	\$ 11,300.00	\$ 27,064.64	Rp 440,882,979.27
29	Pompa-05b	PU-05b	2	\$ 11,300.00	\$ 27,064.64	Rp 440,882,979.27
30	Pompa-06a	PU-06a	2	\$ 11,300.00	\$ 27,064.64	Rp 440,882,979.27
31	Pompa-06b	PU-06b	2	\$ 11,300.00	\$ 27,064.64	Rp 440,882,979.27
32	Pompa-07	PU-07	2	\$ 14,100.00	\$ 33,770.92	Rp 550,128,319.26
33	Pompa-08	PU-08	2	\$ 7,200.00	\$ 17,244.73	Rp 280,916,588.56
34	Pompa-09a	PU-09a	2	\$ 10,700.00	\$ 25,627.58	Rp 417,473,263.55
35	Pompa-09b	PU-09b	2	\$ 10,700.00	\$ 25,627.58	Rp 417,473,263.55
36	Pompa-10	PU-10	2	\$ 7,200.00	\$ 17,244.73	Rp 280,916,588.56
37	Pompa-11	PU-11	2	\$ 7,200.00	\$ 17,244.73	Rp 280,916,588.56
38	Pompa-12	PU-12	2	\$ 7,200.00	\$ 17,244.73	Rp 280,916,588.56
39	Pompa-13	PU-13	2	\$ 7,200.00	\$ 17,244.73	Rp 280,916,588.56
40	Pompa-14	PU-14	2	\$ 7,200.00	\$ 17,244.73	Rp 280,916,588.56

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas (lanjutan)

41	Pompa-15	PU-15	2	\$ 3,300.00	\$ 7,903.83	Rp 128,753,436.42
42	Pompa-16	PU-16	2	\$ 12,900.00	\$ 30,896.80	Rp 503,308,887.83
Total				\$1.500.281	\$2.052.3397	Rp33.432.605.003

### 6.3 Dasar Perhitungan

- |                                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| 1. Kapasitas Produksi           | = 26.000 Ton/Tahun      |
|                                 | = 26.000.000 Kg/Tahun   |
| 2. Satu Tahun Operasi           | = 330 Hari              |
| 3. Umur Pabrik                  | = 10 Tahun              |
| 4. Tahun Pendirian Pabrik       | = 2029                  |
| 5. Indeks Harga pada Tahun 2029 | = 689,9                 |
| 6. Upah Buruh Asing             | = \$10.00/man hour      |
| 7. Upah Buruh Indonesia         | = Rp 20,000.00/man hour |
| 8. Kurs Dolar                   | = \$1 =Rp 16,290.00     |

### 6.4 Perhitungan Biaya

#### 6.4.1 Total Capital Investment

*Total Capital Investment* adalah total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas penunjang dan operasi pabrik. *Total Capital Investment* terdiri dari :

##### 1. Fixed Capital Investment

*Fixed Capital Investment* merupakan biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik, yaitu :

- a. *Purchased Equipment Cost*
- b. *Equipment Installation*
- c. *Piping*
- d. *Instrumentation*

- e. *Insulation*
- f. *Electrical*
- g. *Building*
- h. *Land and Yard Improvement*
- i. *Utility*
- j. *Engineering Cost*
- k. *Construction Cost*
- l. *Contractor Cost*
- m. *Contingency*

Tabel 6. 4 Physical Plant Cost

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp76.811.003.301	\$4.715.224
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp19.202.750.825	\$1.178.806
3	Instalasi cost	Rp15.411.899.124	\$946.095
4	Pemipaan	Rp39.160.479.784	\$2,403,958
5	Instrumentasi	Rp19.740.144.935	\$1.211.795
6	Insulasi	Rp3.392.250.217	\$208.241
7	Listrik	Rp7.681.100.330	\$471.522
8	Bangunan	Rp34.928.000.000	\$2.144.137
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp18.726.565.000	\$1.149.574
Total		Rp235.054.193.518	\$14.429.355

Tabel 6. 5 Direct Plant Cost

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Engineering and Construction</i>	Rp47.010.838.703	\$2.885.871
2	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp282.065.032.222	\$17.315.226
Total		Rp329.075.870.925	\$20.201.097

Tabel 6. 6 Fix Capital Investment

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp282.065.032.222	\$17.315.226
2	<i>Contractor's fee</i>	Rp14.103.251.611	\$865.761
3	<i>Contingency</i>	Rp70.516.258.055	\$4.328.806
Total		Rp366.684.541.888	\$22.509.793

## 2. *Working Capital Investment*

*Working Capital Investment* merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu, terdiri dari :

- a. *Raw Material Inventory*
- b. *In Process Inventory*
- c. *Product Inventory*
- d. *Extended Credit*
- e. *Available Cash*

Tabel 6. 7 Work Capital Investment

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp9.697.540.750	\$595,306
2	<i>Inprocess Inventory</i>	Rp8.094.765.204	\$496.916
3	<i>Product Inventory</i>	Rp34.691.850.874	\$2.129.640
4	<i>Extended Credit</i>	Rp17.333.333.333	\$1.064.047
5	<i>Available Cash</i>	Rp34.691.850.874	\$2.129.640
Total		Rp104.509.341.037	\$6.415.551

## 6.4.2 *Total Production Cost*

### 1. *Manufacturing Cost*

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

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

*Direct Manufacturing Cost* merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu, terdiri dari :

- a) *Raw material*
- b) *Tenaga Kerja*
- c) *Supervisor*
- d) *Maintenance Cost*
- e) *Plant Supplies*
- f) *Royalties and Patent*
- g) *Utilities*

**Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost**

No	<i>Time of Expenses (DMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp228.584.889.130	\$14.032.221
2	<i>Labor</i>	Rp16.488.000.000	\$1.012.154
3	<i>Supervision</i>	Rp1.648.800.000	\$101.215
4	<i>Maintenance</i>	Rp22.001.072.513	\$1.350.587
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp3.300.160.877	\$202.588
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp5.200.000.000	\$351.135
7	<i>Utilities</i>	Rp26.232.982.908	\$1.610.373
Total		Rp303.455.905.429	\$18.660.276

b. *Indirect Manufacturing Cost*

*Indirect Manufacturing Cost* merupakan total biaya pengeluaran secara tidak langsung karena operasional atau berjalannya pabrik, terdiri dari :

- a) *Payroll Overhead*
- b) *Laboratory*
- c) *Plant Overhead*
- d) *Packaging*
- e) *Shipping*

Tabel 6. 9 Indirect Manufacturing Cost

No	<i>Time of Expenses (IMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp2.473.200.000	\$151.823
2	<i>Laboratory</i>	Rp1.648.800.000	\$101.215
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp8.244.000.000	\$506.077
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp28.600.000.000	\$1.755.678
Total		Rp40.966.000.000	\$2.514.794

c. *Fixed Manufacturing Cost*

*Fixed Manufacturing Cost* merupakan biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi, terdiri dari :

Tabel 6. 10 Fix Manufacturing Cost

No	<i>Time of Expenses (FMC)</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp29.334.763.351	\$1.800.783
2	<i>Property Taxes</i>	Rp3.666.845.418	\$225.097

Tabel 6. 10 Fix Manufacturing Cost (lanjutan)

