PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON / TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Disusun Oleh :

Nama	:	Laellindini Ardy Syahhertian
No. Mahasiswa	:	19521184

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI

DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Laellindini Ardy Syahhertian

NIM : 19521184

Yogyakarta, 31 Juli 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana semestinya.



Laellindini Ardy Syahhertian

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Laellindini Ardy Syahhertian

NIM : 19521184

Yogyakarta, 10 Oktober 2024

Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI
DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Laellindini Ardy Syahhertian

NIM : 19521184

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, 10 Desember 2024

Tim Penguji,

Dr. Diana, S.T., M.Sc. (.....)
Ketua Penguji

13-12-2024

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T. (.....)
Penguji I

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D (.....)
Penguji II

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji Syukur kehadirat Allah Swt. Yang telah melimpahkan Rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **"PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN"** tepat waktu.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana (S1) Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan ini secara langsung maupun tidak langsung, yang terhormat:

1. Allah Swt. Karena atas kehendak-Nya, penyusun diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orangtua dan saudara kami tercinta yang selalu mendoakan kami serta memberikan dukungan serta motivasi kepada kami untuk menyelesaikan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., 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, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

6. Ibu Diana, Dr., S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh civitas akademik Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.

Penyusun berusaha semaksimal mungkin dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini agar dapat bermanfaat bagi pembaca dan penyusun pada khususnya. Penyusun menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya Mahasiswa Teknik Kimia.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 31 Juli 2024

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, karunia, serta hidayah-Nya kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Sholawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam hingga akhir hayat kita.

Untuk diri saya sendiri, terima kasih sudah berjuang, bertahan dan kuat selama proses kuliah dan sampai akhirnya tugas akhir ini diselesaikan dengan baik. *It's a wrap, I did it!* Jangan pernah berpuas diri, terus belajar, terus tumbuh, segala sesuatu memiliki waktu dan resikonya sendiri, terus berusaha dan berdoa. Jadilah pribadi yang bisa memberikan manfaat, motivasi, dan inspirasi bagi orang lain.

Untuk kedua orang tua saya bapak Yantho Setianto dan Ibu Nunung Nurhasanah, kakak saya Luthfi Ardy Syahhertian, S.M., adik saya Liffah Ardy Syahhertian, S.T., dan kakak ipar saya Ratu Aenul Fazri, S.Pd., serta seluruh keluarga besar tercinta yang telah menjadi sumber kekuatan dan motivasi saya untuk menjalani hari-hari selama dibangku perkuliahan sampai saya menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Ibu Dr. Diana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing, terima kasih atas bimbingan dan arahannya selama ini sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

Untuk teman-teman seperjuangan di kuliah (Fitri, Sinta, Sherin, Nanda, Isti, Anisah) serta teman seangkatan 2019 dan 2020 terima kasih banyak atas semua dukungan, bantuan serta doa-doanya. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses bersama untuk kedepannya.

Untuk sahabat-sahabat saya Teh Nia, Kalila, Fergie, Nezla Puspita, dan Amalia terima kasih telah menjadi tempat berkeluh kesah serta memberikan dukungan, semangat, serta doa dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses bersama untuk kedepannya.

Laellindini Ardy Syahhertian

Teknik Kimia UII 2019

DAFTAR ISI

Contents

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL ii

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING iii

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iv

KATA PENGANTAR v

LEMBAR PERSEMBAHAN vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR LAMBANG / NOTASI / SINGKATAN xiii

ABSTRAK xv

ABSTRACT xvi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik 3

1.3 Tinjauan Pustaka 9

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika 16

BAB II PERANCANGAN PRODUK 21

2.1 Spesifikasi Produk 21

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung 21

2.3 Pengendalian Kualitas 23

BAB III PERANCANGAN PROSES 25

3.1 Diagram Alir Proses dan Material 25

3.2 Uraian Proses 27

3.3 Spesifikasi Alat 27

3.4 Neraca Massa 39

3.5 Neraca Panas 42

BAB IV PERANCANGAN PABRIK 44

4.1 Lokasi Pabrik 44

4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout) 45

4.3 Tata Letak Alat Proses 47

4.4 Organisasi Perusahaan 48

BAB V UTILITAS 57

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System) 58
5.2 Unit Pembangkitan Steam (Steam Generation System) 61
5.3 Unit Pembangkitan Listrik (Power Plant System) 61
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan (Instrument Air System) 62
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar 62
5.6 Unit Pengolahan Limbah 63
BAB VI EVALUASI EKONOMI 64
6.1 Evaluasi Ekonomi 64
6.2 Penaksiran Harga Alat 66
6.3 Dasar Perhitungan 70
6.4 Perhitungan Biaya 70
6.5 Analisa Kelayakan 75
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 80
7.1 Kesimpulan 80
7.2 Saran 81
DAFTAR PUSTAKA 82
LAMPIRAN 84

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Produksi Biodiesel di Indonesia 4
Tabel 1. 2 Konsumsi Biodiesel di Indonesia (APOBRI) 5
Tabel 1. 3 Nilai Ekspor Biodiesel di Indonesia 6
Tabel 1. 4 Data Konsumsi Daging Sapi di Indonesia 7
Tabel 1. 5 Data Pabrik Produksi Biodiesel 8
Tabel 1. 6 Persyaratan kualitas biodiesel menurut SNI-04-7182-2006 10
Tabel 1. 7 Harga ΔH°f masing-masing komponen 16
Tabel 1. 8 Harga ΔG°f masing-masing komponen 17

Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan 33
Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk 34
Tabel 3. 3 Spesifikasi Pompa 35
Tabel 3. 4 Spesifikasi Pompa (lanjutan) 36
Tabel 3. 5 Spesifikasi Heat Exchanger dan Melter 37
Tabel 3. 6 Spesifikasi Cooler 38

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik 46
Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan 52

Tabel 6. 1 Indeks Harga per tahun 66
Tabel 6. 2 Harga Alat Proses 67
Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas 69
Tabel 6. 4 Physical Plant Cost (PPC) 71
Tabel 6. 5 Direct Plant Cost (DPC) 71
Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment (FCI) 72
Tabel 6. 7 Work Capital Investment 72
Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC) 73
Tabel 6. 9 Fixed Manufacturing Cost (FMC) 74
Tabel 6. 10 Total Manufacturing Cost 74
Tabel 6. 11 General Expenses 74
Tabel 6. 12 Total Production Cost 75
Tabel 6. 13 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa) 76
Tabel 6. 14 Annual Regulated Expenses (Ra) 77
Tabel 6. 15 Annual Variable Value (Va) 77
Tabel 6. 16 Annual Sales Value (Sa) 77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia 4
Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel 5
Gambar 1. 3 Grafik Ekspor Biodiesel 6
Gambar 1. 4 Grafik Kapasitas Biodiesel 7
Gambar 1. 5 Prosedur Kerja Pembuatan Biodiesel 13
Gambar 1. 6 Reaksi esterifikasi dengan katalis asam 14
Gambar 1. 7 Mekanisme Transesterifikasi 15
Gambar 1. 8 Mekanisme Transesterifikasi dengan Katalis Basa 15

Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif Perancangan Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi 25
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif Perancangan Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi 26

Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi 44
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik Biodiesel 45
Gambar 4. 3 Tata Letak Proses Pabrik Biodiesel 48
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi 49

Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas 57

Gambar 6. 1 Analisis biaya per kapasitas 79

DAFTAR LAMBANG / NOTASI / SINGKATAN

T	:	*Temperature*, °C
μ	:	Viskositas, cP
ρ	:	Densitas, kg/m^3
π	:	Jari-jari, in
D	:	Diameter, m
H	:	Tinggi, m
V	:	Volume, m^3
m	:	Massa, kg
P	:	Tekanan, psia
T	:	Waktu, jam
K	:	Konstanta kinetika reaksi, /menit
Fv	:	Laju alir, m^3/jam
Ms	:	Massa *steam*, kg
A	:	Luas bidang penampang, ft^2
x	:	Konversi, %
TD	:	Titik didih, °C
Dt	:	Dimensi reaktor, m
ID	:	*Inside* diameter, in
OD	:	*Outside* diameter, in
ts	:	Ketebalan dinding, in
th	:	Ketebalan *head*, in
P	:	*Power* motor, hP
Re	:	Bilangan *Reynold*
E	:	Efisiensi sambungan
Ri	:	Jari-jari reaktor
C	:	*Corrision allowance*
f	:	*Allowable stress*, psia
icr	:	Jari-jari sudut dalam, in
W	:	Faktor intensifikasi tegangan untuk jenis *head*
sg	:	*Specific gravity*
Di	:	Diameter pengaduk, m
W	:	Tinggi pengaduk, m
Wb	:	Lebar *baffle*, m
L	:	Lebar pengaduk, m

Zi	:	Jarak pengaduk, m
ZL	:	Tinggi pengaduk, m
N	:	Kecepatan pengadukan, rpm
Rd	:	Faktor pengotor
H	:	Efisiensi
N	:	Jumlah banyaknya lilitan
L	:	Panjang koil, m
p	:	Panjang, m
l	:	Lebar, m
hi	:	*Inside film coefficient*, Btu/jam.ft^2°F
hio	:	*Outside film coefficient*, Btu/jam.ft^2°F
jH	:	*Heat transfer factor*
LMTD	:	*Long mean temperature different*, °F
Nt	:	Jumlah tube

ABSTRAK

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang bisa didapatkan dari minyak nabati, lemak dan hewani, dan limbah minyak dengan cara proses transesterifikasi dengan bantuan methanol dan Natrium Hidroksida untuk mengkonversi trigliserida menjadi methyl ester. Pabrik biodiesel ini rencana akan didirikan di daerah Kabupaten Kuningan tepatnya di daerah Lingkar Timur Kuningan Jawa Barat. Pabrik ini didirikan dengan kapasitas 10.000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah Lemak Sapi dan Metanol dengan bantuan katalis Natrium Hidroksida. Proses transesterifikasi berlangsung pada suhu 60℃ dan tekanan 1 atm dengan konversi sebesar 95%. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pembangunan pabrik ini membutuhkan modal produksi sebesar Rp 146.915.765.148. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 28,89% dan sesudah pajak 21,67%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,71 tahun dan sesudah pajak 3,37 tahun. Dari data analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dari lemak sapi ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : Biodiesel, Ekonomi, Lemak Sapi, Lingkar Timur, Transesterifikasi.

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel that can be obtained from vegetable oils, animals fats, and waste oils through a transesterification process using methanol and sodium hydroxide to convert triglycerides into methyl esters. This biodiesel plant is planned to be established in Kuningan Regency, specifically in the Lingkar Timur area of Kuningan, West Java. The plant will have a capacity of 10,000 tons per year. The raw materials used will be beef fat and methanol, with sodium hydroxide acting as a catalyst. The transesterification process will occur at a temperature of 60℃ and a pressure of 1 atm, achieving a conversion rate of 95%. Based on the economic evaluation, it can be concluded that the construction of this plant requires a production capital of IDR 146.915.765.148. The Percent Return On Investment (ROI) before tax is 28.89%, and after tax, it is 21.67%. The Pay Out Time (POT) before tax is 2.71 years and after tax, it is 3.37 years. From the economic analysis data, it can be concluded that the biodiesel plant using beef fat is feasible to establish.

Keywords: Beef Fat, Biodiesel, Economics, Lingkar Timur, Transesterification.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya zaman dan teknologi, penggunaan mesin diesel dan industri-industri yang mengandalkan mesin diesel memang telah meningkatkan kebutuhan akan sumber-sumber energi seperti minyak dan gas bumi. Minyak diesel, yang juga dikenal sebagai solar atau solar oil, digunakan secara luas sebagai bahan bakar untuk mesin diesel pada kendaraan bermotor, alat berat, dan berbagai industry seperti transportasi, pembangkit listrik, pertanian, perkapalan, dan konstruksi.

Mendirikan pabrik biodiesel di Indonesia dapat menciptakan lapangan kerja baru di sektor pertanian, perkebunan, peternakan dan industri biodiesel itu sendiri. Hal ini dapat berdampak positif terhadap perekonomian lokal dan mengurangi tingkat pengangguran. Beberapa manfaat dan alasan mengapa hal ini dapat menjadi langkah yang penting dalam mendirikan pabrik biodiesel, Indonesia dapat diversifikasi sumber energi dengan memanfaatkan minyak hewani yang dapat diperbaharui sebagai bahan bakar. Hal ini akan membantu mengurangi ketergantungan pada minyak bumi sebagai sumber utama bahan bakar. Produksi biodiesel di dalam negeri akan meningkatkan ketersediaan bahan bakar yang diproduksi secara lokal. Hal ini dapat mengurangi impor minyak diesel dan memperkuat keamanan energi negara, karena Indonesia dapat mengandalkan sumber daya alamnya sendiri. Indonesia memiliki potensi yang besar dalam sektor pertanian dan perkebunan, termasuk tanaman yang dapat dijadikan bahan baku untuk biodiesel, seperti kelapa sawit, jarak, kedelai, dan lainnya. Produksi biodiesel dapat memberikan insentif bagi petani dan perkebunan dalam meningkatkan produksi dan pendapatan mereka. Biodiesel memiliki keunggulan lingkungan dengan mengurangi emisi gas rumah kaca dan polutan udara. Dengan meningkatnya produksi biodiesel, Indonesia dapat berkontribusi dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan kualitas udara.

Namun, penting untuk mempertimbangkan aspek-aspek penting dalam mendirikan pabrik biodiesel, seperti keberlanjutan bahan baku, manajemen limbah, dan pengelolaan yang baik untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Dalam mengembangkan industry biodiesel, perlu juga memastikan keberlanjutan pertanian dan menjaga keseimbangan antara produksi biodiesel dan produksi pangan. Selain itu, perlu adanya regulasi yang jelas dan kebijakan yang mendukung untuk

mempromosikan penggunaan biodiesel, termasuk insentif fiskal dan kebijakan pembelian biodiesel oleh pemerintah atau industri yang lebih luas.

Minyak bumi adalah sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan ketersediaanya terbatas. Seiring dengan peningkatan kebutuhan akan bahan bakar, terutama minyak diesel, dapat menyebabkan dampak lingkungan yang semakin meningkat, seperti emisi gas rumah kaca dan polusi udara. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi keterbatasan minyak bumi dan dampak lingkungan adalah pengembangan teknologi sumber daya energi terbarukan, termasuk biodiesel.

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari minyak nabati atau hewani yang dapat diperbaharui dengan memiliki keunggulan tidak mengandung zat-zat beracun yang dapat membahayakan kesehatan manusia maupun lingkungan. Biodiesel juga tidak mengandung sulfur dan benzene yang merupakan senyawa berbahaya yang sering ditemukan dalam minyak diesel konvensional. Dengan tidak adanya sulfur dan benzena, biodiesel dapat membantu mengurangi emisi belerang dioksida (SO2) dan polutan berbahaya lainnya. Namun, biodiesel menghasilkan emisi karbon dioksida (CO2) saat dibakar, tetapi CO2 ini dapat dikonsumsi oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis. Dalam siklus karbon, tumbuhan menyerap CO2 untuk pertumbuhan mereka, sehingga biodiesel memberikan kontribusi dalam mengurangi emisi CO2 secara keseluruhan. Biodiesel memiliki sifat mudah terurai secara alami dan dapat diuraikan oleh mikroorganisme dalam lingkungan. Ini meminimalkan dampak limbah dan pencemaran yang dihasilkan, sehingga biodiesel lebih ramah lingkungan. Dengan keunggulan-keunggulan tersebut, biodiesel dapat membantu mengurangi dampak negative terhadap lingkungan, termasuk mengurangi emisi hidrokarbon yang tidak terbakar, polisiklik aromatik hidrokarbon, dan hujan asam. Selain itu, biodiesel juga memiliki sifat yang tidak menyebabkan iritasi pada kulit, menjadikannya lebih aman dan nyaman untuk digunakan. (Elisabeth.J. dan Haryati. T., www.kompas.com)

Bahan baku utama untuk pembuatan biodiesel adalah alcohol (methanol), minyak (lemak sapi), dan soda api (NaOH). Lemak dan minyak ini terdiri dari trigliserida campuran, yang merupakan ester dan gliserol dan asam lemak rantai panjang. Lemak hewan terdapat di seluruh tubuh hewan, terutama dalam jaringan adiposa (lemak) dan tulang sumsum. Lemak hewan, seperti lemak sapi juga dapat diolah menjadi biodiesel. Sumber-sumber ini mengandung kandungan lemak yang dapat diekstraksi dan diubah menjadi biodiesel. Bahan baku ini akan diambil dari seluruh peternakan yang sudah menjadi Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Modern

yang berada di Indonesia dengan populasi sapi sebanyak 18,6 juta ekor dan produksi daging sapi sebanyak 498,9 ribu ton/tahun (DitjenPKHKementrianRI, 2022). Komposisi daging sapi terdiri dari 19% protein, 5% lemak, 70% air, 3,5% zat-zat non protein, dan 2,5% mineral (Forrest et al., 1992). Maka dapat disimpulkan produksi lemak sapi yang dibutuhkan tersebut sebanyak 37,4 ribu ton/tahun.

Proses pembuatan biodiesel melibatkan reaksi transesterifikasi, dimana trigliserida dalam lemak dan minyak bereaksi dengan alcohol (biasanya methanol) dalam kehadiran katalis basa. Hasil reaksi transesterifikasi adalah metil ester dari asam lemak (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping. Oleh karena itu, dengan hidrolisis, trigliserida akan terurai menjadi tiga molekul lemak rantai panjang dan satu molekul gliserol. Dengan menggunakan bahan baku lemak dan minyak, proses transesterifikasi dapat mengubahnya menjadi biodiesel yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dalam mesin diesel.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam menjalankan suatu pabrik memerlukan perlatan utama dan pendukung serta kapasitas pabrik biodiesel agar berjalan sesuai yang direncanakan. Kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi. Hal ini menyebabkan peningkatan permintaan untuk energi fosil, sebagian masyarakat Indonesia masih bergantung pada energi fosil untuk transportasi, industry, dan kebutuhan energi rumah tangga. Dengan tingkat konsumsi yang tinggi dan cadangan minyak bumi yang semakin menipis, Indonesia diperkirakan akan menghadapi kekurangan minyak bumi dalam waktu 15-20 tahun ke depan. Namun, fakta lain menyebutkan bahwa Indonesia menjadi importir minyak solar sejak tahun 2005. (Susilo, 2006)

Dengan kebutuhan energi yang terus meningkat dan cadangan minyak bumi yang menipis, penting bagi Indonesia untuk mempercepat transisi ke sumber energi terbarukan seperti biodiesel. Selain manfaat lingkungan dan pengurangan emisi, biodiesel dapat memberikan dampak positif bagi ekonomi lokal, khususnya bagi peternak atau pemotong sapi sebagai bahan baku biodiesel dan terdapat nilai ekonomi yang baik khususnya untuk lemak sapi.

