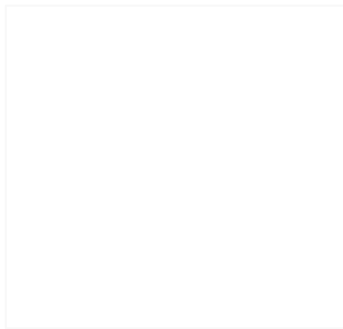


TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK
JELANTAH DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1 Teknik Kimia
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap



Azizah Amaliah Adin
24DM80005

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI
CILACAP
2026

PERNYATAAN ORISINILITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Azizah Amaliah Adin

NIM : 24DM80005

Fakultas/Prodi : Fakultas Teknologi Industri/Teknik Kimia

Tahun 2026

Judul Skripsi : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah
dengan Metode Proses Transesterifikasi

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini benar-benar orisinal/asli dibuat oleh saya sendiri, tidak ada pihak lain yang membuat laporan ini, tidak ada unsur plagiat kecuali pada bagian-bagian yang disebutkan rujukannya. Jika suatu hari ditemukan adanya indikasi dibuat oleh pihak lain atau plagiat, maka saya bersedia menerima konsekuensi dari institusi.

Demikian surat pernyataan ini di buat dengan penuh kesadaran tanpa ada paksaan.



Cilacap, 25 Juni 2026

Penulis

Azizah Amaliah Adin

NIM. 24DM80005

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai Civitas Akademik Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Azizah Amaliah Adin
NIM : 24DM80005
Program Studi : Teknik Kimia
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul “Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Proses Transesterifikasi” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Adanya Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini di Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap berhak menyimpan, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada unsur paksa dari pihak lain.

Cilacap, 25 Juni 2026
Penulis



Azizah Amaliah Adin
NIM. 24DM80005

PENGESAHAN

Tugas Akhir Saudara :

Nama : Azizah Amaliah Adin
NIM : 24DM80005
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Proses Transesterifikasi

Telah disidang Tugas Akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap pada hari/tanggal :

Jum'at, 22 Mei 2026

Dan dapat diterima sebagai pemenuhan tugas akhir mahasiswa Program Strata 1 (S-1) Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.

Mengetahui,

Penguji 1



Siti Khuzaimah, M.Pd., M.T.
NIDN. 0622078605

Penguji 2



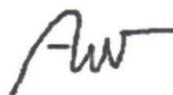
Dini Novi Rohmah, S.Pd., M.Sc.
NIDN. 0611119401

Pembimbing 1 / Ketua Sidang



Ichya Musyafizur Ziqri, S.Pd., M.Si. C. EIA
NIDN. 0603089201

Pembimbing 2 / Sekretaris Sidang



Arnesya Ramadhani, M.T.
NIDN. 0627019601

Cilacap, 30 Juni 2026

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi Industri



Christian Soolany, S.TP., M.Si
NIDN. 0627128801

NOTA PEMBIMBING

Hal : Naskah Tugas Akhir Azizah Amaliah Adin

Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali
Di –
Cilacap

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, mengoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka konsultan berpendapat bahwa Tugas Akhir saudara:

Nama : Azizah Amaliah Adin
NIM : 24DM80005
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknologi Industri / Teknik Kimia
Judul Tugas Akhir : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Proses Transesterifikasi

Telah dapat diajukan kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu (S-1)

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilacap, 25 Juni 2026

Pembimbing



Ichya Musytafizur Ziqri, S.Pd., M.Si. C. EIA
NIDN. 0603089201

NOTA KONSULTAN

Hal : Naskah Tugas Akhir Azizah Amaliah Adin

Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali
Di –
Cilacap

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, mengkoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka konsultan berpendapat bahwa Tugas Akhir saudara:

Nama : Azizah Amaliah Adin
NIM : 24DM80005
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknologi Industri / Teknik Kimia
Judul Tugas Akhir : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah
dengan Metode Proses Transesterifikasi

Telah dapat diajukan kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu (S-1)

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilacap, 25 Juni 2026

Pembimbing



Siti Khuzaimah, M.Pd., M.T.
NIDN. 0622078605

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Proses Transesterifikasi”. Tidak lupa pula segala bentuk dukungan yang telah diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, izinkan penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Christian Soolany, S.TP., M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.
2. Ibu Arnesya Ramadhani, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap serta selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ichya Musytafizur Ziqri, S.Pd., M.Si. C. EIA selaku Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Siti Khuzaimah, M.Pd., M.T. dan Ibu Dini Novi Rohmah, S.Pd., M.Sc. selaku Penguji yang telah memberikan saran, kritik membangun dan perbaikan terhadap tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Teknologi Industri yang telah memberikan ilmu serta bantuan selama masa perkuliahan.
6. Ibu Adriyani selaku partner yang telah berkenan menyelesaikan tugas akhir ini bersama penulis.
7. Rekan-rekan penulis, terutama untuk rekan Prodi Teknik Kimia maupun dari rekan-rekan dilingkungan penulis, terimakasih karena senantiasa menjadi rekan yang baik dan senantiasa memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Orang tua dan adik yang telah mendoakan serta memberikan dukungan agar semuanya dapat berjalan dengan lancar.

9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan yang sifatnya membangun demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Kimia.

Cilacap, 25 Juni 2026

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Amu' with a stylized flourish at the end.

Azizah Amaliah Adin

ABSTRAK

Kebutuhan energi di Indonesia masih didominasi oleh bahan bakar fosil dengan ketergantungan lebih dari 85% terhadap minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Kondisi ini menimbulkan tantangan serius berupa ketahanan energi dan dampak lingkungan akibat emisi gas rumah kaca. Pemerintah telah menetapkan kebijakan transisi energi melalui program mandatori B40, yaitu pencampuran biodiesel sebesar 40% dalam bahan bakar solar mulai tahun 2025. Namun, produksi biodiesel nasional masih bertumpu pada *Crude Palm Oil* (CPO) yang menimbulkan isu persaingan pangan dan deforestasi. Studi ini merancang pabrik biodiesel berbasis minyak jelantah sebagai bahan baku alternatif yang murah, melimpah, dan ramah lingkungan. Proses produksi dilakukan melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan metanol dengan katalis basa (NaOH), menghasilkan biodiesel (metil ester) dan gliserol sebagai produk samping. Analisis komparatif menunjukkan metode transesterifikasi memiliki skor kelayakan lebih tinggi (4,35) dibandingkan esterifikasi (3,85). Berdasarkan proyeksi kebutuhan energi tahun 2030, kapasitas pabrik yang dirancang ditetapkan sebesar 350.000 ton/tahun. Lokasi pabrik yang terpilih adalah Kabupaten Gresik, yang ditentukan berdasarkan ketersediaan bahan baku, akses distribusi pelabuhan, serta faktor pendukung ekonomi dan lingkungan. Perhitungan evaluasi pabrik menghasilkan *Nilai Return on Investment* (ROI) sebesar 34% sebelum pajak dan 24% setelah pajak. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,30 tahun dan setelah pajak 3 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 33,32%. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik Biodiesel ini layak didirikan untuk mengurangi ketergantungan impor solar, mendukung kebijakan energi terbarukan, mengurangi pencemaran lingkungan, serta menciptakan lapangan kerja baru.

Kata kunci: Biodiesel, Minyak jelantah, Transesterifikasi, Energi terbarukan, B40

ABSTRACT

Indonesia's energy needs are still dominated by fossil fuels, with a dependence of more than 85% on petroleum, natural gas, and coal. This condition poses serious challenges in the form of energy security and environmental impacts due to greenhouse gas emissions. The government has established an energy transition policy through the mandatory B40 program, namely a 40% biodiesel blend in diesel fuel starting in 2025. However, national biodiesel production still relies on Crude Palm Oil (CPO), which raises issues of food competition and deforestation. This study designs a biodiesel plant based on used cooking oil as an alternative raw material that is cheap, abundant, and environmentally friendly. The production process is carried out through a transesterification reaction between triglycerides and methanol with a base catalyst (NaOH), producing biodiesel (methyl ester) and glycerol as a byproduct. Comparative analysis shows that the transesterification method has a higher feasibility score (4.35) than esterification (3.85). Based on the projected energy needs in 2030, the designed plant capacity is set at 350,000 tons/year. The selected factory location is Gresik Regency, which was determined based on the availability of raw materials, port distribution access, as well as economic and environmental supporting factors. The factory evaluation calculation resulted in a Return on Investment (ROI) of 34% before tax and 24% after tax. The Pay Out Time (POT) before tax is 2.30 years and after tax is 3 years. The Break-Even Point (BEP) is 33.32%. Based on the economic evaluation calculation, it can be concluded that the establishment of this Biodiesel factory is feasible to reduce dependence on imported diesel, support renewable energy policies, reduce environmental pollution, and create new jobs.

Keywords: Biodiesel, Used cooking oil, Transesterification, Renewable energy, B40.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
PENGESAHAN	iv
NOTA PEMBIMBING	v
NOTA KONSULTAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Tinjauan Pustaka	4
1.3.1 Minyak Jelantah	4
1.3.2 Biodiesel.....	6
1.3.3 Metode Pembuatan Biodiesel.....	11
1.4 Pemilihan Metode Pembuatan Biodiesel	14
1.5 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik.....	16
1.5.1 Ketersediaan Bahan Baku	16
1.5.2 Analisa Permintaan Pasar.....	17
1.5.3 Analisa Regulasi dan Kebijakan Pemerintah	22
1.6 Pemilihan Lokasi Pabrik	22
1.6.1 Faktor Utama	22
1.6.2 Faktor Pendukung	28
1.6.3 Perbandingan Lokasi Pabrik	31
BAB II.....	33
URAIAN PROSES.....	33

2.1	Deskripsi Proses.....	33
2.1.1	Proses Awal - Persiapan Bahan Baku.....	33
2.1.2	Proses Utama - Pembentukan Produk Melalui Reaksi Transesterifikasi	34
2.1.3	Proses Akhir - Pemurnian Produk Akhir.....	34
BAB III.....		36
SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK		36
3.1	Spesifikasi Bahan Baku	36
3.1.1	Minyak Jelantah	36
3.1.2	Metanol	36
3.1.3	Natrium Hidroksida.....	37
3.2	Spesifikasi Produk	37
3.2.1	Biodiesel.....	37
3.2.2	Gliserol.....	38
BAB IV		39
DIAGRAM ALIR.....		39
4.1	PEFD (Process Engineering Flow Diagram.....	39
4.2	Diagram Alir Kualitatif.....	40
BAB V.....		41
NERACA MASSA		41
5.1	Neraca Massa pada Mixer (M-01)	42
5.2	Neraca Massa pada Heater (HE-01).....	42
5.3	Neraca Massa pada Reaktor Transesterifikasi (R-01).....	43
5.4	Neraca Massa pada Decanter (DC-01).....	43
5.5	Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-01).....	44
5.6	Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-02).....	45
BAB VI.....		46
NERACA PANAS.....		46
6.1	Neraca Massa pada Heater (HE-01).....	46
6.2	Neraca Massa pada Heater (HE-02).....	47
6.3	Neraca Massa pada Reaktor Transesterifikasi (R-01).....	47
6.4	Neraca Massa pada Decanter (DC-01).....	48
6.5	Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-01).....	48

6.6	Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-02)	49
BAB VII		51
SPESIFIKASI ALAT		51
7.1	Tangki Penyimpanan	51
7.2	Reaktor Transesterifikasi	52
7.3	Decanter.....	52
7.4	Menara Distilasi.....	53
BAB VIII.....		54
UTILITAS		54
8.1	Unit Penyediaan Air dan Pengolahan Air	54
8.1.1	Unit Penyediaan Air.....	54
8.1.2	Unit Pengolahan Air	56
8.1.3	Kebutuhan Air.....	61
8.2	Unit Pengadaan Steam.....	63
8.3	Unit Pengadaan Tenaga Listrik.....	64
8.4	Unit Penyediaan Udara Instrumen.....	65
8.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar	65
BAB IX		66
LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK		66
9.1	Peta Lokasi Pabrik.....	66
9.2	Tata Letak Pabrik (Layout).....	66
BAB X.....		71
ORGANISASI PERUSAHAAN		71
10.1	Bentuk Perusahaan	71
10.2	Struktur Organisasi Perusahaan	71
10.3	Deskripsi Struktur Organisasi.....	74
10.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	77
10.5	Status Karyawan dan Sistem Upah.....	79
BAB XI		82
EVALUASI EKONOMI.....		82
11.1	Penaksiran Harga Alat	83
11.2	Harga Tanah	87

11.3	Harga Bangunan	87
11.4	Harga Bahan Baku Proses	87
11.5	Gaji Karyawan.....	88
11.6	Harga Produk.....	88
11.7	Penentuan Investasi Total.....	88
11.8	Biaya Pembuatan Pabrik.....	90
11.9	Modal Kerja (<i>Working Capital</i>)	91
11.10	Biaya Pengeluaran Umum (<i>General Expenses</i>)	92
11.11	Biaya Produksi (<i>Production Cost</i>).....	92
11.12	Analisis Keuntungan.....	92
11.13	<i>Return On Investment</i> (ROI)	93
11.14	<i>Pay Of Time</i> (POT).....	93
11.15	<i>Break Event Point</i> (BEP).....	94
11.16	<i>Shut Down Point</i> (SDP).....	95
BAB XII		96
KESIMPULAN		96
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA		100
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA PANAS		110
LAMPIRAN A PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT.....		119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bauran Energi Primer Tahun 2022.....	1
Gambar 1.2	Minyak Jelantah.....	4
Gambar 1.3	Biodiesel	6
Gambar 1.4	Grafik Kebutuhan Impor Solar	18
Gambar 1.5	Grafik Produksi Solar di Indonesia.....	19
Gambar 1.6	Grafik Konsumsi Solar di Indonesia.....	21
Gambar 1.7	Peta Lokasi Wilayah Bogor	30
Gambar 1.8	Peta Lokasi Wilayah Gresik.....	30
Gambar 4.1	<i>Process Engineering Flow Diagram</i>	39
Gambar 4.2	Diagram Alir Kualitatif Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah	40
Gambar 8.1	Diagram Alir Pengolahan Air	56
Gambar 9.1	Peta Lokasi Pabrik di Gresik	66
Gambar 9.2	<i>Layout</i> Pabrik Biodiesel.....	70
Gambar 10.1	Struktur Organisasi Perusahaan	73
Gambar 11.1	Grafik Indeks Harga Alat	83
Gambar 11.2	Grafik <i>Break Event Point</i> (BEP).....	95

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data Perkembangan Impor Solar di Indonesia	1
Tabel 1.2	Konsumsi Minyak Goreng Sawit dalam Rumah Tangga di Indonesia.....	6
Tabel 1.3	Standar dan mutu (spesifikasi bahan bakar nabati jenis biodiesel (B100) untuk campuran dengan bahan bakar minyak jenis minyak solar maksimal sebesar 40% - volume	7
Tabel 1.4	Badan Usaha Pemasok Biodiesel dari Crude Palm Oil di Indonesia.....	9
Tabel 1.5	Badan Usaha Pemasok Biodiesel dari Minyak Jelantah di Indonesia.....	10
Tabel 1.6	Perbandingan metode dalam memproduksi biodiesel	14
Tabel 1.7	Pembobotan Pemilihan Proses Produksi Biodiesel	15
Tabel 1.8	Data Perkembangan Impor Solar di Indonesia	17
Tabel 1.9	Data Perkembangan Produksi Solar di Indonesia.....	18
Tabel 1.10	Data Perkembangan Ekspor Solar di Indonesia.....	20
Tabel 1.11	Data Perkembangan Konsumsi Solar di Indonesia.....	20
Tabel 1.12	Perbandingan Faktor Iklim dan Geografi Lokal.....	27
Tabel 1.13	Pembobotan Pemilihan Lokasi Pembangunan Pabrik Biodiesel	31
Tabel 5.1	Neraca Massa pada Mixer (M-01).....	42
Tabel 5.2	Neraca Massa pada Heater (HE-01)	42
Tabel 5.3	Neraca Massa pada Reaktor Transesterifikasi (R-01)	43
Tabel 5.4	Neraca Massa pada Decanter (DC-01)	44
Tabel 5.5	Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-01)	44
Tabel 5.6	Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-02)	45
Tabel 6.1	<i>Data Heat Capacity</i>	46
Tabel 6.2	Neraca Panas pada Heater (HE-01)	47
Tabel 6.3	Neraca Panas pada Heater (HE-02).....	47
Tabel 6.4	Neraca Panas pada Reaktor Transesterifikasi (R-01)	48
Tabel 6.5	Neraca Panas pada Decanter (D-01).....	48
Tabel 6.6	Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-01)	49
Tabel 6.7	Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-02)	50
Tabel 8.1	Kebutuhan Air Steam.....	61

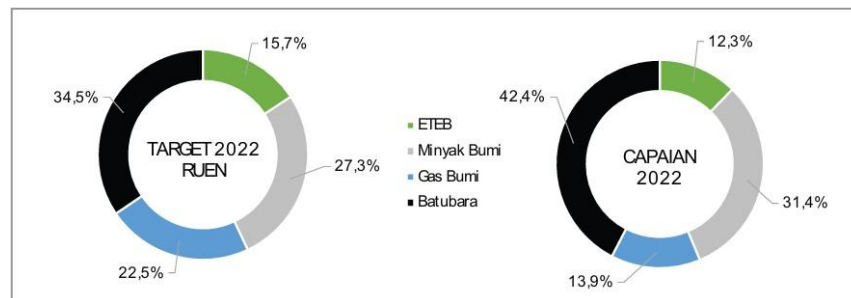
Tabel 8.2	Kebutuhan Air Pendingin	61
Tabel 9.1	Luas Tanah dan Bangunan.....	68
Tabel 10.1	Pembagian Waktu Kerja untuk <i>Non-Shift</i>	78
Tabel 10.2	Pengaturan Jadwal Kerja Grup	78
Tabel 10.3	Gaji Karyawan.....	79
Tabel 11.1	Indeks Harga.....	83
Tabel 11.2	Perkiraan Harga Alat Proses	84
Tabel 11.3	Perkiraan Harga Kebutuhan Utilitas.....	85
Tabel 11.4	Harga Bahan Baku Proses	87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan signifikan seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan perkembangan sektor industri. Hingga saat ini, sumber energi primer nasional masih didominasi oleh bahan bakar fosil yang tidak terbarukan, seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Ketergantungan pada energi fosil masih berada di atas 85% dari total bauran energi nasional. Ketergantungan yang tinggi ini menimbulkan berbagai tantangan strategis, mulai dari isu ketahanan energi akibat fluktuasi harga minyak dunia hingga dampak lingkungan yang serius berupa emisi gas rumah kaca yang menjadi pemicu utama perubahan iklim (DEN, 2023).



Gambar I.1 Bauran Energi Primer Tahun 2022 (DEN, 2023)

Kebutuhan solar di Indonesia terus mengalami peningkatan berdasarkan data impor solar yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2019 sampai tahun 2023.

Tabel 1.1 Data Perkembangan Impor Solar di Indonesia

Tahun	Impor (kl/tahun)
2019	3.872.804
2020	3.181.936
2021	3.189.951
2022	5.270.481
2023	5.145.275
2024	8.137.043

(Sumber: ESDM, 2024)

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, Indonesia mengimpor solar dari beberapa negara seperti Singapura, Malaysia dan Uni Emirat Arab. Tanggapan terhadap kondisi tersebut, pemerintah Indonesia telah menetapkan komitmen untuk transisi menuju energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Komitmen ini tertuang dalam Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), yang menargetkan porsi Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam bauran energi nasional mencapai 23% pada tahun 2025. Salah satu program andalan untuk mencapai target tersebut di sektor transportasi adalah melalui pemanfaatan biodiesel. Oleh karena itu, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada siaran pers No. 001.Pers/04/SJI/2025 menetapkan bahwa penerapan bahan bakar minyak (BBM) jenis solar dengan campuran bahan bakar nabati biodiesel berbasis minyak sawit sebesar 40 persen atau B40 mulai 1 Januari 2025 (Kementerian ESDM, 2025).

Solar merupakan sumber energi tidak terbarukan yang banyak digunakan sebagai bahan bakar utama pada kendaraan bermesin diesel. Solar dihasilkan dari hasil pengolahan minyak bumi melalui tahapan pemisahan, konversi, dan pemurnian. (Hidayat dkk., 2017). Hubungan antara solar dan biodiesel sangat erat karena biodiesel memiliki sifat fisis yang sama dengan minyak solar, sehingga sangat kompatibel untuk diaplikasikan sebagai bahan bakar alternatif pada kendaraan bermesin diesel (Setyadi & Wibowo, 2015). Oleh karena itu, pemanfaatan biodiesel menjadi substitusi solar merupakan langkah krusial untuk menekan laju konsumsi solar sekaligus mengurangi ketergantungan negara terhadap impor solar.

Produksi biodiesel skala besar di Indonesia saat ini masih bertumpu pada minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil*) sebagai bahan baku utama (BPDPKS, 2024). Penggunaan *Crude Palm Oil* (CPO) memicu isu persaingan antara kebutuhan untuk pangan dan energi serta isu deforestasi yang meningkat (Fathullah dkk., 2025). Dalam mengatasi tantangan tersebut, pengembangan biodiesel generasi kedua yang memanfaatkan bahan baku non-pangan, terutama limbah menjadi sangat mendesak (Tripatra, 2024). Minyak jelantah merupakan

salah satu bahan baku limbah yang paling potensial di Indonesia (Suryatini & Milati, 2023).

Minyak jelantah merupakan limbah dari sisa penggorengan skala rumah tangga, restoran, maupun industri makanan (Nisa, 2021). Minyak jelantah atau *waste cooking oil* ini sangat bersifat karsiogenik (Sutanto dkk., 2021). Apabila dibuang langsung ke lingkungan, minyak jelantah dapat menyebabkan pencemaran serius pada tanah dan badan air, menyumbat saluran drainase, serta merusak ekosistem perairan (Greenia, 2025). Data dari Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI) pada tahun 2022 memperkirakan potensi minyak jelantah yang dihasilkan di seluruh Indonesia dapat mencapai lebih dari 3 juta kiloliter per tahun, namun tingkat pengumpulannya untuk diolah kembali masih sangat rendah. Studi pada 2022, minyak jelantah yang diproduksi rumah tangga dan unit usaha mikro secara nasional mencapai 1,23 juta kiloliter per tahun (Laia, 2024). Kementerian ESDM menyampaikan bahwa salah satu tantangan terbesar penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biofuel adalah jaminan pasokan ketersediaannya karena belum ada standar terkait batas pemakaian minyak goreng sampai menjadi minyak jelantah (Diamond, 2024).

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel tidak hanya memberikan solusi pengelolaan limbah yang efektif, tetapi juga menawarkan bahan baku berbiaya rendah dan mendukung prinsip ekonomi sirkular. Proses produksi biodiesel dari minyak jelantah dapat dilakukan melalui berbagai metode, di antaranya adalah proses transesterifikasi. Transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan metil ester serta katalis natrium hidroksida. Reaksi ini menghasilkan gliserol sebagai hasil samping ('Ammar & Ramadhan, 2021). Proses ini dipilih karena terbukti secara komersial memiliki efisiensi konversi yang tinggi di atas 99.5% (Saru, 2022).

Berdasarkan latar belakang diatas, terdapat peluang besar untuk mengembangkan industri biodiesel berbasis limbah di Indonesia. Pendirian pabrik biodiesel dari minyak jelantah akan selaras dengan kebijakan pemerintah dalam meningkatkan bauran Energi Baru Terbarukan (EBT), mengatasi masalah

lingkungan akibat limbah B3 domestik, dan mengurangi ketergantungan pada bahan baku *Crude Palm Oil* (CPO).

1.2 Tujuan

Tujuan Pendirian Pabrik Biodiesel dengan bahan baku minyak jelantah ini adalah sebagai berikut :

1. Memanfaatkan limbah minyak jelantah menjadi biodiesel untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar solar.
2. Mendukung program pemerintah B40 bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan dari minyak nabati.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Minyak Jelantah



Gambar I.2 Minyak Jelantah

Minyak Jelantah (*waste cooking oil*) adalah golongan minyak nabati limbah yang berasal dari berbagai jenis minyak goreng, seperti minyak sayur, minyak jagung, minyak samin dan sebagainya. Minyak jelantah merupakan minyak bekas pemakaian rumah tangga atau telah diambil manfaatnya dari proses memasak, biasanya sudah berwarna coklat, mengental dan mengandung asam lemak bebas yang tinggi. Minyak jelantah mengandung berbagai senyawa karsinogenik yang berbahaya bagi tubuh. Oleh karena itu, minyak jelantah sudah tidak dapat

dimanfaatkan untuk proses memasak yang pada akhirnya menjadi limbah untuk dibuang. Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki asam lemak yang tinggi (Nafiah & Fauziah, 2020).

Menurut (Amin & Septiana, 2023), jenis minyak nabati yang paling efektif dan efisien untuk dijadikan bahan baku biodiesel adalah minyak goreng bekas atau minyak jelantah. Alasan utama pengolahan biodiesel dari minyak jelantah, antara lain :

1. Cara paling efektif untuk menurunkan biaya produksi biodiesel, karena berasal dari limbah rumah tangga atau industri dan murah.
2. Pembuangan minyak jelantah secara langsung ke lingkungan dapat mencemari lingkungan khususnya pencemaran air karena dapat menaikkan 6 kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biology Oxygen Demand* (BOD).
3. Data statistik menunjukkan peningkatan produksi minyak goreng antara 28% setiap tahunnya.

Limbah minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dapat dikumpulkan dari beberapa sumber yaitu rumah tangga, restoran, hotel dan industri pengolahan makanan. Jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan rumah tangga sebanyak 305 ribu ton, jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan dari industri pengolahan makanan adalah sebanyak 2 juta ton dan jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan dari penggunaan minyak goreng oleh hotel dan restoran adalah sebanyak 1.5 juta ton. Total jumlah limbah minyak jelantah yang tersedia dari berbagai pihak yang menggunakan minyak goreng adalah sebanyak 3.8 juta ton per tahun. Dengan kondisi seperti ini, pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan saat ini (Amin & Septiana, 2023). Secara nasional, berikut data konsumsi minyak goreng rumah tangga di Indonesia pada tahun 2019 sampai 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Konsumsi Minyak Goreng Sawit dalam Rumah Tangga di Indonesia

No.	Tahun	Konsumsi (Kg/kapita/tahun)
1.	2019	9,921
2.	2020	10,270
3.	2021	11,050
4.	2022	10,652
5.	2023	10,750
6.	2024	11,010

Sumber : (Kementan, 2024)

Data konsumsi minyak goreng sawit dalam rumah tangga Indonesia periode 2019–2024 menunjukkan tren yang meningkat. Berdasarkan Traction Energy Asia (2023) dan Indonesia *Palm Oil Strategic Studies* (2023), sekitar 20–25% dari total konsumsi minyak goreng berpotensi menjadi minyak jelantah (*used cooking oil*). Dengan asumsi tersebut, estimasi minyak jelantah per kapita mencapai 2,1–2,7 kg/kapita/tahun.

