

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *PALM*
KERNEL OIL (PKO) MELALUI REAKSI ESTERIFIKASI
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

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



Disusun Oleh :

Nama : Arifianto Syahalief Rachman

NIM : 21521077

Nama : Nabila Yulia Islakhiati

NIM : 21521062

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *PALM KERNEL OIL*
(PKO) MELALUI REAKSI ESTERIFIKASI KAPASITAS 60.000
TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arifianto Syahalief Rachman

Nama : Nabila Yulia Islakhiati

NIM : 21521077

NIM : 21521062

Yogyakarta, 6 Agustus 2025

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

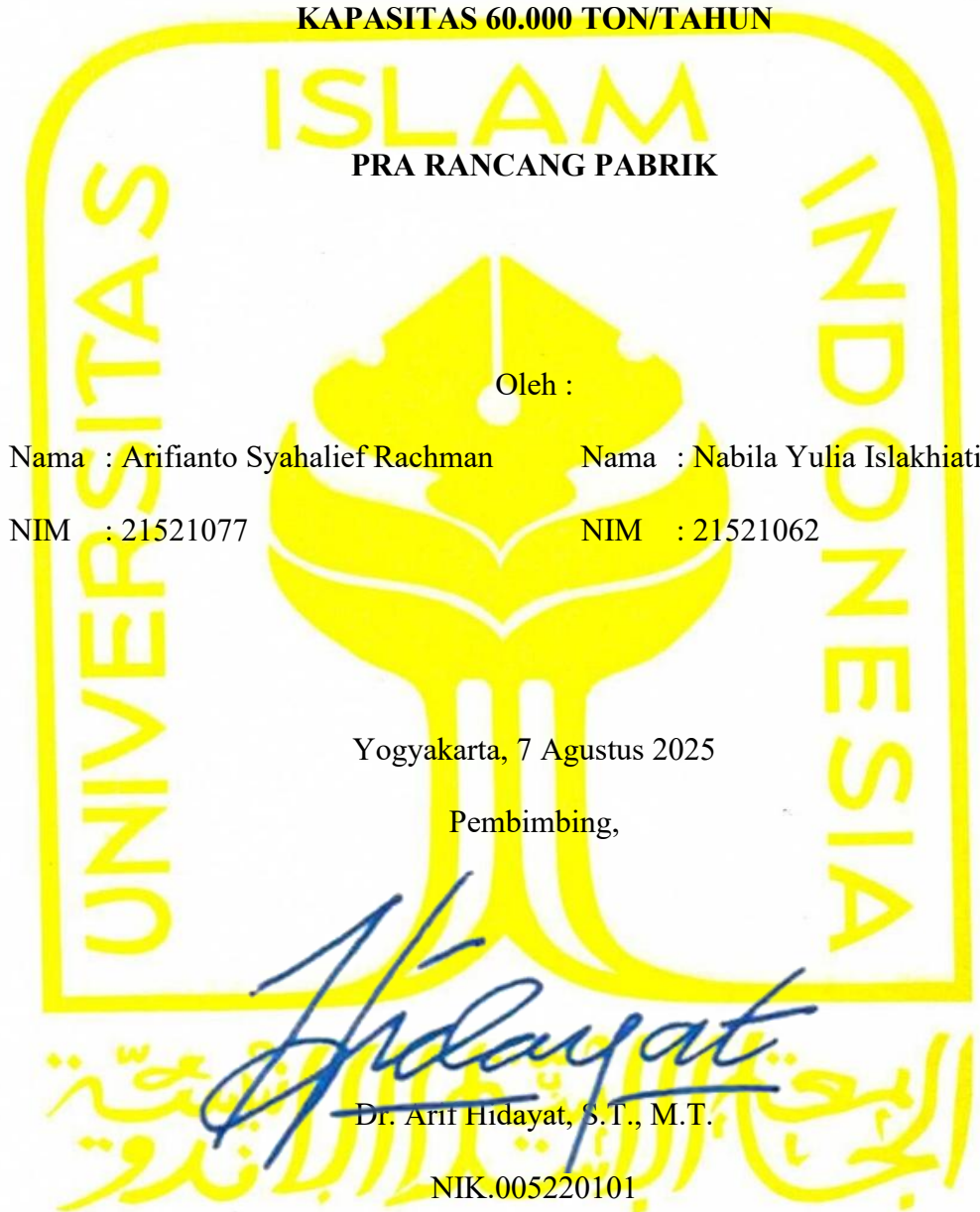
Mahasiswa 1


Arifianto Syahalief Rachman

Mahasiswa 2


Nabila Yulia Islakhiati

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *PALM KERNEL OIL*
(PKO) MELALUI REAKSI ESTERIFIKASI
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN



Oleh :

Nama : Arifianto Syahalief Rachman

Nama : Nabila Yulia Islakhiati

NIM : 21521077

NIM : 21521062

Yogyakarta, 7 Agustus 2025

Pembimbing,

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

NIK.005220101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *PALM KERNEL OIL*
(PKO) MELALUI REAKSI ESTERIFIKASI
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Arifianto Syahalief Rachman

Nama : Nabila Yulia Islakhiati

NIM : 21521077

NIM : 21521062

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Agustus 2025

Tim Penguji

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

Ketua Penguji


15/09/2025

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

Anggota I


12/9/25

Dr. Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.

Anggota II


09/09/25

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia,



Prof. Dr. Sholeh Ma'mun, S.T., MT., Ph.D.

NIK. 995200445

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan kasih Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul **“PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *PALM KERNEL OIL* (PKO) MELALUI REAKSI ESTERIFIKASI KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN”**. Tugas akhir ini disusun sebagai penerapan dari Ilmu Teknik Kimia yang telah dipelajari selama di bangku kuliah dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Tidak lupa pada kesempatan ini kami ucapkan terima kasih yang sebesar besarnya, kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu terwujudnya Laporan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih penulis dipersembahkan kepada :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan baik berupa materi, semangat, dan do'a yang tiada henti sehingga kami menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspitasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mendukung dengan sabar, selalu memberikan arahan, semangat, dan motivasi kepada kami selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
8. Seluruh rekan-rekan seperjuangan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Angkatan 2021 yang selalu saling mendukung dan berbagi ilmu. tetap semangat teman-teman perjuangan kita masih panjang.

Kami sepenuhnya menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi kebaikan dan kesempurnaan laporan ini. Semoga Tugas Akhir Prarancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Agustus 2025

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirobbil'alamin

Dengan kemurahan hati Allah SWT Saya Arifianto Syahalief Rachman dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik yang membuka lembaran baru dalam perjalanan kehidupan Saya berikutnya. Pencapaian ini diiringi rasa syukur tiada henti yang Saya layangkan kepada Allah SWT atas segala bantuan dan kemudahan dalam perjalanan menuntaskan studi sarjana teknik kimia di Universitas Islam Indonesia. Perjuangan Saya tidak luput dari orang-orang luar biasa yang selalu memberikan dukungan dan energi positif dalam perjalanan Saya hingga titik ini. Karya ini dan segala bentuk perjuangan yang Saya lalui Saya persembahkan kepada orang-orang hebat tersebut yang Saya tuangkan dalam lembar indah ini.

1. Ayah (Sri. Hartono, Bc.Hk.) dan Bunda (Dra. Ria Hiraswati). ayah dan bunda adalah panutan dalam hidup saya, terimakasih atas segala dukungan yah, bun dalam proses ku, terimakasih telah memberikan kasih sayang yang tulus, cinta kasih tiada terhingga, dukungan material, doa, pengorbanan, perlindungan, tuntunan, semangat, pengajaran yang terus ayah dan bunda tanamkan sedari kecil Alhamdulillah berhasil mengantarkan saya pada titik ini.
2. Eyang putri yang paling Fian sayang yaitu eyang Sri Slamet, my love grandma. Aku persembahkan Laporan Tugas Akhir ini. Terimakasih yangtri selalu memberikan wejangan keagamaan islam, dukungan

material, dukungan doa, menyuruh untuk selalu taat pada Allah SWT, sholat 5 waktu, mengingatkan untuk selalu mengaji dan tadarus qur'an. Terimakasih sudah memberikan semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga doa dan semua hal yang yangtri berikan kepada Fian dapat membuat Fian semakin sukses kedepannya.

3. Wadjimanto Big Family (Letkol Laut (Purn) S. Wadjimanto (Alm), Pakdhe Firdaus, Budhe Rina, Om Wawan, Tante Anik, Mb Dea, Mb Lita, Dek Rey). Terimakasih atas dukungan dan doanya sehingga Fian dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini tepat waktu, terimakasih Pakdhe Dos, Budhe Rina (Ibu ke-2 ku) sudah membantu ku saat aku kerja praktik di PT. Petrokimia Gresik sudah mau direpotkan, dan juga Om Wawan dan Tante Anik yang sudah membantu Fian saat KKN di Girirejo. Terimakasih kepada keluarga besarku atas bantuan dan dukungannya selama ini sehingga Fian bisa menyelesaikan studi di Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
4. Teruntuk Almh. Rusmiyati Soepardjo my love grandma, Laporan Tugas Akhir ini Fian persembahkan untuk simbah di Surga, terimakasih atas wejangan dan didikan semasa hidup simbah, terimakasih selalu menyertaiku hingga nafas terakhirmu, akhirnya Fian bisa menjalani Pendidikan tinggi ini seperti yang engkau cita-citakan mbah (cucu kesayanganmu). Semoga engkau bangga mbah melihat cucu mu ini menjadi seorang sarjana.

5. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kami yang luar biasa dan penuh semangat. Terima kasih untuk semua arahan, bantuan, kesabaran, motivasi, dan masukan yang bapak berikan selama ini. Terima kasih telah membimbing dan mendampingi kami dari awal hingga akhir dari perjalanan penulisan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah Bapak berikan dengan limpahan berkah dan nikmat tiada henti.
6. Nabila Yulia Islakhiati sebagai partner dari Kerja Praktik, Penelitian, dan Tugas Akhir. Perjalanan yang kita lalui memanglah tidak mudah bil, aku terimakasih punya partner sebaik kamu, terima kasih senantiasa saling memapah untuk melangkah Bersama, terima kasih sudah menemani suka duka ku dalam menjalankan proses seorang Arif menjadi Sarjana Teknik Kimia, terima kasih untuk semua ilmu, dorongan, dukugan yang selalu kamu berikan hingga kita dapat bertahan bersama hingga akhir perjalanan ini. Tugas akhir ini sebagai pertanda dari perjalanan kita di bangku kuliah telah menginjak akhir, akan tetapi bukan akhir dari perjalanan pertemanan kita. Semangat ya bil semoga kita sama-sama bisa sekolah tinggi sesuai apa yang kita harapkan. Terimakasih sudah menjadi tempat bercerita dan keluh kesah selama berkuliah.
7. Terima kasih dengan penuh penghargaan saya sampaikan kepada sahabat-sahabat seperjuangan saya selama berkuliah, Dewi, Ixaura, Juanita. Kalian adalah bagian penting dari perjalanan ini, yang

senantiasa kebersamaan hari-hari penuh doa, canda tawa, dukungan, dan semangat. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, tempat Kembali Lelah, dan sumber semangat. Semoga persahabatan kita senantiasa terjaga hingga di akhirat nanti aamiin.

8. Kepada rekan kerja (Asisten Laboratorium Operasi Teknik Kimia (OTK), *Student Staff* Teknik Kimia) terima kasih atas kerja sama, dukungan, dan kebersamaan yang telah kita bagi selama ini. Suka dan duka, kita selalu mendukung dan menginspirasi satu sama lain. Terima kasih karena telah menjadikan tempat kerja seperti rumah kedua bagi saya. Semoga pertemanan dan hubungan profesional tetap terjaga dan dapat membawa kesuksesan bagi kita semua aamiin.
9. Dan terakhir, kepada diri saya sendiri Arifianto Syahalief Rachman. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih sudah memilih berusaha dan berjuang di Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia, terima kasih telah menjadi manusia yang selalu berusaha dan tak mudah putus asa, ingin selalu mencoba hal baru. Sesulit apapun proses penyusunan Tugas Akhir ini kamu telah menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan langkah awal proses mu menuju masa depan gemilang. Semangat terus dan jangan pernah berhenti belajar setelah ini, masih banyak perjalanan hebat yang menantimu.

Arifianto Syahalief Rachman

Teknik Kimia UII 2021

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil'alamin.

Dengan segenap rasa syukur yang tak bertepi, saya panjatkan puja dan puji kepada Allah SWT, yang telah menggenggam langkah-langkah saya dalam lelah dan letih, dalam jatuh dan bangkit, hingga akhirnya mengantarkan saya menuntaskan tugas akhir prarancangan pabrik ini —sebuah penanda akhir dari perjalanan panjang di bangku kuliah, sekaligus gerbang awal untuk melangkah ke dunia baru yang penuh tantangan. Perjalanan ini bukanlah milik saya seorang, di balik setiap halaman yang saya tulis, ada nama-nama hebat yang menjadi cahaya di tengah gelap, menjadi peneduh kala hujan ragu datang mengguyur semangat. Tanpa mereka, mungkin saya telah lama tersesat dalam keraguan. Tiada lembar yang lebih indah dalam laporan ini selain **lembar persembahan**, yang saya tulis dengan penuh cinta dan rasa terima kasih. Inilah persembahanku, sepenuh hati, untuk :

1. Bapak (Kuncoro, S.E) dan Ibu (Ristianah) adalah semangat terbesar saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini, sumber pertama dari segala doa yang tak pernah padam. Dalam setiap lelah kalian yang tak pernah diminta balas, saya belajar tentang ketulusan, tentang cinta tanpa syarat. Langkah saya adalah cermin dari perjuangan kalian yang sunyi namun pasti. Terima kasih telah menjadi rumah, dalam arti yang paling utuh. Bapak yang mengajarkan tentang arti tanggung jawab dan ketulusan memberi tanpa pamrih, ibu yang senantiasa mendoakan tanpa henti, sumber kekuatan dalam diam dan cahaya

dalam gelap langkah saya. Tugas akhir ini bukan hanya pencapaian pribadi, tapi bukti kecil dari segala jerih payah dan pengorbanan bapak ibu yang tidak pernah bisa saya balas seumur hidup saya.

