

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK
NYAMPLUNG DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Nafasa Cahya Kharimah

Nama : Shafanisa Destiara Putri

NIM : 20521003

NIM : 20521125

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

2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nafasa Cahya Kharimah

Nama : Shafanisa Destiara Putri

NIM : 20521003

NIM : 20521125

Yogyakarta, 20 Juli 2024

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

Td. Tangan



Nafasa Cahya Kharimah

Td. Tangan



Shafanisa Destiara Putri

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Nama : Nafasa Cahya Kharimah

NIM : 20521003

Oleh:

Nama : Shafanisa Destiara Putri

NIM : 20521125



Pembimbing

Arif Hidayat

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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK
Oleh:

Nama : Nafasa Cahya Kharimah
No. Mahasiswa : 20521003
Nama : Shafanisa Destiara Putri
No. Mahasiswa : 20521125

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

Yogyakarta, 21 Agustus 2024

Tim Penguji,

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

Dr. Diana, S.T., M.Sc.
Anggota I

Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.
Anggota II


23/08/24

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia




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

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan pertolongan, rahmat, dan nikmat sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik Kimia dengan baik dan lancar.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik Kimia dengan judul **“PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN”** ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat dibangku kuliah dan merupakan sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada kesempatan ini tidak lupa kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada berbagai pihak yang telah membantu terwujudnya Laporan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih penulis dipersembahkan kepada:

1. Allah SWT atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dorongan dan motivasi baik berupa materi maupun mental, serta selalu mendoakan yang tiada hentinya kepada kami untuk dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas 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 dan mendukung dengan sabar, memberikan semangat dan masukan kepada kami dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2020 yang banyak membantu dalam lancarnya Tugas Akhir kami ini, yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu. Semangat teman-teman, perjuangan kita masih panjang.
Kami menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini masih banyak kekurangan dan kelemahan serta jauh dari kesempurnaan. 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, 1 Juli 2024

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya yang telah memberikan nikmat sehat, kekuatan, dan ilmu pengetahuan yang berlimpah kepada saya. Atas karunia dan kemudahan dari-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini sebagai akhir dalam mendapatkan gelar sarjana teknik kimia dan menjadi langkah awal menuju dunia yang baru.

Perjuangan yang saya hadapi hingga saat ini, saya persembahkan kepada orang yang saya sayangi yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini. Saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tuaku Ibu Siti Aminah dan Bapak Siswanto sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih. Ini adalah persembahanku untuk kalian yang telah memberikan cinta dan kasih sayang, dukungan, ridho, dan doa yang selalu dipanjatkan kepadaku sehingga anak bungsumu ini dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Kakakku, mas Agung sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan Laporan Tugas Akhir ini karena telah memberikan banyak nasihat dan semangat kepada adikmu untuk dapat menyelesaikan S1 dengan baik.
3. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih banyak atas segala dukungan, motivasi, dan bimbingan yang telah bapak diberikan selama ini. Semoga Allah senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, dan berkah yang berlimpah kepada bapak dan keluarga.
4. Shafanisa Destiara Putri, *partner* tugas akhir. Terima kasih atas kesabaran, kebaikan, dan semangat yang menginspirasi. Terima kasih telah membuktikan

bahwa kita bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Semoga di masa depan nanti kita dipertemukan dengan versi terbaik diri kita dengan kesuksesan yang gemilang.

5. Temanku Erlita Novita Sari dan Zhafran Qashid Rahmatullah teman seperjuangan dari maba hingga sekarang. Terima kasih telah menjadi teman cerita di saat senang maupun sedih, selalu memberi dukungan dan semangat saat diriku sendiri tidak percaya bisa melewati lika-liku perkuliahan, dan canda tawa bersama. Semoga pertemanan kita abadi dan kalian selalu dipertemukan dengan orang baik.
6. Salsa, Naila, dan Ade teman dari tahun 2017 yang dipertemukan di sekolah menengah atas. Terima kasih atas dukungan dan bantuan yang selalu diberikan. Semoga pertemanan kita abadi, selalu dipertemukan dengan orang baik, menjadi perempuan cantik yang sukses, sehat selalu, dan kebahagiaan menyertai kalian.
7. Teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia UII 2020 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala kenangan dan candaan yang telah diberikan selama ini.
8. Kepada diri sendiri, yang telah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai titik ini, walaupun sering merasa putus asa dengan apa yang diusahakan tetapi terima kasih untuk tetap mencoba bangkit lagi. Pencapaian menyelesaikan Tugas Akhir ini patut dirayakan untuk diri sendiri dengan orang tersayang. Nafasa, berbahagialah dan semoga selalu dipertemukan dengan hal baik.

Nafasa Cahya Kharimah

Teknik Kimia UII 2020

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabbil'alam, segala puji bagi Allah SWT berkat rahmat serta hidayah-Nya yang telah memberikan nikmat yang sangat luar biasa, memberikan saya kekuatan, kesehatan, membekali saya ilmu pengetahuan. Atas karunia serta kemudahan yang diberikan akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar dan tepat waktu.

Segala perjuangan saya hingga titik ini. Saya persembahkan untuk orang-orang hebat dan saya sayangi yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya tercinta Ibu Rina Citra Susanti dan Bapak Mokhammad yang telah memberikan kepercayaan kepada saya untuk melanjutkan pendidikan ketahap ini, yang mengorbankan segalanya untuk saya, selalu memberikan semangat, selalu memberikan kasih sayang, mengajari untuk bersabar disetiap proses yang dilalui, serta tiada hentinya selalu mendoakan yang terbaik untuk saya disetiap langkah agar saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Untuk adikku satu-satunya Nashwa Aldebaran yang selalu memberikan dukungan kepada saya dan membantu saya dalam hal apapun.
3. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terimakasih banyak atas segala dukungan dan motivasi yang telah Bapak

berikan selama ini. Tanpa Bapak saya mungkin tidak akan bisa melewati perjuangan mengerjakan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah kepada Bapak dan keluarga, serta memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang berlimpah.

4. Nafasa Cahya Kharimah, *partner* tugas akhir sekaligus teman saya. Terima kasih atas semua waktu, usaha, tenaga dan pikiran yang diberikan selama proses pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih atas dedikasi dan kerja sama yang luar biasa demi tercapainya tujuan bersama ini. Semoga setiap langkah kita selalu bermanfaat dan menjadi awal kesuksesan di masa yang akan datang.
5. Muhammad Fikri Solihin, yang selalu menemani dan menjadi *support system* saya, pada hari yang tidak mudah selama pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih telah mendengarkan keluh kesah, berkontribusi dalam penulisan tugas akhir ini, memberikan dukungan dan senantiasa sabar menghadapi saya. Terima kasih telah menjadi bagian perjalanan saya selama menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga kebahagiaan selalu menyertaimu.
6. Terimakasih untuk dua sahabat saya, Firda dan Atin yang selalu memberikan semangat, dan dukungan dalam hal apapun, serta mendengarkan keluh kesah saya. Semoga Allah memberikan kalian kebahagiaan dunia akhirat.
7. INSAN ULIL ALBAB (Arin, Aziizah, Bitu, Garnis, Viky, Zahra) teman seperjuangan saya. Terima kasih telah hadir dari awal menjadi mahasiswa baru hingga tetap ada saat ini. Terima kasih sudah berjuang bersama melewati masa-masa sulit untuk meraih impian kita. Semoga perjuangan kita menjadi awal dari kesuksesan di masa yang akan datang.

8. BEBAN KELUARGA (Frea, Ardhi, Nafis, Rahmat, Fajar, Arya, Ipung, Fachril) terima kasih telah menemani masa perkuliahan saya sekaligus teman yang memberikan warna di hidup saya. Terima kasih atas candaan dan gelak tawa yang tak pernah sekalipun pudar. Terima kasih atas dukungan dan support yang tak pernah putus. Semoga kesuksesan akan selalu menyertai kita.
9. Untuk teman saya, Zhafran, Wina, dan Astri. Terima kasih selalu memberikan dukungan, semangat dan membantu saya ketika kesusahan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Semoga kesuksesan akan selalu menyertai kita.
10. Teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia UII 2020 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala kenangan dan candaan yang telah diberikan selama ini.
11. Terakhir. Terima kasih untuk diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyusunan tugas akhir ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri saya sendiri.

Shafanisa Destiara Putri

Teknik Kimia UII 2020

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
ABSTRAK.....	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Potensi Minyak Nyamplung (<i>Calophyllum Inophyllum</i>).....	3
1.1.2 Kebutuhan Biodiesel	4
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	5
1.2.1 Produksi, Konsumsi, dan Ekspor	6
1.2.2 Kapasitas Komersial	11
1.2.3 Jumlah Ketersediaan Bahan Baku	13
1.3 Tinjauan Pustaka	14
1.3.1 Minyak Nyamplung	14
1.3.2 Biodiesel	16
1.3.3 Macam-maca Proses Pembuatan Biodiesel	21
1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika	24
1.4.1. Tinjauan Termodinamika	24
1.4.2. Tinjauan Kinetika	28
BAB II.....	29
PERANCANGAN PRODUK	29
2.1 Spesifikasi Produk.....	29

2.1.1	Biodiesel	29
2.1.2	Air	30
2.2	Spesifikasi Bahan Baku Dan Bahan Pendukung.....	30
2.2.1	Minyak Nyamplung	30
2.2.2	Methanol	31
2.2.3	Asam Klorida.....	32
2.2.4	Natrium Hidroksida.....	33
2.3	Pengendalian Kualitas.....	34
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	34
2.3.2	Pengendalian Kualitas Produk	34
2.3.3	Pengendalian Proses.....	36
BAB III		38
PERANCANGAN PROSES		38
3.1	Diagram Alir Proses dan Material.....	38
3.1.1	Diagram Alir Kualitatif	38
	38	
3.1.2	Diagram Alir Kuantitatif	39
3.2	Uraian Proses	40
3.2.1	Persiapan Bahan Baku	40
3.2.2	Proses Pembentukan Produk	41
3.2.3	Proses Pemurnian Produk.....	42
3.3	Spesifikasi Alat.....	44
3.3.1	Spesifikasi Alat Proses	44
3.3.2	Spesifikasi alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk.....	61
3.3.3	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan.....	65
3.4	Neraca Massa Alat.....	71
3.5	Neraca Panas.....	78
BAB IV		84
PERANCANGAN PABRIK		84
4.1	Lokasi Pabrik.....	84
4.2	Tata Letak Pabrik	87
4.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>).....	89

4.4	Organisasi Perusahaan	91
4.4.1	Bentuk Perusahaan	91
4.4.2	Struktur Organisasi	92
4.4.3	Tugas dan Wewenang.....	94
4.4.4	Pengaturan jam kerja.....	101
4.4.5	Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji.....	103
4.4.6	Fasilitas dan Hak Karyawan.....	106
BAB V.....		110
UTILITAS.....		110
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment Unit</i>)	112
5.1.1	Unit Penyediaan Air.....	112
5.1.2	Unit Pengolahan Air	118
5.1.3	Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generator Unit</i>)	122
5.1.4	Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Generator/Plant Unit</i>)	124
5.1.5	Unit Penyedia Udara Instrument (<i>Air Instrument Supply Unit</i>) 129	
5.1.6	Unit Penyedia Bahan Bakar (<i>Fuel Supply Unit</i>).....	129
5.1.7	Unit Pengolahan Limbah (<i>Waste Processing Unit</i>).....	129
5.2	Spesifikasi Alat Utilitas	131
BAB VI		141
EVALUASI EKONOMI.....		141
6.1	Penaksiran Harga Alat	142
6.2	Dasar Perhitungan	148
6.3	Komponen Biaya	149
6.1.1	Modal (<i>Capital Investment</i>).....	149
6.1.2	Biaya Produksi (<i>Manufacturing Cost</i>).....	150
6.1.3	Pengeluaran Umum (<i>General Expenses</i>).....	152
6.1.4	Analisa Keuntungan	153
6.1.5	Analisa Kelayakan	154
BAB VII.....		161
PENUTUP		161
7.1	Kesimpulan	161

7.2 Saran.....	162
DAFTAR PUSTAKA	164
LAMPIRAN A	168
PERANCANGAN REAKTOR.....	168
LAMPIRAN B	194
<i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PFED)</i>	194
LAMPIRAN C	196
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN.....	196
PRA RANCANGAN PABRIK.....	196

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data produksi biodiesel.....	6
Tabel 1. 2 Konsumsi biodiesel Indonesia	7
Tabel 1. 3 Ekspor biodiesel Indonesia	9
Tabel 1. 4 Persen Pertumbuhan jumlah ekspor	10
Tabel 1. 5 Kapasitas pengadaan biodiesel.....	11
Tabel 1. 6 Komposisi minyak nyamplung	16
Tabel 1. 7 Standar biodiesel SNI.....	19
Tabel 1. 8 Perbandingan kondisi operasi	23
Tabel 1. 9 Harga masing-masing gugus	25
Tabel 1. 10 Harga ΔH_f komponen pada suhu 298,15 K.....	26
Tabel 1. 11 Harga ΔG_f Komponen pada Suhu 298,15 K.....	28
Tabel 4. 1 Rincian luas bangunan	88
Tabel 4. 2 Jadwal shift karyawan.....	103
Tabel 4. 3 Gaji karyawan	104
Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin.....	115
Tabel 5. 2 Kebutuhan air pemanas.....	117
Tabel 5. 3 Kebutuhan boiler 1.....	123
Tabel 5. 4 Kebutuhan boiler 2.....	123
Tabel 5. 5 Kebutuhan peralatan proses	125
Tabel 5. 6 Kebutuhan utilitas	126
Tabel 5. 7 Total kebutuhan listrik	128
Tabel 5. 8 Spesifikasi pompa utilitas	131
Tabel 5. 9 Spesifikasi bak utilitas	134
Tabel 5. 10 Spesifikasi tangki utilitas	135
Tabel 5. 11 Spesifikasi klarifier	138
Tabel 5. 12 Spesifikasi saringan utilitas.....	138
Tabel 5. 13 Spesifikasi saringan pasir utilitas	139
Tabel 5. 14 Spesifikasi cooling tower	139
Tabel 5. 15 Spesifikasi deaerator	140
Tabel 5. 16 Spesifikasi blower cooling tower	140
Tabel 6. 1 Indeks harga alat	142
Tabel 6. 2 Harga alat proses.....	144
Tabel 6. 3 Harga alat utilitas	146
Tabel 6. 4 Physical plant cost (PPC).....	149
Tabel 6. 5 Direct plant cost (DPC).....	149
Tabel 6. 6 Fixed capital investment (FCI).....	150
Tabel 6. 7 Working capital investment (WCI).....	150
Tabel 6. 8 Direct manufacturing cost (DMC)	151
Tabel 6. 9 Indirect manufacturing cost (IMC)	151
Tabel 6. 10 Fixed manufacturing cost (FMC).....	152
Tabel 6. 11 Manufacturing cost	152
Tabel 6. 12 General expenses	153
Tabel 6. 13 Total production cost	153

Tabel 6. 14 Annual fixed manufacturing cost (Fa)	156
Tabel 6. 15 Annual regulated expenses (Ra)	157
Tabel 6. 16 Annual variable value (Va).....	157
Tabel 6. 17 Annual sales value (Sa).....	157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Produksi biodiesel di Indonesia.....	7
Gambar 1. 2 Konsumsi biodiesel Indonesia.....	8
Gambar 1. 3 Ekspor biodiesel Indonesia.....	9
Gambar 1. 4 Reaksi esterifikasi	21
Gambar 1. 5 Reaksi transesterifikasi.....	22
Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif	38
Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif	39
Gambar 4. 1 Lokasi pabrik biodiesel	84
Gambar 4. 2 Layout pabrik biodiesel.....	89
Gambar 4. 3 Tata letak alat proses	91
Gambar 4. 4 Struktur organisasi pabrik	94
Gambar 5. 1 Diagram alir utilitas.....	111
Gambar 6. 1 Grafik indeks harga	144
Gambar 6. 2 Grafik analisis kelayakan	160

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Temperature, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
V	: Volume, m ³
t	: Waktu, jam
M	: Massa, Kg
Fv	: Laju Volumetrik, m ³
P	: <i>Power motor</i> , Hp
ts	: Tebal <i>shell</i> , in
ΔP	: <i>Pressure drop</i> , psia
ID	: <i>Inside</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
Th	: Tebal <i>head</i> , in
Re	: Bilangan Reynold
f	: <i>Allowed stress</i> , psia
LMTD	: <i>Logarithmic Mean Temperature Difference</i>

ABSTRAK

Konsumsi bahan bakar minyak secara nasional meningkat sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi. Indonesia memiliki ketergantungan pada bahan bakar minyak impor sehingga subsidi yang dikeluarkan semakin besar. Bahan bakar fosil sebagai bentuk pengembangan terhadap sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak. Pabrik biodiesel dari minyak nyamplung dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dengan proses esterifikasi yang direncanakan terletak di Pandeglang, Banten diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti konsumsi bahan bakar minyak. Evaluasi ekonomi menunjukkan tingkat pengembalian investasi (ROI) sebelum pajak sebesar 14% dan setelah pajak 11,2%, serta Pay Out Time (POT) sebelum pajak selama 4,2 tahun dan setelah pajak 4,7 tahun. Hasil tinjauan menyeluruh, hasil evaluasi ekonomi pada pabrik biodiesel layak untuk didirikan dan dapat mengurangi ketergantungan impor bahan bakar minyak sehingga perekonomian dapat meningkat dengan energi global yang berkelanjutan.

Kata kunci: Biodiesel, Energi, Esterifikasi, Minyak Nyamplung, Prancangan Pabrik

ABSTRACT

National fuel oil consumption is increasing in line with population growth and technological advances. Indonesia is dependent on imported fuel oil, resulting in higher subsidies. Fossil fuels as a form of developing alternative energy sources to replace fuel oil. The biodiesel plant from nyamplung oil with a capacity of 30,000 tons/year by esterification process planned to be located in Pandeglang, Banten is expected to be an alternative to replace fuel oil consumption. The economic evaluation shows a pre-tax return on investment (ROI) of 14% and after tax of 11,2%, and a pre-tax Pay Out Time (POT) of 4,2 years and after tax of 4,7 years. Overall, the results of the economic evaluation of the biodiesel plant are feasible to establish and can reduce dependence on fuel oil imports so that the economy can improve with sustainable global energy.

Keywords: Biodiesel, Energy, Esterification, Nyamplung Oil, Plant Design

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan terhadap energi bahan bakar minyak meningkat sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi. Konsumsi BBM secara nasional terus meningkat dari tahun ke tahun. Meningkatnya kebutuhan akan energi ini menyebabkan eksploitasi dan konsumsi energi dari minyak bumi semakin tinggi semakin cadangan minyak bumi semakin menipis.

Indonesia memiliki ketergantungan pada BBM impor yang semakin memberatkan pemerintah ketika harga minyak dunia terus meningkat karena besarnya subsidi yang harus diberikan pemerintah terhadap harga BBM nasional. Melihat kondisi tersebut, pemerintah telah mengumumkan rencana untuk mengurangi ketergantungan Indonesia pada bahan bakar minyak, dengan meluncurkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti Bahan Bakar Minyak. Kebijakan tersebut mengacu pada penggunaan batu bara dan gas serta bahan bakar nabati atau biofuel sebagai alternatif pengganti BBM.

Bahan bakar nabati (BBN) atau biofuel adalah bahan bakar transportasi berbasis komoditi pertanian yang biasanya digunakan untuk bahan makanan. Produk komersial BNN yang populer adalah bioetanol dan biodiesel.

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang termasuk dalam bahan bakar nabati ramah lingkungan yang memiliki sifat minyak diesel/solar tetapi menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dan dimanfaatkan untuk mengurangi konsumsi solar.

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 berhasil 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.

Usaha untuk mengadakan produksi sumber energi alternatif dengan bahan baku yang dapat menghasilkan minyak biodiesel seperti minyak nyamplung, kelapa sawit, kelapa, atau minyak nabati lainnya. Keuntungan penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pencampur/pengganti minyak solar yaitu pembudidayaan yang lebih mudah karena Indonesia beriklim tropis, energi terbarukan, dan mengurangi penggunaan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi. Pemanfaatan biofuel nyamplung dapat menekan laju penebangan pohon hutan sebagai kayu bakar, berdasarkan hal di atas maka terbuka kesempatan untuk membuat biodiesel sebagai pengganti bahan bakar solar dengan memanfaatkan nyamplung sebagai sumber minyak yang dapat dihasilkan biodiesel.

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.

1.1.1 Potensi Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)

Minyak nyamplung dapat diperoleh dari bijinya dengan ekstraksi menggunakan pelarut maupun pengepresan. Minyak yang dihasilkan dari pengepresan biji nyamplung telah dimanfaatkan sebagai obat tradisional luka bakar, penyakit kulit, rematik, dan insomnia di Vietnam. Komponen utama minyak nyamplung adalah asam-asam lemak (palmitat, stearat, oleat, dan linoleat) yang berpotensi untuk diolah menjadi bahan bakar alternatif biodiesel (Hasibuan dkk, 2013).

Minyak nyamplung telah diproduksi di industri kecil maupun menengah dengan cara pengepresan bijinya. Minyak ini dapat diolah lebih lanjut untuk kepentingan industri farmasi dan dapat diekstraksi zat aktifnya seperti senyawa *Calophyllolide* dengan menggunakan tahap fraksinasi dan isolasi senyawa untuk bahan baku obat (BBO) seperti

obat penutup luka (Nguyen dkk, 2017). Asam lemak bebas (FFA) adalah asam lemak yang terdapat di dalam minyak nabati dan gugus karboksilatnya bebas. Kandungan FFA yang berlebihan pada lemak nabati dapat menghambat reaksi pembentukan ester alkil karena FFA dapat bereaksi dengan katalis di dalam reaksi tersebut (Hadi, Wahyu Anggoro, 2009).

Tanaman nyamplung mudah dibudidayakan, tumbuh baik pada ketinggian 0-800 meter dpl seperti di hutan, pegunungan, dan rawa-rawa, curah hujan antara 1000-5000 mm per tahun, pH tanah 4,0-7,4 tahan pada tanah tandus, daerah pantai yang kering dan berpasir atau digenangi air laut (Friday dan Okano, 2006).

Dampak positif didirikannya pabrik minyak nyamplung ini karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan diesel/solar dengan efisiensi pembakaran lebih baik sehingga mengurangi jumlah impor solar, dapat diperbaharui, memiliki sifat pelumasan terhadap mesin piston karena termasuk kelompok minyak tidak mengering (*non-drying oil*), dan kontinuitas ketersediaan bahan baku terjamin.

1.1.2 Kebutuhan Biodiesel

Secara umum, biodiesel merupakan bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber hayati dan biomassa. Berdasarkan pengertian industri saat ini, biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel yang terdiri atas ester alkil asam-asam lemak (Anggoro, W, 2009). Ester adalah

ilmu kimia yang berarti senyawa yang terbentuk dari kondensasi alkohol dengan asam. Proses pembuatan biodiesel dengan mereaksikan alkohol dengan asam lemak.

Biodiesel mempunyai kelebihan, di antaranya bahan bakunya dapat diperbaharui, tidak memiliki kandungan sulfur sehingga tidak memberikan kontribusi terhadap terjadinya hujan asam, memiliki sifat pelumas yang sangat baik sehingga dapat memperpanjang masa pakai mesin, memiliki titik nyala yang tinggi sehingga lebih aman dari bahaya kebakaran, dapat mengurangi emisi udara beracun, dan bersifat *biodegradable* (Primadi, 2011).

Beberapa keunggulan biodiesel yang dihasilkan dari nyamplung adalah rendemen minyak nyamplung tergolong tinggi dibandingkan jenis tanaman lain, jarak pagar 40-60%, sawit 46-54%, dan nyamplung 40-73%, sebagai parameter telah memenuhi standar kualitas biodiesel Indonesia, minyak biji nyamplung memiliki daya bakar dua kali lebih lama dibandingkan minyak tanah (Perum Perhutani, 2008).

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat menyebabkan permintaan akan energi semakin bertambah. Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi kebutuhan yang sangat penting dan paling dicari oleh masyarakat. Berdasarkan Rencana Strategis Kementerian ESDM Tahun 2015-2019, cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan akan habis dalam 13 tahun mendatang. Data Kementerian ESDM konsumsi BBM hingga September

2021 mencapai 48.56 juta kiloliter (KL). Semakin maju pertumbuhan skala industri maupun masyarakat maka penggunaan BBM akan semakin meningkat dari tiap tahunnya. Oleh karena itu, diperlukan teknologi alternatif dalam memperoleh sumber energi agar tidak membebani penggunaan bahan bakar fosil yang semakin punah yaitu biodiesel.

1.2.1 Produksi, Konsumsi, dan Ekspor

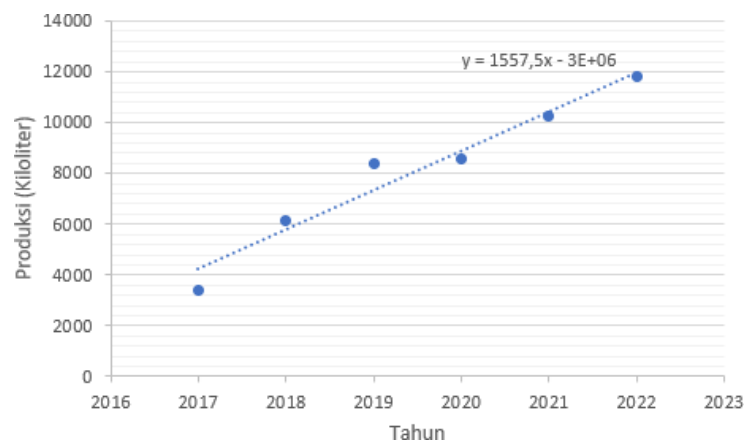
a. Produksi

Jumlah produksi biodiesel di Indonesia semakin bertambah seiring dengan pergantian tahun. Industri Indonesia memiliki potensi besar untuk memproduksi biodiesel yang dapat mengurangi kebutuhan domestik dan mengurangi kebutuhan impor. Tabel berikut menunjukkan peningkatan produksi biodiesel di Indonesia pada tahun 2017-2022.

Tabel 1. 1 Data produksi biodiesel

Tahun	Total Produksi Biodiesel (kL)
2017	3.416
2018	6.168
2019	8.399
2020	8.594
2021	10.240
2022	11.836

Produksi biodiesel di Indonesia mengalami perkembangan yang pesat. Dari data produksi di atas dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi biodiesel dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Produksi biodiesel di Indonesia

b. Konsumsi

Konsumsi biodiesel dalam negeri cenderung meningkat setiap tahunnya. Data konsumsi biodiesel di Indonesia pada tahun 2017-2022 dapat dilihat pada tabel 1.2.