1.3.2 Biodiesel



Gambar I.3 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar yang berupa ester mono alkil atau methyl ester yang diturunkan dari rantai panjang yang diturunkan dari minyak nabati atau lemak hewani. Ester mono alkil merupakan produk reaksi alkohol rantai lurus seperti metanol dan etanol, dengan asam lemak atau minyak (triolein) membentuk

gliserol dan ester dari asam lemak rantai panjang. Biodiesel memiliki sifat fisis yang sama dengan minyak solar sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermesin diesel (Nafiah & Fauziah, 2020). Menurut (Kharimah & Putri, 2024) biodiesel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan solar yaitu:

- a. Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur, smoke number* rendah).
- b. *Renewable energy* karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbaharui.
- c. *Cetane number* lebih tinggi sebesar (>57) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik dibandingkan dengan minyak kasar.
- d. Biodiesel dapat terurai (*biodegradable*) dan memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin.
- e. Meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal.
- f. Viskositas tinggi sehingga mempunyai sifat pelumasan yang lebih baik daripada solar sehingga memperpanjang umur pakai mesin.

Selain itu, biodiesel memiliki sifat pelumasan yang sangat baik, lebih baik daripada bahan bakar diesel konvensional, sehingga dapat memperpanjang masa pakai mesin. Kekurangan dari biodiesel karena saat ini sebagian besar biodiesel diproduksi dari jagung dan tumbuhan pokok lainnya yang berpotensi menyebabkan berkurangnya sumber pangan dan bahkan meningkatnya harga pangan (Nafiah & Fauziah, 2020). Berikut Standar Nasional Mutu Biodiesel Indonesia berdasarkan SNI 7182 – 2024.

Tabel 1.3 Standar dan mutu (spesifikasi bahan bakar nabati jenis biodiesel (B100) untuk campuran dengan bahan bakar minyak jenis minyak solar maksimal sebesar 40% - volume

No.	Parameter uji	Satuan	Persyaratan	
			Minimum	Maksimum
1	Massa jenis (pada temperature 40°C)	kg/m ³	850	890

No.	Parameter uji	Satuan	Persyaratan	
			Minimum	Maksimum
2	Viskositas kinematik (pada 40°C)	mm ² /s (cSt)	2,3	6,0
3	Angka setana		51	-
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	130	-
5	Korosi bilah tembaga (3 jam pada 50°C)		nomor 1	
6	Residu karbon - Dalam percontoh asli atau - Dalam 10% ampas distilasi	% - massa	-	0,05
			-	0,30
7	Temperatur distilasi 90%	°C	-	360
8	Abu tersulfatkan	% - massa	-	0,02
9	Sulfur	mg/kg	-	10
10	Fosfor	mg/kg	-	4
11	Angka asam	mg-KOH/g	-	0,4
12	Gliserol bebas	% - massa	-	0,02
13	Gliserol total	% - massa	-	0,24
14	Kadar ester metil	% - massa	96,5	-
15	Angka iodium	% - massa (g-I ₂ /100g)	-	115
16	Kestabilan oksidasi <i>Accelerated Method</i> atau <i>Rapid Small Scale Oxidation Test</i> (RSSOT)	menit	720	-
			54	-
17	Monogliserida	% - massa	-	0,500
18	Warna	ASTM Color	-	3
19	Kandungan air	mg/kg	-	340
20	<i>Cold Filter Plugging Point</i> (CFPP)	°C	-	15
21	Logam I (Na + K)	mg/kg	-	5,00

No.	Parameter uji	Satuan	Persyaratan	
			Minimum	Maksimum
22	Logam II (Ca + Mg)	mg/kg	-	5,00
23	Total kontaminan	mg/L	-	20,0

Diharapkan dengan pemakaian biodiesel, pengurangan pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor (khususnya dari mesin diesel) tidak berbanding lurus dengan pengurangan kinerja tenaga mesin diesel itu sendiri. Maka dari itu, dengan memperhatikan parameter-parameter spesifikasi tersebut diharapkan biodiesel dapat selalu *on specification*, sehingga menjadikan biodiesel bagian dari solusi transformasi energi bersih dan ramah lingkungan di Indonesia. Berdasarkan data APROBI perusahaan biodiesel sebagai berikut :

Tabel 1.4 Badan Usaha Pemasok Biodiesel dari Crude Palm Oil di Indonesia

No.	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (kL)	Sumber
1.	PT. Musim Mas	Sumatera Utara	459.770	Website APROBI
2.	PT. Permata Hijau Palm Oleo	Sumatera Utara	417.214	Website APROBI
3.	PT. Padang Raya Cakrawala	Sumatera Barat	4113.793	Website APROBI
4.	PT Sari Dumai Oleo	Riau	413.793	Website APROBI
5.	PT. Intibenua Perkasatama	Riau	442.529	Website APROBI
6.	PT. Ciliandra Perkasa	Riau	287.356	Website APROBI
7.	PT. Pelita Agung Agrindustri	Riau	229.885	Website APROBI
8.	PT. Pelita Agung Agrindustri	Riau	568.966	Website APROBI
9	PT. Sari Dumai Sejati	Riau	689.655	Website APROBI
10.	PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	Riau	1.603.448	Website APROBI
11.	PT. LDC Indonesia	Lampung	482.759	Website APROBI
12.	PT. Tunas Baru Lampung	Lampung	1.005.747	Website APROBI

No.	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (kL)	Sumber
13.	PT. Musim Mas	Kepulauan Riau	896.552	Website APROBI
14.	PT. Multimas Nabati Asahan	Banten	568.966	Website APROBI
15.	PT. Sinarmas Bio Energy	Jawa Barat	455.400	Website APROBI
16.	PT. Batara Elok Semesta Terpadu	Jawa Timur	780.459	Website APROBI
17.	PT. Wilmar Nabati Indonesia	Jawa Timur	2.250.000	Website APROBI
18.	PT. Eco Prima Energi	Jawa Timur	579.310	Website APROBI
19.	PT. SMART Tbk	Kalimantan Selatan	1.132.758	Website APROBI
20.	PT. Jhonlin Argo Raya	Kalimantan Selatan	568.966	Website APROBI
21.	PT. Sukajadi Sawit Mekar	Kalimantan Tengah	402.299	Website APROBI
22.	PT. Kutai Refinery Nusantara	Kalimantan Timur	1.143.247	Website APROBI
23.	PT. Energi Unggul Persada	Kalimantan Timur	1.403.448	Website APROBI
24.	PT. Energi Unggul Persada	Kalimantan Barat	910.345	Website APROBI
25.	PT. Multi Nabati Sulawesi	Sulawesi Utara	475.862	Website APROBI

Tabel 1.5 Badan Usaha Pemasok Biodiesel dari Minyak Jelantah di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
1.	PT Eternal Buana Chemical Industries	Tangerang	40.487	Website APROBI
2.	PT Indo Biofuel Energy	Cilegon	60.731	Website APROBI
3.	PT Anugrah Inti Gemarnusa	Gresik	40.487	Website APROBI
4.	PT Eterindo Nusa Graha	Gresik	40.487	Website APROBI
5.	PT Wilmar Bioenergi Indonesia	Medang Kampai, Dumai, Riau	1.395.000	Website APROBI

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
6.	PT Sumi Asih Oleochemical	Tambun	101.219	Website APROBI
7.	PT Dermex Biofuels	Bekasi Utara	151.828	Website APROBI
8.	PT Pelita Agung Agrindustri	Bengkalis	202.437	Website APROBI
9.	PT Musim Mas	Kepulauan Riau	1.180.000	Website APROBI
10.	PT Sintong Abadi	Asahan	30.821	Website APROBI
11.	PT Primanusa Palma Energi	Jakarta Utara	21.134	Website APROBI
12.	PT Multi Energi Nabati	Cikarang Barat	20.244	Website APROBI
13.	PT Cemerlang Energi Perkasa	Dumai	404.873	Website APROBI

1.3.3 Metode Pembuatan Biodiesel

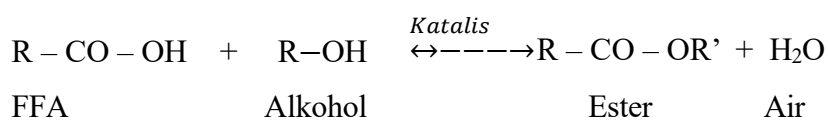
Biodiesel adalah bahan bakar yang berupa ester mono alkil atau methyl ester yang diturunkan dari rantai panjang yang diturunkan dari minyak nabati atau lemak hewani. Metode pembuatan biodiesel dari minyak dan lemak telah banyak diterapkan. Untuk memperoleh perancangan pabrik biodiesel yang optimal, perlu dilakukan seleksi dari macam-macam proses yang ada.

Berdasarkan pada teknik proses produksi biodiesel yang digunakan, terdapat dua macam proses produksi, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

1. Esterifikasi Asam Lemak

Esterifikasi adalah proses mereaksikan asam lemak dengan alkohol dengan bantuan katalis asam kuat untuk menghasilkan ester dan air. Esterifikasi bertujuan untuk mempercepat berlangsungnya reaksi yang perlu ditambahkan dengan katalis. Katalis - katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam seperti asam sulfat, asam klorida dan resin penukar kation asam kuat. Biodiesel dapat diproduksi dengan menggunakan metode esterifikasi yang mana asam lemak bebas direaksikan dengan alkohol menggunakan asam sebagai katalisator untuk membentuk suatu ester (Kharimah & Putri, 2024).

Minyak jelantah yang mengandung kadar asam lemak bebas (*free fatty acid* - FFA) tinggi dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas. Kadar FFA minyak jelantah diturunkan hingga 2% agar tidak menimbulkan penyabunan pada proses transesterifikasi. Reaksi ini dimulai dengan minyak jelantah yang mengandung FFA (*Free Fatty Acid*) dicampur dengan metanol dan dipanaskan sampai suhu reaksi. Campuran tersebut kemudian diumpan ke bagian esterifikasi dimana di dalamnya terdiri dari sebuah Reaktor Esterifikasi ('Ammar & Ramadhan, 2021). Reaksi esterifikasi dilakukan pada suhu 60°C selama 2 jam dan dilakukan pengadukan secara terus menerus untuk mempercepat reaksi dan agar seluruh katalis dapat bereaksi dengan reaktan (Saru, 2022). Reaksinya adalah sebagai berikut :



Proses Esterifikasi :

- pencampuran antara FFA dengan metanol karena $\text{FFA} > 2\%$
- reaksi esterifikasi pembentukan metil ester dari minyak jelantah dengan metanol adalah pada temperatur 60°C
- proses esterifikasi dilakukan secara kontinyu
- spesifikasi metanol 99,9 %
- menggunakan katalis asam sulfat
- tidak terjadi proses penyabunan, terbentuk air

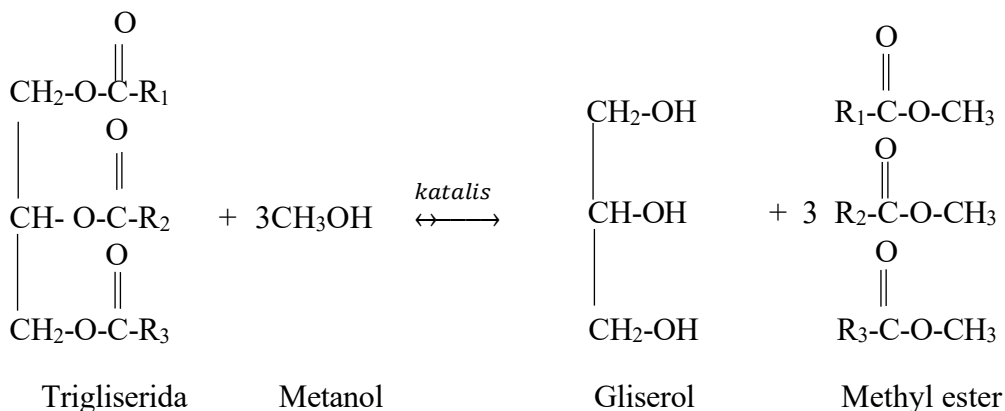
(‘Ammar & Ramadhan, 2021)

2. Transesterifikasi dari Trigliserida

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan metil ester serta katalis natrium hidroksida. Reaksi ini akan menghasilkan gliserol sebagai hasil samping ('Ammar & Ramadhan, 2021). Untuk memperoleh hasil maksimum dalam proses transesterifikasi maka alkohol yang digunakan harus bebas air dan kandungan asam lemak bebas dalam minyak kurang dari 1%. Adanya air dalam reaksi transesterifikasi akan menyebabkan

terjadinya hidrolisis. Dalam reaksi transesterifikasi, seringkali terjadi reaksi penyabunan yang tidak diinginkan. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kadar asam lemak bebas dan juga kadar air yang tinggi pada minyak jelantah. Untuk menghindari pembentukan sabun direkomendasikan bahan baku minyak yang mengandung asam lemak bebas kurang dari 0.5% berat saat menggunakan katalis basa (Al Ghifari & Samik, 2023).

Proses transesterifikasi dapat dilakukan dengan bantuan katalis. Biasanya dalam pembuatan biodiesel digunakan katalis homogen, dimana katalis tersebut larut dalam alkohol dan menghasilkan campuran alkil ester asam lemak dan gliserol. Katalis yang biasa digunakan berupa katalis basa (alkali) digunakan NaOCH_3 , KOH , dan NaOH . Proses transesterifikasi dengan katalis alkali, seperti natrium atau kalium hidroksida memberikan keuntungan tambahan, yaitu prosesnya dapat dioperasikan pada kondisi temperatur rendah (Saru, 2022). NaOH dipilih sebagai katalis dalam proses produksi biodiesel karena memiliki aktivitas katalitik yang tinggi, harga yang lebih ekonomis, serta ketersediaan yang lebih luas dibandingkan KOH (Knothe dkk., 2015). Reaksi transesterifikasi pada produksi biodiesel digambarkan sebagai berikut :



Proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalisa NaOH pada suhu 60°C selama 1 jam dengan perbandingan rasio minyak jelantah dan metanol Adalah 1:6.

1.4 Pemilihan Metode Pembuatan Biodiesel

Secara umum metode pembuatan biodiesel dibagi menjadi 2 metode, yaitu menggunakan metode esterifikasi dan metode transesterifikasi. Kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Tabel 1.6 Perbandingan metode dalam memproduksi biodiesel (Saru, 2022)

Kriteria	Esterifikasi	Transesterifikasi
Skala produksi	Pabrik/komersial	Pabrik/komersial
Temperatur	60°C	60°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Katalis	Katalis Asam (H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ , dan HCl)	Katalis Basa (NaOCH ₃ , NaOH, dan KOH)
Konversi	98%	99.5%
Kandungan FFA	>5%	<5%
Bahan baku	- Minyak (Trigliserida) - Steam (H₂O) - Metanol	- Minyak (Trigliserida) - Metanol
Produk samping	Air	Gliserin
Kelebihan	Proses lebih mudah dan lebih sederhana	- Konversi yang dihasilkan lebih tinggi dari proses esterifikasi. - Hasil samping berupa gliserin memiliki nilai jual. - Katalis basa lebih aman karena tingkat korosi lebih rendah.
Kekurangan	- Produk samping berupa air yang tidak bernilai	Katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan

	ekonomis. - Katalis asam lebih korosif dibandingkan katalis basa.	dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang
--	--	--

Berdasarkan tabel perbandingan metode pembuatan bioediesel diatas, terlihat kelebihan dan kekurangan masing-masing metode. Pemilihan metode produksi biodiesel memerlukan analisis komparatif berdasarkan sejumlah parameter kritis yang memengaruhi kelayakan teknis, efisiensi proses, biaya, dan keberlanjutan lingkungan. Metode pembobotan digunakan untuk memberikan nilai relatif terhadap pentingnya masing-masing parameter, sementara metode skoring digunakan untuk menilai performa masing-masing alternatif metode produksi terhadap parameter tersebut.

Bobot ditentukan berdasarkan tingkat pengaruh tiap parameter terhadap keberhasilan jangka panjang proses produksi biodiesel. Pemberian skor 1–5 dalam tabel pembobotan metode esterifikasi versus transesterifikasi sangat penting untuk menjelaskan mengapa suatu metode diberi skor tertentu pada tiap parameter. Skor ini merepresentasikan seberapa baik performa atau kesesuaian metode tersebut terhadap tiap parameter, berdasarkan data teknis, literatur ilmiah, dan logika industri.

Tabel 1.7 Pembobotan Pemilihan Proses Produksi Biodiesel

Parameter	Bobot (%)	SKOR (1-5)		Nilai (Bobot x Skor)	
		Esterifikasi	Trans-esterifikasi	Esterifikasi	Trans-esterifikasi
Ketersediaan Bahan Baku	35%	5	5	1.75	1.75
Konversi	20%	3	4	0.60	0.80
Pemakaian katalis	15%	3	4	0.45	0.60

Parameter	Bobot (%)	SKOR (1-5)		Nilai (Bobot x Skor)	
		Esterifikasi	Trans-esterifikasi	Esterifikasi	Trans-esterifikasi
Efisiensi proses	15%	4	3	0.60	0.45
Produk sampling	15%	3	5	0.45	0.75
Total skor	100	18	21	3.85	4.35

Berdasarkan total nilai tertimbang, metode transesterifikasi memiliki skor lebih tinggi (4.35) dibandingkan metode esterifikasi (3.85). Oleh karena itu, proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah lebih sesuai menggunakan metode transesterifikasi yang layak dan ekonomis dalam pengembangan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif.

1.5 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik biodiesel yang akan dibangun ada beberapa faktor yang dijadikan pertimbangan, antara lain :

1.5.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam memproduksi biodiesel adalah minyak jelantah dan metanol. Minyak jelantah diperoleh rumah tangga, industri makanan serta hotel dan restoran di kawasan industri Jawa Timur dan sekitarnya melalui jaringan pengumpul minyak jelantah (*used cooking oil/UCO*). Berdasarkan studi Traction Energy Asia tahun 2024, potensi minyak jelantah yang dapat dikumpulkan di Indonesia mencapai sekitar 933.200 kL per tahun, sedangkan potensi produksi nasional diperkirakan mencapai 1,2 juta kL per tahun. Bahan baku metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri yang berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur. Bahan baku natrium hidroksida diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang berlokasi di Banten.

1.5.2 Analisa Permintaan Pasar

Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk, salah satunya melalui data impor solar, data produksi solar dan data konsumsi solar di Indonesia, dimana hal tersebut dapat menggambarkan besarnya kebutuhan terhadap kebutuhan biodiesel yang akan diperlukan sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar.

a. *Supply*

- **Impor**

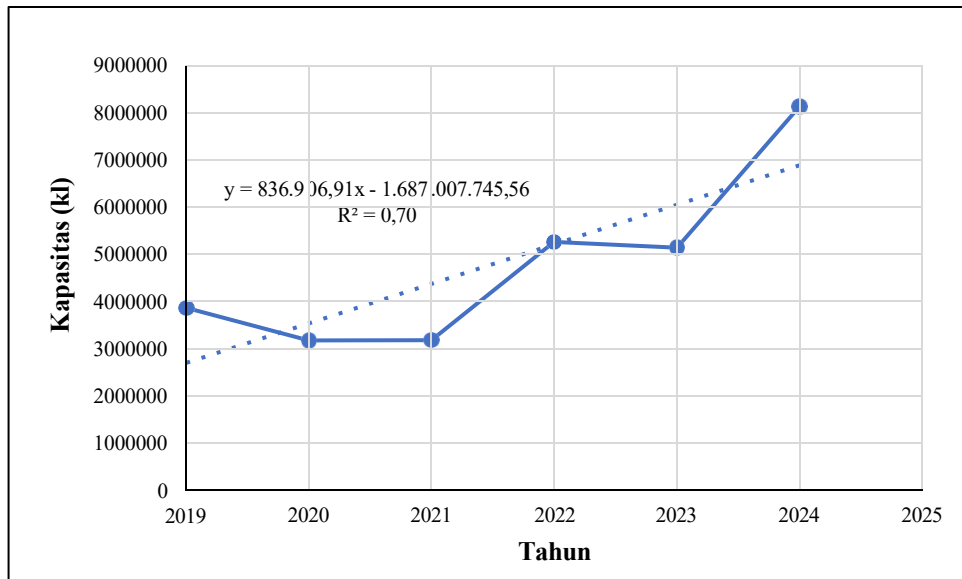
Data impor diperoleh dari data statistik yang diterbitkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral didapatkan data impor tahun 2019 sampai tahun 2023 seperti pada tabel 1.3.

Tabel 1.8 Data Perkembangan Impor Solar di Indonesia

Tahun	Impor (kl/tahun)
2019	3.872.804
2020	3.181.936
2021	3.189.951
2022	5.270.481
2023	5.145.275
2024	8.137.043

(Sumber: ESDM, 2024)

Dari data impor diatas dapat dibuat grafik linear antara sumbu data tahun sumbu x dan data impor sumbu y, grafik dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar I.4 Grafik Kebutuhan Impor Solar

Perkiraan impor solar pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 836.906,91x - 1.687.007.745,56$, dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor. Dengan persamaan diatas diperkirakan untuk tahun 2030 kebutuhan impor solar adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 y &= 836.906,91x - 1.687.007.745,56 \\
 &= 836.906,91 (2030) - 1.687.007.745,56 \\
 &= 11.913.281,74 \text{ kiloliter}
 \end{aligned}$$

- **Produksi**

Produksi solar dalam negeri menurut data statistik yang diterbitkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral di Indonesia dari tahun 2019 sampai tahun 2023 seperti pada tabel 1.4.

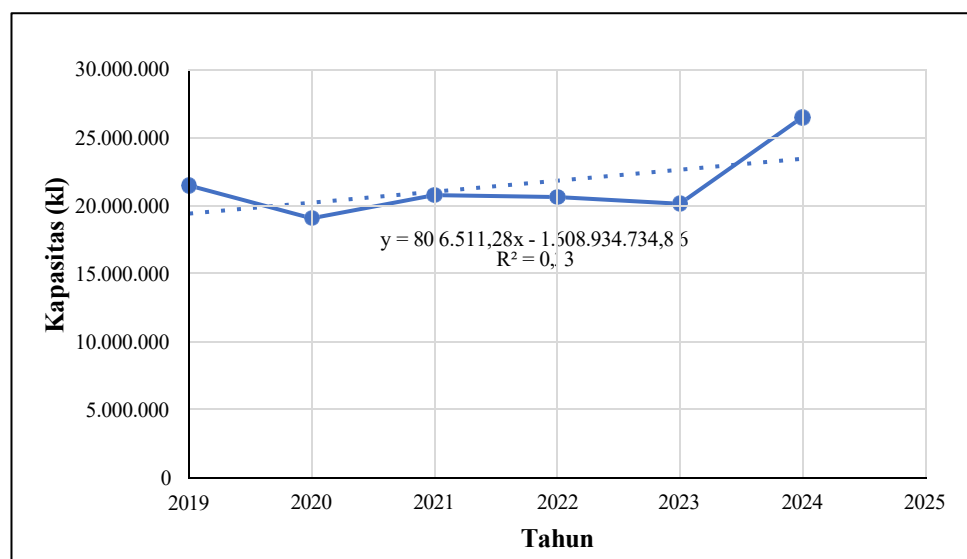
Tabel 1.9 Data Perkembangan Produksi Solar di Indonesia

Tahun	Produksi (kl/tahun)
2019	21.473.173,83
2020	19.066.495,70
2021	20.761.177,84

Tahun	Produksi (kl/tahun)
2022	20.621.889,07
2023	20.144.179,95
2024	26.500.000,00

(Sumber: ESDM, 2024)

Dari data produksi diatas dapat dibuat grafik linear antara data tahun sumbu x dan data produksi sumbu y, Grafik dapat dilihat pada gambar I.2



Gambar 1.5 Grafik Produksi Solar di Indonesia

Perkiraan produksi solar pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 806.511,28x - 1.608.934.734,85$, dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah produksi. Dengan persamaan diatas diperkirakan produksi solar pada tahun 2030 di Indonesia adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 y &= 806.511,28x - 1.608.934.734,85 \\
 &= 806.511,28 (2030) - 1.608.934.734,85 \\
 &= 28.283.163,55 \text{ kiloliter}
 \end{aligned}$$

b. *Demand*

- Ekspor

Ekspor solar dalam negeri menurut data statistik yang diterbitkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral di Indonesia dari tahun 2019 sampai tahun 2023 seperti pada tabel 1.5.

Tabel 1.10 Data Perkembangan Ekspor Solar di Indonesia

Tahun	Ekspor (kl/tahun)
2019	0
2020	110.795
2021	0
2022	0
2023	90
2024	248.562

(Sumber: ESDM, 2024)

Berdasarkan data di atas menunjukkan perkembangan ekspor solar di Indonesia masih sangat fluktuatif. Hal ini dikarenakan kebutuhan solar di Indonesia masih sangat tinggi, sehingga perkiraan nilai ekspor pada pendirian pabrik yaitu tahun 2030 akan sangat kecil maka diasumsikan nilai ekspor sama dengan 0.

- Konsumsi

Konsumsi solar dalam negeri menurut data statistik yang diterbitkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral di Indonesia dari tahun 2019 sampai tahun 2023 dapat dilihat pada tabel 1.6.