3	<i>Insurance</i>	Rp3.666.845.418	\$225.097
Total		Rp36.668.454.188	\$2.250.979

Tabel 6. 11 Manufacturing Cost

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp303.455.905.429	\$18,660,276
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp40.966.000.000	\$2.514.794
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp36.668.454.188	\$2.250.979
Total		Rp381.090.359.618	\$23.426.050

### 6.4.3 General Expense

*General Expense* merupakan pengeluaran secara umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*, terdiri dari :

1. *Administration*
2. *Sales Expense*
3. *Research*
4. *Finance*

Tabel 6. 12 General Expense

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp11.448.310.788	\$702.781
2	<i>Sales Expense</i>	Rp19.080.517.980	\$1.171.302
3	<i>Research</i>	Rp13.356.362.586	\$819.911
4	<i>Finance</i>	Rp9.423.877.658	\$578.506
Total		Rp53.309.069.014	\$3.272.502

Tabel 6. 13 Total Production Cost

No	<i>Time of Expenses</i>	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp381.090.359.618	\$23.426.050
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp53.309.069.014	\$3.272.502
Total		Rp434.399.428.632	\$26.698.553

## 6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dilakukan bertujuan untuk mengetahui layak atau tidaknya pabrik yang akan didirikan. Evaluasi ekonomi terdiri dari :

### 6.5.1 Return Of Investment (ROI)

*Return of Investment* merupakan nilai keuntungan tahunan yang diperoleh untuk tujuan mengembalikan modal investasi. *Return Of Investment* (ROI) dapat dihitung dengan membandingkan total keuntungan tahunan dengan modal investasi. Perusahaan atau industri kimia yang memperoleh nilai ROI minimum sebelum pajak sebesar 11% dapat dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko rendah, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi akan memperoleh nilai ROI minimum sebelum pajak sebesar 44% (Aries&Newton,1955).

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

- a. Hasil Penjualan = Rp520.000.000.000
- b. Biaya Produksi = Rp434.399.428.632
- c. Keuntungan Sebelum Pajak = Hasil Penjualan – Biaya Produksi  
= Rp85.600.571.367

- d. Pajak = 25% x Keuntungan Sebelum Pajak  
= Rp21.400.142.841
- e. Keuntungan Setelah Pajak = Keuntungan Sebelum Pajak – Pajak  
= Rp64.200.428.525
- f. ROI Sebelum Pajak =  $\frac{\text{Keuntungan Sebelum Pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$   
= 23%
- g. ROI Setelah Pajak =  $\frac{\text{Keuntungan Setelah Pajak}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$   
= 18%

### 6.5.2 Pay Out Time (POT)

*Pay Out Time* merupakan jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan *Fixed Capital Investment* berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Pada industri kimia, batas maksimum POT sebelum pajak untuk *low risk* yaitu 5 tahun dan *high risk* yaitu 2 tahun.

- a. POT Sebelum Pajak

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit Before Taxes}} \times 100\%$$

$$POT \text{ sebelum pajak} = 3,2 \text{ Tahun}$$

- b. POT Setelah Pajak

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit After Taxes}} \times 100\%$$

$$POT \text{ setelah pajak} = 3,9 \text{ Tahun}$$

### 6.5.3 Break Even Point (BEP)

*Break Even Point* merupakan suatu titik impas dimana jumlah seluruh pendapatan sama dengan jumlah seluruh pengeluaran. Suatu pabrik akan mengalami kerugian apabila berada dibawah standar BEP dan akan mendapat keuntungan jika beroperasi diatas standar BEP. Pada umumnya, nilai BEP berkisar antara 40% - 60% dari kapasitas.

$$BEP = \frac{Fa + (0,3 \times Ra)}{(Sa - Va - (0,7 \times Ra))} \times 100\% = 45\%$$

Dimana,

$Fa$  = *Fixed Cost*

$Ra$  = *Regulated Cost*

$Va$  = *Variable Cost*

$Sa$  = *Sales Price*

Tabel 6. 14 **Fix Cost**

<i>Fa (Fixed Cost)</i>		
Depresiasi	Rp29.334.763.351	\$1.800.783
Property Taxes	Rp3.666.845.418	\$225.097
Asuransi	Rp3.666.845.418	\$225.097
Total	Rp36.668.454.188	\$2.250.979

Tabel 6. 15 **Regulated Cost**

<i>Ra (Regulated Cost)</i>		
Gaji Karyawan	Rp16.488.000.000	\$1.012.154
<i>Payroll Overhead</i>	Rp2.473.200.000	\$151.823
<i>Supervision</i>	Rp1.648.800.000	\$101.215
<i>Plant Overhead</i>	Rp8.244.000.000	\$506.077

Tabel 6. 15 Regulated Cost (lanjutan)

Laboratorium	Rp1.648.800.000	\$101.215
<i>General Expense</i>	Rp53.309.069.014	\$3.272.502
<i>Maintenance</i>	Rp22.001.072.513	\$1.350.587
<i>Plant Supplies</i>	Rp3.300.160.877	\$202.588
Total	Rp109.113.102.404	\$6.698.164

Tabel 6. 16 Variable Cost

Va (Variable Cost)		
<i>Raw Material</i>	Rp228,584,889,130	\$14,032,221
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp28,600,000,000	\$1,755,678
<i>Utilities</i>	Rp26,232,982,908	\$1,610,373
<i>Royalty and Patent</i>	Rp5,200,000,000	\$351,135
Total	Rp288,617,872,038	\$17,749,408

Berdasarkan data yang diperoleh dan nilai *sales price* ( $S_a$ ) sebesar Rp520.000.000.000, diperoleh nilai BEP sebesar 45%.

#### 6.5.4 **Shut Down Point (SDP)**

*Shut Down Point* merupakan suatu titik kapasitas produksi dimana pada kondisi ini menutup pabrik akan lebih menguntungkan daripada tetap mengoperasikannya. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diinginkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas dalam satu tahun, maka pabrik tersebut harus berhenti beroperasi atau tutup.

$$SDP = \frac{0,3 \times Ra}{(Sa - Va - (0,7 \times Ra))} \times 100\% = 21\%$$

Dimana :

Fa = *Fixed Cost*

Ra = *Regulated Cost*

Va = *Variable Cost*

Sa = *Sales Price*

### 6.5.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

*Discounted Cash Flow Rate of Return* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan *present value* untuk *cash flow* di masa depan. Metode ini mempertimbangkan nilai uang tiap tahun dan investasi yang tidak Kembali. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan DCFR yaitu :

$$(FC + WC)(1 + i)^n = CF \times [(1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1] + SV + WCI \quad (6)$$

Dimana :