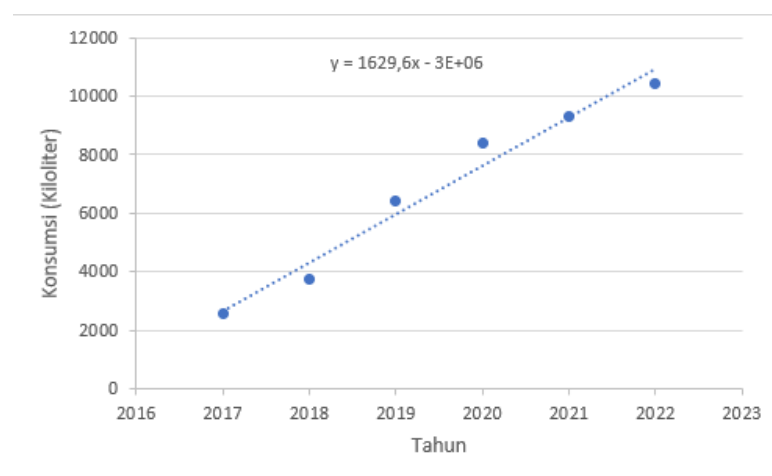
Tabel 1. 2 Konsumsi biodiesel Indonesia

Tahun	Total Konsumsi Biodiesel (kL)
2017	2.572
2018	3.750

Lanjutan Tabel 1.2

Tahun	Total Konsumsi Biodiesel (kL)
2019	6.396
2020	8.400
2021	9.294
2022	10.449

Dari data konsumsi di atas dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi biodiesel dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Konsumsi biodiesel Indonesia

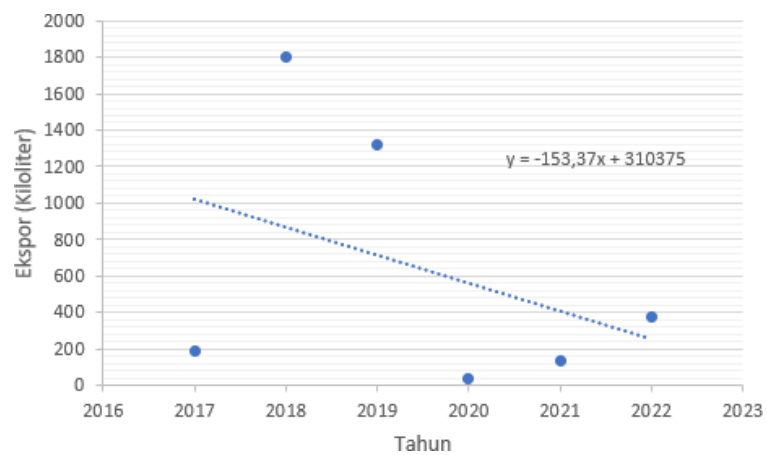
c. Ekspor

Ekspor biodiesel di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami penurunan. Data ekspor biodiesel di Indonesia pada tahun 2017-2022 dapat dilihat pada tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Ekspor biodiesel Indonesia

Tahun	Total Ekspor Biodiesel (kL)
2017	187
2018	1.803
2019	1.319
2020	36
2021	133
2022	372

Dari data ekspor di atas dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor biodiesel dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada gambar 1.3.



Gambar 1. 3 Ekspor biodiesel Indonesia

Indonesia selain memenuhi produksi dan konsumsi biodiesel, ekspor juga dilakukan untuk memenuhi kebutuhan negeri.

Dari data di atas maka dapat diketahui persen pertumbuhan kebutuhan ekspor berdasarkan hasil analisis menggunakan rumus:

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

Keterangan:

P_t = Tahun yang diproyeksikan

P_o = Tahun terakhir dari data

r = Pertumbuhan rata-rata setiap tahun

n = Selisih tahun

Dari persamaan tersebut dapat dituliskan Persen Pertumbuhan (%P) dari tahun ke tahun yang dapat dilihat pada Tabel 1.4 berikut:

Tabel 1. 4 Persen Pertumbuhan jumlah ekspor

Tahun	%P
2017	-
2018	8, 6417
2019	-0, 2684
2020	-0, 9727
2021	2, 6944
2022	1, 7969
Total	11, 892
Rata-rata	2, 3784

Secara umum proyeksi jumlah ekspor di Indonesia pada tahun 2028 dapat dituliskan dalam bentuk persamaan:

$\text{Ekspor 2028} = 372 \cdot (1 + 2,3784)^{(2028-2022)}$ yang mana hasil dari kalkulasi persamaan tersebut adalah 553.107,2634. Maka jumlah ekspor biodiesel di Indonesia pada tahun 2028 diproyeksikan sebesar 553.107,2634 kiloliter/Tahun.

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

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

Berdasarkan pada tahun 2028, diperoleh nilai ekspor sebesar 553.107,2634 kiloliter, produksi 158.610 kiloliter, konsumsi 304.828,80 kiloliter, dan tidak ada impor biodiesel di Indonesia. Maka pabrik yang akan kami dirikan mengambil 5% dari kebutuhan sehingga didapat nilai 30.775 ton/tahun atau diambil 30.000 ton/tahun dan akan didirikan pada tahun 2028.

1.2.2 Kapasitas Komersial

Penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan dipengaruhi dengan kapasitas pabrik yang sudah beroperasi. Berikut adalah badan usaha pemasok biodiesel:

Tabel 1. 5 Kapasitas pengadaan biodiesel

No	Badan Usaha BBN	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT Batara Elok Semesta Terpadu	232.282,9

Lanjutan tabel 1.5

No	Badan Usaha BBN	Kapasitas (Ton/Tahun)
2	PT Bayas Biofuels	296.803
3	PT Cemerlang Energi Perkasa	410.773,55
4	PT Ciliandra Perkasa	220.899,7
5	PT Dabi Bioflues	147.877,9
6	PT Darmex Bioflues	99.039,45
7	PT Energi Unggul Persada	271.110,05
8	PT Intibenua Perkasatama	244.752,4
9	PT Kutai Refinery Nusantara	339.132,15
10	PT Alpha Global Cynergy	12.000
11	PT Multi Nabati Sulawesi	334.046,6
12	PT Musim Mas	750.150,5
13	PT Pelita Agung Agrindustri	185.825,3
14	PT Bali Hijau Biodiesel	360
15	PT Sinarmas Bio Energy	309.995
16	PT Sintong Abadi	35.000
17	PT Sukajadi Sawit Mekar	222.501,95
18	PT Tunas Baru Lampung Tbk	290.964,35
19	PT Wilmar Bioenergi Indonesia	1.125.592,1
20	PT Wilmar Nabati Indonesia	1.169.163,1

Sumber: Kementerian ESDM

1.2.3 Jumlah Ketersediaan Bahan Baku

Pada pembuatan pabrik biodiesel ini bahan baku minyak nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) digunakan dalam pembuatan biodiesel diperoleh dari PT Subur Anugerah Indonesia, Tangerang, Banten, dengan harga jual sekitar Rp 3.000,00 per liter. Selain itu, bahan baku metanol (CH_3OH) dapat diperoleh dari PT Kaltim Methanol Industri, Bontang, Kalimantan Timur, dengan kapasitas produksi 660.000 ton/tahun dan harga jual produk Rp 1.640,00 per liter. Untuk bahan baku katalis yaitu, asam klorida (HCl) diperoleh dari PT Asahimas Chemical, Cilegon Banten. Dimana kapasitas produksi HCl sebesar 349.000 ton/tahun dengan harga jual produk Rp 1.500,00 per kilogram dan bahan baku untuk menetralkan Natrium Hidroksida (NaOH) diperoleh dari PT Asahimas Chemical kapasitas produksi NaOH sebesar 700.000 ton/tahun dengan harga jual produk Rp 1.234,00 per kilogram.

Maka, dapat diambil kesimpulan bahwa perusahaan penghasil semua bahan baku memenuhi kebutuhan produksi dikarenakan produksi bahan baku lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan bahan yang akan digunakan.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Minyak Nyamplung

Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L.*) termasuk dalam marga *Callophyllum* yang tersebar cukup luas di dunia yaitu Madagaskar, Afrika Timur, Asia Selatan dan Tenggara, Kepulauan Pasifik, Hindia Barat, dan Amerika Selatan (Litbang Pertanian, 2008). Nyamplung merupakan tanaman serbaguna yang memiliki kelebihan pada bijinya yang menjadi bahan baku biofuel sebagai rendemen minyak yang tinggi (bisa mencapai 74%), dan prospek pengembangan serta pemanfaatannya sebagai bahan baku biodiesel yang tumbuhnya merata secara alami di Indonesia (P3HH, 2008).

Biji dari tanaman nyamplung memiliki banyak kandungan senyawa kimia, antara lain senyawa lakton yaitu kolofiloida dan asam kalofilat, tacamahin, asam tacawahol, bumi, resin minyak atsiri, senyawa pahit, calanolide A, sitosterol, lendir, gliserin, minyak lemak, tannin, takaferol, dan karatenoid (Sudrajat, 2008).

Taksonomi Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) adalah sebagai berikut:

Dunia : *Plantae* (tumbuhan)

Super Divisi : *Spermatophyta* (menghasilkan biji)

Divisi : *Magnoliophyta* (berbunga)

Kelas : *Magnoliopsida* (berkeping dua)

Sub Kelas : *Dilleniidae*

Ordo : *Theales*

Famili : *Clusiaceae*

Genus : *Calophyllum*

Spesies : *Calophyllum inophyllum L.*

Calophyllum inophyllum L. ditanam pada suhu hangat dalam kondisi basah atau sedang dan membutuhkan curah hujan tahunan rata-rata sekitar 1.000-5.000 mm. Penanaman dilakukan dengan kepadatan 400 pohon. Hasil minyak rata-rata adalah 11,7 kg minyak/pohon atau 4.680 kg minyak/ha. Minyak mentah *Calophyllum inophyllum L.* umumnya memiliki nilai asam tinggi 44 mg KOH/g (22% FFA) sehingga diperlukan teknik yang dapat diandalkan untuk mengubah minyak *Calophyllum inophyllum* menjadi biodiesel. Metil ester asam lemak dari biji *Calophyllum inophyllum* memenuhi semua persyaratan utama biodiesel dalam standar Amerika Serikat (ASTM D 6751-06) dan standar Uni Eropa (EN 14214). Minyak nyamplung adalah minyak hasil ekstraksi dari biji nyamplung menggunakan mesin *press*. Minyak yang keluar dari mesin pres berwarna hitam/gelap karena mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia seperti alkaloid, fosfatida, klorofil, dan lain-lain.

Tanaman nyamplung dapat menghasilkan 100 kg buah kering/pohon/ tahun atau setara dengan 58 kg biji kering/ pohon/ tahun

(Octarina, 2010). Biji nyamplung mengandung minyak sebesar 40-73%; air 25-35%; dan abu 1,1-1,3%. Minyak kasar mengandung asam resin 9,7 15%. Resin ini menyebabkan minyak berwarna hijau, rasanya pahit, dan beracun (Andyna,2009). Menurut Ayodele dkk (2014) asam lemak bebas pada nyamplung sebesar 14,7%. Berikut asam lemak penyusun minyak nyamplung dapat dilihat pada Tabel 1.6

Tabel 1. 6 Komposisi minyak nyamplung

Jenis asam	Jumlah (%)
Asam Palmitat	15,5
Asam Stearat	17,4
Asam Linoleat	27,3
Asam Oleat	39,8

Sumber: Ayodele, O.O dan Dawodu, 2014

Kandungan asam oleat dan asam linoleat utama dalam minyak menyumbang 65% dari total asam lemak. Total kandungan asam lemak minyak nyamplung asal NTB adalah 98,70%. Komposisi asam lemak ini hampir sesuai dengan yang dihasilkan oleh Hasibuan, Sahirman, dan Yudawati, (2013) yaitu didominasi oleh asam oleat dan linoleat.

1.3.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarui seperti minyak sayur atau lemak hewan. Biodiesel telah

menarik minat yang cukup besar sebagai bahan bakar alternatif atau bahan bakar tambahan untuk petrodiesel untuk mesin pembakaran dengan penyalan kompresi (diesel). Pada dasarnya, biodiesel dipilih karena memiliki sifat *biodegradable*, *non-toxic*, dan rendah emisi.

Komponen utama minyak nabati adalah trigliserida yang merupakan ikatan rangkap asam jenuh dan tak jenuh. Tiap jenis minyak nabati memiliki komposisi asam lemak yang berbeda-beda. Salah satu cara memproduksi biodiesel adalah dengan esterifikasi asam lemak minyak nabati atau transesterifikasi trigliserida dengan alkohol. Proses ini menghasilkan dua produk yaitu metil ester (biodiesel) dan gliserin yang merupakan produk samping (Rahayu, 2005).

Biodiesel juga bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap (*smoke number*) rendah, terbakar sempurna (*clean burning*), dan tidak menghasilkan racun (*non toxic*). Secara teknis biodiesel memiliki kinerja yang lebih baik dari pada solar. Biodiesel memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan solar, yaitu:

- a. Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, smoke number rendah*)
- b. *renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbaharui

- c. *Cetane number* lebih tinggi sebesar (>57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar
- d. Biodiesel dapat terurai (*biodegradable*) dan memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin
- e. Meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal
- f. Viskositas tinggi sehingga mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik daripada solar sehingga memperpanjang umur pakai mesin

Biodiesel dapat dihasilkan dengan mereaksikan minyak tanaman dengan alkohol. Sumber alkohol yang didapat bermacam-macam. Apabila direaksikan dengan metanol maka akan menghasilkan metil ester, apabila direaksikan dengan etanol maka akan menghasilkan etil ester. Methanol lebih banyak digunakan sebagai sumber alkohol karena rantainya lebih pendek, lebih polar dan harganya lebih murah dari alkohol lainnya (Ma dan Hanna, 2001).

Biodiesel adalah bahan bakar yang dibuat dari minyak nabati, baik minyak baru maupun minyak bekas penggorengan (minyak jelantah) melalui berbagai proses, seperti transesterifikasi, esterifikasi, atau pirolisis. Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak (BBM) untuk mesin biodiesel. 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).

Biodiesel memiliki rantai karbon berkisar antara 12 hingga 20 serta mengandung oksigen. Hal itulah yang membedakannya dengan *petroleum dielsel* yang komponen utamanya adalah hidrokarbon. Dengan adanya oksigen, akan mempengaruhi *flash point*-nya yang terjadi lebih tinggi, sehingga tidak mudah terbakar. Standar akan ditetapkan oleh SNI 04-7182-2006 mengenai karakteristik dari biodiesel. Karakteristik dari biodiesel yang ditetapkan sehingga dalam pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak nabati, standar yang ditetapkan oleh SNI harus dipenuhi. Tabel berikut ini akan menjelaskan standar biodiesel menurut SNI 04-7182-2006.

Tabel 1. 7 Standar biodiesel SNI

No.	Parameter	Satuan	Nilai	Metoda Uji
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890	ASTM D 1298
2	Viskositas kinematic pada 40°C	mm ² /s (Cst)	2,3-6,0	ASTM D 445
3	Angka setana	-	Min. 51	ASTM D 613
4	Titik nyala (mangkuk tertutup)	°C	Min. 100	ASTM D 93
5	Titik kabut	°C	Maks. 18	ASTM D 2500
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada suhu 50°C)	-	Maks. No 3	ASTM D 130

Lanjutan Tabel 1.7

No.	Parameter	Satuan	Nilai	Metoda Uji
7	Residu Karbon - Dalam Contoh Asli Atau - Dalam 10 % Ampas Distilasi	%-massa	maks. 0,05 maks.0,3	ASTM D 4530
8	Air dan sedimen	%-vol	Maks 0,05	ASTM D 2709 atau ASTM D 1796
9	Temperatur distilasi 90%	°C	Maks. 360	ASTM D 1160
10	Abu tersulfatkan	% massa	Maks. 0,02	ASTM D 874
11	Belerang	Ppm-m (mg/kg)	Maks. 100	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266
12	Fosfor	Ppm-m (mg/kg)	Maks. 10	AOCS Ca 12 55
13	Angka asam	Mg KOH/kg	Maks. 0,8	AOCS Cd 3d 63 atau ASTM D 664
14	Gliserol bebas	% massa	Maks. 0,02	AOCS Ca 14 56 atau ASTM D 6584
15	Gliserol total	% massa	Maks. 0,24	AOCS Ca 14 56 atau ASTM D 6584
16	Kadar ester alkil	% massa	Min 96,5	Dihitung*
17	Angka Iodium	% massa	Maks. 115	AOCS Cd 1-25
18	Uji halphen	-	Negatif	AOCS Cb 1-25

Sumber: Standar SNI 04-7182-2006

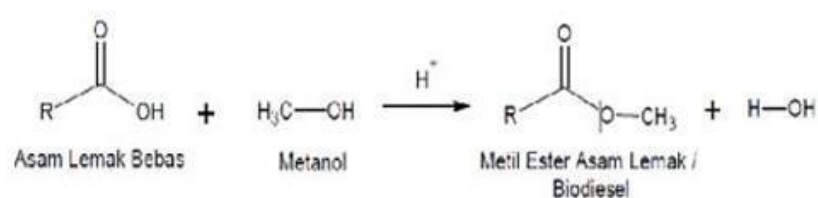
1.3.3 Macam-maca Proses Pembuatan Biodiesel

a. Esterifikasi

Esterifikasi adalah proses yang mereaksikan asam lemak dengan alkohol dengan bantuan katalis asam kuat untuk menghasilkan ester dan air (Soerawidjaja, 2006). Esterifikasi bertujuan untuk mempercepat berlangsungnya reaksi yang perlu ditambahkan dengan katalis. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam seperti asam sulfat, asam klorida dan resin penukar kation asam kuat (Joelianingsih, 2019).

Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (berangka asam ≥ 5 mg-KOH/g). Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester (Heryani, 2019).

Biodiesel dapat diproduksi dengan menggunakan metode esterifikasi yang mana asam lemak bebas direaksikan dengan alkohol menggunakan asam sebagai katalisator untuk membentuk suatu ester (Sutterlin, 2018). Reaksi esterifikasi dapat dilihat pada gambar 1.4



Gambar 1. 4 Reaksi esterifikasi

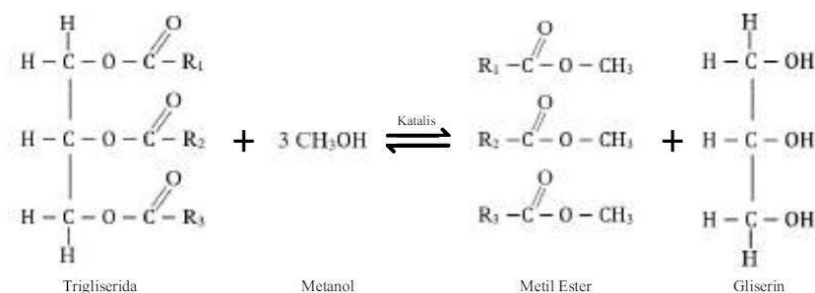
Reaksi esterifikasi merupakan reaksi irreversibel yang sangat lambat, tetapi bila menggunakan katalis asam mineral seperti asam

sulfat (H_2SO_4) atau asam klorida (HCl) kesetimbangan akan tercapai dalam waktu yang cepat (Morrison and Boyd, 2002).

b. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses transformasi kimia molekul trigliserida menjadi metil ester dengan produk ikutan gliserol. Minyak nabati atau lemak hewani yang terdiri dari trigliserida bereaksi dengan alkohol (metanol) membentuk senyawa alkil ester (atau untuk metanol menjadi metil ester) dan biasanya dibantu dengan katalis asam kuat atau basa kuat. Laju reaksi dapat secara signifikan ditingkatkan dengan keberadaan katalis (Joelianingsih, 2019).

Pada reaksi transesterifikasi terjadi pemecahan senyawa trigliserida dan migrasi gugus alkil antara senyawa ester. Ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi ini disebut biodiesel (Sutterlin, 2018)



Gambar 1. 5 Reaksi transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi cenderung lebih cepat membentuk metil ester dari pada reaksi esterifikasi yang menggunakan katalis asam.

Namun, seringkali terjadi reaksi penyabunan yang tidak diinginkan karena tingginya kadar asam lemak bebas pada bahan baku yang akan digunakan. Oleh karena itu, untuk menghindari terjadinya sabun maka bahan baku menggunakan asam lemak bebas dengan kadar rendah kurang dari 0,5% (Shahidi, 2005).

b. Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi termokimia dari material organik, yang berlangsung tanpa udara atau oksigen. Proses yang mengubah bahan organik menjadi arang, biofuel dan gas sistentik melalui dekomposisi bahan organik dengan suhu dan tekanan tinggi (Singh dkk., 2018). Pirolisis adalah teknik yang tepat untuk meningkatkan nilai limbah minyak sawit dengan memproduksi *bio-oil* dan *bio-char*. Minyak dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam beberapa aplikasi untuk menghasilkan energi panas, dan cangkang kelapa sawit adalah bahan terbaik untuk tujuan ini karena memiliki nilai kalori yang tinggi (Abnisa dkk., 2013).

Berdasarkan beberapa jurnal, didapatkan perbandingan kondisi operasi dari ketiga proses dalam pembuatan biodiesel yang dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1. 8 Perbandingan kondisi operasi

Jenis Proses	Esterifikasi	Transesterifikasi	Pirolisis
Bahan baku	Asam lemak	Trigliserida	Senyawa Organik
Suhu	60 °C	60 °C	450 °C

Lanjutan Tabel 1.8

Jenis Proses	Esterifikasi	Transesterifikasi	Pirolisis
Tekanan	1.000 kPa	9.000 kPa	-
Katalis	Asam	Basa	Zeolit alam
Konversi	85% (Musta R, dkk, 2017)	87-95% (Dorado, dkk, 2002)	-
Produk Samping	Air	Gliserin	Arang

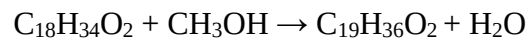
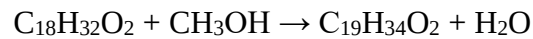
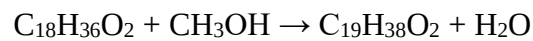
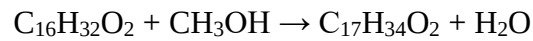
Berdasarkan perbandingan kondisi operasi dari beberapa pemilihan proses pembuatan biodiesel, maka dipilih proses esterifikasi karena memiliki kandungan *Free Fatty Acid (FFA)* yang terkandung pada minyak nyamplung yaitu 14,7% dan memiliki tekanan serta konversi yang lebih rendah yaitu 85% sehingga lebih aman dibandingkan dengan proses yang lain. Oleh karena itu, dibutuhkan proses esterifikasi untuk menghindari terjadinya pembentukan sabun dan menghindari kesulitan saat pemisahan antara katalis dengan produk. Selain itu, pemilihan katalis asam kuat, HCl digunakan agar mempercepat laju reaksi.

1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

1.4.1. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika yaitu suatu tinjauan untuk mengetahui sifat reaksi, reaksi tersebut eksotermis atau endotermis, dan reaksi tersebut *reversible* atau *irreversible*. Tinjauan termodinamika dapat

diketahui dengan melihat harga entalpi selama reaksi. Reaksi sebagai berikut:



Untuk menentukan sifat reaksi, dapat dihitung menggunakan perhitungan panas reaksi (ΔH_R) dengan berdasar pada panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada kondisi standar ($P = 1 \text{ bar}$; $T = 25^\circ\text{C}/298,15^\circ\text{K}$), sedangkan untuk menentukan arah reaksi dapat diketahui dengan perhitungan energi Gibbs (ΔG_f) pada kondisi operasi. Digunakan metode Joback pada Reid, 1987 yang dapat digunakan untuk mengetahui estimasi nilai ΔH_f° dan ΔG_f° .

1. Panas Pembentukan Standar (ΔH_f°)

Perhitungan estimasi ΔH_f (298,15) (kJ/mol.K) dengan menggunakan Metode Joback Tabel 1.9. Kontribusi Gugus untuk Metode Joback (J/mol.K)

Tabel 1. 9 Harga masing-masing gugus

Gugus	Harga ΔH_f (kJ/mol.K)
-CH=	37,97
>CH-	29,89
-CH ₂ -	-20,64
-CH ₃	-76,45

Lanjutan Tabel 1.9

Gugus	Harga ΔH_f (kJ/mol.K)
-OH	-208,04
-COO-	-337,92
-COOH	-426,72

Sumber: (Reid, 1987)

$$\Delta H_f^\circ(298,15) = 68,29 + \sum n_i \cdot \Delta_i$$

a. Asam Palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$)

$$\begin{aligned}\Delta H_f^\circ(298,15) &= 68,29 + [14(-CH_2-) + 1(-CH_3-) + 1(-COOH)] \\ &= 68,29 + [14(-20,64) + 1(-76,45) + 1(-426,72)] \\ &= -723,8400 \text{ kJ/mol.K}\end{aligned}$$

b. Metil Palmitat ($C_{17}H_{34}O_2$)

$$\begin{aligned}\Delta H_f^\circ(298,15) &= 68,29 + [14(-CH_2-) + 2(-CH_3-) + 1(-COOH)] \\ &= 68,29 + [14(-20,64) + 2(-76,45) + 1(-337,92)] \\ &= -711,4900 \text{ kJ/mol.K}\end{aligned}$$

Tabel 1. 10 Harga ΔH_f komponen pada suhu 298,15 K

Gugus	Harga ΔH_f° (kJ/kmol)
Asam palmitat	-723,84
Asam stearat	-765,12
Asam oleat	-647,9
Asam linoleat	-530,68
Metil palmitat	-711,49
Metil stearat	-752,77
Metil oleat	-635,55
Metil linoleat	-670,21
NaCl	-98,321
HCl	-97,324
NaOH	-469,15
Metanol	-201,166

Lanjutan Tabel 1.10

Gugus	Harga ΔH_f° (kJ/kmol)
H ₂ O	-285,84

Dari Tabel 1.10 menunjukkan bahwa harga ΔH_f° bernilai negatif menunjukkan bahwa reaksi eksoterm (reaksi membutuhkan dingin). Dari data termodinamika yang tersedia menunjukkan bahwa reaksi berjalan satu arah atau disebut dengan *irreversible*. Hal ini dikarenakan adanya perubahan kimia yang terjadi pada molekul-molekul yang terlibat dalam reaksi mengakibatkan tidak dapat dipulihkan menjadi bentuk aslinya. Dengan hal ini biodiesel tidak dapat dikembalikan menjadi asam lemak asli.

2. Energi Gibbs (ΔG_f)

$$\Delta G_f^\circ(298,15) = 53,88 + \sum n_i \cdot \Delta_i$$

a. Asam Palmitat (C₁₆H₃₂O₂)

$$\begin{aligned}\Delta G_f^\circ(298,15) &= 53,88 + [14(-\text{CH}_2-) + 1(-\text{CH}_3-) + 1(-\text{COOH})] \\ &= 53,88 + [14(-20,64) + 1(-76,45) + 1(-426,72)] \\ &= -738,25 \text{ kJ/mol.K}\end{aligned}$$

b. Metil Palmitat (C₁₇H₃₄O₂)

$$\begin{aligned}\Delta G_f^\circ(298,15) &= 53,88 + [14(-\text{CH}_2-) + 2(-\text{CH}_3-) + 1(-\text{COOH})] \\ &= 53,88 + [14(-20,64) + 2(-76,45) + 1(-337,92)] \\ &= -725,9 \text{ kJ/mol.K}\end{aligned}$$

Tabel 1. 11 Harga ΔG_f° Komponen pada Suhu 298,15 K

Gugus	Harga ΔG_f° (kJ/kmol)
Asam palmitat	-738,25
Asam stearat	-779,53
Asam oleat	-662,31
Asam linoleat	-545,09
Metil palmitat	-725,90
Metil stearat	-767,18
Metil oleat	-649,96
Metil linoleat	-532,74
NaCl	-393,17
HCl	-95,30
NaOH	-419,2
Metanol	-162,62
H ₂ O	-237,14

$$\begin{aligned}
 \Delta G_f^\circ(298,15) &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\
 &= (-2.913) \text{ kJ/kmol} - (-162,62) \text{ kJ/mol} \\
 &= -2.750 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas menunjukkan bahwa harga ΔG_f° bernilai negatif, yang artinya reaksi berlangsung spontan ($\Delta G^\circ < 0$).