2. Saudara – saudara saya, Mesayu Lingga Ritri, Arum, dan Rora. Penopang ketika saya rapuh, penyemangat dalam diam yang selalu hadir di saat yang paling saya butuhkan. Terima kasih telah menjadi bahu untuk bersandar, dan menjadi contoh dalam diam, yang membuat saya percaya bahwa setiap mimpi layak untuk diperjuangkan.
3. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih atas bimbingan, ketulusan, dan semangat yang Bapak berikan sepanjang perjalanan ini. Kepribadian Bapak yang hangat dan penuh inspirasi menjadikan setiap pertemuan begitu berkesan. Semoga Allah SWT senantiasa memberkahi Bapak dan keluarga dengan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang berlimpah.
4. Partner S.T saya, Arifianto Syahalief Rachman. Teman seperjuangan yang kebersamai mulai dari kerja praktik, penelitian, tugas akhir ini. Terimakasih sudah menjadi teman yang mudah untuk diajak kerja sama dalam menyelesaikan semua tugas – tugas ini. Dari awal sampai akhir ini selalu kompak dan tidak pernah terpecah belah, saling memahami dan memaklumi serta saling memaafkan. Ini bukan akhir dari prtemanan kita dan sampai kapanpun kita akan selalu menjadi teman dan tidak akan pernah

saling melupakan. Saya doakan kamu sukses selalu kedepanya Rif, dipermudahkan setiap langkah – langkahmu.

5. Teman – teman saya selama kuliah (Ixaura, Dewi, Aini, Juanita, Adyna, Mella) terimakasih sudah menjadi teman yang begitu hangat untuk saya. Ixaura, Dewi, dan Juanita yang selalu kebersamai selama kuliah, dalam keadaan suka dan duka kita selalu bersama, saling mendukung dan saling membantu satu sama lain. Adyna dan Mella yang selalu mau direpotkan selama Kerja Praktik di Gresik, terimakasih untuk kalian berdua yang begitu peduli sama saya ketika kerja praktik. Dan untuk Aini, terimakasih untuk pertemanan kita yang baik ini dan terimakasih selalu membantu serta memberi saya nasihat, mendengarkan keluh kesah, dan saling memberi semangat satu sama lain. Kalian adalah teman – teman terbaik saya dan semoga kalian sukses selalu.
6. Terakhir, untuk teman – teman, yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu per satu. Semoga kalimat ini mewakili rasa terimakasih saya kepada kalian. Terimakasih telah menjadi bagian dari hidup saya, menjadi bagian yang tak pernah terlupakan. Kehadiran kalian tertanam dalam setiap jejak langkahku. Terima kasih atas tawa yang menguatkan, pelukan ditengah lelah, dan semangat yang tak pernah surut dikala jalan terasa berat. Kalian adalah bagian dari perjalanan indah ini dan akan selalu abadi dalam ingatan.

Nabila Yulia Islakhiati

Teknik Kimia UII 2021

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xxi
ABSTRAK	xxiii
ABSTRACT.....	xxiv
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Potensi <i>Palm Kernel Oil</i> (PKO)	2
1.1.2 Kebutuhan Biodiesel.....	4
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	5
1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	6
1.2.2 Kebijakan Biodiesel di Indonesia	7
1.2.3 Kebutuhan Biodiesel dalam Negeri	8
1.2.4 <i>Supply</i>	8
1.2.5 Demand.....	9
1.2.6 Kapasitas Komersial	13
1.3 Tinjauan Pustaka	15
1.3.1 <i>Palm Kernel Oil</i> (PKO).....	15
1.3.2 Biodiesel	16
1.4 Pemilihan Proses	19
1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan Biodiesel	21

1.4.2 Pemilihan Proses.....	24
1.5 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	30
1.5.1 Tinjauan termodinamika.....	30
1.5.2 Tinjauan Kinetika	33
BAB II.....	35
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	35
2.2 Spesifikasi Produk.....	38
2.3 Pengendalian Kualitas	39
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	39
2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk.....	39
2.3.3 Pengendalian Proses	41
BAB III	44
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	44
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	44
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	45
3.2 Uraian Proses.....	46
3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku	46
3.2.2 Proses Pembuatan Produk.....	46
3.2.3 Tahap Pemurnian dan Pemisahan.....	48
3.3 Spesifikasi Alat.....	49
3.3.1 Spesifikasi Alat Proses.....	49
3.3.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk	60
3.3.3 Spesifikasi alat transportasi bahan	64
3.4 Neraca Massa	69
3.5 Neraca Panas	74
BAB IV	80
4.1 Lokasi Pabrik.....	80
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	86
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	90
4.4 Organisasi Perusahaan.....	94
4.4.1 Bentuk dan Struktur Organisasi Perusahaan.....	94

4.4.2 Tugas dan Wewenang.....	95
4.4.3 Pengaturan Jam Kerja	99
4.4.4 Jumlah karyawan dan sistem gaji	102
4.4.5 Fasilitas dan Hak Karyawan	105
BAB V.....	108
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	110
5.1.1 Unit Penyediaan Air.....	110
5.1.2 Unit Pengolahan Air.....	113
5.2 Unit Pembangkit Steam	117
5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	118
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	122
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	122
5.6 Unit Pengolahan Limbah dan Air Buangan	123
BAB VI	155
6.1 Penaksiran Harga Alat.....	156
6.2 Dasar Perhitungan	162
6.3 Komponen Biaya.....	162
6.3.1 Investasi Modal (Capital Investment).....	163
6.3.2 Biaya Produksi (Manufacturing Cost)	166
6.3.3 Pengeluaran Umum (General Expenses)	168
6.4 Analisa Keuntungan	169
6.5 Analisa Kelayakan	169
6.6 Kesimpulan Kelayakan Ekonomi.....	175
6.7 Analisis Resiko	
Pabrik.....	178
BAB VII.....	1788
7.1 Kesimpulan	1788
7.2 Saran.....	180
DAFTAR PUSTAKA	1811
LAMPIRAN A	1844
LAMPIRAN DESAIN REAKTOR.....	197

LAMPIRAN B	198
LAMPIRAN C	199

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Produksi Biodiesel di Indonesia	9
Tabel 1. 2 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia	10
Tabel 1. 3 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia.....	11
Tabel 1. 4 Data perusahaan penghasil biodiesel	13
Tabel 1. 5 Perbedaan Biodiesel dan Petrodiesel	20
Tabel 1. 6 Kandungan Asam Lemak Pada PKO	24
Tabel 1. 7 Perbandingan Proses Pembuatan Biodiesel	25
Tabel 1. 8 Parameter Kimia Fisika Minyak PKO	25
Tabel 1. 9 Perbedaan PKO dan CPO	26
Tabel 1. 10 Tabel Harga entalpi masing masing komponen pada suhu 298,15K.	30
Tabel 1. 11 Tabel Harga entalpi masing masing komponen pada suhu 298,15K (lanjutan)	31
 Tabel 2. 1 Komposisi Asam Lemak dalam PKO	 36
 Tabel 3. 1 Neraca massa pada M-01	 69
Tabel 3. 2 Neraca massa pada R-01	69
Tabel 3. 3 Neraca massa pada N-01	70
Tabel 3. 4 Neraca massa pada DC-01	71
Tabel 3. 5 Neraca massa pada MD-01	72
Tabel 3. 6 Neraca massa pada CD-01	73
Tabel 3. 7 Neraca massa pada RB-01	73
Tabel 3. 8 Neraca massa total	73
Tabel 3. 9 Neraca panas pada M-01	75
Tabel 3. 10 Neraca panas pada R-01.....	75
Tabel 3. 11 Neraca Panas pada N-01	76
Tabel 3. 12 Neraca Panas pada DC-01.....	78
 Tabel 4. 1 Luas Lahan dan Bangunan.....	 87
Tabel 4. 2 Jadwal jam kerja setiap kelompok	101
Tabel 4. 3 Golongan jabatan	102
Tabel 4. 4 Rincian Gaji Karyawan.....	103
 Tabel 5. 1 Kebutuhan air proses.....	 111
Tabel 5. 2 Kebutuhan air pendingin.....	112

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Pemanas.....	113
Tabel 5. 4 Kebutuhan listrik alat proses.....	119
Tabel 5. 5 Kebutuhan listrik utilitas.....	120
Tabel 5. 6 Total kebutuhan listrik	122
Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1996 – 2023	157
Tabel 6. 2 Harga alat proses	159
Tabel 6. 3 Harga alat utilitas	160
Tabel 6. 4 Physical Plant Cost (PPC).....	163
Tabel 6. 5 Direct Plant Cost (DPC).....	164
Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment (FCI)	164
Tabel 6. 7 Working Capital Investment (WCI).....	165
Tabel 6. 8 Total Capital Investment (TCI).....	165
Tabel 6. 9 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	166
Tabel 6. 10 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	167
Tabel 6. 11 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	167
Tabel 6. 12 Total Manufacturing Cost	168
Tabel 6. 13 General Expenses	168
Tabel 6. 14 Total Production Cost	168
Tabel 6. 15 Fixed Manufacturing Cost (Fa).....	171
Tabel 6. 16 Regulated Expenses (Ra)	172
Tabel 6. 17 Variable Value (Va)	172
Tabel 6. 18 Sales Value (Sa)	173
Tabel 6. 19 Kelayakan Evaluasi Ekonomi	175

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik produksi biodiesel di Indonesia	9
Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia	11
Gambar 1. 3 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia	11
Gambar 1. 4 Struktur buah sawit.....	16
Gambar 1. 5 Reaksi Esterifikasi.....	22
Gambar 1. 6 Reaksi Transesterifikasi	22
Gambar 1. 7 Produk Turunan PKO.....	28
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Biodiesel	80
Gambar 4. 2 Layout Pabrik Biodiesel.....	89
Gambar 4. 3 Layout alat proses	93
Gambar 4. 4 Struktur organisasi perusahaan.....	95
Gambar 5. 1 PEFD Utilitas	109
Gambar 6. 1 Indeks harga	158
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	176

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	184
LAMPIRAN DESAIN REAKTOR.....	197
LAMPIRAN B	198
LAMPIRAN C	199

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

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

UC : Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam
ft² °F

P : Panjang, m

L : Lebar, m

x : Konversi, %

E : Efisiensi sambungan Konduktivitas termal, Btu/jam ft² °F

k : Konstanta kinetika reaksi

R : Tatapan konstan gas Laju alir, m³/jam

Sg : *Specific gravity*

LMTD : *Long Mean Temperature Different*, °F

ABSTRAK

Biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) dipilih sebagai energi alternatif ramah lingkungan karena ketersediaan bahan baku yang melimpah di Indonesia. Perancangan pabrik kapasitas 60.000 ton/tahun ini disusun berdasarkan proyeksi kebutuhan nasional, dukungan regulasi, dan potensi ekspor. Pabrik ini diharapkan mendukung transisi energi dan ketahanan energi nasional. Analisis ekonomi terhadap pembangunan pabrik biodiesel berbahan baku *Palm Kernel Oil* (PKO) menunjukkan hasil yang layak secara finansial. Dengan total penjualan tahunan sebesar Rp 2.001.360.000.000 dan keuntungan bersih Rp 279.396.994.485 setelah pajak, evaluasi kelayakan menunjukkan bahwa *Return on Investment* (ROI) sebesar 23,82%, *Pay Out Time* (POT) 3 tahun, *Break Even Point* (BEP) 45,25%, dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 12,4%, melebihi ambang minimum kelayakan. Berdasarkan indikator tersebut, proyek ini dinyatakan layak untuk direalisasikan.

Kata kunci : Biodiesel, *Palm Kernel Oil* (PKO), energi terbarukan, transisi energi, kapasitas pabrik, analisis ekonomi, ROI, POT, BEP, DCFR,

ABSTRACT

Biodiesel from Palm Kernel Oil (PKO) has been chosen as an environmentally friendly alternative energy source due to the abundant availability of raw materials in Indonesia. The preliminary design for this 60,000-tonne/year capacity plant was developed based on national demand projections, regulatory support, and export potential. The plant is expected to support the national energy transition and energy security. An economic analysis of the construction of a biodiesel plant using Palm Kernel Oil (PKO) as raw material shows financially viable results. With annual sales of Rp 2,001,360,000,000 and net profit of Rp 279,396,994,485 after taxes, the feasibility evaluation shows a Return on Investment (ROI) of 23.82%, Payback Period (POT) of 3 years, Break-Even Point (BEP) of 45.25%, and a Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of 12.4%, exceeding the minimum feasibility threshold. Based on these indicators, the project is deemed feasible for implementation.

Keywords: Biodiesel, Palm Kernel Oil (PKO), renewable energy, energy transition, plant capacity, economic analysis, ROI, POT, BEP, DCFR,

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transisi energi fosil ke energi terbarukan di Indonesia harus segera dilakukan. Seiring berkembangnya zaman dan teknologi kebutuhan bahan bakar akan semakin meningkat dan bertambah. Seperti yang kita tahu bahwa sumber energi di Indonesia tidak mudah untuk diperbaharui. Penggunaan bahan bakar fosil memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca, pencemaran udara, dan perubahan iklim global. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan energi alternatif yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan dapat diperbaharui. Munculah alternatif bahan bakar yaitu biodiesel, bahan bakar nabati yang diproduksi dari minyak nabati atau lemak hewani melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi.

Di Indonesia, biodiesel telah dikembangkan dalam bentuk program mandatori seperti B35 yaitu campuran 35% biodiesel dalam solar yang dapat mendukung ketahanan energi nasional. Hal ini sesuai dengan peraturan Kementrian ESDM No.32 Tahun 2008 yang mendukung pemanfaatan biofuel sebagai alternatif bahan bakar. Peluang untuk mengembangkan biodiesel di Indonesia cukup besar menurut ketua umum kamar dagang indonesia bahwasanya biodiesel di Indonesia dapat diproduksi sebanyak 137.000 barel per hari. Konsumsi biodiesel di indonesia akan terus meningkat, menurut *The 7th Asean Energy Outlook (AEO 7)* bahwasanya konsumsi biofuel akan meningkat sebanyak 4,7% per tahun.

Hasil dari produksi biodiesel di Indonesia harus dilakukan uji coba pada kendaraan yang menggunakan bahan bakar sesuai acuan *World Wide Fuels Charter* (WWFC). Bahan Bakar Biodiesel sudah diaplikasikan pada mesin diesel di beberapa kendaraan seperti bus atau truk, pada kendaraan pribadi seperti SUV biodiesel dapat digunakan jika kendaraan tersebut sudah menggunakan mesin diesel yang torsi pembakarannya cukup besar dengan menggunakan Internal Combustion Engine (ICE). Penggunaan biodiesel dapat menurunkan emisi gas buang dengan kadar campuran yang semakin besar.

Penggunaan bahan bakar biodiesel memiliki keuntungan yaitu ramah lingkungan, alternatif energi terbarukan, diversifikasi sumber energi, menghemat devisa negara, bersifat *biodegradable*, aman bagi lingkungan dan secara tidak langsung mendukung perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Maka dari itu produksi biodiesel di Indonesia harus terpenuhi.