R = S

FC = *Fixed Capital*

WC = *Working Capital*

SV = *Salvage Value*

CF = *Annual Cash Flow*

I = *Discounted Cash Flow Rate*

$n$  = Umur Pabrik

$$\begin{aligned} \text{Salvage Value} &= 10\% \times \text{FCI} \\ &= \text{Rp}29.334.763.351 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cash Flow} &= \text{Annual Profit} + \text{Depreciation} + \text{Finance} \\ &= \text{Rp}102.959.069.535 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan *trial and error*, maka diperoleh :

$$R = \text{Rp}3.457.738.422.243$$

$$S = \text{Rp}3.457.738.422.243$$

$$I = 0.2205$$

$$\text{Error} = 0$$

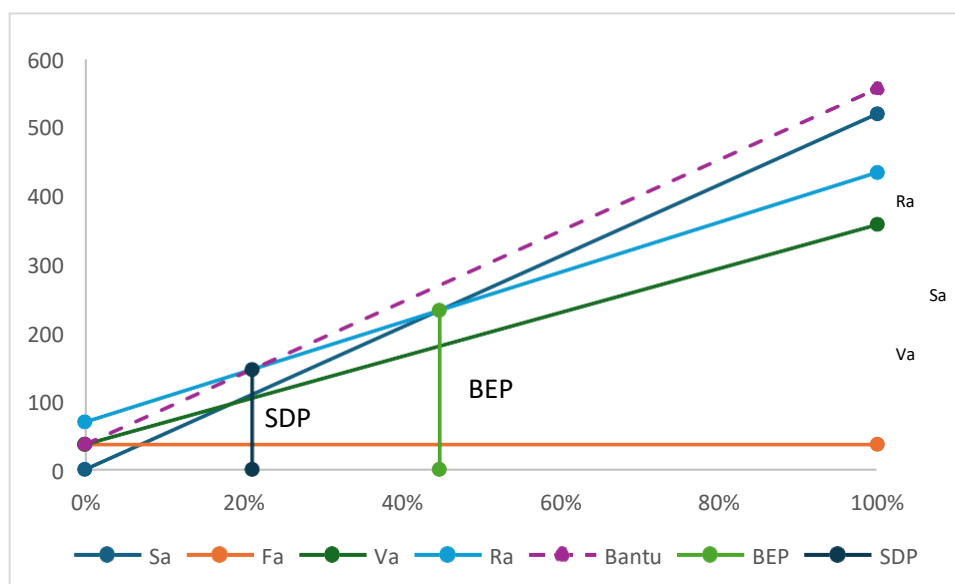
$$\text{DCFR} = 22\%$$

$$\text{Bunga bank Indonesia} = 6,25\%$$

$$\text{Suku bunga bank tahun 2029} = 9,38\%$$

Tabel 6. 5 Analisis Kelayakan Pabrik

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Referensi
ROI sebelum pajak	23%	<i>ROI before taxes</i>	Aries Newton, P.193
ROI setelah pajak	18%	minimum low 11 %, high 44%	
POT sebelum pajak	3,2	<i>POT before taxes</i>	Aries Newton, P.196
POT setelah pajak	3,9	maksimum, low 5 th, high 2th	
BEP	45%	kisaran 40-60%	
SDP	21%	> 20%	
DCFRR	22%	> 1,5 bunga bank = minimum	



Gambar 6. 1 Analisis biaya per kapasitas

## 6.6 Analisis Resiko Pabrik

Analisa risiko pabrik dilakukan untuk menentukan besar kecil risiko sebuah pabrik (*high risk* atau *low risk*) dengan mempertimbangkan beberapa kemungkinan yang terjadi kemudian mencari solusi atas setiap risiko tersebut. Berdasarkan

analisa risiko pabrik yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik biodiesel termasuk kategori risiko low risk dengan mempertimbangkan:

a. Kondisi operasi

Perancangan pabrik biodiesel dengan suhu berkisar antara 30°C hingga 100°C dengan tekanan 1 atm. Sehingga perancangan pabrik terhitung tidak beresiko melihat kondisi operasi yang konstan pada tekanan 1 atm.

b. Bahan baku dan produk

Bahan baku dan produk dari pra rancangan pabrik biodiesel memiliki sifat kimia yang tidak mudah terbakar dan memiliki toksitas rendah. Selain itu tidak ada sisa dari proses reaksi yang terbang ke lingkungan, sehingga terhitung cukup aman untuk lingkungan.

c. Identifikasi hazard

Seperti pada tabel berikut yang berisi identifikasi hazard untuk mengetahui faktor risiko dari berbagai bahan yang digunakan pada pra rancangan pabrik ini.

Tabel 6. 6 Identifikasi Hazard Pabrik

Komponen	Hazard						Keterangan	Pengolahan
	Eksplorisif	Toxic	Korosif	Iritasi	Oxidizin	Radioaktif		
Bahan Baku								
Lemak Sapi							Bahan ini dianggap	Simpan di tempat

							tidak berbahaya	tertutup dan kering dan jauh dari sumber api.
Metanol	x	x	x		x		Uap dapat membentuk campuran yang mudah meledak dengan udara	Simpan dalam lemari asam kimia, simpan dilokasi yang sejuk dan tertutup rapat, hindari sumber api.
Bahan Pembantu								
Natrium Hidroksida			x	x	x		Bereaksi hebat dengan beberapa senyawa seperti aseton. Beresiko meledak dengan	Tidak diperkenankan disimpan dalam wadah yang mengandung logam, pastikan wadah

							beberapa senyawa terutama logam	tertutup rapat dan kering.
Asam Sulfat			x	x			Melepas hidrogen jika bereaksi dengan logam	Tidak diperkenankan disimpan dalam wadah yang mengandung logam, dan tempat tertutup rapat.
Produk								
Biodiesel		x					Harus menghindari asam kuat, dan oksidator kuat serta kondisi yang dapat	Tempat penyimpanan harus di grounding dan bonding serta dilengkapi dengan flame arrester (penahan api).

							membentuk listrik statis.	
--	--	--	--	--	--	--	------------------------------	--

d. Bahan Baku

Berdasarkan data yang didapatkan dari tabel diatas mengenai identifikasi hazard, didapatkan beberapa informasi yaitu sebagai berikut:

1. Biodiesel sebagai bahan baku utama dianggap tidak berbahaya, dengan tindakan pencegahan yang tepat, seperti menjauhkan dari sumber api, dan menyimpan di tempat yang sejuk.
2. Metanol memiliki beberapa risiko, yaitu dapat membentuk campuran dengan udara sehingga mudah meledak. Oleh karena itu, perlu pengelolaan dan penyimpanan yang baik untuk mengurangi risiko ini.

e. Bahan Pembantu

Berdasarkan data yang ada pada tabel diatas mengenaik identifikasi hazard, didapatkan data untuk natrium hidroksida dan asam sulfat sebagai bahan pembantu yang memiliki risiko yang cukup tinggi, terutama karena reaktif jika berkaitan dengan senyawa lain. Tindakan penceegahan yang dapat dilakukan adalah penyimpanan yang baik dan efisien terutama di tempat yang tidak mengandung logam sehingga risiko dapat dikurangi.

f. Produk

Biodiesel sebagai produk utama dan air sebagai produk samping memiliki risiko rendah. Namun, perlu diperhatikan bahwa biodiesel harus terhindar

dari asam kuat, basa, oksidator kuat, dan kondisi yang dapat membentuk listrik statis.