1.4.2. Tinjauan Kinetika

Secara umum, derajat kelangsungan reaksi ditentukan oleh konstanta kecepatan reaksi (k), konsentrasi reaktan, dan konsentrasi katalis. Kecepatan reaksi sebanding dengan suhu operasi. Jadi semakin tinggi suhu, maka akan semakin besar konstanta kecepatan reaksi. Harga k dapat didekati dengan persamaan Arrhenius:

$$\begin{aligned}
 k &= Ae^{-Ea/RT} \\
 &= 2,6406 e^{-\frac{5.757,176}{8,314 \times 333,15}} \\
 &= 2,6406 e^{-2,0785}
 \end{aligned}$$

$$= 2,6406 \times 0,1251$$

$$= 0,3303 \text{ menit}^{-1}$$

Dimana:

k : Konstanta laju reaksi (menit^{-1})

A : Faktor frekuensi ($2,6406 \text{ menit}^{-1}$)

Ea : Energi aktivasi ($5.757,176 \text{ J/mol}$)

R : Tetapan gas ($8,314 \text{ J/mol K}$)

T : Suhu ($333,15 \text{ }^{\circ}\text{K}$)

(Suryani, dkk, 2007)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Biodiesel

Rumus molekul	: $C_{19}H_{36}O_2$
Berat molekul	: 296,4879 g/gmol
Densitas	: 0,8379 g/cm ³
Viskositas	: 4,88 cp pada 30°C
Titik didih	: 218,5°C pada 20 mmHg
Fase	: Cair
Kekentalan	: 2,3 – 6,0 cSt
<i>Heating Value</i>	: 42 MJ.kg ⁻¹
Titik Nyala	: >100°C
Titik Kabut	: <18
Tekanan uap pada 25°C	: $6,29 \times 10^{-6}$ mmHg
Titik Tuang	: -15-13°C
Massa Jenis	: 850-890 kg/m ³
Suhu (T)	: 30°C
Kelarutan	: Larut dalam alkohol atau senyawa non polar

(Sumber: Erliza Hambali,2007)

2.1.2 Air

Rumus molekul	: H ₂ O
Berat molekul	: 18 g/mol
Densitas	: 1 g/cm ³
Fase	: Cair (1 atm, 25°C)
Viskositas	: 0,889 cP
Titik didih	: 100°C
Titik lebur	: 0°C
Bau	: Tidak berbau
<i>Specific gravity</i>	: 1,612 (udara = 1)
<i>Heat capacity</i> (Cp)	: 1 cal/(g°C) (1 atm, 25°C)

(Sumber : MSDS)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku Dan Bahan Pendukung

2.2.1 Minyak Nyamplung

Kadar air	: 0,25%
Densitas pada suhu 20 °C	: 0,944 g/m
Viskositas pada suhu 40 °C	: 56,7 Cp
Bilangan asam	: 59,94 mg KOH/g

Kadar asam lemak bebas	: 29,53%
Indeks refraksi	: 1,447
Angka iodium	: 86,42 mg/g
Angka penyabunan	: 192-203 mgKOH/g
Titik leleh	: 8°C
Warna	: Hijau gelap dan kental dengan bau menyengat

(Sumber: Balitbang Kehutanan, 2008)

2.2.2 Methanol

Rumus molekul	: CH_3OH
Berat molekul	: 32,04 g/mol
Fase	: Cair (1 atm, 25°C)
Wujud	: <i>Colorless liquid</i>
Densitas	: 0,79 g/cm ³
Tekanan kritis	: 78,5 atm
Viskositas	: 0,541 Cp
Titik didih	: 64,7°C
Titik lebur	: -97,8°C

<i>Specific gravity</i>	: 0,7915
Sifat	: <i>Flammable</i>
<i>Flash point</i>	: <i>Closed cup: 12°C, open cup: 16°C</i>
<i>Flammability limits</i>	: <i>Lower: 6%, upper: 36,5%</i>
<i>Auto-ignition temperature</i>	: 464°C
Kelarutan	: Larut sempurna dalam air

(Sumber : PT Kaltim Methanol Industri & Sciencelab.com)

2.2.3 Asam Klorida

Rumus molekul	: HCl
Bentuk	: Cairan tidak berwarna
Kemurnian	: 37% (air 64%)
Berat molekul	: 36,46 g/mol
Massa jenis	: 1,159 kg/l
Densitas	: 0,37 g/ml
Kalor jenis	: 2,55 kJ/(kg.K)
Viskositas	: 1,8 mPa.s
Titik didih	: 110 °C
Titik leleh	: -43 °C

Sifat kimia : memiliki bau yang kuat, mudah menguap, beracun dan korosif

(Sumber : Cheremisinoff, 2000)

2.2.4 Natrium Hidroksida

Rumus molekul	: NaOH
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul	: 40 g/mol
Densitas	: 1 – 1,2 g/cm ³
Titik didih	: 1388°C
Titik Beku	: -74°C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap (pada 20 °C)	: 1 mmHg pada 739 °C
<i>Heating Value</i>	: 4,184 J.g ⁻¹
Titik Nyala	: <i>Non Flameable</i>
Suhu	: 30°C
Kelarutan	: Larut sempurna dalam air

(Sumber : labchem.com)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas atau *quality control* (QR) merupakan bagian yang penting di pabrik biodiesel untuk mengetahui bahwa bahan baku, produk, dan kualitas air secara konsisten mempunyai mutu yang sesuai dengan tujuan pemakaian agar sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan dan sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Bahan baku dapat menentukan kualitas produk yang akan dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan bahan baku dengan yang kualitas yang baik harus dilakukan. Bahan baku dengan pengujian sesuai standar perlu dilakukan sebelum memulai proses produksi. Adapun parameter yang akan diukur untuk menganalisa bahan baku sebagai berikut:

- a. Kemurnian dari bahan baku esterifikasi seperti NaCl, NaOH, dan metanol
- b. Kandungan dalam asam lemak bebas (FFA), NaCl, dan metanol
- c. Kadar air
- d. Kadar zat pengotor

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan dan hal ini harus dilakukan dari bahan baku sampai menjadi produk. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan

analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol sehingga menghasilkan mutu sesuai standar yang diharapkan.

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room* dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila ada indikator menyimpang yang telah ditetapkan maka dapat dilihat dari sinyal seperti alarm berbunyi atau lampu indikator menyala. Jika terjadi penyimpangan maka harus dikembalikan ke keadaan semula secara manual atau otomatis.

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak sesuai, kesalahan operasi, dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil analisa laboratorium pemeriksaan. Pengendalian kualitas pada pabrik biodiesel ini adalah sebagai berikut:

a. Pengendalian kualitas bahan baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk mengetahui bahan sesuai spesifikasi yang telah ditentukan jika tidak sesuai maka bahan baku akan dikembalikan ke *supplier*.

b. Pengendalian kualitas bahan pembantu

Kualitas bahan pembantu juga sama pentingnya dengan bahan baku karena akan berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi agar sesuai spesifikasi.

c. Pengendalian kualitas produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produk biodiesel dan air.

d. Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan dari satu tempat ke tempat lain

Pengendalian kualitas ini merupakan pengawasan produk biodiesel dari tangki penyimpanan sementara (*day tank*) ke tangki penyimpanan tetap (*storage tank*), dari *storage tank* ke mobil truk atau kapal.

2.3.3 Pengendalian Proses

Pengendalian proses dapat tercapai jika bahan untuk proses seperti bahan baku dan bahan pembantu harus terpenuhi sesuai standar agar tidak terjadi kekurangan pada ketersediaan bahan tersebut. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room* secara otomatis. Alat kontrol yang digunakan untuk pengendalian proses yaitu:

a. *Level control*

Alat ini akan mengidentifikasi kondisi yang telah ditetapkan suatu cairan agar tidak mencapai batas maksimum.

b. *Flow rate*

Flow rate berfungsi untuk mengukur jumlah suatu cairan yang bergerak melalui aliran masuk maupun aliran keluar proses.

c. Temperature control

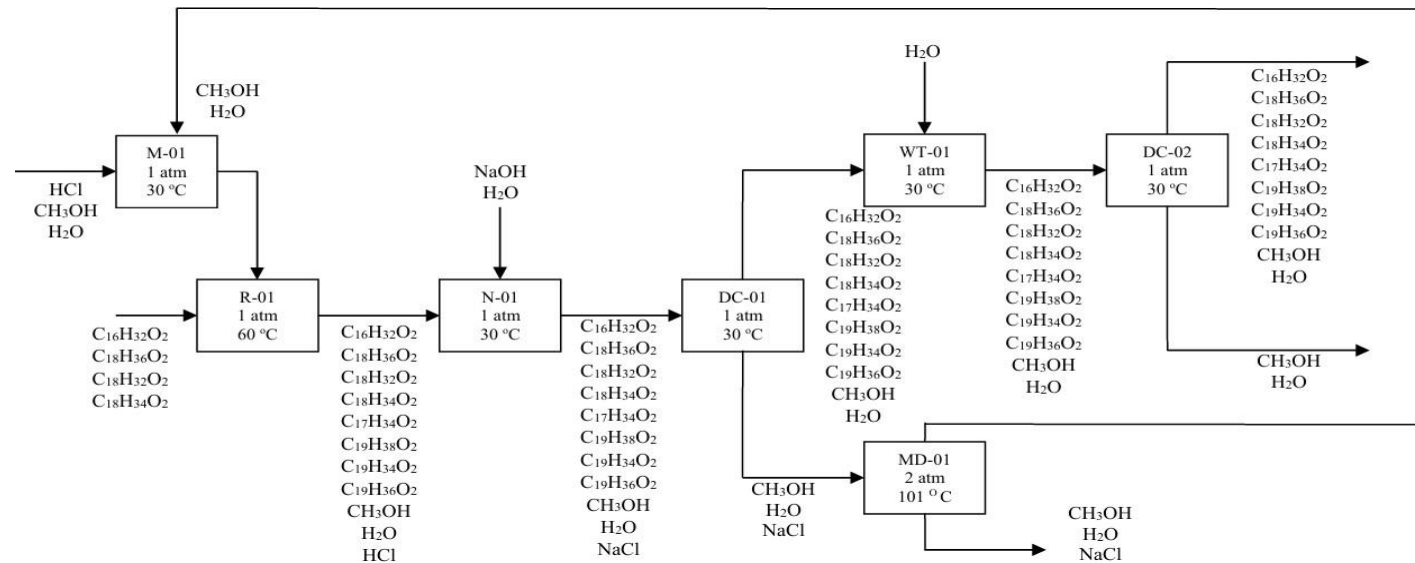
Temperature control berfungsi untuk mengatur suhu pada suatu alat agar tetap pada suhu ideal sehingga produk yang dihasilkan tetap berkualitas.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

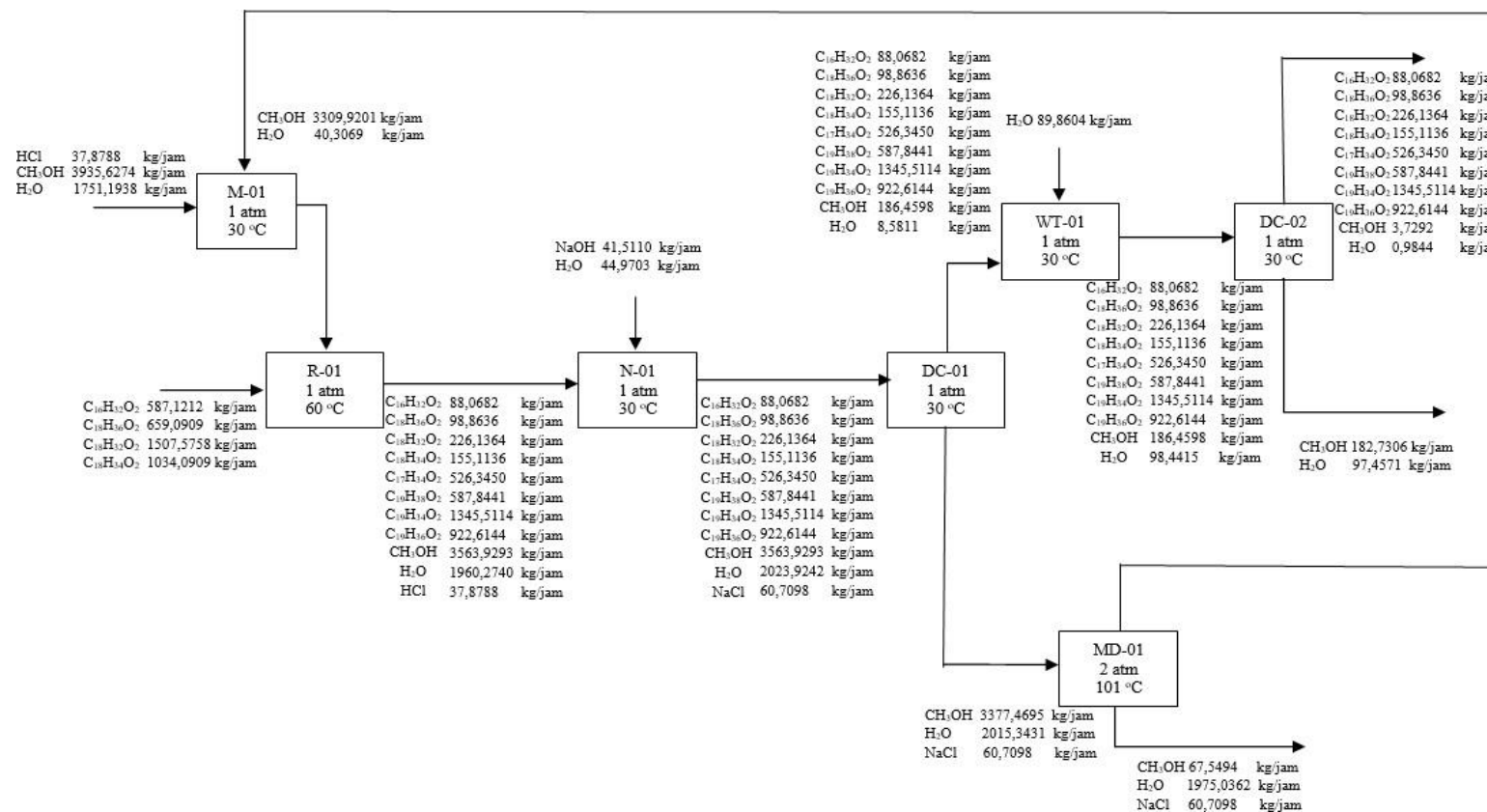
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

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

Untuk proses pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak nyamplung menggunakan proses esterifikasi. Pada dasarnya esterifikasi merupakan proses mengkonversi minyak nabati (asam) menjadi metil ester atau biodiesel, yang mana terjadi melalui reaksi alkohol yang akan menghasilkan produk samping berupa air. Pembuatan biodiesel ini menggunakan proses esterifikasi dengan katalis asam (HCl) dengan minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dan metanol (CH_3OH) sebagai bahan baku utama. Proses berlangsung pada suhu 60°C dengan tekanan 1 atm secara kontinyu.

Proses pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung dan metanol dengan proses esterifikasi dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu :

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

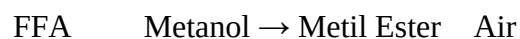
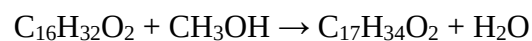
3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Asam Klorida cair (HCl) dari tangki penyimpanan bahan baku (T-01) dan metanol (CH_3OH) dari tangki penyimpanan (T-02), yang disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, dialirkan ke *mixer* (M-01). Setelah campuran metanol (CH_3OH) dan asam klorida (HCl) menjadi homogen, campuran tersebut dipanaskan menggunakan *heater*

(H-01) hingga mencapai suhu 60°C. Kemudian, campuran dialirkan ke reaktor alir tangki berpengaduk atau (RATB) (R-01). Pada tangki penyimpanan minyak nyamplung (T-03), minyak nyamplung disimpan temperatur 30°C dengan tekanan 1 atm kemudian dialirkan dengan pompa (P-04) menuju reaktor (R-01) yang sebelumnya dipanaskan dengan *heater* (HE-02) sampai suhu 60°C.

3.2.2 Proses Pembentukan Produk

Pada proses pembentukan biodiesel, campuran methanol (CH₃OH) dan HCl dengan minyak nyamplung direaksikan pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm didalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan kondisi isothermal dengan sifat reaksi eksotermis *reversible* yang mana suhu reaksi dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping. Untuk menjaga suhu 60°C, setiap reaktor dilengkapi dengan *coil* pendingin. Konversi pada reaktor (R-01) sebesar 85%. Adapun reaksi yang terjadi didalam reaktor seperti berikut:



Hasil dari reaksi berupa produk biodiesel (metil ester) dan air (H₂O) yang keluar reaktor pada suhu 60°C pada tekanan 1 atm akan dinetralkan pada *Netralizer* (N-01). Sebelum dialirkan menuju *Netralizer* (N-01) produk didinginkan terlebih dahulu menggunakan

pendingin atau *Cooler* (CL-01). Larutan basa kuat yaitu NaOH 48% dicampurkan pada *Netralizer* (N-01) bertujuan untuk menghilangkan HCl yang terikut dalam larutan. Pada *Netralizer* (N-01) terjadi reaksi antara asam klorida (HCl) dan natrium hidroksida (NaOH) akan menghasilkan garam (NaCl) dan air. Reaksi *Netralizer* berlangsung pada suhu 30°C pada tekanan 1 atm.

3.2.3 Proses Pemurnian Produk

Pada proses pemurnian produk, produk keluaran dari *Netralizer* (N-01) dialirkan menuju *decanter* (DC-01) dengan menggunakan pompa (P-07). Fungsi dari *decanter* untuk memisahkan metanol (CH_3OH), *free fatty acid* (FFA), NaCl, metil ester/biodiesel dan air sebagai produk samping. Penggunaan *decanter* (D-01) berdasarkan perbedaan densitas dan kelarutan dari campuran minyak. Perbedaan densitas dan kelarutan dari kedua campuran ini menyebabkan terbentuknya dua lapisan di dalam *decanter*. Lapisan atas (*light stream*) merupakan campuran yang memiliki densitas lebih ringan berupa biodiesel dan *free fatty acid* (FFA). Lapisan bawah (*heavy stream*) merupakan campuran yang memiliki densitas lebih berat berupa campuran air, metanol, dan NaCl, terpisah melalui bagian bawah *dekanter* (DC-01) sebagai fase berat atau *heavy stream*.

Pada keluaran atas *decanter* (DC-01) berupa metil ester/biodiesel, metanol, *free fatty acid* (FFA), dan air dialirkan dengan pompa (P-08)

menuju *washing tank* (WT-01) untuk dicuci dengan menggunakan air proses utilitas pada suhu 30°C. Adapun tujuan dari pencucian yaitu untuk melarutkan bahan-bahan yang masih terbawa di dalam metil ester atau biodiesel seperti metanol, FFA dan air. Hasil keluaran *washing tank* (WT-01) akan dialirkan dengan pompa (P-09) menuju dekanter 2 (DC-02) untuk dipisahkan kembali antara metil ester atau biodiesel dengan komponen pengotor. Hasil keluaran atas *decanter* 2 (DC-02) fase ringan (*light stream*) berupa metil ester yang masih mengandung FFA, metanol dan air yang sedikit, akan dialirkan menuju tangki penyimpanan. Kemudian produk utama biodiesel akan disimpan pada tangki penyimpanan (T-05). Hasil keluaran bawah *decanter* 2 (DC-02) berupa air yang mengandung metanol sebagai fase berat (*heavy stream*) dan masuk unit pengolahan limbah.

Pada keluaran bawah *decanter* (DC-01) dialirkan dengan pompa (P-11) menuju menara distilasi (MD-01). Pada menara distilasi (MD-01) hasil penguapan berupa metanol dan air kemudian dialirkan ke kondensor (CD-01) sehingga berubah fasa menjadi cair dan di *recycle* kembali sebagai umpan masuk reaktor, metanol dan air dialirkan ke dalam *Cooler* (CL-02). Hasil bawah menara distilasi (MD-01) berupa metanol, air, dan NaCl kemudian dialirkan menuju unit pengolahan limbah.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

a. *Mixer* (M-01)

Fungsi : Mencampurkan HCl dan metanol (CH_3OH) secara homogen sebelum menuju Reaktor (R-01)

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

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

Dimensi *mixer*

- Diameter : 2,18 m
- Tinggi : 2,58 m
- Tebal *shell* : 0,25 in
- Tebal *head* : 0,25 in

Pengaduk *mixer*

- Jenis : *Six-blade turbine, vertical blades*
- Diameter pengaduk : 0,721 m
- Jumlah pengaduk : 1 buah
- Lebar baffle : 0,180 m

- Kecepatan putaran : 34,774 rpm

- *Power* : 0,125 Hp

Harga : \$ 223,036

b. Reaktor (R-01)

Fungsi : Mereaksikan minyak nyamplung dengan metanol menggunakan katalis HCl

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm

- Suhu : 60 °C

Bahan konstruksi : *Stainless steel type 316*

Dimensi Reaktor

- Diameter reaktor : 1,60 m

- Tinggi reaktor : 2,25 m

- Tebal *shell* : 0,19 in

- Tinggi cairan *shell* : 1,60 m

- Tebal *head* : 0,19 in

- Jenis *head* : *Torispherical dished head*

Pengaduk reaktor

- Jenis : *Six-blade turbine, vertical blades*

- Diameter pengaduk : 0,535 m
- Jumlah pengaduk : 1 buah
- Lebar *baffle* : 0,134 m
- Kecepatan putaran : 122,17 rpm
- *Power* : 3 Hp

Coil pendingin (R-01)

- Tinggi *Coil* : 3,10 m
- Tinggi tumpukan *coil* : 0,356 m
- Jumlah lilitan : 3 lilitan
- Lengkungan *coil* : 1,12 m
- Panjang *coil* : 10,39 in
- Diameter dalam *coil* : 0,08 m
- Diameter luar *coil* : 0,09 m
- Luas selubung : 26,51 ft²
- Luas perpindahan panas: 99,39 ft

Harga : \$ 191,056

c. *Netralizer* (N-01)

Fungsi : Menetralkan HCl sebagai katalis dengan menggunakan NaOH sehingga diperoleh larutan garam atau NaCl

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167*

Dimensi *Netralizer*

- Volume : 13,252 m³
- Diameter : 2,241 m
- Tinggi : 4,217 m
- Tebal *shell* : 0,250 in
- Tinggi cairan *shell* : 3,361 m
- Tebal *head* : 0,1875 in
- Jenis *head* : *Torispherical*

Pengaduk *Netralizer*

- Jenis : *Six-blade turbine, vertical blades*
- Diameter pengaduk : 0,747 m
- Jumlah pengaduk : 1 buah
- Lebar baffle : 0,127 m
- Kecepatan putaran : 125 rpm
- *Power* : 15 Hp

Harga : \$ 118,546

d. *Decanter (D-01)*

Fungsi : Memisahkan komponen biodiesel dengan komponen air

Jenis : *Horizontal Silinder*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C
- Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 316*

Dimensi *decanter*

- Diameter : 1 m
- Panjang : 2,93 m
- Tebal *shell* : 0,1875 in
- Tebal *head* : 0,1875 in
- Waktu tinggal : 10 menit

Harga : \$ 185,317

e. *Decanter (D-02)*

Fungsi : Memisahkan biodiesel dari sisa campuran hasil pencucian H₂O yang keluar dari *Washing tank*

Jenis : *Horizontal Silinder*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 316*

Dimensi *decanter*

- Diameter : 0,54 m
- Panjang : 1,63 m
- Tebal *shell* : 0,19 in
- Tebal *head* : 0,19 in
- Waktu tinggal : 10 menit

Harga : \$ 96,641

f. *Washing tank* (WT-01)

Fungsi : Mencuci biodiesel dari *decanter* 1 menggunakan air pencuci

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

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

Dimensi *Washing tank*

- Volume : 5,6415 m³
- Diameter : 1,93 m
- Tinggi : 96,6 m
- Tebal *shell* : 0,250 in
- Tebal *head* : 0,250 in
- Waktu tinggal : 10 menit

Pengaduk *Washing tank*

- Jenis : *Six-blade turbine, vertical blades*
- Diameter pengaduk : 0,808 m
- Jumlah pengaduk : 1 buah
- Lebar baffle : 1,132 m
- Kecepatan putaran : 58 rpm
- *Power* : 0,25 Hp

Harga : \$ 806,045

g. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan air dan metanol berdasarkan perbedaan titik didih

Jenis : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

- Tekanan : 2,35 atm
- Suhu : 101°C

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA 167*

Dimensi Distilasi

- Diameter Kolom : 2,5593 m
- Tinggi : 4 m
- Tebal *shell* : 0,006 m
- Tebal *head* : 0,009 m
- Jumlah *Plate* : 10 buah
- Tebal *Tray* : 0,005 m
- Diameter *Hole* : 0,015 m
- Jumlah *Hole* : 624,86 buah
- *Tray Spacing* : 0,30 m
- Panjang *Weir* : 1,920 m
- Tinggi *Weir* : 0,06 m

Harga : \$ 56,930

h. Condenser (CD-01)

Fungsi : Mengembunkan hasil atas Menara distilasi

Jenis : *Shell and Tube*

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

Jumlah 1

Harga : \$ 40,062

Tabel 3. 1 Kondenser (CD-01)

Operating Condition				
<i>position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	Fluida Panas (produk)		Fluida dingin (<i>Water</i>)	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate, kg/jam</i>	0	3.350,2269	17.159,92	17.159,92
<i>Vapor flowrate, kg/jam</i>	3.350,2269	0	0	0
<i>Temperature, °C</i>	101	85	30	40
<i>Pressure, atm</i>	2	2	1	1

Mechanical Design			
<i>Shell (Hot Fluid)</i>		<i>Tube (Water)</i>	
<i>Length, ft</i>	16	<i>Length, ft</i>	16
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	6
<i>ID, in</i>	15,25	<i>OD, in</i>	1
<i>Baffle Space, in</i>	11,44	<i>Number tube, buah</i>	74
		<i>A, ft²</i>	265,046
		<i>BWG</i>	16
		<i>Pitch, triangular, in</i>	1,25
ΔP perhitungan, psi	0,03	ΔP perhitungan, psi	4,49
ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP Diiijinkan, psi	10
R_{dmin} , Btu.hr.ft ² .°F	0,001	R_{dmin} , Btu.hr.ft ² .°F	0,001
R_{dcal} , Btu.hr.ft ² .°F	0,039	R_{dcal} , Btu.hr.ft ² .°F	0,039

i. Reboiler (RB-01)

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

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 type 304*

Spesifikasi

$a'', \text{ in}^2$: 0,594

$Pt, \text{ Triangular}$: 1,25

$Passes$: 4

$A, \text{ ft}^2$: 291,5

$Uc, \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{ }^\circ\text{F}$: 250

$Ud, \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{ }^\circ\text{F}$: 81,663

$Rd \text{ calculated}$: 0,0082

Cold Fluid : *shell, produk (CH₃OH, H₂O, dan NaCl)*

Aliran fluida : *cold fluid*

$IDs, \text{ in}$: 15,25

$Passes$: 1

ΔP perhitungan, psi: 0,0082

ΔP diizinkan, psi : 10

Hot fluid : *Tube, Steam*

Aliran fluida : *hot fluid*

$Nt, \text{ buah}$: 80

L, ft	16
OD, in	1
ID, in	: 0.87
BWG	16
ΔP perhitungan, psi	0,0166
ΔP diizinkan, psi	10
Harga, \$	: \$ 26,357

j. *Accumulator (ACC-01)*

Fungsi : Menampung keluaran kondensor pada MD

Jenis : *Horizontal cylinder*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

- Suhu, °C : 87
- Tekanan, atm : 2,18

Bahan konstruksi : *stainlees steel SA 167 type 304*

Kapasitas, m³ : 1,11

Diameter *shell*

- Diameter, m : 0,61
- Panjang, m : 3,64
- Tebal *shell*, in : 0,19

Diameter *head*

- Diameter, in : 32
- Panjang, m : 0,14

- Tebal *head*, in : 0,19
- Panjang total, m : 3,915

Harga, \$: \$ 11,597

k. *Heater 1 (HE-01)*

Fungsi : Memanaskan umpan Metanol dan HCl dari 30°C menjadi 60°C dari *Mixer (M-01)* menuju reaktor (*R-01*)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan : *Stainlees Steel SA-167 type 316*

Harga : \$ 4,451

Tabel 3. 2 *Heater 1 (HE-01)*

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Annulus (produk)</i>		<i>Inner pipe (steam)</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
Tekanan, atm	1	1	1	1
<i>Temperatur, °C</i>	30	60	100	100
Beban Panas	492.204,46 kJ/jam			

<i>Mechanical Design</i>			
<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
<i>Length, ft</i>	20	<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, buah</i>	2	<i>Hairpin, buah</i>	2
ID, in	3,07	ID, in	2,07

Lanjutan Tabel 3.2

Mechanical Design			
<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
OD, in	3,50	OD, in	2,38
A, ft ²	24,17		
ΔP perhitungan, psi	1,01	ΔP perhitungan, psi	0,25
ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP Diiijinkan, psi	10
Rdmin, Btu.hr.ft ² .°F	0,003	Rdmin, Btu.hr.ft ² .°F	0,003
Rdcal, Btu.hr.ft ² .°F	0,004	Rdcal, Btu.hr.ft ² .°F	0,004