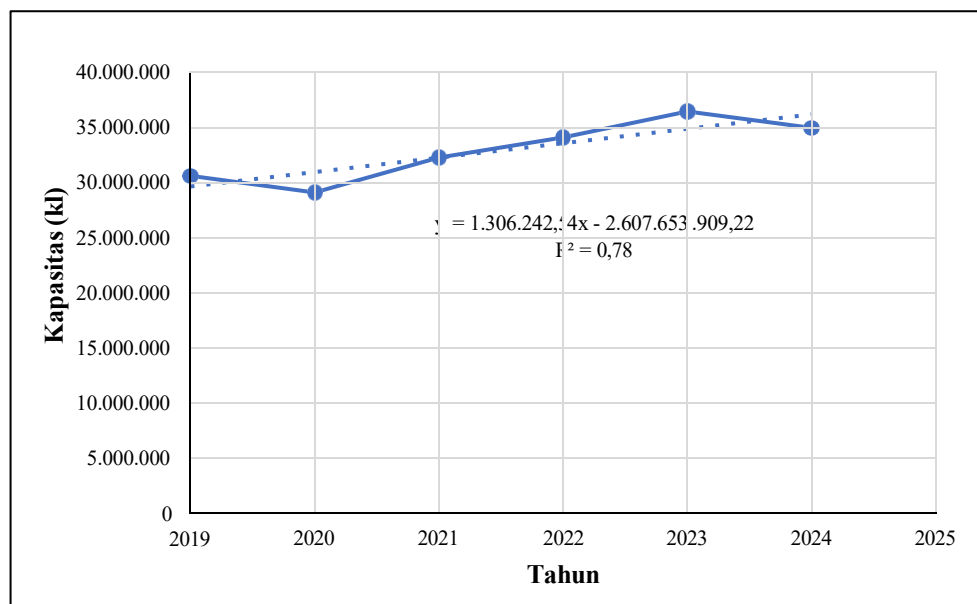
Tabel 1.11 Data Perkembangan Konsumsi Solar di Indonesia

Tahun	Konsumsi (kl/tahun)
2019	30.602.558
2020	29.111.893
2021	32.262.353

Tahun	Konsumsi (kl/tahun)
2022	34.088.659
2023	36.446.884
2024	34.980.000

(Sumber: ESDM, 2024)

Dari data konsumsi diatas dapat dibuat grafik linear antara data tahun sumbu x dan data produksi sumbu y, Grafik dapat dilihat pada gambar I.3



Gambar I.6 Grafik Konsumsi Solar di Indonesia

Perkiraan produksi solar pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 1.306.242,54x - 2.607.653.909,22$, dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi. Dengan persamaan diatas diperkirakan konsumsi solar pada tahun 2030 di Indonesia adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 y &= 1.306.242,54x - 2.607.653.909,22 \\
 &= 1.306.242,54 (2030) - 2.607.653.909,22 \\
 &= 44.018.446,98 \text{ kiloliter}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan proyeksi impor, ekspor, konsumsi dan produksi solar pada tahun 2030 maka peluang pasar untuk solar dapat ditentukan kapasitas perancangan pabrik sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Peluang pasar} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi}) \\ &= (0 + 47.501.345,60) - (8.302.227,70 + 19.421.046,30) \\ &= 3.822.001,69 \text{ kiloliter/tahun}\end{aligned}$$

Diketahui densitas solar = 870 kg/m^3

Maka, peluang pasar solar = 3.325.141,47 ton/tahun

Berdasarkan kebijakan pemerintah tentang mandatori B40 dalam siaran pers No. 001.Pers/04/SJI/2025 yaitu kandungan biodiesel di dalam solar sebesar 40% maka di dapatkan peluang biodiesel sebesar 1.330.056,59 ton/tahun. Kapasitas pabrik biodiesel yang akan didirikan diambil 25% dari kebutuhan di Indonesia sebesar 332.514,15 ton/tahun. Dari data dan hasil perhitungan perancangan pabrik biodiesel, maka pada tahun 2030 akan dibangun dengan kapasitas sebesar 350.000 ton/tahun. Pabrik biodiesel dari minyak jelantah diharapkan dapat memberikan dampak positif terhadap pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia.

1.5.3 Analisa Regulasi dan Kebijakan Pemerintah

Pemerintah Indonesia terus berupaya memperkuat ketahanan energi nasional. Salah satu langkah strategis yang diambil adalah dengan mendorong pemanfaatan bioenergi khususnya dengan biodiesel sebagai campuran dalam bahan bakar minyak (BBM). Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan impor solar dengan mewajibkan pencampuran biodiesel dengan solar melalui program mandatori. Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 341.K/EK.01/MEM.E/2024 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel Sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Dalam Kerangka Pembiayaan Oleh Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit Sebesar 40% (Empat Puluh Persen) ditetapkan di Jakarta, 24 Desember 2024 dan mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mencatat bahwa program pencampuran Bahan Bakar Nabati (BBN) jenis biodiesel ke dalam minyak solar sebesar 40% (B40) pada tahun 2025 berhasil menghemat devisa negara hingga US\$3,68 miliar atau sekitar Rp60,37 triliun menurut data dalam paparan Capaian Kinerja Sektor ESDM Semester I-2025 (APROBI, 2025). Dari informasi tersebut dapat digambarkan bahwa kebutuhan biodiesel beberapa tahun ke depan sebagai bahan bakar alternatif akan terus meningkat sesuai kebijakan pemerintah.

1.6 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pembangunan pabrik menjadi hal yang sangat penting dalam proses perancangan pabrik, karena hal ini akan berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Faktor yang perlu dipertimbangkan guna mendapatkan tempat yang terbaik adalah sebagai berikut :

1.6.1 Faktor Utama

Berikut di bawah ini adalah beberapa faktor utama yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik karena dapat memberikan efek secara langsung terhadap berjalannya suatu pabrik agar sesuai dengan tujuan berdirinya pabrik dalam proses produksi dan distribusi. Faktor utama tersebut adalah :

a. Sumber Bahan Baku

Salah satu pertimbangan paling krusial dalam menentukan lokasi pembangunan pabrik biodiesel adalah ketersediaan dan kontinuitas bahan baku utama, dalam hal ini minyak jelantah. Ketersediaan minyak jelantah di berbagai daerah juga memungkinkan pembentukan jaringan pengumpulan yang melibatkan masyarakat, UMKM, serta dinas lingkungan hidup. Hal ini membuat bahan baku tersebut relatif mudah diperoleh dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan minyak nabati baru. Selain itu, penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel mendukung prinsip ekonomi sirkular dan keberlanjutan, karena memanfaatkan limbah menjadi produk yang memiliki nilai energi dan manfaat ekonomi tinggi.

Penelitian dari *Traction Energy Asia* (2023), menyebutkan bahwa potensi minyak jelantah dari sektor rumah tangga dan unit usaha mikro di kota-kota besar di Jawa dan Bali mencapai 204.231,84 kiloliter per tahun. Sedangkan, pada level nasional mencapai angka 1.243.307,7 kiloliter per tahun. Rumah tangga dan usaha mikro di Indonesia menghasilkan minyak jelantah dengan jumlah cukup besar. Bahkan, jumlah minyak jelantah atau minyak sisa dapur yang dihasilkan Indonesia setiap tahun disebut bisa memenuhi 10 persen kebutuhan biodiesel nasional.

b. Sarana Transportasi

Jalur dan jenis transportasi yang digunakan dalam proses produksi dan pendistribusian produk harus yang paling mudah dan ekonomis. Hal ini untuk memudahkan pengiriman bahan baku dan pemasaran produk serta dapat mengurangi beban biaya transportasi. Lokasi yang dekat dengan pelabuhan atau terminal distribusi akan mempermudah pengangkutan bioetanol ke pasar domestik maupun ekspor.

Bogor memiliki keunggulan strategis karena lokasinya yang sangat dekat dengan wilayah metropolitan Jakarta, Depok, dan Bekasi (Jabodetabek). Sistem jalan di wilayah Bogor cukup baik dan terintegrasi dengan jaringan Tol Jagorawi serta jalan nasional yang menghubungkan Bogor dengan kota-kota di sekitarnya. Namun, kemacetan lalu lintas di sekitar Jabodetabek menjadi kendala utama yang dapat mempengaruhi waktu pengiriman bahan baku dan produk.

Keunggulan utama Gresik terletak pada akses transportasi lautnya. Gresik memiliki Pelabuhan Gresik dan berdekatan dengan Pelabuhan Tanjung Perak, dua pelabuhan utama untuk ekspor dan distribusi bahan bakar di Indonesia bagian timur. Kondisi ini sangat mendukung kegiatan pengiriman biodiesel ke luar pulau seperti Kalimantan, Sulawesi, maupun kawasan timur Indonesia lainnya. Selain itu, Gresik terhubung langsung dengan Tol Trans Jawa, yang memungkinkan distribusi darat ke arah barat dengan waktu tempuh yang efisien. Infrastruktur pendukung seperti jalur kereta api dan kawasan industri terintegrasi menjadikan Gresik sangat layak untuk pabrik biodiesel skala besar.

c. Utilitas

Faktor utilitas, seperti ketersediaan air, listrik, dan jaringan komunikasi, menjadi komponen esensial dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel. Di Kabupaten Bogor, utilitas dasar seperti pasokan air dan listrik tergolong baik karena wilayah ini berada dalam jaringan infrastruktur Jawa Barat yang sudah berkembang. Sumber air utama bagi industri di Bogor umumnya berasal dari air tanah karena wilayah cekungan Bogor memiliki potensi air tanah yang besar. Kabupaten Gresik memiliki keunggulan utilitas yang lebih kuat karena keberadaan kawasan industri terintegrasi seperti Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE). Kawasan ini menyediakan utilitas lengkap mulai dari pasokan listrik, sistem pengolahan limbah, hingga sumber air industri. Sumber air di Gresik, khususnya di JIPE, berasal dari air laut yang diolah dengan teknologi *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) serta air payau yang diolah melalui *Brackish Water Reverse Osmosis* (BWRO). Dengan sistem yang terintegrasi, industri dapat memperoleh pasokan air yang stabil dan sesuai standar proses tanpa perlu membangun fasilitas pengolahan air sendiri. Selain itu, keberadaan pelabuhan industri dan akses transportasi yang baik semakin mendukung efisiensi logistik bahan baku maupun produk biodiesel.

d. Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja dan tenaga ahli merupakan faktor strategis dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel, mengingat proses produksi memerlukan keterampilan teknis di bidang operasi industri, keselamatan kerja, serta pemeliharaan peralatan. Lokasi yang memiliki populasi usia produktif yang tinggi dan dekat dengan pusat pendidikan atau pelatihan vokasi akan memberikan keunggulan kompetitif bagi industri.

Jumlah penduduk di Kabupaten Bogor pada tahun 2024 sebanyak 5.682.303 jiwa. Jumlah ini terdiri atas 2.912.658 jiwa laki-laki (51,26%) dan 2.769.645 jiwa perempuan (48,77%). Komposisi penduduk Kabupaten Bogor didominasi oleh penduduk usia kerja (15–64 tahun) yang mencapai 70,76%. Dengan luas wilayah Kabupaten Bogor sebesar 2.991,78 km², rata-rata tingkat kepadatan penduduk

Kabupaten Bogor sebesar 1.899 jiwa per km². Kabupaten Bogor memiliki jumlah tenaga kerja yang besar dengan tingkat urbanisasi tinggi. Ketersediaan tenaga kerja melimpah dan terdapat banyak institusi pendidikan vokasi maupun politeknik di sekitar Bogor yang mendukung penyediaan SDM terampil.

Jumlah penduduk di Kabupaten Gresik pada tahun 2024 sebanyak 1.327.497 jiwa. Penduduk laki-laki berjumlah 667.540 jiwa dan penduduk perempuan berjumlah 659.957 jiwa. Dari total penduduk Kabupaten Gresik pada tahun 2024, kelompok umur yang berjumlah paling banyak adalah kelompok 40-44 tahun dengan jumlah sekitar 207 ribu jiwa. Hal ini berarti penduduk Kabupaten Gresik masih didominasi oleh penduduk usia produktif.

e. Pemasaran

Faktor pemasaran merupakan pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel, terutama terkait kedekatan dengan pasar pengguna, biaya distribusi, serta kemudahan akses ke jalur distribusi nasional maupun ekspor. Kabupaten Bogor memiliki keunggulan dari sisi pasar lokal karena berada dekat dengan Jabodetabek, yang merupakan pusat kepadatan penduduk dan pusat bisnis. Sementara itu, Kabupaten Gresik memiliki posisi strategis sebagai kawasan industri besar dan pelabuhan, sehingga lebih mudah dalam pemasaran skala industri dan ekspor.

f. Pembuangan Limbah

Pertimbangan terhadap pengelolaan dan pembuangan limbah menjadi aspek penting dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel, mengingat proses produksi menghasilkan limbah cair, padat, dan gas yang harus ditangani sesuai standar lingkungan. Lokasi yang memiliki akses ke sistem pengolahan limbah terpadu atau memiliki lahan cukup untuk instalasi IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) akan lebih mendukung keberlanjutan operasional pabrik.

Kabupaten Gresik memiliki keunggulan dalam pengolahan limbah karena memiliki kawasan industri yang telah dilengkapi fasilitas pengolahan limbah terpadu menyediakan fasilitas IPAL komunal yang canggih dengan sistem

pembuangan air olahan ke laut. Sedangkan, Kabupaten Bogor yang merupakan daerah hulu (*inland*) tidak memiliki opsi pembuangan ke laut. Pabrik secara mutlak wajib membangun IPAL mandiri sendiri untuk mengolah limbah cair agar memenuhi baku mutu sungai yang sangat ketat sebelum dibuang ke badan sungai.

g. Faktor Iklim dan Geografi Lokal (Keadaan Tanah)

Faktor iklim dan geografi lokal, termasuk kondisi tanah merupakan elemen penting dalam menentukan kelayakan teknis dan keberlanjutan lokasi pembangunan pabrik biodiesel. Bogor memiliki kondisi iklim yang cenderung basah dengan curah hujan tinggi sepanjang tahun. Iklim ini berpengaruh dalam perancangan fasilitas yang tahan terhadap kelembapan, banjir lokal, dan potensi gangguan logistik akibat hujan lebat. Dari sisi geografis, Bogor berada di kawasan berbukit dengan elevasi yang bervariasi, sehingga pemilihan lahan harus mempertimbangkan kestabilan tanah, kemiringan, serta risiko longsor. Kabupaten Gresik memiliki iklim lebih kering dan panas, dengan curah hujan lebih rendah dibanding Bogor. Kondisi geografis relatif datar sehingga memudahkan pembangunan infrastruktur pabrik, pergudangan, dan jaringan transportasi. Oleh karena itu, lokasi dengan kondisi iklim stabil, tanah datar, serta risiko geologi yang dapat dikendalikan akan lebih ideal untuk mendukung pembangunan dan operasional pabrik bioetanol dalam jangka panjang.

Tabel 1.12 Perbandingan Faktor Iklim dan Geografi Lokal

Parameter	Bogor	Gresik
Suhu udara rata-rata tahunan	21,1 - 34 °C	24,4 - 33°C
Kelembaban rata-rata tahunan	62,3 - 92,8%	68.6 - 93,4%
Curah hujan rata-rata per tahun	4869 mm	2638,60 mm
Topografi wilayah	mulai dari dataran rendah hingga pegunungan	dataran rendah hingga perbukitan, dengan sebagian besar wilayahnya berupa dataran rendah (<200 mdpl)

Parameter	Bogor	Gresik
Jenis tanah dominan	Andosol dan Latosol	Mediteran dan Grumosol
Kesesuaian lahan untuk pabrik	Cukup baik di dataran rendah	Sangat baik (stabil & datar)

Sumber : Stasiun Klimatologi Jawa Barat, 2024 dan Stasiun Meteorologi Sangkapura, 2024

1.6.2 Faktor Pendukung

Faktor pendukung secara tidak langsung berperan penting dalam dunia industri karena sangat memengaruhi berjalannya industri tersebut. Faktor-faktor pendukung penentuan lokasi pabrik meliputi :

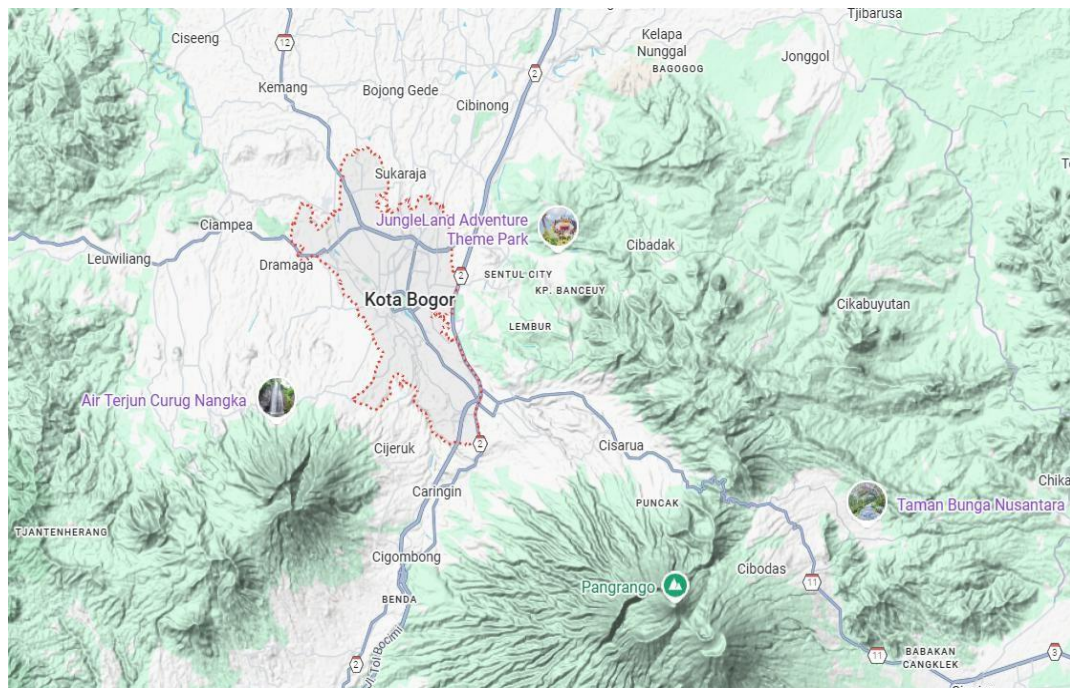
a. Harga Tanah dan Perluasan Pabrik

Rencana lokasi pembangunan pabrik berada di daerah kawasan industri sehingga harga tanah yang tersediapun dapat dikatakan relatif mahal tetapi masih terjangkau. Terkait rencana pengembangan adalah daerah industri dimana lahan disana dipersiapkan guna mendirikan industri sehingga tidak akan mempengaruhi daerah penduduk ketika pabrik akan diperluas areanya.

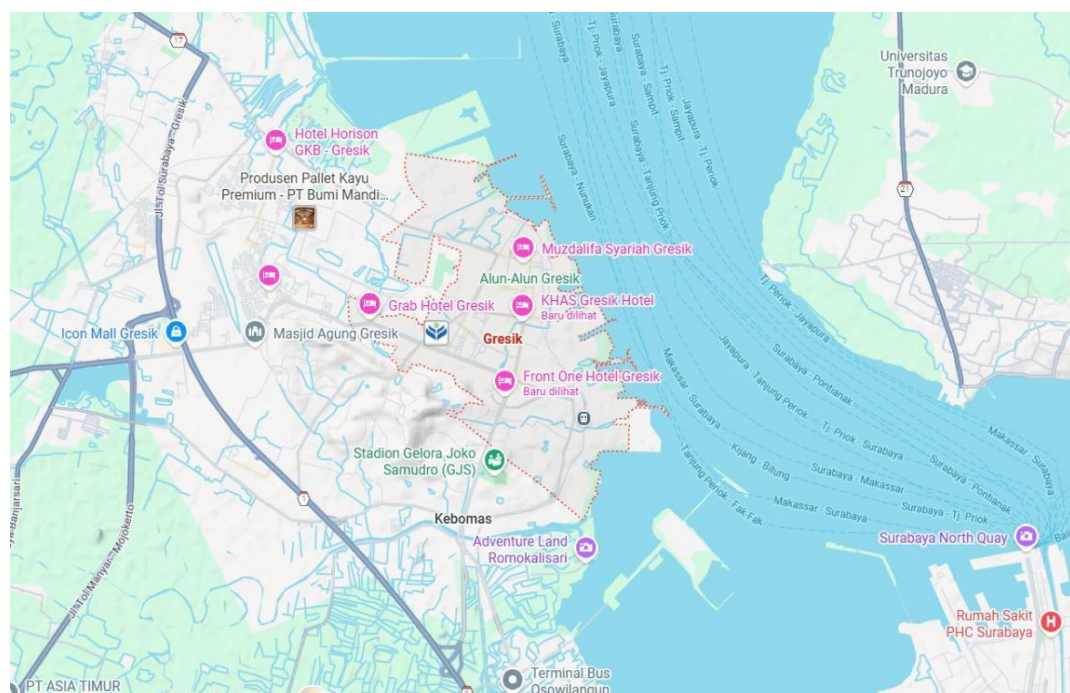
Faktor pendukung seperti harga tanah dan ketersediaan lahan untuk perluasan menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik biodiesel. Wilayah Bogor, harga tanah cenderung lebih tinggi karena tingginya tekanan pembangunan kawasan permukiman, komersial, dan industri penunjang Jabodetabek. Sedangkan, Gresik yang termasuk dalam kawasan industri strategis di Jawa Timur menawarkan harga tanah yang umumnya lebih rendah dan ketersediaan lahan yang lebih luas, sehingga lebih mendukung pengembangan fasilitas industri dalam jangka panjang. Ketersediaan kawasan industri yang sudah terencana juga mempermudah proses perizinan dan penataan ruang untuk perluasan.

b. Letak Geografis

Identifikasi lokasi pabrik sangat penting untuk kelancaran kegiatan perusahaan. Dari pertimbangan tersebut, luas lahan yang tersedia dan memenuhi persyaratan untuk membangun sebuah pabrik. Letak geografis suatu wilayah menjadi faktor pendukung yang berpengaruh dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik bioetanol, karena menentukan kemudahan akses, kedekatan dengan sumber daya, serta keterhubungan dengan wilayah pasar atau distribusi. Lokasi yang secara geografis strategis dekat dengan pelabuhan, jalan utama, atau pusat industri akan memberikan keuntungan logistik dan efisiensi biaya operasional. Kabupaten Gresik memiliki lokasi yang lebih strategis dari sisi industri karena berada di kawasan pantai utara Jawa Timur dengan topografi yang relatif datar dan terintegrasi dengan jaringan logistik nasional. Kedekatannya dengan Pelabuhan Gresik dan Surabaya mempermudah proses distribusi, baik untuk pengadaan bahan baku maupun pemasaran biodiesel. Sedangkan, Kabupaten Bogor yang berada di dataran tinggi Jawa Barat dengan perkembangan kawasan urban yang pesat, menawarkan potensi pasokan minyak jelantah yang besar akibat tingginya aktivitas komersial dan kepadatan penduduk. Namun, kondisi geografis yang berbukit serta infrastruktur transportasi yang sering mengalami kepadatan dapat menjadi hambatan dalam mobilisasi bahan baku dan distribusi produk. Dengan demikian, letak geografis yang mendukung konektivitas regional dan aksesibilitas transportasi menjadi nilai tambah dalam menentukan kelayakan lokasi pembangunan pabrik biodiesel.



Gambar I.7 Peta Lokasi Wilayah Bogor (sumber: Google Maps)



Gambar I.8 Peta Lokasi Wilayah Gresik (sumber: Google Maps)

1.6.3 Perbandingan Lokasi Pabrik

Untuk menentukan lokasi paling ideal bagi pembangunan pabrik biodiesel berbahan baku minyak jelantah, diperlukan analisis komprehensif terhadap sejumlah parameter penentu kelayakan. Penilaian ini mencakup aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan administratif seperti ketersediaan bahan baku, akses transportasi, utilitas, ketersediaan tenaga kerja, akses pasar, serta kesiapan pengelolaan limbah. Selain itu, faktor-faktor pendukung seperti kondisi iklim dan geografi, harga tanah dan potensi perluasan, letak geografis, batasan hukum dan pajak juga dipertimbangkan. Masing-masing parameter diberikan bobot dan skor untuk menghasilkan total nilai yang mencerminkan kelayakan relatif dari masing-masing lokasi. Tabel berikut menyajikan hasil penilaian skoring terhadap dua lokasi alternatif: Kabupaten Bogor dan Kabupaten Gresik.

Tabel 1.13 Pembobotan Pemilihan Lokasi Pembangunan Pabrik Biodiesel

Parameter	Bobot (%)	SKOR (1-5)		Nilai (Bobot x Skor)	
		Kabupaten Bogor	Kabupaten Gresik	Kabupaten Bogor	Kabupaten Gresik
Ketersediaan bahan baku	25%	5	5	1.25	1.25
Sarana transportasi	10%	5	5	0.50	0.50
Utilitas (air, listrik)	15%	4	5	0.60	0.75
Tenaga kerja	10%	5	4	0.50	0.40
Akses pemasaran dan distribusi	10%	5	4	0.50	0.40
Pembuangan limbah	10%	4	5	0.40	0.50

Parameter	Bobot (%)	SKOR (1-5)		Nilai (Bobot x Skor)	
		Kabupaten Bogor	Kabupaten Gresik	Kabupaten Bogor	Kabupaten Gresik
Iklm dan geografi lokal (keadaan tanah)	10%	3	5	0.30	0.50
Harga tanah dan potensi perluasan	5%	4	5	0.20	0.25
Letak geografis	5%	3	5	0.15	0.25
Total Skor	100%	38	43	4.40	4.80

Berdasarkan hasil perbandingan skoring, Kabupaten Gresik menempati posisi tertinggi dengan total skor 4,80. Keunggulannya pada beberapa parameter, meskipun harga tanah relatif tinggi. Hasil ini dapat dijadikan dasar pertimbangan awal dalam proses studi kelayakan dan pemilihan lokasi pabrik biodiesel berbasis minyak jelantah secara lebih objektif dan terukur.

BAB II

URAIAN PROSES

2.1 Deskripsi Proses

Proses pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi yaitu mengkonversi trigliserida menjadi metil ester atau biodiesel. Pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi menggunakan katalis basa NaOH dengan bahan baku utama minyak jelantah dan metanol. Secara keseluruhan tahapan proses terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu :

1. Proses Awal - Persiapan bahan baku
2. Proses Utama - Pembentukan produk
3. Proses Akhir - Pemurnian produk akhir

Ketiga tahapan tersebut saling terintegrasi untuk menghasilkan biodiesel dengan Tingkat kemurnian tinggi yang sesuai dengan standar penggunaan.

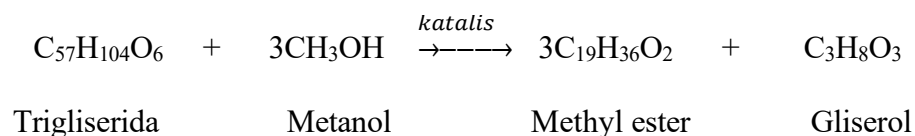
2.2.1 Proses Awal - Persiapan Bahan Baku

Tahap awal proses produksi biodiesel diawali dengan persiapan bahan baku yaitu minyak jelantah dan metanol. Bahan baku minyak jelantah harus mempunyai kadar FFA dibawah 2%, jika kadar FFA diatas 2% maka harus melewati proses *pretreatment* ditambahkan karbon aktif yang bertujuan untuk menurunkan kadar FFA nya supaya reaksi Transesterifikasi dapat berjalan optimal serta meminimalkan reaksi penyabunan. Filtrat minyak jelantah yang disimpan pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm dalam Tangki Minyak Jelantah (T-01). Kemudian, filtrat minyak jelantah dipanaskan menggunakan *Heater* (HE-01) sebelum masuk ke Reaktor Transesterifikasi (R-01) sampai suhu 60°C kemudian akan dipompa menuju reaktor (R-01). Metanol cair dari tangki penyimpanan (T-02) dan NaOH cair dari tangki penyimpanan (T-03) yang disimpan pada temperatur 30°C dengan tekanan 1 atm dialirkan menuju *mixer* (M-01) untuk dihomogenkan. Setelah campuran metanol dan NaOH homogen, lalu campuran tersebut dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* (HE-02) hingga

temperatur 60°C atau sesuai kondisi operasi reaktor untuk kemudian dialirkan menuju reaktor (R-01).