## **BAB VII**

### **PENUTUP**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan perhitungan dan analisa terhadap perancangan pabrik biodiesel dari lemak sapi dengan kapasitas 26.000 ton/tahun, ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pendirian pabrik biodiesel dari lemak sapi dengan kapasitas 26.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan biodiesel dalam negeri dan juga untuk mengurangi ketergantungan impor serta membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
2. Pabrik biodiesel didirikan dengan luas tanah 14.405 m<sup>2</sup> yang berlokasi di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 160 orang.
3. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi pabrik biodiesel dari lemak sapi didapatkan bahwa :
  - a. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp74.839.564.357
  - b. Keuntungan setelah pajak sebesar Rp56.129.673.267
  - c. *Return Of Investment* (ROI)
    - ROI sebelum pajak sebesar 22%
    - ROI setelah pajak sebesar 16%
  - d. *Pay Out Time* (POT)
    - POT sebelum pajak sebesar 3,4 Tahun

- POT setelah pajak sebesar 4,1 Tahun
  - e. *Break Even Point* (BEP) sebesar 48%, dengan syarat BEP pada umumnya berada di rentang 40% - 60%
  - f. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24%
  - g. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 20%, angka tersebut masih memenuhi syarat minimum untuk pabrik kimia.
4. Hasil dari keseluruhan tinjauan yang dilakukan mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses dan hasil evaluasi ekonomi, disimpulkan bahwa Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi dengan Kapasitas 26.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

## 7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan. Adapun konsep – konsep tersebut diantaranya :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak leppas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang ramah lingkungan.
3. Produk biodiesel dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
4. Pemenuhan bahan baku didapat dari produk pabrik lain sehingga pemenuhan bahan baku tergantung pada produksi pabrik tersebut, jadi diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku pada kurun waktu tertentu agar kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi selama pabrik berjalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R. D. N., & Aruan, T. R. (2013). Produksi Biodiesel dari Lemak Sapi dengan Proses Transesterifikasi dengan Katalis Basa NaOH. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 1-6.
- Ahmed, R., & Huddersman, K. (2022). Review of biodiesel production by the esterification of wastewater containing fats oils and grease (FOGs). *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 110, 1-14.
- Aries, R.S., and Newton, R.D., (1955), Chemical Engineering Cost Estimation, McGraw Hill Handbook, Co., Inc., New York
- Badan Standardisasi Nasional, B. (2006). SNI 04-7182-2006. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Blesvid, B., Yelmida, Y., & Zultiniar, Z. (2018). *Perengkahan Katalitik Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) Menjadi Biofuel Dengan Katalis Abu TKS Variasi Temperatur dan Berat Katalis* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Brown, G.G. (1978). Unit Operations. John Wiley and Sons Inc. New York  
Brownell,
- Cabe, M., Warren, L., & Smith, J. C. (1985). Unit Operation of Chemical Engineering.
- Coulson, J.M and Richardson, J.F. (1983). Chemical Engineering, 1st edition, Volume 6. Pergason Press. Oxford

- da Cunha, M. E., Krause, L. C., Moraes, M. S. A., Faccini, C. S., Jacques, R. A., Almeida, S. R., ... & Caramão, E. B. (2009). Beef tallow biodiesel produced in a pilot scale. *Fuel Processing Technology*, 90(4), 570-575.
- Edwinoliver, N. G., Thirunavukarasu, K., Naidu, R. B., Gowthaman, M. K., Kambe, T. N., & Kamini, N. R. (2010). Scale up of a novel tri-substrate fermentation for enhanced production of *Aspergillus niger* lipase for tallow hydrolysis. *Bioresource Technology*, 101(17), 6791-6796.
- El-Galad, M. I., El-Khatib, K. M., & Zaher, F. A. (2015). Economic feasibility study of biodiesel production by direct esterification of fatty acids from the oil and soap industrial sector. *Egyptian journal of petroleum*, 24(4), 455-460.
- Hambali, E. (2006). *Jarak pagar: tanaman penghasil biodiesel*. Niaga Swadaya.
- Kern, D.Q.(1950). *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Knothe, (2002). *Standar SNI biodiesel*
- L.E and Young. E.H. (1979). *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Lestari, E. (2012). *Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dan Metanol Kapasitas 15.000 Ton/Tahun* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).

- Ma, F., Clements, L. D., & Hanna, M. A. (1998). The effects of catalyst, free fatty acids, and water on transesterification of beef tallow. *Transactions of the ASAE*, 41(5), 1261-1264.
- Perry, R.H., and Green, D.W., (1986), Perry's Chemical Engineer's Handbook, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Peters, M., Timmerhause, K., and West, R. (2003). Plant Design and Economics For Chemical Engineers. Mc Graw Hill Companies Inc.
- Rengga, W. D. P., & Ernawati, R. E. (2012). Biodiesel dari Campuran Lemak Sapi (Beef Tallow) dan Minyak Sawit. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 1(1).
- Royon, D., Daz, M., Ellenrieder, G., & Locatelli, S. (2007). Enzymatic production of biodiesel from cotton seed oil using t-butanol as a solvent. *Bioresource technology*, 98(3), 648-653.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., & Abbot, M.M., (1987), Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 5 th ed, Mc Graw Hill Book Company Inc., New York
- Susilo, B. (2006). Biodiesel; Pemanfaatan Biji Jarak Pagar Sebagai Alternatif Bahan Bakar. *Trubus Agrisarana*, Surabaya.
- Topare, N. S., Gujarathi, V. S., Bhattacharya, A. A., Bhoyar, V. M., Shastri, T. J., Manewal, S. P., ... & Asiri, A. M. (2023). A review on application of nano-catalysts for production of biodiesel using different feedstocks. *Materials Today: Proceedings*, 72, 324-335.

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

## **LAMPIRAN**

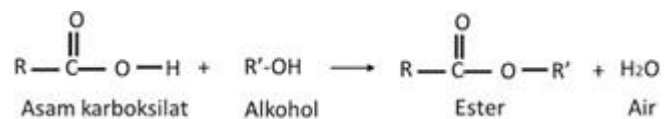
## LAMPIRAN A

### Reaktor

Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat bereaksinya lemak sapi dan Metanol (CH <sub>3</sub> OH) dengan bantuan katalis Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
Fasa	: Cair-cair
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bentuk	: Tangki Silinder
Bahan	: <i>Stainless Steel SA-240 type 316</i>
Kondisi Operasi	: <i>Ishothermal</i>
1. Suhu (T)	: 60°C
2. Tekanan (P)	: 1 atm
Konversi	: 98%

#### 1. Neraca Massa

Reaktor Reaksi di reaktor adalah sebagai berikut :



Komponen	Masuk	Keluar
	Kg/jam	Kg/jam
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	831,5404	16,6308
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	980,5808	19,6116
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1139,1414	22,7828

$C_{17}H_{34}O_2$	-	859,4750
$C_{19}H_{36}O_2$	-	1008,6769
$C_{19}H_{38}O_2$	-	1171,3903
$CH_3OH$	5598,1089	5261,4122
$H_2SO_4$	65,6566	65,6566
$H_2O$	331,5657	520,9576

## 2. Densitas Campuran

Komponen	Massa (Kg/jam)	Fraksi Massa	Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )	Densitas Campuran (kg/m <sup>3</sup> )
$C_{16}H_{32}O_2$	831,5404	0,0929	855,286	78,8751
$C_{18}H_{34}O_2$	980,5808	0,1096	860,898	93,6343
$C_{18}H_{36}O_2$	1139,1414	0,1273	852,148	107,6878
$CH_3OH$	5598,1089	0,6257	754,568	465,4995
$H_2O$	331,5657	0,0371	979,681	36,1168
$H_2SO_4$	65,6566	0,0073	1795,060	13,1021
TOTAL	8946,5937	1	6097,641	803,9866

## 3. Perhitungan Reaktor

- a. Menentukan laju alir volumetrik (Fv, L/Jam)

$$\begin{aligned}
 Fv &= \frac{\text{Massa Umpan}}{\rho \text{ Campuran}} \\
 &= \frac{8946,5937}{6097,6410} \\
 &= 11,2420 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 11.242,02 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan kecepatan Volumetrik sebesar 11.242,02 L/jam.