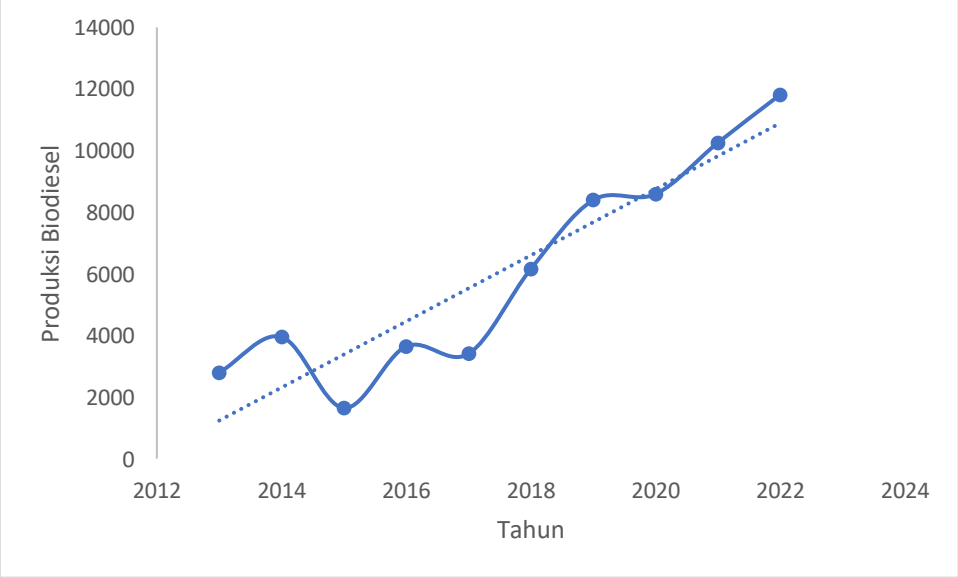
1.2.1 Produksi Biodiesel

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

Tabel 1. 1 Produksi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Produksi (x 1000 KL)
2013	2805
2014	3961
2015	1653
2016	3656
2017	3416
2018	6168
2019	8399
2020	8594
2021	10258
2022	11816

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



Gambar 1. 1 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia

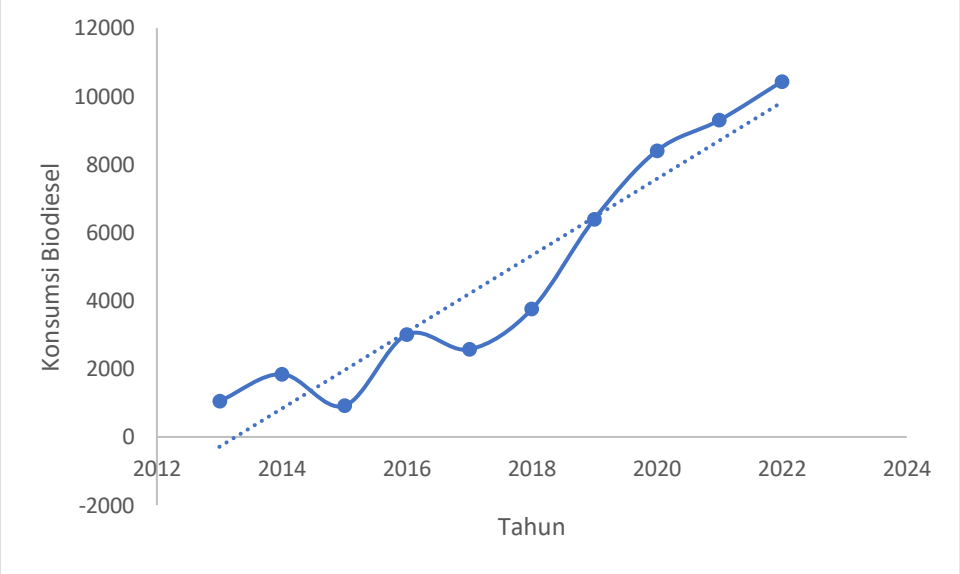
1.2.2 Konsumsi Biodiesel

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

Tabel 1. 2 Konsumsi Biodiesel di Indonesia (APOBRI)

Tahun	Konsumsi (x 1000 KL)
2013	1048
2014	1845
2015	915
2016	3006
2017	2572
2018	3750
2019	6396
2020	8400
2021	9296
2022	10430

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



Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel

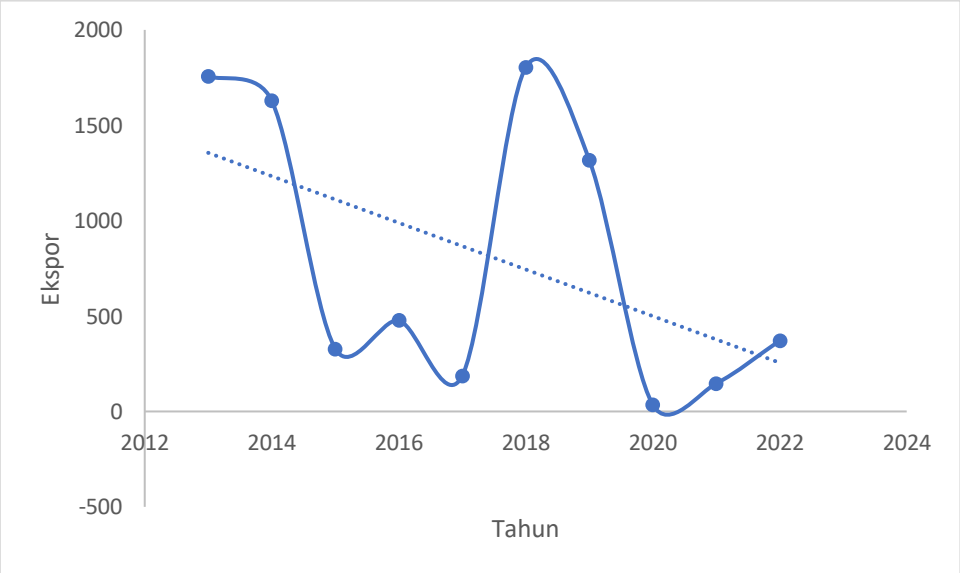
1.2.3 Ekspor

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

Tabel 1. 3 Nilai Ekspor Biodiesel di Indonesia

Tahun	Ekspor (x 1000 KL)
2013	1757
2014	1629
2015	329
2016	477
2017	187
2018	1803
2019	1319
2020	36
2021	147
2022	371

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



Gambar 1. 3 Grafik Ekspor Biodiesel

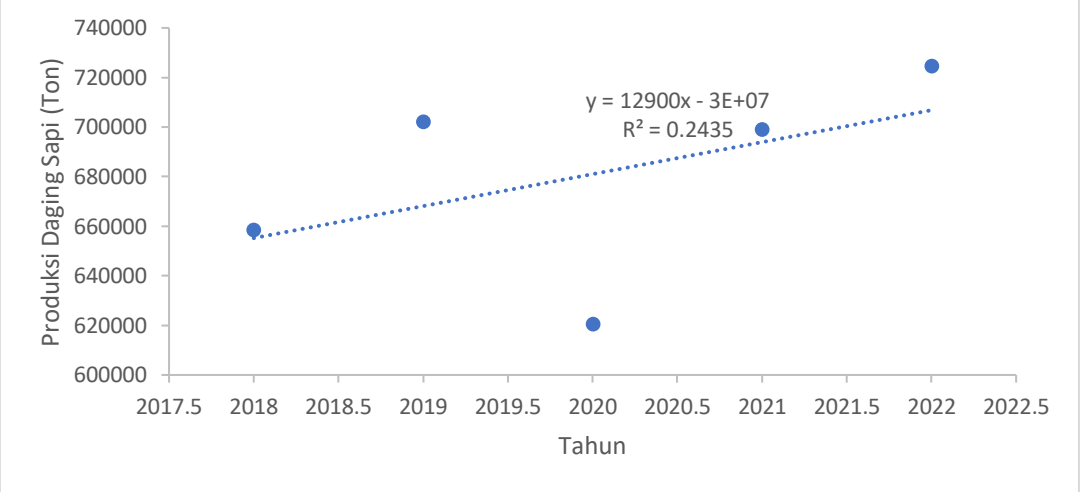
1.2.4 Produksi Daging Sapi

Nilai produksi daging sapi yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) terus meningkat dimulai dari tahun 2015-2022, data tersebut dapat dilihat dari tabel 1.4

Tabel 1. 4 Data Konsumsi Daging Sapi di Indonesia

Tahun	Konsumsi Daging Sapi (Ton)
2015	506.660
2016	518.484
2017	486.319
2018	497.971
2019	504.802
2020	453.418
2021	487.802
2022	498.923

Dari data tersebut dapat dibuat grafik antara tahun (x) dan jumlah konsumsi (y). grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 1.4



Gambar 1. 4 Grafik Kapasitas Biodiesel

Kapasitas dalam mendirikan sebuah industri merupakan faktor penting dalam pendirian pabrik, sebab hal tersebut dapat mengetahui perhitungan secara teknis dan ekonomi yang dikeluarkan. Pabrik biodiesel ini direncanakan didirikan pada tahun 2025, dengan perkiraan produksi pertahun dari persamaan y = 12900x – 3E+07 dengan R^2 = 0,2435. Berikut tabel kapasitas konsumsi daging sapi per tahun di Indonesia.

Kapasitas biodiesel yang akan digunakan adalah sebesar 100% dari jumlah kebutuhan produksi daging sapi yang ada di Indonesia. Prakiraan jumlah konsumsi

biodiesel pada tahun 2026 yaitu sebesar 10 ribu ton/tahun. Sehingga kapasitas biodiesel yang akan diproduksi adalah sebagai berikut:

Jumlah kapasitas minyak = Yield minyak × jumlah bahan baku

= 40% × 37445,85 ton / tahun

= 14978,34 ton / tahun

Jumlah Biodiesel = Yield biodiesel × jumlah kapasitas minyak

= 75,60% × 14978,34 ton / tahun

= 11323,63 ton / tahun

Kapasitas yang digunakan untuk pabrik yang akan didirikan yaitu sebesar 11.323 ton/tahun. Sehingga diambil perkiraan kapasitas produksi yang akan digunakan adalah 10.000 ton/tahun, dikarenakan hal tersebut mengacu pada perkiraan data statistik yang terus meningkat dan berubah selama beberapa tahun kedepan.

Selain itu, kapasitas pabrik yang sudah ada diperlukan untuk memperkirakan kapasitas minimal yang menguntungkan secara komersial. Pertimbangan tersebut dapat mengacu pada beberapa pabrik biodiesel yang sudah berjalan baik di Indonesia terlihat dalam tabel 1.4 sebagai berikut (Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia, 2023).

Tabel 1. 5 Data Pabrik Produksi Biodiesel

No.	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Biodiesel (Ton/Tahun)
1	PT Musim Mas (Medan)	Sumatra Utara	162.366
2	PT Pelita Agung Agrindustri	Riau	81.183
3	PT Wilmar Bioenergi Indonesia	Riau	566.252
4	PT Tunas Baru Lampung	Lampung	142.070
5	PT Sinarmas Bio Energy	Jawa Barat	160.822
6	PT Wilmar Nabati Indonesia	Jawa Timur	794.580
7	PT Sukajadi Sawit Mekar	Kalimantan Tengah	142.070
8	PT Kutai Refinery Nusantara	Kalimantan Timur	403.733
9	PT Energi Unggul Persada	Kalimantan Timur	334.880

10	PT SMART Tbk	Kalimantan Selatan	155.568

Jika dibandingkan dengan kapasitas pabrik biodiesel yang sudah berada di Indonesia, kapasitas pabrik biodiesel dari lemak sapi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun akan membantu kebutuhan biodiesel di Indonesia, sehingga dapat mengurangi penggunaan produk bahan bakar yang berasal dari fosil serta mengurangi limbah lemak hewani yang berada di Indonesia khususnya pada lemak sapi.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang terdiri dari mono-alkil ester dari asam lemak rantai panjang. Biodiesel dihasilkan melalui proses transesterifikasi, dimana minyak tumbuhan atau lemak binatang direaksikan dengan alcohol (biasanya methanol atau etanol) menggunakan katalis untuk menghasilkan ester dan gliserol. Ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi adalah biodiesel. Struktur ester ini terdiri dari molekul asam lemak (R-COOH) yang mengalami reaksi dengan alcohol (E'-OH) untuk membentuk ester (R-COOR'). R adalah rantai karbon panjang yang merupakan bagian dari asam lemak, dan R' adalah gugus alkil dari alcohol. Berikut adalah contoh reaksi transesterifikasi sederhana untuk menghasilkan biodiesel:

Minyak nabati/lemak hewani (Trigliserida) + Methanol → Biodiesel + Gliserol

Biodiesel adalah bahan bakar yang dapat digunakan sebagai pengganti diesel konvensional dalam mesin diesel. Ini memiliki beberapa keuntungan, termasuk ramah lingkungan karena mengurangi emisi gas rumah kaca dan partikel berbahaya dibandingkan dengan diesel fosil. Selain itu, biodiesel dapat dihasilkan dari sumber-sumber terbarukan seperti minyak kelapa sawit, *rapeseed*, kedelai, jarak, dan limbah lemak hewani, yang membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Beberapa keuntungan lainnya yang terdapat dari biodiesel antara lain: mudah digunakan karena biodiesel memiliki sifat fisika dan kimia yang mirip dengan diesel fosil, tercampur dengan minyak diesel (solar) yang memungkinkan fleksibilitas dalam penggunaan dan distribusi biodiesel, bersifat biodegradable dan non-toksik sehingga dapat terurai secara alami dan tidak menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya di lingkungan, bebas dari sulfur dan bahan aromatic yang dapat menyebabkan polusi dan masalah kesehatan.

Biodiesel saat ini sebagian besar diproduksi dari tanaman, seperti minyak kelapa sawit, kedelai, *rapeseed*, jarak, dan minyak nabati lainnya. Namun, para

ilmuwan terus mencari berbagai bahan baku potensial lainnya untuk biodiesel dengan tujuan meningkatkan keberlanjutan dan mengurangi ketergantungan pada tanaman yang dapat bersaing dengan produksi pangan. Beberapa bahan baku potensial tersebut termasuk rumput, alga, CPO Parit, dan sumber-sumber non-pangan lainnya.

Dalam upaya untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan, penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk menemukan bahan baku biodiesel alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Bahan baku seperti lemak hewani menjadi bagian dari upaya ini untuk mencari sumber bahan bakar yang lebih berkelanjutan dan berpotensi mengurangi dampak negative terhadap lingkungan dan ketersediaan pangan.

Standar mutu biodiesel telah ditetapkan oleh pemerintah melalui SNI (Standar Nasional Indonesia) No. 04-7182-2006, yang memastikan biodiesel memenuhi persyaratan kualitas sebelum digunakan sebagai bahan bakar.

Tabel 1. 6 Persyaratan kualitas biodiesel menurut SNI-04-7182-2006

Parameter dan satuannya	Batasan	Test Method ASTM
Massa jenis pada 40°C, kg/m3	850-890	D 1298
Viskositas kinematik pada 40°C, mm2/s (cSt)	2.3-6.0	D 445
Angka setana	min 51	D 613
Titik nyala (mangkok tertutup), °C	min 100	D 93
Titik Kabut, °C	maks 18	D 2500
Korosi bilah tembaga (3 jam, 50°C)	maks. No 3	D 130
Residu karbon, %-berat		D 4530
i. dalam contoh asli	maks 0.05	
ii. dalam 10% ampas distilasi	(maks 0.03)	
air dan sedimen, %-vol	maks 0.05	D 2709
temperatur distilasi 90 %, °C	maks 360	D 1160
Abu tersulfaktan, %-berat	maks 0.02	D 874

Sumber : Soerawidjaja, 2006

Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif semakin mendapatkan perhatian global karena manfaatnya yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Namun, penting untuk terus melakukan penelitian dan pengembangan untuk meningkatkan efisiensi produksi dan ketersediaan bahan baku yang berkelanjutan guna mendukung penggunaan biodiesel secara luas dalam industry transportasi.

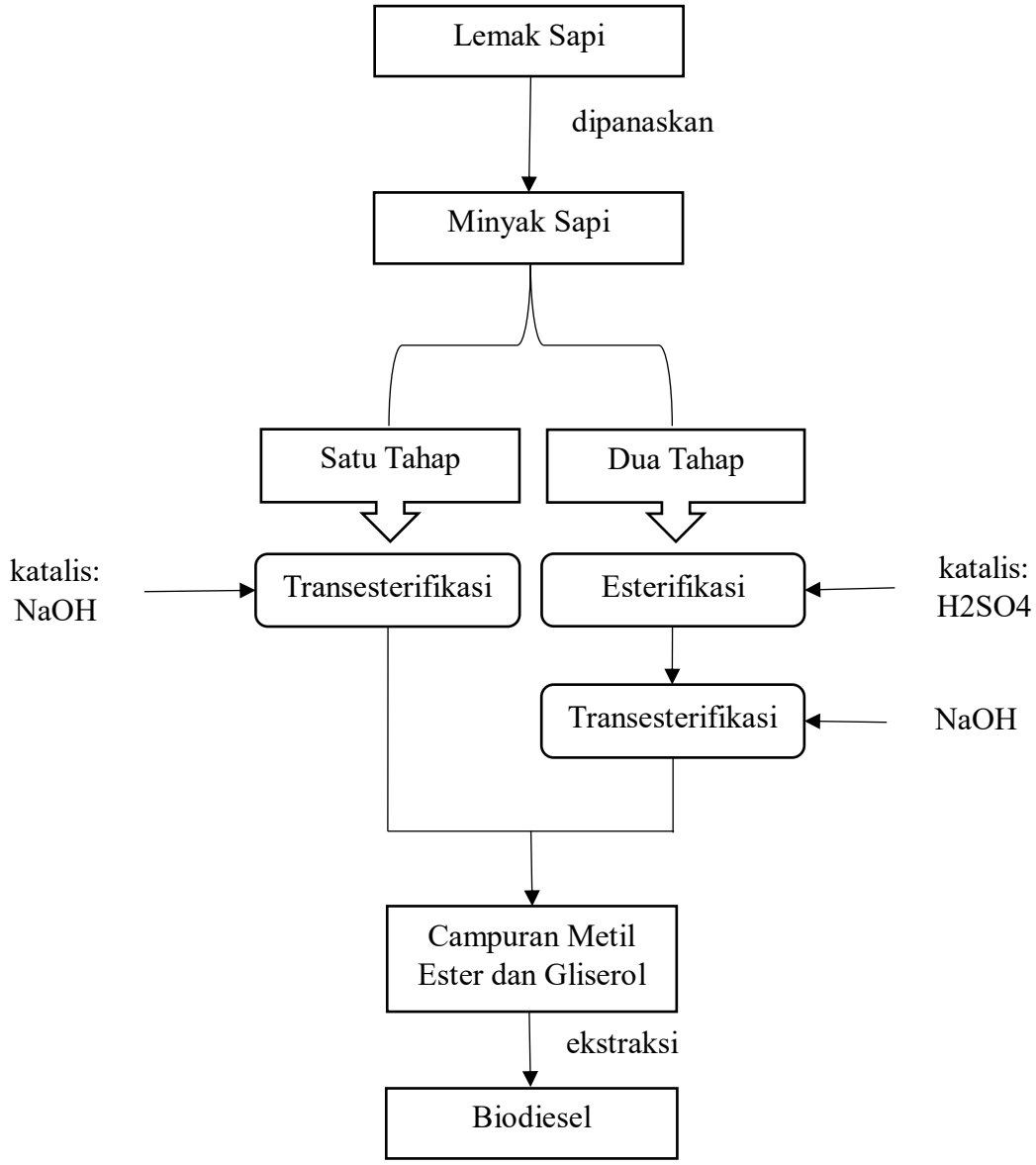
1.3.2 Lemak Sapi

Minyak dan lemak adalah campuran dari ester-ester asam lemak dan gliserol yang membentuk gliserida. Ester-ester tersebut juga dikenal sebagai trigliserida atau triasilgliserol. Perbedaan dalam sifat fisik dan kimia minyak dan lemak terjadi karena variasi dalam jumlah dan jenis ester penyusunnya. Trigliserida terdiri dari tiga asam lemak yang terikat pada satu molekul gliserol. Asam lemak adalah rantai karbon panjang dengan gugus asam karboksilat diujungnya. Jumlah dan jenis asam lemak dalam trigliserida berbeda-beda tergantung pada sumbernya. Perbedaan utama antara minyak dan lemak terletak pada keadaan fisik pada suhu kamar. Minyak cenderung berbentuk cair pada suhu kamar, sedangkan lemak biasanya berbentuk padat atau memiliki titik leleh yang lebih tinggi. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan dalam jenis asam lemak yang ada dalam trigliserida. Minyak biasanya mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh, terutama asam lemak tak jenuh tunggal, seperti asam oleat. Asam lemak tak jenuh memiliki ikatan rangkap dalam rantai karbon mereka dan cenderung memiliki titik leleh yang lebih rendah. Oleh karena itu, minyak cenderung berbentuk cair pada suhu kamar. Di sisi lain, lemak cenderung mengandung lebih banyak asam lemak jenuh, yang tidak memiliki ikatan rangkap dalam rantai karbon mereka. Asam lemak jenuh cenderung memiliki titik leleh yang tinggi, sehingga lemak cenderung berbentuk padat pada suhu kamar. Semua jenis lemak terdiri dari asam-asam lemak yang terikat oleh gliserol. Asam-asam lemak yang terkandung dalam lemak sapi adalah asam anorganik berantai lurus yang umumnya memiliki jumlah atom karbon antara 16 hingga 24 atom per molekul. Panjang rantai karbon ini mempengaruhi sifat fisik dan kimia dari asam lemak tersebut, termasuk titik leleh, kestabilan, dan kelarutan.