1.1.1 Potensi *Palm Kernel Oil* (PKO)

Minyak inti sawit atau *Palm Kernel Oil* (PKO) adalah salah satu bahan baku yang berpotensi besar untuk produksi biodiesel. ketersediaan PKO di Indonesia sangat melimpah. PKO berbeda dengan minyak sawit mentah *Crude Palm Oil* (CPO). PKO diekstraksi dari inti biji kelapa sawit serta memiliki kandungan asam lemak laurat yang tinggi sehingga cocok sebagai bahan baku biodiesel dengan karakteristik yang stabil terhadap oksidasi. Proses produksi biodiesel dari PKO dapat dilakukan melalui reaksi esterifikasi jika kandungan asam lemak bebas FFA (*Free Fatty Acid*) cukup tinggi. Dalam reaksi ini, asam lemak bereaksi dengan metanol dengan bantuan katalis asam untuk menghasilkan metil ester (biodiesel).

Palm Kernel Oil (PKO) dapat dicari melalui tanaman kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*). Kelapa sawit memiliki karakteristik batang tegak dan tinggi memiliki daun yang panjang serta tinggi tanaman mencapai 20 - 30 meter dan dapat diperkirakan hidup 25 - 30 tahun pohon ini dapat tumbuh sesuai suhu lingkungan yaitu 25⁰C sampai 32⁰C. Kelapa sawit memiliki buah yang memiliki variasi warna yaitu hitam, ungu hingga merah tergantung bibit buah. Buah sawit memiliki tiga lapisan yaitu *Eksoskarp* (Bagian kulit buah), *Mesoskarp* (Serabut Buah), *Endoskarp* (Cangkang Pelindung Inti). Kelapa sawit selain dimanfaatkan menjadi biodiesel dapat juga dimanfaatkan sebagai obat-obatan, minyak goreng, pembuatan sabun serta produk kecantikan.

Berbeda dengan *Crude Palm Oil* (CPO), Biodiesel yang dihasilkan dari CPO berasal dari daging kelapa sawit yaitu bagian *mesoskarp* (serabut buah), *Palm Kernel Oil* (PKO) dihasilkan dari *Endoskarp* (cangkang pelindung inti atau inti buah kelapa sawit). Mengingat bahwa seiring banyaknya tanaman sawit di Indonesia maka potensi mendirikan pabrik biodiesel sangat terjamin dan dapat mendukung perekonomian di Indonesia.

Selain memanfaatkan tanaman kelapa sawit sebagai bahan baku yang tersedia di Indonesia, sisi positif pendirian pabrik ini diharapkan dapat memajukan serta mendukung sektor pertanian kelapa sawit dan perekonomian pemilik kebun kelapa sawit dan biodiesel yang dihasilkan juga ramah lingkungan

1.1.2 Kebutuhan Biodiesel

Biodiesel adalah Konsumsi biodiesel di Indonesia terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, pemerintah mengambil kebijakan dalam penggunaan energi terbarukan yang ramah lingkungan agar dapat meminimalisir penggunaan bahan bakar yang berasal dari fosil. Penggunaan biodiesel sebagai campuran dalam bahan bakar solar (*diesel fuel*) untuk sektor transportasi, industri, serta pembangkit listrik.

Kementrian ESDM No.32 Tahun 2008 mendukung pemanfaatan biofuel sebagai alternatif bahan bakar. Program pemerintah mengenai biodiesel dimulai sejak tahun 2008 dan berkembang dari campuran B2,5 hingga B30, dan saat ini pemerintah tengah mempersiapkan penerapan B35 dan B40. Kebutuhan biodiesel nasional sangat dipengaruhi oleh volume konsumsi solar. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (EBTKE) Kementerian ESDM, konsumsi biodiesel domestik pada tahun 2023 mencapai sekitar 12,2 juta kiloliter, meningkat dari sekitar 10 juta kiloliter pada tahun 2021.

Dengan rencana implementasi program B40 pada tahun 2025, di mana 40% campuran biodiesel ditambahkan ke dalam solar, maka kebutuhan biodiesel diperkirakan akan meningkat signifikan. Menurut proyeksi Kementerian ESDM, kebutuhan biodiesel untuk mendukung B40 akan mencapai sekitar 15,6 juta kiloliter per tahun. Kebutuhan ini akan semakin besar jika program mandatori diterapkan secara menyeluruh di sektor transportasi umum, industri, serta pembangkit listrik non-PLN di wilayah terpencil.

Selain untuk kebutuhan domestik, permintaan biodiesel dari pasar ekspor juga terus tumbuh. Negara-negara seperti Uni Eropa, India, dan Tiongkok merupakan pasar utama biodiesel Indonesia. Pada tahun 2022, volume ekspor biodiesel Indonesia mencapai lebih dari 2 juta kiloliter, meskipun menghadapi berbagai tantangan seperti kebijakan perdagangan internasional dan standar lingkungan yang ketat.

Faktor lain yang turut mempengaruhi kebutuhan biodiesel adalah komitmen Indonesia dalam mengurangi emisi karbon sesuai Perjanjian Paris (Paris Agreement). Dalam dokumen *Nationally Determined Contribution* (NDC), Indonesia menargetkan pengurangan emisi gas rumah kaca sebesar 29% dengan usaha sendiri atau hingga 41% dengan dukungan internasional pada tahun 2030. Biodiesel menjadi salah satu komponen penting dalam strategi dekarbonisasi sektor energi.

Oleh karena itu, pembangunan pabrik biodiesel berskala besar dan efisien, seperti pra-rancangan pabrik dengan kapasitas 60.000 ton/tahun dari bahan baku palm kernel oil (PKO), merupakan langkah yang sangat relevan dalam mendukung target kebutuhan energi nasional, sekaligus membuka peluang pasar yang luas baik di dalam maupun luar negeri.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik yang telah berdiri memberikan gambaran tentang kapasitas pabrik yang layak didirikan. Semakin besar kapasitas pabrik maka akan semakin besar pula keuntungan yang dihasilkan, namun disisi lain harus memperhatikan

ketersediaan bahan baku dan kebutuhan produk juga menjadi pertimbangan dalam penentuan kapasitas pabrik.

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku *Palm Kernel Oil* (PKO) untuk produksi biodiesel dapat diperoleh dari Riau. Salah satunya adalah PT. Sawit Riau Makmur dengan kapasitas produksi PKO sebesar 60 ton/jam dengan harga jual sebesar Rp 5.852. Bahan baku untuk menghilangkan GUM yaitu Asam Phospat (H_3PO_4) dapat diperoleh dari PT. Petro Jordan Abadi. Dimana kapasitas produksinya 200.000 ton/tahun dengan harga jual produk kisaran 13.264/kg. Sedangkan untuk bahan baku Metanol (CH_3OH) dapat diperoleh dari PT Kaltim Methanol Industri, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi sebesar 660.000 ton/tahun dengan harga jual produknya Rp.2.800/kg. Bahan baku katalis Asam Sulfat (H_2SO_4) diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, Gresik Jawa Timur. Dimana kapasitas produksi H_2SO_4 sebesar 594.000 ton/tahun dengan harga jual produk Rp.1.600/kg dan bahan baku untuk menetralkan asam yaitu Natrium Hidroksida (NaOH) diperoleh dari PT. Asahimas Chemical, Cilegon Banten. Dimana kapasitas produksi NaOH sebesar 700.000 ton/tahun dengan harga jual produk Rp.24.000/kg.

Dapat disimpulkan bahwa perusahaan penghasil bahan baku semuanya memenuhi kebutuhan produksi biodiesel dengan kapasitas 60.000 ton/tahun karena produksi bahan baku lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan bahan yang akan digunakan.

1.2.2 Kebijakan Biodiesel di Indonesia

Program pencampuran biodiesel dan solar menjadi bio solar merupakan langkah utama penggunaan biodiesel sebagai salah satu sumber energi terbarukan di Indonesia dan sudah dimulai sejak tahun 2008, setelah pemerintah menerbitkan Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 1 Tahun 2006 tentang Percepatan Penyediaan dan Penggunaan Bahan Bakar Nabati. Pada tahun 2008, pemerintah menetapkan pencampuran biodiesel 1% ke dalam solar (B1). Hal yang melatarbelakangi pengembangan biodiesel di Indonesia karena kondisi kenaikan harga minyak mentah dunia pada tahun 2004 - 2006. Saat itu Indonesia sangat bergantung pada impor BBM yang sebagian besar harganya disubsidi oleh pemerintah. Akibat kenaikan harga minyak mentah, jumlah subsidi BBM mengalami kenaikan dalam anggaran pemerintah sehingga harga BBM naik dan menimbulkan gejolak ekonomi serta meningkatnya angka kemiskinan.

Pada tahun 2013, pemerintah menaikkan campuran biodiesel sebesar 10% (B10) dan mewajibkan transportasi publik untuk menggunakannya. Pada tahun 2015, pemerintah meningkatkan program pencampuran biodiesel dari 10% (B10) menjadi 15% (B15). Program pencampuran biodiesel terus ditingkatkan secara agresif, hingga pada tahun 2020 pencampurannya sudah mencapai 30% (B30%). Fokus pasar biodiesel di Indonesia telah berubah secara signifikan sebagai akibat dari program ini. Pada awalnya berfokus pada ekspor tetapi sekarang berfokus pada pasar domestik. Dari 8,39 juta kiloliter produksi, 76,1% diserap oleh pasar

domestik dan 23,9% diserap oleh pasar ekspor, menurut data Kementerian ESDM 2019.

1.2.3 Kebutuhan Biodiesel dalam Negeri

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menetapkan target penggunaan biodiesel dalam negeri untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak lingkungan. Menurut ESDM kebutuhan biodiesel dalam negeri diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan konsumsi energi. Biodiesel sangat bermanfaat untuk sektor ekonomi, hal ini terbukti pada tahun 2023, pemanfaatan biodiesel Indonesia sebesar 54,42 juta KL sehingga berhasil menurunkan impor solar dan menghemat devisa sebesar Rp 404,32 triliun. Kebutuhan biodiesel di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat terutama untuk mendukung program B50. Pada tahun 2025, kebutuhan biodiesel diproyeksikan mencapai sekitar 16 juta kiloliter. Untuk Proyeksi kapasitas pabrik biodiesel menggunakan metode *Supply* dan *demand*. Dimana *supply* terdiri dari data produksi dan impor sedangkan *Demand* terdiri dari data ekspor dan konsumsi dalam negeri

1.2.4 Supply

a. Produksi

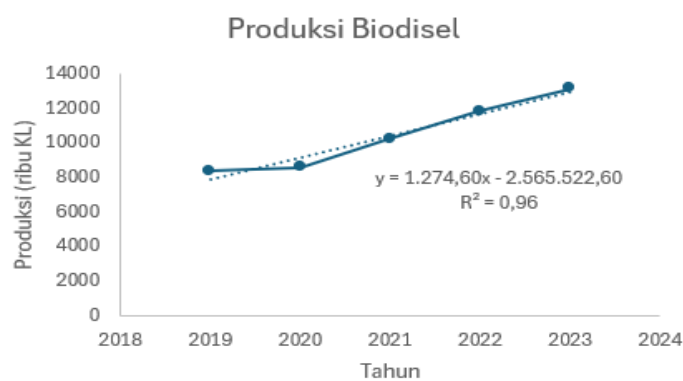
Produksi biodiesel di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Data peningkatan produksi biodiesel dalam lima tahun terakhir dari tahun 2019 - 2023 dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1. 1 Data Produksi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Produksi (Ribuan KL)
2019	8399
2020	8594
2021	10240
2022	11836
2023	13151

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

Dari data produksi tersebut, dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi pada sumbu y. Grafik dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1. 1 Grafik produksi biodiesel di Indonesia

1.2.5 Demand

- a. Konsumsi

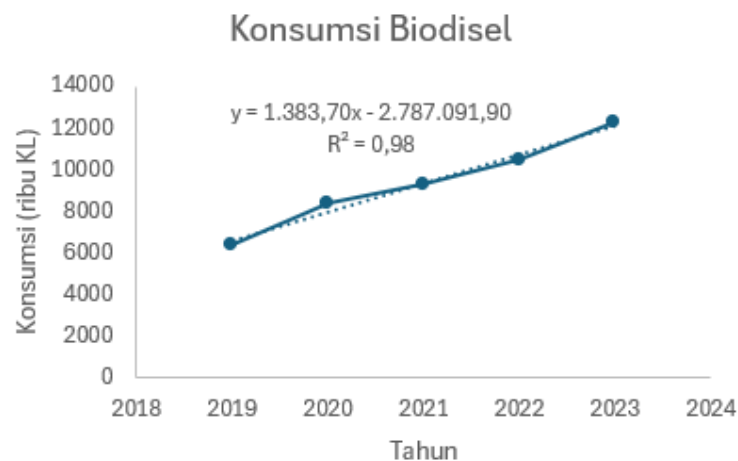
Konsumsi biodiesel di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini yang menyebabkan produksi biodiesel juga mengalami peningkatan. Data konsumsi biodiesel dari tahun 2019 - 2023 dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1. 2 Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Konsumsi (Ribuan KL)
2019	6396
2020	8400
2021	9294
2022	10449
2023	12290

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

Dari data konsumsi tersebut, dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi pada sumbu y. Grafik dapat dilihat pada gambar 1.2



Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

b. Ekspor

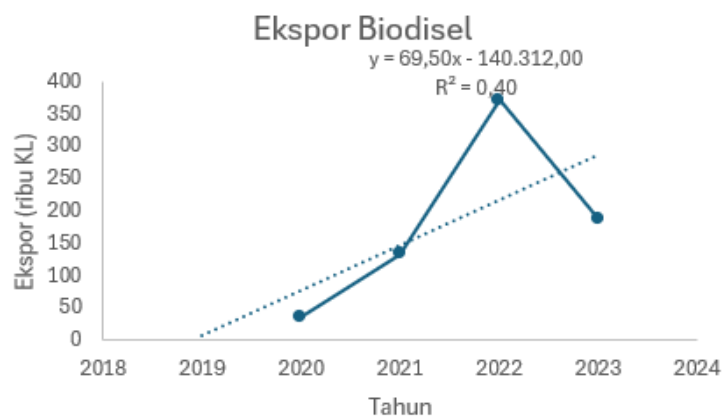
Ekspor biodiesel di Indonesia mengalami penurunan. Data ekspor biodiesel dari tahun 2019 - 2023 tersaji pada Tabel 1.3 berikut.