b. Menentukan Konsentrasi Reaksi

Menghitung Konsentrasi mol umpan reaktan pembatas pada reaksi esterifikasi yaiu asam lemak adalah senyawa A

$$CAo = \frac{\text{Mol A}}{\text{Total Fv}} = \frac{10,7365}{11,242} = 0,9550 \text{ kmol/liter}$$

c. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan reaksi, asumsi:

- Reaksi orde 1
- Reaksi irreversible
- Pengadukan sempurna, dimana konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi di dalam reaktor

$$k = A \times \exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right)$$

k = konstanta kecepatan reaksi

T = suhu reaksi (K)

Ea = Energi aktivasi (J/mol)

A = Faktor frekuensi (L/mol.s)

R = Konstanta Gas Ideal

$$k = 4,805 \times 10^{11} \times \exp\left(-\frac{82845}{8,314 \times 343}\right) = 6,9795/\text{jam}$$

## d. Menentukan Volume Reaktor

$$V = \frac{Fv \times Xa}{k \times (1 - Xa)}$$

- Jumlah 1 buah reaktor

Fv	11,2420 m <sup>3</sup> /jam
k	6,9795 / jam
Konversi (Xa)	98%
Volume	98,36946 m <sup>3</sup>
	25986,4571 gallon

- Jumlah 2 reaktor

Fv	11,2420 m <sup>3</sup> /jam
k	6,9795 / jam
Konversi (Xa)	98%
Volume	13,079 m <sup>3</sup>
	3455,056147 gallon

- Jumlah 3 reaktor

Fv	11,2420 m <sup>3</sup> /jam
k	6,9795 / jam
Konversi (Xa)	98%
Volume	6,568 m <sup>3</sup>
	1735,101767 gallon

- Jumlah 4 reaktor

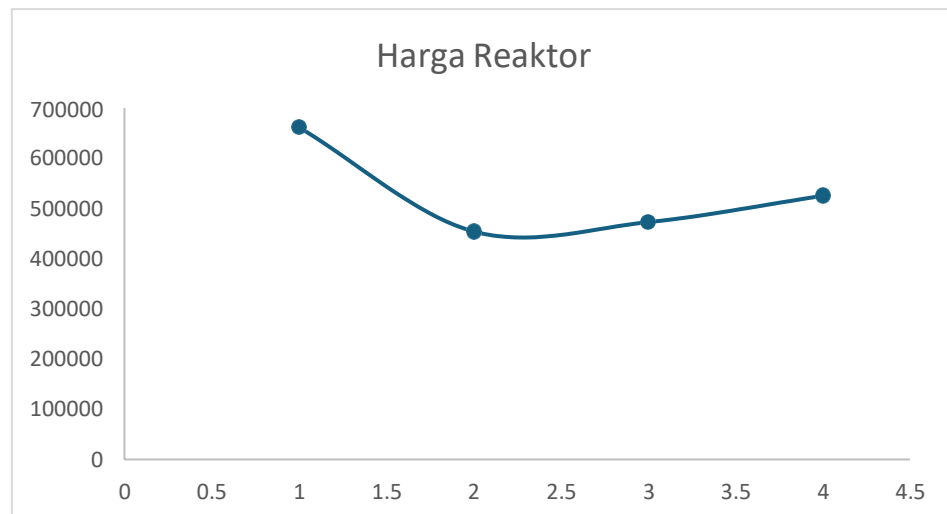
Fv	11,2420 m <sup>3</sup> /jam
k	6,9795 / jam
Konversi (Xa)	98%
Volume	4,652 m <sup>3</sup>
	4,652 gallon

- e. Menentukan Harga Reaktor

Bahan konstruksi yang dipilih Stainless Steel SA

n	V (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	25986,4571	661.500	661.500
2	3455,056147	227.100	454.200
3	1735,101767	157.600	472.800
4	4,652	131.300	525.200

- f. Penentuan Jumlah Reaktor yang Optimum



Grafik hubungan jumlah reaktor dengan biaya total

Berdasarkan grafik diatas, ditarik kesimpulan yaitu menggunakan dua reaktor untuk mendapat harga perancangan reaktor yang minimum.

g. Dimensi Reaktor

Perbandingan tinggi reaktor yang digunakan adalah  $H= 1,5D$  (Brownell & Young) dengan menggunakan faktor keamanan atau *over design* sebesar 20%, sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume over design (20\%)} &= \text{volume reaktor} \times 1,2 \\
 &= 13,08 \times 1,2 \\
 &= 15,6945 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Diameter reaktor adalah

$$D^3 = \frac{1,5}{4} \times 3,14 = 1,1775$$

$$D^3 = \frac{15,6945}{1,1775} = 13,3287 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt[3]{13,3287 \text{ m}^3}$$

$$D = 4,4429 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh nilai H reaktor adalah

$$H = 1,5D$$

$$H = 1,5 \times 4,4429 \text{ m}$$

$$H = 6,6643 \text{ m}$$

h. Menentukan tebal dinding reaktor

Dalam menghitung ketebalan dinding shell atau reaktor menggunakan persamaan 14.34, buku Brownell & Young, 1959:275:

$$ts = \frac{P \times ri}{f \times E - 0,6P}$$

Keterangan:

ts = Tebal shell (in)

ri = jari-jari shell =  $D/2 = 46,6730 \text{ in}$

f = allowable stress = 18750 psi

C = corrosion allowance = 0,125 in/tahun

P = tekanan design

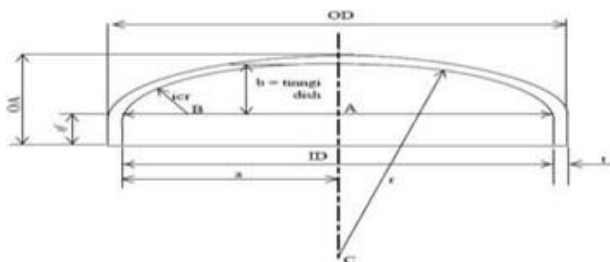
E = Efisiensi sambungan (80%)

Maka nilai tebal shell adalah :

$$ts = \frac{15,0530 \times 46,6730}{18750 \times 80\% - (0,6 \times 15,0530)} + 0,125 = 0,1718 \text{ in}$$

Maka diambil ts standar :  $3/16 = 0,1875 \text{ in}$  ( Brownell & Young)

## i. Perancangan head dan bottom tangki



- o Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

$$th = \frac{P \times r \times c \times w}{(2 \times f \times E - 0,2P)} + C$$

Keterangan:

th = tebal head (m)

w = faktor intensifikasi stress

f = allowable stress (18750 in)

E = efisiensi sambungan (80%)