1. *Heater 2 (HE-02)*

Fungsi : memanaskan bahan baku Minyak Nyamplung dari
30°C menjadi 60°C menuju reaktor (R-01)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan : *Stainlees Steel SA-167 type 316*

Harga : \$ 4,451

Tabel 3. 3 *Heater 2 (HE-02)*

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Annulus (Produk)</i>		<i>Inner pipe (Steam)</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
Tekanan, atm	1	1	1	1
Temperatur, °C	30	60	100	100

Lanjutan Tabel 3.3

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Annulus (Produk)</i>		<i>Inner pipe (Steam)</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
Beban Panas	243.499,07 kJ/jam			

Mechanical Design			
<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
<i>Length, ft</i>	20	<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, buah</i>	6	<i>Hairpin, buah</i>	6
ID, in	4,03	ID, in	3,07
OD, in	4,50	OD, in	3,50
A, ft ²	119,59		
ΔP perhitungan, psi	3,64	ΔP perhitungan, psi	0.18
ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP Diiijinkan, psi	10
Rdmin, Btu.hr.ft ² .°F	0,003	Rdmin, Btu.hr.ft ² .°F	0,003
Rdcal, Btu.hr.ft ² .°F	0,02	Rdcal, Btu.hr.ft ² .°F	0,02

m. *Heater 3 (HE-03)*

Fungsi : Menaikkan *temperature* keluaran bawah DC-01 menuju MD-01 dari suhu 30°C menjadi suhu 101°C

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Bahan : *Stainlees Steel SA-167 type 316*

Harga : \$ 4,451

Tabel 3. 4 Heater 3 (HE-03)

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Annulus (produk)</i>		<i>Inner pipe (steam)</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
Tekanan, atm	1	1	1	1
Temperatur, °C	30	101	150	150
Beban Panas	1.446.629 kg/jam			

Mechanical Design			
<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
<i>Length, ft</i>	20	<i>Length, ft</i>	20
<i>Hairpin, buah</i>	3	<i>Hairpin, buah</i>	3
ID, in	3,07	ID, in	2,07
OD, in	3,5	OD, in	2,38
A, ft ²	192,72		
Δ P perhitungan, psi	0,0003	Δ P perhitungan, psi	0,43
Δ P Diijinkan, psi	10	Δ P Diijinkan, psi	10
Rdmin, Btu.hr.ft ² .°F	0,003	Rdmin, Btu.hr.ft ² .°F	0,003
Rdcal, Btu.hr.ft ² .°F	0,02	Rdcal, Btu.hr.ft ² .°F	0,02

n. *Cooler 1 (CL-1)*

Fungsi : Menurunkan suhu hasil keluaran R-01 dari suhu 60°C menjadi suhu 30°C untuk dialirkan ke *Netralizer (N-01)*

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 grade C*

Harga : \$ 1,523

Tabel 3. 5 Cooler 1 (CL-01)

Operating Condition				
Position	Annulus (Produk)		Inner pipe (water)	
	In	Out	In	Out
Tekanan, atm	1	1	1	1
Temperatur, °C	60	30	25	45
Beban Pendingin	2.254,8 kJ/jam			
Mechanical Design				
Annulus		Inner Pipe		
Length, ft	20	Length, ft	20	
Hairpin, buah	1	Hairpin, buah	1	
ID, in	4,026	ID, in	3,068	
OD, in	4,5	OD, in	3,5	
		A, ft ²	6,167	
Δ P perhitungan, psi	0,0035	Δ P perhitungan, psi	0,0017	
Δ P Diiijinkan, psi	10	Δ P Diiijinkan, psi	10	
Rdmin, Btu.hr.ft ² .°F	0,003	Rdmin, Btu.hr.ft ² .°F	0,003	
Rdcal, Btu.hr.ft ² .°F	0,6782	Rdcal, Btu.hr.ft ² .°F	0,6782	

o. *Cooler 2 (CL-02)*

Fungsi : Menurunkan suhu umpan methanol dan air

dari suhu 85 °C menjadi 30 °C untuk di *recycle*
kembali ke *mixer* (M-01)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*
Jumlah : 1 buah
Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 283 grade C*
Harga : \$ 937

Tabel 3. 6 Cooler 2 (CL-02)

Operating Condition				
Position	Annulus (Produk)		Inner pipe (Water)	
	In	Out	In	Out
Tekanan, atm	1	1	1	1
Temperatur, °C	85	30	25	45
Beban Pendingin	3.061,85 kJ/jam			
Mechanical Design				
Annulus		Inner Pipe		
Length, ft	20	Length, ft	20	
Hairpin, buah	1	Hairpin, buah	1	
ID, in	4,026	ID, in	3,068	
OD, in	4,5	OD, in	3,5	
A, ft²	3,170			
ΔP perhitungan, psi	0,1120	ΔP perhitungan, psi	0,000015	
ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP Diiijinkan, psi	10	
Rdmin, Btu.hr.ft².°F	0,003	Rdmin, Btu.hr.ft².°F	0,003	
Rdcal, Btu.hr.ft².°F	0,4007	Rdcal, Btu.hr.ft².°F	0,4007	

3.3.2 Spesifikasi alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

a. Tangki penyimpanan HCl (T-01)

Fungsi : Menyimpan bahan baku Asam Klorida
(HCl) untuk kebutuhan produksi selama 7 hari

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

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

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

Dimensi tangki

- Volume : 20 m³
- Diameter : 4,572 m
- Tinggi : 1,219 m
- Tebal *shell* : 0,3125 in
- Jumlah *course* : 3
- Tinggi *head* : 3 m
- Tebal *head* : 0,004 m
- Tinggi total : 4,3 m

Harga : \$ 64,896

b. Tangki penyimpanan CH₃OH (T-02)

Fungsi : Menyimpan bahan baku CH_3OH untuk kebutuhan produksi selama 7 hari

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

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

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

Dimensi tangki

- Volume : 810,23 m³
- Diameter : 13,716 m
- Tinggi : 5,486 m
- Tebal *shell* : 0,625 in
- Jumlah *course* : 3
- Tinggi *head* : 9,0 m
- Tebal *head* : 0,703 in
- Tinggi total : 14,5 m

Harga : \$ 622,603

c. Tangki Penyimpanan Minyak Nyamplung (T-03)

Fungsi : menyimpan bahan baku Minyak Nyamplung untuk

kebutuhan produksi selama 7 hari

Jenis : tangki silinder tegak dengan dasar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk *torispherical*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

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

Dimensi tangki

- Volume : 490,1388 m³
- Diameter : 10,668 m
- Tinggi : 5,486 m
- Tebal *shell* : 0,50 in
- Jumlah *course* : 3
- Tinggi *head* : 7,020 m
- Tebal *head* : 0,32 in
- Tinggi total : 12,507 m
- Harga : \$ 449,117

d. Tangki Penyimpanan NaOH (T-04)

Fungsi : menyimpan bahan baku NaOH untuk kebutuhan proses produksi selama 7 hari

Jenis : tangki silinder tegak dengan dasar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk *torispherical*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

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

Dimensi tangki

- Volume : 40,01 m³
- Diameter : 4,572 m
- Tinggi : 2,4384 m
- Tebal *shell* : 0,3125 in
- Jumlah *course* : 2
- Tinggi *head* : 3,031 m
- Tebal *head* : 0,1389 in
- Tinggi total : 5,469 m

Harga : \$ 310,540

e. Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-05)

Fungsi : menyimpan produk biodiesel untuk kebutuhan produksi selama 7 hari

Jenis : tangki silinder tegak dengan dasar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk *torispherical*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 °C

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

Dimensi tangki

- Volume : 640,18 m³
- Diameter : 12,192 m
- Tinggi : 5,4864 m
- Tebal *shell* : 0,625 in
- Jumlah *course* : 3
- Tinggi *head* : 8,013 m
- Tebal *head* : 0,370 in
- Tinggi total : 13,499 m

Harga : \$ 534,279

3.3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

a. Pompa

Tabel 3. 7 Spesifikasi pompa

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-01	P-02
Fungsi	Mengalirkan umpan HCl dari tangki penyimpanan (T-01) ke <i>mixer</i> (M-01)	Mengalirkan umpan CH ₃ OH dari tangki penyimpanan (T-02) ke <i>mixer</i> (M-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
<i>Impeller</i>	<i>Radial flow Impellers</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>
Kapasitas, gpm	0,595	35,063
<i>Rate volumetric, ft³/s</i>	0,001	0,078
Kecepatan aliran, ft/s	1,344	2,661
Dimensi Pompa		
ID, in	0,364	2,32
OD, in	0,54	2,88
IPS, in	0,25	2,5
<i>Flow area, in²</i>	0,142	4,23
<i>Power motor, Hp</i>	0,05	0,5
<i>Power pompa, Hp</i>	0,02	0,33
Harga, \$	27,879	38,071

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan umpan Metanol dan HCl dari <i>mixer</i> (M-01) ke Reaktor (R-01)	Mengalirkan minyak nyamplung dari (T-03) ke Reaktor (R-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>

Lanjutan Tabel 3.7

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-03	P-04
Bahan konstruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>
Kapasitas, gpm	35,654	22,633
<i>Rate volumetric, ft³/s</i>	0,079	0,050
Kecepatan aliran, ft/s	2,706	2,463
Dimensi Pompa		
ID, in	2,32	1,939
OD, in	2,88	2,38
IPS, in	2,5	2
<i>Flow area, in²</i>	4,23	2,95
<i>Power motor, Hp</i>	3	0,750
<i>Power pompa, Hp</i>	1,66	0,43
Harga, \$	38,071	36,899

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan umpan biodiesel dari reaktor (R-01) ke <i>neutralizer</i> (N-01)	Mengalirkan umpan bahan baku NaOH dari tangki penyimpanan (T-04) ke <i>neutralizer</i> (N-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>	<i>Radial flow Impellers</i>
Kapasitas, gpm	58,058	0,300
<i>Rate volumetric, ft³/s</i>	0,129	0,001

Lanjutan Tabel 3.7

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-05	P-06
Kecepatan aliran, ft/s	2,820	1,336
Dimensi Pompa		
ID, in	2,9	0,30
OD, in	3,5	0,54
IPS, in	3	0,75
<i>Flow area</i> , in ²	6,61	0,072
<i>Power motor</i> , Hp	1	0,050
<i>Power pompa</i> , Hp	0,78	0,04
Harga, \$	39,476	27,060

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan umpan biodiesel dari <i>netralizer</i> (N-01) ke <i>decanter</i> (DC-01)	Mengalirkan keluaran atas biodiesel dari <i>decanter</i> (DC-01) ke <i>Washing tank</i> (WT-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>
Kapasitas, gpm	58,051	23,814
<i>Rate volumetric</i> , ft ³ /s	0,129	0,053
Kecepatan aliran, ft/s	2,819	2,592
Dimensi Pompa		
ID, in	2,9	1,9
OD, in	3,5	2,4

Lanjutan Tabel 3.7

Dimensi Pompa		
IPS, in	3	2
Flow area, in ²	6,61	2,95
Power motor, Hp	3	1,5
Power pompa, Hp	2,19	0,98
Harga, \$	39,476	36,899

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-09	P-10
Fungsi	Mengalirkan umpan biodiesel dari <i>washing tank</i> (WT-01) ke <i>decanter</i> (DC-02)	Mengalirkan biodiesel dari (DC-02) ke Tangki Biodiesel (T-05)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>
Kapasitas, gpm	23,819	23.819
<i>Rate volumetric</i> , ft ³ /s	0,053	23.819
Kecepatan aliran, ft/s	2,592	23.819
Dimensi Pompa		
ID, in	1,9	1,9
OD, in	2,4	2,4
IPS, in	2	2
Flow area, in ²	2,95	2,95
Power motor, Hp	1,5	1,5
Power pompa, Hp	0,98	0,98
Harga, \$	36,899	36,899

Lanjutan Tabel 3.7

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-11	P-12
Fungsi	Mengalirkan keluaran bawah <i>decanter</i> (DC-01) ke (HE-03)	Mengalirkan keluaran (HE-03) ke Menara distilasi (MD-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>
Kapasitas, gpm	34,237	34.237
<i>Rate volumetric</i> , ft ³ /s	0,076	0,076
Kecepatan aliran, ft/s	3,281	3,281
Dimensi Pompa		
ID, in	2,1	2,1
OD, in	2,4	2,4
IPS, in	2	2
<i>Flow area</i> , in ²	3,35	3,35
<i>Power motor</i> , Hp	3	3
<i>Power pompa</i> , Hp	1,67	1,94
Harga, \$	37,251	37,251

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-13	P-14
Fungsi	Mengalirkan umpan atas dari Menara distilasi (MD-01) ke <i>mixer</i> (M-01) untuk di <i>recycle</i>	Mengalirkan H ₂ O ke (WT-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>

Spesifikasi Pompa		
Kode alat	P-13	P-14
Bahan konstruksi	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>	<i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow Impellers</i>	<i>Radial flow Impellers</i>
Kapasitas, gpm	22,483	0,478
<i>Rate volumetric, ft³/s</i>	0,050	0,001
Kecepatan aliran, ft/s	2,447	1,476
Dimensi Pompa		
ID, in	1,9	0,36
OD, in	2,4	0,54
IPS, in	2	0,25
<i>Flow area, in²</i>	2,95	0,104
<i>Power motor, Hp</i>	1	0,05
<i>Power pompa, Hp</i>	0,79	0,03
Harga, \$	36,899	27,879

3.4 Neraca Massa Alat

a. Neraca Massa di *Mixer* (M-01)

Tabel 3. 8 Neraca massa *mixer*

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
1	HCl	37,8788		37,879
2	CH ₃ OH		3.935,6274	3.935,627
3	H ₂ O	64,496	1.686,697	1.751,194

Sub Total	102,375	5.622,325	5.724,700
Total	5.724,700		5.724,700

b. Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Tabel 3. 9 Neraca massa reaktor

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 3	Arus 4	Arus 5
1	HCl	37,879		37,879
2	CH ₃ OH	3.935,627		3.563,929
3	H ₂ O	1.751,194		1.960,274
4	C ₁₆ H ₃₂ O ₂		587,1212	88,068
5	C ₁₈ H ₃₆ O ₂		659,0909	98,864
6	C ₁₈ H ₃₂ O ₂		1.507,5758	226,136
7	C ₁₈ H ₃₄ O ₂		1.034,0909	155,114
8	C ₁₇ H ₃₄ O ₂			526,345
9	C ₁₉ H ₃₈ O ₂			587,844
10	C ₁₉ H ₃₄ O ₂			1.345,511
11	C ₁₉ H ₃₆ O ₂			922,614
Sub Total		5.724,700	3.787,879	9.512,579
Total		9.512,579		9.512,579

c. Neraca Massa di Netralizer (N-01)

Tabel 3. 10 Neraca massa *Netralizer*

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 5	Arus 6	Arus 7
1	HCl	37,879		
2	CH ₃ OH	3.563,929		3.563,929
3	H ₂ O	1.960,274	44,970	2.023,924
4	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	88,068		88,068
5	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	98,864		98,864
6	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	226,136		226,136
7	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	155,114		155,114
8	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	526,345		526,345
9	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	587,844		587,844
10	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	1.345,511		1.345,511
11	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	922,614		922,614
12	NaOH		41,511	
13	NaCl			60,710
Sub Total		9.512,579	86,481	9.599,060
Total		9.599,060		9.599,060

d. Neraca Massa di *Decanter* (DC-01)

Tabel 3. 11 Neraca massa Dekanter 1

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 7	Arus 8	Arus 13
1	CH ₃ OH	3563,929	186,460	3377,469
2	H ₂ O	2023,924	8,581	2015,343
3	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	88,068	88,068	

Lanjutan Tabel 3.11

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 7	Arus 8	Arus 13
4	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	98,864	98,864	
5	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	226,136	226,136	
6	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	155,114	155,114	
7	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	526,345	526,345	
8	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	587,844	587,844	
9	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	1345,511	1345,511	
10	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	922,614	922,614	
11	NaCl	60,710		60,710
Sub Total		9.599,060	4.145,538	5.453,522
Total		9.599,060	9.599,060	

e. Neraca Massa di *Washing Tank* (WT-01)Tabel 3. 12 Neraca massa *washing tank*

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 8	Arus 9	Arus 10
1	CH ₃ OH	186,460		186,460
2	H ₂ O	8,581	89,860	98,442
3	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	88,068		88,068
4	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	98,864		98,864
5	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	226,136		226,136

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 8	Arus 9	Arus 10
6	$C_{18}H_{34}O_2$	155,114		155,114
7	$C_{17}H_{34}O_2$	526,345		526,345
8	$C_{19}H_{38}O_2$	587,844		587,844
9	$C_{19}H_{34}O_2$	1345,511		1345,511
10	$C_{19}H_{36}O_2$	922,614		922,614
Sub Total		145,538	89,860	4235,398
Total		4.235,398		4.235,398

f. Neraca Massa di *Decanter* (DC-02)

Tabel 3. 13 Neraca massa dekanter 2

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 10	Arus 11	Arus 12
1	CH_3OH	186,460	3,729	182,731
2	H_2O	98,442	0,984	97,457
3	$C_{16}H_{32}O_2$	88,068	88,068	
4	$C_{18}H_{36}O_2$	98,864	98,864	
5	$C_{18}H_{32}O_2$	226,136	226,136	
6	$C_{18}H_{34}O_2$	155,114	155,114	
7	$C_{17}H_{34}O_2$	526,345	526,345	
8	$C_{19}H_{38}O_2$	587,844	587,844	
9	$C_{19}H_{34}O_2$	1345,511	1345,511	

Lanjutan Tabel 3.13

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 10	Arus 11	Arus 12
10	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	922,614	922,614	
Sub Total		4235,398	3955,210	280,188
Total		4.235,398	4.235,398	

g. Neraca Massa Menara di Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 14 Neraca massa Menara distilasi

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 13	Arus 14	Arus 15
1	CH ₃ OH	3377,469	3309,920	67,549
2	H ₂ O	2015,343	40,307	1975,036
3	NaCl	60,710		60,710
Sub Total		5453,522	3350,227	2103,295
Total		5.453,522	5.453,522	

h. Neraca Massa di *Condensor* (CD-01)Tabel 3. 15 Neraca massa di *condenser* (CD-01)

Komponen	Input		Output			
	Kmol/jam	Kg/jam	(Reflux)		(Distilat)	
			Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam
CH ₃ OH	124,306	3977,804	20,871	667,884	103,435	3309,920

Lanjutan Tabel 3.15

Komponen	<i>Input</i>		<i>Output</i>			
	Kmol/jam	Kg/jam	(Reflux)		(Distilat)	
			Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam
H ₂ O	2,691	48,440	0,452	8,133	2,239	40,307
NaCl	0	0	0	0	0	0
Sub Total	126,997	4.026,244	21,323	676,017	105,674	3.350,227
Total	4.026,244		4.026,244			

i. Neraca Massa di Reboiler (RB-01)

Tabel 3. 16 Neraca massa reboiler

Komponen	<i>Input</i>		<i>Output</i>			
	Kmol/jam	Kg/jam	(Reflux)		(Distilat)	
			Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam
CH ₃ OH	2,375	76,002	0,264	8,453	2,111	67,549
H ₂ O	123,455	2.222,186	13,731	247,150	109,724	1.975,036
NaCl	1,168	68,307	0,130	7,597	1,038	60,710
Sub Total	126,997	2366,495	14,125	263,200	112,873	2.103,295
Total	2.366,495		2.366,495			

j. Neraca Massa Total

Tabel 3. 17 Neraca massa total

NERACA MASA TOTAL		
Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
CH ₃ OH	3.935,6274	3.563,9293
HCl	37,8788	
H ₂ O	1.886,0244	2.113,7846
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	587,1212	88,0682
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	659,0909	98,8636
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1.507,5758	226,1364
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1.034,0909	155,1136
NaOH	41,5110	
NaCl		60,7098
C ₁₇ H ₃₄ O ₂		526,3450
C ₁₉ H ₃₈ O ₂		587,8441
C ₁₉ H ₃₄ O ₂		1.345,5114
C ₁₉ H ₃₆ O ₂		922,6144
Total	9.688,9204	9.688,9204

3.5 Neraca Panas

a. Neraca panas di *Mixer* (M-01)

Tabel 3. 18 Neraca panas *mixer*

Komponen	ΔH in (Kg/jam)	ΔH out (Kg/jam)
HCl	565,1048	565,1048

Lanjutan Tabel 3.18

Komponen	ΔH in (Kg/jam)	ΔH out (Kg/jam)
CH ₃ OH	4.7621,9529	4.7621,9529
H ₂ O	35.446,8377	35.446,8377
Total	83.633,8954	83.633,8954

b. Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Tabel 3. 19 Neraca panas reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kg/jam)	ΔH out (Kg/jam)
Methanol	285.731,72	258.745,94
HCl	317.862,10	3.390,63
Water	212.681,03	238.073,64
Asam Palmitat	35.810,52	5.371,58
Asam stearat	41.75,53	6.266,33
Asam Linoleat	82.990,11	12.448,52
Asam oleat	60.270,56	9.040,58
Methyl Palmitat		7.943,72
Methyl stearat		37.039,62
Methyl Linoleat		68.697,69
Methyl oleat		55.993,56
ΔH Reaksi	-27,67	
Q terserap		334.082,07
Total	1.037.093,89	1.037.093,89

c. Neraca Panas di *Netralizer* (N-01)

Tabel 3. 20 Neraca panas *Netralizer*

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kg/jam)	ΔH out (Kg/jam)
Methanol	4.3124,324	4.3124,324
Water	3.9678,941	4.0967,318
HCl	565,105	0.000
Asam Palmitat	895,263	895,263
Asam Stereat	1.044,388	1.044,388
Asam Linoleat	2.074,753	2.074,753
Asam Oleat	1.506,764	1.506,764
Methyl Palmitat	1.323,953	1.323,953
Methyl Stearit	6.173,271	6.173,271
Methyl Linoleat	11.449,615	11.449,615
Methyl Oleat	9.332,261	9.332,261
NaOH	298,037	
NaCl		184,392
ΔH Reaksi	-0,126	
Q terserap		-609,755
Total	117.466,546	117.466,546

d. Neraca Panas di *Decanter* (DC-01)

Tabel 3. 21 Neraca panas *decanter* 1

Komponen	ΔH_1 (kj/jam) In	ΔH_1 (kj/jam) Atas	ΔH_1 (kj/jam) Bawah
Methanol	4.3124,324	2.256,205	40.868,119
Water	40.967,318	173,695	40.793,622
Asam Palmitat	895,263	895,263	
Asam Stereat	1.044,388	1.044,388	
Asam Linoleat	2.074,753	2.074,753	
Asam Oleat	1.506,764	1.506,764	
Methyl Palmitat	1.323,953	1.323,953	
Methyl Stearit	6.173,271	6.173,271	
Methyl Linoleat	11.449,615	11.449,615	
Methyl Oleat	9.332,261	9.332,261	
NaCl	184,392		184,392
Sub Total	118.076,301	36.230,167	81.846,134
Total	118.076,301	118.076,301	

e. Neraca Panas di Washing Tank (WT-01)

Tabel 3. 22 Neraca panas washing tank

Komponen	ΔH in (Kg/jam)	ΔH out (Kg/jam)
Asam Palmitat	895,263	895,263
Asam Stereat	1.044,388	1.044,388
Asam Linoleat	2.074,753	2.074,753
Asam Oleat	1.506,764	15.06,764
Methyl Palmitat	1.323,953	1.323,953
Methyl Stearit	6.173,271	6.173,271
Methyl Linoleat	11.449,615	11.449,615

Lanjutan Tabel 3.22

Komponen	ΔH in (Kg/jam)	ΔH out (Kg/jam)
Methyl Oleat	9.332,261	9.332,261
Metanol	1.035,321	1.035,321
H ₂ O	2.117,625	2.117,625
Total	36.953,213	36.953,213

f. Neraca Panas di *Decanter* (DC-02)

Tabel 3. 23 Neraca panas *decanter* 2

Komponen	$\Delta H1$ (kj/jam) In	$\Delta H1$ (kj/jam) Atas	$\Delta H1$ (kj/jam) Bawah
Methanol	2.256,205	45,124	2.211,081
Water	1.992,607	19,926	1.972,681
Asam Palmitat	895,263	895,263	
Asam Stereat	1.044,388	1.044,388	
Asam Linoleat	2.074,753	2.074,753	
Asam Oleat	1.506,764	1.506,764	
Methyl Palmitat	1.323,953	1.323,953	
Methyl Stearit	6.173,271	6.173,271	
Methyl Linoleat	11.449,615	11.449,615	
Methyl Oleat	9.332,261	9.332,261	
Sub Total	38.049,078	33.865,317	4.183,761
Total	38.049,078		38.049,078

g. Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 24 Neraca panas Menara distilasi

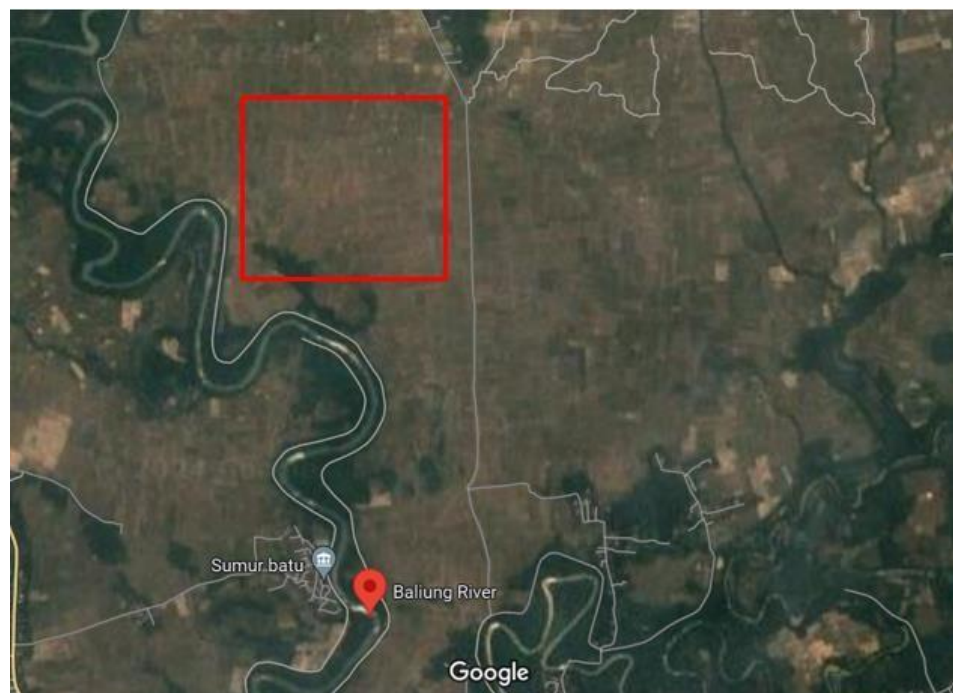
Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>
	ΔH_{in}	ΔH_{out}
	kJ/jam	kJ/jam
ΔH umpan	1.627.858	
ΔH distilat		657.696
ΔH condensor		-680.862
ΔH bottom		125.766,02
ΔH reboiler	-1.525.258	
Total	102.601	102.601

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik dapat mempengaruhi kedudukan dalam persaingan dan kelangsungan hidup suatu industri tersebut. Hal ini dikarenakan akan berdampak pada faktor produksi dan besarnya keuntungan yang didapatkan serta menjaga agar stabil hingga di masa yang akan datang. Pemilihan lokasi pabrik yang strategis didasari beberapa faktor untuk diperhatikan baik dalam segi teknis maupun segi ekonomis. Berdasarkan dengan faktor yang mempengaruhi maka pabrik biodiesel direncanakan akan didirikan di daerah Pandeglang, Banten.