Tabel 1. 3 Data Ekspor Biodisel di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ribuan KL)
2019	-
2020	36
2021	133
2022	372
2023	188

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

Dari data ekspor tersebut, dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor pada sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.3 berikut.



Gambar 1. 3 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia

Dari data ekspor maka dapat diketahui % Pertumbuhan kebutuhan ekspor. Rumus secara umum yang digunakan untuk proyeksi jumlah ekspor biodiesel pada tahun 2030 menggunakan :

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

Keterangan:

P_t = Tahun yang diproyeksikan

P_o = Tahun terakhir dari data

r = Pertumbuhan rata - rata setiap tahun

n = Selisih tahun

Dari rumus tersebut, didapat proyeksi jumlah ekspor biodiesel tahun 2030 sebesar 11.481,239 kiloliter/tahun.

Dalam perancangan pabrik, hal yang paling utama dilakukan adalah menentukan kapasitas pabrik. Kapasitas dalam industri merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik, hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui perhitungan baik secara teknis maupun ekonomis. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik memungkinkan untuk memperoleh keuntungan yang lebih besar, akan tetapi jika kapasitas pabrik terlalu besar maka perlu diperhatikan dalam hal pemasaran. Untuk proyeksi kebutuhan biodiesel pada tahun 2030 menggunakan persamaan :

$$y = ax^2 + bx + c$$

Dimana :

y = Kebutuhan impor/ekspor/produksi/konsumsi biodiesel

a = intercept

b = slope

c = error

x = Tahun ke 2030

Kapasitas / kebutuhan tahun 2030 = *demand* (ekspor + konsumsi) - *Supplay* (produksi)

Pada tahun 2030, diperoleh proyeksi nilai ekspor sebesar 11.481,239 kiloliter/tahun, Produksi 21.915,4 kiloliter/tahun, dan konsumsi 21.819,1 kiloliter/tahun. Sedangkan data untuk impor biodiesel tidak tersedia, karena di Indonesia tidak ada impor biodiesel. Didapatkan kapasitas perancangan sebesar 583.992,1 ton/tahun. Karena mempertimbangkan berbagai hal termasuk ketersediaan bahan baku, maka diasumsikan 10% sehingga kapasitas perancangan menjadi 58.399 ton/tahun dan dibulatkan menjadi 60.000 ton/tahun pabrik biodiesel yang akan didirikan pada tahun 2030. Bersumber dari *handbook of energy and economic statistic of indonesia* diterbitkan kementerian energi dan sumber daya mineral (ESDM) dimana dianjurkan untuk mengambil nilai 20% dalam penentuan kapasitas yang diambil apabila mendirikan perusahaan biodiesel.

1.2.6 Kapasitas Komersial

Dalam menentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan ini dipengaruhi oleh kapasitas pabrik sejenis yang sudah beroperasi. Berikut ini adalah beberapa perusahaan yang menghasilkan Biodiesel :

Tabel 1. 4 Data perusahaan penghasil biodiesel

No	Pabrik	Kapasitas (KL) per tahun
----	--------	--------------------------

1	PT. Permata Hijau Palm Oleo	417.214
2	PT. Intibenua Perkasatama	442.529
3	PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	1.603.448
4	PT. LDC Indonesia	482.759
5	PT. Musim Mas (Batam)	896.552
6	PT. Sinar Mas Bio Energy	455.400
7	PT. Batara Elok Semesta Terpadu	780.459
8	PT. Wilmar Nabati Indonesia	2.250.000
9	PT. Eco Prima Energi	579.310
10	PT. Jhonlin Agro Raya	568.966
11	PT. Sukajadi Sawit Mekar	402.299
12	PT. Kutai Refinery Nusantara	1.143.247
13	PT. Multi Nabati Sulawesi	475.862
14	PT. Multimas Nabati Asahan	568.966

Bahan baku *Palm Kernel Oil* (PKO) untuk produksi biodiesel dapat diperoleh dari Riau. Salah satunya adalah PT. Sawit Riau Makmur dengan kapasitas produksi PKO sebesar 60 ton/jam. Sehingga pabrik biodiesel dari PKO dengan kapasitas 60.000 ton/tahun sudah sesuai dengan kapasitas ekonomis karena bahan baku yang tersedia mencukupi.

Berdasarkan kapasitas pabrik pabrik yang sudah berdiri, maka pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* dengan kapasitas 60.000 ton/tahun

sudah dengan kapasitas ekonomis yang sudah beroperasi dan dapat memenuhi kebutuhan produk biodiesel. Data pabrik biodiesel yang sudah beroperasi tersebut hanya sebagian saja yang dicantumkan dan tidak hanya dari bahan baku PKO saja.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Palm Kernel Oil (PKO)

Palm Kernel Oil (PKO) merupakan minyak yang diekstraksi dari biji kelapa sawit atau inti kelapa sawit. PKO memiliki kandungan asam lemak jenuh yang lebih tinggi. Kandungan asam lemak yang dihasilkan sekitar 80%, PKO dapat dimanfaatkan untuk pembuatan produk industri pangan seperti pembuatan mentega, minyak goreng, margarin. Produk industri farmasi seperti kosmetik, vitamin E untuk rambut dan kulit. Produk industri bahan bakar terbarukan seperti biodiesel yang ramah lingkungan.

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis Guineensis Jacq.*) adalah tanaman dari famili palmae hidup di lingkungan tropis, termasuk tanaman monokotil dari famili *Arecaceae*. Tanaman ini mempunyai tinggi 20 – 30 meter dengan umur produktif 25 – 30 tahun, beberapa bagian lain yaitu akar dengan sistem perakaran yang luas akar serabut, batang dengan bentuk yang lurus dan berwarna coklat serta pelepah daun batang berbentuk spiral, daun dengan tipe menyirip (*pinnate*) panjang dan kaku dengan panjang 4 – 5 meter, bunga, dan buah. Bagian utama yang sering diolah yaitu buahnya yang dapat dimanfaatkan sebagai minyak nabati. *Palm Kernel Oil* (PKO) berasal dari inti kernel buah kelapa sawit (*endocarp*) yang pematangan buahnya akan

terus meningkat (Sujadi et al., 2017). Minyak nabati yang diproduksi berupa *oleochemical*. Struktur dari buah kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 1.4



Gambar 1. 4 Struktur buah sawit

Buah *palm* umumnya berbentuk oval, dengan panjang kurang lebih 3 cm. daging terluar disebut dengan mesocarp menghasilkan palm oil dan daging terdalam pada buah palm disebut kernel dengan daging yang sedikit keras.

PKO memiliki komposisi asam lemak yang mirip dengan minyak kelapa, yaitu didominasi oleh asam lemak jenuh rantai sedang (*medium chain fatty acids*), terutama asam laurat (C12:0) sekitar 46%, diikuti oleh asam miristat (C14:0), asam palmitat (C16:0), asam kaprat (C10:0), asam kaprilat (C8:0), asam stearat (C18:0) serta asam oleat (C18:1) dan asam linoleat (C18:2). Kandungan lemak jenuh yang tinggi menjadikan PKO stabil terhadap oksidasi dan cocok untuk aplikasi seperti biodiesel dan produk oleokimia lainnya (Ejeromedoghene, 2021).

1.3.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan diesel atau solar, dan dibuat dari sumber alam. Biodiesel memiliki karakteristik yang mirip dengan minyak diesel atau

solar, serta bersifat terbarukan (*renewable*) dan mudah terurai secara hayati (*biodegradable*). Selain itu, biodiesel juga berfungsi sebagai pelumas untuk piston mesin karena termasuk dalam kategori minyak yang tidak mengeras (*non-drying oil*).

Biodiesel merupakan senyawa monoalkil ester yang berasal dari asam lemak pada minyak nabati atau lemak hewani. Karena sifatnya yang ramah lingkungan, tidak menghasilkan polusi udara, mudah terurai secara alami, dan dapat diperbaharui, biodiesel sangat menjanjikan sebagai alternatif energi. Salah satu metode pembuatan biodiesel melalui proses esterifikasi asam lemak dari minyak nabati atau melalui transesterifikasi trigliserida dengan alkohol, yang menghasilkan metil ester dan gliserol sebagai produk sampingan. Menurut SNI 7182:2015, biodiesel harus memiliki tingkat kemurnian minimal sebesar 96,5%. Selain berasal dari lemak minyak nabati dan lemak hewani biodiesel dapat dibuat melalui proses sintesis dari asam lemak yang diperoleh dari minyak kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, kacang tanah, jarak pagar, inti kelapa sawit dan jenis minyak tumbuhan lainnya. Biodiesel disintesis dari ester asam lemak yang memiliki rantai karbon antara C_6 hingga C_{22} . Salah satu metode pembuatan biodiesel adalah melalui reaksi esterifikasi asam lemak dari minyak nabati atau melalui transesterifikasi trigliserida dengan alkohol. Reaksi ini menghasilkan dua produk utama, yaitu metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping (Rahayu, 2005).

Standar kemurnian biodiesel yang tinggi menjadi tantangan dalam merancang proses produksi agar dapat mencapai kemurnian yang optimal. Oleh sebab itu, penting untuk memilih metode produksi biodiesel yang tepat serta melakukan simulasi proses dengan mempertimbangkan komposisi bahan, jenis reaksi, tipe reaktor yang dipakai, dan aliran bahan yang memengaruhi hasil akhir. Pemilihan metode produksi ini akan menjadi dasar untuk simulasi proses selanjutnya. Melalui simulasi tersebut, proses dapat dioptimalkan untuk memperoleh kemurnian biodiesel yang maksimal. Untuk mencapai optimasi ini, dibutuhkan serangkaian simulasi trial and error, baik dalam menentukan parameter maupun memilih peralatan yang sesuai dalam produksi biodiesel. Berikut dijelaskan syarat mutu biodiesel.

Parameter Uji	Persyaratan
Nama Umum	Biodiesel
Nama Kimia	Metil Ester Asam Lemak
Rumus Kimia	$C_{14}-C_{24}$ Metil Ester atau $C_{15-25} H_{28-48} O_2$
Viskositas Kinematik (mm^2/s , 313^0K)	3,3 – 5,2
Densitas (kg/m^3 , 288^0K)	860 - 894
Titik Didih (K)	>475
Titik Nyala (K)	430 - 455
Rentang Distilasi (K)	470 - 600
Tekanan Uap (mmHg, 295^0K)	<5
Kelarutan dalam air	Tidak larut dalam air
Penampilan Fisik	Cairan bening berwarna kuning muda

Bau	Bau seperti sabun basa
Reaktivitas	Stabil, hindari oksidator kuat

Sumber : (Demirbas, 2008)

1.4 Pemilihan Proses

Energi terbarukan yang diproduksi melalui proses *esterifikasi* dan *transesterifikasi* yang terbuat dari bahan alami seperti minyak hewani, minyak kelapa sawit mentah, biji jarak, minyak inti kelapa sawit dan bahan biomassa lainnya dan dapat digunakan sebagai cadangan energi merupakan pengertian biodiesel. Biodiesel berbeda dengan biosolar/petrodiesel, biosolar merupakan hasil pencampuran biodiesel dan solar yang disebut dengan (B30) yaitu campuran biodiesel 30% didalam solar. Petrodiesel/solar murni adalah jenis bahan bakar diesel yang berasal dari minyak bumi dari proses penyulingan dengan warna bening hingga kekuningan dan berbau seperti bensin mengandung campuran hidrokarbon C_{10} - C_{20} . Petrodiesel menghasilkan emisi gas buang seperti karbon dioksida, sulfur oksida dan nitrogen oksida. Keunggulan biodiesel dibanding dengan bahan bakar solar yaitu ramah lingkungan, dapat mengurangi emisi gas buang yang meliputi emisi hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), Sulfur oksida (SO), dan partikel lainnya (Rushang.et al, 2007). Keunggulan biodiesel jika dibandingkan dengan bahan bakar lainnya yaitu tidak beracun, tidak menyebabkan efek rumah kaca, bisa mengurangi resiko kanker, sifat biodiesel ini dapat terurai (*bio degradable*) dan dapat diperbaharui (*renewable*).

Biomassa yang digunakan sebagai bahan pembuatan biodiesel menggunakan beberapa metode, biodiesel tidak hanya dari reaksi esterifikasi dan

transesterifikasi namun juga dapat menggunakan metode subkritis (Encinar dkk, 2015) dan superkritis (Wei et al., 2013) tanpa menggunakan bantuan katalis untuk mempercepat reaksinya. Biodiesel yang baik apabila memenuhi syarat sesuai dengan ASTM D6751 atau EN 14214. Minimal mengandung 96,5% FAME sesuai standar ASTM D6751. Sebelum biodiesel di distribusikan perlu halnya pemurnian pada hasil biodiesel agar tidak memicu korosi dan stabilitas oksidasi yang rendah karena kandungan FFA yang terlalu tinggi. Penggunaan H_3PO_4 , HCL dengan bantuan H_2O merupakan metode yang paling umum untuk memurnikan biodiesel dengan cara di cuci atau di netralkan. Tujuan pencucian dan penetralan agar biodiesel yang diproduksi tidak meninggalkan residu dan menghilangkan getah atau pengotor (Atadhasi et al., 2011).

Tabel 1. 5 Perbedaan Biodiesel dan Petrodiesel

Sifat	Biodiesel	Petrodiesel
Kadar abu	0,002-0,01%	0,06-0,01 wt%
Angka Cetane	46-70	47-55
Densitas 15 ⁰ C	820-860 kg/m ³	840-860 kg/m ³
Titik nyala	135-150 °C	52-77 °C
Suhu tertinggi	39,3-39,8 MJ/kg	45,3-46,7 MJ/kg
Kadar sulfur	0,0000-0,0024 wt%	0,04-0,01 wt%
Viskositas 40 ⁰ C	3,7-45,8 mm ² /s	1,9-3,8 mm ² /s

Sumber : (Demirbas, 2002).