C = corrosion allowance (0,125 in/10 tahun)

$$w = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{r \times c}{i \times r}} \right)$$

$$= \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{96}{5,9}} \right)$$

$$= 1,760 \text{ in}$$

$$th = \frac{15,0530 \times 90 \times 1,760}{(2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 15,9530)} + 0,125$$

$$= 0,2098 \text{ in}$$

- o Menentukan tinggi reaktor :

$$th \text{ standar} = \frac{1}{4} \text{ in} = 0,25 \text{ (tabel 5.6 Brownell \& Young)}$$

$$\text{Tebal bottom} = \text{tebal head} = \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Maka sf} = 1,5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{AB} &= \left(\frac{ID}{2}\right) - icr \\ &= \left(\frac{92,25}{2}\right) - 5,9 \end{aligned}$$

$$= 40,80 \text{ in}$$

$$\text{BC} = rc - icr$$

$$= 96 - 5,9$$

$$= 90,13 \text{ in}$$

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

$$= \sqrt{90,13^2 - 40,80^2}$$

$$= 80,3619 \text{ in}$$

$$b = rc - AC$$

$$= 96 \text{ in} - 80,3619 \text{ in}$$

$$= 15,6380 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi dished} = sf + b + th$$

$$\text{head} = 1,5 + 15,6380 + 0,2098$$

$$= 19,0130 \text{ in}$$

$$= 0,4829 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Reaktor} = (2 \times \text{tinggi head}) + \text{tebal shell}$$

$$= (2 \times 0,4829) + 6,664$$

$$= 7,6302 \text{ m}$$

- o Menentukan volume pada sf

$$\begin{aligned} V_{sf} &= \frac{\pi}{4} D^2 \times sf \\ &= \frac{\pi}{4} 4,4429^2 \times 1,5 \\ &= 23,2431 \text{ in}^3 \\ &= 0,2057 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{dish} &= 0,000049 \times D^3 \\ &= 0,000049 \times 13,3287^3 \\ &= 0,0006531 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{head} &= V_{dish} + V_{sf} \\ &= 0,0006531 + 0,2057 \\ &= 0,2064 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- j. Desain Sistem Pengaduk

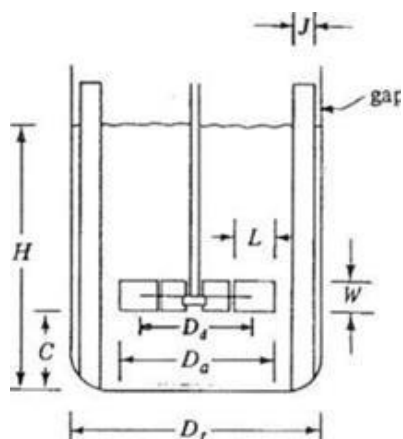
$$V = 15,694 \text{ m}^3$$

$$V = 4145,9811 \text{ gallon}$$

$$\mu = 5,6787 \text{ Cp}$$

$$\mu = 0,003815 \text{ lb/ft.s}$$

Reaktor menggunakan pengaduk *berjenis marine proppeller 3 blade*, dikarenakan nilai viskositas <4000 cP. Dalam merancang pengadukan tersebut digunakan referensi buku yaitu (Brownel, hal.507).



Keterangan:

$D_i$  = Diameter pengaduk

$Z_i$  = Jarak pengaduk dari dasar tangki

$W$  = Lebar impeller

$J$  = Lebar baffle

$L$  = Panjang blade

$D_d$  = Diameter batang penyangga

Offset 1 = Jarak baffle dari dasar tangki

Offset 2 = Jarak baffle dari permukaan cairan

o Menentukan Baffle

$$\text{Diameter Pengaduk} = \frac{D_t}{3}$$

$$(D_i) = \frac{93,3460 \text{ in}}{3}$$

$$= 31,1153 \text{ in}$$

$$= 0,7903 \text{ m}$$

$$= 2,5929 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Pengaduk dari} &= Di \times 1 \\
 \text{Dasar Tangki (Zi)} &= 31,1153 \text{ in} \times 1 \\
 &= 31,1153 \text{ in} \\
 &= 0,7903 \text{ m} \\
 &= 2,5929 \text{ ft} \\
 \\
 \text{Lebar Impeller (W)} &= Di \times 0,2 \\
 &= 31,1153 \text{ in} \times 0,2 \\
 &= 6,2230 \text{ in} \\
 &= 0,1580 \text{ m} \\
 &= 0,5185 \text{ ft} \\
 \\
 \text{Lebar Baffle (J)} &= Di \times 0,25 \\
 &= 31,1153 \text{ in} \times 0,25 \\
 &= 7,7788 \text{ in} \\
 &= 0,1975 \text{ m} \\
 &= 0,6482 \text{ ft} \\
 \\
 \text{Diameter batang} &= Di \times \frac{2}{3} \\
 \text{penyangga (Dd)} &= 31,1153 \text{ in} \times \frac{2}{3} \\
 &= 20,7435 \text{ in} \\
 &= 0,5268 \text{ m} \\
 &= 1,7286 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baffle dari} &= Di \times \frac{1}{2} \\
 \text{dasar tangki (Offset} &= 31,1153 \text{ in} \times \frac{1}{2} \\
 \text{1)} &= 15,5576 \text{ in} \\
 &= 0,3951 \text{ m} \\
 &= 1,2964 \text{ ft} \\
 \text{Jarak baffle dari} &= Di \times \frac{1}{6} \\
 \text{permukaan cairan} &= 31,1153 \text{ in} \times \frac{1}{6} \\
 \text{(Offset 2)} &= 5,1858 \text{ in} \\
 &= 0,1317 \text{ m} \\
 &= 0,4321 \text{ ft} \\
 \text{Panjang Baffle} &= Hls - (\text{Offset 1} + \text{Offset 2}) \\
 &= 3,94 - (0,3951 \text{ in} + 0,1317 \text{ in}) \\
 &= 2,886 \text{ m}
 \end{aligned}$$

k. Menentukan tinggi cairan dari buku Brownel :

$$ZL = Di \times 2,9$$

$$ZL = 31,1153 \text{ in} \times 2,9$$

$$= 90,2344 \text{ in}$$

$$= 2,2919 \text{ m}$$

$$= 7,5184 \text{ ft}$$

k. Menentukan Jumlah Pengaduk

- *Specific Gravity (sg)*

$$\begin{aligned} sg &= \frac{\text{Densitas Cairan}}{\text{Densitas Air}} \\ &= \frac{997}{100} \\ &= 0,997 \end{aligned}$$

- *Water Equivalent Liquid High (WELH)*

$$\begin{aligned} WELH &= \text{Tinggi Cairan} \times sg \\ &= 2,2919 \text{ m} \times 0,997 \\ &= 2,2850 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jumlah Pengaduk

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Pengaduk} &= \frac{WELH}{D} \\ &= \frac{2,2850}{4,4429} \\ &= 0,5143 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, diambil jumlah pengaduk sebanyak 1 buah.

#### 1. Menentukan Power dan Putaran Pengaduk

- Putaran Pengaduk :

$$\begin{aligned} N &= \frac{600}{p \times D} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times D}} \\ N &= \frac{600}{p \times 2,5929} \sqrt{\frac{7,4969}{2 \times 2,5929}} \end{aligned}$$

$$N = 89 \text{ rpm}$$

$$N = 1,477 \text{ rps}$$

- Menentukan Bilangan Reynold

$$Re = \frac{r \times N \times Di^2}{m}$$

$$Re = \frac{50,1913 \times 1,4768 \times 2,5929^2}{0,0038}$$

$$Re = 130592,35$$

- Menentukan Power Pengaduk

$$Pa = Np \times r \times N^3 \times Di^5$$

$$Pa = 4 \times 803,9866 \times 1,4768^3 \times 0,7903^5$$

$$Pa = 3193,755 \text{ watt}$$

$$Pa = 3,193 \text{ kw}$$

$$Pa = 4,282 \text{ hP}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 80\%$$

$$\text{Power Standar} = 5,223 \text{ Hp}$$

#### 4. Jaket Pendingin

Berdasarkan data neraca panas yang diperoleh pada reaktor, disimpulkan bahwa reaksi yang terjadi merupakan reaksi Eksotermis, dimana  $Q_{in} > Q_{out}$ , sehingga diperlukan pendingin pada reaktor yang digunakan.