2.2.2 Proses Utama - Pembentukan Produk Melalui Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk mengkonversi trigliserida dalam minyak jelantah menjadi methyl ester (biodiesel) dan gliserol. Campuran minyak jelantah, metanol dan NaOH direaksikan pada temperatur 60°C dengan tekanan 1 atm di dalam reaktor alir tangki bepengaduk (RATB). Kondisi operasi berjalan secara isothermal serta sifat reaksi eksotermis *reversible* dimana temperatur reaksi harus dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping dengan menggunakan jaket pendingin/koil. Produk dari reaksi keluaran reaktor berupa biodiesel dengan temperatur 60°C, tekanan 1 atm. Adapun reaksi yang terjadi di dalam reaktor sebagai berikut :



Selanjutnya, produk methyl ester, gliserol, air, NaOH, metanol dan trigliserida sisa dipisahkan menggunakan *decanter* dan menara destilasi.

2.2.3 Proses Akhir - Pemurnian Produk Akhir

Produk yang keluar dari reaktor (R-01) masuk ke dalam decanter (DC-01) untuk dilakukan pemisahan. Decanter (DC-01) berfungsi untuk memisahkan produk biodiesel dengan hasil samping. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan densitas dan kelarutan setiap komponen yang menyebabkan terjadinya dua lapisan di dalam Decanter (DC-01) yaitu lapisan atas (*light stream*) yang memiliki densitas paling ringan yaitu biodiesel dan lapisan bawah (*heavy stream*) yang memiliki densitas lebih berat yaitu gliserol.

Methyl ester yang masih mengandung trigliserida dan metanol sisa, dipisahkan menggunakan menara destilasi I (MD-01). Bahan yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap sebagai produk atas (metanol dan trigliserida). Produk methyl ester akan keluar sebagai produk bawah yang akan didinginkan

terlebih dahulu menggunakan cooler (C-01) hingga bersuhu 30°C dan selanjutnya dialirkan ke dalam tangki penampung produk methyl ester (P-01).

Campuran metanol dan trigliserida sisa kemudian dipisahkan lagi menggunakan menara destilasi II (MD-02) yang bertujuan untuk memurnikan metanol. Selanjutnya, metanol yang memiliki titik didih lebih rendah menjadi produk atas yang kemudian di recycle kembali ke dalam *mixer* (M-01). Trigliserida yang menjadi bottom produk dialirkan ke Waste Treatment Plant (WTP).

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

3.1.1 Minyak Jelantah

- **Trigliserida**

Sifat fisik

Rumus Molekul	: $C_{57}H_{104}O_6$	
Berat Molekul	: 884 Kg/Kmol	
Titik Didih	: 606,75°C	(pada tekanan 1 bar)
Fasa	: cair pada suhu kamar	
Densitas	: 915,95 kg/m ³	(pada suhu 30°C)
Viskositas	: 24,2 cP	(pada suhu 30°C)
Kelarutan	: Tidak larut dalam air	

(‘Ammar & Ramadhan, 2021)

3.1.2 Metanol

Sifat fisik

Rumus Molekul	: CH_3OH	
Berat Molekul	: 32 g/mol	
Titik Didih	: 64,7°C	(pada tekanan 1 bar)
Wujud	: Cair pada suhu kamar	
Densitas	: 787,4 kg/m ³	(pada suhu 30°C)
Viskositas	: 0,5389 cP	(pada suhu 30°C)
Sifat kelarutan	: sangat larut dalam air	
Kelarutan dalam air	: 106 mg/L	
Kemurnian	: 99,9%	

Sifat kimia

- Bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk metil ester dan air.
- Bereaksi dengan trigliserida membentuk metil ester dan gliserol

(‘Ammar & Ramadhan, 2021)

3.1.3 Natrium Hidroksida

Sifat fisik

Rumus Molekul	: NaOH	
Berat Molekul	: 40,2 g/mol	
Melting point	: 318,4°C	(pada tekanan 1 bar)
Boiling point	: 1388°C	(pada tekanan 1 bar)
Densitas	: 1911,4 kg/m ³	(pada suhu 30°C)
Fasa	: cair	
Kelarutan dalam air	: 111000 mg/L	
ΔHf (25°C)	: - 197,75 kJ/kmol	
Kapasitas panas	: 78,659 kJ/kmol	

Sifat kimia

- Bereaksi sempurna dengan asam membentuk garam dan air

(‘Ammar & Ramadhan, 2021)

3.2 Spesifikasi Produk

3.2.1 Biodiesel

Rumus Molekul	: RCOOCH ₃	
Berat Molekul	: 296 g/mol	
Titik Didih	: 375,36°C	(pada tekanan 1 bar)
Fasa	: cair pada suhu kamar	
Densitas	: 870,2 kg/m ³	(pada suhu 30°C)
Kelarutan dalam air	: 0,00673 mg/L	
Kelarutan dalam alkohol	: tidak larut dalam alkohol	

Sifat kimia

- Termasuk dalam gugus ester
- Dapat dihasilkan dari reaksi antara gugus asam karboksilat dengan gugus alkohol.

(‘Ammar & Ramadhan, 2021)

3.2.2 Gliserol

Sifat fisik

Rumus Molekul : $C_3H_8O_3$

Berat Molekul : 92 g/mol

Titik Beku : 17,9°C (pada tekanan 1 bar)

Titik Didih : 288,85°C (pada tekanan 1 bar)

Fasa : cair pada suhu kamar

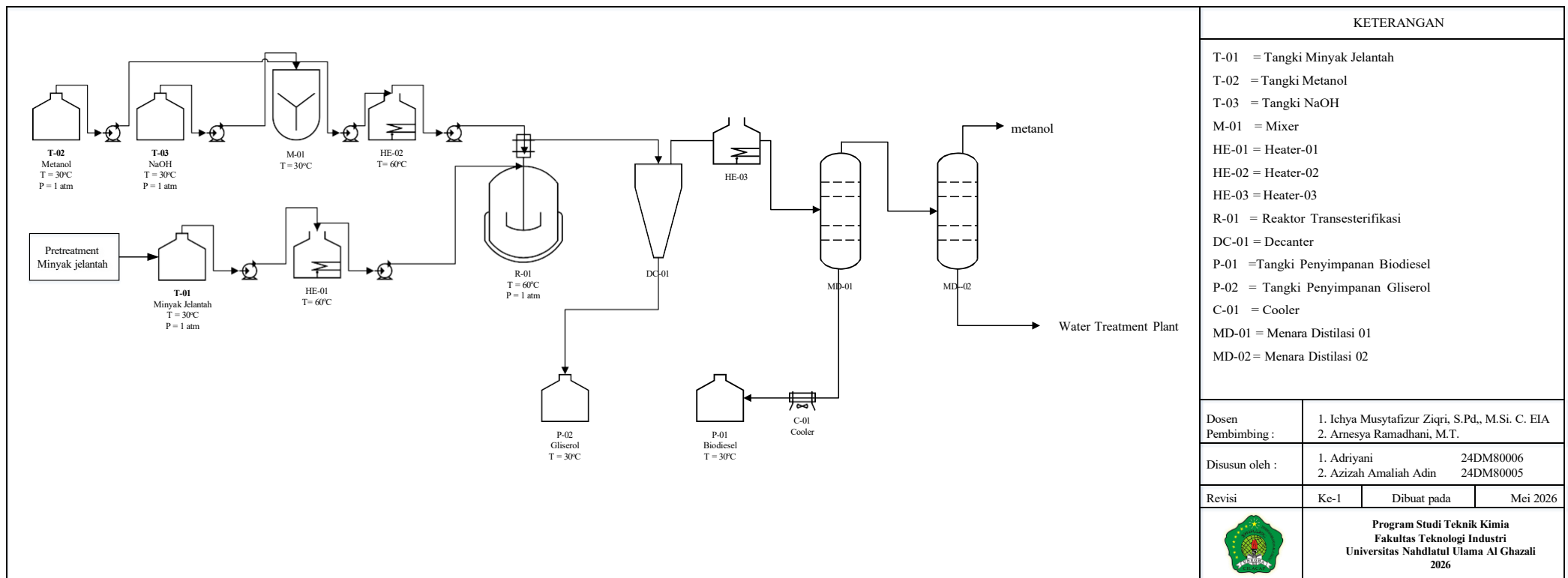
Densitas : 1260,78 kg/m³ (pada suhu 30°C)

Viskositas : 34 cP (pada suhu 30°C)

(‘Ammar & Ramadhan, 2021)

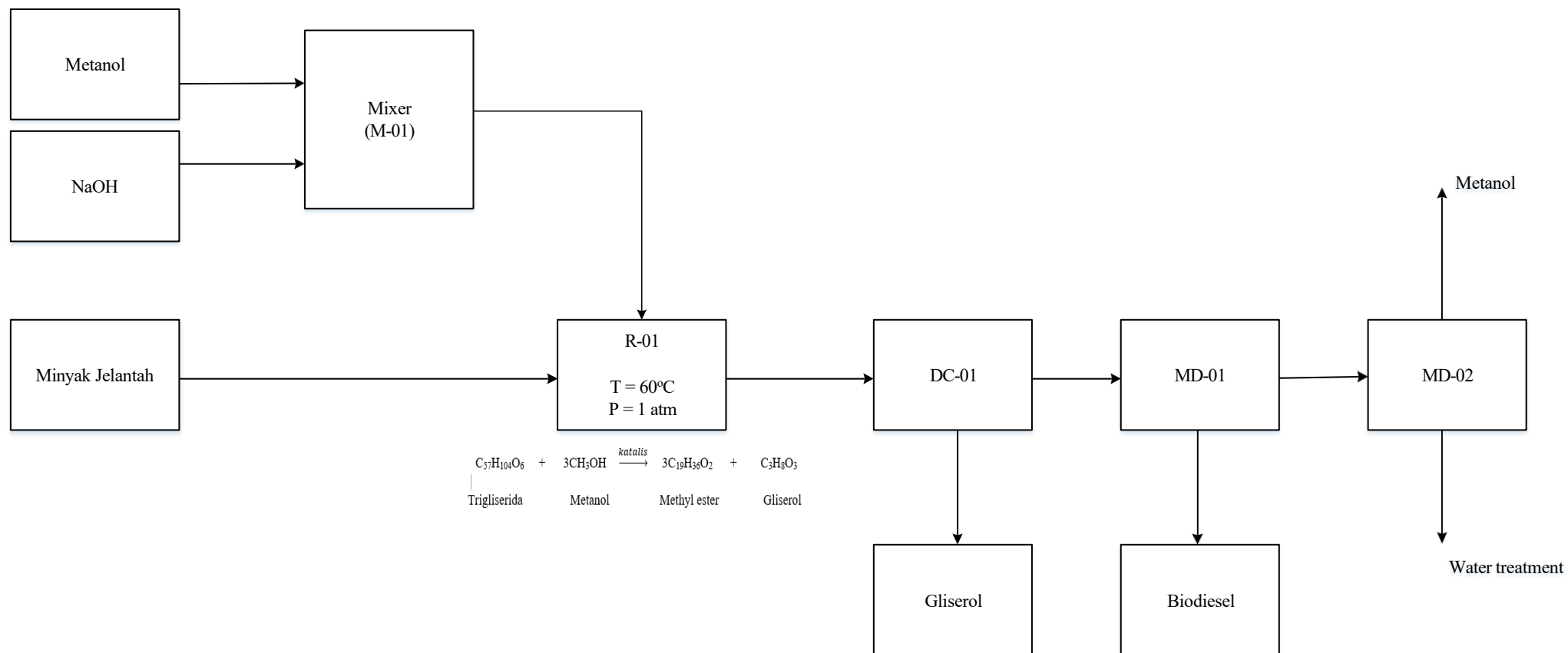
BAB IV DIAGRAM ALIR

4.1 PEFD (Process Engineering Flow Diagram)



Gambar 4.1. *Process Engineering Flow Diagram*

4.2 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.2. Diagram Alir Kualitatif Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah

BAB V

NERACA MASSA

Perhitungan Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi : 350.000 ton/tahun

Waktu operasi : 330 hari/tahun

1 hari kerja : 24 jam

Waktu operasi : 1 jam

Basis perhitungan : 1.000 kg/jam

Kapasitas produksi dalam 1 jam operasi

$$= \frac{350.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{330 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = 44.191,92 \text{ kg/jam}$$

Neraca Massa Tiap Alat

Neraca massa tanpa reaksi :

$$\text{Akumulasi} = \text{Input} - \text{Output} + \text{generasi} - \text{konsumsi}$$

Asumsi proses dalam keadaan steady state sehingga akumulasi = 0. Karena tidak ada reaksi sehingga generasi dan konsumsi = 0, maka persamaan neraca massa menjadi :

$$0 = \text{Input} - \text{Output} + 0 - 0$$

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

Neraca massa dengan reaksi :

$$\text{Akumulasi} = \text{Input} - \text{Output} + \text{generasi} - \text{konsumsi}$$

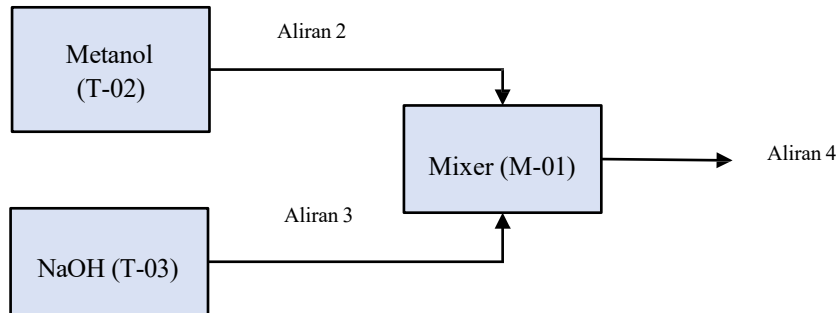
Asumsi proses dalam keadaan steady state, sehingga akumulasi = 0, maka persamaan neraca massa menjadi :

$$0 = \text{Input} - \text{Output} + \text{generasi} - \text{konsumsi}$$

$$\text{Input} = \text{Output} - \text{generasi} + \text{konsumsi}$$

5.1 Neraca Massa pada Mixer (M-01)

Mixer (M-01) berfungsi untuk mencampurkan metanol dan katalis NaOH sebelum dialirkan ke reaktor.

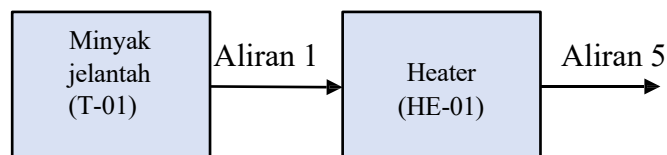


Tabel V.1 Neraca Massa pada Mixer (M-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4
Metanol	9.603,02	0	9.603,02
NaOH	0	442,14	442,14
Total	9.603,02	442,14	10.045,16

5.2 Neraca Massa pada Heater (HE-01)

Heater HE-01 digunakan untuk menaikkan temperatur minyak jelantah sebelum masuk ke reaktor dari 30°C ke 60°C.

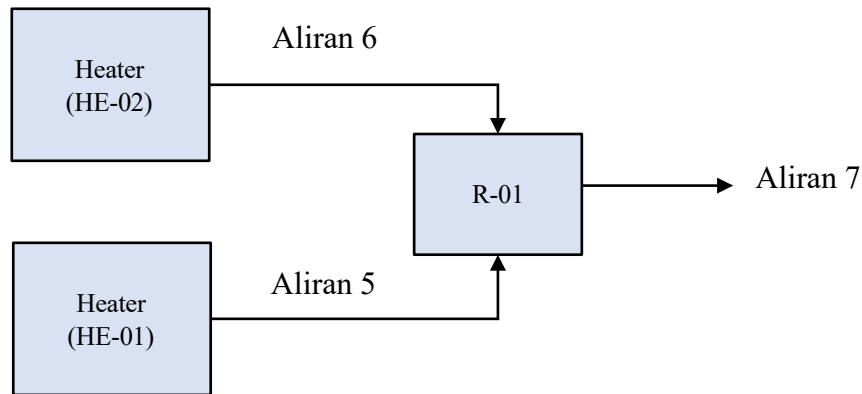


Tabel V.2 Neraca Massa pada Heater (HE-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Aliran 1	Aliran 5
Minyak Jelantah (Trigliserida)	44.214	44.214
Total	44.214	44.214

5.3 Neraca Massa pada Reaktor Transesterifikasi (R-01)

Reaktor R-01 berfungsi untuk mengkonversi trigliserida menjadi metil ester dan gliserol dengan katalis basa NaOH.

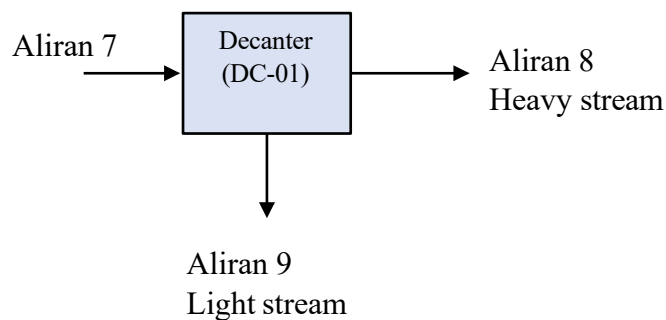


Tabel V.3 Neraca Massa pada Reaktor Transesterifikasi (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
Trigliserida	44.214	221,07
Metanol	9.603,02	4.825,52
NaOH	442,14	442,14
Gliserol	-	4.578,44
Biodisel	-	44.191,92
Total	54.259,09	54.259,09

5.4 Neraca Massa pada Decanter (DC-01)

Decanter (DC-01) digunakan untuk memisahkan fasa ringan dan fasa berat berdasarkan perbedaan densitas.

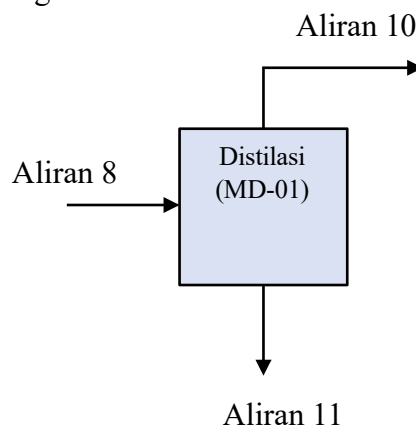


Tabel V.4 Neraca Massa pada Decanter (DC-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	aliran 7	aliran 8	aliran 9
Trigliserida	221,07	221,07	0
Metanol	4.825,52	4.825,52	0
NaOH	442,14	0	442,14
Gliserol	4.578,44	0	4.578,44
Biodisel	44.191,92	44.191,92	0
Total	54.259,09	49.238,51	5.020,58

5.5 Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-01)

MD-01 berfungsi untuk memisahkan metil ester dari campuran metanol dan trigliserida.

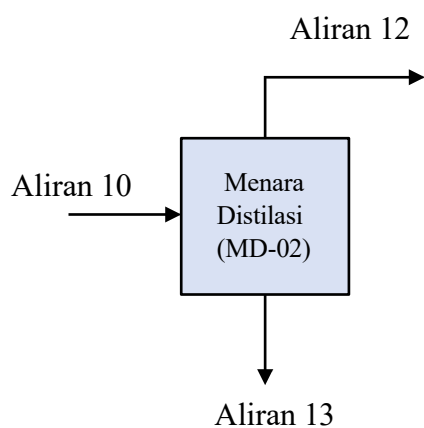


Tabel V.5 Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	aliran 8	aliran 10	aliran 11
Trigliserida	221,07	0,0003	220,85
Metanol	4.825,52	4.777,26	48,26
Biodisel	44.191,92	441,92	4.3750
Total	49.238,51	5.219,18	44.019,10

5.6 Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-02)

Menara Destilasi II (MD-02) berfungsi untuk memisahkan metanol sebagai produk atas untuk direcycle dan trigliserida sebagai produk bawah yang dialirkan ke unit pengolahan limbah



Tabel V.6 Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	aliran 10	aliran 12	aliran 13
Trigliserida	0,0003	0	0,0003
Metanol	4.777,26	4.753,38	23,89
Total	4.777,26	4.753,38	23,89

BAB VI

NERACA PANAS

Perhitungan Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi : 350.000 ton/tahun

Waktu operasi : 330 hari/tahun

1 hari kerja : 24 jam

Waktu operasi : 1 jam

Basis perhitungan : 1.000 kg/jam

Kapasitas produksi dalam 1 jam operasi

$$= \frac{350.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}}}{330 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = 44.191,92 \text{ kg/jam}$$

Tref : 25 °C (298 K)

Tabel 6.1 *Data Heat Capacity*

Komponen	Cp (kJ/kg°K)	Referensi
Minyak jelantah (trigliserida)	2	Perry & Green, 2008
Metanol	2,51	Perry & Green, 2008
Biodiesel	2,1	Van Gerpen dkk., 2004
Gliserol	2,4	Perry & Green, 2008
Campuran metanol–NaOH	2,8	Treybal, 1980

6.1 Neraca Panas pada Heater (HE-01)

Tin = 30°C

Tout = 60°C

Massa Minyak = 44214 kg/jam

Cp = 2 kJ/kg°K

Tabel 6.2 Neraca Panas pada Heater (HE-01)

Aliran	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Minyak masuk (30°C)	442.139	-
Minyak keluar (60°C)	-	3.094.975
Beban Steam	2.652.836	-
Total	3.094.975	3.094.975

6.2 Neraca Panas pada Heater (HE-02)

Tin = 30°C

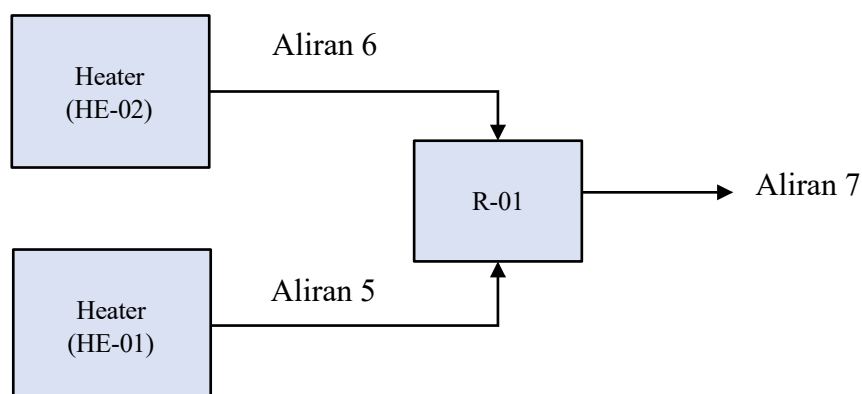
Tout = 60°C

Massa camp. = 10.045,16 kg/jam

Tabel 6.3 Neraca Panas pada Heater (HE-02)

Aliran	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Campuran masuk (30°C)	140.632	-
Campuran keluar (60°C)	-	984.426
Beban Steam	843.794	-
Total	984.426	984.426

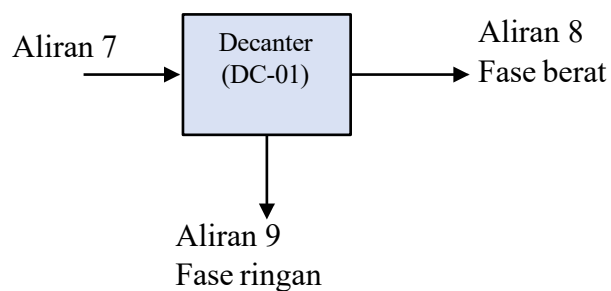
6.3 Neraca Panas pada Reaktor Transesterifikasi (R-01)



Tabel 6.4 Neraca Panas pada Reaktor Transesterifikasi (R-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Aliran umpan trigliserida	3.094.975,00	-
Aliran umpan metanol	984.426,00	-
Aliran produk keluar	-	4.072.091,99
Panas reaksi (ΔH)	-	7.309,01
Total	4.079.401	4.079.401

6.4 Neraca Panas pada Decanter (D-01)

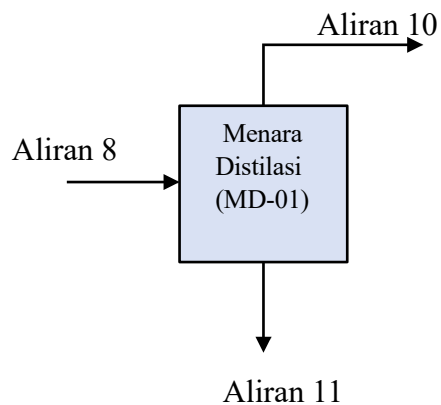


Tabel 6.5 Neraca Panas pada Decanter (D-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Aliran masuk	4.072.091,72	-
Aliran fase ringan (atas)	-	3.687.502,86
Aliran fase berat (bawah)	-	384.589,13
Total	4.072.092	4.072.092

6.5 Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-01)

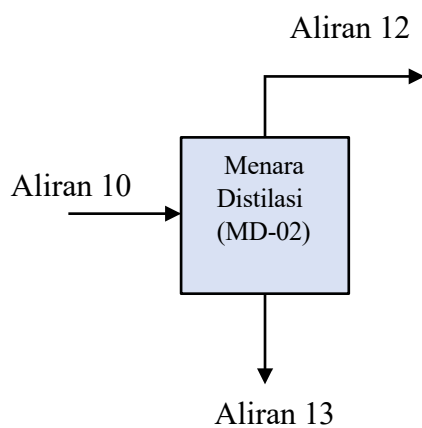
Suhu Umpan (T_F) = 60 °C
 Suhu Puncak (T_D) = 64,7 °C
 Suhu Bawah (T_B) = 75 °C



Tabel 6.6 Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Panas Masuk (kj/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Panas Umpan (Feed)	3.687.502,86	-
Beban reboiler (Q_R)	6.758.467,91	-
Panas Distilat (Q_D)	-	475.640,40
Panas Bottom (Q_B)	-	4.662.258,48
Panas Kondensor (Q_C)	-	5.308.071,891
Total	10.445.970,77	10.445.970,77

6.6 Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-02)



Tabel 6.7 Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Panas Masuk (kj/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Panas Umpan (Feed)	419.682,72	-
Beban reboiler (Q _R)	10.566.339,74	-
Panas Distilat (Q _D)	-	476.040,10
Panas Bottom (Q _B)	-	0,025
Panas Kondensor (Q _C)	-	10.509.982,34
Total	10.986.022,46	109.860.22,46

BAB VII

SPESIFIKASI ALAT

7.1 Tangki Penyimpanan

a. T-01

Fungsi	= tempat penyimpanan minyak jelantah sebelum diproses lebih lanjut ke dalam unit pemanasan dan reaktor transesterifikasi.
Jumlah	= 1 unit
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi penyimpanan	= cair
Suhu operasi	= 30°C
Tekanan operasi	= 1 atm
Volume tangki	= 8916,1 m ³
Tinggi tangki	= 35,7 m
Diameter tangki	= 17,8 m

b. T-02

Fungsi	= tempat menyimpan metanol cair sebelum dicampurkan dengan katalis NaOH.
Jumlah	= 1 unit
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi penyimpanan	= cair
Suhu operasi	= 30°C
Tekanan operasi	= 1 atm
Volume tangki	= 2253,8 m ³
Tinggi tangki	= 22,6 m
Diameter tangki	= 11,3 m

c. T-03

Fungsi	= tempat menyimpan NaOH cair sebelum dicampurkan dengan metanol.
Jumlah	= 1 unit
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi penyimpanan	= cair
Suhu operasi	= 30°C
Tekanan operasi	= 1 atm
Volume tangki	= 46,6 m ³
Tinggi tangki	= 6,2 m
Diameter tangki	= 3,1 m

7.2 Reaktor Transesterifikasi

Kode	= R-01
Tipe Reaktor	= Reaktor Tangki Alir Berpengaduk
Fungsi	= Mereaksikan Triglisierida dengan Methanol menggunakan katalis NaOH
Jumlah	= 1 unit
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi penyimpanan	= cair
Suhu operasi	= 60°C
Tekanan operasi	= 1 atm
Volume tangki	= 68,6 m ³
Tinggi tangki	= 7,0 m
Diameter tangki	= 3,5 m
Tebal shell	= 8 mm

7.3 Decanter

Kode	= D-01
Fungsi	= Memisahkan fase ringan dan fase berat yang keluar dari reaktor dengan prinsip perbedaan

	densitas.
Jumlah	= 1 unit
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi penyimpanan	= cair
Suhu operasi	= 60°C
Volume tangki	= 37,4 m ³
Tinggi tangki	= 7,5 m
Tinggi total	= 8,8 m
Diameter tangki	= 2,5 m
Waktu tinggal	= 30 menit

7.4 Menara Distilasi

a. MD-01

Fungsi	= untuk memisahkan biodiesel dengan trigliserida dan metanol
Jumlah	= 1 unit
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Tinggi Menara	= 9,2 m
Diameter Menara	= 1,24 m
Jenis Tray	= Sieve Tray
Jumlah Tray	= 12

b. MD-02

Fungsi	= untuk pemurnian metanol
Jumlah	= 1 unit
Bahan konstruksi	= <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Tinggi Menara	= 2,8
Diameter Menara	= 0,8 m
Jenis Tray	= Sieve Tray
Jumlah Tray	= 6

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang keberlangsungan dan kelancaran operasi pabrik. Pada pabrik biodiesel dengan bahan baku minyak jelantah dengan kapasitas 350.000 ton/tahun yang berlokasi di Gresik, unit utilitas berfungsi menyediakan sarana pendukung proses produksi berupa air, steam, bahan bakar, tenaga listrik, pemeliharaan peralatan, serta pengolahan limbah. Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik biodiesel diantaranya yaitu :

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
- b. Unit Pengadaan Steam
- c. Unit Pengadaan Tenaga Listrik
- d. Unit Penyedia Udara dan Instrumen
- e. Unit Penyediaan Bahan Bakar

8.1 Unit Penyediaan Air dan Pengolahan Air

8.1.1 Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air pada industri memiliki tugas untuk menyediakan kebutuhan air baik untuk kebutuhan kantor maupun kebutuhan industri. Unit ini sangat berpengaruh dalam menjaga kelancaran proses produksi dari awal hingga akhir. Air yang digunakan dalam kebutuhan pabrik ini adalah air yang berasal dari sungai. Air sungai digunakan karena pengolahan air sungai relatif murah dan sederhana dan letak sungai berada dekat dengan pabrik. Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan :

- a. Air Pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai pendingin karena pertimbangan sebagai berikut :

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b. Mudah pengolahan dan pengaturannya.