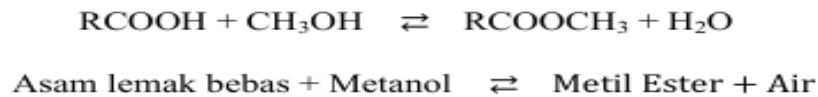
1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan Biodiesel

Pembuatan biodiesel dapat dilakukan melalui proses esterifikasi, transesterifikasi, Mikroemulsifikasi, pirolisis. Pemilihan antara reaksi pembuatan biodiesel tergantung pada komposisi bahan dan kandungan senyawa yang akan digunakan.

a. Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi antara metanol dengan asam lemak bebas membentuk metil ester menggunakan katalis asam. Katalis yang digunakan berupa katalis kimia yang mengandung ion H^+ yaitu asam kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCl). Kehadiran katalis digunakan untuk mempercepat reaksi selama proses, asam kuat bertujuan sebagai resin penukaran kation asam kuat. Reaksi esterifikasi tidak hanya mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester tetapi juga menjadi trigliserida walaupun dengan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa. Sifat fisika pada reaksi esterifikasi bersifat polar dan non polar, reaksi esterifikasi yang bersifat polar dimana jumlah atom yang sedikit sehingga mudah larut dalam air, kelarutan reaksi esterifikasi akan berkurang jika bertambah atom karbon. Reaksi esterifikasi bersifat non polar sedikit larut dalam air karena adanya gaya dipol-dipol berinteraksi. Reaksi esterifikasi bereaksi pada suhu tinggi. Faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi adalah jumlah pereaksi, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak. Sifat-sifat reaksi esterifikasi mempunyai bau yang harum, sedikit larut dalam air (non-polar), reaksi yang mudah menguap, merupakan senyawa karbon yang netral,

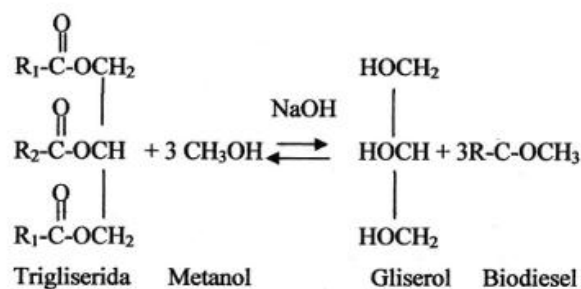
mengalami reaksi hidrokarbon (Heart, 1983). Metil ester hasil reaksi esterifikasi harus bebas air dan sisa katalis sebelum reaksi transesterifikasi.



Gambar 1. 5 Reaksi Esterifikasi

b. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol yang menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters*/FAME) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali. Jenis katalis yang biasa digunakan antara seperti Natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Transesterifikasi adalah reaksi konversi dari trigliserida (minyak nabati menjadi alkil ester). Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh air dan asam lemak bebas (FFA), perbandingan antara metanol/alcohol dengan bahan mentah, pengaruh katalis, pengaruh jenis bahan yang digunakan (Suparno, 2006).



Gambar 1. 6 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi *reversible* (bolak-balik) dimana mono dan digliserida terbentuk sebagai intermediate. Sesuai dengan prinsip stoikiometrinya reaksi ini membutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol. Peningkatan *yield alkyl ester* digunakan untuk pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk (Freedman, 1987).

c. Mikroemulsifikasi

Merupakan proses pembentukan emulsi dengan menggunakan pelarut yaitu metanol, etanol, 1 – butanol, proses ini bertujuan dalam mengatasi tingginya nilai viskositas minyak nabatai sehingga mendekati nilai viskositas bahan bakar motor diesel yang berasal dari produk minyak bumi. Kekurangan mikroemulsi yaitu deposit karbon yang tinggi, pembakaran yang kurang sempurna pada mesin, peningkatan viskositas pada pemberian minyak (*lubricant oil*). Proses ini berlangsung satu atau lebih banya surfaktan. Penurunan diameter dalam *mikroemulsifikasi* berikisar 100-1000 Å.

d. Pirolisis

Pirolisis merupakan perubahan reaksi secara kimia dengan menggunakan energi panas (*thermal energy*). Biodiesel FFA yang diproduksi dari proses pirolisis memiliki angka cetane yang tinggi dengan viskositas yang rendah, proses ini merupakan reaksi dekomposisi termal yang berlangsung tanpa adanya O₂.

e. Microwave

Pembuatan biodiesel dengan *microwave* merupakan metode yang dapat meningkatkan efisiensi proses, mengurangi waktu reaksi dan mengurangi emisi karbon. Proses ini merupakan proses dengan metode transesterifikasi dengan

memanfaatkan gelombang mikro untuk mempercepat reaksi kimia. Keuntungan penggunaan microwarar yaitu waktu proses lebih singkat, efisiensi energi, potensi emosis gas karbon yang dihasilkan rendah. Reaksi ini hanya melibatkan reaksi treanesterfikasi jika kandungan FFA nya lebih dari 2% maka harus dilakukan reaksi esterifikasi terlebih dahulu, jika tidak ditrunkan kadar FFA nya maka akan terjadi saponifikasi pada reaksi selama proses produksi biodiesel.

1.4.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan beberapa macam proses pembuatan biodiesel maka dipilihkan proses produksi biodiesel dengan rekasi esterifikasi karena dilihat pada kandungan asam lemak bebas pada bahan PKO dimana lebih dari 5% esterifikasilah cocok untuk produksi biodiesel. Kandungan asam lemak pada PKO tersaji pada Tabel 1.6 berikut.

Tabel 1. 6 Kandungan Asam Lemak Pada PKO

Jenis Asam Lemak	Presentase (%)
Asam Laurat	46.5
Asam Miristat	19
Asam Palmitat	7.3
Asam Kaprat	5.2
Asam Kaprilat	2.9
Asam Stearat	2.1
Asam Oleat	14
Asam Linoleat	1.8
Lainya	1.2

Sumber : (Ejeromedoghene, 2021)

Selain karena kadar FFA yang lebih dari 5% pemilihan proses ini didasarkan pada kondisi yang lain, dapat dilihat pada Tabel 1.7

Tabel 1. 7 Perbandingan Proses Pembuatan Biodiesel

Aspek Pembanding	Esterifikasi	Transesterifikasi	Mikroemulsifikasi	Pirolisis	Microwave
Suhu operasi	60 ⁰ C	60 ⁰ - 65 ⁰ C	20 ⁰ - 40 ⁰ C	45 ⁰ - 60 ⁰ C	60 ⁰ C
Waktu Reaksi	1-6 jam	35-90 menit	30 menit	Tergantung saat mencapai distilat	30 – 90 menit
Kecepatan Pengadukan	300 – 900 rpm	300 – 600 rpm	800 – 1500 rpm	30 – 100 rpm	300 – 600 rpm
Katalis	Asam	Basa	Emulsifier dan asam/basa	Non katalis	Basa
Rasio minyak dan metanol	1:6 – 1:10	1:6 – 1:16	1:6 – 1:10 dan alkohol sekunder	-	1:6
Konversi	95% - 99% FAME	94% - 99% FAME	90% FAME	Bio-oil dan gas bukan FAME	95% - 99% FAME

Tabel 1. 8 Parameter Kimia Fisika Minyak PKO

Sifat	Nilai
Densitas 40 ⁰ C, Kg/L	0,926
Nilai saponifikasi mgKOH/g	250
Nilai Iodine gl ₂ /10g	83,49
Nilai Asam, mgKOH/g	8,4
Spesifik gravity, Kg/L	0,8888
Viskositas Kinematik, cSt	2,304
Titik nyala, ⁰ C	136
Titik Tuang, ⁰ C	9
Total angka asam, mgKOH/g	0,64

Sumber : (Ejeromedoghene, 2021)

Biodiesel dari PKO (*Palm kernel oil*) adalah biodiesel yang diproduksi dari minyak inti kelapa sawit, hampir sama dengan CPO (crude palm oil) bedanya hanya pada proses bahan baku produksi nya. Jika PKO menggunakan inti kernel buah kelapa sawit namun untuk CPO sendiri menggunakan daging buah kelapa sawit. CPKO (Crude Palm Kernel Oil) berasal dari inti kernel kelapa sawit namun yang membedakan dengan PKO adalah pada proses produksinya dimana jika CPKO berasal dari biji mentah yang di press menggunakan screw press namun untuk PKO berasal dari hasil CPKO atau sudah berbentuk minyak. Perbedaan antara CPO dan PKO dapat dilihat pada Tabel 1.9 dibawah ini.

Tabel 1. 9 Perbedaan PKO dan CPO

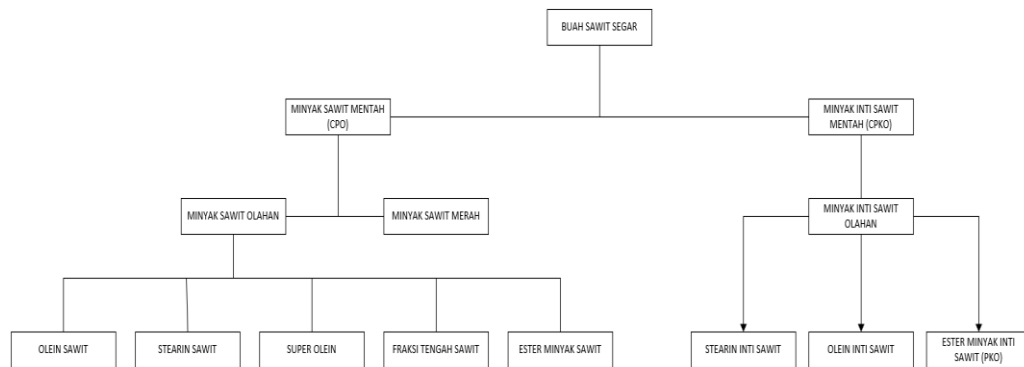
PKO	CPO
Warna bening	Warna merah atau jingga
hasil ekstraksi inti kelapa sawit	hasil ekstraksi bagian <i>mesocarp</i>

Vitamin E dan karoten sedikit	Banyak mengandung vitamin E dan karoten
80% asam lemak jenuh dan 20% asam lemak tidak jenuh	50% asam lemak jenuh dan 50% asam lemak tidak jenuh
Untuk bahan baku kosmetik, deterjen dan biodiesel	Untuk minyak goreng, margarin, biodiesel

Sumber : (Bursa Komoditi dan Derivatif Indonesia, 2024)

Palm kernel oil (PKO) merupakan produk turunan dari kelapa sawit, berasal dari buah Minyak sawit segar (*Palm Fresh Fruit Bunch*) diolah menjadi dua jenis minyak mentah utama, yaitu *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO). CPO kemudian dapat diproses lebih lanjut menjadi *Red Palm Oil*, yang kaya akan karoten, dan *Refined Palm Oil* yang telah melalui proses pemurnian. *Refined Palm Oil* dapat difraksinasi menjadi beberapa produk, seperti *Palm Olein* (fraksi cair yang umum digunakan sebagai minyak goreng), *Palm Stearin* (fraksi padat yang digunakan untuk margarin dan shortening), serta *Super Olein* yang merupakan versi olein dengan kestabilan suhu rendah yang lebih baik. Selain itu, *Refined Palm Oil* juga dapat menghasilkan *Palm Mid Fraction* (digunakan dalam produk coklat dan pangan lainnya) serta *Palm Oil Ester* yang banyak dimanfaatkan dalam industri kosmetik, farmasi, dan biodiesel. CPKO diolah menjadi *Refined Palm Kernel Oil*, yang selanjutnya difraksinasi menjadi *Palm Kernel Olein* dan *Palm Kernel Stearin*. *Palm Kernel Olein* umumnya digunakan dalam produk makanan olahan, sedangkan *Palm Kernel Stearin* lebih sering dimanfaatkan dalam

industri sabun dan kosmetik. Produk lainnya dari CPKO adalah *Palm Kernel Oil Esters* yang juga berfungsi sebagai bahan aktif bahan bakar nabati (*biofuel*).



Gambar 1. 7 Produk Turunan PKO

Pembuatan biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) merupakan proses yang membutuhkan efisiensi yang baik dan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Factor-faktor yang harus diperhatikan ini harus dijaga secara optimal agar mendapatkan kualitas biodiesel yang baik dan berkualitas tinggi. Berikut faktor-faktor yang harus dijaga selama proses reaksi esterifikasi.

a. Waktu Reaksi

Jika waktu reaksi selama proses terlalu singkat maka reaktan tidak akan bereaksi secara maksimal, semakin lama waktu reaksi selama proses maka reaktan yang bereaksi antar zat menghasilkan konversi yang besar dan kesetimbangan reaksi akan tercapai. Tetapi jika waktu reaksi selama proses tidak dijaga dengan baik akan terjadi degradasi produk, serta banyak energi yang dibutuhkan.

b. Pengadukan

Pengadukan yang efisien bertujuan untuk memaksimalkan reaktan dengan zat yang bereaksi, pengadukan dapat menambah frekuensi tumbukan sehingga menjadi reaksi yang sempurna. Jika pengadukan tidak diperhatikan maka akan menyebabkan rendemen yang rendah, waktu reaksi yang lama, akan ada hasil samping, serta pemisahan produk yang sulit. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius :

$$k = A \cdot e^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)}$$

Dimana :

T : suhu absolut ($^{\circ}\text{C}$)

R : Konstanta gas ($\text{cal/gmol}^{\circ}\text{K}$)

Ea : Energi aktivasi (cal/gmol)

A : Faktor tumbukan (t^{-1})

k : Konstanta kecepatan reaksi (t^{-1})

Besarnya suatu tumbukan maka konstanta yang dihasilkan semakin besar juga yang selaras dengan kecepatan reaksi saat bereaksi.

c. Katalisator

Katalisator merupakan zat yang dapat mempercepat laju reaksi, katalisator bertujuan menurunkan tenaga aktivasi dalam suatu reaksi pada suhu tertentu yang menyebabkan harga konstanta reaksi semakin besar. Katalis yang digunakan dalam proses esterifikasi 1-10% dari berat campuran pereaksi (Mc Ketta, 1978). Katalis yang digunakan pada reaksi esterifikasi adalah reaksi asam (H_2SO_4 , HCl). Katalis dapat dibedakan menjadi dua yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen

adalah katalis yang mempunyai fasa sama dengan reaktan dan produk, sedangkan katalis heterogeny adakah katalis yang fasanya berbeda antara reaktan dan produknya.

d. Suhu Reaksi

Semakin tinggi suhu yang digunakan maka banyak konversi yang dihasilkan. Jika suhu tinggi maka nilai k semakin besar dan reaksi akan berjalan cepat dan konversi semakin besar. Namun jika suhu yang digunakan terlalu rendah maka akan menyebabkan laju reaksi yang lambat. Suhu yang digunakan rata-rata pada industri untuk reaksi esterifikasi adalah 60°C-65°C. suhu yang tinggi akan membuat volatilitas pada kandungan metanol di PKO, menghasilkan produk samping/saponifikasi, peningkatan energi yang berlebihan.

1.5 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.5.1 Tinjauan termodinamika

Tinjauan termodinamika merupakan salah satu komponen terpenting untuk mengetahui sifat reaksi, apakah reaksi yang berlangsung memerlukan panas atau melepas panas. Tinjauan termodinamika dapat diketahui dengan melihat harga entalpi selama reaksi.