Trigliserida yang terkandung dalam lemak atau minyak pada umumnya merupakan campuran berbagai macam asam lemak. Kemungkinan sangat kecil untuk menemukan trigliserida yang terdiri dari tiga asam lemak yang identik. Minyak atau lemak mengandung berbagai macam trigliserida. Jika ketika asam lemak yang terdapat pada molekul trigliserida adalah asam lemak yang sama, maka trigliserida tersebut disebut sebagai asam lemak sederhana (*simple triglyceride*). Sebagai contoh, jika semua tiga asam lemak dalam sebuah trigliserida adalah asam lemak stearate (C18:0), maka trigliserida tersebut akan disebut sebagai asam lemak stearate sederhana atau *simple triglyceride of stearic acid*. Namun, dalam minyak atau lemak yang umumnya digunakan, trigliserida lebih sering berupa campuran asam lemak yang berbeda-beda. Oleh karena itu, istilah “trigliserida campuran” (*mixed triglyceride*) lebih cocok untuk

menggambarkan komposisi trigliserida dalam minyak atau lemak yang mengandung kombinasi asam lemak yang beragam.

1.3.3 Proses Pembuatan Biodiesel

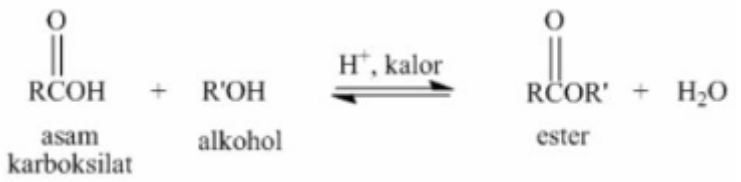


Gambar 1. 5 Prosedur Kerja Pembuatan Biodiesel

Dalam produksi biodiesel, terdapat dua reaksi utama yang digunakan, yaitu reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi. Perbedaan utama antara keduanya terletak pada jenis katalis yang digunakan dan produk samping yang dihasilkan.

a. Reaksi Esterifikasi

Esterifikasi adalah suatu reaksi kimia antara asam karboksilat dan alcohol yang menghasilkan ester dan air sebagai produk samping. Reaksi esterifikasi yang melibatkan asam-asam lemak, seperti dalam pembuatan biodiesel, umumnya bersifat reversible. Dalam reaksi esterifikasi, katalis asam digunakan untuk mempercepat kecepatan reaksi dan mempengaruhi kesetimbangan reaksi. Namun, reaksi esterifikasi asam-asam lemak umumnya lambat dan mencapai kesetimbangan yang kurang menguntungkan. Untuk memperoleh rendemen tinggi dari ester, kesetimbangan reaksi perlu digeser ke arah pembentukan ester. (Formo, 1954 dalam makalah Tatang H Soerawidjaja). Reaksi esterifikasi dapat digambarkan sebagai berikut :

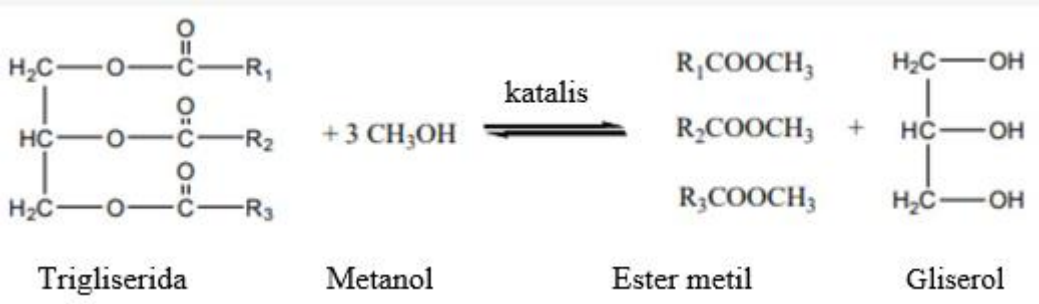


Gambar 1. 6 Reaksi esterifikasi dengan katalis asam

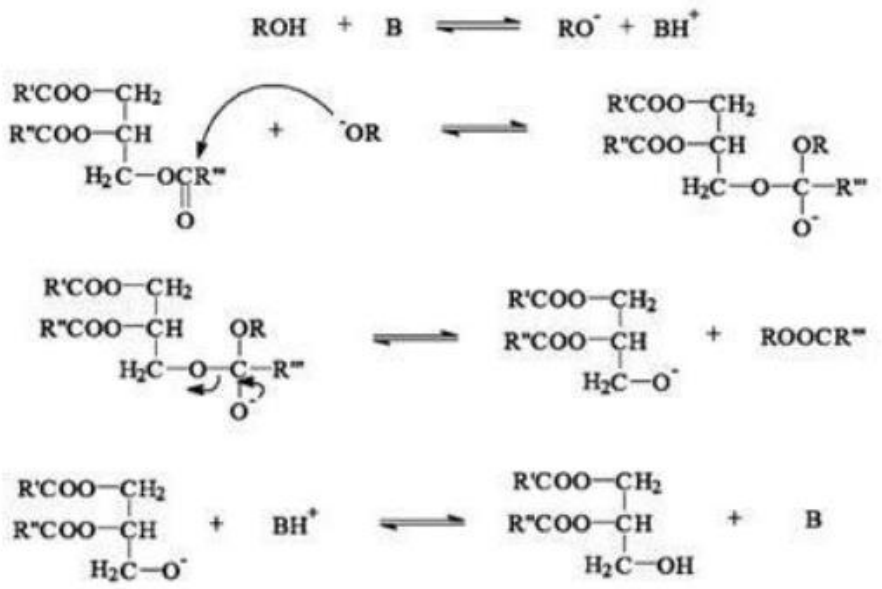
Dalam reaksi esterifikasi, posisi kesetimbangan tidak selalu berpihak pada pembentukan ester, dan reaksi umumnya tidak berlangsung sampai ke konversi sempurna pada temperature yang relative rendah. Untuk meningkatkan konversi ester dan memastikan reaksi berjalan seefisien mungkin, beberapa tindakan dapat dilakukan seperti digunakan kelebihan reagen alcohol, misalnya methanol untuk mendorong reaksi esterifikasi dengan mempertahankan konsentrasi reagen dalam jumlah yang cukup tinggi. Produk air yang terbentuk dalam reaksi esterifikasi harus dihilangkan dengan menggunakan garam-garam anhidrat yang dapat menyerap air dengan membentuk padatan berhidrat yang dapat dengan mudah dihapus dari fasa minyak. Pemilihan katalis seperti asam sulfat atau asam fosfat umumnya digunakan, tetapi katalis lain seperti katalis asam Lewis atau enzim lipase juga dapat digunakan untuk meningkatkan kecepatan reaksi. Suhu yang lebih tinggi biasanya meningkatkan laju reaksi, tetapi juga dapat menghasilkan degradasi dan kerugian energi yang signifikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi suhu dan tekanan yang sesuai untuk mencapai hasil yang diinginkan.

b. Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi kimia antara ester dengan alcohol, dimana gugus alcohol dari alcohol menggantikan alkoksida (gugus alkohol terikat pada atom karbon ester) dari ester. Akibatnya, dihasilkan ester baru dan alcohol baru. Secara umum, reaksi transesterifikasi ditunjukkan oleh persamaan kimia berikut:



Gambar 1. 7 Mekanisme Transesterifikasi



Gambar 1. 8 Mekanisme Transesterifikasi dengan Katalis Basa

Reaksi transesterifikasi dapat berlangsung bolak-balik atau reversible, tergantung pada kondisi reaksi dan kesetimbangan kimianya. Oleh karena itu, salah satu reaktan (biasanya alcohol) berlebih untuk mendorong reaksi ke arah yang diinginkan dan meningkatkan hasil ester yang diinginkan.

Dalam reaksi transesterifikasi, katalis basa umumnya dianggap lebih efektif dibandingkan dengan katalis asam. Reaksi transesterifikasi dengan katalis basa memiliki kecepatan reaksi yang lebih tinggi, dapat berlangsung pada suhu kamar,

katalis basa cenderung memberikan selektivitas yang lebih baik dalam menghasilkan produk transesterifikasi yang diinginkan dibandingkan katalis asam, penggunaan katalis basa dapat menghasilkan produk samping yang kurang positif atau beracun. Namun, reaksi transesterifikasi dapat memiliki kondisi optimal tertentu berdasarkan jenis ester dan alcohol yang digunakan, serta tujuan produksi yang diinginkan. Katalis basa tidak selalu lebih efektif dalam setiap situasi, dan katalis asam juga dapat digunakan tergantung pada kebutuhan dan lingkungan reaksi yang diinginkan.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika yang ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis/endotermis), mengetahui reaksi berlangsung secara spontan atau tidak spontan dan mengetahui arah reaksi (reversible/irreversible). Reaksi pembuatan Biodiesel dari Lemak Sapi pada suhu 25°C (298 K) dan tekanan 1 atm.

Reaksi 1 :

$C_{16}H_{32}O_2 + CH_3OH \rightarrow C_{17}H_{34}O_2 + H_2O$

Reaksi 2 :

$C_{18}H_{34}O_2 + CH_3OH \rightarrow C_{19}H_{36}O_2 + H_2O$

Reaksi 3 :

$C_{18}H_{36}O_2 + CH_3OH \rightarrow C_{19}H_{38}O_2 + H_2O$

Penentuan sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar ($\Delta H°_f$) dengan harga $\Delta H°_f$ masing-masing komponen pada suhu 25°C (298 K) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. 7 Harga $\Delta H°f$ masing-masing komponen

Komponen	$\Delta H°f$ (kJ/mol)
$C_{16}H_{32}O_2$	-737
$C_{18}H_{34}O_2$	-767
$C_{18}H_{36}O_2$	-767
CH_3OH	-201,17
$C_{17}H_{34}O_2$	-921,8
$C_{19}H_{36}O_2$	-807,63
$C_{19}H_{38}O_2$	-785,3
H_2O	-241,8
NaOH	-425,6

$$\Delta H°_{R(298\ K)} = \sum \Delta H°_{f(produk)} - \sum \Delta H°_{f(reaktan)}$$
$$= \Delta H°_{f(produk)} - \Delta H°_{f(reaktan)}$$

$= [(\Delta H°_f C_{16}H_{32}O_2 + \Delta H°_f CH_3OH) – (\Delta H°_f C_{17}H_{34}O_2 + \Delta H°_f H_2O)$

$= [(-737) + (-201,17) – (-921,8) + (-241,8)]$

$= -258,17$ kJ/mol

$\Delta H°_{R(298\ K)} = \sum \Delta H°_{f(produk)} - \sum \Delta H°_{f(reaktan)}$

$= \Delta H°_{f(produk)} - \Delta H°_{f(reaktan)}$

$= [(\Delta H°_f C_{18}H_{34}O_2 + \Delta H°_f CH_3OH) – (\Delta H°_f C_{19}H_{36}O_2 + \Delta H°_f H_2O)$

$= [(-767) + (-201,17) – (-807,63) + (-241,8)]$

$= -402,34$ kJ/mol

$\Delta H°_{R(298\ K)} = \sum \Delta H°_{f(produk)} - \sum \Delta H°_{f(reaktan)}$

$= \Delta H°_{f(produk)} - \Delta H°_{f(reaktan)}$

$= [(\Delta H°_f C_{18}H_{36}O_2 + \Delta H°_f CH_3OH) – (\Delta H°_f C_{19}H_{38}O_2 + \Delta H°_f H_2O)$

$= [(-767) + (-201,17) – (-785,3) + (-241,8)]$

$= -424,67$ kJ/mol

ΔH reaksi total

$\Delta H°_R = -1085,18$ kJ/mol

Berdasarkan hasil diatas didapatkan hasil perhitungan bernilai minus (-) hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi yang bersifat eksotermis (mengeluarkan panas) sehingga diperlukan pendinginan pada reaktor.

Untuk mengetahui reaksi berlangsung secara spontan atau tidak dapat ditentukan dengan perhitungan energy gibbs ($\Delta G°_f$) dengan harga $\Delta G°_f$ masing-masing komponen pada suhu 25°C (298 K) dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. 8 Harga $\Delta G°f$ masing-masing komponen

Komponen	ΔG°f (kJ/mol)
C16H32O2	-274
C18H34O2	-189,69
C18H36O2	-136,98
CH3OH	-162,51
C17H34O2	125,94
C19H36O2	-117
C19H38O2	-236
H2O	227,36
NaOH	-379,5

Reaksi 1 :

$\Delta G°_{f(298\ K)} = \sum \Delta G°_{f(produk)} - \sum \Delta G°_{f(reaktan)}$

$= \Delta G°_{f(produk)} - \Delta G°_{f(reaktan)}$

= [(ΔG°f $C_{16}H_{32}O_2$ + ΔG°f CH_3OH) – (ΔG°f $C_{17}H_{34}O_2$ + ΔG°f H_2O)

= [(-274) + (-162,51) – (125,94) + (227,36)]

= -335,09 kJ/mol

$$\ln K_{298} = \left| -\frac{\Delta G_{298r}}{R.T} \right|$$

$$\ln K_{298} = \left| -\frac{-335{,}09}{0{,}008314 \times 298} \right|$$

$$K_{298} = 135{,}24$$

Untuk mengetahui arah reaksi (reversible/irreversible) dapat ditentukan dengan cara menghitung besarnya konstanta kesetimbangan pada suhu operasi 340°C (613 K) menggunakan persamaan (15.17) dari Van Ness (1997) sebagai berikut:

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{\Delta H_{298K}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{Ref}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{-258{,}17}{0{,}008314} \times \left(\frac{1}{613} - \frac{1}{298}\right)$$

$$\left(\frac{K}{135{,}24}\right) = 53{,}5463$$

$$K_1 = 7242{,}1039$$

Dari perhitungan diatas didapatkan konstanta kesetimbangan sebesar 7242,1039. Hal ini dapat dikatakan bahwa reaksi berlangsung secara irreversible (searah) karena konstanta yang dihasilkan lebih besar dari satu (k>1).

Reaksi 2 :

ΔG°$_{f(298\ K)}$ = $\sum$ ΔG°$_{f(produk)}$ - $\sum$ ΔG°$_{f(reaktan)}$

= ΔG°$_{f(produk)}$ - ΔG°$_{f(reaktan)}$

= [(ΔG°f $C_{19}H_{36}O_2$ + ΔG°f H_2O) – (ΔG°f $C_{18}H_{34}O_2$ + ΔG°f CH_3OH)

= [(-117) + (227,36) – (-189,69) + (-162,51)]

= 137,54 kJ/mol

$$\ln K_{298} = \left| -\frac{\Delta G_{298r}}{R.T} \right|$$

$$\ln K_{298} = \left| -\frac{137{,}54}{0{,}008314 \times 298} \right|$$

$$K_{298} = 55{,}5140$$

Untuk mengetahui arah reaksi (reversible/irreversible) dapat ditentukan dengan cara menghitung besarnya konstanta kesetimbangan pada suhu operasi 340°C (613 K) menggunakan persamaan (15.17) dari Van Ness (1997) sebagai berikut:

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{\Delta H_{298K}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{Ref}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{-(-402{,}34)}{0{,}008314} \times \left(\frac{1}{613} - \frac{1}{298}\right)$$

$$\left(\frac{K}{55{,}5140}\right) = 83{,}4482$$

$$K_2 = 4632{,}5460$$

Dari perhitungan diatas didapatkan konstanta kesetimbangan sebesar 4632,5460. Hal ini dapat dikatakan bahwa reaksi berlangsung secara irreversible (searah) karena konstanta yang dihasilkan lebih besar dari satu (k>1).

Reaksi 3 :

$\Delta G°_{f(298\ K)} = \sum \Delta G°_{f(produk)} - \sum \Delta G°_{f(reaktan)}$

$= \Delta G°_{f(produk)} - \Delta G°_{f(reaktan)}$

$= [(\Delta G°_f\ C_{18}H_{36}O_2 + \Delta G°_f\ CH_3OH) – (\Delta G°_f\ C_{19}H_{38}O_2 + \Delta G°_f\ H_2O)$

$= [(-136{,}98) + (-162{,}51) – (-236) + (227{,}36)]$

$= 163{,}87$ kJ/mol

$$\ln K_{298} = \left|-\frac{\Delta G_{298r}}{R.T}\right|$$

$$\ln K_{298} = \left|-\frac{163{,}87}{0{,}008314 \times 298}\right|$$

$$K_{298} = 66{,}1413$$

Untuk mengetahui arah reaksi (reversible/irreversible) dapat ditentukan dengan cara menghitung besarnya konstanta kesetimbangan pada suhu operasi 340°C (613 K) menggunakan persamaan (15.17) dari Van Ness (1997) sebagai berikut:

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{\Delta H_{298K}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{Ref}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{-(-424{,}67)}{0{,}008314} \times \left(\frac{1}{613} - \frac{1}{298}\right)$$

$$\left(\frac{K}{66{,}1413}\right) = 88{,}0796$$

$$K_3 = 5825{,}7058$$

Dari perhitungan diatas didapatkan konstanta kesetimbangan sebesar 5825,7058. Hal ini dapat dikatakan bahwa reaksi berlangsung secara irreversible (searah) karena konstanta yang dihasilkan lebih besar dari satu (k>1).