- c. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d. Tidak terdekomposisi.

b. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu :

a. Syarat Fisika, meliputi :

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau

b. Syarat Kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak beracun
- Kadar klor bebas sekitar 0,7 ppm.

c. Syarat Bakteriologis : Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.

c. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

1. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

2. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

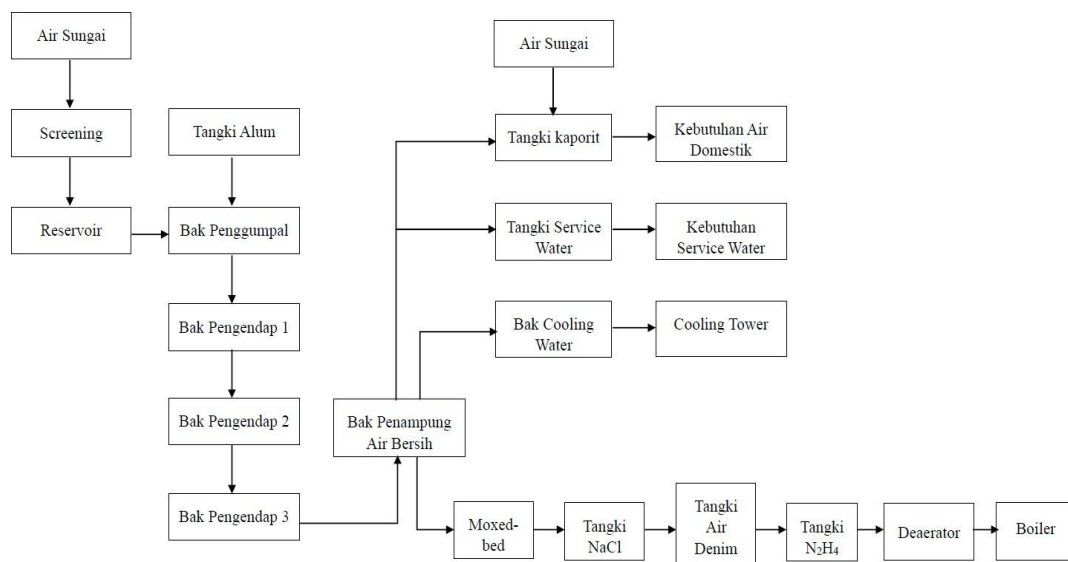
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

3. Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

8.1.2 Unit Pengolahan Air

Pada perancangan suatu pabrik dibutuhkan sumber air terdekat yang nantinya akan memenuhi keberlangsungan suatu proses. Pada pabrik Biodiesel ini sumber air didapatkan dari sungai terdekat di sekitar daerah pabrik. Berikut diagram alir pengolahan air beserta penjelasan tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :



Gambar 8.1 Diagram Alir Pengolahan Air

Beberapa tahap yang harus dilakukan untuk mengolah air sungai yang akan digunakan, yaitu :

1. Penghisapan

Air yang diambil dari sungai perlu adanya pemompaan yang selanjutnya air tersebut dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk proses penyaringan untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap *screening* air akan diolah di dalam reservoir.

2. Penyaringan (*Screening*)

Sebelum air dari sungai akan digunakan sebagai air bersih, maka pada proses ini air disaring untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya. Pada tahap screening partikel yang berukuran padat dan besar akan tersaring secara langsung tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara partikel yang kecil masih akan terbawa bersama air yang kemudian akan diolah ke tahap pengolahan air berikutnya. Tujuan penyaringan yaitu untuk memisahkan kotoran yang besar agar tidak terikut ke pengolahan selanjutnya, sehingga pada sisi isap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas agar meminimalisir alat screen menjadi kotor.

3. Penampungan (*Reservoir*)

Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi. Kotoran kasar yang terdapat dalam air akan mengalami pengendapan yang terjadi karena gravitasi.

4. Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Cara memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur ke dalam air. Selain itu, kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan, pada proses flokulasi bertujuan untuk mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.

5. Bak Pengendap 1 dan Bak Pengendap 2

Tujuan dari adanya bak pengendap 1 dan 2 adalah mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi

(menghilangkan flokulasi). Endapan serta flok yang berasal dari proses koagulasi akan diendapkan pada bak pengendap 1 dan bak pengendap 2.

6. Penyaringan (*Sand Filter*)

Pada tahap ini terjadi proses filtrasi dimana air yang keluar dari bak pengendap 2 masih terdapat kandungan padatan tersuspensi, sehingga harus di proses ke alat filter untuk difiltrasi. Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan ketel (*Boiler Feed Water*).

7. Bak Penampung Air Bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi sudah bias disebut dengan air bersih. Kemudian, air keluaran proses filtrasi akan ditampung dalam bak penampungan air bersih. Dalam hal ini, air bersih yang ditampung langsung dapat digunakan sebagai air layanan umum (*service water*) serta untuk air pendingin. Kegunaan air bersih ini juga dapat digunakan untuk *domestic water* dan *boiler feed water*, namun air harus di desinfektanisasi terlebih dahulu menggunakan resin untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ dimana tujuan penghilangan mineral-mineral tersebut untuk menghasilkan air demin yang melalui proses demineralisasi.

8. Demineralisasi

Pada proses demineralisasi bertujuan untuk menyiapkan air yang digunakan untuk *boiler feed water* dan air ini harus murni serta bebas dari kadar mineral-mineral yang terlarut didalamnya. Proses demineralisasi ini dapat dilakukan dengan alat yang terdiri dari penukaran anion (*anion exchanger*) dan kation (*cation exchanger*). Demineralisasi diperlukan karena air umpan boiler memerlukan syarat-syarat :

1. Tidak menimbulkan kerak pada kondisi steam yang dikehendaki maupun pada tube heat exchanger. Jika steam digunakan sebagai pemanas yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silica, hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan boiler tidak beroperasi sama sekali.

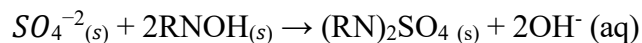
2. Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O₂, CO₂, H₂S dan NH₃.

3. Bebas dari zat yang menyebabkan foaming.

Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi akibat adanya alkalinitas yang tinggi. Pengolahan air di unit demineralisasi yaitu Proses *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* berlangsung pada *Resin Mixed-Bed*. *Resin Mixed-Bed* adalah kolom resin campuran antara resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion bila dilewatkan ke *Resin Mixed-Bed* tersebut, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin anion. Saat resin kation dan anion telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar kation dan anion akan diregenerasi kembali.

1. Anion (*Anion Exchanger*)

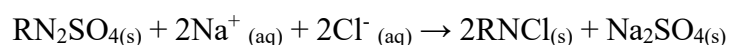
Anion Exchanger memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif yang larut dalam air dengan resin yang memiliki sifat basa, yang memiliki formula RNOH³. Sehingga anion-anion seperti CO₃²⁻, Cl⁻, dan SO₄²⁻ akan membantu garam resin tersebut. Sebelum di regenerasi anion yang terbentuk di dalam reaksi adalah sebagai berikut:



Ion SO₄²⁻ dapat menggantikan ion OH⁻ yang ada dalam resin karena selektivitas SO₄²⁻ lebih besar dari selektivitas OH⁻. Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut :



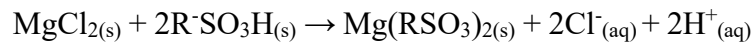
Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi Regenerasi :



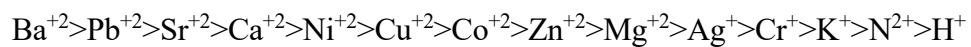
2. Kation (*Cation Exchanger*)

Cation Exchanger merupakan resin penukar kation-kation. Untuk cation exchanger berupa resin padat yang sering ada dipasaran yaitu kation

dengan formula RSO_3H dan $(\text{RSO}_3)\text{Na}$, dimana pengganti kation-kation yang dikandung dalam air akan diganti dengan ion H^+ atau Na^+ . Karena menggunakan ion H^+ sehingga air akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ . Reaksi penukar kation :



Ion Mg^{+2} dapat menggantikan ion H^+ yang ada dalam resin karena selektivitas Mg^{+2} lebih besar dari selektivitas H^+ . Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut :

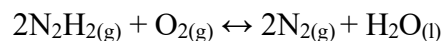


Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl . Reaksi Regenerasi :



9. Deaerator

Unit Deaerator bertujuan untuk menghilangkan gas CO_2 dan O_2 yang terikat dalam *feed water*. Air yang sudah mengalami demineralisasi biasanya masih terdapat kandungan gas-gas terlarut terutama CO_2 dan O_2 . Gas-gas tersebut harus dihilangkan dari air karena dapat menimbulkan korosi. Gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator. Dalam unit deaerator diinjeksikan zat-zat kimia yaitu Hidrazin yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut:



Berdasarkan reaksi tersebut maka hidrazin berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama O_2 sehingga tidak terjadi korosi. Unit Deaerator memiliki fungsi untuk memanaskan air yang keluar dari proses pertukaran ion yang terjadi di alat penukar ion (ion exchanger) dan sisa kondensat yang belum dikirim sebagai umpan ketel, pada unit deaerator air dipanaskan hingga suhu mencapai 90°C agar gas-gas yang terlarut dalam air yaitu O_2 dan CO_2 dapat dihilangkan. Hal ini disebabkan gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang dapat menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan pada akhirnya akan menutupi permukaan pipa-pipa, hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya korosi pada pipa-pipa ketel. Dalam hal ini perlu

dilakukan pemanasan dengan menggunakan koil pemanas yang ada di dalam deaerator.

8.1.3 Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Steam

Tabel 8.1 Kebutuhan Air Steam

Nama Alat	Kode	Jumlah (Kg/jam)
Heater	HE-01	965,07
Heater	HE-02	306,96
Total		1.272,03

Direncanakan *steam* yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi:

$$P = 74 \text{ psia} = 5 \text{ atm}$$

$$T = 153^{\circ}\text{C} = 426 \text{ K}$$

Perancangan dibuat over design sebesar 20%

$$\text{Kebutuhan steam} = 1.526,44 \text{ Kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} &= 15\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 15\% \times 1526,44 \text{ Kg/jam} \\ &= 228,97 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Steam Trap} &= 5\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 5\% \times 1526,44 \text{ Kg/jam} \\ &= 76,32 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan air make up untuk steam

$$\begin{aligned} &= \text{Blowdown} + \text{Steam Trap} \\ &= 228,97 \text{ Kg/jam} + 76,32 \text{ Kg/jam} \\ &= 305,29 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 8.2 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (Kg/jam)
Reaktor	R-01	174,86
Kondensor	CD-01	126.987,37
Kondensor	CD-02	251.434,98
Total		378.597,21

Perancangan dibuat over design sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin menjadi :

$$\text{Kebutuhan air pendingin} = 454.316,65 \text{ Kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang menguap (We)} &= 0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out}) \\ &= 0,00085 \times 378.597,21 \times (10) \\ &= 3.218,08 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drift Loss (Wd)} &= 0,0002 \times W_c \\ &= 0,0002 \times 378.597,21 \\ &= 75,72 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown (Wb)} &= \frac{W_e - (\text{cycle} - 1)W_d}{\text{cycle} - 1} \\ &= 996,97 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Sehingga jumlah makeup air adalah :

$$W_e = 3.218,08 \text{ Kg/jam}$$

$$W_d = 75,72 \text{ Kg/jam}$$

$$W_b = 996,97 \text{ Kg/jam}$$

Kebutuhan Make Up Water (Wm)

$$\begin{aligned} W_m &= W_e + W_d + W_b \\ &= 3.218,08 + 75,72 + 996,97 \\ &= 4.290,77 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Air Sanitasi

Air ini digunakan untuk kebutuhan karyawan, laboratorium, perkantoran dan pemadam kebakaran. Air sanitasi yang akan digunakan dalam pabrik biodiesel harus memenuhi syarat fisik yaitu tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, dan suhu air normal di bawah suhu udara dari luar. Sedangkan, syarat kimia yang harus dipenuhi untuk air sanitasi diantaranya yaitu tidak mengandung zat organik maupun anorganik serta tidak beracun. Selain syarat fisika dan kimia, air sanitasi juga harus terbebas dari mikrobiologi

seperti bakteri pantogen, *Salmonella*, *Pseudomonas*, dan *Esherichia coli*.

Berikut jumlah air sanitasi yang diperlukan pada pabrik biodiesel :

1. Kebutuhan Air Karyawan

Jumlah karyawan = 153 orang

Kebutuhan tiap orang = 120 liter/hari

Total kebutuhan air = $120 \times 153 = 18.360$ liter/hari

2. Kebutuhan laboratorium

Direncanakan kebutuhan air untuk laboratorium mencapai 15% dari kebutuhan karyawan, sehingga jumlah kebutuhan air untuk laboratorium yaitu :

$15\% \times 18.360/\text{liter/hari} = 2.754$ liter/hari

3. Kebutuhan hidran kebakaran

Standar untuk kebutuhan air hidran kebakaran smenurut SNI 19 6728.1-2002 sebesar 5% dari kebutuhan domestik (kebutuhan air karyawan), sehingga kebutuhan air yaitu :

$5\% \times 18.360 \text{ liter/hari} = 918$ liter/hari

Berdasarkan rincian di atas maka dapat dihitung kebutuhan air sanitasi di pabrik biodiesel sebesar :

$(18.360 + 2.754 + 918) \text{ liter/hari} = 22.032$ liter/hari

8.2 Unit Pengadaan Steam

Pada perancangan pabrik Biodiesel ini dibutuhkan suatu peralatan guna menunjang kebutuhan steam. Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi yaitu dengan menyediakan ketel uap (boiler) dengan spesifikasi :

Kapasitas : 1.272,03Kg/jam

Jenis : Water Tube Boiler

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur

kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia kedalam *boiler feed water tank*. Selain itu, perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5-11,5 karena pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu kedalam *economizer* yaitu alat penukar panas yang dimanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 153°C. kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran (burner) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke economizer sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke area area proses.

8.3 Unit Pengadaan Tenaga Listrik

Tenaga listrik untuk pabrik Biodiesel ini disuplai oleh jaringan PLN dan sebagai cadangan dipakai generator set untuk mengatasi keadaan apabila terjadi gangguan PLN. Kebutuhan untuk penerangan seperti lampu pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk masing-masing ruangan. Tenaga listrik untuk pabrik ini disuplai oleh dua sumber, diantaranya yaitu :

- a. PLN (Perusahaan Listrik Negara), yang merupakan sumber listrik utama dari pabrik Biodiesel.
- b. PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel), digunakan sebagai cadangan apabila listrik dari PLN mengalami gangguan seperti pemadaman dan masalah teknis lainnya.

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi :

- a. Listrik untuk proses dan pengolahan air
- b. Listrik untuk penerangan dan AC
- c. Listrik untuk Laboratorium

8.4 Unit Penyediaan Udara Instrumen

Udara tekan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan udara instrumentasi. Instrument yang digunakan merupakan sebuah *controller*. Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Udara yang diproduksi di unit utilitas harus memenuhi syarat yaitu terbebas dari minyak, debu, dan air (udara kering) agar system instrumentasi di pabrik tidak cepat rusak. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silika gel. Udara tekan yang digunakan pada tekanan 4 bar dan suhu 30°C dimana setiap alat control membutuhkan udara tekan sebanyak 2 m³/jam. Jumlah alat control yang digunakan sebanyak 15 buah sehingga total keseluruhan kebutuhan udara tekan adalah 30 m³/jam. Selanjutnya dengan factor keamanan 20% sehingga dibutuhkan udara tekan sebesar 36 m³/jam.

8.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

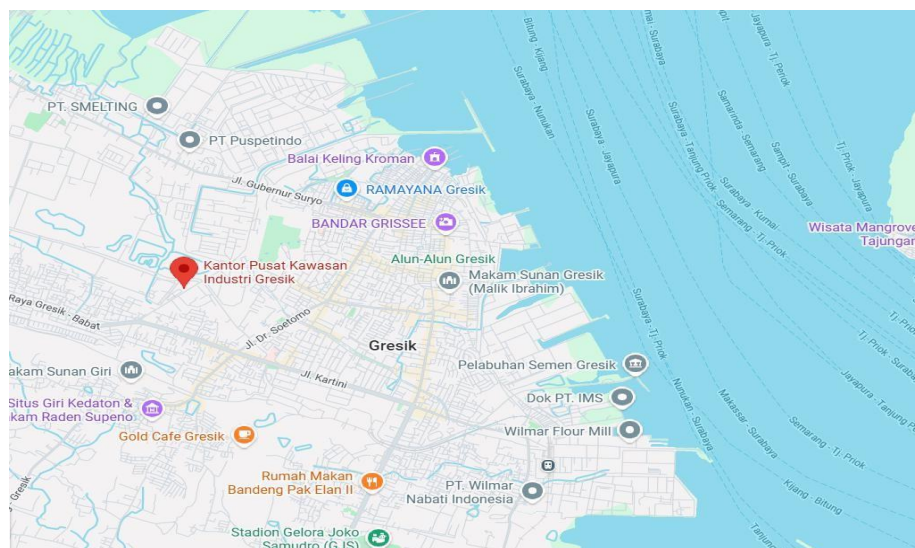
Unit penyediaan bahan bakar mempunyai fungsi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada boiler. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk boiler yaitu solar sebanyak 113,32 kg/jam.

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1 Peta Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi menjadi hal yang penting dalam proses pendirian pabrik biodiesel, hal ini dikarenakan dengan lokasi pabrik yang sesuai akan berdampak kepada proses produksi serta nilai ekonomi. Beberapa faktor yang melatarbelakangi pendirian pabrik diantaranya yaitu ketersediaan bahan baku, sarana transportasi, utilitas, tenaga kerja, akses pemasaran dan kemungkinan guna perluasan area pabrik dimasa yang akan datang. Pabrik ini direncanakan akan berdiri di Kabupaten Gresik, Jawa Timur.



Gambar 9.1 Peta Lokasi Pabrik di Gresik

9.2 Tata Letak Lokasi Pabrik (Layout)

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian - bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan dan tempat penyimpanan bahan baku dan produk. Secara garis besar tujuan utama dari tata letak pabrik ialah mengatur area kerja dan segala fasilitas produksi yang paling ekonomis untuk beroperasi produksi aman, dan nyaman sehingga akan dapat menaikkan moral kerja dan *performance* dari operator. Faktor yang harus diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik diantaranya yaitu penempatan alat – alat produksi agar

keamanan, keselamatan, dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi. Bangunan fisik seperti gedung, kantor, bengkel, laboratorium, dan beberapa peralatan yang tercantum dalam flow sheets perlu diletakkan pada bagian yang efisien. Hal ini akan berpengaruh pada lalu lintas barang, keamanan, ekonomi, dan kontroling. Secara garis besar *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

a. Daerah Administrasi/Kantor Pusat

Berfungsi sebagai pusat kegiatan administrasi perkantoran yang bertugas untuk mengatur kelancaran operasi dan kegiatan-kegiatan lainnya, daerah ini ditempatkan untuk jauh dari tempat produksi agar tidak mengganggu kegiatan dan keamanan pabrik.

b. Daerah Proses

Merupakan tempat dimana alat-alat produksi diletakkan dan pusat proses produksi berlangsung. Daerah ini terletak di bagian belakang dengan tujuan agar tidak sembarangan karyawan yang dapat memasuki lokasi ini demi menjaga keamanan dan kenyamanan. Letak aliran proses direncanakan sedemikian rupa dengan tujuan memudahkan pengawasan.

c. Daerah Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Daerah ini terdiri dari tangki dan silo/gudang penyimpanan dari bahan baku dan produk yang dapat terjangkau oleh angkutan pembawa bahan baku dan produk.

d. Daerah Gudang dan Bengkel

Merupakan tempat yang digunakan untuk menampung bahan dan peralatan yang diperlukan oleh pabrik untuk keperluan perawatan peralatan dan proses.

e. Daerah Utilitas dan WWTP

Merupakan tempat penyediaan bahan pendukung/penunjang proses berupa air, steam, dan listrik diletakkan. Daerah utilitas ditempatkan dekat dengan daerah proses agar sistem pemipaan lebih ekonomis, akan tetapi mengingat bahaya yang dapat ditimbulkan jarak antara daerah utilitas dan daerah proses harus diatur sekitar 8 km.

f. Daerah Laboratorium dan Ruang Kontrol

Daerah Laboratorium dan ruang kontrol merupakan pusat pengendali proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk akhir yang akan dijual. Daerah laboratorium merupakan pusat kontrol kualitas bahan baku, produk, dan limbah hasil dari proses produksi. Daerah ruang kontrol merupakan pusat kontrol berjalannya proses yang diinginkan. Laboratorium dan ruang kontrol ini diletakkan dekat dengan daerah proses, sehingga apabila terjadi suatu masalah di daerah proses dapat diatasi secara cepat dan tepat.

g. Daerah Pengolahan Limbah

Yaitu daerah tempat pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.

h. Daerah Fasilitas Umum

Daerah fasilitas umum merupakan tempat penunjang segala aktivitas pabrik dalam pemenuhan kepentingan pekerja, misalnya yaitu tempat ibadah, tempat parkir, kantin, serta pos keamanan.

Tabel 9.1 Luas Tanah dan Bangunan

No.	Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Pos satpam 1	5	5	25
2.	Kantor Utama	25	40	1000
3.	Gedung serbaguna	20	20	300
4.	Area parkir utama	15	15	225
5.	Masjid	10	8	80
6.	Kantin	8	8	64
7.	Koperasi	8	5	40
8.	Area Mess	15	10	150
9.	Poliklinik	15	10	150

No.	Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
10.	Gudang	25	15	375
11.	Area proses	50	40	2000
12.	Area utilitas	35	30	1050
13.	Ruang alat	15	10	150
14.	Laboratorium	15	10	150
15.	Area Timbang truk	10	8	80
16.	Ruang <i>control process</i>	15	10	150
17.	Ruang <i>control utilitas</i>	15	10	150
18.	Area parkir truk	20	16	320
19.	Ruang listrik	12	10	120
20.	Bengkel	15	10	150
21.	Area pemadam kebakaran	15	10	150
22.	UPL	15	10	150
23.	Kantor Teknik dan produksi	30	5	150
24.	Perluasan Pabrik	50	20	1000
25.	Taman	10	10	100
26.	Jalan	40	60	2400
Luas Tanah				10.679
Luas Bangunan				7.279
Total				17.958



Gambar 9.2 *Layout* Pabrik Biodiesel

BAB X

ORGANISASI PERUSAHAAN

10.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan merupakan salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan dalam mendirikan pabrik. Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik Biodiesel ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Bentuk Perusahaan PT dipilih berdasarkan beberapa faktor yang mendukung antara lain :

1. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, dikarenakan jika pemegang saham berhenti dari jabatannya maka tidak ada pengaruhnya terhadap direksi, staf maupun karyawan yang bekerja di dalam perusahaan.
2. Penjualan saham perusahaan merupakan cara yang tepat untuk mendapatkan modal.
3. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
4. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur perusahaan yang ditinjau dari berbagai pengalaman, sikap dan caranya mengatur waktu.