Gambar 4. 1 Lokasi pabrik biodiesel

Pemilihan lokasi pabrik ini didasarkan pada beberapa faktor antara lain:

a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku berupa minyak nyamplung dengan kapasitas 30.000 ton/tahun diperoleh dari dalam negeri. Pabrik biodiesel ini terletak di Pandeglang, Banten, dimana letak pabrik tersebut dekat dengan produksi minyak nyamplung di PT Subur Anugerah Indonesia terletak di Banten yang menunjang pasokan bahan baku. Bahan pembantu seperti metanol diperoleh dari PT Kaltim Methanol Industri, Kalimantan Timur, NaOH dan HCl diperoleh dari PT Asahimas Chemical, Cilegon, Banten.

b. Pemasaran

Pabrik biodiesel diperuntukkan memenuhi kebutuhan biodiesel di dalam negeri. Daerah Banten yang akan didirikan pabrik biodiesel dengan kapasitas 30.000 ton/tahun memiliki wilayah yang strategis dengan industri lainnya yang dapat menunjang kebutuhan biodiesel yang diperlukan. Produk pabrik ini merupakan bahan baku pembuatan biodiesel sehingga dapat dipasarkan ke wilayah industri kimia yang membutuhkan bahan baku biodiesel. Salah satu pemasaran biodiesel telah didistribusikan ke Pertamina untuk pembuatan solar dimana campuran minyak solar dan biodiesel dengan perbandingan tertentu seperti (B20, B30, B50, atau B100). Pemasaran produk diharapkan tidak hanya di dalam negeri tapi juga dapat diekspor ke luar negeri.

c. Tenaga Kerja

Tenaga kerja mempengaruhi efisiensi kerja dan penekanan biaya produksi. Dengan adanya pendirian pabrik industri ini maka akan dapat membuka lapangan pekerjaan baru yang akan membantu mengurangi jumlah pengangguran dan dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat sekitar.

d. Sarana Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian merupakan kawasan strategis yang dapat dilakukan dengan sarana transportasi darat maupun laut yang mudah dijangkau karena dekat dengan jalan raya dan Sungai Baliung sehingga transportasi dari sumber bahan baku dan pasar tidak menjadi masalah.

e. Utilitas

Fasilitas utilitas yang dibutuhkan meliputi air, bahan bakar, dan listrik. Untuk pemenuhan air diperoleh dari Sungai Baliung, pemenuhan listrik dari PLN Posko Sumur Pandeglang, Banten.

f. Kondisi Tanah dan Iklim

Lokasi didukung dengan kondisi tanah yang datar, luas tanah yang relatif luas, dan kondisi iklim yang relatif stabil dapat menunjang keberlangsungan pabrik agar berjalan sebagai mestinya.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik diartikan sebagai tata cara bagaimana membuat suatu rancangan pabrik dengan pengaturan fasilitas-fasilitas yang terencana, sehingga akan menghasilkan kegiatan produksi yang sesuai dengan ketentuan dan aman. Penentuan tata letak pabrik adalah penempatan alat-alat produksi yang sedemikian rupa sehingga dalam proses produksi dapat memberikan keamanan dan kenyamanan. Selain peralatan, beberapa bangunan fisik seperti kantor, gudang, laboratorium, bengkel, dan lain-lainnya harus terletak pada bagian yang sesuai dengan ditinjau dari segi lalu lintas barang, kontrol, keamanan, dan ekonomi. Secara garis besar tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

- a. Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung
Area ini terdiri dari:
 1. Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik
 2. Laboratorium sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk
 3. Fasilitas-fasilitas bagi karyawan seperti: poliklinik, *mess*, kantin, aula, dan masjid.
- b. Daerah proses, ruang kontrol, dan perluasan merupakan lokasi alat-alat proses diletakkan untuk kegiatan produksi dan perluasannya.

- c. Daerah utilitas dan *power station* merupakan lokasi pusat kegiatan penyediaan air, *steam*, air pendingin, dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran.

Tabel 4. 1 Rincian luas bangunan

No	Area	Panjang	Lebar	Luas (m2)
1	Pos satpam 1	5	5	25
2	Kantor Utama	25	40	1.000
3	Gedung serbaguna	20	15	300
4	Area parkir utama	15	15	225
5	Masjid	10	8	80
6	Kantin	8	8	64
7	Koperasi	8	5	40
8	Area Mess	15	10	150
9	Poliklinik	15	10	150
10	Gudang	25	15	375
11	Area proses	50	40	2.000
12	Area utilitas	35	30	1.050
13	Ruang alat	15	10	150
14	Laboratorium	15	10	150
15	Area Timbang truk	10	8	80
16	Ruang <i>control process</i>	15	10	150
17	Ruang <i>control utilitas</i>	15	10	150
18	Area parkir truk	20	16	320
19	Ruang listrik	12	10	120
20	Bengkel	15	10	150
21	Area pemadam kebakaran	15	10	150
22	UPL	15	10	150
23	Kantor Teknik dan produksi	30	5	150
24	Perluasan Pabrik	50	20	1.000
25	Taman	10	10	100
26	Jalan	40	60	2.400
Luas Tanah				10.679
Luas Bangunan				7.279
Total				17.958



Gambar 4. 2 *Layout* pabrik biodiesel

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

Dalam perancangan tata letak peralatan proses terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

a. Aliran bahan baku dan produk

Aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan dalam segi ekonomis dan menunjang kelancaran serta keamanan dalam proses produksi.

b. Aliran udara

Aliran udara berguna untuk menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya sehingga terjadi pengendapan dan membahayakan tenaga kerja.

c. Pencahayaan

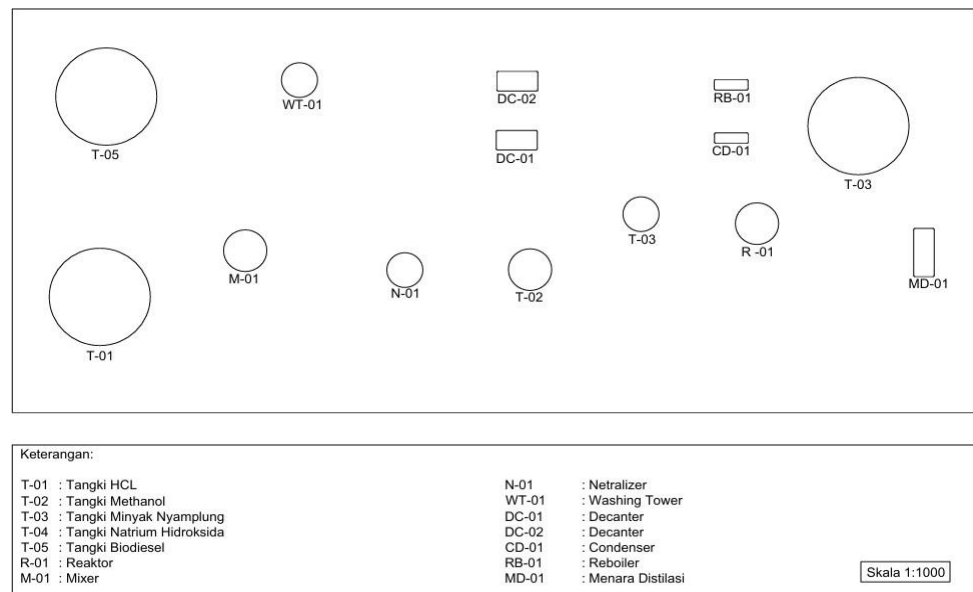
Penerangan berperan penting untuk keselamatan serta kelancaran alat proses produksi pabrik dikarenakan harus memperhatikan pencahayaan yang masuk sesuai standar di beberapa tempat untuk menghindari ledakan atau percikan.

d. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Lalu lintas manusia dan kendaraan perlu diperhatikan untuk memudahkan para pekerja untuk mencapai tujuan tempat alat proses dengan waktu yang signifikan dan mudah tanpa gangguan yang dapat menghambat proses produksi.

e. Jarak antar alat proses

Memberikan jarak pada alat proses perlu diperhatikan agar jika terjadi ledakan pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya karena masing-masing alat memiliki suhu dan tekanan yang berbeda.



Gambar 4. 3 Tata letak alat proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik biodiesel adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang modal awalnya diperoleh dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Bentuk PT ini adalah asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut.

- a. Mudah mendapatkan modal karena modal diperoleh melalui penjualan saham di pasar modal dimana apabila ada orang ikut serta menanamkan modal dalam jumlah kecil namun tidak

dihalangi pemasukan modal dalam jumlah besar sehingga memudahkan pergerakan di pasar modal dan pengumpulan modal dengan penjualan saham menjadi efektif.

- b. Wewenang dan tanggung jawab pemegang saham hanya menyetor penuh jumlah modal yang disebutkan dalam tiap-tiap saham tanpa ikut andil dalam mengelola perusahaan. Hal ini membuat kelancaran produksi lebih stabil karena pengelolaan perusahaan hanya dipegang oleh pemimpin perusahaan.
- c. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.
- d. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin dikarenakan jika pemegang saham berhenti dari jabatannya, maka tidak ada pengaruhnya terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja di perusahaan.

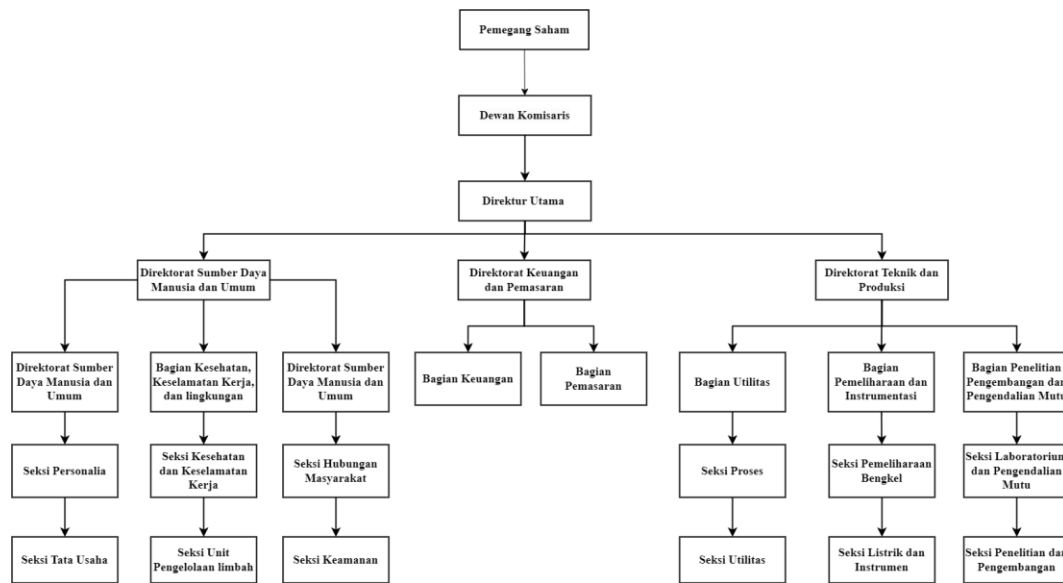
4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang jelas dan sistematis di dalam suatu perusahaan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kelangsungan dan kemajuan perusahaan karena berhubungan langsung dengan komunikasi dan kerjasama yang baik antar karyawan sehingga kegiatan operasional dapat berjalan dengan baik.

Pada pabrik biodiesel ini struktur organisasi yang dipilih adalah dengan sistem *line* dan *staff*. Kelebihan sistem ini adalah garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula dalam hal pembagian tugas kerja, seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, dimana karyawan hanya bertanggung jawab pada atasan saja. Dalam menjalankan organisasi, terdapat dua kelompok yang berpengaruh pada sistem ini, yaitu:

- a. Sebagai garis atau *line* merupakan orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan.
- b. Sebagai *staff* merupakan orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, berfungsi memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, sementara dalam hal tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur di bawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang merupakan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 4 Struktur organisasi pabrik

4.4.3

Tugas dan Wewenang

a. Pemegang saham

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga, para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan. Tugas dan wewenangnya adalah sebagai berikut.

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur.
2. Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
3. Mengadakan Rapat Umum Pemegang Saham minimal satu kali dalam setahun.

b. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggung jawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber dana dan pengarahan pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direksi.
3. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut:

1. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
2. Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham 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, antara lain:

1. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi, Bagian serta Bagian Umum dan Keamanan.

2. Direktorat Keuangan dan Pemasaran

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

3. Direktorat Teknik dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik.

Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

d. Bagian

Setiap bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggung jawab kepada direktorat yang menaunginya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari:

1. Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia.

2. Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.

3. Bagian Umum dan Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

4. Bagian Keuangan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

5. Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.

6. Bagian Proses dan Utilitas

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.

7. Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

8. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

e. Seksi

Setiap seksi memiliki tugas dan wewenang dalam melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan seksinya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing-masing. Setiap seksi bertanggung jawab kepada bagian yang menaunginya. Seksi-seksi tersebut terdiri dari:

1. Seksi Personalia

Bertanggung jawab dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan pengembangan sumber daya manusia.

2. Seksi Tata Usaha

Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis di bidang administrasi, kesekretariatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta aset perusahaan.

3. Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Bertanggung jawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

4. Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

5. Seksi Hubungan Masyarakat

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

6. Seksi Keamanan

Bertanggung jawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

7. Seksi Proses

Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

8. Seksi Utilitas

Bertanggung jawab dalam penyediaan air, *steam*, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

9. Seksi Pemeliharaan dan bengkel

Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukung proses produksi.

10. Seksi Listrik dan Instrumentasi

Bertanggung jawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

11. Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.

12. Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan.

f. Staf Ahli

Staf Ahli bertugas memberi masukan, baik berupa saran, nasihat, dan pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan. Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik, keuangan dan pemasaran maupun sumber daya manusia dan umum. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang sebagai berikut:

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

4.4.4 Pengaturan jam kerja

Pabrik biodiesel akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam perhari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perawatan (*maintenance*) atau *shut down*. Oleh karena itu, untuk menjaga kelancaran proses produksi serta kegiatan administrasi dan pemasaran, maka pembagian jam kerja harus diatur seefektif dan seefisien mungkin. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan pada perusahaan dibedakan menjadi dua golongan, yaitu:

a. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak menangani secara langsung proses produksi. Karyawan *non-shift* meliputi jajaran direksi, kepala bagian, kepala seksi, dan jabatan-jabatan di bawahnya yang bekerja di kantor. Karyawan *non-shift* bekerja selama 5 hari selama seminggu. Ketentuan jam kerjanya yaitu:

Senin-Kamis : 08.00-16.00 (istirahat 12.00-13.00) WIB

Jumat : 08.00-16.00 (istirahat 11.30-13.00) WIB

b. Jumlah Karyawan

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang menangani secara langsung proses produksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang berhubungan dengan keamanan dan kegiatan produksi. Karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian dalam sehari semalam, dengan pembagian *shift* sebagai berikut:

Shift 1 : 07.00-15.00 WIB

Shift 2 : 15.00-23.00 WIB

Shift 3 : 23.00-07.00 WIB

Jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian *shift* setiap 3 hari kerja sekali. Karyawan *shift* bekerja dengan sistem 3 hari kerja, 1 hari libur. Pada Hari Minggu dan libur hari besar semua karyawan *shift* tidak libur. Namun, setiap karyawan mendapatkan jatah cuti selama 12 hari

setiap tahunnya. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur.

Tabel 4. 2 Jadwal *shift* karyawan

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
B	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
C	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
D	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah tenaga kerja di perusahaan disesuaikan dengan kebutuhan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif. Pada sistem gaji karyawan terbagi menjadi tiga jenis, yaitu gaji bulanan, gaji harian, dan gaji lembur. Pada tabel di bawah ini menggunakan sistem gaji bulanan.

Rincian gaji setiap karyawan pada setiap jabatan dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji	Gaji/Tahun
1	Direktur Utama	1	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000	Rp 600.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 420.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 420.000.000
4	Staf Ahli	1	Rp 18.000.000	Rp 18.000.000	Rp 216.000.000
5	Sekretaris	1	Rp 17.000.000	Rp 17.000.000	Rp. 204.000.000
6	Kepala Bagian Umum	1	Rp 16.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
7	Kepala Bagian Produksi	1	Rp 16.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
8	Kepala Bagian Teknik	1	Rp 16.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
9	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 16.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
10	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 16.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
11	Kepala Bagian Litbang	1	Rp 16.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
12	Kepala Seksi Proses	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
13	Kepala Seksi Pembelian	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
14	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
15	Kepala Seksi Administrasi	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
16	Kepala Seksi Listrik dan Instrument	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
17	Kepala Seksi Pengembangan	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
18	Kepala Seksi Kas/Anggaran	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000

Lanjutan Tabel 4.3

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji	Gaji/Tahun
19	Kepala Seksi Pengendalian	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
20	Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
21	Kepala Seksi Humas	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
22	Kepala Seksi Personalia	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
23	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp 14.000.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
24	Karyawan Produksi	11	Rp 6.000.000	Rp 66.000.000	Rp 792.000.000
25	Karyawan Utilitas	8	Rp 6.000.000	Rp 48.000.000	Rp 576.000.000
26	Karyawan Laboratorium	3	Rp 6.000.000	Rp 18.000.000	Rp 216.000.000
27	Karyawan Pemeliharaan	3	Rp 6.000.000	Rp 18.000.000	Rp 216.000.000
28	Karyawan Litbang	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
29	Karyawan K3	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
30	Karyawan Personalia	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
31	Karyawan Pemasaran	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
32	Karyawan Humas	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
33	Karyawan Administrasi	5	Rp 6.000.000	Rp 30.000.000	Rp 360.000.000
34	Karyawan Pengendalian	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
35	Karyawan Pembelian	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
36	Operator Produksi	32	Rp 7.000.000	Rp 224.000.000	Rp 2.688.000.000
37	Operator Utilitas	16	Rp 7.000.000	Rp 112.000.000	Rp 1.344.000.000

Lanjutan Tabel 4.3

38	Dokter	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
39	Perawat	4	Rp 5.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
40	Supir	6	Rp 4.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
41	<i>Cleaning Service</i>	5	Rp 4.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
42	<i>Security</i>	6	Rp 4.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
Total		152	Rp 532.000.000	Rp 1.211.000.000	Rp 14.532.000.000

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Setiap karyawan mempunyai hak dalam hal ketenagakerjaan seperti yang tertuang dalam peraturan perundang-undangan. Hak-hak tersebut antara lain:

a. Tunjangan

Tunjangan karyawan terdiri dari:

1. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
2. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
3. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
4. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

b. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja. Sedangkan bagi karyawan *shift*, hari libur nasional dihitung sebagai kerja lembur (*overtime*).

c. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari:

1. Cuti tahunan

Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun tersebut.

2. Cuti sakit

Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawan wanita yang melahirkan.

d. Fasilitas Karyawan

Dalam rangka meningkatkan produktivitas karyawan, perusahaan menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan oleh karyawan untuk menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan, sehingga mereka tidak merasa jenuh dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari dan kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Fasilitas yang disediakan perusahaan meliputi:

1. Poliklinik

Poliklinik disediakan bertujuan untuk menjaga kesehatan karyawan yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam efisiensi produksi pabrik. Poliklinik yang disediakan ditangani oleh dokter dan perawat.

2. Tempat Ibadah

Tempat ibadah yang disediakan perusahaan berupa masjid, agar karyawan tetap dapat melaksanakan kewajiban rohani dan aktivitas keagamaan lainnya.

3. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya kepada semua karyawan untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, perusahaan menyediakan masker dan berbagai alat pelindung diri (APD) lain sebagai alat pengaman kerja.

4. Makan dan Minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang. Makanan dan minuman direncanakan akan dikelola oleh perusahaan *catering* yang ditunjuk perusahaan.

5. Transportasi

Untuk meringankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan menyediakan alat transportasi bagi karyawan

yang tidak menggunakan transportasi pribadi berupa *shuttle* bus. Bus akan beroperasi di beberapa titik tempat tinggal karyawan untuk mengantar dan menjemput karyawan saat akan berangkat dan pulang bekerja.

e. Jaminan Ketenagakerjaan

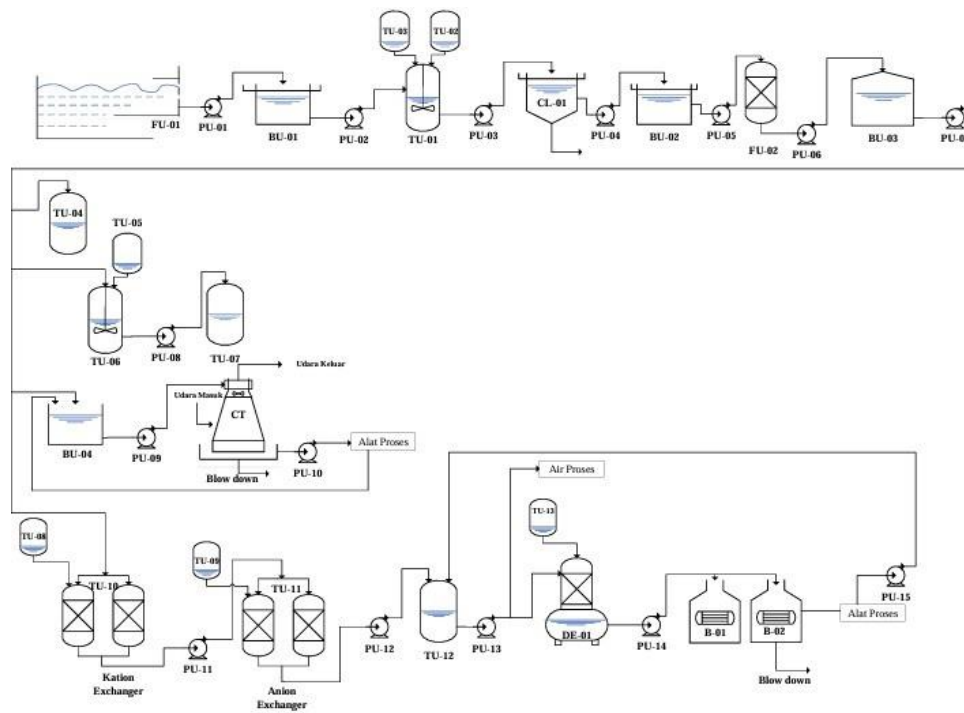
Perusahaan menyediakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan yang dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial (BPJS).

BAB V

UTILITAS

Dalam menjalankan proses produksi di suatu pabrik, fasilitas penunjang sangat diperlukan. Utilitas menjadi sarana penunjang yang sangat penting untuk memastikan kelancaran proses produksi pada pabrik agar berjalan sesuai dengan harapan. Unit utilitas di dalam sebuah pabrik terdiri atas berbagai komponen yang mendukung berbagai kebutuhan operasional. Unit utilitas terdiri dari:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment Unit*)
2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generator Unit*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Generator/Plant Unit*)
4. Unit Penyedia Udara Instrument (*Air Instrument Supply Unit*)
5. Unit Penyedia Bahan Bakar (*Fuel Supply Unit*)
6. Unit Pengolahan Limbah (*Waste Processing Unit*)



Gambar 5. 1 Diagram alir utilitas

Keterangan:

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : Saringan Awal
3. BU-01 : Bak Pengendap Awal
4. TU-01 : Tangki Penggumpal
5. TU-02 : Tangki Alum
6. TU-03 : Tangki CaOH
7. CL-01 : *Clarifier*
8. BU-02 : Bak Pengendap 2
9. FU-02 : Saringan Pasir
10. BU-03 : Bak Penampung Sementara

- 11. TU-04 : Tangki Air Bertekanan
- 12. TU-05 : Tangki Penyimpanan Klorin
- 13. TU-06 : Tangki Klorinasi
- 14. TU-07 : Tangki Air Bersih
- 15. BU-04 : Bak air pendingin
- 16. CT-01 : *Cooling tower*
- 17. TU-08 : Tangki Penyimpanan H_2SO_4
- 18. TU-09 : Tangki Penyimpanan NaOH
- 19. TU-10 : Tangki Kation *Exchanger*
- 20. TU-11 : Tangki Anion *Exchanger*
- 21. TU-12 : Tangki Umpan Boiler
- 22. TU-13 : Tangki penyimpanan N_2H_4
- 23. DE-01 : Deaerator
- 24. BL-01 : Boiler 1
- 25. BL-02 : Boiler 2

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment Unit*)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik Biodiesel ini, sumber air yang digunakan berasal dari Sungai Baliung yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Untuk menghindari *fouling* yang terjadi pada alat-alat penukar panas maka perlu diadakan pengolahan air sungai.

Pengolahan dilakukan secara fisis dan kimia. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

1. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
2. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
3. Jumlah air sungai yang lebih banyak dibandingkan jumlah air sumur.
4. Lokasi sungai berada tidak jauh dari lokasi pembangunan pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik adalah untuk:

1. Air Domestik

Air domestik merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- Air jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- Tidak beracun

Menurut standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per hari. Pada suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari (Sularso, 2001).

Air yang dibutuhkan untuk keperluan domestik ini adalah :

- Air kantor

Jumlah karyawan = 152 orang

Kebutuhan air masing-masing karyawan

= 100 L/hari

= 15.200 L/hari/orang

- Air rumah tangga

Kebutuhan air tiap penghuni = 200 L/hari /orang

Air untuk kebutuhan rumah

= 3 org x 200 L/hari x 40 rumah

= 24.000 kg/hari

Sehingga, total kebutuhan air domestik adalah 39.200 kg/hari atau 1.633 kg/jam.

2. Air Service

Perkiraan kebutuhan air untuk penggunaan layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran, dan lain-lain sebesar 450 kg/jam.

3. Air Proses

Pada pabrik biodiesel air kebutuhan proses yang diperlukan sebesar 89,860 kg/jam yang digunakan untuk keperluan proses di *Washing tank* (WT-01). Perancangan dibuat over design sebanyak 20% sehingga menjadi 107,832 kg/jam.

4. Air Pendingin

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi atau peralatan yang membutuhkan penurunan suhu. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

- Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
- Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
- Tidak terdekomposisi.

Kebutuhan air pendingin pada pabrik biodiesel ini terlampir pada tabel 5.1 berikut:

Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Reaktor (R-01)	33.187,5
<i>Cooler (CL-01)</i>	150,24
<i>Cooler (CL-02)</i>	204,01

Lanjutan Tabel 5.1

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Condensor (CD-01)</i>	171,60
Total	33.713,36

Perancangan dibuat over design sebesar 20% sehingga menjadi 40.456 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami blowdown pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya air make-up. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* yaitu sebesar 859,691 kg/jam.

5. Air Pemanas

Pada pabrik air stream digunakan untuk media pemanas. air *steam* dapat digunakan untuk boiler yang harus memenuhi persyaratan. Adapun syarat sebagai berikut :

- Tidak membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan isolasi terhadap proses perpindahan panas terhambat dan kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran. Yang dapat menyebabkan kerak pada boiler adalah adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam karbonat dan silika.

- Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Beberapa kandungan yang dapat menyebabkan korosi pada boiler adalah larutan asam dan gas-gas terlarut seperti CO_2 , O_2 , NH_3 , H_2S dan SO_2 .

Apabila air boiler tidak memenuhi persyaratan dapat mengakibatkan kerusakan pada alat sehingga dilakukan pencegahan agar tidak terjadi scaling, fouling dan foaming. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik biodiesel ini terlampir pada Tabel berikut :

Tabel 5. 2 Kebutuhan air pemanas

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Heater</i> (HE-01)	91,008
<i>Heater</i> (HE-02)	183,962
<i>Heater</i> (HE-03)	526,829
Reboiler (RB-01)	985,684
Total	1.787,483

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 2.144,98 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, karena terjadinya *blowdown* pada boiler sebesar 15% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 429 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Pengolahan air dimaksudkan untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Air sungai tidak dapat langsung digunakan, tetapi memerlukan beberapa pengolahan agar dapat terpakai sebagaimana mestinya. Beberapa tahapan untuk pengolahan air sebagai berikut :

1. Penghisapan

Air yang berasal dari sungai dipompa lalu dialirkan menuju alat penyaringan atau screen untuk menghilangkan partikel kotoran yang terikut yang berukuran cukup besar. Setelah itu, tahap screening air akan ditampung dalam bak penampungan awal.

2. *Screening*

Screening dilakukan untuk memisahkan kotoran yang terikut berukuran cukup besar, seperti daun, ranting, dan sampah - sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Partikel kecil yang masih terbawa akan diolah pada tahap-tahap berikutnya. Saringan (*screen*) perlu dipasang pada sisi hisap pompa untuk meminimalkan kotoran yang masuk ke alat penyaring di proses selanjutnya, sehingga alat tersebut tidak cepat kotor dan rusak.