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan secara kinetika bertujuan untuk mengetahui factor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia, yang meliputi ilmu yang mempelajari tentang pengukuran laju reaksi dan variable-variabel dalam laju reaksi konsentrasi, suhu dan tekanan. Adapun reaksi yang terbentuk sebagai berikut :

Reaksi 1 :

$C_{16}H_{32}O_2 + CH_3OH \rightarrow C_{17}H_{34}O_2 + H_2O$

Reaksi 2 :

$C_{18}H_{34}O_2 + CH_3OH \rightarrow C_{19}H_{36}O_2 + H_2O$

Reaksi 3 :

$C_{18}H_{36}O_2 + CH_3OH \rightarrow C_{19}H_{38}O_2 + H_2O$

Ditinjau dari segi kinetika reaksi, kecepatan reaksi Lemak Sapi menjadi Biodiesel adalah reaksi orde 1 semu. Persamaan tersebut dituliskan dalam lampiran A, sehingga nilai k yang didapatkan masing-masing reaksi sebesar :

$$k_1 = 0{,}0672 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$k_2 = 0{,}0669 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$k_3 = 0{,}0672 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Rumus Molekul	:	$C_{19}H_{36}O_2$
Fasa	:	Cair
Kekentalan	:	2,3 - 6,0 cSt
Berat molekul, g/gmol	:	296,4879 g/mol
Densitas	:	0,8379 g/cm^3
Viskositas	:	4,88 cp pada 30ºC
Heating Value	:	42 MJ.Kg^{-1}
Titik didih	:	218,5ºC pada 20 mmHg
Titik nyala	:	>100ºC
Titik kabut	:	<18
Tekanan uap pada 25ºC	:	6,29 x 10-6
Titik Tuang	:	(-15ºC - 13ºC)
Massa jenis	:	850 - 890 Kg/m^3
Suhu (T)	:	30ºC

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

a. Lemak Sapi

Bentuk : Padatan

Berat jenis : 0,8999 g/mL

Titik leleh : 43,5 ºC

Titik didih : 66,7 ºC

Bilangan iodin : 45,75

Kandungan Asam

Miristic : 2,72 %

Pentadecanoid : 0,86 %

Palmitoleic : 2,02 %

Palmitic : 25,33 %

Heptadecanoic : 1,67 %

Linoleic : 0,75 %

Oleic	: 29,87 %
Elaidic	: 1,82 %
Stearic	: 34,70 %
Arachidic	: 0,28 %

Sumber : Fuel Processing Technology

b. Metanol

Rumus Molekul	:	CH_3OH
Fasa	:	Cair
Warna	:	Tidak Berwarna
Berat molekul, g/gmol	:	32,037 g/gmol
Densitas	:	791 g/cm3
Viskositas	:	0,55 cp pada 20ºC
Titik didih, 1 atm, ºC	:	64,7ºC
Tekanan	:	1 atm
Kelarutan	:	Larut dalam air
Heating Value	:	22,9 $MJ.Kg^{-1}$
Titik Nyala	:	11ºC sampai 12ºC
Suhu (T)	:	30ºC

Sumber : labchem.com

c. Air

Rumus Molekul	:	H_2O
Fasa	:	Cair
Warna	:	Tidak Berwarna
Berat molekul, g/gmol	:	18 g/gmol
Densitas	:	1 g/cm^3
Viskositas	:	0,889 cp
Titik didih, 1 atm, ºC	:	100ºC
Tekanan	:	1 atm
Kelarutan	:	Larut dalam air
Densitas Uap	:	17 g/cm^3
Titik Beku	:	32ºF
Titik Leleh	:	32ºF
Heating Value	:	-
Titik Nyala	:	100ºC

Konduktifitas Termal	:	0,6 W/m.K
Suhu (T)	:	25ºC

Sumber : labchem.com

d. Natrium Hidroksida

Rumus Molekul	:	NaOH
Fasa	:	Cair
Warna	:	Tidak Berwarna
Berat molekul, g/gmol	:	34,46 g/gmol
Densitas	:	1 sampai 1,2 g/cm^3
Viskositas	:	-
Titik didih, 1 atm, ºC	:	1390ºC
Tekanan	:	1 atm
Tekanan uap (pada 20ºC)		1 mmHg pada 739ºC
Kelarutan	:	Larut dalam air
Heating Value	:	4.184 J.g^{-1}
Titik Nyala	:	Non Flameable
Titik Beku	:	-74ºC
Suhu (T)	:	30ºC

Sumber : labchem.com

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (Quality Control) pada pabrik biodiesel ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas produk, pengendalian proses, dan pengendalian waktu.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan untuk memastikan bahwa bahan yang digunakan dalam proses produksi memenuhi standar yang ditetapkan. Ini bertujuan untuk menghindari masalah yang dapat memengaruhi kualitas produk akhir. Pengujian kualitas bahan baku melibatkan pengujian kualitatif, pengujian kuantitatif, dan uji sampel. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemurnian bahan baku, uji sensori, nilai densitas, dan viskositas.

2.3.2 Pengendalian Proses

Selama proses produksi biodiesel, langkah-langkah tertentu harus diikuti dengan ketat agar produk akhir memiliki kualitas yang konsisten. Pengendalian proses

melibatkan pemantauan dan pengukuran parameter-produk yang relevan selama proses produksi. Contohnya adalah suhu, tekanan, rasio reagen, dan waktu reaksi. Jika parameter-proses ini tidak terkendali, hasil akhir mungkin tidak memenuhi standar kualitas yang diinginkan.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Setelah produksi selesai, produk biodiesel harus diuji dan dievaluasi untuk memastikan bahwa ia memenuhi spesifikasi dan standar kualitas yang telah ditetapkan. Pengujian kualitas ini dapat mencakup analisis kimia, uji viskositas, uji densitas, dan uji lainnya sesuai dengan karateristik biodiesel. Jika produk tidak memenuhi standar, produk tersebut mungkin harus diolah lebih lanjut atau bahkan ditolak.

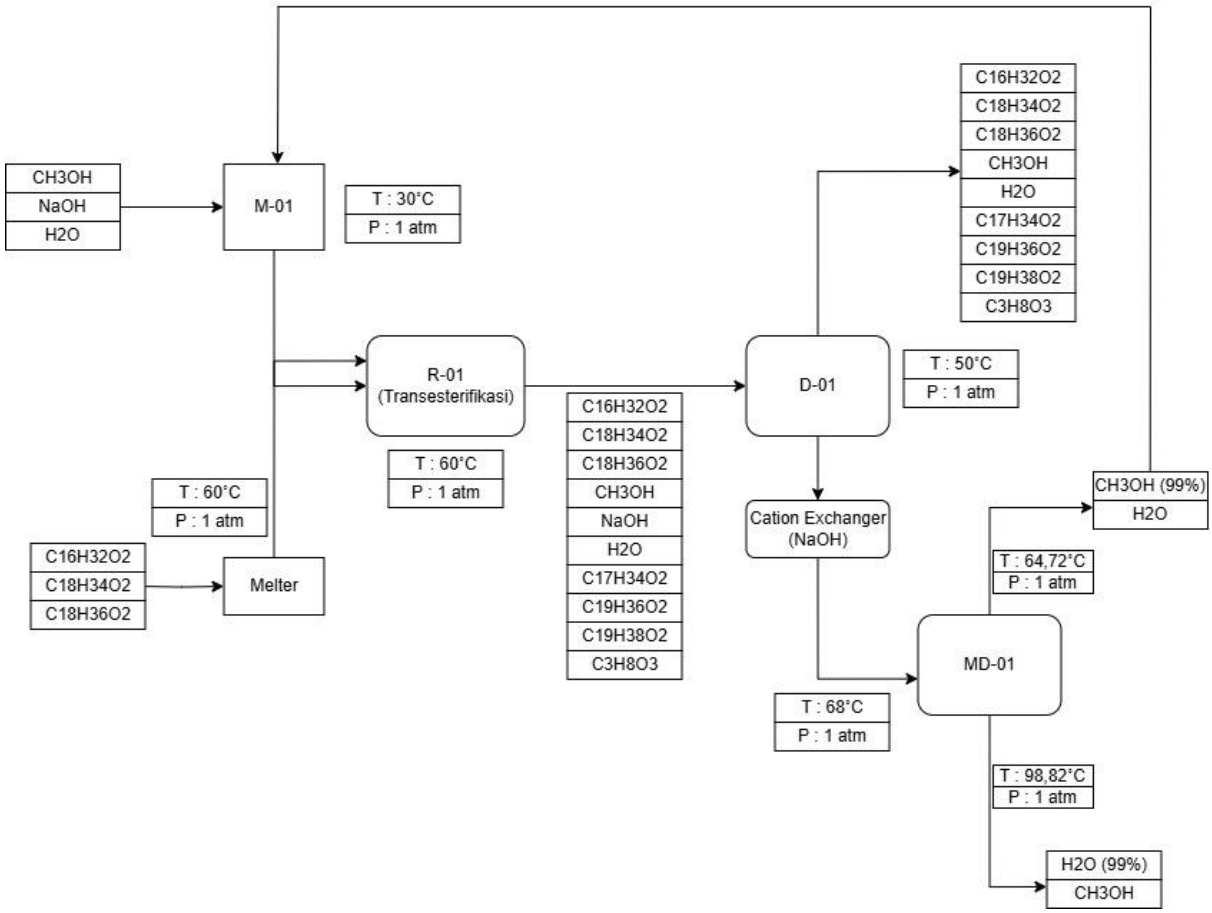
Dalam pabrik biodiesel, pengendalian kualitas juga dapat melibatkan penggunaan teknologi canggih seperti system otomatis untuk mengontrol suhu dan reaksi, serta instrument laboratorium untuk analisis kimia yang lebih akurat. Penting untuk menjaga dokumentasi yang baik mengenai semua langkah pengendalian kualitas yang telah diambil, termasuk hasil pengujian dan tindakan perbaikan yang diterapkan jika diperlukan. Ini akan membantu memastikan bahwa produksi biodiesel tetap konsisten dalam mencapai standar kualitas yang diinginkan. Pengendalian kualitas produk juga berupa pengawasan dan melakukan pengecekan berupa Quality Control saat setelah masuk ke dalam tangki penyimpanan sebelum selanjutnya menuju alat transportasi untuk dapat di distribusikan.

2.3.4 Pengendalian Waktu

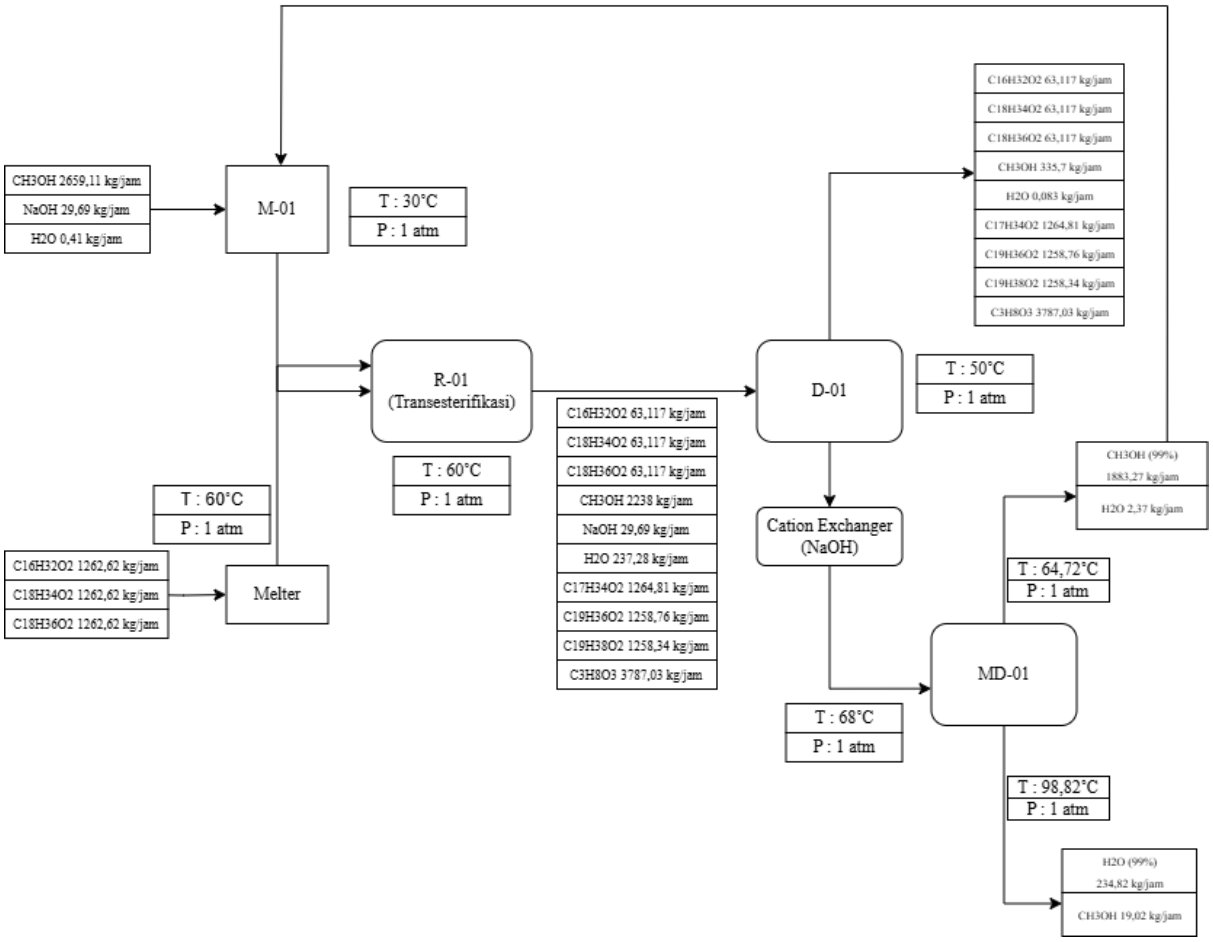
Pengendalian waktu dilakukan untuk mendapatkan hasil produk dengan kualitas yang baik. Efisiensi waktu harus diperhitungkan untuk mengoptimalkan proses produksi. Sehingga setiap target produksi sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan dan ditargetkan. Bentuk pengendalian waktu dapat berupa waktu saat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

BAB III
PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif Perancangan Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif Perancangan Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi

3.2 Uraian Proses

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

1) Lemak sapi dilelehkan dalam melter (MT-01) dengan menggunakan suhu 60℃ sampai menjadi triglyceride berfase cair dan dialirkan ke dalam reaktor (R-01).
2) NaOH berfase cair dari tangki penyimpanan (T-02) dicampur dengan methanol dari tangki penyimpanan (T-01) kemudian dipanaskan sampai 60℃ dan dimasukkan ke dalam reaktor (R-01).
3) Bahan keluaran reaktor kemudian dialirkan ke dalam decanter (D-01) untuk memisahkan methanol dan minyak.

3.2.2 Reaksi

Tahap reaksi dilakukan menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk dengan waktu reaksi 120 menit, suhu 60℃, dan tekanan 1 atm. Reaksi ini bersifat Endotermis, sehingga perlu menggunakan pemanas berupa jaket pendingin. Reaksi yang terjadi di reaktor yaitu :

$$Triglyceride + 3\ Methanol \leftrightarrow 3\ Methyl\ Ester + Glycerol$$

3.2.3 Pemurnian Produk

Hasil keluaran decanter (D-01) terdiri dari dua lapisan, lapisan atas berupa Triglyceride, Methyl Ester, Methanol, Water, serta Glycerol yang kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan (T-03). Lapisan bawah dari decanter lalu dialirkan ke dalam menara distilasi (MD-01) untuk memisahkan air dan methanol yang kemudian akan digunakan kembali ke dalam mixer (M-01).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

a) Mixer (M-01)

Fungsi : Mencampurkan CH3OH dengan katalis NaOH

Jenis : Tangki Berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30 ℃

Bahan Konstruksi : Stainless steel 316

Dimensi *Mixer*

a. Diameter : 4,254 m
b. Tinggi : 1,734 m
c. Tebal shell : 0,250 m
d. Tebal head : 0,313 m

Pengaduk *Mixer*

a. Jenis : *Marine Propeller*
b. Diameter Pengaduk : 1,42 m
c. Jumlah Pengaduk : 1 buah
d. Lebar *Baffle* : 0,14 m
e. Kecepatan Putaran : 49 rpm
f. *Power* : 0,24 hP

Harga : $ 30.000

b) Reaktor (R-01)

Spesifikasi Umum

Fungsi : Mereaksikan Trigliserida dan Methanol menggunakan katalis NaOH menjadi biodiesel

Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor*

Jumlah : 1 buah

Harga : $ 20.000

Kondisi Operasi

Suhu : 60 ℃

Tekanan : 1 atm

Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 176 Grade C*

Diameter Reaktor : 123,87 m

Tebal shell : 0,43 in

Tinggi Reaktor : 5,91 m

Tinggi Cairan Shell : 4,71 m

Tinggi Head (OA) : 0,59 m

Tebal Head : 0,23 in

Volume Shell : 24,45 m^3

Volume Head : 0,015 m^3

Volume Reaktor : 24,46 m^3

Konversi : 95%

Pengaduk Reaktor

Jenis : *Type Marine with 3 Blades*

Diameter : 1,048 m

Jarak : 1,048 m

Lebar *Baffle* : 10,48 m

Power : 1,5 hP

Kecepatan Putar : 333 rpm

Jumlah : 1 buah

Jaket Pendingin

Tinggi : 6,28 m

Diameter : 4,2 m

c) Decanter (DC-01)

Fungsi : Memisahkan methanol dengan NaOH sebagai hasil bawah untuk digunakan kembali

Jenis : *Decanter Silinder Horizontal*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 50 ℃

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA 176 Grade C*

Dimensi *Decanter*

a. Diameter : 1,045 m

b. Tinggi : 2,09 m

c. Tebal shell : 0,25 in

d. Tebal head : 0,25 in

Harga : $ 9.000

d) Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan komponen methanol sebagai distilat dan water sebagai keluaran bottom.

Jenis : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 68 ℃

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

Harga : $ 60.000

Dimensi Distilasi

a. Tinggi : 27 m

b. Diameter Kolom : 2,5 in

c. Tebal *Shell* : 0,0048 m

d. Tebal *Head* : 0,0048 m

e. Jumlah *Plate* : 16 buah

f. Tebal *Tray* : 0,118 m

g. Diameter *Hole* : 0,3937 in

h. Jumlah *Hole* : 28 buah

i. *Tray Spacing* : 0,45 m

j. Panjang *Weir* : 0,098 m

k. Tinggi *Weir* : 0,004 m

e) Condenser (CD-01)

Fungsi : Mengembunkan hasil atas Menara distilasi (MD-01)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Spesifikasi :	
a" =	0,223
Pt =	1
Passes =	1
A =	217,308
Uc =	401,7782117

Ud =	0,05584
Rd calculated =	17,906

Mechanical Design			
Shell (Hot Fluid)		*Tube*	
Length, ft	12	*Length, ft*	12
Passes	1	*Passes*	1
ID, in	12	OD, in	0,5
Baffle spaces	9	*Number tube*, buah	
		A, ft2	
		BWG	12
ΔP terhitung, psi	0,00314	*Pitch*	1
ΔP diijinkan, psi	10	ΔP terhitung, psi	0,14800
Rdmin, Btu/hr.ft2.°F	0,001	ΔP diijinkan, psi	10
Rdcal, Btu/hr.ft2.°F	17,906	Rdmin, Btu/hr.ft2.°F	0,001
		Rdcal, Btu/hr.ft2.°F	17,906
Harga, $	$27200		

f) Accumulator (ACC-01)

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

Jenis : *Horizontal Cylinder*

Jumlah : 1 buah

Operating Condition	
Suhu, °C	65
Tekanan, atm	1
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304
Kapasitas tangki	0,6
Diameter *Shell*	
Diameter, m	0,50
Panjang, m	2,97
Tebal *shell*, in	0,19

Dimensi *head*	
Diameter, in	30
Panjang, m	0,13
Tebal *head*, in	0,19
Panjang total, m	3,24

3.3.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan

Tangki	**T-01**	**T-02**
Fungsi alat	Menyimpan bahan baku methanol	Menyimpan bahan baku NaOH
Lama penyimpanan	7 hari	7 hari
Fasa	Cair	Cair
Jumlah tangki	1 buah	1 buah
Jenis tangki	Tangki silinder tegak dengan tutup atas *conical roof* dan tutup bawah datar	Tangki silinder tegak dengan tutup atas *conical roof* dan tutup bawah datar
Kondisi operasi Suhu : Tekanan :	 30 °C 1 atm	 30 °C 1 atm
Spesifikasi Bahan konstruksi : Volume tangki : Diameter : Tinggi : Jumlah Course :	 *Stainless Steel SA-167 Type 316* 583 m3 18,288 m 9,5 m 4	 *Stainless Steel SA-167 Type 316* 40 m3 4,57 m 3,7 m 2
Head & Bottom Jenis Head : Tebal Head : Jenis Bottom : Tebal shell :	 Torispherical Head 1,421 in Flat Bottom 3,25 in	 Torispherical Head 1 in Flat Bottom 1 in
Harga	$ 12.696	$ 1.154

Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk

Tangki	**T-03**	**G-01**
Fungsi alat	Menyimpan produk Biodiesel	Menyimpan bahan baku Lemak Sapi
Lama penyimpanan	7 hari	7 hari
Fasa	Cair	Padat
Jumlah tangki	1 buah	1 buah
Jenis tangki	Tangki silinder tegak dengan tutup atas *conical roof* dan tutup bawah datar	Gudang
Kondisi operasi Suhu : Tekanan :	 50 °C 1 atm	 30 °C 1 atm
Spesifikasi Bahan konstruksi : Volume tangki : Diameter :	 *Stainless Steel SA-167 Type 316* 10886 m^3 36,576 m	 1145 m^3 13,716 m
Tinggi : Jumlah Course :	15,3 m 8	9,4 m 5
Head & Bottom Jenis Head : Tebal Head : Jenis Bottom : Tebal Shell :	 Torispherical Head 6 in Flat Bottom 4 in	
Harga	$ 8.079	

3.3.3 Spesifikasi Alat Transportasi

Tabel 3. 3 Spesifikasi Pompa

Spesifikasi	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4	Pompa 5
Kode alat	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan bahan baku methanol dari tangki penyimpanan menuju mixer	Mengalirkan bahan baku NaOH dari tangki penyimpanan menuju mixer	Mengalirkan trigliserida dari gudang lemak sapi menuju reaktor	Mengalirkan hasil keluaran Mixer menuju Reaktor	Mengalirkan keluaran Reaktor menuju Decanter
Jenis	*Centrifugal*	*Centrifugal*	*Centrifugal*	*Centrifugal*	*Centrifugal*
Bahan	*Stainless steel 316*	*Stainless steel 316*	*Stainless steel 316*	*Stainless steel 316*	*Stainless steel 316*
Kapasitas (gpm)	17,9523	0,0838	25,3408	3,8248	55,3762
Head pompa (m)	0,2414	1,4948	1,2113	5,9287	2,1041
IPS (in)	8,63	1,90	8,63	8,63	12,75
BHP (hP)	0,0056	0,0010	0,0455	0,1398	0,1578
Daya motor pompa (hP)	0,00703646	0,00123259	0,05355976	0,16840518	0,19239886
OD (in)	8,625	1,9	8,625	8,625	12,75
ID (in)	7,981	1,61	7,981	7,981	12,09
Sch. No	40	40	40	40	40
Flow area (in^2)	50,00	50,00	50,00	50,00	115,00
Jumlah	1	1	1	1	1
Harga	$ 4000	$ 4000	$ 4000	$ 4000	$ 4000

Tabel 3. 4 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

Spesifikasi	Pompa 6	Pompa 7	Pompa 8	Pompa 9
Kode alat	P-06	P-07	P-08	P-09
Fungsi	Mengalirkan hasil atas DC-01 menuju tangki penyimpanan biodiesel	Mengalirkan hasil bawah DC-01 menuju MD-01	Memompa cairan yang berasal dari accumulator ke puncak MD-01 dan daur ulang	Memompa cairan residu dari reboiler ke UPL
Jenis	*Centrifugal*	*Centrifugal*	*Centrifugal*	*Centrifugal*
Bahan	*Stainless steel 316*	*Stainless steel 316*	*Stainless steel 316*	*Stainless steel 316*
Kapasitas (gpm)	41,6915	14,2259	13,3062	1,4298
Head pompa (m)	13,2050	21,5980	21,5978	21,5962
IPS (in)	10,75	3,50	3,50	3,50
BHP (hP)	0,808	1,081	0,940	0,126
Daya motor pompa (hP)	0,97324614	1,3181503	1,14584017	0,15424414
OD (in)	10,75	3,5	3,5	3,5
ID (in)	10,02	3,068	3,068	3,068
Sch. No	40	40	40	40
Flow area (in^2)	78,80	7,38	7,38	7,38
Jumlah	1	1	1	1
Harga	$ 4000	$ 4000	$ 4000	$ 4000

3.3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Tabel 3. 5 Spesifikasi Heat Exchanger dan Melter

Spesifikasi	Heat Exchanger	Heat Exchanger	Melter
Kode alat	HE-01	HE-02	MT-01
Fungsi	Memanaskan fluida dari 30°C menjadi 60°C dari mixer menuju reaktor	Memanaskan fluida hasil bawah DC-01 menuju MD-01 dari 50°C menjadi 90°C	Memanaskan fluida dari 30°C menjadi 60°C dari G-01 menuju R-01
Jenis	Double Pipe Exchanger	Double Pipe Exchanger	Double Pipe Exchanger
Kondisi Operasi			
Tube			
T in (°C)	100	100	60
T out (°C)	100	100	60
Annulus			
T in (°C)	30	50	30
T out (°C)	60	90	60
Mechanical Design			
Panjang (ft)	15	15	15
Hairpin (buah)	15	15	15
OD (in)	*Tube :* 1,66	*Tube :* 1,66	*Tube :* 1,66
	Annulus : 2,38	*Annulus :* 2,38	*Annulus :* 2,38
ID (in)	*Tube :* 1,38	*Tube :* 1,38	*Tube :* 1,38
	Annulus : 2,067	*Annulus :* 2,067	*Annulus :* 2,067
Pressure drop (psi)	*Tube :* 0,0029	*Tube :* 0,0043	*Tube :* 0,0175
	Annulus : 0,0918	*Annulus :* 0,0530	*Annulus :* 0,00055
Rd (Btu/hr.ft2.°F)	0,292979827	0,3069	
Harga	$ 2.200	$ 2.200	$ 20.000

Tabel 3. 6 Spesifikasi Cooler

Spesifikasi	Cooler	Cooler	Cooler
Kode alat	CL-01	CL-02	CL-03
Fungsi	Menurunkan temperatur keluaran Reaktor dari 60°C menjadi 50°C untuk diumpankan menuju Decanter	Menurunkan temperatur keluaran Accumulator dari 65°C menjadi 30°C untuk diumpankan menuju Mixer	Menurunkan temperatur keluaran Reboiler dari 99°C menjadi 30°C untuk diumpankan menuju Mixer
Jenis	*Double Pipe Exchanger*	*Double Pipe Exchanger*	*Double Pipe Exchanger*
Kondisi Operasi			
Fluida Panas			
T in (°C)	60	65	99
T out (°C)	50	30	30
Fluida Dingin			
T in (°C)	25	25	25
T out (°C)	50	45	45
Dimensi Cooler			
Inner			
Diameter luar (in)	1,66	1,66	1,66
Diameter dalam (in)	1,38	1,38	1,38
Pressure drop (psi)	7,2157E-10	0,00440781	0,00077796
Annulus			
Diameter luar (in)	2,38	2,38	2,38
Diameter dalam (in)	2,067	2,067	2,067
Pressure drop (psi)	1,5465E-09	9,2364E-05	1,4947E-05
Uc (Btu/hr.ft2.°F)	1,64021592	0,87687366	1,05699456
Ud (Btu/hr.ft2.°F)	1,63218452	0,87457299	1,05365344
Rd (Btu/hr.ft2.°F)	0,003	1,11431074	0,59766858
Harga	$ 2.800	$ 2.800	$ 2.800

3.4 Neraca Massa

Basis satuan massa yang digunakan adalah kg/jam. Berikut adalah analisis neraca massa total

Basis perhitungan : 1 jam operasi

Bahan baku : Lemak sapi, Methanol, dan NaOH

Produk akhir : Metil Ester / Biodiesel

Kemurnian biodiesel : 95%

Kapasitas per tahun : 10.000 ton/tahun

Waktu operasi : 330 hari

: 24 jam

3.4.1 Mixer (M-01)

Komponen	Massa Input, kg/jam		Massa Output, kg/jam
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
CH3OH	2659,112196		2659,112196
NaOH		29,69035552	29,69035552
Water		0,408216734	0,408216734
Total	2689,210768		2689,210768

3.4.2 Melter (MT-01)

Komponen	Massa Input, kg/jam	Massa Output, kg/jam
	Arus 4	Arus 5
C14H28O2	1262,626263	1262,626263
C16H32O2	1262,626263	1262,626263
C18H36O2	1262,626263	1262,626263
C18H34O2	1262,626263	1262,626263
H2O	500	500
Total	5550,505051	5550,505051

3.4.3 Filter (F-01)

Komponen	Massa Input, kg/jam	Massa Output, kg/jam	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C14H28O2	1262,626263	0	1262,626263
C16H32O2	1262,626263	1262,345048	0,281214848
C18H36O2	1262,626263	1262,345048	0,281214848
C18H34O2	1262,626263	1262,345048	0,281214848
H2O	500	499,8886389	0,11136108
Total	5550,505051	5550,505051	

3.4.4 Reactor (R-01)

Komponen	Massa Input, kg/jam	Massa Output, kg/jam
	Arus 3 & Arus 6	Arus 8
C14H28O2	0	0
C16H32O2	1262,345048	63,11725239
C18H36O2	1262,345048	63,11725239
C18H34O2	1262,345048	63,11725239
CH3OH	2659,112196	2238,001876
NaOH	29,69035552	29,69035552
H2O	0,408216734	237,2827716
C17H34O2	0	1264,810565
C19H38O2	0	1258,344659
C19H36O2	0	1258,763927
C3H8O3	3787,035143	3787,035143
Total	10263,28105	10263,28105

3.4.5 Decanter (DC-01)

Komponen	Massa Input, kg/jam	Massa Output, kg/jam	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
C14H28O2	0	0	0
C16H32O2	63,11725239	63,11725239	0
C18H36O2	63,11725239	63,11725239	0
C18H34O2	63,11725239	63,11725239	0
CH3OH	2238,001876	335,7002814	237,1997226
NaOH	29,69035552	0	29,69035552
H2O	237,2827716	0,08304897	1902,301595
C17H34O2	1264,810565	1264,810565	0
C19H38O2	1258,344659	1258,344659	0
C19H36O2	1258,763927	1258,763927	0
C3H8O3	3787,035143	3787,035143	0
Total	10263,28105	10263,28105	

3.4.6 Kation Exchanger

Komponen	Massa Input, kg/jam	Massa Output, kg/jam
	Arus 10	Arus 11
NaOH	29,69035552	29,69035552
Total	29,69035552	29,69035552

3.4.7 Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Massa Input, kg/jam	Massa Output, kg/jam	
	Arus 10	Arus 12	Arus 13
CH3OH	1902,301595	1883,278579	19,02301595
H2O	237,1997226	2,371997226	234,8277254
Total	2139,501317	2139,501317	

3.5 Neraca Panas

Basis satuan massa yang digunakan adalah kg/jam. Berikut adalah analisis neraca panas alat.

Basis perhitungan : 1 jam operasi

Bahan baku : Lemak sapi, Methanol, dan NaOH

Produk akhir : Biodiesel

Kemurnian biodiesel : 95%

Kapasitas per tahun : 10.000 ton/tahun

Waktu operasi : 330 hari : 24 jam

3.5.1 Mixer (M-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in, (Kj/jam)	ΔH out, (Kj/jam)
Q1	33630,1735	
Q2		-224269,859392
Q reaksi	345564,7186	
Q pendingin		603464,752
Total	345564,7186	603464,752

3.5.2 Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in, (Kj/jam)	ΔH out, (Kj/jam)
Q1	1613412,22	
Q2		197278,6226
Qreaksi	345564,72	
Qpendingin		1761698,313
Total	1958976,94	1958976,935

3.5.3 Decanter (DC-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in, (Kj/jam)	ΔH out, (Kj/jam)
Q1	1278911,852	
Q2		1278911,852
Total	1278911,852	1278911,852

3.5.4 Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Input	Output
	ΔHin	ΔHout
	kJ/jam	kJ/jam
ΔH umpan	335618,718	
ΔH distilat		259580,452
ΔH condensor		671,4587
ΔH bottom		392985,7669
ΔH reboiler	317618,9599	
Total	653237,678	653237,678

BAB IV
PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam pendirian pabrik untuk kelangsungan operasional pabrik. Beberapa pertimbangan untuk menentukan lokasi pendirian pabrik, antara lain: lokasi pabrik dengan sumber bahan baku, bahan penunjang, lokasi pabrik dan pasar dukungan, transportasi, tenaga kerja, kondisi sosial dan kesempatan pengembangan di masa depan.

Pabrik biodiesel dari lemak sapi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di Jalan Lingkar Timur Kuningan, Kecamatan Kuningan, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat.



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi

Berikut merupakan faktor-faktor untuk menentukan lokasi pabrik :

A. Letak daerah, pabrik akan didirikan berdekatan dengan beberapa industri yang berada disana dan jauh dari Kawasan penduduk, sehingga terdapat lahan yang cukup luas, ditambah dengan akses transportasi yang mudah dilalui.
B. Ketersediaan air, air merupakan unsur yang sangat penting dalam suatu industri. Air yang digunakan dan dibutuhkan untuk proses tersebut berasal dari Sungai Cisanggarung, Waduk Darma untuk proses domestik, utilitas dan kebutuhan yang diperlukan di lingkungan pabrik.
C. Pemasaran, permintaan biodiesel terus meningkat setiap tahunnya sesuai meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan mesin industri yang berada di

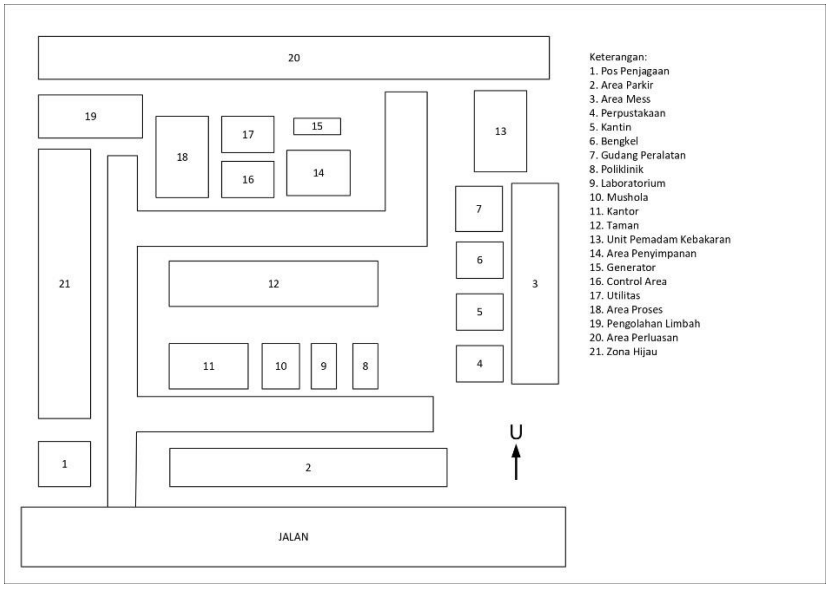
sekitar wilayah Kuningan dan sekitar Provinsi Jawa Barat yang menggunakan bahan bakar solar dapat dicampur dengan biodiesel dalam proporsi tertentu.

D. Tenaga kerja, tenaga kerja merupakan modal utama untuk mendirikan suatu pabrik, dengan demikian diperlukan tenaga kerja yang bekerja produktif dari berbagai tingkatan, baik pekerja yang sudah terlatih ataupun yang belum terlatih. Lokasi pabrik sangat strategis sehingga mudah mendapatkan tenaga kerja yang cukup besar.

E. Limbah pabrik, hasil buangan dari pabrik wajib diperhatikan, terutama dampak terhadap kesehatan lingkungan sekitar lokasi pabrik. Hal ini dapat dilakukan dengan cara membuat tempat pembuangan limbah dalam suatu bak serta aliran tertentu tanpa mencemari lingkungan.

4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Pabrik Biodiesel direncanakan akan dibangun di Kuningan, Jawa Barat dengan luas 1,07 ha (10.714 m^2). Tata letak pabrik meliputi alat proses, tempat kerja karyawan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, letak unit utilitas, serta srana-sarana pendukung lain. Perencanaan tata letak pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dapat dilihat dalam gambar berikut :



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik Biodiesel

Skala 1:1000

Adapun rincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No.	Lokasi	Panjang	Lebar	Luas
		m	m	m^2
1	Pos penjagaan	3	3	9
2	Area parkir	20	5	100
3	Area mess	25	10	250
4	Perpustakaan	15	10	150
5	Kantin	10	10	100
6	Bengkel	15	25	375
7	Gudang peralatan	20	30	600
8	Poliklinik	15	25	375
9	Laboratorium	15	20	300
10	Mushola	10	10	100
11	Kantor	30	20	600
12	Taman	50	10	500
13	Unit pemadam kebakaran	15	10	150
14	Area penyimpanan	20	30	600
15	*Generator*	20	10	200
16	*Control Area*	20	25	500
17	Utilitas	20	25	500
18	Area proses	20	40	800
19	Pengolahan limbah	30	20	600
20	Area perluasan	50	50	2500
21	Zona hijau	30	5	150
Luas Bangunan				9459
Luas Tanah				10714

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak suatu pabrik antara lain yaitu :

1. Letak masing-masing bangunan sedemikian rupa sehingga memberikan kenyamanan dan keamanan bagi tenaga kerja.

2. Susunan tata letak pabrik ini harus memungkinkan adanya distribusi bahan-bahan dengan baik, cepat, dan efisien.
3. Jalan-jalan dalam pabrik harus cukup lebar dan memperhatikan factor keselamatan manusia, sehingga lalu lintas dalam pabrik dapat berjalan dengan baik.
4. Letak setiap bangunan atau fasilitas juga harus mempertimbangkan beberapa aspek terkait mitigasi bencana, seperti penyebaran api karena arah angin apabila terjadi kebakaran.

4.3 Tata Letak Alat Proses

Tata letak dalam alat proses harus dirancang sedemikian rupa agar proses dapat berjalan dengan aman sehingga dapat mendapat *zero accident*. Factor yang perlu dipertimbangkan dalam penataan tata letak alat proses antara lain:

1. Keamanan dan Keselamatan

   Alat-alat proses harus dikelompokkan dalam unit-unit proses dan peletakannya harus jauh dari kantor atau tempat yang terdapat banyak karyawan. Peletakan alat juga harus disesuaikan dengan ketentuan *hazard* setiap alat sehingga apabila terjadi bahaya tidak menimbulkan bahaya di alat-alat yang lain.
2. Ekonomi

   Peletakan alat dalam unit proses harus sebaik mungkin sehingga dapat memberikan biaya konstruksi dan operasi yang minimum. Biaya konstruksi dapat meminimalkan dengan mengatur letak setiap alat sehingga menghasilkan pemipaan yang terpendek dan membutuhkan bahan konstruksi yang paling sedikit.
3. Kebutuhan Proses

   Letak antara alat proses yang satu dengan yang lainnya harus memberikan *space* yang cukup agar setiap alat dapat beroperasi dengan baik dan didukung distribusi utilitas yang mudah.
4. Kemudahan Dalam Pemeliharaan

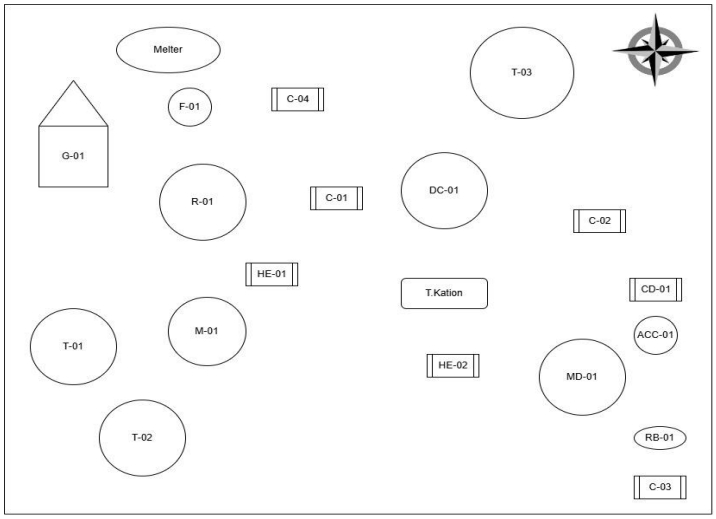
   Peletakan alat harus memperhatikan ruang untuk *maintenance* alat sehingga saat proses perawatan maupun pergantian akan lebih mudah.

5. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

   Setiap pabrik diharapkan mampu membuat pengembangan dengan adanya penambahan unit sehingga susunan pabrik perlu disusun dengan pabrik untuk mempermudah perluasan.

Perencanaan tata letak proses Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :

Skala 1:1000



Gambar 4. 3 Tata Letak Proses Pabrik Biodiesel

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik biodiesel ini 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. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut:

a. Mudah Mendapatkan Modal

Dalam perseroan terbatas, modal diperoleh melalui penjualan saham di pasar modal. Modal terbagi dalam saham-saham, sehingga hal ini menjadi mungkin apabila ada orang yang ingin ikut serta menanamkan modal dalam jumlah kecil namun tidak menghalangi pemasukan modal dalam jumlah besar. Sehingga akan memudahkan

pergerakan di pasar modal dan pengumpulan modal dengan penjualan saham menjadi efektif.

b. Wewenang dan Tanggung Jawab Pemegang Saham Terbatas

Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah modal yang disebutkan dalam tiap-tiap saham tanpa ikut andil dalam mengelola perusahaan. Hal ini membuat kelancaran produksi relative lebih stabil karena pengelolaan perusahaan hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

c. Pemilik dan Pengurus Perusahaan Terpisah Satu Sama Lain

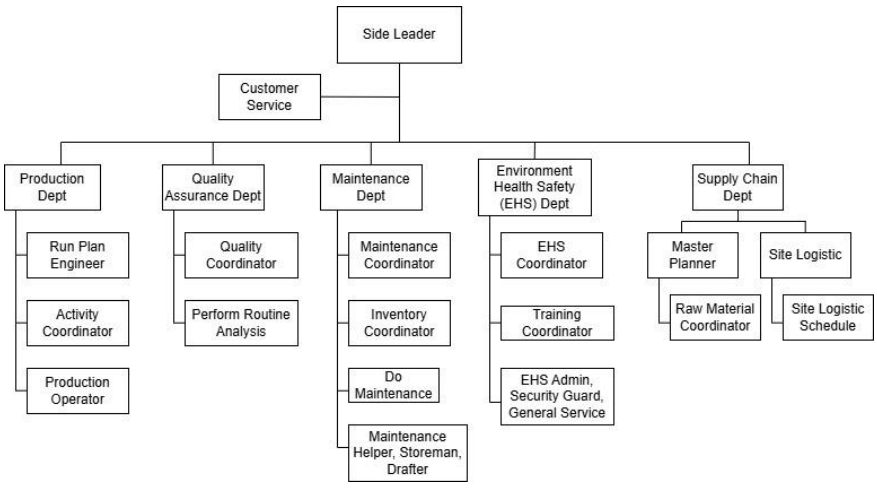
Pemilik perusahaan merupakan para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.

d. Kelangsungan Hidup Perusahaan Lebih Terjamin

Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja didalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu Perusahaan. Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu Perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik agar dapat memahami posisi masing-masing. Berikut merupakan jenjang kepemimpinan dalam perusahaan, yaitu:



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

Berikut adalah tugas pokok dan fungsi dari setiap departemen yang ada:

1. ***Plant Department***

   Plant department dipimpin oleh seorang site leader bertugas untuk mengawasi dan mengatur jalannya setiap program perusahaan yang direncanakan. *Plant department* membawahi departemen-departemen.

2. ***Production Department***

   Production department dipimpin oleh seorang *operation leader* dalam melaksanakan tugas dibantu oleh seorang *production supervisor*. Berikut merupakan pelaksanaan produksi di lapangan terdiri dari :

   a. *Production Operator*

      Reactor operator bertugas untuk menyiapkan material yang akan digunakan dan melaksanakan proses reactor, selain itu reactor operator juga menyiapkan material awal yang akan digunakan di tangki penyimpanan sebelum material dimasukan ke dalam reactor.

   b. *Operator Kontraktor*

      Operator kontraktor merupakan kontraktor dari perusahaan lain.

   c. *Packout Kontraktor*

      Packout kontraktor merupakan kontraktor yang bertugas dalam pengisian dan pengemasan produk.

   d. *Utility Operator*

      Utitily operator merupakan yang bertugas untuk menyediakan dan menjalankan unit-unit pendukung dalam suatu proses.

3. ***Environmental Health Safety (EHS) Departement***

   Environmental health safety (EHS) dipimpin oleh seorang EHS *delivery leader* yang bertanggung jawab terhadap memimpin implementasi sistem manajemen EHS termasuk proses kerja, standar, dan prosedur untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan dan keselamatan, nilai tambah untuk memenuhi tujuan lokasi, dan mempertahankan lisensi untuk beroperasi. Membutuhkan pengetahuan konseptual teori, teknik dan metodologi dalam disiplin teknologi analitis.

4. ***Maintenance Department***

   Maintenance department dipimpin oleh seorang *reliability and maintenance engineer* yang membawahi *planner inventory, maintenance craftsman, maintenance EHS haler, storeman,* dan *drafter.*

5. ***Supply Chain Department***

Supply department dipimpin oleh *supply chain manager* yang membawahi beberapa staf diantaranya:

a. ***Plant Scheduler***

Plant scheduler bertugas dalam pembuatan rencana produksi beserta jadwal produksi setiap harinya sesuai dengan permintaan konsumen.

b. ***Logistic Specialist***

Logistic specialist bertugas dalam mengirim produk sesuai dengan permintaan kepada konsumen, memeriksa nama produk dan jumlah produk.

c. ***Logistic Admin***

Logistic admin bertugas dalam menerima dan bertanggung jawab terhadap penerimaan raw material yang datang dari dalam maupun luar negeri.

6. ***Quality Assurance (QA) Department***

Quality assurance (QA) department dipimpin oleh seorang supervisor dan mempunyai empat orang teknisi laboratorium yang bertugas untuk mengontrol dan melaksanakan Analisa terhadap suatu produk, bahan baku, produk setengah jadi sampel *utility* dan sampel air limbah.

7. ***Customer Service***

Customer service bertugas dalam mengatur pesanan masuk, baik dalam negeri maupun luar negeri.

4.4.4 Status Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

1. Status Karyawan

Berdasarkan statusnya karyawan dibedakan menjadi beberapa golongan, antara lain:

a) Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

b) Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c) Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan karyawan yang bekerja di pabrik atau perusahaan jika diperlukan saja. Karyawan ini menerima gaji borongan untuk suatu pekerjaan yang telah disetujui.

2. Penggolongan Karyawan

Jabatan dalam struktur organisasi perusahaan diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan dan keahlian sesuai jabatan dan tanggung jawabnya. Karyawan pada perusahaan ini terdiri dari beragam jenjang pendidikan, mulai dari lulusan Sekolah Menengah Pertama (SMP), hingga Magister (S-2). Rincian penggolongan jabatan beserta jenjang pendidikannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan

Jabatan	Pendidikan
Site Leader	S2
Customer Service	S1
Run Plan Engineer	S1
Activity Coordinator	S1
Production Coordinator	S1
Quality Coordinator	S1
Perform Routine Analysis	S1
Maintenance Coordinator	S1
Inventory Coordinator	S1
Do Maintenance	S1
Maintenance Helper, Storeman, Drafter	S1
EHS Coordinator	S1
Training Coordinator	S1
EHS Admin, Security Guard, General Service	S1
Master Planner	S1
Raw Material Coordinator	S1
Site Logistic	S1
Site Logistic Schedule	S1

3. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada Perusahaan harus diperhitungkan secara cermat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif dan efisien. Jumlah karyawan pada setiap posisi tergantung pada kebutuhan.

4.4.5 Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan

1. Pembagian Jam Kerja

Pabrik biodiesel akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

a) Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh yang tugasnya berada di kantor. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja selama 5 hari dengan jam kerja, sebagai berikut :

Senin-Kamis	: 08.00 s.d. 16.00 WIB
	(istirahat 11.30 – 13.00)
Jumat	: 08.00 s.d. 16.00 WIB
	(istirahat 11.00 – 13.00)
Sabtu s.d. Minggu	: Hari libur, termasuk hari libur nasional

b) Karyawan Shift

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi sehingga tidak dapat ditinggalkan. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, termasuk petugas keamanan yang menjaga keamanan selama proses produksi berlangsung. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan dibagi dalam 2 *shift* dengan pengaturan sebagai berikut:

Shift Pagi	: 07.00 s.d. 14.00 WIB
Shift Siang	: 14.00 s.d. 21.00 WIB
Shift Malam	: 21.00 s.d. 07.00 WIB

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Setiap kelompok mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift* :

Hari/Regu	Tanggal														
	20	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**1**	**2**	**3**	**4**
A	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S
B	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L
C	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M
D	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P

Keterangan :

P = Pagi S = Siang

M = Malam L = Libur

2. Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan ini terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

a) Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya.

b) Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian dan karyawan borongan.

c) Gaji Lembur

Gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

4.4.6 Ketenagakerjaan

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

1. Tunjangan

Tunjangan karyawan terdiri dari:

a) Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
b) Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
c) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
d) Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

2. 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*).

3. Hak Cuti

   Hak cuti karyawan terdiri dari :

   a) Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 15 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun tersebut.
   b) Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawan wanita yang melahirkan dan diperbolehkan mengambil cuti pada hari pertama dan kedua menstruasi.

4. 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 lancer. Fasilitas yang disediakan perusahaan meliputi :

   a) 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.

   b) Tempat Ibadah

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

   c) 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.

d) 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 oleh perusahaan.

e) 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.

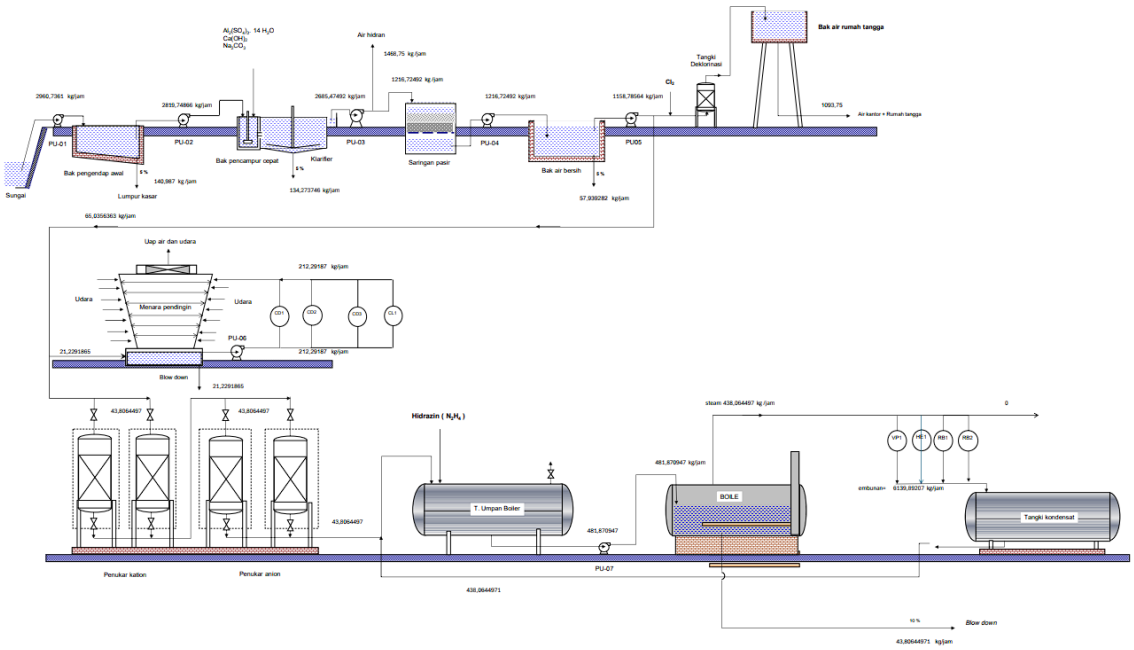
5. Jaminan Ketenagakerjaan

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

BAB V
UTILITAS

Unit utilitas merupakan bagian yang penting untuk kelancaran jalannya proses produksi di industri kimia. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Proses produksi suatu pabrik industri kimia tidak akan berjalan dengan baik jika tidak ada unit utilitas didalamnya. Adapun unit utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik, meliputi :

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



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System)

5.1.1 Unit Penyediaan Air

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

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

Air yang berada dalam lingkungan pabrik, dipergunakan untuk:

a) Air pendingin

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

1. Air merupakan materi yang memiliki jumlah besar atau melimpah.
2. Memiliki kemudahan dalam pengolahan dan pengaturan.
3. Dapat menyerap jumlah panas yang tinggi dan tidak terdekomposisi.
4. Tidak mengalami penyusutan dalam arti adanya temperature yang rendah.

b) Air boiler

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

1. Tidak terdapat zat yang menyebabkan korosi. Korosi tersebut dapat terjadi jika air mengandung zat terlarut seperti O2, CO2, dan H2S, serta gas terlarut
2. Zat yang menyebabkan kerak. Kerak dapat ditimbulkan dengan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam dan silikat.
3. Zat yang menyebabkan foaming dan priming. Foaming yaitu adanya gelembung atau busa yang berada di permukaan air dan keluar bersama steam. Air yang diambil dari proses pemanasan dapat menyebabkan foaming pada boiler yang disebabkan karena adanya zat organik dan anorganik dalam jumlah besar. Sedangkan priming disebabkan karena adanya tetes air dalam steam

yang menyebabkan turunnya efisiensi energi dari steam dan menghasilkan kristal garam.

c) Air sanitasi

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

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

5.1.2 Unit Pengolahan Air

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

a. Penyaringan Awal

Air yang berasal dari sungai dimurnikan, yaitu dengan dialirkan melalui saringan untuk menyaring kotoran-kotoran besar seperti dedaunan, ranting, dll.

b. Bak Pengendapan

Setelah melewati tahapan screening selanjutnya dialirkan kedalam bak pengendapan awal untuk mengendapkan lumpur dan kotoran yang tersisa dalam proses penyaringan, proses ini dinamakan sedimentasi.

c. Bak Penggumpal

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

d. Clarifier

Pada tahap *clarifier*, air yang dipisahkan dari lumpur dan kotoran diaduk dalam bak penggumpalan dengan bantuan mesin pengaduk. Air *clarifier* mengalir dari samping secara *overflow*. Kemudian *sludge* yang terbentuk akan mengendap dan akan di*blow-down* secara berkala.

e. Bak Penyaring

Air yang keluar dari clarifier masuk ke dalam bak penyaring dengan tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus pada air sungai yang tidak mengendap apabila menggunakan sand filter (pasir, kerikil, dan penyaring).

f. Bak Penampungan Sementara

Pada tahap ini air yang telah melalui tahap pemurnian ditampung dan didistribusikan sebagai air perkantoran, air umpan boiler, air pendingin, dan air proses.

g. Tangki Karbon Aktif

Setelah melewati bak penampungan sementara, air dialirkan ke tangki karbon aktif, dimana air tersebut diolah dengan klorin atau kaporit yang bertujuan untuk membunuh bakteri dan mikroorganisme. Klorin adalah bahan kimia yang paling umum digunakan karena murah dan memiliki sifat disinfektan yang tahan lama.

Air diberi disinfektan sebagai bahan disinfektan digunakan klorin. Setelah klorin menghilangkan kumannya untuk keselamatan manusia maka deklorinasi dengan cara menyerap klorin dalam karbon aktif. Selanjutnya, air dapat digunakan sebagai keperluan air minum dan perkantoran.

h. Tangki Air Bersih

Pada tangki ini, air yang telah diproses pada tangki karbon aktif disimpan untuk digunakan sebelum didistribusikan untuk keperluan.

i. Tangki Kation Exchanger

Air dalam bak penampungan berfungsi sebagai make up boiler dan dimasukkan ke tangki penukar kation. Tangki ini mengandung resin pengganti kation di dalam air berupa ion H+ sehingga menyebabkan air yang keluar mengandung anion dan kation.

j. Tangki Anion Exchanger

Tangki ini mengikat ion negative yang terlarut dalam air dan resin basa, sehingga anion tersebut bersifat menguntungkan bagi resin. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

$$H2SO4 + 2\ R4NO \rightarrow (R4N)2SO4 + 2H2$$

Sebelum masuk ke boiler, air dialirkan melalui unit deaerator.

5.2 Unit Pembangkitan Steam (Steam Generation System)

Tujuan dari unit penyediaan steam ini adalah untuk mensuplai kebutuhan steam pada proses produksi yaitu untuk penggunaan steam boiler dengan total kebutuhan steam 438,064 kg/jam. Boiler tersebut menggunakan suhu 100℃ kemudian diumpankan ke dalam boiler. Di dalam boiler, api yang berasal dari alat pembakaran bertugas memanaskan burner dan lorong api. Residu pembakaran masuk ke economizer sebelum dibuang melalui cerobong asap.

5.3 Unit Pembangkitan Listrik (Power Plant System)

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

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

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

No.	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Reaktor	R-01	1,5	1,1
2	Mixer	M-01	0,24	0,18
3	Pompa 1	P-01	3	2,2371
4	Pompa 2	P-02	0,17	0,12
5	Pompa 3	P-03	7,5	5,59275
6	Pompa 4	P-04	5	3,7285
7	Pompa 5	P-05	3	2,2371
8	Pompa 6	P-06	5,00	3,73
9	Pompa 7	P-07	3	2,2371
10	Pompa 8	P-08	3	2,2371
11	Pompa 9	P-09	3	2,2371
Total			**34,40**	**25,65**

b. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

No.	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Kompressor	KU-01	0,50	0,37
2	Menara Pendingin	CT-01	30,00	22,37
3	Bak Pencampur Cepat	RMT	0,50	0,37
4	Klarifier	KL	1,50	1,12
8	Pompa utilitas 1	PU-01	0,50	0,37
9	Pompa utilitas 2	PU-02	0,50	0,37
10	Pompa utilitas 3	PU-03	0,50	0,37
11	Pompa utilitas 4	PU-04	0,00	0,00
12	Pompa utilitas 5	PU-05	0,50	0,37
13	Pompa utilitas 6	PU-06	0,50	0,37
14	Pompa utilitas 7	PU-07	0,50	0,37
Total			**35,50**	**26,47**

Berdasarkan rincian diatas, maka total kebutuhan listrik yaitu 110,06 KW. Kebutuhan listrik akan di supply dari PLN, serta sebagai cadangan listrik dengan menggunakan generator set pada kapasitas 137,581 KW.

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan (Instrument Air System)

Udara instrument atau udara tekan digunakan untuk alat *Pneumatic Control* yang bertugas untuk menggerakan instrument-instrument control di pabrik yang bekerja secara *pneumatic*. Kebutuhan udara tekan yang diperlukan pada pabrik biodiesel ini yaitu sebesar 2 m^3/jam atau sebesar 4 bar. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari *blower* udara akan dilewatkan melalui sebuah tangki udara yang berisi *silica gel*.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar digunakan untuk keperluan proses pembakaran pada boiler dan juga generator. Bahan bakar yang digunakan merupakan solar dengan banyaknya kebutuhan sebesar 31,5 L/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

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

BAB VI
EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

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

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

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

1. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Invesment*), meliputi :
   a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*) adalah banyaknya pengeluaran berupa uang yang diperlukan untuk Pembangunan fasilitas produksi dan operasi utama dalam pabrik.
   b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*) adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.
2. Penentuan Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*), meliputi :
   a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*) adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.
   b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*) adalah pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.
   c. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*) adalah biaya yang selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung pada waktu dan tingkat produksi.