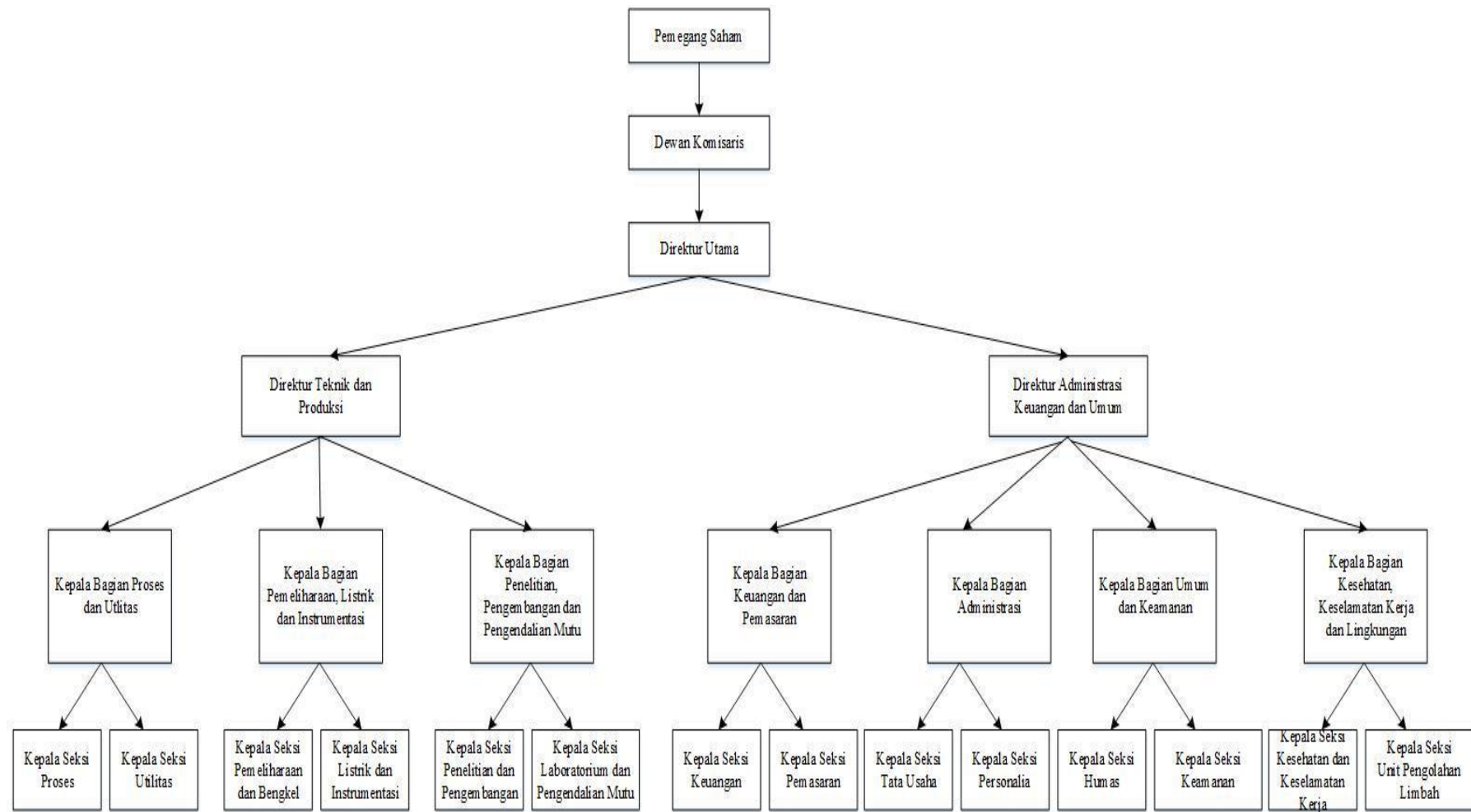
10.2 Struktur Organisasi Perusahaan

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. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Struktur organisasi merupakan cara perusahaan atau organisasi mengatur komunikasi antar karyawan secara formal agar terjaminnya kelancaran bisnis dan tercapainya keselamatan dan kesehatan kerja.

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

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

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, sementara dalam hal tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur di bawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang merupakan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 10.1 berikut.



Gambar 10.1 Struktur Organisasi Perusahaan

10.3 Deskripsi Struktur Organisasi

Berikut merupakan struktur organisasi yang berada pada pabrik Biodiesel. Tugas-tugas dari masing-masing jabatan di pabrik Biodiesel dijelaskan sebagai berikut :

a. Pemegang Saham

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

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

b. Dewan Komisaris

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

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

c. Direktur Utama

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

1. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
2. Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.
3. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.

4. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
 5. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.
- Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur Utama membawahi :

a. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas dari Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, Teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

b. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan dan keselamatan kerja.

c. Kepala Bagian

Tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing, yaitu :

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas bertugas mengkoordinasikan kegiatan pabrik di bagian proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.
2. Kepala Bagian Pemeliharaan Listrik dan Instrumen yang bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.
3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu memiliki tugas mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengawasan mutu dan pengembangan perusahaan.
4. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran bertugas mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang serta pembukuan keuangan.

5. Kepala Bagian Administrasi dan Humas bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan serta kegiatan yang berhubungan antar perusahaan dan masyarakat.
 6. Kepala Bagian Umum dan Keamanan Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.
 7. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan serta keselamatan kerja karyawan
- d. Kepala Seksi
- Berdasarkan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian, pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya akan dilaksanakan oleh kepala seksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap bagian masing-masing sesuai dengan seksinya. antara lain :
1. Kepala Seksi Proses bertugas memimpin langsung dan memantau kelancaran proses produksi.
 2. Kepala Seksi Utilitas bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar dan udara tekan untuk proses maupun instrumentasi.
 3. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel bertanggung jawab atas kegiatan perawatan, penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.
 4. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi yang bertanggung jawab dalam penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.
 5. Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan bertugas mengkoordinasi kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.
 6. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu yang menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.
 7. Kepala Seksi Keuangan bertanggung jawab atas pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

8. Kepala Seksi Pemasaran yang mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik, menetapkan dan menentukan daerah penyebaran dan penyaluran barang-barang produksi
9. Kepala Seksi Tata Usaha bertugas mengurus kebijakan teknis dibidang umumdan kepegawaian, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan dan asset serta keuangan di perusahaan.
10. Kepala Seksi Personalia bertugas mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.
11. Kepala Seksi Humas bertanggung jawab atas penyelenggaraan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan. pemerintah. dan masyarakat.
12. Kepala Seksi Keamanan Bertanggung jawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.
13. Kepala Seksi K3 bertugas mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.
14. Kepala SeksiUnit Pengolahan Limbah bertanggung jawab mengenai kebijakan teknis dibidang pengolahan limbah di perusahaan.

10.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik biodiesel dari minyak jelantah ini direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dengan waktu 24 jam dalam sehari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perawatan (*maintenance*) atau *shutdown*. Oleh karena itu, untuk menjaga kelancaran proses produksi serta kegiatan administrasi dan pemasaran, maka pembagian jam kerja harus diatur seefektif dan seefisien mungkin. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan pada perusahaan dibedakan menjadi dua golongan, yaitu :

a. Karyawan *non shift*

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

Tabel 10.1 Pembagian Waktu Kerja untuk *Non-Shift*

Hari	Jam Kerja	Istirahat
Senin - Kamis	07.00 - 16.00	12.00 - 13.00
Jumat	07.00 - 16.00	11.30 - 13.00

b. Karyawan *shift*

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

Shift 1 : 07.00 - 15.00 WIB

Shift 2 : 15.00 - 23.00 WIB

Shift 3 : 23.00 - 07.00 WIB

Jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian *shift* setiap 3 hari kerja sekali. Karyawan *shift* bekerja dengan sistem 3 hari kerja, 1 hari libur. Pada Hari Minggu dan libur hari besar semua karyawan *shift* tidak libur. Namun, setiap karyawan mendapatkan jatah cuti selama 12 hari setiap tahunnya. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur.

Tabel 10.2 Pengaturan Jadwal Kerja Grup

REGU	HARI														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	III	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III
B		I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I
C	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II
D	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II	
REGU	HARI														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	III	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III
B		I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I
C	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II
D	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II	

Keterangan :

A = Grup kerja I

C = Group kerja III

B = Group kerja II

D = Group kerja IV



= Hari Libur

10.5 Status Karyawan dan Sistem Upah

Gaji karyawan pabrik Biodiesel ini berbeda tergantung pada kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Gaji ditentukan oleh tinggi jabatan dan pengalaman karyawan tersebut. Promosi jabatan akan didapatkan oleh karyawan secara berkala dengan massa kerja dan prestasi.

Tabel 10.3 Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	
			Perorang	jumlah
1.	Direktur Utama	1	Rp. 50.000.000	Rp. 50.000.000
2.	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp. 35.000.000	Rp. 35.000.000
3.	Direktur administrasi Keuangan dan Umum	1	Rp. 35.000.000	Rp. 35.000.000
4.	KaBag. Proses dan Utilitas	1	Rp. 18.000.000	Rp. 18.000.000
5.	KaBag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1	Rp. 18.000.000	Rp. 18.000.000
6.	KaBag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	Rp. 18.000.000	Rp. 18.000.000
7.	KaBag. Keuangan dan Pemasaran	1	Rp. 18.000.000	Rp. 18.000.000
8.	KaBag. Administrasi	1	Rp. 18.000.000	Rp. 18.000.000
9.	KaBag Umum dan Keamanan	1	Rp. 18.000.000	Rp. 18.000.000

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	
			Perorang	jumlah
10.	Ka. Bag. K3 dan Lingkungan	1	Rp. 18.000.000	Rp. 18.000.000
11.	KaSek. Proses	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
12.	KaSek. Utilitas	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
13.	KaSek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
14.	KaSek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
15.	KaSek. Penelitian dan Pengembangan	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
16.	KaSek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
17.	KaSek. Keuangan	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
18.	KaSek. Pemasaran	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
19.	KaSek. Tata Usaha	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
20.	KaSek. Personalia	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
21.	KaSek. Humas	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
22.	KaSek. Keamanan	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
23.	KaSek. K3	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
24.	KaSek. Unit Pengolahan Limbah	1	Rp. 15.000.000	Rp. 15.000.000
25.	Operator Proses	24	Rp. 6.500.000	Rp. 156.000.000
26.	Operator Utilitas	12	Rp. 6.200.000	Rp. 74.400.000
27.	Karyawan Produksi	10	Rp. 5.500.000	Rp. 55.000.000
28.	Karyawan Utilitas	10	Rp. 5.500.000	Rp. 55.000.000
29.	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	7	Rp. 5.500.000	Rp. 38.500.000

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan	
			Perorang	jumlah
30.	Karyawan litbang	3	Rp. 6.000.000	Rp. 18.000.000
31.	Karyawan lab dan pengendalian mutu	6	Rp. 6.000.000	Rp. 36.000.000
32.	Karyawan Keuangan	3	Rp. 5.200.000	Rp. 15.600.000
33.	Karyawan Pemasaran	4	Rp. 5.200.000	Rp. 20.800.000
34.	Karyawan Tata Usaha	6	Rp. 5.000.000	Rp. 30.000.000
35.	Karyawan Personalia	6	Rp. 5.000.000	Rp. 30.000.000
36.	Karyawan Humas	4	Rp. 5.000.000	Rp. 20.000.000
37.	Karyawan K3	6	Rp. 5.500.000	Rp. 33.000.000
38.	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	3	Rp. 5.500.000	Rp. 16.500.000
39.	Dokter	2	Rp. 9.000.000	Rp. 18.000.00
40.	Perawat	4	Rp. 5.500.000	Rp. 22.000.000
41.	Supir	5	Rp. 4.800.000	Rp. 24.000.000
42.	Cleaning Service	6	Rp. 4.800.000	Rp. 28.800.000
43.	Security	8	Rp. 4.800.000	Rp. 38.400.000
Total		153	Rp. 562.500.000	Rp. 1.186.000.000

BAB XI

EVALUASI EKONOMI

Capital investment atau sering disebut *capex (Capital Expenditure)* merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan ketika akan memulai suatu proyek. Analisis ekonomi ini digunakan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak. Untuk itu, pada Pra Rancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah ini dibuat evaluasi ekonomi yang ditinjau dengan metode :

1. Evaluasi keuntungan pabrik
2. *Percent return on investement (ROI)*
3. *Pay out time (POT)*
4. *Break even point (BEP)*
5. *Shut down point (SDP)*

Untuk meninjau faktor-faktor di atas, maka diperlukan penaksiran terhadap beberapa faktor, diantaranya yaitu :

1. Perhitungan model investasi
 - a. Modal tetap (*Fixed Investment Capital*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital*)
2. Perhitungan biaya produksi
 - a. Biaya Pabrik (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

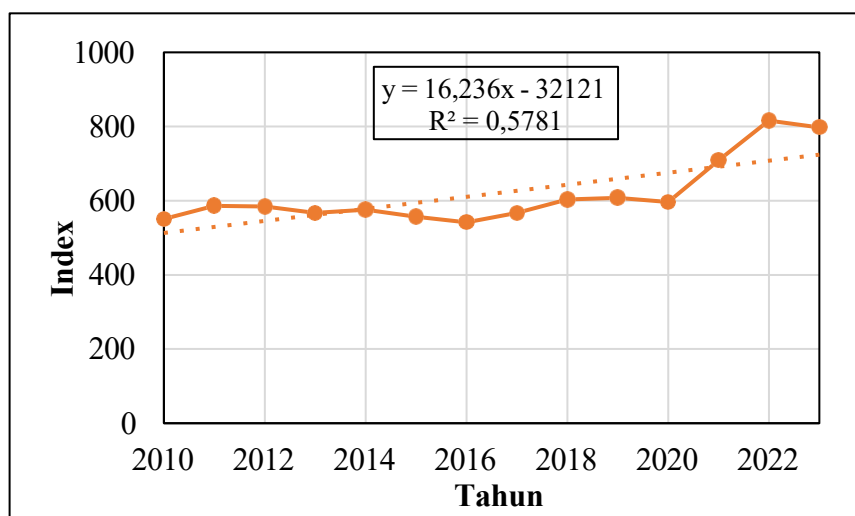
11.1 Penaksiran Harga Alat

Setiap tahun, harga alat proses selalu mengalami perubahan harga dikarenakan kondisi ekonomi yang terjadi serta cara pemakaiannya. Untuk mengetahui harga alat proses yang ada pada tahun 2030 dapat ditinjau dari harga alat proses tahun lalu berdasarkan indeks harga. Untuk memperkirakan harga alat proses tahun 2030 dapat dilakukan dengan persamaan regresi linier :

Tabel 11.1. Indeks Harga

Tahun	Indeks
2010	550,80
2011	585,70
2012	584,60
2013	567,30
2014	576,10
2015	556,80
2016	541,70
2017	567,50
2018	603,10
2019	607,50
2020	596,20
2021	708,80
2022	816,00
2023	797,90

Sumber: *Chemical Engineering Magazine*



Gambar 11.1. Grafik Indeks Harga Alat

Dari grafik diatas, maka persamaan liner untuk kenaikan indeks pertahun saat ini yaitu $y = 16,236x - 32121$, $R^2 = 0,5781$.

Maka didapat indeks harga pada tahun 2030 yaitu :

$$y = 16,236x - 32121$$

$$y = 16,236 (2030) - 32121$$

$$y = 838,08$$

Didapatkan harga indeks pada tahun 2030, maka dengan menggunakan metode penafsiran harga didapatkan harga peralatan proses seperti pada Tabel 11.2 dan peralatan utilitas pada tabel 11.3.

\$1 = Rp 16.954,35 (Bank Indonesia 04 Maret 2026 14.06 WIB)

Harga alat proses dapat dihitung dengan cara berikut :

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

Keterangan :

E_x = Harga alat pada tahun x

E_y = Harga alat pada tahun y

N_x = Indeks harga pada tahun x

N_y = Indeks harga pada tahun y

((Peters & Timmerhaus, 1991)

Selanjutnya dengan perhitungan yang sama ditafsir harga peralatan pada Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dapat dilihat pada tabel 11.2 dan 11.3.

Tabel 11.2 Perkiraan Harga Alat Proses

No	Nama Peralatan	Jumlah	Harga Tahun 2014	Harga Tahun 2030	
			\$	\$	Rp
1	Tangki Minyak Jelantah	1	96.600	140.529	2.382.571.115
2	Tangki Metanol	1	44.500	64.736	1.097.561.228
3	Tangki NaOH	1	6.800	9.892	167.717.221
4	Tangki Biodiesel	1	77.600	112.888	1.913.949.467
5	Tangki Gliserol	1	4.400	6.401	108.522.908
6	Mixer	1	9.300	13.529	229.377.964
7	Heater 1	1	1.600	2.328	39.462.876

No	Nama Peralatan	Jumlah	Harga Tahun 2014	Harga Tahun 2030	
			\$	\$	Rp
8	Heater 2	1	1.600	2.328	39.462.876
9	Heater 3	1	1.600	2.328	39.462.876
10	Reaktor Transesterifikasi	1	38.000	55.280	937.243.296
11	Dekanter	1	18.700	27.204	461.222.359
12	Pompa 1	1	4.900	7.128	120.855.057
13	Pompa 2	1	4.900	7.128	120.855.057
14	Pompa 3	1	4.900	7.128	120.855.057
15	Pompa 4	1	4.900	7.128	120.855.057
16	Pompa 5	1	4.900	7.128	120.855.057
17	Pompa 6	1	4.900	7.128	120.855.057
18	Menara Distilasi 1	1	48.657	70.784	1.200.090.711
19	Menara Distilasi 2	1	48.657	70.784	1.200.090.711
20	Cooler	1	4.000	5.819	98.657.189
21	Kondensor	2	25.600	37.242	631.406.010
22	Reboiler	2	34.200	49.752	843.518.966
TOTAL					12.115.448.111

Tabel 11.3 Perkiraan Harga Kebutuhan Utilitas

No	Nama Peralatan	Jumlah	Harga Tahun 2014	Harga Tahun 2030	
			\$	\$	Rp
1	Screening	1	24.100	35.059	594.409.564
2	Reservoir	1	1.714	2.493	42.274.605
3	Bak Koagulasi dan Flokulasi I	1	53.000	77.102	1.307.207.754
4	Bak Koagulasi dan Flokulasi 2	1	1.543	2.245	38.057.011
5	Bak Koagulasi dan Flokulasi 3	1	1.543	2.245	38.057.011
6	Sand Filter	1	15.200	22.112	374.897.318
7	Bak Air Penampung Sementara	1	1.100	1.600	27.130.727
8	Bak Air Pendingin	1	1.100	1.600	27.130.727
9	Cooling Tower	1	16.200	23.567	399.561.616
10	Bloer Cooling Tower	1	5.900	8.583	145.519.354

No	Nama Peralatan	Jumlah	Harga Tahun 2014	Harga Tahun 2030	
			\$	\$	Rp
11	Deaerator	1	5.000	7.274	123.321.486
12	Boiler	1	231.200	336.338	5.702.385.525
13	Tangki Alum	1	2.400	3.491	59.194.313
14	Tangki Klorinasi	1	3.400	4.946	83.858.611
15	Tangki Kaporit	1	1.900	2.764	46.862.165
16	Tangki Air Bersih	1	27.100	39.424	668.402.456
17	Tangki Service Water	1	11.400	16.584	281.172.989
18	Tangki Air Bertekanan	1	11.400	16.584	281.172.989
19	Mixed Bed	1	4.600	6.692	113.455.767
20	Tangki NaCl	1	2.800	4.073	69.060.032
21	Tangki Air Denim	1	15.100	21.967	372.430.889
22	Tangki Hydrazine	1	5.300	7.710	130.720.775
23	Pompa 1	1	5.500	8.001	135.653.635
24	Pompa 2	1	5.500	8.001	135.653.635
25	Pompa 3	1	5.500	8.001	135.653.635
26	Pompa 4	1	3.000	4.364	73.992.892
27	Pompa 5	1	5.500	8.001	135.653.635
28	Pompa 6	1	5.300	7.710	130.720.775
29	Pompa 7	1	5.400	7.856	133.187.205
30	Pompa 8	1	5.500	8.001	135.653.635
31	Pompa 9	1	5.500	8.001	135.653.635
32	Pompa 10	1	3.000	4.364	73.992.892
33	Pompa 11	1	3.000	4.364	73.992.892
34	Pompa 12	1	3.000	4.364	73.992.892
35	Pompa 13	1	3.000	4.364	73.992.892
36	Pompa 14	1	5.500	8.001	135.653.635
37	Pompa 15	1	3.000	4.364	73.992.892
38	Pompa 16	1	3.000	4.364	73.992.892
39	Pompa 17	1	5.000	7.274	123.321.486
40	Pompa 18	1	5.000	7.274	123.321.486
41	Pompa 19	1	3.000	4.364	73.992.892
42	Pompa 20	1	5.000	7.274	123.321.486
43	Pompa 21	1	3.000	4.364	73.992.892
44	Pompa 22	1	3.000	4.364	73.992.892
45	Tangki Bahan Bakar	1	6.300	9.165	155.385.073
46	Kompresor	1	6.300	9.165	155.385.073
Total					13.560.430.630

$$\begin{aligned}\text{Total harga peralatan} &= \text{Harga alat proses} + \text{Harga Alat utilitas} \\ &= \text{Rp. 25.675.878.742}\end{aligned}$$

Faktor keamanan (*safety factor*) sebesar 20%, maka :

$$\begin{aligned}\text{Harga total} &= (100\%+20\%) \times \text{Rp. 25.675.878.742} \\ &= \text{Rp. 30.811.054.490}\end{aligned}$$

11.2 Harga Tanah

$$\begin{aligned}\text{Harga tanah di Gresik} &= \text{Rp. 2.200.000/m}^2 \text{ (rumah123, 2026)} \\ \text{Total kebutuhan tanah pabrik} &= 10.679 \text{ m}^2 \\ \text{Total biaya pembelian tanah} &= \text{Harga tanah} \times \text{tanah kebutuhan pabrik} \\ &= \text{Rp. 2.200.000/m}^2 \times 10.679 \text{ m}^2 \\ &= \text{Rp. 23.493.800.000}\end{aligned}$$

11.3 Harga Bangunan

$$\begin{aligned}\text{Total luas bangunan} &= 7.279 \text{ m}^2 \\ \text{Harga bangunan} &= \text{Luas bangunan} \times \text{Upah bangunan} \\ &= 7.279 \text{ m}^2 \times \text{Rp. 725.000} \\ &= \text{Rp. 5.277.275.000}\end{aligned}$$

11.4 Harga Bahan Baku Proses

Tabel 11. 4 Harga Bahan Baku Proses

No	Nama	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Minyak Jelantah	350.174.295	Kg/Tahun	7.500	2.626.307.211.734
2	Metanol	58.362.382	Kg/Tahun	5.500	418.307.754.991
3	NaOH	3.501.743	Kg/Tahun	8.308	29.091.190.028
Total					2.976.391.505.419

11.5 Gaji Pegawai

Sesuai Tabel 10.3 total gaji karyawan	= Rp. 1.186.000.000 / bulan
Gaji Karyawan	= Rp. 1.186.000.000 x 12
	= Rp. 14.232.000.000 / tahun

11.6 Harga Produk

Kapasitas Produk	= 350.000 ton/tahun
	= 350.000.000 kg/tahun
Harga Produk	= Rp. 14.262
Harga Produk per Tahun	= Harga Produk x Kapasitas Produk
	= Rp. 14.262 x 350.000.000
	= Rp. 4.991.700.000.000

11.7 Penentuan Investasi Total

Fixed capital atau modal tetap dapat didefinisikan sebagai total biaya instalasi pemrosesan, bangunan, layanan tambahan, dan rekayasa yang terlibat dalam pembangunan pabrik baru. Biaya ini meliputi :

Harga Alat (E) = Rp. 30.811.054.490

Jenis pengeluaran	Persentase	Harga (Rp.)
Pemasangan Alat	25% E	6.162.210.898
Instrumentasi dan Kontrol	25% E	7.702.763.622
Perpipaan	30%E	9.243.316.347
Biaya Instalasi Listrik	20%E	6.162.210.898
Free on Board (FOB)	jumlah 1-4	29.270.501.765
Biaya Pengadaan Alat :		
• Biaya Angkutan (Kapal)	15%FOB	4.390.575.265
• Transport ke lokasi	20%Biaya angkutan	878.115.053
Pengembangan Lahan	10%E	3.081.105.449
Harga Tanah	-	23.493.800.000

1. ***Physical Plant Cost (PPC)***

Plant supplies cost (PPC) adalah biaya yang diperlukan untuk pengadaan pabrik. PPC ini diperoleh dari komponen pembelian alat, pemasangan, material dan upah buruh yang dibutuhkan untuk membangun plant ini.

$$\begin{aligned}\text{PPC} &= \text{Harga Alat} + \text{Harga Alat utilitas dan limbah} + \text{Harga Tanah} + \text{Harga} \\ &\quad \text{bangunan} + \text{Harga Bahan Baku dan Utilitas} + \text{Biaya pemasangan alat} \\ &\quad + \text{Biaya instrument dan control} + \text{biaya perpipaan} + \text{biaya instalasi} \\ &\quad \text{listrik} + \text{FOB} + \text{Biaya pengadaan alat} + \text{Biaya transportasi ke lokasi} \\ &\quad + \text{pengembangan lahan} \\ &= \text{Rp } 3.102.864.434.206\end{aligned}$$

2. ***Engineering and Construction (EC)***

Adalah biaya yang dikeluarkan dalam tahap pelaksanaan konstruksi.