3. Penggumpalan

Koagulasi adalah proses penggumpalan partikel koloid dengan menambahkan koagulan atau bahan kimia sehingga partikel-partikel tersebut menjadi netral dan mengendap karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yang merupakan garam dari asam kuat dan basa lemah, sehingga mudah terhidrolisis dalam air yang bersifat basa. Untuk membuat kondisi alkalis yang mendukung proses flokulasi agar lebih efektif, CaOH ditambahkan untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air, membuat suasana basa, dan mempermudah penggumpalan. Proses flokulasi bertujuan untuk menggabungkan partikel-partikel tersebut menjadi flok yang cukup besar untuk dipisahkan melalui sedimentasi dan filtrasi.

4. Pengendapan

Pengendapan ini dilakukan dalam bak pengendapan dengan tujuan untuk mengendapkan flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Flok-flok tersebut akan mengendap dan kemudian bisa dibuang (*blow down*).

5. Sand Filter

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi kemudian masuk ke dalam sand filter untuk difiltrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , dan lainnya dari air dengan

menggunakan resin. *Sand filter* perlu dicuci (*back wash, rinse*) ketika sudah dianggap kotor.

6. Penampungan Sementara

Air yang telah melalui tahap filtrasi dapat disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung sementara. Air ini kemudian didistribusikan untuk berbagai keperluan seperti :

1. Air domestik dan *Service water*
2. Air Proses
3. Air pendingin
4. *Steam water*

7. Klorinasi

Klorinasi air adalah proses penambahan klorin (Cl_2) atau hipoklorit pada air. Tujuan dari proses klorinasi ini adalah untuk membunuh bakteri dan mikroba dalam air sehingga air aman untuk digunakan sehari-hari.

8. Demineralisasi

Tujuan dari proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang terkandung dalam air terfilter untuk digunakan sebagai umpan boiler. Proses demineralisasi ini terbagi menjadi dua, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi.

a. Pelunakan Air: terjadi pada kation *exchanger*. Di dalam kation *exchanger*, mineral-mineral sadah seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} dan mineral lainnya akan dihilangkan dari air bersih. Mineral-mineral ini akan

ditangkap oleh resin berjenis *hydrogen-zeolite*. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion tersebut, namun ketika resin mencapai kapasitas maksimalnya, ia harus diregenerasi. Regenerasi resin kation *exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat H_2SO_4 . Air yang keluar dari kation *exchanger* adalah air bebas mineral dengan tendensi pembentukan kerak (*scaling*) yang sudah diminimalkan.

b. Dealkalinasi: Setelah melewati kation *exchanger*, air akan masuk ke anion *exchanger* untuk proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif seperti HCO_3^{3-} , CO_3^{32-} , SO_4^{42-} , Cl^- , dan lainnya. Ion-ion negatif ini harus ditangkap karena jika air basa ini dipanaskan, ia berpotensi membentuk gas O_2 yang dapat menurunkan performa boiler dan alat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion ini memiliki mekanisme yang mirip dengan proses pelunakan air, namun menggunakan resin yang berbeda, yaitu *weakly basic anion exchanger*. Saat resin ini mencapai kapasitas maksimalnya untuk menangkap ion, ia diregenerasi dengan menambahkan basa kuat NaOH . Air yang keluar dari anion *exchanger* sudah dapat digunakan sebagai air proses. Namun, untuk penggunaan sebagai air umpan boiler, perlu dilakukan proses lebih lanjut.

9. Deaerasi

Air keluaran dari proses demineralisasi yang akan dijadikan umpan boiler akan melalui proses dearasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama gas O_2 yang berpotensi menyebabkan korosi pada boiler. Korosi pada boiler tidak hanya memperpendek umur boiler, tetapi juga memiliki konsekuensi yang sangat berbahaya karena pengikisan di dalam boiler dapat menyebabkan ledakan akibat ekspansi tekanan yang melebihi tekanan desain. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut, senyawa N_2H_4 (hidrazin) ditambahkan untuk mengikat O_2 dan gas terlarut lainnya. Setelah kandungan gas terlarut dihilangkan, air keluaran deaerator dapat langsung diumpankan ke boiler *feed water* dan kemudian ke boiler. Di dalam boiler, air akan diubah menjadi *steam*. Namun, untuk menjaga konsentrasi *suspended solid* yang terakumulasi di dalam boiler, dilakukan sistem *blowdown* pada periode tertentu untuk menghilangkan sejumlah air. Untuk mengganti air yang hilang tersebut, ditambahkan *make-up water* agar tetap memenuhi kebutuhan proses.

5.1.3 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generator Unit*)

Pada unit pembangkit *steam*, air dari tangki umpan boiler diumpankan menuju boiler untuk membangkitkan *steam*. Boiler yang dibutuhkan dalam proses produksi ini dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Boiler 01

Digunakan *steam* (saturated *steam*) dengan suhu 100°C (373°K) dan tekanan 100 kPa.

Tabel 5. 3 Kebutuhan boiler 1

Nama Alat	Kebutuhan
HE-01	91,008
HE-02	183,962
Total	274,971

Over design 20% , sehingga menjadi 329,96 kg/jam. Maka, diperoleh kapasitas boiler 1 yang dibutuhkan adalah 1.012.363 kJ/jam.

2. Boiler 02

Digunakan *steam* (saturated *steam*) dengan suhu 150°C (423°K) dan tekanan 100 kPa.

Tabel 5. 4 Kebutuhan boiler 2

Nama Alat	Kebutuhan
HE-03	526,829
RB-01	985,684
Total	1.512,512

Over design 20% , sehingga menjadi 1.815,01 kg/jam. Maka, diperoleh kapasitas boiler 2 yang dibutuhkan adalah 5.023.048 kJ/jam.

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer* *safety valve system* dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *filtered water storage tank* yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu mengalami proses demineralisasi dan deaerasi. Selain itu air juga perlu diatur pH-nya menjadi sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya juga tinggi. Sebelum masuk ke boiler, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran yang keluar dari boiler. Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 100 kPa, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

5.1.4 Unit Pembangkit Listrik (*Power Generator/Plant Unit*)

Kebutuhan listrik di pabrik biodiesel ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik ketika ada gangguan listrik

dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar.

Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu :

Kapasitas : 126 kW

Jenis : AC Generator

Jumlah : 1

Berikut ini merupakan kebutuhan listrik pabrik biodiesel :

1. Kebutuhan Listrik *Power Plant*

a. Kebutuhan untuk Peralatan Proses

Tabel 5. 5 Kebutuhan peralatan proses

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	<i>Mixer</i>	M-01	0,1	0,093
2	Reaktor 1	R-01	3,0	2,237
3	<i>Netralizer</i>	N-01	15	11,186
4	<i>Washing tank</i>	WT-01	0,3	0,187
5	Pompa 1	P-01	0,5	0,373
6	Pompa 2	P-02	0,1	0,037
7	Pompa 3	P-03	0,8	0,559
8	Pompa 4	P-04	1,0	0,746
9	Pompa 5	P-05	3,0	2,237
10	Pompa 6	P-06	0,1	0,037

Lanjutan Tabel 5.5

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
11	Pompa 7	P-07	1,5	1,119
12	Pompa 8	P-08	3,0	2,237
13	Pompa 9	P-09	1,0	0,746
14	Pompa 10	P-10	1,5	1,119
15	Pompa 11	P-11	1,5	1,119
16	Pompa 12	P-12	0,1	0,037
17	Pompa 13	P-13	0,05	0,037
Total			32,3	24,105

b. Kebutuhan untuk Utilitas

Tabel 5. 6 Kebutuhan utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Kompresor	KU-01	3,0	2,237
2	Blower <i>Cooling tower</i>	BU-01	7,5	5,593
3	Pengaduk Flokulator	MU-01	0,5	0,373
4	Klarifier	KL-01	1	0,746
5	Pompa utilitas 1	PU-01	7,5	5,593
6	Pompa utilitas 2	PU-02	7,5	5,593
7	Pompa utilitas 3	PU-03	7,5	5,593

Lanjutan Tabel 5.6

No	Nama Alat	Kode Alat	Hp	kW
8	Pompa utilitas 4	PU-04	1	0,746
9	Pompa utilitas 5	PU-05	1	0,746
10	Pompa utilitas 6	PU-06	1	0,746
11	Pompa utilitas 7	PU-07	1	0,746
12	Pompa utilitas 8	PU-08	1	0,746
13	Pompa utilitas 9	PU-09	0,05	0,037
14	Pompa utilitas 10	PU-10	0,05	0,037
15	Pompa utilitas 11	PU-11	0,05	0,037
16	Pompa utilitas 12	PU-12	0,05	0,037
17	Pompa utilitas 13	PU-13	0,05	0,037
18	Pompa utilitas 14	PU-14	0,05	0,037
19	Pompa utilitas 15	PU-15	0,05	0,037
Total			39,85	29,716

Sehingga total kebutuhan listrik untuk proses dan utilitas = 53,821 kW

kemudian di *over* desain 10% = 59,203 kW.

2. Kebutuhan Listrik untuk instrument

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan 25% dari total kebutuhan listrik :

$$\begin{aligned}
 P &= 25\% \times 53,821 \\
 &= 13,46 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Over desain 10% = 14,8 kW

3. Kebutuhan Listrik untuk penerang

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik :

$$P = 15\% \times 53,821$$

$$= 8,07 \text{ kW}$$

$$\text{Over desain } 10\% = 8,88 \text{ kW}$$

4. Kebutuhan Listrik untuk peralatan kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, computer, dan lain-lain) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik :

$$P = 15\% \times 53,821$$

$$= 8,07 \text{ kW}$$

$$\text{Over desain } 10\% = 8,88 \text{ kW}$$

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

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik :

$$P = 15\% \times 53,821$$

$$= 8,07 \text{ kW}$$

$$\text{Over desain } 10\% = 8,88 \text{ kW}$$

Tabel 5. 7 Total kebutuhan listrik

No.	Kebutuhan Listrik	kW
1	Listrik proses dan utilitas	59,20
2	Listrik instrumentasi	14,80
3	Listrik AC dan penerangan	17,76
4	Listrik bengkel dan laboratorium	8,88
	Total Kebutuhan listrik	100,65

5.1.5 Unit Penyedia Udara Instrument (*Air Instrument Supply Unit*)

Dalam pabrik ini, udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan alat-alat kontrol yang bekerja secara pneumatik. Tekanan udara instrumen berkisar 5,5 - 7,2 bar, yang digunakan adalah 7,2 bar. Proses untuk membuat udara tekan dimulai dengan menekan udara lingkungan menggunakan kompresor yang dilengkapi filter udara hingga mencapai tekanan 7,2 bar. Udara tekan tersebut kemudian dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 26,17 m³/jam. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering. Oleh karena itu, begitu keluar dari *blower*, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi silica gel untuk menghilangkan kelembapannya.

5.1.6 Unit Penyedia Bahan Bakar (*Fuel Supply Unit*)

Unit Penyedia Bahan Bakar bertujuan untuk menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar untuk boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah solar. Kebutuhan bahan bakar untuk boiler sebesar 164,990 kg/jam dan generator sebesar 12,37 kg/jam. Jadi, total kebutuhan bahan bakar sebesar 177,360 kg/jam.

5.1.7 Unit Pengolahan Limbah (*Waste Processing Unit*)

Pabrik biodiesel ini menghasilkan berbagai limbah dari proses produksi, utilitas, dan aktivitas lainnya. Oleh karena itu, diperlukan

pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan terdiri dari limbah cair dan padat, yang harus diolah sesuai dengan jenisnya masing-masing.

Limbah cair, berasal dari air buangan domestik seperti toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut akan diolah ke dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi gas klorin. Selain itu limbah air dari laboratorium diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena masih mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair tersebut, adalah *physical treatment*, (pengendapan, penyaringan, *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrol pH) dan *biological treatment*. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu :

- COD : maks. 100 mg/l
- BOD : maks. 20 mg/l
- TSS : maks. 80 mg/l
- Oil : maks. 5 mg/l
- pH : 6,5 - 8,5

Limbah padat dari pabrik biodiesel ini, berasal dari hasil proses produksi berupa garam. Penanganan limbah padat ditampung dalam suatu bak penampung kemudian dijual sebagai produk samping di industri lainnya.

5.2 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 8 Spesifikasi pompa utilitas

Kode Alat	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari Sungai yang melewati Screening (FU-01) ke Bak pengendapan I (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak pengendapan I (BU-01) ke Tangki Flokulator/ Penggumpal (TU- 01)	Mengalirkan air dari Tangki Flokulator/ Penggumpal (TU- 01) ke Klarifier (KL- 01)	Mengalirkan air dari Klarifier (KL- 01) ke Bak Pengendap 2 (BU- 02)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 1 (BU- 02) ke Bak Saringan Pasir/Sand Filter (FU-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>
Kapasitas (gpm)	222,64	222,64	222,64	222,64	222,64
Ukuran Pipa					
IPS	6	6	6	6	6
No.Sch	80	80	80	80	80
OD (in)	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63
ID (in)	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76
Efisiensi Pompa	0,32	0,30	0,34	0,34	0,34
Tenaga Pompa (Hp)	4,41	4,17	5,13	5,17	5,17
Tenaga Motor (Hp)	7,5	7,5	7,5	1	1

Lanjutan Tabel 5.8

Kode Alat	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Saringan Pasir/Sand Filter (FU-02) ke Bak Penampungan Sementara (BU 03)	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-03) ke Pengolahan Air untuk kebutuhan Air Bertekanan, Air Domestik, Air Pendingin, dan <i>Steam</i>	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-06) ke Tangki Penampungan Air Bersih (TU-07)	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU 04) ke <i>Cooling tower</i> (CL-01)	Mengalirkan air dari Alat Proses ke Bak Air Pendingin (BU 04)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>
Kapasitas (gpm)	222,64	2,33	209,10	2,33	2,77
Ukuran Pipa					
IPS	6	1	6	1	6
No.Sch	80	80	80	40	80
OD (in)	6.63	1.32	6.63	1.32	6.63
ID (in)	5.76	1.049	5.76	1.05	5.76
Efisiensi Pompa	0.34	0.34	0.34	0.36	0.34
Tenaga Pompa (Hp)	1,47	0,0018	2,89	0,0056	0,0189
Tenaga Motor (Hp)	1	1	7,5	0, 05	1

Lanjutan Tabel 5.8

Kode Alat	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari Kation <i>Exchanger</i> ke Anion <i>Exchanger</i>	Mengalirkan air dari Anion <i>Exchanger</i> ke Bak Umpan Boiler	Mengalirkan air dari Baik Umpan Boiler ke Deaerator	Mengalirkan air dari Deaerator ke Boiler	Mengalirkan air dari Alat Proses ke Bak Umpan Boiler
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>	<i>Cast Iron</i>
Kapasitas (gpm)	2,77	2,22	2,22	2,22	4,43
Ukuran Pipa					
IPS	0,5	0,38	0,38	0,38	0,75
No.Sch	40	40	40	40	80
OD (in)	0,84	0,68	0,68	0,68	1,05
ID (in)	0,622	0,49	0,49	0,49	0,74
Efisiensi Pompa	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Tenaga Pompa (Hp)	0,0159	0,0244	0,0752	0,0314	0,0258
Tenaga Motor (Hp)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Tabel 5. 9 Spesifikasi bak utilitas

Kode Alat	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok dengan proses flokulasi	Menampung sementara raw water setelah disaring sand filter	Menampung air untuk kebutuhan <i>cooling tower</i>
Jenis	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi
Bahan	Beton bertilang	Beton bertilang	Beton bertilang	Beton bertilang
Spesifikasi				
Kapasitas (m ³ /jam)	51,735	51,735	43,076	40,456
Panjang (m)	10,748	8,028	4,693	13,258
Lebar (m)	10,748	8,028	4,693	13,258
Tinggi (m)	5,374	4,014	2,347	6,629

Tabel 5. 10 Spesifikasi tangki utilitas

Kode Alat	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi dengan menambahkan koagulan	menyimpan larutan alum 5 % untuk 2 minggu Operasi	menyimpan larutan CaOH untuk 1 minggu	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder	Tangki silinder	Tangki silinder	Tangki silinder
Bahan	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel
Spesifikasi					
Tinggi (m)	4,046	1,043	4,635	2,546	0,071
Diamter (m)	4,046	0,522	1,159	2,546	0,071
Volume (m ³)	51,982	0,223	2,442	12,960	0,0003
Jenis <i>Impeller</i>	Marine propeller	-	-	-	-
Jumlah <i>Impeller</i>	1	-	-	-	-
Power Motor	0,5	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Lanjutan Tabel 5.10

Kode Alat	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk regenerasi penukar kation	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk regenerasi penukar anion	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion-ion positif (Na ⁺ , Ca ²⁺ , Ba) yang ada dalam air
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder	Tangki silinder	Tangki silinder	Tangki silinder
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi					
Tinggi (m)	0,883	2,546	1,548	0,951	1,905
Diameter (m)	0,883	2,546	1,548	0,951	0,182
Volume (m ³)	0,540	12,960	2,911	0,676	0,049
Jenis <i>Impeller</i>	-	-	-	-	-
Jumlah <i>Impeller</i>	-	-	-	-	-
Power Motor	-	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Lanjutan Tabel 5.10

Kode Alat	TU-11	TU-12	TU-13
Fungsi	Menghilangkan ion- ion negatif yang masih terbawa dari bak air bersih	Mencampur Kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler sebelum dibangkitkan sebagai <i>steam</i> dalam boiler	Menyimpan larutan N_2H_4
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi			
Tinggi (m)	1,905	0,936	0,874
Diameter (m)	0,173	0,936	0,874
Volume (m ³)	0,045	0,644	0,523
Jenis <i>Impeller</i>	-	-	-
Jumlah <i>Impeller</i>	-	-	-
<i>Power Motor</i>	-	-	-
Jumlah	1	1	1

Tabel 5. 11 Spesifikasi klarifier

Kode Alat	Klarifier (KL-01)
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang bersifat koloid
Jenis	Tangki <i>silinder conical bottom</i> berpengaduk
Spesifikasi	
Diameter (m)	6,918
Tinggi (m)	6,918
Volume (m ³)	259,908

Tabel 5. 12 Spesifikasi saringan utilitas

Kode Alat	FU-01
Fungsi	Menyaring Kotoran-Kotoran yang berukuran besar misalnya daun , ranting dan sampah-sampah lainnya.
Jenis	Alumunium
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	43.076
Panjang (m)	3,048
Lebar (m)	2,438
Diameter lubang saringan (cm)	1

Tabel 5. 13 Spesifikasi saringan pasir utilitas

Kode Alat	FU-02
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Jenis	Tangki Silinder
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Ukuran pasir (mesh)	20 mesh
Spesifikasi	
Volume (m ³)	5,2
Panjang (m)	2,183
Lebar (m)	2,183
Tinggi (m)	1,091

Tabel 5. 14 Spesifikasi *cooling tower*

Kode Alat	<i>Cooling tower</i> (CT-01)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan oleh alat proses dengan media pendingin udara
Bahan	<i>Cooling tower Induced Draft</i>
Spesifikasi	
Panjang (m)	1,119
Tinggi (m)	15,579
Lebar (m ³)	1,119

Tabel 5. 15 Spesifikasi deaerator

Kode Alat	De-01
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada reboiler dan turbin.
Jenis	Tangki Silinder
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	0,429
Diameter (m)	0,869
Tinggi (m)	0,869
Volume (m ³)	0,515

Tabel 5. 16 Spesifikasi blower *cooling tower*

Kode Alat	Blower <i>Cooling tower</i> (BL-01)
Fungsi	menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jenis	<i>Cetrifugal Blower</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	34.716
Efisiensi	0,86
Power (Hp)	7,5

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam pra rancangan pabrik, analisis ekonomi diperlukan untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi suatu pabrik. Analisis ini mencakup peninjauan kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya waktu pengembalian modal investasi, dan titik impas di mana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu, analisis ekonomi bertujuan untuk menentukan apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak untuk didirikan atau tidak.

Oleh karena itu, pada pra rancangan pabrik biodiesel ini, memiliki beberapa faktor-faktor yang ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi sebagai berikut :

1. Modal (*Capital Investment*)
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
4. Analisa Keuntungan
5. Analisa Kelayakan
 - a. *Percent Return on Investment (ROI)*

- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Break Event Point* (BEP)
- d. *Shut Down Point* (SDP)
- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses pada tiap alat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Harga peralatan setiap tahun akan berbeda, harga dapat mengalami kenaikan atau penurunan tergantung dengan kondisi ekonomi, sehingga akan sulit untuk menentukan harga peralatan secara pasti. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga peralatan diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat tertentu. Harga peralatan proses produksi pada tahun rencana pendirian pabrik yaitu pada tahun 2028 ditentukan menggunakan indeks harga alat pada tahun tersebut.

Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun 2028, maka dicari index pada tahun tersebut. Harga indeks tahun 2028 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1980 sampai 2021, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 6. 1 Indeks harga alat

Tahun	Indeks	Tahun	Indeks
1980	261	2004	444,20
1981	297	2005	468,20
1982	314	2006	499,60
1983	317	2007	525,40

Tahun	Indeks
1984	323
1985	325
1986	318
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,70
1997	386,50
1998	389,50
1999	390,60
2000	394,10
2000	394,10
2001	394,30
2002	395,60
2003	402,00

Tahun	Indeks
2008	575,40
2009	521,90
2010	550,80
2011	585,70
2012	584,60
2013	567,30
2014	576,10
2015	556,80
2016	541,70
2017	567,50
2018	603,10
2019	607,50
2020	596,20
2021	776,30
2022	623,54
2023	632,09
2024	640,64
2025	649,19
2026	657,74
2027	666,30
2028	674,85

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Peters and Timmerhaus, 1990) & (Aries & Newton, 1955).

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

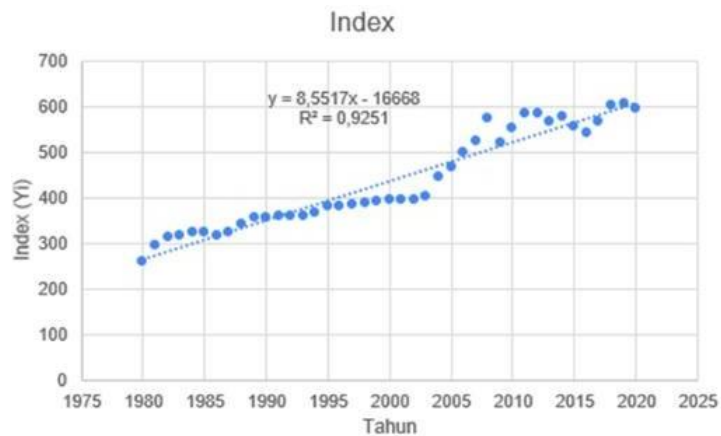
Dimana :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2028

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

N_x : Index harga pada tahun 2028

N_y : Index harga pada tahun referensi 2014



Gambar 6. 1 Grafik indeks harga

Sehingga dari grafik di atas, didapatkan persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$y = 8,5517x - 16.668$$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari nilai CEP Indeks pada tahun referensi dan perancangan, sehingga nilai CEP Indeks pada tahun referensi 2014 adalah 576,10. Sementara nilai CEP Indeks pada tahun perancangan 2028 sebesar 674,85. Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut :

Tabel 6. 2 Harga alat proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2028
Tangki HCl	T-01	1	\$55,400	\$ 64,896

Lanjutan Tabel 6.2

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2028
Tangki Metanol	T-02	1	\$ 531,500	\$ 622,603
Tangki Minyak Nyamplung	T-03	1	\$ 383,400	\$ 449,117
Tangki Naoh	T-04	1	\$ 265,100	\$ 310,540
<i>Mixer</i>	M-01	1	\$ 190,400	\$ 223,036
Reaktor	R-01	1	\$ 163,100	\$ 191,056
<i>Netralizer</i>	N-01	1	\$ 101,200	\$ 118,546
<i>Decanter 1</i>	DC-01	1	\$ 158,200	\$ 185,317
<i>Decanter 2</i>	DC-02	1	\$ 82,500	\$ 96,641
MD-01	MD-01	1	\$ 48,600	\$ 56,930
<i>Accumulator</i>	ACC-01	1	\$9,900	\$ 11,597
Reboiler	RB-01	1	\$ 22,500	\$ 26,357
<i>Condensor</i>	CD-01	1	\$ 34,200	\$ 40,062
<i>Washing tank</i>	WT-01	1	\$ 688,100.00	\$ 806,045
Tangki Biodiesel	T-05	1	\$ 456,100.00	\$ 534,279
Heater 1	HE-01	1	\$ 3,800	\$ 4,451
Heater 2	HE-02	1	\$ 3,800	\$ 4,451
Heater 3	HE-03	1	\$ 3,800	\$ 4,451
<i>Cooler 1</i>	CL-01	1	\$ 1,300	\$ 1,523
<i>Cooler 2</i>	CL-02	1	\$800	\$ 937
Pompa 1	P-01	1	\$ 23,800	\$ 27,879
Pompa 2	P-02	1	\$ 32,500	\$ 38,071
Pompa 3	P-03	1	\$ 32,500	\$ 38,071
Pompa 4	P-04	1	\$ 31,500	\$ 36,899
Pompa 5	P-05	1	\$ 33,700	\$ 39,476

Lanjutan Tabel 6.2

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2028
Pompa 6	P-06	1	\$ 23,100	\$ 27,060
Pompa 7	P-07	1	\$ 33,700	\$ 39,476
Pompa 8	P-08	1	\$ 31,500	\$ 36,899
Pompa 9	P-09	1	\$ 31,800	\$ 36,899
Pompa 10	P-10	1	\$ 31,500	\$ 36,899
Pompa 11	P-11	1	\$ 31,800	\$ 37,251
Pompa 12	P-12	1	\$ 31,500	\$ 36,899
Pompa 13	P-13	1	\$23,800	\$ 27,879
Total				\$4,214,524.88

Tabel 6. 3 Harga alat utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2028
Pompa-01	PU-01	1	\$ 18,000	\$ 21,085
Pompa-02	PU-02	1	\$ 18,000	\$ 21,085
Pompa-03	PU-03	1	\$ 18,000	\$ 21,085
Pompa-04	PU-04	1	\$ 18,000	\$ 21,085
Pompa-05	PU-05	1	\$ 18,000	\$ 21,085
Pompa-06	PU-06	1	\$ 18,000	\$ 21,085
Pompa-07	PU-07	1	\$ 6,100	\$ 7,146
Pompa-08	PU-08	1	\$ 18,000	\$ 21,085
Pompa-09	PU-09	1	\$ 6,100	\$ 7,146
Pompa-10	PU-10	1	\$ 4,400	\$ 5,154
Pompa-11	PU-11	1	\$ 4,400	\$ 5,154

Lanjutan Tabel 6.3

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2028
Pompa-12	PU-12	1	\$ 3,900	\$ 4,568
Pompa-13	PU-13	1	\$ 3,900	\$ 4,568
Pompa-14	PU-14	1	\$ 3,900	\$ 4,568
Pompa-15	PU-15	1	\$ 4,900	\$ 5,740
<i>Screening</i>	FU-01	1	\$ 17,400	\$ 20,382
<i>Sand Filter</i>	FU-02	1	\$ 45,743	\$ 53,584
Bak Pengendapan awal	BU-01	1	\$ 27	\$ 31
Bak Pengendapan 2	BU-02	1	\$ 27	\$ 31
Bak Penampungan sementara	BU-03	1	\$ 22,285	\$ 26,105
Bak Air Pendingin	BU-04	1	\$ 30,285	\$ 35,476
Klarifier	CU-01	1	\$ 63.543	\$ 74
Tangki Flokulator/Peng gumpal	TU-01	1	\$ 27,800	\$ 32,565
Tangki tawas	TU-02	1	\$ 1,100	\$ 1,289
Tangki CaOH	TU-03	1	\$ 16,500	\$ 19,328
Tangki Air bertekanan	TU-04	1	\$ 12,600	\$ 14,760
Tangki Kaporit	TU-05	1	\$ 100	\$ 117
Tangki klorinasi	TU-06	1	\$ 1,500	\$ 1,757