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

Komponen	ΔH_f (kJ/kmol)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	-723250

$C_{14}H_{28}O_2$	-776040
$C_{16}H_{32}O_2$	-822450
$C_{10}H_{20}O_2$	-670150
$C_8H_{16}O_2$	-622850
$C_{18}H_{36}O_2$	-872850
$C_{18}H_{34}O_2$	-803180
$C_{18}H_{32}O_2$	-656760
H_2SO_4	-790320
CH_3OH	-234920
H_2O	-283160
$C_{13}H_{26}O_2$	-677760

Tabel 1. 11 Tabel Harga entalpi masing masing komponen pada suhu
298,15K (lanjutan)

Komponen	ΔH_f (kj/kmol)
$C_{15}H_{30}O_2$	-709550
$C_{17}H_{34}O_2$	-773060
$C_{11}H_{22}O_2$	-628280
$C_9H_{18}O_2$	-585340
$C_{19}H_{38}O_2$	-819810
$C_{19}H_{36}O_2$	-723740
$C_{19}H_{32}O_2$	-587990



$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2} &= \Delta H_f \cdot n \\ &= -723250 \text{ kJ/kmol} \cdot 0,0159 \text{ kmol/jam} \\ &= -11517,51 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}} &= \Delta H_f \cdot n \\ &= -234920 \text{ kJ/kmol} \cdot 0,3296 \text{ kmol/jam} \\ &= -77425,99 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{C}_{13}\text{H}_{26}\text{O}_2} &= \Delta H_f \cdot n \\ &= -677760 \text{ kJ/kmol} \cdot 0,0151 \text{ kmol/jam} \\ &= -10253,44 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} &= \Delta H_f \cdot n \\ &= -283160 \text{ kJ/kmol} \cdot 0,0324 \text{ kmol/jam} \\ &= -9174,85 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\Delta H_{f \text{ Produk}} = -19428,29$$

$$\Delta H_{f \text{ reaktan}} = -88943,50$$

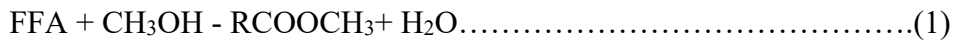
$$\Delta H_{\text{reaksi}} = 69515,21$$

Harga ΔH reaksi bernilai positif yang berarti reaksi bersifat *endothermic* (reaksi membutuhkan panas). Reaksi berjalan secara *reversible* yang artinya reaksi berjalan bolak-balik. Tetapi karena salah satu pereaktan dibuat berlebih menyebabkan reaksi nya berubah menjadi reaksi searah (*Irreversible*).

1.5.2 Tinjauan Kinetika

Nilai kinetika reaksi (k) didapat dari sumber jurnal sebesar 0,0757 min⁻¹. Dengan penjabaran persamaan rumus sebagai berikut :

(Kostic, M.D., *et.al.*, 2016)



$$-r_{\text{FFA}} = k [\text{FFA}] [\text{MeOH}]$$

$$-r_{\text{FFA}} = k_{\text{app}} [\text{FFA}]$$

$$k_{\text{app}} = K [\text{MeOH}]^m$$

$$\int_{[\text{FFA}]_0}^{[\text{FFA}]} \frac{d[\text{FFA}]}{[\text{FFA}]} = -k_{\text{app}} \int_0^t dt \dots \dots \dots (2)$$

$$\ln \left(\frac{[\text{FFA}]}{[\text{FFA}_0]} \right) = -k_{\text{app}} \cdot t$$

$$-\ln \left(\frac{[\text{FFA}]}{[\text{FFA}_0]} \right) = k_{\text{app}} \cdot t$$

k app dengan faktor operasi

$$k = A \exp \left(\frac{E_a}{RT} \right)$$

$$k_{\text{app}} = A [\text{MeOH}]^m \cdot \exp \left(- \frac{E_a \cdot C_{\text{cat}}^n}{RT} \right)$$

$$a = 1,291$$

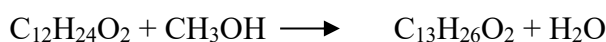
$$m = 0,923$$

$$E_a = 9477 \text{ j/mol}$$

$$n = 0,112$$

$$k_{\text{app}} = 1,291 [\text{MeOH}]^{0,923} \cdot \exp \left(- \frac{9477 \cdot C_{\text{cat}}^{0,112}}{RT} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Evaluasi K dari ΔG pada suhu standar



Komponen	ΔH_f (kj/kmol)	ΔS (kj/kmol.K)	ΔG_f (kj/kmol)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	-723.250	-1.358,55	-270.852,8
CH ₃ OH	-234.920	-240,245	-154.918,4
C ₁₃ H ₂₆ O ₂	-677.760	-1.404,54	-210.048,18
H ₂ O	-283.160	-163.139	-228.834,7

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \text{ (energi gibbs)}$$

$$\Delta G = \Sigma \Delta G_{produk} - \Sigma \Delta G_{reaktan}$$

$$= -438.882,88 + 425.771,2$$

$$= -13.111,68 \text{ kj/kmol}$$

$\Delta G < 0$ disimpulkan bahwa reaksi berlangsung cepat dan spontan tanpa adanya pengaruh dari luar.

$$\Delta H_{reaktan} = -958.170 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

$$R = 8,314 \text{ kj/kmol.K}$$

$$\ln K = \frac{\Delta G}{-RT}$$

$$\ln K = \frac{-13.111,68 \text{ kj/kmol}}{-8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol.K}} \cdot 333 \text{ K}}$$

$$K = e^{4,73}$$

$$K = 113,295$$

$K > 1$ sehingga konsentrasi produk lebih besar dibandingkan konsentrasi reaktan. Reaksi bergeser ke arah kanan.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

1. Palm Kernel Oil (PKO)

Rumus Molekul	: $C_{37}H_{68}O_6$
Fasa	: Cair
Warna	: Putih kekuningan
Densitas (Pada 40 °C)	: 0,926 Kg/L
Viskositas	: 2,304 cSt
Titik Didih	: 251 °C
Titik Leleh	: 25 - 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Kelarutan	: Tidak larut dalam air
Bilangan iod	: -
Titik Nyala	: 136 °C
Spesifik Gravity	: 0,888 Kg/L
Sumber	: Ejeromedoghene, 2021, n.d.

Palm Kernel Oil (PKO) diperoleh dari inti buah kelapa sawit atau biji kelapa sawit dengan asam lemak yang sedang. Berikut disajikan pada Tabel 2.1 komposisi asam lemak yang terdapat dalam Palm Kernel Oil (PKO) :

Tabel 2. 1 Komposisi Asam Lemak dalam PKO

Komponen	Rumus Molekul	BM (g/mol)	Komposisi (%)
Asam laurat	$C_{12}H_{24}O_2$	200	46,50
Asam miristat	$C_{14}H_{28}O_2$	228	19,00
Asam palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	256	7,30
Asam kaprat	$C_{10}H_{20}O_2$	172	5,20
Asam kaprilat	$C_8H_{16}O_2$	144	2,90
Asam stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	284	2,10
Asam oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	282	14
Asam linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	280	1,80

2. Metanol

Rumus Molekul	: CH_3OH
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Berat Molekul	: 32,04 g/mol
Densitas (Pada 25 °C)	: 0,791 g/ml
Viskositas	: 0,55 cp pada 20°C
Titik Didih	: 65,4 °C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan Uap (Pada 25 °C)	: 15,2 kPa
Kelarutan	: Larut dalam air
Heating Value	: 22,9 MJ.kg-1
Titik Nyala	: 52 °F

Suhu (T)	: 30 °C
Sumber	: www.chemicalbook.com

3. Natrium Hidroksida

Rumus Molekul	: NaOH
Fasa	: Cair
Warna	: Putih
Berat Molekul	: 38 g/mol
Densitas (Pada 20 °C)	: 1,515 g/ml
Viskositas	: -
Titik Didih	: 1390 °C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan Uap (Pada 745 °C)	: 1 mmHg
Kelarutan	: Larut dalam air
Heating Value	: 4.184 J.g -1
Titik Nyala	: 176-178 °C
Titik Beku	: -
Suhu (T)	: 30 °C
Sumber	: www.chemicalbook.com

4. Asam Sulfat

Rumus Molekul	: H ₂ SO ₄
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Berat Molekul	: 98,08 g/mol

Densitas	: 1-1,84 g/ml
Viskositas	: -
Titik Didih	: 290 °C Pada 1 atm
Tekanan	: 1 atm
Tekanan Uap	: Larut dalam air
Kelarutan	: Larut dalam air
Kemurnian	: 98% (H ₂ O 2%)
Impurities	: H ₂ O 2% berat
Sifat	: Korosif
Sumber	: PT. Petrokimia Gresik

2.2 Spesifikasi Produk

1. Biodiesel (*Ethyl Ester*)

Massa jenis pada suhu 40°C	: 850 – 890 kg/m ³
Titik nyala	: 100 C
Titik kabut	: 18 C
Viskositas kinematic pada 40°C	: 2,3 – 6,0mm ² /s
Air dan sedimen	: maks. 0,05 %-vol
Belerang	: maks. 100 ppm-m (mg/kg)
Fosfat	: maks. 10 ppm-m (mg/kg)
Angka cetana	: min 51
Angka iodium	: maks. 115%-massa
Angka asam	: maks. 0,8 mg-KOH/g
Kadar ester alkil	: min. 96,5%-massa

2.3 Pengendalian Kualitas

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengawasan mutu bahan baku dilakukan untuk memastikan bahwa setiap bahan yang digunakan dalam proses produksi telah memenuhi persyaratan mutu yang telah ditetapkan sebelumnya. Sebelum bahan digunakan dalam proses produksi, dilakukan pemeriksaan laboratorium untuk mengetahui kualitasnya, seperti tingkat kemurnian dan kandungan zat-zat tertentu. Apabila hasil pengujian menunjukkan bahwa bahan tersebut tidak memenuhi kriteria yang telah ditentukan, maka bahan baku tersebut kemungkinan besar tidak akan digunakan dan dikembalikan kepada pihak penyedia.

Beberapa aspek yang dianalisis dalam pengujian ini antara lain :

- a. Tingkat kemurnian bahan baku yang digunakan dalam reaksi esterifikasi, termasuk kandungan H_2SO_4 , NaOH , CH_3OH , dan bahan baku utama yaitu *Palm Kernel Oil* (PKO).
- b. Tingkat kadar air yang terkandung dalam bahan
- c. Jumlah serta kadar bahan pencemar.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk memiliki peran penting dalam memastikan mutu produk akhir tetap terjaga, yang harus dimulai sejak pemilihan bahan baku hingga tahap akhir proses produksi. Proses pengawasan kualitas dilakukan melalui analisis laboratorium

maupun pemantauan langsung menggunakan alat kontrol. Tujuannya adalah memperoleh produk dengan mutu dan kapasitas yang sesuai standar yang ditetapkan oleh pabrik. Penyimpangan mutu dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kualitas bahan baku yang tidak memenuhi syarat, kesalahan dalam pengoperasian, atau kerusakan alat produksi. Deteksi terhadap penyimpangan tersebut dapat dilakukan melalui sistem monitoring dan analisis yang dilakukan oleh bagian Laboratorium Pemeriksaan.

Sistem pengendalian mutu dalam produksi biodiesel mencakup beberapa aspek utama. Pertama, pengawasan terhadap bahan baku bertujuan untuk memastikan bahwa bahan yang digunakan telah sesuai dengan spesifikasi proses; jika tidak sesuai, maka bahan tersebut kemungkinan besar akan dikembalikan kepada pemasok. Kedua, bahan pembantu juga perlu dikaji karakteristik fisiknya agar sesuai dengan kebutuhan proses produksi. Ketiga, pengendalian kualitas terhadap produk akhir, yaitu biodiesel dan air, dilakukan untuk menjamin hasil sesuai dengan standar mutu. Keempat, kontrol mutu juga diberlakukan pada tahap pemindahan produk, misalnya saat biodiesel dipindahkan dari tangki sementara (*day tank*) ke tangki penyimpanan utama (*storage tank*), lalu ke truk maupun kapal.

Proses pemantauan dilakukan secara otomatis melalui sistem kontrol terpusat di control room, menggunakan indikator sebagai

penanda kondisi proses. Pengawasan kualitas pada tahap distribusi ini sangat penting untuk memastikan bahwa produk yang dikirim ke konsumen tetap memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan. Kesesuaian kualitas produk dengan standar tidak hanya menjamin kepuasan pelanggan, tetapi juga memperkuat citra perusahaan. Oleh karena itu, untuk menghasilkan produk yang berkualitas, perlu dilakukan pengawasan ketat mulai dari bahan baku, pengendalian proses produksi, hingga pengaturan mutu selama distribusi, yang semuanya didukung oleh sistem kontrol yang efektif.

2.3.3 Pengendalian Proses

Tujuan dari pengendalian mutu proses produksi adalah untuk menjamin bahwa setiap tahapan produksi berlangsung dengan optimal untuk menghasilkan produk yang memenuhi standar kualitas. Proses dimulai saat pengadaan bahan baku hingga menjadi produk biodiesel. Pemantauan serta pengendalian proses produksi dilakukan secara otomatis pada ruang kendali (*Control Room*), berdasarkan indikator-indikator yang telah ditentukan sebelumnya. Apabila terjadi ketidaksesuaian pada indikator, seperti laju aliran bahan atau produk, pengaturan level, maupun pengendalian suhu dan tekanan, sistem akan memberikan sinyal berupa lampu indikator menyala, alarm berbunyi atau tanda peringatan.

Pengawasan ini mencakup pemantauan terhadap kondisi operasi dari peralatan proses, pemantauan dalam perangkat kendali sebagai berikut :

1. *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki untuk mengatur volume cairan di dalamnya. Alat ini mengontrol kecepatan aliran masuk dan keluar cairan melalui katup kendali (*control valve*) agar kondisi operasi tetap stabil dan sesuai dengan yang ditargetkan.

2. *Level Indicator*

Merupakan alat instrumentasi yang berfungsi untuk memantau dan menampilkan tinggi permukaan cairan dalam tangki proses secara visual atau digital.

3. *Pressure Control*

Alat ini berfungsi untuk menjaga tekanan dalam peralatan proses, terutama pada sistem yang beroperasi dengan tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer.

4. *Temperature Control*

Alat ini digunakan untuk mengatur dan menjaga suhu proses tetap dalam rentang yang diinginkan. Jika terjadi penyimpangan dari suhu yang telah ditetapkan, maka sensor akan memberikan sinyal sebagai peringatan.