EC diperoleh dari 20% PPC (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$\begin{aligned}\text{EC} &= 20\% \times \text{PPC} \\ &= \text{Rp. } 620.572.886.841\end{aligned}$$

3. ***Direct Plant Cost (DPC)***

Adalah biaya untuk bahan dan buruh yang aktif dalam pembangunan pabrik.

$$\begin{aligned}\text{DPC} &= \text{PPC} + \text{EC} \\ &= \text{Rp. } 3.200.179.085.541 + \text{Rp. } 640.035.817.108 \\ &= \text{Rp. } 3.723.437.321.047\end{aligned}$$

4. ***Contractors Fee (CF)***

Biaya ini bervariasi pada situasi yang berbeda-beda, namun dapat diperkirakan sekitar 6-30% dari total direct cost, diambil sebesar 6% (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$\begin{aligned}\text{Biaya jasa kontraktor} &= 6\% \times \text{DPC} \\ &= 0,06 \times \text{Rp. } 3.840.214.902.649 \\ &= \text{Rp. } 223.406.239.263\end{aligned}$$

5. *Contingency Cost (CC)* atau **Biaya Tak terduga**

Adalah dana cadangan untuk mengantisipasi setiap risiko yang dirasakan akan dialami dalam pelaksanaan suatu proyek.

$$\begin{aligned} \text{CC} &= 15\% \times \text{DPC} \\ &= 15\% \times \text{Rp. } 3.840.214.902.649 \\ &= \text{Rp. } 558.515.598.157 \end{aligned}$$

6. *Fixed Capital Investment (FCI)*

Adalah modal yang diperlukan untuk mendirikan suatu pabrik yang meliputi peralatan, pemasangan alat, dan fasilitas lain sehingga pabrik dapat beroperasi (Yunita & Solihatin, 2024).

$$\begin{aligned} \text{FCI} &= \text{DPC} + \text{CF} + \text{C} \\ &= \text{Rp. } 3.723.437.321.047 + \text{Rp. } 223.406.239.263 + \text{Rp. } 558.515.598.157 \\ &= \text{Rp. } 4.505.359.158.467 \end{aligned}$$

11.8 Biaya Pembuatan Pabrik

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Manufacturing cost merupakan biaya yang dikeluarkan untuk proses pembuatan produk.

$$\text{Harga Jual Produk} = \text{Rp. } 4.991.700.000.000 / \text{tahun}$$

Jenis pengeluaran	Persentase	Harga (Rp.)
<i>Labor Cost</i> (Gaji Karyawan)	-	14.232.000.000
<i>Supervision</i>	25% Gaji	3.558.000.000
<i>Maintenance</i>	6%FCI	270.321.549.508
<i>Plant Supplies</i>	15%maintenance	40.548.232.426
<i>Royalty and Patent</i>	1% harga jual produk	49.917.000.000
<i>Utilities</i>	-	2.192.498.862.915
Total DMC		2.571.75.644.849

2. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Jenis pengeluaran	Persentase	Harga (Rp.)
<i>Payroll overhead</i>	15%Gaji	2.134.800.000
Laboratorium	15%Gaji	2.134.800.000
<i>Plant Overhead</i>	15%Gaji	7.116.000.000
<i>Packaging & Shipping</i>	10%harga jual produk	499.170.000.000
Total IMC		510.555.600.000

3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Jenis pengeluaran	Persentase	Harga (Rp.)
<i>Depreciation</i>	8%FCI	360.428.732.677
<i>Property Taxes</i>	1%FCI	45.053.591.585
<i>Insurance</i>	1%FCI	45.053.591.585
Total FMC		450.535.915.847

Total Manufacturing Cost = DMC + IMC + FMC
= Rp. 3.532.167.160.696

11.9 Modal Kerja (*Working Capital*)

Jenis pengeluaran	Persentase	Harga (Rp.)
<i>Raw-material inventory</i> (Stok Bahan Baku)	1/12 x FMC	37.544.659.654
<i>In-Process Inventory</i>	1,5 x FMC	675.803.873.770
<i>Production inventory</i>	1/12 x FMC	37.544.659.654
<i>Extended Credit</i>	1/12 x harga jual produk	415.975.000.000
<i>Available Cash</i>	1/12 x FMC	37.544.659.654
Total Working Capital		1.204.412.852.732

Total capital investment (TCI) = FCI + WC

$$= \text{Rp. } 5.709.772.011.199$$

11.10 Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Jenis pengeluaran	Persentase	Harga (Rp.)
Administrasi	3% x FMC	13.516.077.475
<i>Sales Promotion</i>	5% x FMC	60.220.642.637
<i>Research</i>	2% x Penjualan	99.834.000.000
<i>Finance</i>	2% x FMC	24.088.257.055
Total General Expenses		197.658.977.167

11.11 Biaya Produksi (*Production Cost*)

$$\begin{aligned} \text{Total biaya produksi} &= \text{MC} + \text{GE} \\ &= \text{Rp. } 3.729.826.137.862 \end{aligned}$$

11.12 Analisis Keuntungan

Keuntungan pabrik dapat dianalisa berdasarkan 2 bagian, yaitu :

- Keuntungan sebelum pajak (Laba kotor)

Sebelum Pajak	= Total penjualan – total biaya produksi
	= Rp. 1.261.873.862.138
Pajak penghasilan	= 30% x Rp. 1.261.873.862.138
	= Rp. 378.562.158.641
- Keuntungan setelah pajak (Laba bersih)

Setelah pajak	= Laba kotor – Pajak penghasilan
	= Rp. 883.311.703.497

Nilai penerimaan *Cash Flow* sebelum pajak (C_{Abt}) :

$$\begin{aligned} C_{Abt} &= \text{Laba kotor} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp. } 1.261.873.862.138 + \text{Rp. } 360.428.732.677 \\ &= \text{Rp. } 1.622.302.594.815 \end{aligned}$$

Nilai penerimaan *Cash Flow* sesudah pajak (C_{Aat}) :

$$\begin{aligned}C_{Aat} &= \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat} \\&= \text{Rp. } 883.311.703.497 + \text{Rp. } 360.428.732.677 \\&= \text{Rp. } 1.243.740.436.174\end{aligned}$$

11.13 *Return On Investment (ROI)*

Roi merupakan pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebuah usaha untuk dapat mengembalikan modal.

a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned}\text{ROI} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\&= \frac{\text{Rp. } 1.261.873.862.138}{\text{Rp. } 3.532.167.160.696} \times 100\% \\&= 34\%\end{aligned}$$

b. ROI setelah pajak

$$\begin{aligned}\text{ROI} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\&= \frac{\text{Rp. } 883.311.703.497}{\text{Rp. } 3.532.167.160.696} \times 100\% \\&= 24\%\end{aligned}$$

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 34% dan setelah pajak 24%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% (Aries, 1954).

11.14 *Pay of Time (POT)*

POT merupakan lama tahun pengembalian modal investasi dari laba.

a. POT sebelum pajak

$$\begin{aligned}\text{POT} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cashflow sebelum pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\&= \frac{\text{Rp. } 3.532.167.160.696}{\text{Rp. } 1.622.302.594.815} \times 1 \text{ tahun} \\&= 2,30 \text{ tahun}\end{aligned}$$

b. POT sesudah pajak

$$\begin{aligned} \text{POT} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cashflow sesudah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{\text{Rp. 3.532.167.160.696}}{\text{Rp. 1.243.740.436.174}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 3,00 \text{ tahun} \end{aligned}$$

POT selama 3 tahun merupakan jangka waktu pengembalian modal dengan asumsi bahwa perusahaan beroperasi dengan kapasitas penuh tiap tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah adalah maksimal 5 tahun (Aries, 1954).

11.15 Break Event Point (BEP)

BEP merupakan titik tengah dimana ketika pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi.

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

Keterangan :

Fa = Annual Fixed Manufacturing Cost

Ra = Annual Regulated Expense

Sa = Annual Sales Value

Va = Annual Variable Expense

Dimana :

Fa = Rp. 450.535.915.847

Ra = Rp. 537.704.359.101

Sa = Rp. 4.991.700.000.000

Va = Rp. 2.779.130.522.569

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{Rp.450.535.915.847} + 0,3 (\text{Rp.537.704.359.101})}{(\text{Rp.4.991.700.000.000} - \text{Rp.2.779.130.522.569} - 0,7 (\text{Rp.537.704.359.101}))} \times 100\% \\ &= 33,32\% \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 33,32 % x 350.000 ton/tahun
= 116.626,34 ton/tahun

11.16 *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point merupakan titik kapasitas minimal pabrik masih dapat beroperasi.

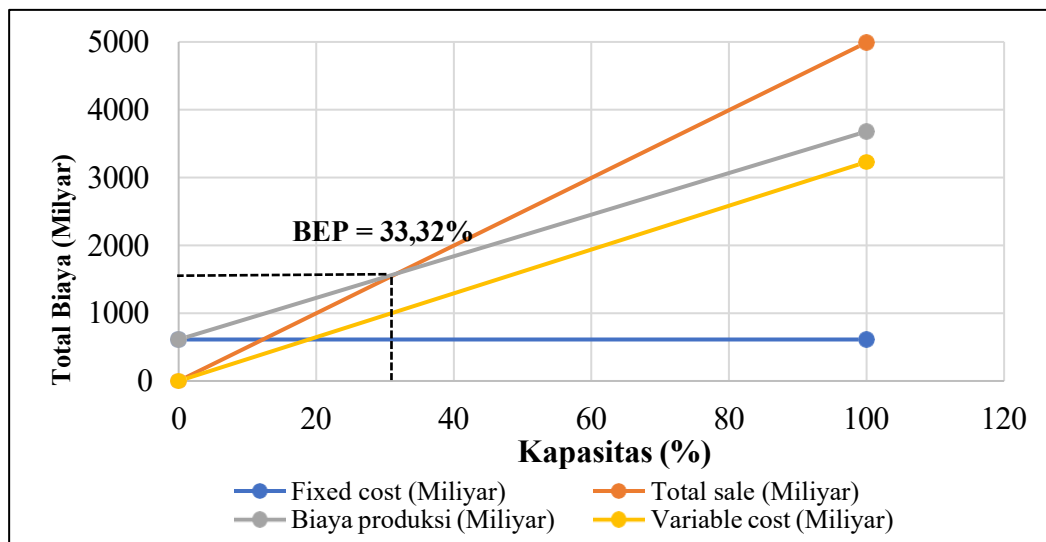
$$SDP = \frac{0,3 Ra}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\%$$

$$SDP = \frac{0,3 (Rp.537.704.359.101)}{(Rp.4.991.700.000.000 - Rp.2.779.130.522.569 - 0,7 (Rp.537.704.359.101))} \times 100\% = 8,79\%$$

Titik *Shut Down Point* terjadi pada kapasitas penjualan :

$$= 8,79\% \times Rp. 4.991.700.000.000$$

$$= Rp. 438.529.567.948,16$$



Gambar 11.2. Grafik *Break Event Point* (BEP)

BAB XII

KESIMPULAN

Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dirancang dengan kapasitas 350.000 ton/tahun akan didirikan di Gresik dengan luas tanah 10.679 m². Pabrik beroperasi selama 330 hari efektif setiap tahun dan 24 jam/hari. Bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah tenaga kerja yang diserap sebanyak 153 orang. Sesuai perhitungan analisa ekonomi dapat diketahui :

- a. ROI untuk pabrik ini 34% sebelum pajak dan 24% setelah pajak.
- b. POT untuk pabrik ini adalah 2,3 tahun sebelum pajak dan 3,0 tahun setelah pajak.
- c. *Break Event Point* (BEP) Adalah 33,32%.

Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi di atas, maka perancangan pabrik biodiesel dari minyak jelantah dengan metode transesterifikasi dapat dilanjutkan ketahap perancangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Ghifari, M. I., & Samik, S. (2023). Review: Pembuatan Biodiesel Dengan Metode Transesterifikasi Menggunakan Katalis Berbahan Limbah Tulang. *UNESA Journal of Chemistry*, 12(1), 3.
- Amin, B. R., & Septiana, Y. A. (2023). Pra rancangan pabrik biodiesel dari limbah minyak goreng kapasitas 30.000 ton/tahun. Universitas Islam Indonesia.
- ‘Ammar, T., & Ramadhan, Y. B. (2021). Prarancangan pabrik biodiesel dari minyak jelantah dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi kapasitas 10.000 ton/tahun. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Aries, R. S. (1954). *Chemical Engineering Cost Estimation*.
- APROBI. (2022). Harga yang Tinggi Jadi Momok Serapan Biodiesel Minyak Jelantah.
- APROBI. (2025). Peta Industri Biodiesel Kapasitas Terpasang Aktif di Indonesia Tahun 2025.
- DEN (Dewan Energi Nasional). (2023). *Indonesia Energy Outlook 2023*. Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- Diamond, I. (2024). Minyak Jelantah untuk Energi Berkelanjutan. CNBC Indonesia.
- Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit. (2024). Diolah dari Kelapa Sawit, Manfaat Biodiesel Banyak Tak Disadari di Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik. (2025). Kabupaten Gresik Dalam Angka 2025 (Vol. 23). Gresik: BPS Kabupaten Gresik.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor. (2025). Kabupaten Bogor Dalam Angka 2025 (Vol. 42). Bogor: BPS Kabupaten Bogor.
- Badan Standardisasi Nasional. (2024). Penetapan SNI 7182:2024 Biodiesel untuk Campuran Bahan Bakar Minyak Solar Sebagai Revisi dari SNI 7182:2025 Biodiesel. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. (2023). *Statistik Minyak dan Gas Bumi 2023*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

- Fathullah, A. N., Wahyuni, R. A. T., Fawwaz, A., Islami, E. A., & Salsabila, K. F. (2025). *Tata Kelola Kebijakan di Indonesia Terhadap Isu Ekspansi Kelapa Sawit*. 5(2), 176–193.
- Green, D. W., & Perry, R. H. (2008). *Perry's chemical engineers' handbook* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Hidayat, A., Paryono, & Partono. (2017). *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Solar , Bio-Solar Dan Pertamina Dex Terhadap Opasitas Gas Buang Pada Mesin Diesel Commonrail D-4d Turbocharger*. 1(2).
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2025). *Wujudkan Ketahanan Energi dan Kurangi Impor, Menteri ESDM: Mandatori B40 Berlaku 1 Januari 2025* (Siaran Pers Nomor 001.Pers/04/SJI/2025). Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2024). “Buletin Konsumsi Pangan”.
- Greenia. (2025). Bahaya Limbah Minyak Jelantah bagi Lingkungan dan Kesehatan Manusia.
- Kharimah, N. C., & Putri, S. D. (2024). Pra rancangan pabrik biodiesel dari minyak nyamplung dengan kapasitas 30.000 ton/tahun. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Knothe, G., Van Gerpen, J., & Krahl, J. 2015. *The Biodiesel Handbook*. 2nd Edition. Urbana, Illinois: AOCS Press.
- Laia, K. (2024). Potensi Minyak Jelantah untuk Energi Terbarukan.
- Nafiah, A. D., & Fauziah, I. S. (2020). Pra rancangan pabrik biodiesel dari minyak jelantah (waste cooking oil) kapasitas 16.000 ton/tahun. Universitas Islam Indonesia.
- Nisa, K. (2021). Tugas Akhir Analisis Timbulan Minyak Jelantah Dari Rumah Makan Dan Pedagang Kaki Lima Di Kawasan Malioboro Pada Masa Pandemi Covid-19. Diakses dari
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Setyadi, P., & Wibowo, C. S. (2015). *Pengaruh Pencampuran Minyak Solar dengan Biodiesel pada Nilai Angka Setana*. 93–99.

- Suryatini, K. Y., & Milati, N. M. (2023). Pemanfaatan Potensi Minyak Goreng Bekas (Jelantah) sebagai Biodiesel. XII, 116–125.
- Sutanto, C. F., Wiryawan, F. P., & Kurniawansyah, F. (2021). Pra Rancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Metode Transesterifikasi dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), 210–215.
- Saru, M. V. V. (2022). Pabrik Biodiesel Dari Palm Fatty Acid Distillate Dengan Proses Transesterifikasi Kapasitas 60.000 Ton/Tahun.
- Van Gerpen, J., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D., & Knothe, G. (2004). *Biodiesel production technology*. National Renewable Energy Laboratory (NREL)
- Traction Energy Asia. (2023). Minyak jelantah sisa dapur rumah tangga RI bisa suplai 10% biodiesel nasional.
- Treybal, R. E. (1980). *Mass-transfer operations* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Tripatra. (2024). *Supporting Energy Transition, Tripatra Strengthens the Development of the Biofuel Ecosystem*.
- Yunita, I., & Solihatin, A.A. (2024). Prarancangan Pabrik Asam Lemak (*Fatty Acid*) Berbahan Baku Cpo Kapasitas 77.000 Ton/Tahun.

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN NERACA MASSA

Perhitungan Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi : 350.000 ton/tahun

Waktu operasi : 330 hari/tahun

1 hari kerja : 24 jam

Waktu operasi : 1 jam

Basis perhitungan : 1.000 kg/jam

Kapasitas produksi dalam 1 jam operasi

$$= \frac{350.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{330 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = 44.191,92 \text{ kg/jam}$$

Neraca Massa Tiap Alat

Neraca massa tanpa reaksi :

$$\text{Akumulasi} = \text{Input} - \text{Output} + \text{generasi} - \text{konsumsi}$$

Asumsi proses dalam keadaan steady state sehingga akumulasi = 0. Karena tidak ada reaksi sehingga generasi dan konsumsi = 0, maka persamaan neraca massa menjadi :

$$0 = \text{Input} - \text{Output} + 0 - 0$$

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

Neraca massa dengan reaksi :

$$\text{Akumulasi} = \text{Input} - \text{Output} + \text{generasi} - \text{konsumsi}$$

Asumsi proses dalam keadaan steady state, sehingga akumulasi = 0, maka persamaan neraca massa menjadi :

$$0 = \text{Input} - \text{Output} + \text{generasi} - \text{konsumsi}$$

$$\text{Input} = \text{Output} - \text{generasi} + \text{konsumsi}$$

Penentuan Laju Alir Biodiesel

$$\begin{aligned}\text{BM Biodiesel} &= 296 \text{ kg/mol} \\ \text{Mol Biodiesel} &= \frac{44.191,92 \text{ kg/jam}}{296 \text{ kg/mol}} \\ &= 149,30 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Trigliserida} &= \frac{1}{3} \times 149,30 \text{ kmol/jam} \\ &= 49,77 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

Penentuan Laju Alir Umpan

Konversi reaksi ditentukan sebesar 99,5% pada suhu 60°C.

$$\begin{aligned}\text{Mol Trigliserida input} &= \frac{\text{mol bereaksi}}{\text{konversi}} \\ &= \frac{49,77 \text{ kmol/jam}}{0,995} \\ &= 50,02 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

$$\text{BM Trigliserida} = 884 \text{ kg/mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Trigliserida input} &= n \times \text{BM} \\ &= 50,02 \text{ kmol/jam} \times 884 \text{ kg/mol} \\ &= 44.214 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\text{BM Metanol} = 32 \text{ kg/mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol metanol input} &= 6 \times \text{mol trigliserida mula-mula} \\ &= 6 \times 50,02 \text{ kmol/jam} \\ &= 300,09 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa metanol input} &= n \times \text{BM} \\ &= 300,09 \text{ kmol/jam} \times 32 \text{ kg/mol} \\ &= 9603,02 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan katalis

$$\begin{aligned}\text{mNaOH} &= 1\% \times \text{massa trigliserida mula-mula} \\ &= 1\% \times 44.214 \text{ kg/jam} \\ &= 442,14 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

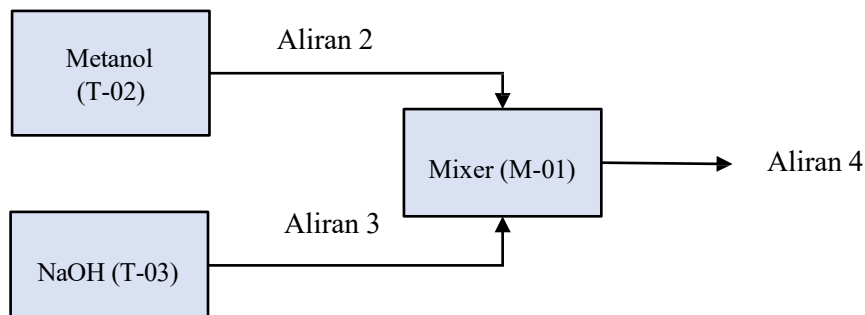
Penentuan produk gliserol

BM Gliserol = 92 kg/mol
 Mol gliserol = 49,77 kmol/jam
 Massa gliserol = $n \times \text{BM}$
 = 49,77 kmol/jam $\times$ 92 kg/mol
 = 4.578,44 kg/jam

	$\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$	+	$3\text{CH}_3\text{OH}$	$\rightarrow$	$3\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	+	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
m	50,02		300,09		-		-
r	49,77		149,30		-		-
s	0,25		150,80		149,30		49,77

1. Neraca Massa pada Mixer (M-01)

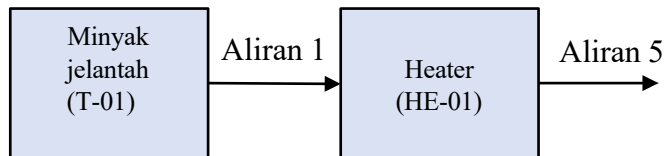
Mixer (M-01) berfungsi untuk mencampurkan metanol dan katalis NaOH sebelum dialirkan ke reaktor.



Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4
Metanol	9.603,02	0	9.603,02
NaOH	0	442,14	442,14
Total	9.603,02	442,14	10.045,16

2. Neraca Massa pada Heater (HE-01)

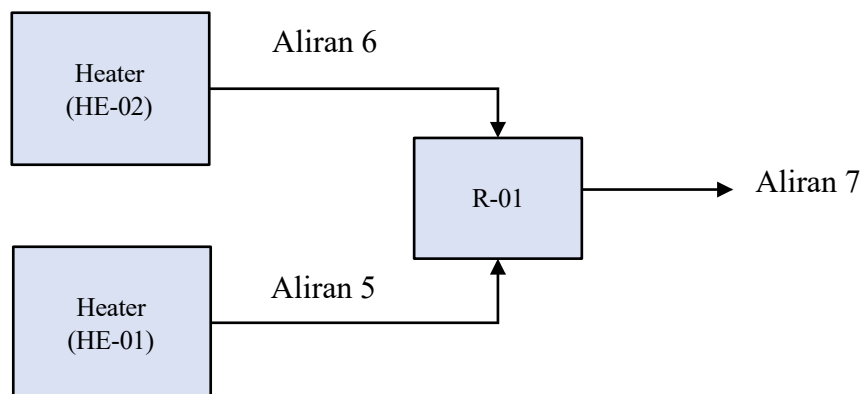
Heater HE-01 digunakan untuk menaikkan temperatur minyak jelantah sebelum masuk ke reaktor dari 30°C ke 60°C.



Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Aliran 1	Aliran 5
Minyak Jelantah (Trigliserida)	44.214	44.214
Total	44.214	44.214

3. Neraca Massa Reaktor Transesterifikasi

Reaktor R-01 berfungsi untuk mengkonversi trigliserida menjadi metil ester dan gliserol dengan katalis basa NaOH.

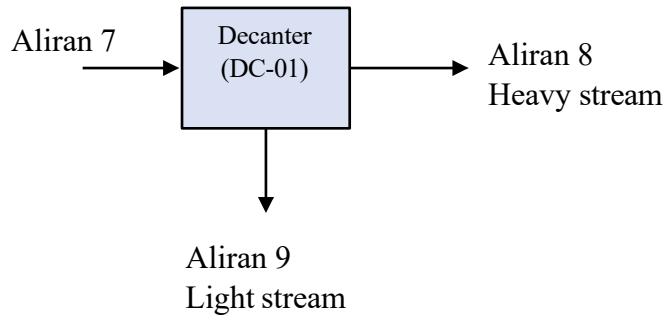


Neraca Massa pada Reaktor Transesterifikasi (R-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
Trigliserida	44.214	221,07
Metanol	9.603,02	4.825,52
NaOH	442,14	442,14
Gliserol	-	4.578,44
Biodisel	-	44.191,92
Total	54.259,09	54.259,09

4. Neraca Massa pada Decanter (DC-01)

Decanter (DC-01) digunakan untuk memisahkan fasa ringan dan fasa berat berdasarkan perbedaan densitas.



Neraca Massa pada Decanter (DC-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	aliran 7	aliran 8	aliran 9
Trigliserida	221,07	221,07	0
Metanol	4.825,52	4.825,52	0
NaOH	442,14	0	442,14
Gliserol	4.578,44	0	4.578,44
Biodisel	44.191,92	44.191,92	0
Total	54.259,09	49.238,51	5.020,58

5. Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-01)

MD-01 berfungsi untuk memisahkan metil ester dari campuran metanol dan trigliserida.

Komposisi Umpan Masuk Pada Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	kmol/jam	kg/jam	fraksi mol	fraksi berat	Titik Didih
Trigliserida	0.25	221.07	0,0008	0,0045	606,75°C
Metanol	150.8	4.825.52	0,5021	0,0980	64,7°C
Biodiesel	149.3	44.191.92	0,4971	0,8975	375,36°C

Diasumsikan :

- Sebagai komponen ringan (Light Key) adalah metanol dan sedikit trigliserida

- Sebagai komponen berat (Heavy Key) adalah Biodiesel dan trigliserida
- Metanol yang diinginkan 99% dari umpan berada di Distilat & 1% berada di produk bottom

$$\begin{aligned}\text{Massa Metanol Distilat} &= 0.99 \times \text{massa metanol} \\ &= 4.777.26 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Metanol Distilat} &= \frac{\text{massa metanol distilat}}{\text{BM metanol}} \\ &= 149.3 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa metanol bottom} &= \text{Massa metanol umpan} - \text{massa metanol distilat} \\ &= 4.825.52 - 4.777.26 \\ &= 48.26 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol metanol bottom} &= \frac{\text{massa metanol bottom}}{\text{BM metanol}} \\ &= 1,5 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

- Trigliserida yang berada di Distilat 0,1% dan 0,99% berada di produk bottom

$$\begin{aligned}\text{Massa Trigliserida Distilat} &= 0.001 \times \text{massa trigliserida} \\ &= 0.22 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Trigliserida Distilat} &= \frac{\text{massa trigliserida distilat}}{\text{BM trigliserida}} \\ &= 0.0003 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Trigliserida bottom} &= \text{Massa trigliserida umpan} - \text{massa trigliserida distilat} \\ &= 221.07 - 0.22 \\ &= 220.85 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Trigliserida bottom} &= \frac{\text{massa trigliserida bottom}}{\text{BM trigliserida}} \\ &= 0,25 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

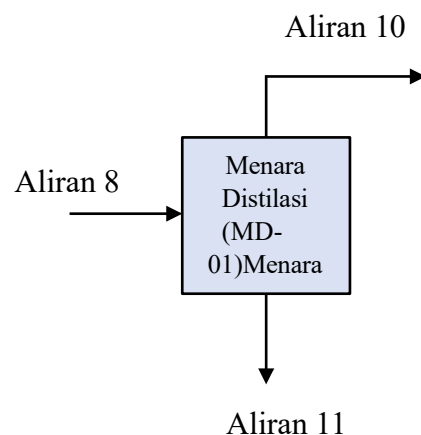
- Biodiesel sebagai Heavy Key yang diinginkan 1% dari umpan berada di Distilat dan 99% di Bottom

$$\begin{aligned}\text{Massa Biodiesel Distilat} &= 0.01 \times \text{massa biodiesel} \\ &= 441.92 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Biodiesel Distilat} &= \frac{\text{massa biodiesel distilat}}{\text{BM biodiesel}} \\ &= 1,5 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Biodiesel bottom} &= \text{Massa biodiesel umpan} - \text{massa} \\ &\quad \text{biodiesel distilat} \\ &= 44.191.92 - 441.92 \\ &= 43.750 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Biodiesel bottom} &= \frac{\text{massa biodiesel bottom}}{\text{BM biodiesel}} \\ &= 147,8 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$



Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	aliran 8	aliran 10	aliran 11
Trigliserida	221,07	0,0003	220,85
Metanol	4.825,52	4.777,26	48,26
Biodisel	44.191,92	441,92	4.3750
Total	49.238,51	5.219,18	44.019,10

Penentuan Kondisi Operasi

Komposisi bahan masuk Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Massa (kg)	kmol	fraksi mol (xi)
Trigliserida	221,07	0.25	0,0008
Metanol	4.825,52	150,80	0,5021
Biodisel	44.191,92	149,30	0,4971
Total	49.238,51	300,35	

Koefisien Antoine untuk masing - masing komponen

Komponen	A	B	C
Trigliserida	6,6759	2.618,447	40,00
Metanol	8,0840	1.580,4585	239,096
Biodisel	7,0604	2.296,2868	171,334

Temperatur komponen yang masuk Menara Distilasi I : 60°C

$$\log_{10} P_i^{\text{sat}} = A - \frac{B}{T+C} \quad (\text{Yaws, 1999})$$

$$P_{\text{dew}} = \frac{1}{\frac{y_1}{P_1^{\text{sat}}} + \frac{y_2}{P_2^{\text{sat}}}} \quad P_{\text{bubble}} = x_1 P_1^{\text{sat}} + x_2 P_2^{\text{sat}}$$

$$P_{\text{operasi}} = \frac{P_{\text{dew}} + P_{\text{bubble}}}{2}$$

Sehingga didapat :

$$P_{\text{dew}} = 0.00274 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{bubble}} = 316.73 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{operasi}} = 158.37 \text{ mmHg}$$

6. Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-02)

Menara Destilasi II (MD-02) berfungsi untuk memisahkan metanol sebagai produk atas untuk *direcycle* dan trigliserida sebagai produk bawah yang dialirkan ke unit pengolahan limbah.