Lanjutan Tabel 6.3

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2028
Tangki Air Bersih	TU-07	1	\$ 12,600	\$ 14,760
Tangki H ₂ SO ₄	TU-08	1	\$ 18,300	\$ 21,437
Tangki NaOH	TU-09	1	\$ 2,300	\$ 2,694
Tangki Kation	TU-10	1	\$ 400	\$ 469
Tangki anion	TU-11	1	\$ 400	\$ 469
Tangki Umpan Boiler	TU-12	1	\$ 1,800	\$ 2,109
Tangki N ₂ H ₄	TU-13	1	\$ 1,500	\$ 1,757
Cooling tower	CT-01	1	\$ 237,500	\$ 278,209
Blower Cooling tower	BL-01	1	\$ 27,000	\$ 31,628
Tangki dearator	DE-01	1	\$ 1,500	\$ 1,757
Boiler-01	B-01	1	\$ 215,800	\$ 252,790
Boiler-02	B-02	1	\$ 232,400	\$ 272,235
Total				\$ 1,277,454

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi = 30.000 Ton / Tahun

Pabrik beroperasi = 330 hari kerja

Umur alat = 10 Tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2028

Kurs mata uang (1 US\$) = Rp 16.478 (per Juni 2024)

6.3 Komponen Biaya

6.1.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital invesment adalah total biaya untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan untuk mengoperasikan pabrik. *Capital investment* terdiri dari :

a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6. 4 *Physical plant cost (PPC)*

No.	Type of Capital Invesment	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	\$5,491,979	Rp90.494.356.514
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	\$1,372,995	Rp22.623.589.129
3	<i>Instalation Cost</i>	\$2,361,551	Rp38.912.573.301
4	<i>Piping Cost</i>	\$4,723,102	Rp77.825.146.602
5	<i>Instrumentation Cost</i>	\$1,647,594	Rp27.148.306.954
6	<i>Insulation Cost</i>	\$439,358	Rp7.239.548.521
7	<i>Electrical Cost</i>	\$823,797	Rp13.574.153.477
8	<i>Building Cost</i>	\$1,767,010	Rp29.116.000.000
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	\$583,285	Rp9.611.100.000
Total		\$19,210,670	Rp316.544.774.499

Tabel 6. 5 *Direct plant cost (DPC)*

No.	Type of Capital Invesment	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Engineering & Constrution</i>	\$384,213.40	Rp6.330.895.490
Total (DPC + PPC)		\$19,594,883.34	Rp322.875.669.989

Tabel 6. 6 *Fixed capital investment (FCI)*

No.	Type of Capital Investment	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	Direct Plant Cost	\$19,594,883.34	Rp322.875.669.989
2	Contractor's fee	\$783,795.33	Rp12.915.026.800
3	Contingency	\$1,959,488.33	Rp32.287.566.999
Total		\$22,338,167.01	Rp368.078.263.788

b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 6. 7 *Working capital investment (WCI)*

No.	Type of Capital Investment	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	Raw Material Inventory	\$2,732,456.23	Rp 45.024.184.225
2	Inproses Inventory	\$2,446,496.52	Rp 40.312.268.755
3	Product Inventory	\$3,261,995.36	Rp 53.749.691.673
4	Extended Credit	\$6,455,063.79	Rp 106.363.636.364
5	Available Cash	\$4,892,993.04	Rp 80.624.537.510
Total		\$19,789,004.95	Rp 326.074.318.527

6.1.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing Cost merupakan jumlah yang dibutuhkan untuk melakukan produksi suatu produk, *Manufacturing Cost* meliputi:

a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)

Direct Manufacturing Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

Tabel 6. 8 *Direct manufacturing cost* (DMC)

No.	Type of Manufacturing Cost	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	\$10,019,006.19	Rp165.088.675.491
2	<i>Labor Cost</i>	\$880,106.57	Rp14.502.000.000
3	<i>Supervision Cost</i>	\$88,010.66	Rp1.450.200.000
4	<i>Maintenance</i>	\$446,763.34	Rp7.361.565.276
5	<i>Plant Supplies</i>	\$67,014.50	Rp1.104.234.791
6	<i>Royalty and Patents</i>	\$236,685.67	Rp3.900.000.000
7	<i>Utilities</i>	\$83,163.88	Rp1.370.336.990
Total		\$11,820,750.81	Rp194.777.012.549

b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

Tabel 6. 9 *Indirect manufacturing cost* (IMC)

No.	Type of Manufacturing Cost	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Payroll Overhead</i>	\$176,021.31	Rp 2.900.400.000
2	<i>Laboratory</i>	\$132,015.99	Rp 2.175.300.000
3	<i>Plant Overhead</i>	\$528,063.94	Rp 8.701.200.000
4	<i>Packaging</i>	\$2,366,856.72	Rp 39.000.000.000
5	<i>Shipping</i>	\$236,685.67	Rp 3.900.000.000
Total		\$3,439,643.64	Rp 56.676.900.000

c. Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

Fixed Manufacturing Cost adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak/pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 10 *Fixed manufacturing cost* (FMC)

No.	Type of Manufacturing Cost	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Depreciation</i>	\$2,233,816.70	Rp 36.807.826.379
2	<i>Property taxes</i>	\$223,381.67	Rp 3.680.782.638
3	<i>Insurance</i>	\$223,381.67	Rp 3.680.782.638
Total		\$2,680,580.04	Rp 44.169.391.655

Tabel 6. 11 *Manufacturing cost*

No.	Type of Manufacturing Cost	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	\$11,820,750.81	Rp194.777.012.549
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	\$3,439,643.64	Rp56.676.900.000
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	\$2,680,580.04	Rp44.169.391.655
Total		\$17,940,974.49	Rp295.623.304.203

6.1.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses merupakan pengeluaran umum yang meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

Tabel 6. 12 *General expenses*

No.	Type of Expenses	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	Administration	\$717,638.98	Rp 11.824.932.168
2	Sales Expense	\$538,229.23	Rp 8.868.699.126
3	Research	\$502,347.29	Rp 8.277.452.518
4	Finance	\$842,543.44	Rp 13.883.051.646
Total		\$2,600,758.94	Rp 42.854.135.458

Tabel 6. 13 *Total production cost*

No.	Type of Expenses	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	Manufacturing Cost (MC)	\$17,940,974.49	Rp295.623.304.203
2	General Expenses(GE)	\$2,600,758.94	Rp42.854.135.458
Total		\$20,541,733.43	Rp338.477.439.662

6.1.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 390.000.000.000

Total *Production cost* : Rp 338.477.439.662

Keuntungan : Total Penjualan – Total biaya
produksi
: Rp 51.522.560.338

b. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak 20% dari keuntungan : Rp 10.304.512.068

Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak –

Pajak

: Rp 41.218.048.271

6.1.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan suatu pabrik berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang digunakan untuk melihat suatu kelayakan pabrik adalah :

a. *Return on Investment (ROI)*

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang di dapat setiap tahun dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Keuntungan atau profit dihitung berdasarkan *annual sales* (S_a) dan total *manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 44%. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *percent return on investment* adalah:

$$ROI_b = \frac{\text{Profit before taxes}}{\text{Fixed capital investment}} \times 100\%$$

$$ROI_a = \frac{\text{Profit after taxes}}{\text{Fixed capital investment}} \times 100\%$$

ROI_b = ROI sebelum pajak

$$= 14\%$$

ROI_a = ROI setelah pajak

$$= 11,2\%$$

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay out time merupakan waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa tahun modal investasi yang dilakukan akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *pay out time* adalah

$$\text{POT sebelum pajak} = \frac{\text{Fixed capital investment}}{\text{Profit before taxes} + \text{Depresiasi}}$$

$$\text{POT setelah pajak} = \frac{\text{Fixed capital investment}}{\text{Profit after taxes} + \text{Depresiasi}}$$

Pada pabrik dengan risiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

POT_b = POT sebelum pajak

$$= 4,2 \text{ tahun}$$

POT_a = POT setelah pajak

$$= 4,7 \text{ tahun}$$

c. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point (BEP) adalah:

1. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
3. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan total *cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.
4. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40%-60%

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

Dimana:

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra= *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va= *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Tabel 6. 14 *Annual fixed manufacturing cost (Fa)*

No.	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Depresiasi</i>	\$2,233,817	Rp36.807.826.379
2	<i>Property Taxes</i>	\$223,382	Rp3.680.782.638
3	<i>Asuransi</i>	\$223,382	Rp3.680.782.638
Total		\$2,680,580	Rp44.169.391.655

Tabel 6. 15 *Annual regulated expenses (Ra)*

No.	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Gaji Karyawan</i>	\$880,107	Rp 14.502.000.000
2	<i>Payroll Overhead</i>	\$176,021	Rp 2.900.400.000
3	<i>Supervision</i>	\$88,011	Rp 1.450.200.000
4	<i>Plant Overhead</i>	\$528,064	Rp 8.701.200.000
5	<i>Laboratorium</i>	\$132,016	Rp 2.175.300.000
6	<i>General Expense</i>	\$2,600,759	Rp 42.854.135.458
7	<i>Maintenance</i>	\$446,763	Rp 7.361.565.276
8	<i>Plant Supplies</i>	\$67,015	Rp 1.104.234.791
Total		\$4,918,755	Rp 81.049.035.525

Tabel 6. 16 *Annual variable value (Va)*

No.	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Raw Material</i>	\$10,019,006.19	Rp 165.088.675.491
2	<i>Packaging</i>	\$2,366,856.72	Rp 39.000.000.000
3	<i>Shipping</i>	\$236,685.67	Rp 3.900.000.000
4	<i>Utilities</i>	\$83,163.88	Rp 1.370.336.990
5	<i>Royalty & Patents</i>	\$236,685.67	Rp 3.900.000.000
Total		\$12,942,398.14	Rp 213.259.012.482

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

No.	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1	<i>Annual Sales Value</i>	\$23,668,567	Rp.390.000.000.000
Total		\$23,668,567	Rp 390.000.000.000

Nilai BEP pada pabrik kimia umumnya berada pada *range* 40% - 60%. Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel di atas, didapatkan nilai BEP sebesar:

$$\text{BEP} = 57\%$$

d. *Shut Down Point (SDP)*

Shut down point merupakan titik dimana suatu kegiatan produksi dihentikan. Penghentian ini bisa terjadi karena keputusan manajemen yang dikarenakan kegiatan produksi yang tidak ekonomis, atau bisa juga diakibatkan oleh *variable cost* yang terlalu tinggi. Dalam setahun, persen kapasitas minimum pabrik bisa mencapai kapasitas produk yang diinginkan. Namun jika pabrik tersebut dalam setahun tidak bisa mencapai kapasitas minimum yang diinginkan maka operasi pabrik harus dihentikan. Hal tersebut diakibatkan karena biaya yang akan dikeluarkan untuk melanjutkan proses operasi akan lebih mahal dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk membayar *fixed cost* dan menutup pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menentukan *shut down point* adalah:

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

$$\text{SDP} = 20,26 \%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted cash flow rate adalah besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Batasan DCFR sendiri adalah 1,5 kali bunga bank. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *discounted cash flow rate of return* adalah:

$$\begin{aligned} & (FC + WC)(1 + i)^n - SV - WC \\ & = CF[(1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1] \end{aligned}$$

Dimana:

n = Umur pabrik 10 tahun

FCI = *Fixed Capital Investment* = Rp 368.078.263.788

WC = *Working Capital Investment* = Rp 326.074.318.527

SV = *Salvage Value = Depreciation* = Rp 36.807.826.379

i = *Interest/DCFR* = 0,1213

Sehingga diperoleh *trial & eror* dapat dihitung nilai DCFR.

Diperoleh nilai DCFR adalah

DCFR = 12,13%

Suku bunga bank Indonesia 2028 = 1,5 x 6,25%

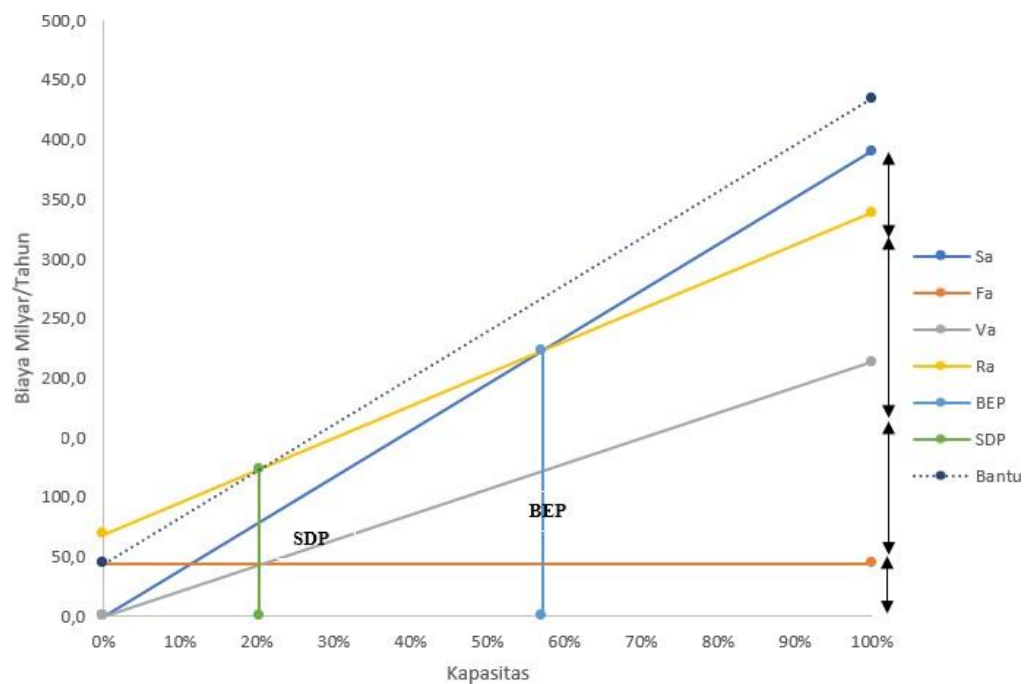
= 9,38 %

(Didasarkan pada suku bunga acuan di bank saat ini = 6,25 %)

Berdasarkan Analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dengan kapasitas 30.000

ton/tahun cenderung memiliki tingkat risiko yang rendah hingga sedang, tergantung pada kepatuhan terhadap prosedur keamanan dan regulasi.

Dengan dilakukan analisa ekonomi, didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai berikut:



Gambar 6. 2 Grafik analisis kelayakan

Dimana:

Fa = *Annual Fixed Cost*

Va = *Annual Variable Cost*

Ra = *Annual Regulated Cost*

Sa = *Annual Sales Cost*

SDP = *Shut Down Point*

BEP = *Break Event Point*

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik biodiesel melalui proses esterifikasi, dengan kapasitas 30.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pendirian pabrik biodiesel dengan kapasitas 30.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan biodiesel dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor, membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
- b. Pabrik biodiesel ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah di dengan luas tanah keseluruhan 17.958 m² dan jumlah karyawan 152 orang.
- c. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan, pabrik ini cukup menarik dan layak untuk didirikan dengan beberapa parameter kelayakan sebagai berikut :

1. Return On Investment (ROI)

- a) ROI sebelum pajak = 14%
- b) ROI setelah pajak = 11,2%

2. Pay Out Time (POT)

- a) POT sebelum pajak = 4,2 tahun

b) POT setelah pajak = 4,7 tahun

Syarat POT maksimum sebelum pajak untuk pabrik dengan resiko rendah adalah 5 tahun.

3. *Break Event Point* (BEP) = 57%

Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40% - 60%.

4. *Shut Down Point* (SDP) = 20,26%

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) = 12,13%

Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga pinjaman bank.

- d. Berdasarkan hasil tinjauan menyeluruh, mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses, hingga evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dengan kapasitas 30.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Dalam perancangan suatu pabrik kimia, memerlukan pemahaman konsep dasar sangat penting untuk meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan, antara lain:

- a. Pemilihan alat utama dan alat penunjang, serta bahan baku, perlu dioptimalkan agar keuntungan yang diperoleh dapat maksimal.
- b. Pengetahuan dan pemahaman yang didukung oleh referensi dan analisis lain terkait konsep dasar pendirian pabrik sangat diperlukan.

Mempelajari secara mendalam seluruh konsep ini diharapkan dapat mewujudkan produksi biodiesel sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor ke luar negeri yang terus meningkat di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- (P3HH), P. P. (2005-2008). Penelitian Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum Linn). Retrieved from <http://www.litbang.pertanian.go.id/>
- Abnisa, F., Niya A. A., Daud, W. M. A. W., Sahu, J. N. 2013. Characterization of Bio-oil and Bio-char from Pyrolysis of Palm Oil Wastes, *Bioenergy Research*, 6(2), pp. 830–840.
- Ansari, N.A., Sharma, A. and Singh, Y., 2018. Performance and emission analysis of a diesel engine implementing polanga biodiesel and optimization using Taguchi method. *Process Safety and Environmental Protection*, 120, pp.146-154.
- 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 Standarisasi Nasional.
- Brown, G.G. 1978. *Unit Operations*. John Wiley and Sons Inc. New York
- Brownell, L.E and Young. E.H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Brownell, L.E. and Young, E.H. 1959. *Process Equipment Design*. 1st editions. John Wiley and Sons Inc. New York
- Christina, N., Sungadi, E., Hindarso, H. and Kurniawan, Y., 2017. Pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung dengan menggunakan katalis berbasis kalsium. *Widya Teknik*, 12(2), pp.26-35.

- Debaut, V.J., Jean Y.B., Greentech S.A., 2005. Tamanol.-a stimulan for collagen synthesis for use in anti-wrinkle and anti-stretch mark products. Cosmetics and Toiletries manufacture Worldwide. Greentech SA. France.
- Fogler, H. Scott.1992. Element of Chemical Reactions Engineering 3 rd ed. India : Prentice-Hall
- Friday, J.B dan Okano, D. 2006. *Calophyllum inophyllum* (kamani), ver.2.1. In: Elevitch, C.R. (ed.). Species Profiles for Pasivic Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Hōlualoa, Hawai'i
- Hadi, Wahyudi Hanggoro. 2009. Pemanfaatan Minyak Biji Nyamplung Sebagai Bahan Bakar Biodiesel Pengganti Solar. Jurnal Riset Daerah.
- Hartono, R., Heryanto, H., Wardalia, W., Rusdi, R., Dwiya, N. and Tama, T.Y., 2021. Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung Secara Esterifikasi- Transesterifikasi. JURNAL INTEGRASI PROSES, 10(1), pp.53-56.
- Hasibuan, S., Sahirman, & Yudawati NMA. (2013). Karakteristik Fisiokimia dan Antibakteri Hasil Purifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.). Agritech, 33(3), 311-319.
- Joelianingsih, J., Christwardana, M., & Purwaningsih, I. S. (2019). Prediction of palm based biodiesel properties through the preparation of empirical equation. *International Journal of Oil Palm*, 2(1), 12-23
- Kern, D.Q.1950. Process Heat Transfer. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Kim, D, J. Choi, G-J Kim, S.K. Seol, 2011. Microwave accelerated energy efficient esterification of free fatty acid with a heterogenous catalyst. Bioresource Technology Volume 102, Issue 3, February 2011.
- Knothe, Gerhard, Robert. O. Dunn, Marvin. O. Bagby. 2002. Biodiesel: The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels. National

Center for Agricultural Utilization Research. Agricultural Research Service.
U.S. Department of Agriculture, Peoria.

Legowo, E.H. (2008). Kebijakan dan Program Pengembangan Bahan Bakar Nabati.
Workshop on Dissemination Biofuels Development. Kementerian ESDM.

Moser, B.R., 2009. Biodiesel production, properties, and feedstocks. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 45, pp.229-266.

Morrison R.T. and Boyd R.N., 2002. Organic Chemistry. New Delhi: Prentice –
Hall of India.

Musta, Rustam, Haetami, Aceng, & Salmawati, Mimi. (2017). Biodiesel Hasil
Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*)
Dengan Metanol. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 4(2), 394-401.

Nguyen, V., Truong, C., Nguyen, B. C. Q., Vo, T. V., Dao, T., Nguyen, V. D.,
Trinh, D. T., Huynh, H. K., Nguyen, C. B., 2017, Anti-inflammatory and
wound healing activities of calophyllolide isolated from *Calophyllum*
inophyllum Linn, *Plos One*, no. 10, vol. 12, hal 1–16.

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

Primadi, T., 2011. Analisis Tanaman Penghasil Biodiesel.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. 2008. Pembuatan Biodiesel dari
Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.).

Rahayu, M. (2005). Teknologi Proses Produksi Biodiesel. *Proses Pengembangan*
Biofuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak, 17-28.

- Setyawardhani, D.A., Rakhmawati, R., Kaavessina, M. and Danarto, Y.C., 2022. Diversifikasi Pemanfaatan minyak biji Nyamplung sebagai upaya meningkatkan nilai tambah produksi di CV Plantanesia. *SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, Dan Seni Bagi Masyarakat)*, 11(1), pp.76-84.
- Shahidi, F. ed., 2005. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Industrial and Nonedible Products from Oils and Fats* (Vol. 6). John Wiley & Sons.
- Smith, J.M and Van Ness, H.C. 1987. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics. 4th edition. McGraw Hill International Book Company. Tokyo.
- Soerawidjaja, T.H. (2006). Raw Material Aspects of Biodiesel Production in Indonesia. Seminar "Business Opportunities of Biodiesel into the Fuel Market in Indonesia", 8 Maret 2006. Jakarta: BPPT
- Sudradjat, R., Sahirman, D. Setiawan 2007. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung *Journal Penelitian Hasil hutan* 25: 41-56 Bogor.
- Sudrajat, R., Sahirman, A., Suryani, & Setiawan, D. (2010). Proses Trans Esterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) yang telah dilakukan Esterifikasi.
- Suryani, A., Mangunwidjaja, D. and Sudradjat, R., 2007. Kinetika Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Bintangur (*Calophyllum inophyllum*) untuk meningkatkan Kualitas Bahan Baku Biodiesel.
- Sutterlin, W. R., Long, R., Gray, L. T., dan Sawyer, H. 2018. Systems and Methods. For the Non-Catalytic Production of Biodiesel From Oils.
- Yaws, C.L. 1999. Chemical Properties Handbook. Mc Graw Hill Handbooks. New York.

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

REAKTOR 01

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara minyak nyamplung dan metanol dengan katalis Asam Klorida (HCl).

Jenis : Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB) dengan coil Pendingin

Bahan : *Stainless Steel tipe 316*

Bentuk : Tangki Silinder

Kondisi Operasi : *Isothermal*

$$T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

A. Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM	Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)
$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	256	2,293	587,121
$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	284	2,321	659,091
$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$	280	5,384	1.507,576
$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	282	3,667	1,034,091
$\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$	270	0.000	0.000
$\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_2$	298	0.000	0.000
$\text{C}_{19}\text{H}_{34}\text{O}_2$	294	0.000	0.000
$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	296	0.000	0.000
CH_3OH	32	122,988	3,935,627
H_2O	18	97,289	1,751,194
HCl	36,5	1,038	37,879
NaOH	40	0.000	0.000
NaCl	58,5	0.000	0.000
Total		234,980	9.512,579

B. Densitas

Densitas komponen pada suhu : 60 °C / 333,15 K

Komponen	Densitas kg/m ³	kg/jam	fraksi massa	ρL campuran (kg/m ³)
Methanol	754,568	3.935,627	0,414	312,186
HCl	459,012	37,879	0,004	1,828
Water	979,681	1.751,194	0,184	180,352
Asam Palmitat	855,286	587,121	0,062	52,789
Asam Stearat	852,148	659,091	0,069	59,042
Asam Linoleat	877,882	1.507,576	0,158	139,129
Asam Oleat	860,898	1.034,091	0,109	93,586
Σ		9.512,579	1	838,912

C. Viskositas

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa(xi)	μ	ln μ	ln μ * xi
Methanol	3.935,627	0,414	0,360	-1,021	-0,422
HCl	37,879	0,004	0,045	-3,112	-0,012
Water	1.751,194	0,184	0,474	-0,746	-0,137
Asam Palmitat	587,121	0,062	9,590	2,261	0,140
Asam Stearat	659,091	0,069	12,120	2,495	0,173
Asam Linoleat	1.507,576	0,158	7,874	2,064	0,327
Asam Oleat	1.034,091	0,109	10,320	2,334	0,254
Total	9.512,579	1	40,784	4,274	0,321

Persamaan Reaksi :



(Sumber : Forum Teknik Jilid 22, No. 2 Juli 1998)

Dan persamaan kecepatan reaksinya :

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

Kalau metanol yang dipakai berlebihan, maka persamaan (2) dapat ditulis dengan :

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

Dengan konversi asam X_A bagian dan konsentrasi awal asam C_{AO} , kemudian persamaan (3) diintegrasikan dengan batas $X_A = 0$ pada $t = t_0$ dan $X_A = X_A$ dan $t = t$, maka diperoleh :

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

Bila grafik hubungan $-\ln(1 - X_A)$ dengan waktu membentuk garis lurus, maka alkoholisis minyak nyamplung dapat dianggap berorde satu semu terhadap asam, nilai k dihitung berdasarkan tangen arah.