5. *Flow Control*

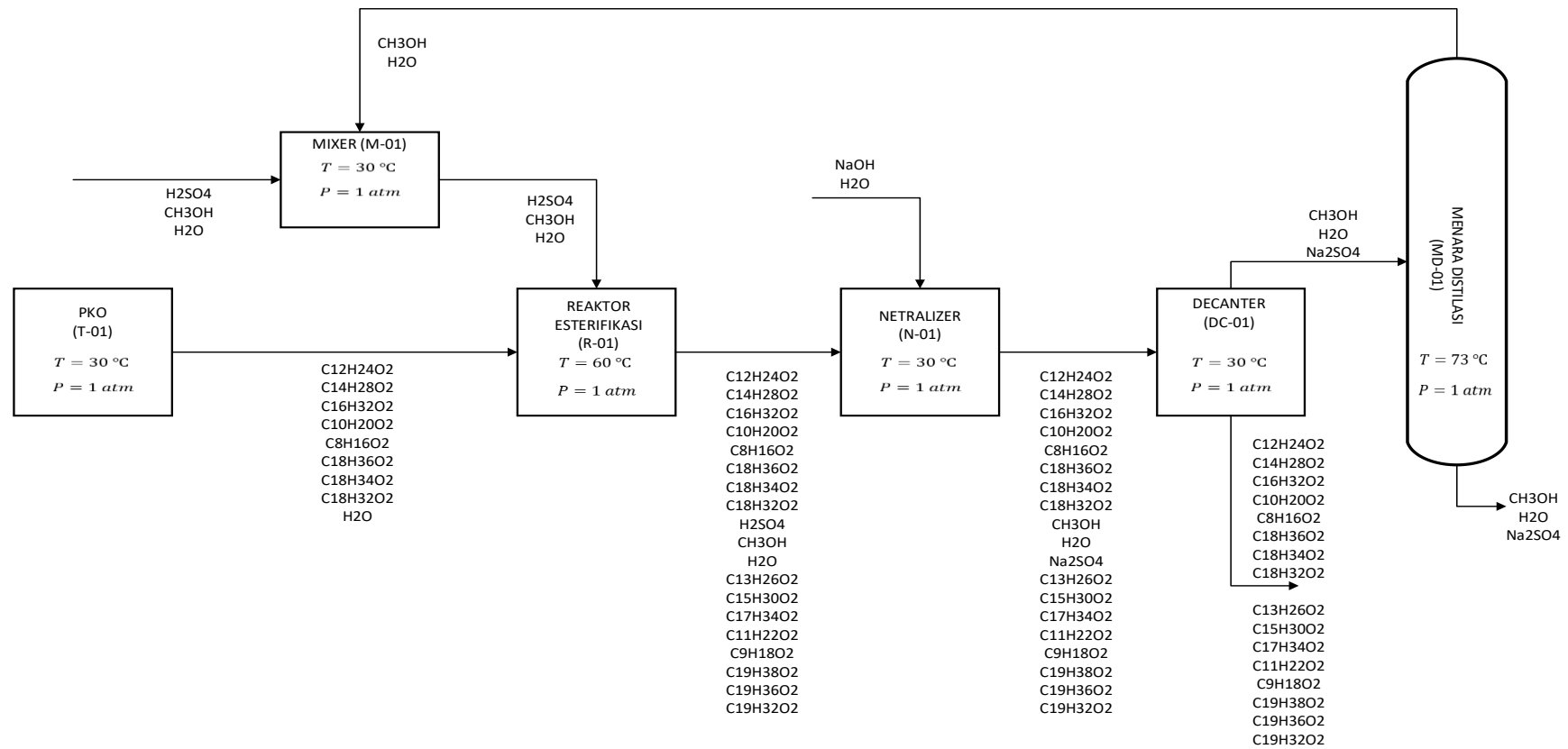
Perangkat ini dipasang pada jalur aliran bahan baku masuk, aliran internal proses, serta aliran keluar produk. Fungsinya adalah untuk mengatur dan memantau laju aliran agar proses berjalan sesuai rencana.

BAB III

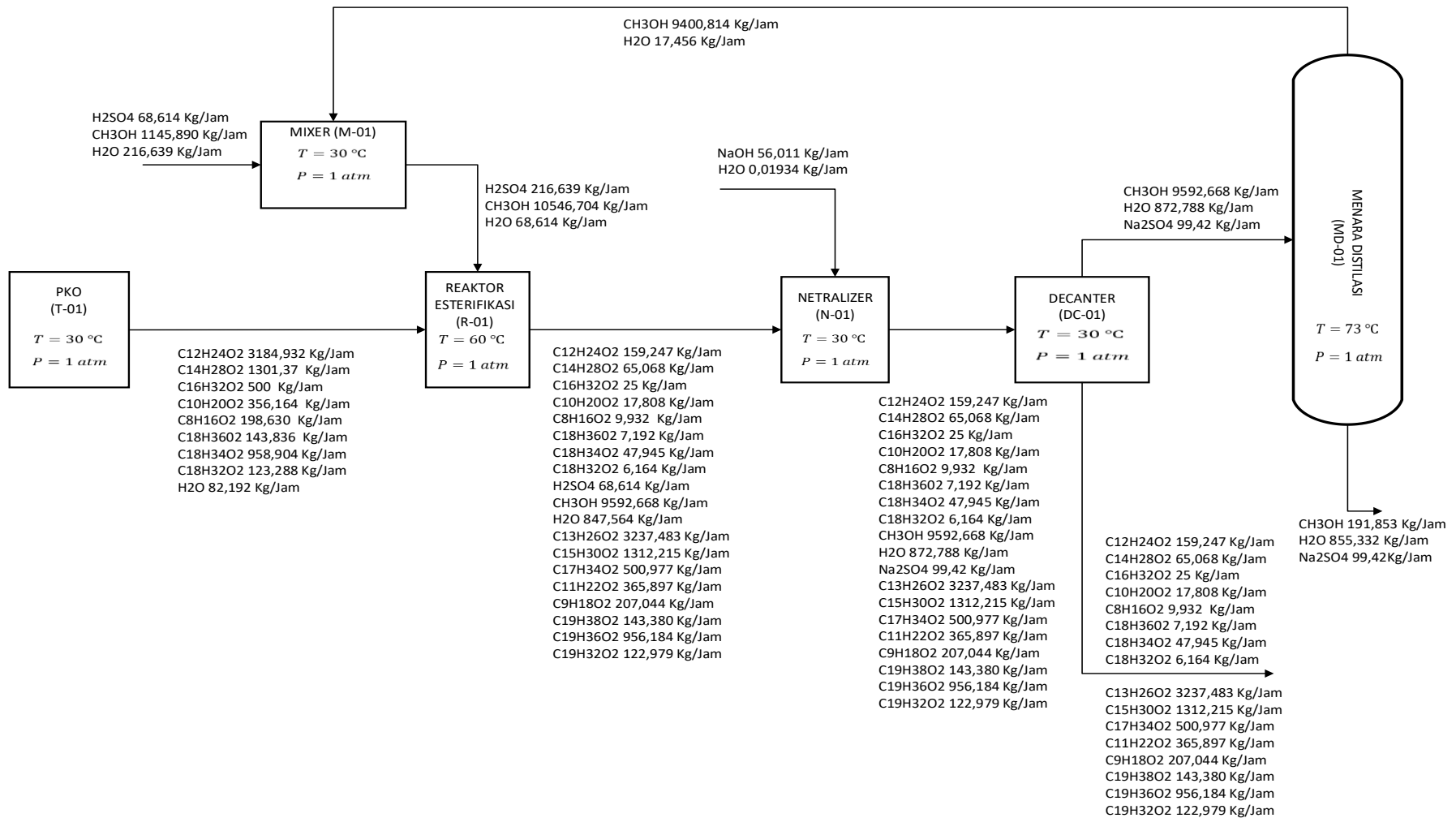
PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan biodiesel melalui esterifikasi pada dasarnya adalah konversi minyak nabati yang mengandung asam menjadi *metil ester* atau biodiesel. Reaksi ini melibatkan alkohol dan menghasilkan air sebagai produk samping. Dalam proses esterifikasi ini, digunakan katalis asam berupa H_2SO_4 , dengan Palm Kernel Oil (PKO) dan metanol (CH_3OH) sebagai bahan utama. Proses berlangsung secara kontinu pada suhu $60^\circ C$ dan tekanan atmosfer (1 atm). Secara umum, pembuatan biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) dan metanol melalui reaksi esterifikasi dilakukan dalam tiga tahap utama, yaitu:

- a. Persiapan bahan baku
- b. Pembentukan produk
- c. Pemurnian produk.

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

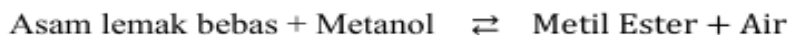
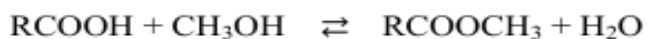
Pada proses ini minyak inti kelapa sawit atau *Palm Kernel Oil* (PKO) dalam tangki akan dialirkan dengan pompa menuju Reaktor (R-01). Sebelum PKO dimasukkan dalam Reaktor suhu dinaikkan menggunakan *Heater* (HE-01) menjadi $60^\circ C$. Keluaran dari *Mixer* (M-01) dialirkan dengan pompa dinaikkan suhunya dengan menggunakan *Heater* (HE-02) menjadi $60^\circ C$ agar proses pembuatan biodiesel dapat menghasilkan produk yang baik dan reaksi tidak cepat rusak saat proses berlangsung.

3.2.2 Proses Pembuatan Produk

Reaksi esterifikasi berlangsung menggunakan suhu operasi $60^\circ C$ dengan bantuan katalis asam yaitu asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 98% yang dicampur dengan metanol (CH_3OH). Asam sulfat (H_2SO_4) dengan metanol (CH_3OH) dicampur pada *Mixer* (M-01) dengan suhu operasi $30^\circ C$

yang hasil keluaran mixer (M-01) akan dinaikkan suhunya menjadi 60°C dan dialirkan pada pompa masuk ke Reaktor esterifikasi (R-01).

Reaksi Esterifikasi berlangsung dengan menggunakan tangki berupa *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) atau Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB). Dengan pengaduk turbin 6 *blade* dengan putaran pengadukan sebesar 3155,36 rpm dan reaksi berjalan secara *endothermic* karena membutuhkan panas. Suhu ini harus dipertahankan selama proses agar tidak terjadi kenaikan atau penurunan suhu yang drastis, maka dari itu reaktor ditambah dengan jaket untuk menjaga suhu proses tetap stabil, senyawa yang terbentuk dari hasil reaksi esterifikasi adalah



Produk yang dihasilkan berupa biodiesel atau *metil ester* dan air yang keluar dari reaktor pada suhu 60°C, komposisi metanol yang digunakan selama proses sebanyak 98%. Untuk menetralkan katalis asam yang terkandung pada *free fatty acid* (FFA) dan *metil ester*, proses selanjutnya adalah masuk ke *Netralizer* (N-01) pada suhu 30°C yang diturunkan dengan *cooler* (C-01). Pada *Netralizer* (N-01) terjadi reaksi asam-basa dimana pada netralizer ditambahkan natrium hidroksida (NaOH) bereaksi dengan asam sulfat (H₂SO₄) dan reaksi yang terbentuk menjadi garam natrium sulfat (Na₂SO₄). Untuk mendapatkan kualitas biodiesel yang terbaik maka diperlukan pemisahan pada proses selanjutnya yang lebih kompleks.

3.2.3 Tahap Pemurnian dan Pemisahan

Proses selanjutnya yaitu pemurnian *free fatty acid* (FFA) dan *metil ester* atau biodiesel dengan cara dipisahkan dari komponen metanol, garam yang masih terkandung pada biodiesel. Pemisahan dan pemurnian dilakukan melalui alat *Decanter* (DC-01) proses berjalan pada suhu 30°C. Pemisahan menggunakan *Decanter* didasarkan pada perbedaan densitas dan kelarutan dari campuran minyak.

Adanya perbedaan densitas dan kelarutan antara dua campuran menyebabkan pemisahan menjadi dua lapisan di dalam *Decanter*. Lapisan yang berada di bagian atas, dikenal sebagai *light stream*, terdiri dari campuran air, metanol, dan Na₂SO yang memiliki densitas lebih rendah. Sebaliknya, lapisan bawah atau *heavy stream* terbentuk dari biodiesel dan *free fatty acid* (FFA)

yang lebih berat. Fasa berat ini dikeluarkan melalui bagian bawah *Decanter* (DC-01) selanjutnya dialirkan menggunakan pompa menuju Tangki Penyimpanan Produk (T-05).