Diasumsikan :

- Metanol yang diinginkan 99,5% dari umpan berada di Distilast & 0,5% berada di produk bottom

$$\begin{aligned}\text{Massa Metanol Distilat} &= 0.99 \times \text{massa metanol} \\ &= 4.753.38 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Metanol Distilat} &= \frac{\text{massa metanol distilat}}{\text{BM metanol}} \\ &= 148,5 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

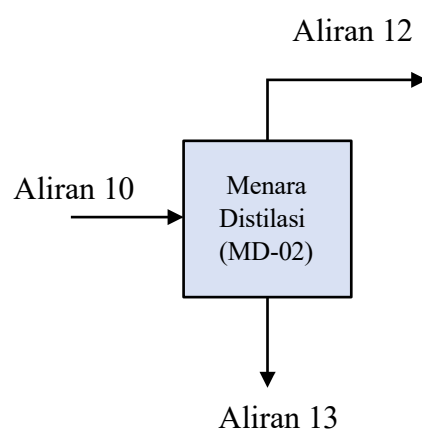
$$\begin{aligned}\text{Massa metanol bottom} &= \text{Massa metanol umpan} - \text{massa metanol distilat} \\ &= 4.777,26 - 4.753,38 \\ &= 23,89 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol metanol bottom} &= \frac{\text{massa metanol bottom}}{\text{BM metanol}} \\ &= 0.7464 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$

- Triglicerida yang berada di produk bottom 100%

$$\begin{aligned}\text{Massa trigliserida bottom} &= \text{Massa trigliserida umpan} - \text{massa trigliserida distilat} \\ &= 0.0003 - 0 \\ &= 0.0003 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Trigliserida bottom} &= \frac{\text{massa trigliserida bottom}}{\text{BM trigliserida}} \\ &= 0.0000008 \text{ kmol/jam}\end{aligned}$$



Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	aliran 10	aliran 12	aliran 13
Trigliserida	0,0003	0	0,0003
Metanol	4.777,26	4.753,38	23,89
Total	4.777,26	4.753,38	23,89

Penentuan Kondisi Operasi

Komposisi bahan masuk Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Massa (kg)	kmol
Trigliserida	0.0003	0,00000005
Metanol	4777,26	0,99999995

Koefisien Antoine untuk masing - masing komponen

Komponen	A	B	C
Trigliserida	6,6759	2.618,447	40,00
Metanol	8,0840	1.580,4585	239,096

Temperatur komponen yang masuk Menara Distilasi I : 60°C

$$\log_{10} P_i^{\text{sat}} = A - \frac{B}{T+C} \quad (\text{Yaws, 1999})$$

$$P_{\text{dew}} = \frac{1}{\frac{y_1}{P_1^{\text{sat}}} + \frac{y_2}{P_2^{\text{sat}}}} \quad P_{\text{bubble}} = x_1 P_1^{\text{sat}} + x_2 P_2^{\text{sat}}$$

$$P_{\text{operasi}} = \frac{P_{\text{dew}} + P_{\text{bubble}}}{2}$$

Sehingga didapat :

$$P_{\text{dew}} = 630.84 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{bubble}} = 5.9 \times 10^{-13} \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{operasi}} = 315.42 \text{ mmHg}$$

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

Perhitungan Kapasitas Rancangan

Kapasitas produksi : 350.000 ton/tahun

Waktu operasi : 330 hari/tahun

1 hari kerja : 24 jam

Waktu operasi : 1 jam

Basis perhitungan : 1.000 kg/jam

Kapasitas produksi dalam 1 jam operasi

$$= \frac{350.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}}}{330 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} = 44.191,92 \text{ kg/jam}$$

Tref : 25 °C (298 K)

Tabel Data Cp

Komponen	Cp (kJ/kg°K)	Referensi
Trigliserida	2	Perry & Green, 2008
Metanol (cair)	2,51	Perry & Green, 2008
Biodiesel (FAME)	2,1	Van Gerpen dkk., 2004
Gliserol	2,4	Perry & Green, 2008
Campuran metanol–NaOH	2,8	Treybal, 1980

1. Neraca Panas pada Heater (HE-01)

Tref = 25 °C = 298 K

Tin = 30°C = 303 K

Tout = 60°C = 333 K

Massa Minyak = 44.214 kg/jam

Cp = 2 kJ/kg°K

Qin = m x Cp x (Tin – Tref)

= 44.214 kg/jam x 2 kJ/kg°K x (303 – 298)K

$$\begin{aligned}
&= 44.139 \text{ kJ/jam} \\
Q_{\text{supply (steam)}} &= m \times C_p \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) \\
&= 44.214 \text{ kg/jam} \times 2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times (333 - 303)\text{K} \\
&= 2.652.836 \text{ kJ/jam} \\
Q_{\text{out}} &= m \times C_p \times (T_{\text{out}} - T_{\text{ref}}) \\
&= 44.214 \text{ kg/jam} \times 2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times (333 - 298)\text{K} \\
&= 3.094.975 \text{ kJ/jam}
\end{aligned}$$

Neraca Panas pada Heater (HE-01)

Aliran	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Minyak masuk (30°C)	442.139	-
Minyak keluar (60°C)	-	3.094.975
Beban Steam	2.652.836	-
Total	3.094.975	3.094.975

2. Neraca Panas pada Heater (HE-02)

$$\begin{aligned}
T_{\text{ref}} &= 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K} \\
T_{\text{in}} &= 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K} \\
T_{\text{out}} &= 60^\circ\text{C} = 333 \text{ K} \\
\text{Massa camp.} &= 10.045,16 \text{ kg/jam} \\
C_p &= 2,8 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \\
Q_{\text{in}} &= m \times C_p \times (T_{\text{in}} - T_{\text{ref}}) \\
&= 10.045,16 \text{ kg/jam} \times 2,8 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times (303 - 298)\text{K} \\
&= 140.632 \text{ kJ/jam} \\
Q_{\text{supply (steam)}} &= m \times C_p \times (T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) \\
&= 10.045,16 \text{ kg/jam} \times 2,8 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times (303 - 298)\text{K} \\
&= 843.794 \text{ kJ/jam} \\
Q_{\text{out}} &= m \times C_p \times (T_{\text{out}} - T_{\text{ref}}) \\
&= 10.045,16 \text{ kg/jam} \times 2,8 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times (333 - 298)\text{K} \\
&= 984.426 \text{ kJ/jam}
\end{aligned}$$

Neraca Panas pada Heater (HE-02)

Aliran	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Campuran masuk (30°C)	140.632	-
Campuran keluar (60°C)	-	984.426
Beban Steam	843.794	-
Total	984.426	984.426

3. Neraca Panas pada Reaktor Transesterifikasi (R-01)

- Perhitungan Panas Masuk (Qin)

Dari HE-01 (Minyak 60°C) = 3.094.975 kJ/jam

Dari HE-02 (Metanol 60°C) = 984.426 kJ/jam

Total Qin = 4.079.402 kJ/jam

- Perhitungan Panas Keluar (Qout)

Berdasarkan neraca massa, komponen keluar reaktor

Komponen	Output (kg/jam)	Cp (kJ/kg°K)
Trigliserida	221,07	2
Metanol	4.825,52	2,51
Gliserol	4.578,44	2,4
Biodisel	44.191,92	2,1
Total	54.259,09	

$Q_{biodiesel} = m \times C_p \times (T_{in} - T_{ref})$

= 3.248.106,06 kJ/jam

$Q_{metanol} = m \times C_p \times (T_{in} - T_{ref})$

= 423.921,92 kJ/jam

$Q_{trigliserida} = m \times C_p \times (T_{in} - T_{ref})$

= 15.474,87 kJ/jam

$Q_{gliserol} = m \times C_p \times (T_{in} - T_{ref})$

= 384.589,13 kJ/jam

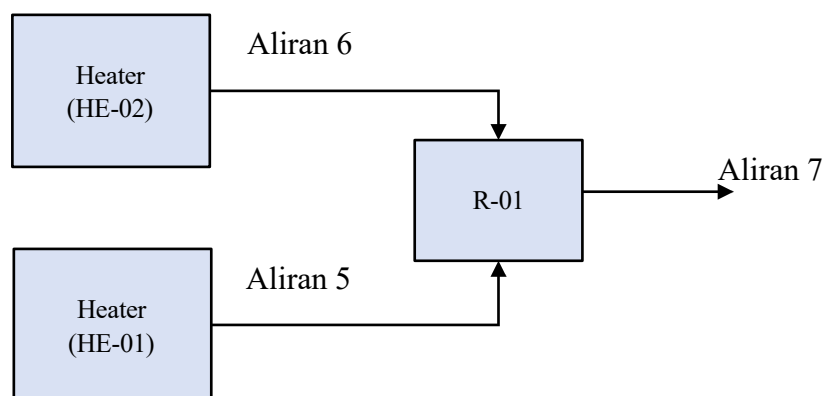
$$\text{Total} = 4.072.091,99 \text{ kJ/jam}$$

- Penentuan Panas Reaksi (ΔH_{rx})

$$\begin{aligned}\Delta H_{rx} &= Q_{out} - Q_{in} \\ &= -7309,01 \text{ kJ/jam}\end{aligned}$$

Nilai negatif menunjukkan reaksi bersifat Eksotermis (melepas panas).

Agar suhu tetap 60°C , panas ini harus dikeluarkan dari sistem.



Neraca Panas pada Reaktor Transesterifikasi (R-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Aliran umpan trigliserida	3.094.975,00	-
Aliran umpan metanol	984.426,00	-
Aliran produk keluar	-	4.072.091,99
Panas reaksi (ΔH)	-	7.309,01
Total	4.079.401	4.079.401

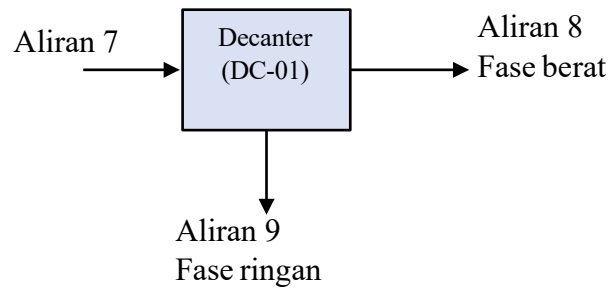
4. Neraca Panas pada Decanter (D-01)

$$\text{Aliran masuk} = 4.079.401 \text{ kJ/jam}$$

Aliran keluar

$$\text{Fase ringan} = 3.687.502,86 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Fase berat} = 384.589,13 \text{ kJ/jam}$$



Neraca Panas pada Decanter (D-01)

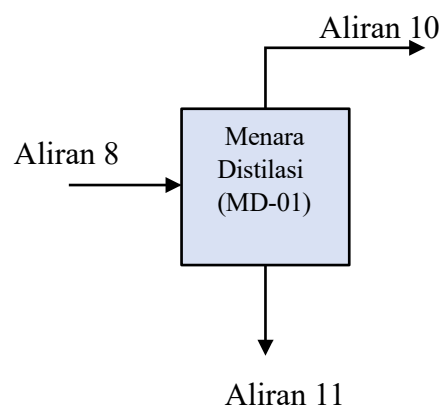
Komponen	Panas Masuk (kj/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Aliran masuk	4.072.091,72	-
Aliran fase ringan (atas)	-	3.687.502,86
Aliran fase berat (bawah)	-	384.589,13
Total	4.072.092	4.072.092

5. Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-01)

Suhu Umpan (T_F) = 60 °C

Suhu Puncak (T_D) = 64,7 °C

Suhu Bawah (T_B) = 75 °C



Komponen	Input (kg/jam)
	aliran 8
Trigliserida	221,07
Metanol	4.825,52
Biodisel	44.191,92
Total	49.238,51

1. Panas masuk = 3.687.502,86 kJ/jam

2. Panas keluar

a. Aliran Distilat / Top (Aliran 10 - Metanol Recycle)

Massa metanol = 4.825,52 kg/jam

Wujud = Cair pada 64,7°C.

ΔT = 64,7°C – 25°C = 39,27°C

Q_{Distilat} = $m \times C_p \times \Delta T$

= 475.640,40 kJ/jam

b. Aliran Bottom / Bawah (Aliran 11 - Crude Biodiesel)

Biodiesel + Trigliserida = 44.412,99 kg/jam

ΔT = 50°C

$Q_{\text{biodiesel}}$ = $m \times C_p \times \Delta T$

= 44.191,92 kg/jam x 2,1 kJ/kg°C x 50K

= 4.640.151,52 kJ/jam

$Q_{\text{trigliserida}}$ = 221,07 kg/jam x 2 kJ/kg°C x 50K

= 22.106,96 kJ/jam

Q_{bottom} = 4.662.258,48 kJ/jam

3. Beban Kondensor (Q_c)

Q_c = $m \times \lambda$

= 4.825,52 kg/jam x 1.100 kJ/kg

= 5.308.071,89 kJ/jam

4. Beban Boiler

$$\text{Input} + Q_R = \text{Output} + Q_c$$

$$Q_{\text{Feed}} + Q_R = Q_D + Q_B + Q_C$$

$$3.687.502,86 \text{ kJ/jam} + Q_R = 475.640,40 \text{ kJ/jam} + 475.640,40 \text{ kJ/jam} + 475.640,40 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_R = 6.758.467,91 \text{ kJ/jam}$$

Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Panas Umpan (Feed)	3.687.502,86	-
Beban reboiler (Q_R)	6.758.467,91	-
Panas Distilat (Q_D)	-	475.640,40
Panas Bottom (Q_B)	-	4.662.258,48
Panas Kondensor (Q_C)	-	5.308.071,891
Total	10.445.970,77	10.445.970,77

6. Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-02)

Neraca Massa pada Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Input (kg/jam)
	aliran 10
Trigliserida	0,0003
Metanol	4.777,26
Total	5.046,59

$$C_p \text{ Trigliserida} = 2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$$

$$C_p \text{ metanol} = 2,51 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$$

$$\lambda_{\text{metanol}} = 1.100 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Suhu referensi (Tref)} = 25^\circ\text{C}$$

1. Perhitungan Panas Masuk

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{metanol}} &= m \times C_p \times (T_{\text{in}} - T_{\text{ref}}) \\
 &= 4.777,26 \text{ kg/jam} \times 2,51 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times (60 - 25) \\
 &= 419.683,70 \text{ kJ/jam} \\
 Q_{\text{trgliserida}} &= m \times C_p \times (T_{\text{in}} - T_{\text{ref}}) \\
 &= 0,0003 \text{ kg/jam} \times 2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times (60 - 25) \\
 &= 0,02 \text{ kJ/jam} \\
 \text{Total } (Q_{\text{Feed}}) &= Q_{\text{metanol}} + Q_{\text{trgliserida}} \\
 &= 419.682,72 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Panas Keluar

a. Panas sensibel distilat

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{distilat}} &= m \times C_p \times (T_{\text{in}} - T_{\text{ref}}) \\
 &= 4.777,26 \text{ kg/jam} \times 2,51 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times (64,7 - 25) \\
 &= 476.040,10 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

b. Panas sensibel bottom

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{bottom}} &= m \times C_p \times (T_{\text{in}} - T_{\text{ref}}) \\
 &= 0,0003 \text{ kg/jam} \times 2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} \times (75 - 25) \\
 &= 0,025 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Beban Kondensor (Q_C)

Kondensor bertugas mengubah fase uap metanol menjadi cair (jenuh)

$$\text{Massa Distilat (D)} = 4.777,26 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Refluks} = 1$$

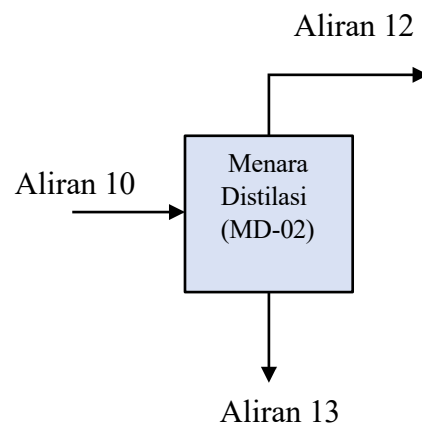
$$\begin{aligned}
 \text{Massa uap masuk kondensor (V)} &= D \times (1+R) \\
 &= 9.554,53 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban panas kondensor} &= V \times \lambda_{\text{metanol}} \\
 &= 9.554,53 \text{ kg/jam} \times 1.100 \text{ kJ/kg} \\
 &= 10.509.982,34 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Input} + Q_R = \text{Output} + Q_C$$

$$Q_{\text{Feed}} + Q_R = Q_D + Q_B + Q_C$$

$$\begin{aligned}
 419.682,72 \text{ kJ/jam} + Q_R &= 476.040,10 \text{ kJ/jam} + 0,025 \text{ kJ/jam} + \\
 &\quad 10.509.982,34 \text{ kJ/jam} \\
 Q_R &= 10.566.339,74 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$



Tabel 6.7 Neraca Panas pada Menara Distilasi (MD-02)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/Jam)
Panas Umpan (Feed)	419.682,72	-
Beban reboiler (Q _R)	10.566.339,74	-
Panas Distilat (Q _D)	-	476.040,10
Panas Bottom (Q _B)	-	0,025
Panas Kondensor (Q _C)	-	10.509.982,34
Total	10.986.022,46	109.860.22,46

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

a. Tangki Minyak Jelantah (T-01)

Fungsi = tempat penyimpanan minyak jelantah sebelum diproses lebih lanjut ke dalam unit pemanasan dan reaktor transesterifikasi.

Laju massa = 44.191,92 kg/jam

P minyak jelantah = 915,95 kg/m³

Waktu tinggal = 168 jam (7 hari)

- Perhitungan Volume Tangki

$$V = \frac{m \times t}{\rho}$$

$$= \frac{44.191,92 \text{ kg/jam} \times 168 \text{ jam}}{915,95 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 8105,5 \text{ m}^3$$

Tambahan safety faktor 10%

$$V = 1,1 \times V$$

$$= 8916,1 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Dimensi Tangki

Tangki Silinder Vertikal

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

Rasio standar

$$H = (1,5 - 3)D \quad (\text{untuk perhitungan dipilih } H = 2D)$$

Sehingga,

$$V = \frac{\pi}{2} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V \times 2}{\pi}}$$

$$= 17,8 \text{ m}$$

$$H = 35,7 \text{ m}$$

b. Tangki Metanol (T-02)

Fungsi = tempat menyimpan metanol cair sebelum dicampurkan dengan katalis NaOH.

Laju massa = 9603,02 kg/jam

ρ metanol = 787,4 kg/m³

Waktu tinggal = 168 jam (7 hari)

- Perhitungan Volume Tangki

$$V = \frac{m \times t}{\rho}$$

$$= \frac{9603,02 \text{ kg/jam} \times 168 \text{ jam}}{787,4 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 2048,9 \text{ m}^3$$

Tambahan safety faktor 10%

$$V = 1,1 \times V$$

$$= 2253,8 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Dimensi Tangki

Tangki Silinder Vertikal

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

Rasio standar

$$H = (1,5 - 3)D \quad (\text{untuk perhitungan dipilih } H = 2D)$$

Sehingga,

$$V = \frac{\pi}{2} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V \times 2}{\pi}}$$

$$= 11,3 \text{ m}$$

$$H = 22,6 \text{ m}$$

c. Tangki NaOH (T-03)

Fungsi = tempat menyimpan NaOH cair sebelum dicampurkan dengan metanol.

Laju massa = 441,92 kg/jam

$$\rho \text{ NaOH} = 1911,4 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu tinggal} = 168 \text{ jam (7 hari)}$$

- Perhitungan Volume Tangki

$$\begin{aligned} V &= \frac{m \times t}{\rho} \\ &= \frac{441,92 \text{ kg/jam} \times 168 \text{ jam}}{1911,4 \text{ kg/m}^3} \\ &= 38,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tambahan safety faktor 20%

$$\begin{aligned} V &= 1,2 \times V \\ &= 46,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan Dimensi Tangki

Tangki Silinder Vertikal

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

Rasio standar

$$H = (1,5 - 3)D \quad (\text{untuk perhitungan dipilih } H = 2D)$$

Sehingga,

$$V = \frac{\pi}{2} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V \times 2}{\pi}}$$

$$= 3,1 \text{ m}$$

$$H = 6,2 \text{ m}$$

d. Reaktor Transesterifikasi (R-01)

Fungsi = Mereaksikan Trigliserida dengan metanol
menggunakan katalis NaOH

$$\text{Laju massa} = 54.259,09 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ campuran} = 870 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu tinggal} = 1 \text{ jam}$$

- Perhitungan Volume Tangki

$$V = \frac{m \times t}{\rho}$$

$$= \frac{54.259,09 \text{ kg/jam} \times 1 \text{ jam}}{780 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 62,4 \text{ m}^3$$

Tambahan safety faktor 10%

$$V = 1,1 \times V$$

$$= 68,6 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Dimensi Tangki

Tangki Silinder Vertikal

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

Rasio standar

$$H = 1,5D$$

Sehingga,

$$V = \frac{\pi}{2} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V \times 2}{\pi}}$$

$$= 3,5 \text{ m}$$

$$H = 5,3 \text{ m}$$

Tekanan Desain Reaktor

Reaktor beroperasi mendekati atmosfer, namun untuk desain mekanik digunakan tekanan desain minimum: 0,2 Mpa

Tekanan Izin Material

Untuk SS SA-167 Type 304 pada 60 °C :

Tegangan izin, $\sigma = 138 \text{ MPa}$

Efisiensi las, $E = 0,85$

Perhitungan Tebal Shell Reaktor

$$t = \frac{P \times D}{2 \times \sigma \times E}$$

$$= 3 \text{ mm}$$

Tebal aktual

Tebal minimum fabrikasi SS = 6 mm

Corrosion allowance = 2 mm

t aktual = 8 mm

- Perhitungan Tinggi Head Reaktor

Jenis head Ellipsoidal 2:1

$$H = D/4 \\ = 0,88 \text{ m}$$

- Tinggi Total Reaktor

Tinggi silinder = 5,3 m

bottom head = 0,88 m

top head = 0,88 m

Tinggi Total Reaktor = 7,0 m

e. Decanter (D-01)

Laju massa = 54.259,09 kg/jam

ρ campuran = 870 kg/m³

Waktu tinggal = 30 menit = 0,5 jam

Debit volumetric (Q) = 62,37 m³/jam

Volume Decanter = Q x t
= 31,2 m³

- Penentuan Dimensi Decanter Vertikal

$$H = 3D$$

Rumus Volume Silinder

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H \\ = \frac{\pi}{2} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V \times 4}{3\pi}}$$

$$= 2,5 \text{ m}$$

$$H = 7,5 \text{ m}$$

- Penentuan Head Atas dan Bawah
 Ellipsoidal 2 : 1
 Tinggi head
 $H = D/4$
 $= 0,63 \text{ m}$
 Tinggi total $= H + h = 8,80 \text{ m}$

f. Menara Distilasi (MD-01)

Laju alir total $= 49.238,51 \text{ kg/jam}$
 Fraksi metanol $= 0.25$
 Fraksi selain metanol $= 0.75$
 $m \text{ metanol} = 12.309,63 \text{ kg/jam}$
 $m \text{ lain} = 36.928,88 \text{ kg/jam}$

Spesifikasi pemisahan

Recovery metanol $= 99\%$
 Metanol di bottom $= 1\%$

Neraca Massa MD-01

Produk Atas (Distilat)
 $D = 12.183.53 \text{ kg/jam}$

Produk Bawah
 $B = 37.051.98 \text{ kg/jam}$

Penentuan Jumlah Tahap Teoritis

Relatif volatilitas, $\alpha = 4,0$

$$N_{min} = \frac{\ln \left(\frac{x_D}{1-x_D} \frac{1-x_B}{x_B} \right)}{\ln \alpha}$$

$$X_D = 0.99$$

$$X_B = 0.01$$

$$N_{\min} = 6.6$$

Jumlah Tray Aktual

$$\eta = 65\%$$

$$N_{\text{aktual}} = 10.20$$

dipilih tray sebanyak 12

Tinggi Menara MD-01

$$\text{Spasi tray} = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{tray}} &= N \times \text{spasi tray} \\ &= 7.2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Ruang disengagement + sump} = 2,0 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = 9.2 \text{ m}$$

Diameter Menara MD-01

Debit uap puncak (pendekatan)

$$V' = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kecepatan uap desain

$$u = 1,0 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{1.2 \text{ m}^3/\text{s}}{1.0 \text{ m/s}} = 1.2 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 1.24 \text{ m}$$

g. Menara Distilasi (MD-02)

Memurnikan metanol hasil MD-01

$$\text{Laju alir} = 12.309,63 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Komposisi metanol} = 99\%$$

Spesifikasi Pemisahan

Distilat = 99,8% metanol

Bottom = 95% metanol

Distilat

$X_D \text{ MeOH} = 0.998$

$X_D \text{ trigliserida} = 0.002$

Bottom

$X_B \text{ MeOH} = 0.95$

$X_B \text{ trigliserida} = 0.05$

Penentuan Jumlah Tahap Teoritis

Relatif volatilitas, $\alpha = 4,0$

$$N_{min} = \frac{\ln \left(\frac{x_{D,LK}}{x_{D,HK}} \cdot \frac{x_{B,HK}}{x_{B,LK}} \right)}{\ln(\alpha)}$$

$N_{min} = 2.36$ tahap

Jumlah Tray Aktual

$\eta = 65\%$

$N \text{ aktual} = 3.6$ (dibulatkan menjadi 4)

Dalam praktik desain, biasanya ditambah margin operasi dipilih 6–8 tray (aman & stabil), maka dipilih tray 6

Tinggi Menara MD-02

Spasi tray = 0,6 m

$H \text{ tray} = N \times \text{spasi tray}$
= 4.8 m

Ruang disengagement + sump = 2,0 m

$H \text{ total} = 6.8 \text{ m}$

Densitas uap metanol = 1.2 kg/m³

Densitas cair metanol = 787.4 kg/m³

Kecepatan flooding

$$\text{flooding tray} = u_f = C \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

sieve tray

$$C = 0.30 \text{ m/s}$$

$$\mu_f = 7.68 \text{ m/s}$$

Kecepatan Operasi Aman

$$\mu_{op} = 70\% - 80\% \times \mu_f$$

$$\mu_{op} = 5.4 \text{ m/s}$$

$$\text{Debit volumetrik} \quad \dot{V} = \frac{\dot{m}_D}{\rho_V} = 2.8495 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luas Penampang Kolom

$$A = \frac{\dot{V}}{\mu_{op}} = 0.53 \text{ m}^2$$

Diameter Kolom MD-02

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 0.8 \text{ m}$$