Reaksi Asam :

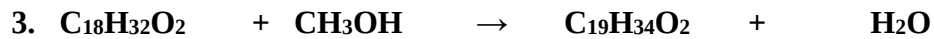


Reaksi Pembentukan	Asam Palmitat	Methanol	Metil Palmitat	H ₂ O
mula-mula	2,293	122,988	0,00	97,289

reaksi	1,949	1,949	1,949	1,949
setimbang	0,344	121,039	1,949	99,238



Reaksi Pembentukan	Asam Stearat	Methanol	Metil Stearat	H ₂ O
mula-mula	2,321	121,039	0,000	99,238
reaksi	1,973	1,973	1,973	1,973
setimbang	0,348	119,066	1,973	101,211



Reaksi Pembentukan	Asam Linoleat	Methanol	Metil Linoleat	H ₂ O
mula-mula	5,384	119,066	0.00	101,21
reaksi	4,577	4,577	4,577	4,577
setimbang	0,808	114,490	4,577	105,787



Reaksi Pembentukan	Asam Oleat	Methanol	Metil Oleat	H ₂ O
mula-mula	3,667	114,490	0,00	105,787
reaksi	3,117	3,117	3,117	3,117
setimbang	0,550	111,373	3,117	108,904

D. Design Equation

1. Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

$$F_v = \frac{\text{Massa Umpan}}{\rho \text{ Campuran}}$$

$$= 11,339 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 11.339 \text{ liter/jam}$$

2. Menghitung Konsentrasi

$$C_{ao} = \frac{na}{F_v}$$

$$\text{Total umpan mula-mula } C_{ao} = 1.2051 \text{ mol/liter}$$

$$C_{bo} = \frac{nb}{F_v}$$

$$\text{Total umpan mula-mula } C_{bo} = 42.1180 \text{ mol/liter}$$

$$C_a = C_{ao} \times (1 - X)$$

$$\text{Total umpan konsentrasi } C_a = 0.1808 \text{ mol/liter}$$

$$C_b = C_{bo} \times (C_{ao} - X)$$

$$\text{Total umpan konsentrasi } C_b = 41.0936 \text{ mol/liter}$$

3. Menghitung Konstanta Laju Reaksi

$$\text{Konstanta laju reaksi (k)}$$

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

$$= 2,6406 e^{-\frac{5.757,176}{8,314 \times 333,15}}$$

$$= 2,6406 e^{-2,0785}$$

$$= 2,6406 \times 0,1251$$

$$= 0,3303 \text{ menit}^{-1}$$

4. Menghitung Waktu Tinggal

$$r = \frac{Xn}{k \cdot (1 - Xn)}$$

$$= 17,154 \text{ menit}$$

$$= 0,286 \text{ jam}$$

5. Menentukan Volume Reaktor

$$\text{In} - \text{out} + \text{Generation} = 0$$

$$F_{A0} - F_{A1} + r_{A1} V_1 = 0$$

$$X1 = \frac{FA0 - FA1}{FA0}$$

$$FA1 = F_{A0} - F_{A0}X1$$

$$V = \frac{F_{vo} \cdot X1}{-r_{A1}}$$

$$V = FV \times r$$

$$V = 3.242 \text{ liter}$$

$$V = 3,242 \text{ m}^3$$

6. Optimasi Reaktor

a. Menggunakan 1 Reaktor

$$V : 3,24 \text{ m}^3 = 856,335 \text{ gallon}$$

$$x0 : 0,00$$

$$x1 : 0,85$$

$$r_1 : 17,152 \text{ menit}$$

b. Menggunakan 2 Reaktor

$$V1 : 1,11 \text{ m}^3 = 292,015 \text{ gallon}$$

$$V2 : 1,11$$

$$x0 : 0,00$$

$$x1 : 0,56$$

$$x2 : 0,85$$

$$r_2 : 5,849 \text{ menit}$$

c. Menggunakan 3 Reaktor

$$V1 : 0,77 \text{ m}^3 = 204,559 \text{ gallon}$$

$$V2 : 0,77$$

$$V3 : 0,77$$

$$x0 : 0,00$$

$$x1 : 0,37$$

$$x2 : 0,65$$

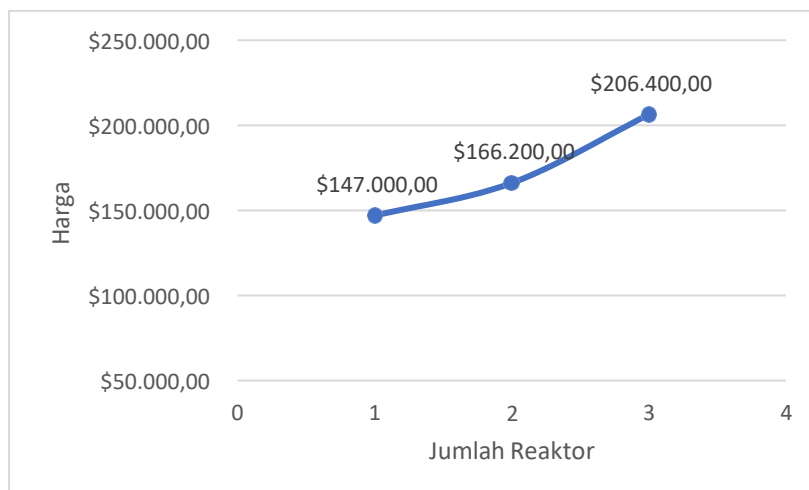
$$x3 : 0,85$$

$$r_2 : 4,097 \text{ menit}$$

7. Optimasi Harga Reaktor

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi : Dengan menggunakan data harga reaktor yang diambil dari www.matche.com. Untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal dipilih *Stainless Steel* tipe 316 sebagai bahan material pembuatan reaktor.

n	Volume 1 Reaktor (m ³)	Volume (gal)	Profil Harga \$	Total Harga \$
1	3,24	856,335	\$147,000	\$147,000
2	1,11	292,015	\$83,100	\$166,200
3	0,77	204,559	\$68,800	\$206,400



Dari grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa pada reaktor dengan jumlah 1 buah memberikan harga paling rendah yaitu \$147,000. Diambil kesimpulan bahwa jumlah reaktor yang dipakai 1 buah, dengan pertimbangan harga yang paling rendah, volume reaktor yang standar dan waktu tinggal yang didapat yaitu 17,152 menit dimana proses esterifikasi akan berjalan dengan baik.

8. Dimensi Reaktor

a. Menghitung Dimensi Reaktor

Perancangan reaktor dibuat dengan factor keamanan sebesar 20%, (Peters and Timmerhaus, 1980) sehingga volume reaktor menjadi :

$$\text{Volume reaktor} = 1,2 \times 3.24 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = 3.89 \text{ m}^3$$

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

Ditetapkan: **D = H** (Brownell, 1959)

Dimana:

D = Diameter reaktor

H = Tinggi Reaktor

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_{shell}}{\pi}}$$

$$D = 1,604 \text{ m}$$

Maka, nilai H:

$$H = 1,604 \text{ m}$$

$$V_{Reaktor\ total} = V_{shell} + V_{head}$$

$$= 3,242 \text{ m}^3 + 0,701 \text{ m}^3$$

$$= 3,942 \text{ m}^3$$

b. Menghitung Ketinggian Cairan dalam Reaktor

$$V_{\text{cairan di shell}} = V_{\text{Shell}} - V_{\text{Bottom}}$$

$$V_{\text{shell}} = 3.242 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{bottom}} = 0.350 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cairan di shell}} = V_{\text{Shell}} - V_{\text{Bottom}}$$

$$V_{\text{cairan di shell}} = 3.242 \text{ m}^3 - 0.350 \text{ m}^3$$

$$= 2.891 \text{ m}^3$$

$$H_{\text{cairan di shell}} = 1.604 \text{ m}$$

c. Menghitung Tekanan Desain

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm}$$

$$= 14,7 \text{ psi}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \frac{pgh}{gc}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \frac{838,912 \times 1 \times 1,604}{1}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 1,914 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan absolut} = \text{Tekanan operasi} + \text{Tekanan hidrostatik}$$

$$= 14,7 \text{ psi} + 1,914 \text{ psi}$$

$$= 16.610 \text{ psi}$$

Tekanan *over design* yaitu 20%

$$\text{Tekanan desain} = 1,2 \times 16.610 \text{ psi}$$

$$= 19.932 \text{ psi}$$

d. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

$$ts = \frac{Pr}{(fE - 0,6P)} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

ts = Tebal *shell* (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = *Allowable stress* (18.750 psi)

r_i = Jari-jari dalam storage (in)

E = Efisiensi pengelasan

C = Faktor korosi (0,125 in)

$$ts = \frac{19.932 \times 0.802}{(18.750 \times 0.85 - 0.6 \times 19.932)} + 0,125$$

$ts = 0,126$ in

Dari hasil perhitungan diperoleh tebal *shell* adalah 0,126 in, sehingga

Tebal *shell* standar = 3/16 atau 0,1875 in. (Brownell & Young, p. 88, table 5.6)

ID *shell* = 63.163 in

OD *shell* = ID *shell* + 2 ts

= 63.163 + (2 x 0,1875)

= 63.538 in

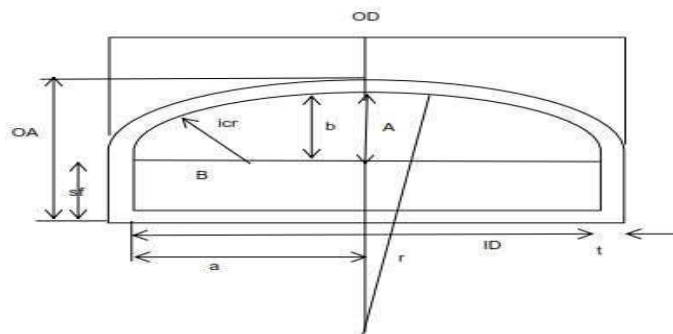
OD standar = 66 in (Brownell & Young, page 90, table 5.7)

Serta didapatkan nilai i_{cr} dan r_c sebagai berikut:

$i_{cr} = 4$ in

$r_c = 66$ in

e. Perancangan Dimensi Head



Bentuk : *Torispherical Dishead Head*

Dasar pemilihan : Digunakan untuk tangka dengan tekanan dalam rentang 15 psig (1,020689 atm) – 200 psig (13,60919 atm) dan harga lebih ekonomis.

Dimana :

t_h = tebal *head*

w = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis *head*

f = *allowable stress*

E = *joint efficiency*

C = corrosion allowance

P = tekanan desain

Diperoleh dari persamaan persamaan 13.10 Brownell and Young, 1959

$$th = \frac{P \cdot rc \cdot w}{2fE - 0,2 \cdot P}$$

- **Menentukan dimensi tutup atas dan bawah**

Dari standarisasi OD *shell* didapatkan nilai sebesar:

OD = 66 in

Maka, *inside corner radius*:

icr = 4 in

rc = 66 in

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

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{66}{4}} \right)$$

w = 1.766 in

$$th = \frac{5,236 \times 66 \times 1,766}{2 \times 18.750 \times 0,85 - 0,2 \times 5,236} + 0,125$$

th = 0.1441 in

th standar = 0.1875 atau 3/16 in (Brownell & Young, p. 88)

tebal *bottom* = tebal *head* = 3/16 in untuk th = 3/16 in

maka, sf= 1,5 – 2 in (Brownell & Young, p. 88)

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

$$\begin{aligned} AB &= (ID/2) - icr \\ &= (65,625/2) - 4 \text{ in} \\ &= 28,813 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= rc - icr \\ &= 66 - 4 \text{ in} \\ &= 62 \text{ in} \end{aligned}$$

- Menentukan *depth of dish*

$$\begin{aligned} b &= rc - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= 66 - \sqrt{(62)^2 - (28,813)^2} \\ &= 11,102 \text{ in} \end{aligned}$$

- Menentukan tinggi dan volume *dish head*

$$\begin{aligned} OA/h \text{ head} &= th + b + sf \\ &= 0,1875 + 11,102 + 1,5 \text{ in} \\ &= 12,789 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi, tinggi *dished head*

$$Hd = 0,325 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi/h reaktor} &= 2 h_{head} + h_{shell} \\ &= (2 \times 0,325) + 1,604 \text{ m} \\ &= 2,254 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Volume/v sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \frac{sf}{144}$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 63,163^2 \times \frac{1,5}{144}$$

$$= 43,497 \text{ in}^3$$

$$= 0,025 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 D^3 \text{ (Brownell, p. 88, eq. 5.11)}$$

$$= 0,000049 \times (63,163)^3$$

$$= 12,348 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{head}} = 2 (V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}})$$

$$= 2 \times (12,348 \text{ ft}^3 + 0,025 \text{ ft}^3)$$

$$= 24,746 \text{ ft}^3$$

9. Desain Sistem Pengaduk

$$V = 3,942 \text{ m}^3$$

$$= 1.041,46 \text{ gallon}$$

$$\rho = 838,912 \text{ kg/m}^3$$

$$= 52,348 \text{ lb/ft}^3$$

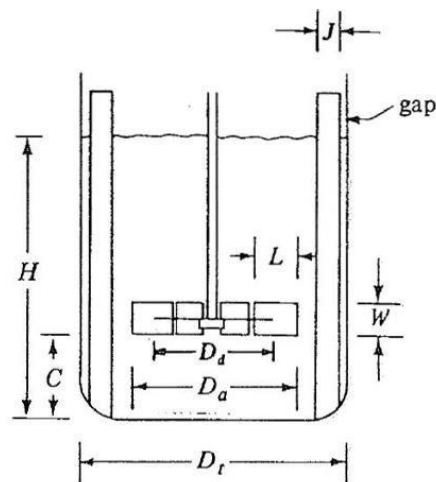
$$\mu = 4,038 \text{ cP}$$

$$= 0,003 \text{ lb/ft.s}$$

a. Dimensi pengaduk

Digunakan jenis *flat six blades turbine* karena dapat digunakan untuk campuran dengan viskositas <100.000 cP (Geankopolis, 1993, p.143).

Dalam perancangan untuk pengaduk, dilakukan dengan prinsip similaritas menggunakan model yang sesuai dengan referensi di buku. Dimana untuk referensi buku,



Keterangan:

ID = Diameter dalam pengaduk

Di = Diameter pengaduk

L = Lebar sudut pengaduk

W = Tinggi sudut pengaduk

E = Jarak pengaduk dengan dasar tangka

J = Lebar *baffle*

H = Tinggi cairan

Dimensi:

$$\begin{aligned}
 D_i &= ID/3 \\
 &= 1,604/3 \text{ m} \\
 &= 0,535 \text{ m} \\
 &= 1,755 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 21,054 \text{ in} \\
 W &= Di/5 \\
 &= 0,535/5 \text{ m} \\
 &= 0,107 \text{ m} \\
 &= 0,351 \text{ ft} \\
 &= 4 \text{ in} \\
 L &= Di/4 \\
 &= 0,535/4 \text{ m} \\
 &= 0,134 \text{ m} \\
 &= 0,439 \text{ ft} \\
 &= 5,264 \text{ in} \\
 B &= ID/12 \\
 &= 1,604/12 \text{ m} \\
 &= 0,134 \text{ m} \\
 &= 0,439 \text{ ft} \\
 &= 5,264 \text{ in} \\
 E &= Di. (0,75-1,3); \text{ dipilih } 1 \\
 &= 0,535 \times 1 \text{ m} \\
 &= 0,535 \text{ m} \\
 &= 1,755 \text{ ft} \\
 &= 21,054 \text{ in} \\
 ZL &= 1,604 \text{ m} \\
 &= 5,264 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$= 63,163 \text{ in}$$

- b. Menentukan jumlah pengaduk

$$\text{Specific gravity} =$$

$$sg = \frac{\rho_{fluida}}{\rho_{air}}$$

$$sg = 0,839$$

$$\text{WELH} = ZL \times Sg$$

$$= 1,604 \text{ m} \times 0,839$$

$$= 1,346 \text{ m}$$

$$= 4,416 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \text{WELH}/ID$$

$$= 1,346 / 1,604 \text{ m}$$

$$= 0.839 \text{ m}$$

Jadi, jumlah pengaduk yang dipakai, yaitu 1 buah.

- c. Menentukan kecepatan putar pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi Di} \sqrt{\frac{WELH}{2Di}} \quad (\text{Rase, 1977, eq. 8.8})$$

$$= \frac{600}{3,14 \times 1,755} \sqrt{\frac{4,416}{2 \times 1,755}}$$

$$= 122,17 \text{ rpm}$$

$$= 2,036 \text{ rps}$$

- d. Menentukan Bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{NDi^2\rho}{\mu} \quad (\text{Brown, p. 507, fig. 477})$$

$$N_{Re} = \frac{2,036 \times (1,755)^2 \times 52,348}{0,003}$$

$$N_{Re} = 120.919,49$$

e. Menghitung *Power* Pengaduk

$$P = \frac{N_p \times \rho \times N_i^3 \times D_i^3}{gc} \quad (\text{Brown, 1978, p. 508})$$

Dari (McCabe, fig 9.12, page 250) *Curved (six-blade turbine, vertical blades)*, didapatkan:

$$N_p = 4$$

$$P = \frac{4 \times 52,348 \times (2,036)^3 \times (1,755)^5}{32,178}$$

$$= 913,352 \text{ ft.lb/s}$$

$$= 1,953 \text{ Hp}$$

$$= 1,457 \text{ kW}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 85\% \quad (\text{Peters, p. 521, fig. 14.38})$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Motor} &= \frac{P}{\eta} \\ &= \frac{1,953}{0,85} \end{aligned}$$

$$= 2.298 \text{ Hp}$$

$$\text{Power motor standar} = 3 \text{ Hp}$$

(Standar NEMA, Rase & Barrow, 1957, p. 358)

10. Koil Pendingin

Reaksi yang berjalan di dalam reactor adalah reaksi eksotermis. Maka, dibutuhkan *coil* pendingin sehingga suhu tetap 60°C.

a. Neraca Panas pada Reactor

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/jam)	ΔH out (Kj/jam)
Methanol	285.731,72	258.745,94
HCl	317.862,10	3.390,63
Water	212.681,03	238.073,64
Asam palmitat	35.810,52	5.371,58
Asam stearat	41.775,53	6.266,33
Asam linoleat	82.990,11	12.448,52
Asam oleat	60.270,56	9.040,58
Metil palmitat		7.943,72
Metil stearat		37.039,62
Metil linoleat		68.697,69
Metil oleat		55.993,56
ΔH reaksi	-27,67	
Q terserap		334.082,07
Total	1.037.093,89	1.037.093,89

$$\begin{aligned}
 Q_w \text{ (Q pendingin)} &= 334.082 \text{ kJ/jam} \\
 &= 316.710,80 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Air Pendingin

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{Q_w}{C_p \times \Delta T} \\
 &= \frac{334.082}{10,0665} \\
 &= 33.188 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

c. Menghitung Kecepatan Volumetric Steam

$$\begin{aligned}
 Q_v &= \frac{m_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}} \\
 &= \frac{33.188}{1000} \\
 &= 33,188 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

d. Menghitung Nilai ΔT LMTD

No	Fluida Panas (°F)	Fluida Dingin (°F)	ΔT (°F)
1.	140	77	63
2.	140	113	27

Untuk mencari nilai ΔT LMTD dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta T \text{ LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T \text{ LMTD} = 42,49 \text{ } ^\circ\text{F}$$

e. Menghitung Luas Transfer Panas

$$A = \frac{Q_w}{Ud \times \Delta T \text{ LMTD}}$$

$$A = 99,39 \text{ } ft^2$$

$$A = 9,23 \text{ } m^2$$

f. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$L = \pi D L$$

$$L = 3,14 \times 1,6043 \times 1,6043$$

$$L = 8,08 \text{ } m^2$$

$$L = 26,52 \text{ } ft^2$$

Karena luas transfer panas > luas selubung reaktor maka menggunakan *coil* pendingin

$$\text{NPS} = 3 \text{ in}$$

$$\text{Schedule number} = 40$$

OD	= 3,5 in
ID	= 3,068 in
Luas penampang (A')	= 7,38 in ²
Luas penampang/panjang (a'')	= 0,917 ft ² /ft (outside); 0,804 ft ² /ft (inside)
L/D	= 46,936 ft

g. Menghitung Koefisien Transfer Panas Dalam Coil

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left(\frac{cp \times \mu}{k} \right)^{\frac{-1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$hi = 527,249 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam. ^\circ F}$$

h. Menentukan h_{io}

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

$$h_{io} = 462,171 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam. ^\circ F}$$

Untuk koil, harga koil harus dikoreksi dengan factor koreksi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$h_{io \text{ koil}} = h_{io \text{ pipa}} \left(1 + 3,5 \frac{D_{koil}}{D_{spiral \text{ koil}}} \right)$$

$$h_{io \text{ koil}} = 566,933 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam. ^\circ F}$$

i. Menghitung H_o

$$h_o = 0,87 \left(\frac{k}{D}\right) \left(\frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,4}$$

$$h_o = 824,542 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam. ^\circ F}$$

j. Menghitung U_c dan U_d

$$U_c = \frac{h_o \times h_{io \text{ koil}}}{h_o + h_{io \text{ koil}}}$$

$$U_c = \frac{824,542 \times 566,933}{824,542 + 566,933}$$

$$U_c = 335,946 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam. ^\circ F}$$

$$U_d = \frac{h_D \times U_c}{h_D + U_c}$$

$$U_d = \frac{1000 \times 335,946}{1000 + 335,946}$$

$$U_d = 251,467 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam. ^\circ F}$$

k. Menentukan Luas Bidang Transfer Panas

$$A_t = \frac{Q_{total}}{U_d \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$A_t = \frac{334.082}{251,467 \times 42,29}$$

$$A_t = 31,268 ft^2$$

$$A_t = 2,905 m^2$$

l. Menentukan Panjang Koil

Untuk menentukan Panjang koil, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L_{\text{pipa koil}} = A/a''$$

$$L_{\text{pipa koil}} = 34,099 \text{ ft}$$

$$L_{\text{pipa koil}} = 10,393 \text{ m}$$

m. Menentukan Jumlah Lilitan

$$\text{Keliling lilitan} = 0,5 \text{ putaran miring} + 0,5 \text{ putaran datar}$$

$$K \text{ lilitan} = 0,5\pi(Dc) + 0,5\pi(Dc^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$K \text{ lilitan} = 11,574 \text{ ft}$$

$$K \text{ lilitan} = 138,886 \text{ in}$$

$$K \text{ lilitan} = 3,528 \text{ m}$$

$$N \text{ lilitan} = \frac{L_{\text{pipa koil}}}{K \text{ lilitan}}$$

$$N \text{ lilitan} = 2,946$$

Maka didapatkan Kesimpulan untuk jumlah lilitan sebanyak 3 lilitan.

n. Menentukan Tinggi dan Volume Koil

$$Hc = (Nt - 1) \times \text{jarak lilitan} + (Nt \times OD \text{ koil})$$

$$Hc = 0,356 \text{ m}$$

Selanjutnya menghitung volume koil dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_c = \pi \times (OD\ coil)^2 \times L_{coil}$$

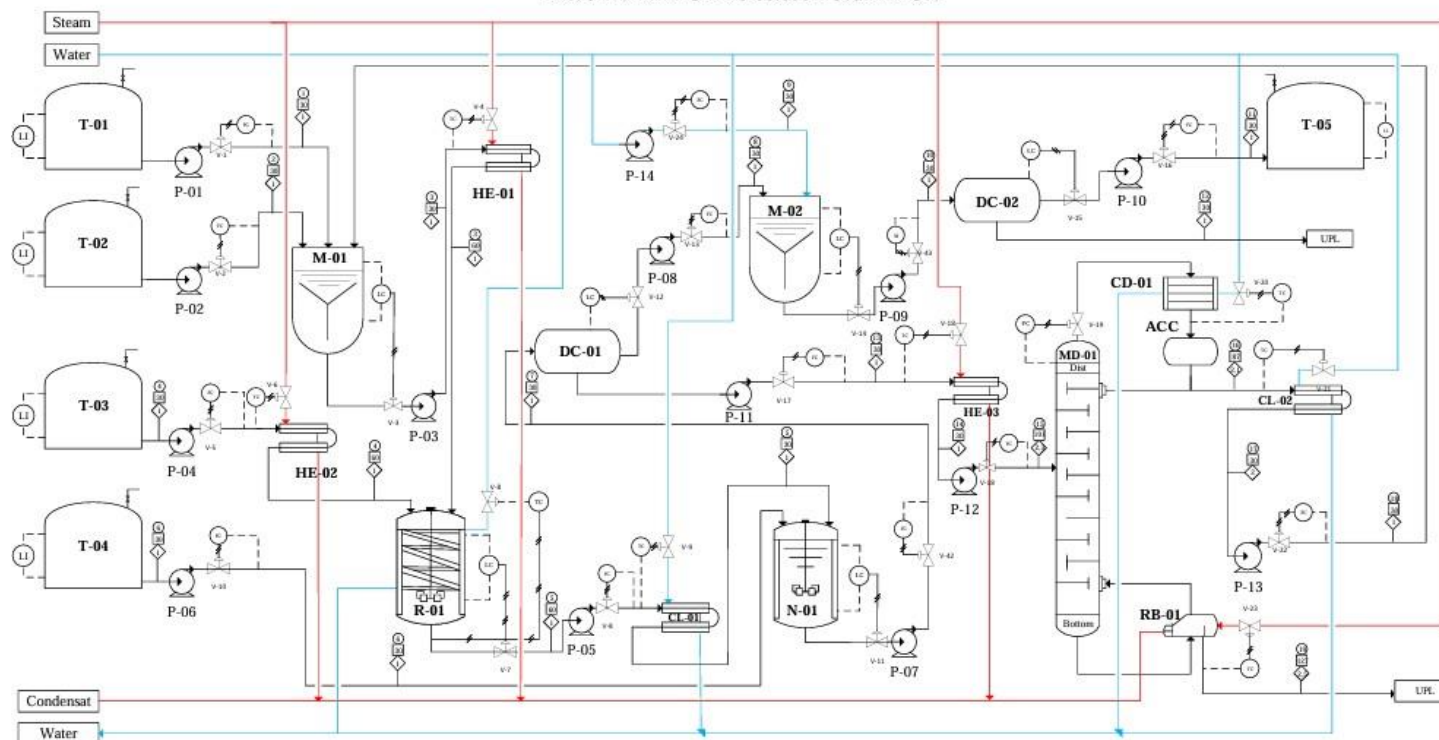
$$V_c = 3,14 \times (0,089)^2 \times 10,393$$

$$V_c = 0,258\ m^3$$

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PFED)

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG
DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**



Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
CH ₃ OH	8,745,839	8,745,839			8,374,141		8,374,141	186,460		186,460	3,729	182,731	8,187,681	8,187,681	8,187,681	8,023,927	8,023,927	163,754	
H ₂ O	37,879	37,879			37,879		37,879												
NaOH	64,496	3,740,217	3,812,713		4,021,793	44,979	4,085,445	8,581	89,869	99,442	0,984	97,457	4,076,862	4,076,862	4,076,862	81,537	81,537	3,995,325	
Crude Oil			587,121	58,669			58,669	58,669		58,669	58,669								
Crude Oil			499,091	98,844			98,844	98,844		98,844	98,844								
Crude Oil			1,567,278	226,136			226,136	226,136		226,136	226,136								
Crude Oil			1,834,091	155,114			155,114	155,114		155,114	155,114								
NaOH					41,511														
NaCl						48,710							48,710	48,710	48,710			48,710	
Crude Oil				526,345		526,345	526,345	526,345	526,345	526,345									
Crude Oil				587,844		587,844	587,844	587,844	587,844	587,844									
Crude Oil				1,345,511		1,345,511	1,345,511	1,345,511	1,345,511	1,345,511									
Crude Oil				922,614		922,614	922,614	922,614	922,614	922,614									
Total	192,378	12,494,056	12,596,430	3,787,879	16,264,309	86,481	16,479,790	4,145,538	89,869	4,236,398	3,995,219	280,188	12,328,253	12,328,253	12,328,253	8,185,464	8,185,464	4,219,789	

ALAT	KETERANGAN
T	Tangki Penyimpanan
M	Mixer
R	Reaktor
DC	Distiller
WT	Washing Tank
MD	Mixer Distillasi
CD	Condenser
RB	Reboiler
ACC	Accumulator
HE	Heat Exchanger
CL	Control Valve
P	Pompa
V	Expansion Valve

Simbol	KETERANGAN
FC	Flow Controller
LC	Level Controller
PC	Pressure Controller
LI	Level Indicator
TC	Temperature Controller
NI	Normal Area
S	Salin
CV	Control Valve
P	Pipa
U	Ukuran Tekan
V	Isolasi

		JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS BINA INDONESIA YOGYAKARTA
PROSES ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN		
Dibuat oleh : 1. Nafisa Celya Kharimah (20521005) 2. Shabrina Destara Putri (20521125)		
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Arief Hidayat, S.T., M.T.		

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

PRA RANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

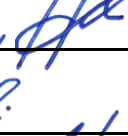
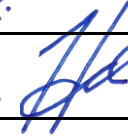
1. Nama Mahasiswa : Nafasa Cahya Kharimah

NIM 20521003

2. Nama Mahasiswa : Shafanisa Destiara Putri

NIM 20521125

Judul Prarancangan	:	Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Nyamplung dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan	:	14 September 2023
Batas Akhir Bimbingan	:	13 September 2024

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	25/09/23	Perkenalan dan diskusi awal tentang perancangan pabrik	
2	4/10/23	Perkenalan tentang produk biodiesel dan bahan baku	
3	11/10/23	Penentuan sifat fisis dan metode yang digunakan	
4	20/10/23	Penentuan awal perhitungan neraca massa	
5	01/11/23	Konsultasi diagram alir 1	
6	08/11/23	Pembahasan neraca massa	
7	09/11/23	Penentuan alat besar	
8	16/11/23	Konsultasi diagram alir 2	
9	23/11/23	Konsultasi nilai kinetika	

10	08/12/23	Konsultasi reaktor	
11	11/12/23	Pembahasan neraca panas	
12	14/12/23	Konsultasi perhitungan reaktor, netralizer	
13	18/12/23	Pembahasan mengenai decanter	
14	16/01/24	Fiksasi alat besar washing tower dan decanter	
15	08/03/24	Pembahasan hasil perhitungan alat	
16	14/03/24	Fiksasi alat besar evaporator	
17	26/03/24	Pembahasan penggunaan alat Menara Distilasi	
18	02/05/24	Pembahasan alat penukar panas (<i>cooler</i>)	
19	28/05/24	Pembahasan alat penyimpanan bahan baku	
20	11/06/24	Alat utilitas	
21	21/06/24	Alat utilitas (pompa dan tangki utilitas)	
22	27/06/24	Evaluasi Ekonomi	
23	09/07/24	Evaluasi Ekonomi dan PEFD	
24	17/07/24	Naskah dan PEFD	

Disetujui Draft Penulisan

Yogyakarta, 25 Juli 2024

Pembimbing,

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