- a. Menghitung Kebutuhan Air pendingin

$$C_p = 1457,39 \text{ kJ/mol}$$

$$Q = 253.933 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Kebutuhan Air Pendingin} = \frac{Q}{C_p}$$

$$= \frac{1457,39 \text{ kJ/mol}}{253,933 \text{ kJ/jam}}$$

$$= 174,2382 \text{ kmol/jam}$$

## b. Luas Perpindahan Panas

Fluida Panas (F)	Suhu	Fluida Dingin (F)
140	(T1) Suhu tinggi (t2)	104
140	(T2) Suhu rendah (t2)	86

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T2 - t1) - (T1 - t2)}{\ln \frac{(T2 - t1)}{(T1 - t2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 44,393 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Berdasarkan referensi Kern, hal 840 tabel 8 untuk UD fluida panas *heavy organic* dan fluida dingin water adalah 5-75 BTU/hari.ft<sup>2</sup>.F

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}} = 1,129 \text{ ft}^2$$

## c. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$\text{Luas Selubung Reaktor} = \pi \cdot D \cdot H + \frac{1}{4} \cdot D^2$$

Diketahui:

$$D = 4,4429 \text{ m}$$

$$H = 6,6643 \text{ m}$$

$$\text{Luas Selubung Reaktor} = 3,14 \times 4,4429 \text{ m} \times 6,6643 \text{ m} + \frac{1}{4} \times 4,4429^2$$

$$\text{Luas Selubung Reaktor} = 98 \text{ ft}^2$$

## d. Menghitung Diameter Jacket

Diambil jarak antara dinding bagian luar tangki dan dinding bagian dalam jacket (TJ) adalah 2 in.

$$\text{OD shell} = 93,69 \text{ in}$$

$$\text{ID jacket} = \text{OD shell} + 2 \times \text{TJ}$$

$$= 93,69 \text{ in} + 2 \times 2$$

$$= 97,69 \text{ in}$$

## e. Menghitung Tebal Jacket

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan Desain} = 17,64 \text{ psi}$$

$$ts = \frac{P \times ri}{f \times E - 0,6P} + C$$

Keterangan:

$$ts = \text{Tebal shell (in)}$$

$$ri = \text{jari-jari shell} = D/2 = 48,844 \text{ in}$$

$$f = \text{allowable stress} = 18750 \text{ psi}$$

$$C = \text{corrosion allowance} = 0,125 \text{ in/tahun}$$

$$P = \text{tekanan design}$$

$$E = \text{Efisiensi sambungan (80\%)}$$

Maka nilai tebal shell adalah :

$$ts = \frac{17,64 \times 48,844}{(18750 \times 80\%) - (0,6 \times 17,64)} + 0,125 = 0,1824 \text{ in}$$

$$\text{OD jacket} = \text{ID jacket} + 2 \times ts$$

$$= 97,69 + 2 \times 0,1824$$

$$= 98,06 \text{ in}$$

Diambil berdasarkan tabel 5.6 Brownel

$$\text{OD jaket standar} = 102 \text{ in}$$

$$\text{ID jaket standar} = 102 \text{ in}$$

f. Menghitung Tebal Head

$$rc = 98 \text{ in}$$

$$icr = 6 \text{ in}$$

$$w = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right)$$

$$= \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{98}{6}} \right)$$

$$= 1,77 \text{ in}$$

$$th = \frac{17,64 \times 98 \times 1,77}{(2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 17,64)} + 0,125$$

$$= 0,2271 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.8 Brownell&Young di gunakan nilai sf 1,5 – 2,5 maka

diambil nilai sf yaitu 2.5. Maka diperoleh tinggi head

$$\text{Tinggi head} = th + b + sf$$

$$= 0,2271 + 17 + 2,5$$

$$= 19 \text{ in}$$

$$= 1,61 \text{ ft}$$

$$= 0,496 \text{ m}$$

g. Menghitung tinggi total jaket

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi cairan} &= 90 \text{ in} \\
 \text{Tinggi total jaket} &= 90 \times 0,0833 \\
 &= 8 \text{ ft} \\
 &= 110 \text{ in} \\
 &= 2,78 \text{ m} \\
 \text{A total jaket} &= A \text{ shell} + A \text{ head} \\
 &= 20,172 \text{ in} + 35,100 \text{ in} \\
 &= 55,272 \text{ in}
 \end{aligned}$$

h. Menghitung koefisien perpindahan panas ( $h_i$ )

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ campuran} &= 53 \text{ lb/ft} \\
 C_p \text{ (kapasitas panas)} &= 0,6579 \text{ BTU/lb.F} \\
 K \text{ (konduktivitas larutan)} &= 0,1184 \text{ BTU/jam.ft.F} \\
 \mu \text{ larutan} &= 0,0430 \text{ lb/ft.jam} \\
 \mu \text{ campuran} &= 0,3223 \text{ lb/ft.jam} \\
 h_i &= 75,199 \text{ BTU/jam.ft}^2.\text{F}
 \end{aligned}$$

i. Menghitung  $H_{io}$

ID = D1 = diameter dalam reaktor

OD = D2 = diameter dalam jaket pendingin

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD}$$

$$h_{io} = 75,199 \times \frac{96}{102}$$

$$h_{io} = 70,78 \frac{\text{BTU}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$$

j. Clean overall coefficient ( $U_c$ ) dan Designed overall coefficient ( $U_d$ )

$$Uc = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$Uc = 50 \frac{BTU}{jam} \cdot ft^2 \cdot F$$