3. Biaya Pengeluaran Umum (*General Cost*), merupakan pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk ke dalam *Manufacturing Cost*, meliputi :

   Pendapatan Modal

   Untuk mengetahui titik impas, perlu dilakukan perkiraan terhadap :

   a) Biaya tetap (*Fixed Cost*)
   b) Biaya variable (*Variable Cost*)
   c) Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4. Analisa Kelayakan Ekonomi

   a. *Return On Investment* (ROI) adalah besarnya keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada jumlah uang yang diinvestasikan sebagai modal tetap.

   b. *Pay Out Time* (POT) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal investasi awal dari keuntungan yang dihasilkan setiap tahun.

   c. *Break Even Point* (BEP) adalah titik dimana total pendapatan suatu pabrik dari penjualan sebagian produk dari kapasitas produknya sama dengan total biaya tetap, sehingga tidak ada keuntungan atau kerugian yang dialami oleh pabrik.

   d. *Shut Down Point* (SDP) adalah kondisi dimana suatu pabrik memutuskan untuk menghentikan operasinya karena biaya variable (*variable cost*) yang tinggi atau alasan ekonomi lainnya yang membuat produksi tidak menguntungkan. Pada titik ini, melanjutkan produksi akan mengakibatkan kerugian yang lebih besar dibandingkan dengan menutup operasi dan hanya menanggung biaya tetap (*fixed cost*).

6.2 Penaksiran Harga Alat

Harga alat akan mengalami perubahan seiring berjalannya waktu dan juga menyesuaikan dengan keadaan ekonomi yang ada. Analisa harga alat dilakukan pada tahun 2019 untuk pembelian alat pada tahun pembangunan yaitu 2025. Indeks harga tersebut disebut dengan Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI).

Tabel 6. 1 Indeks Harga per tahun

Xi	Indeks (Yi)
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	607,5

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. (Aries & Newton, 1955)

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

Dimana :

Ex = harga pembelian pada tahun 2025

Ey = harga pembelian pada tahun referensi (2014)

Nx = indeks harga pada tahun 2025

Ny = indeks harga pada tahun referensi (2014)

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

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses

Nama Alat	**Kode Alat**	**Jumlah**	**Ny**	**Nx**	**Ey**	**Ex**	**Harga**
			2014	**2025**	**2014**	**2025**	**Rupiah**
Tangki CH3OH	T-01	1	576,1	664,94	$ 11.000	$ 12.696	Rp 192.920.320
Tangki NaOH	T-02	1	576,1	664,94	$ 1.000	$ 1.154	Rp 17.538.211
Tangki Biodiesel	T-03	1	576,1	664,94	$ 7.000	$ 8.079	Rp 122.767.476
Mixer	M-01	1	576,1	664,94	$ 30.000	$ 34.626	Rp 526.146.327
Reaktor	R-01	1	576,1	664,94	$ 20.000	$ 23.084	Rp 350.764.218
Decanter	DC-01	1	576,1	664,94	$ 9.000	$ 10.388	Rp 157.843.898
Menara Distilasi	MD-01	1	576,1	664,94	$ 60.000	$ 69.253	Rp 1.052.292.654
Reboiler	RB-01	1	576,1	664,94	$ 12.400	$ 14.312	Rp 217.473.815
Condensor	CD-01	1	576,1	664,94	$ 27.200	$ 31.394	Rp 477.039.337

Melter	MT-01	1	576,1	664,94	$ 20.000	$ 23.084	Rp 350.764.218
Filter	F-01	1	576,1	664,94	$ 10.000	$ 11.542	Rp 175.382.109
T. Kation	TK-01	1	576,1	664,94	$ 9.500	$ 10.965	Rp 166.613.004
Heat Exchanger	HE-01	1	576,1	664,94	$ 2.200	$ 2.539	Rp 38.584.064
Heat Exchanger	HE-02	1	576,1	664,94	$ 2.200	$ 2.539	Rp 38.584.064
Cooler	CL-01	1	576,1	664,94	$ 2.800	$ 3.232	Rp 49.106.991
Cooler	CL-02	1	576,1	664,94	$ 2.800	$ 3.232	Rp 49.106.991
Cooler	CL-03	1	576,1	664,94	$ 2.800	$ 3.232	Rp 49.106.991
Pompa	P-01	1	576,1	664,94	$ 4.000	$ 4.617	Rp 70.152.844
Pompa	P-02	1	576,1	664,94	$ 4.000	$ 4.617	Rp 70.152.844
Pompa	P-03	1	576,1	664,94	$ 4.000	$ 4.617	Rp 70.152.844
Pompa	P-04	1	576,1	664,94	$ 4.000	$ 4.617	Rp 70.152.844
Pompa	P-05	1	576,1	664,94	$ 4.000	$ 4.617	Rp 70.152.844
Pompa	P-06	1	576,1	664,94	$ 4.000	$ 4.617	Rp 70.152.844
Pompa	P-07	1	576,1	664,94	$ 4.000	$ 4.617	Rp 70.152.844
Pompa	P-08	1	576,1	664,94	$ 4.000	$ 4.617	Rp 70.152.844
Pompa	P-09	1	576,1	664,94	$ 4.000	$ 4.617	Rp 70.152.844
TOTAL						$ 308.929,26	Rp 4.663.410.279

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ny	Nx	Ey	Ex	Harga
			2014	2029	2014 ($)	2029 ($)	Rupiah
Pompa-01	PU-01	1	576,1	664,94	83,45	96,32	Rp 1.463.564
Pompa-02	Pu-02	1	576,1	664,94	83,45	96,32	Rp 1.463.564
Pompa-03	PU-03	1	576,1	664,94	83,45	96,32	Rp 1.463.564
Pompa-04	PU-04	1	576,1	664,94	83,45	96,32	Rp 1.463.564
Pompa-05	PU-05	1	576,1	664,94	83,45	96,32	Rp 1.463.564
Pompa-06	PU-06	1	576,1	664,94	83,45	96,32	Rp 1.463.564
Pompa-07	PU-07	1	576,1	664,94	83,45	96,32	Rp 1.463.564
Bak air minum	BU-01	1	576,1	664,94	7.907,96	9.127,44	Rp 138.691.470
bak air bersih	BU-02	1	576,1	664,94	4.566,64	5.270,86	Rp 80.090.695
bak pengendap awal	BU-03	1	576,1	664,94	14.120,32	16.297,81	Rp 247.645.150
klarifier	CF-01	1	576,1	664,94	37.582,96	43.378,60	Rp 659.137.879
bak pencampur cepat	BU-04	1	576,1	664,94	190,58	219,97	Rp 3.342.432
Sand Filter	SF-01	1	576,1	664,94	314,47	362,96	Rp 5.515.241
Tangki Penukar Kation	TKU-01	1	576,1	664,94	688,78	795,00	Rp 12.080.046
Tangki Penukar Anion	TAU-01	1	576,1	664,94	688,78	795,00	Rp 12.080.046
Kompresor Udara	KU-01	1	576,1	664,94	1.500,00	1.731,31	Rp 26.307.316

Cooling Tower	CTU-01	1	576,1	664,94	12.500,00	14.427,62	Rp 219.227.636
boiler	B-01	1	576,1	664,94	97.200,00	112.189,15	Rp 1.704.714.100
generator	GU-01	1	576,1	664,94	60.000,00	69.252,56	Rp 1.052.292.654
tangki bahan bakar	TU-01	1	576,1	664,94	1.200,00	1.385,05	Rp 21.045.853
TOTAL						275.907,57	Rp 4.192.415.465

6.3 Dasar Perhitungan

1. Kapasitas Produksi = 10.000 Ton/Tahun
   = 10.000.000 Kg/Tahun
2. Satu Tahun Operasi = 330 Hari
3. Umur Pabrik = 10 Tahun
4. Tahun Pendirian Pabrik = 2025
5. Indeks Harga pada Tahun 2025 = 664,94
6. Upah Buruh Asing = $ 10.00/man hour
7. Upah Buruh Indonesia = Rp 20.000/man hour
8. Kurs Dollar = $1 = Rp 15.195,00

6.4 Perhitungan Biaya

6.4.1 *Total Capital Investment*

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

1. *Fixed Capital Investment*

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

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

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

Tabel 6. 4 Physical Plant Cost (PPC)

NO	Komponen	Biaya (US $)		Biaya (Rp)
1	PPC Alat proses	$	684.432,78	Rp10.887.956.704,11
2	PPC Alat Utilitas	$	395.084,86	Rp6.285.009.991,55
3	Bangunan	$	3.153.216,22	Rp50.161.363.607,70
4	Tanah	$	3.609.705,18	Rp57.423.189.951,60
	Total	$	7.842.439,04	Rp124.757.520.254,95

Tabel 6. 5 Direct Plant Cost (DPC)

Komponen	Biaya (US $)	Biaya (Rp)
Purchasing Equipment cost	386.271	6.144.792.584
instalasi	166.096	2.642.260.811
instrumentasi dan kontrol	57.941	921.718.888
pemipaan	332.193	5.284.521.622
instalasi listrik	57.941	921.718.888
instalasi isolasi	57.941	921.718.888
Total	395.085	16.836.731.680

Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment (FCI)

No.	Komponen		Biaya (US $)	Biaya (Rp)
1	Direct Plant Cost	$	9.410.926,85	Rp149.709.024.306
2	Engineering and Construction	$	9.410.926,85	Rp149.709.024.306
3	Contractor Fee	$	188.218,54	Rp2.994.180.486
4	Contingency Cost	$	941.092,68	Rp14.970.902.431
	Total	$	19.951.164,92	Rp317.383.131.529

2. *Working Capital Investment*

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

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

Tabel 6. 7 Work Capital Investment

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Raw Material Inventory	343.038.375	21.563,89
In process Inventory	1.385.853.394	87.116,76
Product Inventory	7.699.185.519	483.981,99
Available Cash	7.699.185.519	483.981,99
Extended Credit	184.780.452.468	11.615.567,79
Total	201.907.715.275	12.692.212,43

6.4.2 *Total Production Cost*

Manufacturing Cost

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

a. Direct Manufacturing Cost (DMC)

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

a) Raw Material

b) Tenaga Kerja

c) Supervisor

d) Maintenance Cost

e) Plant Supplies

f) Royalties and Pantent

g) Utilities

Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	Bahan Baku	4.129.404.191	259.580,35
2	Bahan Utilitas	12.943.694	813,66
3	Gaji Karyawan	14.622.000.000	919.160,17
4	supervise	1.029.115.124	64.691,67
5	maintenance	12.695.325.261	798.046,60
6	plant supplies	2.539.065.052	159.609,32
7	royalties	380.859.758	23.941,40
	Total	35.408.713.081	2.225.843,17

b. Indirect Manufacturing Cost

Indirect Manufacturing Cost atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Payoll Overhead	2.924.400.000	183.832,03
Laboratory	2.924.400.000	183.832,03
Plant Overhead	14.622.000.000	919.160,17
Packaging and Shipping	4.772.400.000	300.000,00
Total	25.243.200.000	1.586.824,24

c. *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 9 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Depreciation	25.390.650.522	1.596.093,19
Property tax	3.173.831.315	199.511,65
Insurance	3.173.831.315	199.511,65
Total	31.738.313.153	1.995.116,49

Tabel 6. 10 Total Manufacturing Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Direct Manufactoring Cost	35.408.713.081	2.225.843,17
Inderect Manufactoring Cost	25.243.200.000	1.586.824,24
Fixed Manufactoring cost	31.738.313.153	1.995.116,49
Total	92.390.226.234	5.807.783,90

6.4.3 *General Expenses*

General Expenses atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk oleh Manufacturing cost. Biaya yang harus dikeluarkan guna untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6. 11 General Expenses

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Administrasi	10.385.816.936	652.867,55
Sales	15.578.725.404	979.301,32
Finance	10.385.816.936	652.867,55
Research	18.175.179.638	1.142.518,21
Total	54.525.538.914	3.427.554,62

Tabel 6. 12 Total Production Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Manufacturing Cost	92.390.226.234	5.807.783,90
General Expenses (GE)	54.525.538.914	3.427.554,62
Total	146.915.765.148	9.235.338,52

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan yang maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain :

6.5.1 Return on Investment (ROI)

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang didapat setiap tahun dari tingkat investasi yang dikeluarkan. 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.

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

1. ROI sebelum pajak (ROI b)

   ROI b = 28,89 %

2. ROI setelah pajak (ROI a)

   ROI a = 21,67 %

6.5.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam beberapa tahun investasi yang telah dilakukan kembali.

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment\ (FCI)}{Keuntungan + Depresant}$$

1. POT sebelum pajak (POT b)

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

POT b = 2,71 tahun

2. POT setelah pajak (POT a)

   POT a = 3,37 tahun

6.5.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point merupakan titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya adalah sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapat keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia umumnya berada pada range 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 Annual

Tabel 6. 13 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Depreciation	25.390.650.522	1.598.102,37
Property Taxes	3.173.831.315	199.762,80
Insurances	3.173.831.315	199.762,80
Total	31.738.313.153	1.997.627,97

Tabel 6. 14 Annual Regulated Expenses (Ra)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Gaji Karyawan	14.622.000.000	920.317,22
Payoll overhead	2.924.400.000	184.063,44
Plant overhead	14.622.000.000	920.317,22
Supervise	1.029.115.124	64.773,11
Laboratory	2.924.400.000	184.063,44
General Expenses	54.525.538.914	3.431.869,27
Maintennace	12.695.325.261	799.051,19
Plant Supplies	2.539.065.052	159.810,24
Total	105.881.844.352	6.664.265,13

Tabel 6. 15 Annual Variable Value (Va)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya ($)
Bahan Baku	4.129.404.191	259.907,11
Packaging and shipping	4.772.400.000	300.377,64
Biaya bahan utilitas	12.943.694	814,68
Royalities and patens	380.859.758	23.971,54
Total	9.295.607.643	585.070,97

Tabel 6. 16 Annual Sales Value (Sa)

Jenis Biaya	Biaya (Rp)		Biaya ($)
Annual Sales Value	238.620.000.000	$	15.000.000,00
Total	238.620.000.000	$	15.000.000,00

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

BEP = 40,91 %

6.5.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas

produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

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

Didapatkan SDP = 24 %

6.5.5 Discounted Cash Flow (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return 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.

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

Dimana :

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut :

FCI = Rp 317.383.131.529

WCI = Rp 201.907.715.275

SV = Rp 31.738.313.153

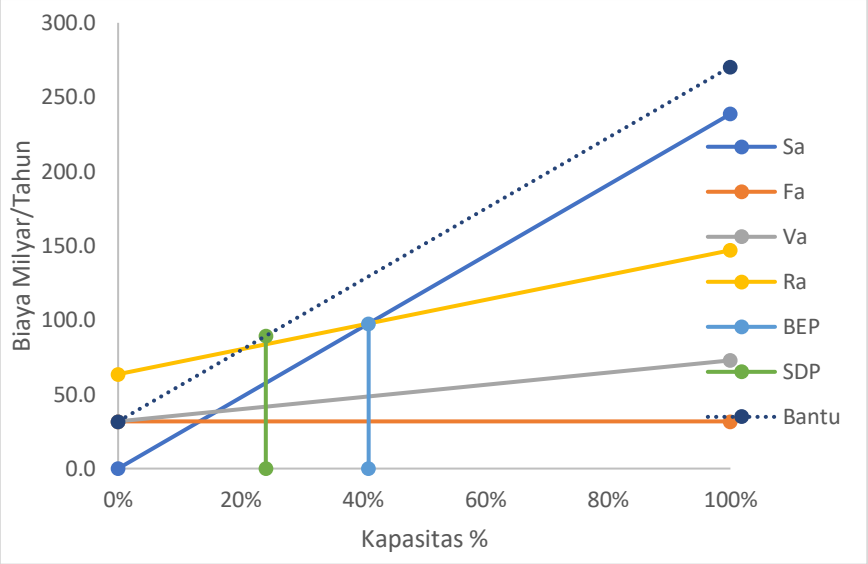
n = 10 tahun

sehingga diperoleh trial & error dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai DCFR adalah

DCFR = 13 %

Bunga bank Indonesia pada 2025 = 5,70 %

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



Gambar 6. 1 Analisis biaya per kapasitas

BAB VII
KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik biodiesel melalui proses transesterifikasi, dengan kapasitas 10.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

a. Pendirian pabrik Biodiesel dengan kapasitas 10.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan biodiesel dalam negeri dan mengurangi ketergantungan impor serta membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
b. Pabrik biodiesel berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah di Kuningan, Jawa Barat dengan luas tanah keseluruhan 11100 m^2 dan jumlah karyawan 164 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 = 28,89 %
        b) ROI setelah pajak = 21,67 %
    2. *Pay Out Time* (POT)
        a) POT sebelum pajak = 2,71 tahun
        b) POT setelah pajak = 3,37 tahun

        Syarat POT maksimum sebelum pajak untuk pabrik dengan resiko rendah adalah 5 tahun.
    3. *Break Event Point* (BEP) = 40,91 %

        Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40%-60%.
    4. *Shut Down Point* (SDP) = 24 %
    5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) =

        Syarat minimun DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga pinjaman bank.

Dengan pertimbangan hasil diatas, maka pabrik biodiesel dari lemak sapi menggunakan proses transesterifikasi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun layak dari aspek teknis dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

d. Hasil dari keseluruhan tinjauan yang dilakukan mulai dari tersedianya bahan baku, kondisi operasi proses dan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa Pabrik Biodiesel dengan kapasitas 10.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan diantaranya sebagai berikut:

a. Perlu dilakukan optimasi pemilihan alat utama maupun alat penunjang serta bahan baku sehingga mengoptimalkan keuntungan yang didapatkan.
b. Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik. Mempelajari lebih dalam akan seluruh konsep tersebut harapannya akan menjadikan produk Biodiesel dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor keluar negeri dimasa yang akan mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Abdi Hasibuan, H., Fitri, S., & Prima Hardika, A. (2015). SINTESA POP FAT MELALUI INTERESTERIFIKASI DAN FRAKSINASI BERBAHAN MINYAK SAWIT DAN OLEIN SUPER TERHIDROGENASI. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, *26*(2), 232–240.

Bahan, J., Terbarukan, A., Dyah, W., Rengga, P., Rosidah, D., & Ernawati, E. (2012). BIODIESEL DARI CAMPURAN LEMAK SAPI (Beef Tallow) DAN MINYAK SAWIT. *Wara Dyah Pita Rengga Dan Rosidah Erlis Ernawati*, *16*(1).

bserat05. (n.d.).

Capturing green opportunities. (n.d.-a).

Capturing green opportunities. (n.d.-b).

Chemical Engineering Cost Estimation - Aries & Newton. (n.d.).

Chemical Engineering Kinetics Ed 3 , J M Smith. (n.d.).

CHEMICAL ENGINEERING VOLUME 6. (n.d.-a).

CHEMICAL ENGINEERING VOLUME 6. (n.d.-b).

Coulson and Richardson's - Chemical Engineering (Vol. 6) 3E Sinnott. (n.d.).

Coulson and Richardson's - Chemical Engineering (Vol. 6) 3E Sinnott (1). (n.d.).

downacademia.com_aries-and-newton-chemical-engineering-cost-estimation. (n.d.).

Dwi, R., Affandi, N., & Aruan, T. R. (2013). PRODUKSI BIODIESEL DARI LEMAK SAPI DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI DENGAN KATALIS BASA NaOH. In *Jurnal Teknik Kimia USU* (Vol. 2, Issue 1).

Garrett, D. E. . (1989). *Chemical engineering economics Donald E. Garrett*. Van Nostrand Reinhold.

Irawan, C., Awalia, T. N., & W.P.H, S. U. (2013). PENGURANGAN KADAR ASAM LEMAK BEBAS (FREE FATTY ACID) DAN WARNA DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN PROSES ADSORPSI MENGGUNAKAN CAMPURAN SERABUT KELAPA DAN SEKAM PADI. *Konversi*, *2*(2), 28.

Loh, H. P. (2002). *Process Equipment Cost Estimation Final Report*.

mighty powerful. (2009).

PENURUNAN KADAR FREE FATTY ACID (FFA) PADA REAKSI ESTERIFIKASI DALAM PROSES PRODUKSI BIODIESEL : KAJIAN WAKTU REAKSIDAN TEMPERATUR REAKSI Erry Ika Rhofita 5. (n.d.).

Perry's Chemical Engineers' Handbook. (2008).

Plant Design and Economics for Chemical Engineers. (n.d.).

Process Heat Transfer D.Q.Kern(HTO). (n.d.).

Said, M. I., Leksono, T., & Utami, A. (n.d.). *PENGARUH KOMBINASI LEMAK-METANOL DENGAN RASIO BERBEDA PADA SIFAT-SIFAT PRODUK BIODIESEL BERBAHAN BAKU LEMAK SAPI BALI YANG MENGGUNAKAN KOH SEBAGAI KATALIS Effect of Combination of Fat-Methanol with Different Ratio on Characteristics Biodiesel Product from Fat of Bali Cattle Using KOH as Catalyst*.

Setiadji, S.-, B, N. T., Sudiartati, T., Prabowo, E., & N, B. W. (2017). Alternatif Pembuatan Biodiesel Melalui Transesterifikasi Minyak Castor (Ricinus communis) Menggunakan Katalis Campuran Cangkang Telur Ayam dan Kaolin. *Jurnal Kimia VALENSI*, *3*(1).

Smith, J. M. ., van Ness, H. C. ., Abbott, M. M. ., & Swihart, M. T. . (2018). *Introduction to chemical engineering thermodynamics*. McGraw-Hill Education.

Sumarni, A. P. (n.d.). *AKPRIND PRESS YOGYAKARTA 2021*.

The Chemical Engineering Plant Cost Index. (n.d.).

Yaws, C. L. . (2001). *Chemical properties handbook : physical, thermodynamic, environmental, transport, safety, and health related properties for organic and inorganic chemicals*. McGraw-Hill ; [Distributed by] Knovel.

LAMPIRAN

Lampiran A

Perancangan Reaktor

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fungsi : Mereaksikan Trigliserida menggunakan Methanol dengan katalis NaOH

Kondisi Operasi :

Suhu = 60 ºC

Tekanan = 1 atm

Konversi = 95%

Reaksi = Eksotermis dan Irreversible

A. Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM	mol (kmol/jam)	massa (kg/jam)
$C_{16}H_{32}O_2$	256	4,931035343	1262,345048
$C_{18}H_{36}O_2$	284	4,444876929	1262,345048
$C_{18}H_{34}O_2$	282	4,476400879	1262,345048
CH_3OH	32	83,09725613	2659,112196
NaOH	40	0,742258888	29,69035552
H_2O	18	0,022678707	0,408216734
$C_3H_8O_3$	92	41,16342547	3787,035143
Total		138,8779323	10263,28105

B. Densitas

Densitas komponen pada suhu : 60 ºC / 333,15 K

Komponen	Densitas (kg/m^3)	kg/jam	Fraksi massa	pL campuran (kg/m^3)
Trigliserida	894	3787,035143	36,90%	329,8759334
$C_3H_8O_3$	1260	3787,035143	36,90%	464,9258122
NaOH	2130	29,69035552	0,29%	6,161816765

CH_3OH	787	2659,112196	25,91%	203,9037309
H_2O	997	0,408216734	0,00%	0,039655163
Total	6068	10263,28105	100,00%	1004,906948

C. Viskositas

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi massa (xi)	μ	ln μ	ln μ * xi
Trigliserida	3787,035143	0,36898874	1,023350721	0,023082264	0,008517096
$C_3H_8O_3$	3787,035143	0,36898874	1	0	0
NaOH	29,69035552	0,002892872	669,3967739	6,506376969	0,018822114
CH_3OH	2659,112196	0,259089874	0,38098639	-0,964991625	-0,250019559
H_2O	0,408216734	3,97745E-05	0,467205204	-0,760986708	-3,02679E-05
Total	10263,28105	1	672,2683162	4,8034809	-0,222710617

Reaksi :

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

Persamaan :

$$\boldsymbol{A + B \leftrightarrow C + D} \qquad (\mathbf{1})$$

Dan persamaan kecepatan reaksinya :

$$-\frac{\boldsymbol{d(C_A)}}{\boldsymbol{dt}} = \boldsymbol{k1.C_A.C_B - k2.C_C.C_D} \qquad (\mathbf{2})$$

Jika methanol yang dipakai berlebihan, maka persamaan (2) dapat ditulis dengan :

$$-\frac{\boldsymbol{d(C_A)}}{\boldsymbol{dt}} = \boldsymbol{k.C_A} \qquad (\mathbf{3})$$

Dengan konversi asam, XA dibagian, dan konsentrasi awal asam CA0, kemudian persamaan (3) diintegralkan dengan batas XA = 0 pada t = t0 dan XA = XA dan t = t, maka diperoleh :

$$\boldsymbol{-ln\,(1 - X_A) = k\,(t - t_0)} \qquad (\mathbf{4})$$

Bila grafik hubungan – ln (1 – XA) dengan waktu membentuk garis lurus, maka alkoholisis minyak dari lemak sapi dapat dianggap berorde satu semu terhadap asam, nilai k dihitung Berdasarkan tangen arah.

Reaksi Asam :

1. **$C_{16}H_{32}O_2 + CH_3OH \rightarrow C_{17}H_{34}O_2 + H_2O$**

	$C_{16}H_{32}O_2$	CH_3OH	$C_{17}H_{34}O_2$	H_2O
mula-mula	4,931035343	83,09725613	0	0
reaksi	4,684483576	4,684483576	4,684483576	4,684483576
setimbang	0,246551767	78,41277255	4,684483576	4,684483576

2. **$C_{18}H_{36}O_2 + CH_3OH \rightarrow C_{19}H_{38}O_2 + H_2O$**

	$C_{18}H_{36}O_2$	CH_3OH	$C_{19}H_{38}O_2$	H_2O
mula-mula	4,444876929	78,41277255	0	0
reaksi	4,222633082	4,222633082	4,222633082	4,222633082
setimbang	0,222243846	74,19013947	4,222633082	4,222633082

3. **$C_{18}H_{34}O_2 + CH_3OH \rightarrow C_{19}H_{36}O_2 + H_2O$**

	$C_{18}H_{34}O_2$	CH_3OH	$C_{19}H_{36}O_2$	H_2O
mula-mula	4,476400879	74,19013947	0	0
reaksi	4,252580835	4,252580835	4,252580835	4,252580835
setimbang	0,223820044	69,93755863	4,252580835	4,252580835

D. Design Equation

1. Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

$$Fv = \frac{Massa\ Umpan}{\rho\ campuran}$$

= 10,6347 m3/jam

= 10634,7 liter/jam

2. Menghitung Konsentrasi

$$C_{A0} = \frac{mol\ A}{\sum Fv}$$

Total Umpan mula-mula C_{A0} = 0,1068 mol/m^3

$$C_{B0} = \frac{mol\ B}{\sum Fv}$$

Total Umpan mula-mula C_{b0} = 0,64102 mol/m^3

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

Total Umpan Konsentrasi Ca = 0,0053 mol/m^3

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

Total Umpan Konsentrasi Cb = 0,03205 mol/m^3

3. Menghitung Waktu Tinggal

$$r = \frac{X_A}{k.(1 - X_{A1}).(C_{B0} - C_{A0}.X_{A1})}$$

$r = 7200\ detik$

4. Menentukan Volume Reaktor

Fv*r = 23920,99 liter

= 23,92099 m^3

5. Menghitung Dimensi Reaktor

Perancangan reaktor dibuat dengan faktor keamanan sebesar 20%, sehingga volume reaktor menjadi :

Volume reaktor = 1,2 x 23,9299 m^3

Volume reaktor = 28,71 m^3

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

Ditetapkan : D=H

Dimana :

D = diameter reaktor

H = tinggi reaktor

Volume Head Torispherical = 0,000049 d3 Dipilih Perbandingan

D : H = 1 : 1,5 Sehingga:

V reaktor total = volume silinder + 2 Volume Head

Volume Head = 0,0173 m^3

V reaktor total = 28,7398 m^3

6. Menghitung Ketinggian Cairan dalam Reaktor

V cairan di shell = V shell – V bottom

V shell = 28,7052 m^3

V bottom = 0,00865 m^3

V cairan di shell = 28,6723 m^3

h cairan (h shell) = 3,3182 m

7. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

ts = Tebal shell (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = Allowable stress (18.750 psi)

ri = Jari-jari dalam storage (in)

E = Efisiensi pengelasan (80% (double welded butt joint))

C = faktor korosi (0,125 in)

Dari hasil perhitungan diperoleh tebal shell adalah 0,2267 in, sehingga tebal shell standar = 0,4375 in.

8. Perancangan Dimensi Head

t = tebal head, in

icr = inside corner radius, in

r = radius of dish, in

OD = outside diameter, in

ID = inside diameter, in. b = depth of dish, in

OA = overall dimension, in

sf = straight flange

Menghitung Tebal Head :

ts = 0,4375 in

icr = 14,4375 in

r = 180 in

OD = 240 in

ID = 130,6763 in

P = 23,3219 psi

th = 0,2266 in

sf = 2 in

b = 22,3881 in

Diperoleh dari persamaan-persamaan 13.10 Brownell and Young, 1959 Diperoleh nilai tebal head dan bottom dari perhitungan sebesar 0,2265 in, sehingga tebal head standar = 0,4375 in. Dari tabel 5.8 Brownell dengan tebal head 0,4375 in didapatkan sf = 2 in. Sehingga tinggi head yang diperoleh adalah

H head = sf + b + th = 24,6248 in, tinggi total reaktor = 2.H head + H shell = 6,2292 m.

9. Menghitung Dimensi Pengaduk

Jenis pengaduk yang digunakan adalah flat six blade turbine, impeller jenis ini digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental.

Dt	= 130,6763 m
Diameter Propeller (Da)	= Dt/3 = 1,1064 m
Panjang Propeller dari Dasar (E)	= Dt/3 = 1,1064 m
Lebar Baffle (L)	= Dt/12 = 11,0639 m
Tinggi cairan (H)	= 0,2837 m
Jumlah Baffle	= 4 buah
Jumlah pengaduk	= 1 buah

10. Jaket Pendingin

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in, (Kj/jam)	ΔH out, (Kj/jam)
Q1	1613412,22	
Q2		197278,6226
Qreaksi	345564,72	
Qpendingin		1761698,313
Total	1958976,94	1958976,935

Q in > Q out Reaktor sehingga diperlukan pendingin. Kebutuhan pendingin yang digunakan berupa water.

T_1 = 25 ˚C = 77 ˚F = 298,15 K

T_2 = 40 ˚C = 104 ˚F = 313,15 K

a. Sifat fisis air

Cp (kapasitas panas larutan)	= 2,07 Btu/lb. ˚F
ρ (densitas)	= 1004,91 kg/m^3 = 62,73 lb/ft^3
μ (viskositas)	= 2,7818 cP = 6,67 lb/ft.jam
k (konduktivitas)	= 0,3577 Btu/jam.ft. ˚F

b. Kebutuhan air pendingin

$$m = \frac{Q}{Cp.\Delta T}$$

m = 103611,4512 lb/jam

c. Menghitung LMTD

Perbedaan temperature logaritmik rata-rata adalah

Suhu fluida panas reaktor = 60 ˚C = 140 ˚F

Suhu fluida dingin masuk = 30 ˚C = 86 ˚F

Suhu fluida dingin keluar = 40 ˚C = 104 ˚F

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

$$\Delta T_{LMTD} = 44{,}3935\ °F$$

Berdasarkan Tabel 8 Hal. 840, Kern, nilai UD untuk fluida panas *heavy organic* dan fluida dingin water adalah :

Ud for Gas-Water : 50-125 Btu/hr.ft^2.F

Ud trial : 125 Btu/hr.ft^2.F

d. Heat Transfer Area

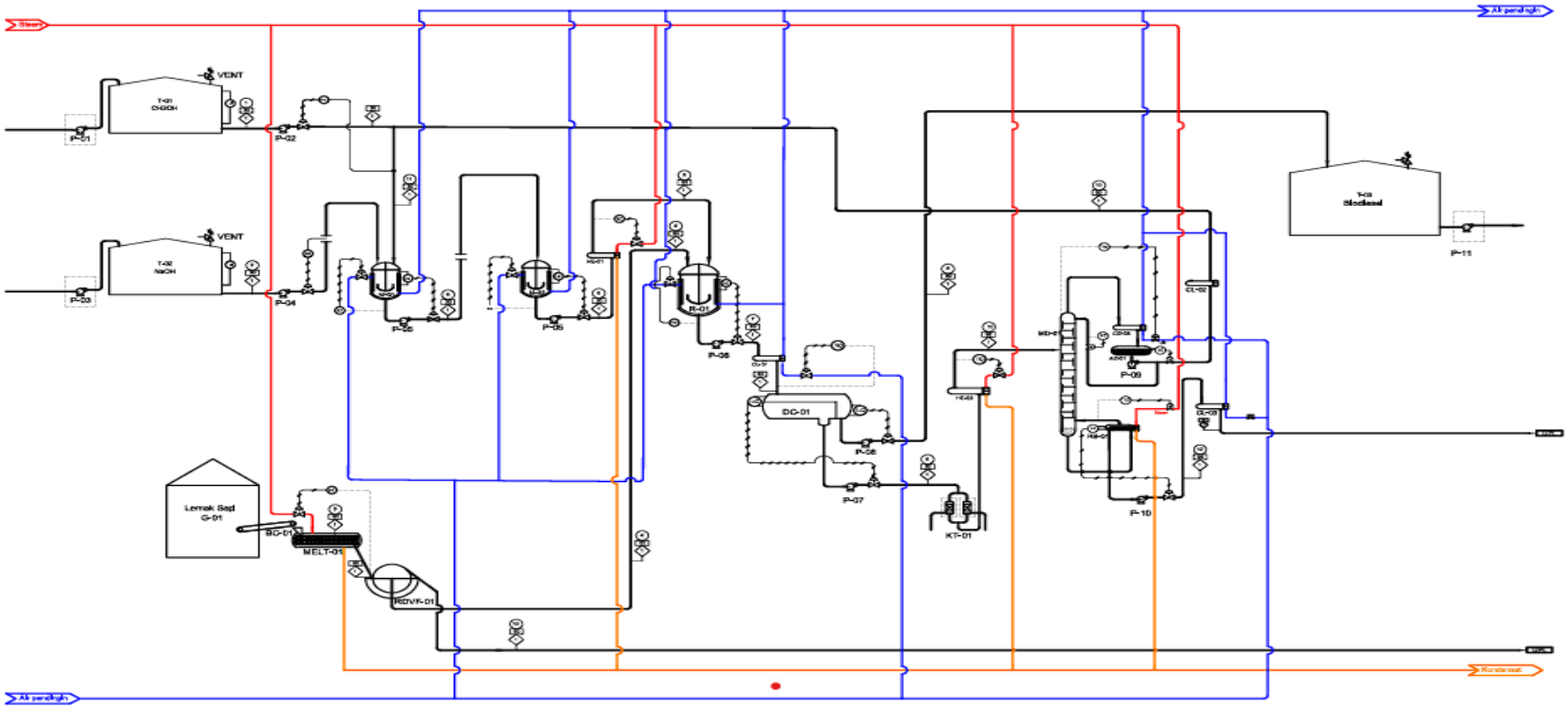
$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$= 335{,}6973\ ft^2$$

e. Jaket Pendingin

Reaktor 1					
Jaket Pendingin	Tinggi :	196,0144	in	4,978766	m
	Diameter :	240	in	6,096	m
	Luas selimut :	335,6972743	ft^2		

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LEMAK SAPI DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN



KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1	:	Laellindini Ardy Syahhertian
No. Mahasiswa 1	:	19521184
Nama Mahasiswa 2	:	Dian Pramuwardani
No. Mahasiswa 2	:	19521226
Judul Pra rancangan Pabrik	:	Pra Rancangan Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan	:	13 Maret 2023
Selesai Masa Bimbingan	:	13 September 2023

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	21 Maret 2023	Bimbingan awal	
2	28 Mei 2023	Bimbingan kapasitas pabrik	
3	13 Juli 2023	Bimbingan luaran 1 (kapasitas pabrik)	
4	9 Agustus 2023	Persetujuan Kapasitas Pabrik	
5	9 Agustus 2023	Bimbingan Pengendalian Proses	
6	14 Agustus 23	Bimbingan Diagram Kualitatif	
7	05 Sept 2023	Bimbingan Neraca Massa	
8	18 Oktober 23	Bimbingan Perancangan Reaktor	
9	27 November 2023	Bimbingan Reaktor dan Pengumpulan Luaran 1-5	
10	4 Januari 2024	Bimbingan Revisi Reaktor	
11			
12			
13			
14			
15			

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta,
Pembimbing,

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1	:	Laellindini Ardy Syahhertian
No. Mahasiswa 1	:	19521184
Nama Mahasiswa 2	:	Dian Pramuwardani
No. Mahasiswa 2	:	19521226
Judul Pra rancangan Pabrik	:	Pra Rancangan Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan	:	14 September 2023
Selesai Masa Bimbingan	:	13 Maret 2024

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	21 Maret 2023	Bimbingan awal	
2	28 Mei 2023	Bimbingan kapasitas pabrik	
3	13 Juli 2023	Bimbingan luaran 1 (kapasitas pabrik)	
4	9 Agustus 2023	Persetujuan Kapasitas Pabrik	
5	9 Agustus 2023	Bimbingan Pengendalian Proses	
6	14 Agustus 23	Bimbingan Diagram Kualitatif	
7	05 Sept 2023	Bimbingan Neraca Massa	
8	18 Oktober 23	Bimbingan Perancangan Reaktor	
9	27 November 2023	Bimbingan Reaktor dan Pengumpulan Luaran 1-5	
10	4 Januari 2024	Bimbingan Revisi Reaktor	
11	7 Mei 2024	Bimbingan Revisi PEFD	
12	15 Mei 2024	Bimbingan Revisi PEFD	
13	20 Mei 2024	Bimbingan Revisi PEFD	
14			
15			

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta,
Pembimbing,

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1	:	Laellindini Ardy Syahhertian
No. Mahasiswa 1	:	19521184
Nama Mahasiswa 2	:	Dian Pramuwardani
No. Mahasiswa 2	:	19521226
Judul Pra rancangan Pabrik	:	Pra Rancangan Pabrik Biodiesel dari Lemak Sapi Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan	:	14 Maret 2024
Selesai Masa Bimbingan	:	13 September 2024

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	3 April 2024	Revisi diagram alir dan reaktor	
2	15 April 2024	Bimbingan perancangan decanter	
3	22 April 2024	Bimbingan perancangan decanter	
4	5 Mei 2024	Bimbingan perancangan MD	
5	7 Mei 2024	Bimbingan perancangan MD	
6	15 Mei 2024	Bimbingan perancangan MD	
7	20 Mei 2024	Bimbingan perancangan MD	
8	20 Juni 2024	Bimbingan penambahan alat kation	
9	1 Juli 2024	Bimbingan pemisahan pengotor	
10	1 Agustus 2024	Bimbingan Utilitas	
11	20 Agustus 24	Pengumpulan PEFD	
12	12 September 2024	Bimbingan evaluasi ekonomi dan penulisan naskah	
13			
14			
15			

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta,
Pembimbing,

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