Dari tabel 12 Kern, diambil nilai *Fouling factor* (Rd): 0,002

Maka  $hd = 1/Rd$

$$= 500$$

$$Ud = \frac{Uc \times hd}{Uc + hd}$$

$$Ud = 47,327 \frac{BTU}{jam} \cdot ft^2 \cdot F$$

$$hc = 0,9 \times Dt^{\frac{1}{3}}$$

$$hc = 0,313 \frac{BTU}{ft^2} \cdot hr \cdot F$$

$$Q \text{ konveksi} = hc \times p \times OD \times L \times Dt$$

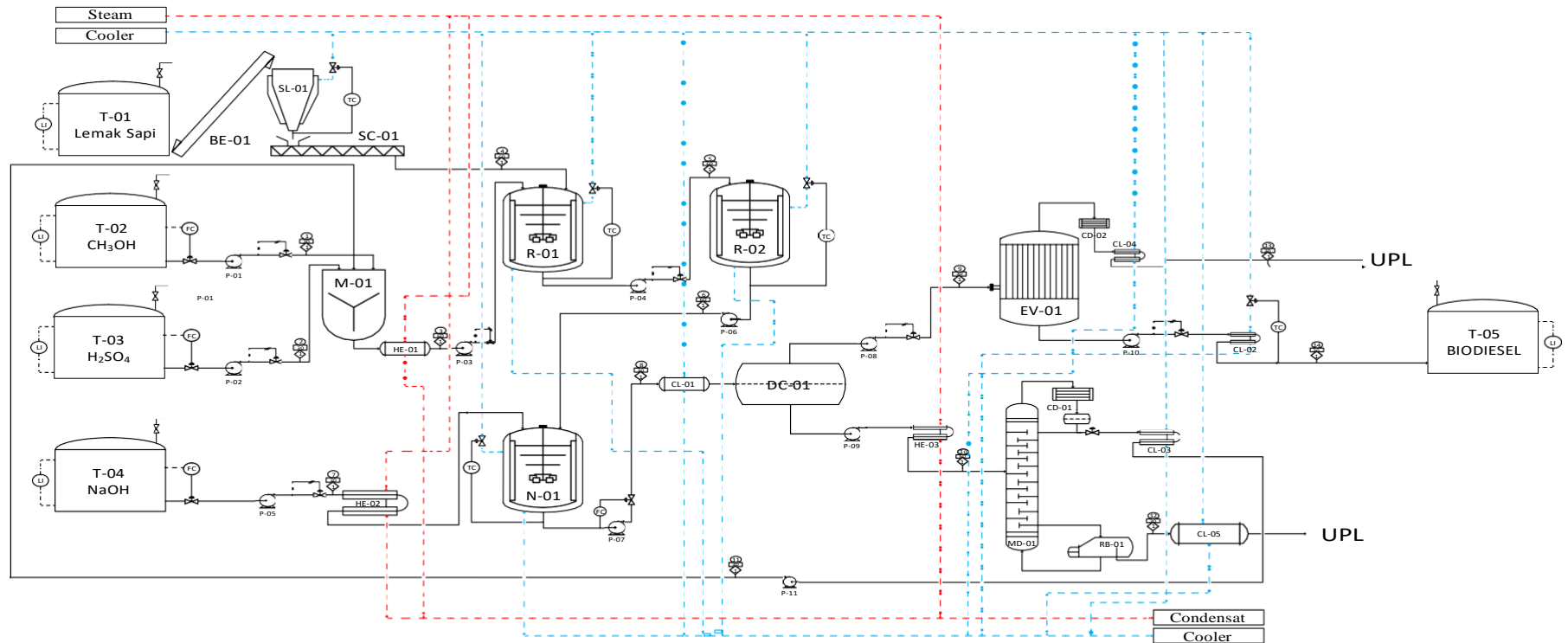
$$Q \text{ konveksi} = 395,916 \frac{BTU}{jam}$$

Sehingga panas yang hilang sebelum isolasi 395,916 BTU/jam

# LAMPIRAN B

## Process Engineering Flow Diagram (PEFD)

### PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 26.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13
C16H32O2	-	-	-	869.0501	130.3572	17.381	-	12.381	17.381	-	-	-	-
C18H34O2	-	-	-	1024.8136	153.722	20.4963	-	20.4963	20.4963	-	-	-	-
C18H36O2	-	-	-	1190.5266	178.579	23.8105	-	23.8105	23.8105	-	-	-	-
C17H34O2	-	-	-	779.0899	898.2448	-	-	898.2448	898.2448	-	-	-	-
C19H36O2	-	-	-	914.3372	1054.177	-	-	1054.177	1054.177	-	-	-	-
C19H38O2	-	-	-	1061.8324	1224.2303	-	-	1224.2303	1224.2303	-	-	-	-
CH3OH	5850.6325	-	5850.632	-	-	-	-	5498.7478	363.42	5135.328	5032.64	102.707	319.583
H2O	-	-	364.5227	-	518.7006	544.4573	60.6828	630.3468	28.853	601.493	12.03	589.464	28.202
H2SO4	-	68.6182	68.6182	-	-	68.6182	-	-	-	-	-	-	-
NaOH	-	-	-	-	-	-	56.0149	-	-	-	-	-	-
Na2SO4	-	-	-	-	-	-	-	99.4364	-	99.436	-	99.436	-
Total	5850.6325	68.6182	5919.2502	3448.9125	9350.1632	9350.1632	116.6977	9466.8609	3630.6129	5836.247	5044.67	791.597	347.785

SIMBOL	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
SI	SILO	○	Temperature (C)
BE	BUCKET ELEVATOR	○	No Arus
SC	SCREW CONVEYOR	○	No Arus
M	MIXER	◇	Tekanan (atm)
R	REAKTOR	◇	Tekanan (atm)
N	NETRALIZER	◇	Tekanan (atm)
DC	DECANTER	◇	Tekanan (atm)
MD	MENARA DISTILASI	◇	Tekanan (atm)
EV	EVAPORATOR	◇	Tekanan (atm)
T	TANGKI	◇	Tekanan (atm)
HE	HEAT EXCHANGER	◇	Tekanan (atm)
CL	COOLER	◇	Tekanan (atm)
P	POMPA	◇	Tekanan (atm)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI  
KAPASITAS 26.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH :

1. KHARIS MUSYafa (20521078)
2. EDWINA PUSPA ELFA ROSA (20521177)

DOSEN PEMBIMBING :  
Dr. ANIP HIDAYAT, S.T., M.T.

## LAMPIRAN C

### Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik

#### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

1. Nama Mahasiswa : Kharis Musyafa  
NIM : 20521078
2. Nama Mahasiswa : Edwina Puspa Elfia Rosa  
NIM : 20521177

Judul Prarancangan	:	Prarancangan Pabrik Biodiesel Dari Lemak Sapi Dengan Kapasitas 26.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan	:	14 September 2023
Batas Akhir Bimbingan	:	13 September 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	27/09/2023	Perkenalan dan diskusi awal tentang perancangan pabrik	<i>[Signature]</i>
2	04/10/2023	Perkenalan tentang produk biodiesel dan bahan baku	<i>[Signature]</i>
3	11/10/2023	Penentuan sifat fisis dan metode yang digunakan	<i>[Signature]</i>
4	20/11/2023	Penentuan awal perhitungan neraca massa	<i>[Signature]</i>
5	27/11/2023	Konsultasi diagram alir 1	<i>[Signature]</i>
6	14/12/2023	Pembahasan neraca massa	<i>[Signature]</i>
7	15/12/2023	Penentuan alat besar	<i>[Signature]</i>
8	21/12/2023	Konsultasi diagram alir 2	<i>[Signature]</i>
9	12/01/2024	Konsultasi nilai kinetika	<i>[Signature]</i>
10	05/02/2024	Konsultasi reaktor	<i>[Signature]</i>

11	08/03/2024	Pembahasan neraca panas	<i>He.</i>
12	14/03/2024	Konsultasi perhitungan reaktor, netralizer	<i>He. He.</i>
13	19/03/2024	Pembahasan mengenai decanter	<i>He. He.</i>
14	26/03/2024	Fiksasi alat besar washing tower dan decanter	<i>He.</i>
15	23/04/2024	Pembahasan hasil perhitungan alat	<i>He.</i>
16	02/05/2024	Fiksasi alat besar evaporator	<i>He. He.</i>
17	07/05/2024	Pembahasan penggunaan alat Menara Distilasi	<i>He. He.</i>
18	16/05/2024	Pembahasan alat penukar panas ( <i>Cooler</i> )	<i>He.</i>
19	28/05/2024	Pembahasan alat penyimpanan bahan baku	<i>He.</i>
20	03/06/2024	Alat utilitas	<i>He. He.</i>
21	11/06/2024	Alat utilitas (pompa dan tangki utilitas)	<i>He.</i>
22	19/06/2024	Evaluasi Ekonomi	<i>He. He.</i>
23	25/06/2024	Evaluasi Ekonomi dan PEFD	<i>He. He.</i>
24	09/07/2024	Naskah dan PEFD	<i>He.</i>

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 09 Juli 2024

Pembimbing,

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