Proses pemurnian selanjutnya hasil dari *light stream* berupa CH_3OH , Na_2SO_4 , H_2O masuk ke Menara Distilasi (MD-01) dengan menaikkan suhu proses menjadi 73°C hasil penguapan berupa metanol dan air kemudian dialirkan ke Kondensor (CD-01) sehingga berubah fasa menjadi cair dan di *recycle* dengan bantuan pompa menuju Mixer (M-01), sebelum masuk Mixer (M-01) suhu diturunkan dengan *Cooler* (C-02) menjadi 30°C , proses *recycle* bertemu pada titik *mixing point* dengan metanol dari Tangki (T-01). Hasil biodiesel dari *Decanter* sebelumnya dimasukkan pada Tangki (T-05) yaitu tangki penyimpanan produk yang siap dipasarkan. Hasil bawah dari Menara Distilasi (MD-01) berupa kandungan garam Na_2SO_4 , sisa metanol dan air yang tidak teruapkan dibuang ke Unit Pembuangan Limbah (UPL).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

1. *Mixer* (M-01)

Kode : M-01

Fungsi : Mencampurkan H_2SO_4 , CH_3OH , dan H_2O

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan = 1 atm

b. Suhu = 30°C

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

Dimensi *mixer* :

- a. Diameter = 2,887 m
- b. Tinggi = 3,45 m
- c. Tebal *shell* = 0,250 in
- d. Tebal *head* = 0,1875 in

Pengaduk *Mixer* :

Jenis = *six-blade turbine, vertical blades*

Diameter pengaduk = 0,962 m

Jumlah pengaduk = 1 buah

Lebar *baffle* = 0,241 m

Kecepatan putaran = 98 rpm

Power = 3 Hp

Harga : \$ 485.700

2. Reaktor

Spesifikasi umum

Kode : R-01

Fungsi : Mereaksikan PKO dengan CH_3OH menggunakan katalis H_2SO_4

Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)

Mode operasi : Kontinyu

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

Suhu : 60°C

Tekanan : 1 atm

Kondisi proses : Isotermal

Konstruksi dan Material

Bahan konstruksi : *Stainless steel type 316*

Diameter : 4,89 m

Tebal *shell* : 0,5 in

Tinggi reaktor : 7,45 m

Tinggi cairan di *shell* : 4,89 m

Tinggi *head* (OA) : 1,3 m

Tebal *head* : 0,5 in

Volume *shell* (cairan) : 91,64 m³

Volume *head* : 0,0103 m³

Volume reaktor : 124,1m³

Jenis head : *Torispherical dished head*

Konversi : 95%

Pengaduk reaktor

Jenis : *six-blade turbine, vertical blades*

Diameter : 0,286 m

Jarak : 1,89 m

Lebar pengaduk : 0,07 m

Lebar *baffle* : 0,47 m

Power : 200 Hp

Kecepatan putar : 3155,365 rpm

Jumlah : 1 buah

Jaket pemanas/pendingin

Tinggi : 7,57 m
Diameter : 5,81 m
Luas selimut : 323,62 ft²
Harga : \$ 480.400

3. *Netralizer*

Kode : N-01
Fungsi : Proses penggaraman antara NaOH dan H₂SO₄ dari keluaran reaktor esterifikasi
Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk
Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 60°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167*

Dimensi netralizer

- a. Volume : 10996,22 liter
- b. Diameter : 2,56 m
- c. Tinggi : 3,51 m
- d. Tebal *shell* : 0,25 in
- e. Tinggi cairan dalam *shell* : 2,085 m
- f. Tebal *head* : 0,3125 in
- g. Jenis *head* : *Torispherical dished head*

Pengaduk netralizer

- a. Jenis : *six-blade turbine, vertical blades*
- b. Diameter : 0,81 m
- c. Jumlah pengaduk : 1 buah
- d. Lebar *baffle* : 0,14 m
- e. Kecepatan putaran : 40,84 rpm
- f. Power : 1 Hp

Harga : \$ 309.400

4. Decanter

Kode : DC-01

Fungsi : Memisahkan komponen biodiesel dengan H₂O dan CH₃OH

Jenis : *Horizontal silinder*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 316*

Dimensi decanter

a. Diameter : 1,22 m

b. Panjang : 4,15 m

c. Tebal *shell* : 0,19 in

d. Tebal *head* : 0,19 in

Harga : \$ 26.336

5. Menara Distilasi

Kode : MD-01

Fungsi : Memisahkan komponen CH_3OH sebagai keluaran *top*
(distilat) dan H_2O sebagai keluaran *bottom*

Jenis : *sieve tray*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 68°C

Bahan konstruksi : *stainless steel SA 167 grade 3 type 304*

Dimensi distilasi

a. Tinggi : 7 m

b. Diameter kolom : 0,90 m

c. Tebal *shell* : 0,1875 in

d. Tebal *head* : 0,1875 in

e. Jumlah *plate* : 15 buah

f. Tebal *tray* : 0,1181 in

g. Diameter *hole* : 0,3937 in

h. Jumlah *hole* : 204 buah

i. *Tray spacing* : 0,45 m

j. Panjang *weir* : 0,684 m

k. Tinggi *weir* : 0,04 m

Harga : \$ 167.143

6. Cooler 1

Kode	: CO-01
Fungsi	: Mendinginkan campuran hasil keluaran Reaktor (R-01) dari suhu 60°C ke suhu 30°C untuk dialirkan ke <i>Netralizer</i> (N-01)
Jenis	: <i>Shell and Tube</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-167 Tipe 316</i>

Operating Condition

- *Cold Fluid*

T in : 25°C

T out : 30°C

- *Hot Fluid*

T in : 60°C

T out : 30°C

Mechanical Design

- *Shell (Hot Fluid)*

ID : 21,25 in

Pitch : 1 in

Baffle : 10,625 in

Pressure drop : 0,00000311 psi

Luas transfer panas : 1070 ft²

Uc : 356,03 btu/jam.ft².F

Ud : 40 btu/jam.ft².F

Dirt factor : 0,022

Harga : \$ 129.100

- *Tube (Cold Fluid)*

ID : 0,620 in

OD : 0,75 in

BWG : 16

L : 16 ft

Nt : 341

Pressure Drop : 10,856 psi

7. *Cooler 2*

Kode : CO-02

Fungsi : Mendinginkan umpan metanol dan air dari 65°C menjadi
30°C untuk di *recycle* Kembali ke *mixer* (M-01)

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

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

Operating Condition

- *Annulus (Heavy Organic)*

T in : 65°C

T out : 30°C

Tekanan : 1 atm

- *Inner pipe (Cooler)*

T in : 30°C

T out : 45°C

Tekanan : 1 atm
Pendingin : 44493,20741 kg/jam

Mechanical Design

- *Annulus (Heavy Organic)*

OD : 4 in
ID : 4,5 in
Pressure drop : 0,72 psi

- *Inner pipe (Cooler)*

OD : 3 in
ID : 3,5 in
Pressure drop : 0,32 psi
Luas transfer panas : 78 ft²
Jumlah hairpin : 13
Rd : 0,003
Harga : \$ 2.900

8. *Heater 1*

Kode : HE-01
Fungsi : Memanaskan umpan PKO dari 30°C menjadi 60°C dari Tangki
PKO (T-03) menuju Deggumer (DG-01)
Jenis : *Double pipe heat exchanger*
Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-167 tipe 316*

Operating Condition

	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (steam)</i>
--	--------------------------------	---------------------------

T in	30 °C	100°C
T out	60 °C	90°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Beban panas	451291,862 btu/jam	

Mechanical Design

	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (steam)</i>
OD	4,5 in	3,5 in
ID	4,026 in	3,068 in
<i>Pressure Drop</i>	0,103 psi	0,0000060 psi
Luas Transfer Panas	154 ft ²	
Jumah hairpin	25	
Rd	0,003	
Harga	\$ 34.000	

9. *Heater 2*

Kode : HE-02

Fungsi : Memanaskan campuran H₂SO₄, CH₃OH dan H₂O dari *Mixer* (M-01) dari suhu 30 °C menjadi 60°C

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainles steel SA-167 tipe 316*

Operating Condition

	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (steam)</i>
--	--------------------------------	---------------------------

T in	30 °C	100°C
T out	60 °C	90°C
Tekanan	1 atm	
Beban panas	1080516,157 btu/jam	

Mechanical Design

	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (steam)</i>
OD	4,5 in	3,5 in
ID	4,026 in	3,068 in
Pressure Drop	0,42 psi	0,000118 psi
Luas Transfer Panas	27,05 ft ²	
Jumah hairpin	5	
Rd	0,003	
Harga	\$ 2.000	

10. *Heater 3*

Kode : HE-03

Fungsi : Memanaskan umpan CH₃OH, H₂O, dan Na₂SO₄ dari 30°C menjadi 73°C dari *Decanter* (DC-01) menuju Menara Distilasi (MD-01)

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Bahan konstruksi : *Stainles steel SA-167 tipe 316*

Operating Condition

	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (steam)</i>
T in	30 °C	100°C
T out	73 °C	90°C
Tekanan	1 atm	
Beban panas	1139136,921 btu/jam	

Mechanical Design

	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (steam)</i>
OD	4,5 in	3,5 in
ID	4,026 in	3,068 in
Pressure Drop	1,35 psi	0,000133 psi
Luas Transfer Panas	51 ft ²	
Jumah hairpin	8	
Rd	0,003	
Harga	\$ 2.500	

3.3.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

1. Tangki penyimpanan CH₃OH

Kode : T-01

Fungsi : Menyimpan bahan baku CH₃OH untuk kebutuhan produksi selama 30 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutup atas *torispherical head* dan tutup bawah datar

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 tipe 136*

Dimensi tangki :

a. Volume : 16189,0786 m³

b. Diameter : 36,57 m

c. Tinggi total : 12,91 m

d. Tebal shell : 0,3125 in

e. Jumlah course : 7

f. Tinggi head : 6,24 m

g. Tebal head : 0,1875 in

Harga : \$ 202.638

2. Tangki penyimpanan H₂SO₄

Kode : T-02

Fungsi : Menyimpan H₂SO₄ untuk kebutuhan produksi selama 30 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutup atas *torispherical head* dan tutup bawah datar

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 tipe 136*

Dimensi tangki :

- a. Volume : 36,53 m³
- b. Diameter : 6,10 m
- c. Tinggi : 2,815 m
- d. Tebal shell : 0,3125 m
- e. Jumlah course : 6
- f. Tinggi head : 0,677 m
- g. Tebal head : 0,1875 in

Harga : \$ 153.600

3. Tangki penyimpanan PKO

Kode : T-03

Fungsi : Menyimpan bahan baku PKO untuk produksi biodiesel

Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutup atas *conical roof* dan tutup bawah datar

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 tipe 136*

Dimensi tangki :

- a. Volume : 6707,0836 m³
- b. Diameter : 30,48 m

- c. Tinggi : 12,2 m
- d. Tebal shell : 0,1875 in
- e. Jumlah course : 6
- f. Tinggi head : 1,534 m
- g. Tebal head : 0,25 in

Harga : \$ 1.667.900

4. Tangki penyimpanan NaOH

Kode : T-04

Fungsi : Menyimpan NaOH untuk reaksi penggaraman di *Netralizer*

Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutupatas *torispherical head* dan tutup bawah datar

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 tipe 136*

Dimensi tangki :

- a. Volume : 25,5 m³
- b. Diameter : 4,57 m
- c. Tinggi : 2,65 m
- d. Tebal shell : 0,3125 in
- e. Jumlah course : 5
- f. Tinggi head : 0,823 m

- g. Tebal head : 0,1875 in
- Harga : \$ 82.200
5. Tangki penyimpanan biodiesel
- Kode : T-05
- Fungsi : Menyimpan Biodisel
- Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutup atas *conical roof* dan tutup bawah datar
- Jumlah : 1 buah
- Kondisi operasi :
- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 30°C
- Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 tipe 136*
- Dimensi tangki :
- a. Volume : 6860,8678 m³
- b. Diameter : 30,48 m
- c. Tinggi : 12,26 m
- d. Tebal shell : 0,1875 in
- e. Jumlah course : 4
- f. Tinggi head : 1,545 m
- g. Tebal head : 0,25 in
- Harga : \$ 1.146.100

3.3.3 Spesifikasi alat transportasi bahan

Pompa 1

Kode	: P-01
Fungsi	: Mengalirkan umpan CH_3OH dari tangki penyimpanan bahan baku metanol (T-01) ke <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis	: <i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 72,076 gpm
Daya Pompa	: 1 Hp
Daya Motor	: 0,613 Hp
Kecepatan Putar	: 3605,825 rpm
Harga	: \$ 12.500

Pompa 2

Kode	: P-02
Fungsi	: Mengalirkan umpan H_2SO_4 dari tangki penyimpanan bahan baku asam sulfat (T-02) ke <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis	: <i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 0,198 gpm
Daya Pompa	: 0,05 Hp
Daya Motor	: 0,0079 Hp
Kecepatan Putar	: 184,938 rpm
Harga	: \$ 4.500

Pompa 3

Kode	: P-03
Fungsi	: Mengalirkan umpan Palm Kernel Oil (PKO) dari tangki penyimpanan

bahan baku PKO (T-03) ke *Degummer* (R-01)

Jenis	: <i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 40,93 gpm
Daya Pompa	: 1 Hp
Daya Motor	: 0,499 Hp
Kecepatan Putar	: 2749,55 rpm
Harga	: \$ 11.100

Pompa 4

Kode	: P-04
Fungsi	: Mengalirkan umpan NaOH dari tangki penyimpanan bahan baku natrium hidroksida (T-05) ke <i>Mixer</i> (N-01)

Jenis	: <i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 0,21 gpm
Daya Pompa	: 0,05 Hp
Daya Motor	: 0,0028 Hp
Kecepatan Putar	: 354,199 rpm
Harga	: \$ 4.000

Pompa 5

Kode	: P-05
Fungsi	: Mengalirkan umpan CH ₃ OH dan H ₂ SO ₄ dari Mixer (M-01) ke <i>Reaktor</i> (R-01)

Jenis	: <i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 71,94 gpm
Daya Pompa	: 2 Hp
Daya Motor	: 1,1813 Hp
Kecepatan Putar	: 2215,099 rpm
Harga	: \$ 13.900

Pompa 6

Kode	: P-06
Fungsi	: Mengalirkan umpan Biodiesel dari Reaktor (R-01) Ke <i>Netralizer</i> (N-01)

Jenis	: <i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 199,02 gpm
Daya Pompa	: 2 Hp
Daya Motor	: 1,472 Hp
Kecepatan Putar	: 3745,217 rpm
Harga	: \$ 16.200

Pompa 7

Kode	: P-07
Fungsi	: Mengalirkan CH ₃ OH, H ₂ O, dan Na ₂ SO ₄ dari <i>Decanter</i> (DC-01) menuju ke Menara Distilasi (MD-01)

Jenis	: <i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	: 1 buah

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

Kapasitas : 68,23 gpm

Daya Pompa : 1,5 Hp

Daya Motor : 1,185 Hp

Kecepatan Putar : 2071,463 rpm

Harga : \$ 13.900

Pompa 8

Kode : P-08

Fungsi : Mengalirkan hasil atas biodiesel dari *Decanter* (DC-01) Ke Tangki
Penyimpanan Produk (T-06)

Jenis : *Centrifugal Pumps*

Jumlah : 1 buah

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

Kapasitas : 43,98 gpm

Daya Pompa : 2 Hp

Daya Motor : 1,523 Hp

Kecepatan Putar : 1280,45 rpm

Harga : \$ 12.400

Pompa 9

Kode : P-09

Fungsi : Mengalirkan CH₃OH dan H₂O dari hasil atas meranara distilasi
(MD-01) menuju ke *Mixer* (M-01)

Jenis : *Centrifugal Pumps*

Jumlah : 1 buah

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

Kapasitas : 63,38 gpm

Daya Pompa : 1 Hp
 Daya Motor : 0,646 Hp
 Kecepatan Putar : 2999,675 rpm
 Harga : \$ 13.900

3.4 Neraca Massa

a. Mixer (M-01)

Tabel 3. 1 Neraca massa pada M-01

No.	Komponen	Masuk (Kg/Jam)			Keluar (Kg/Jam)
		Arus 2	Arus 3	Arus 10	Arus 4
1.	CH ₃ OH	1.145,890	-	9.400,814	10.546,704
2.	H ₂ SO ₄	-	68,614	-	68,614
3.	H ₂ O	216,639	-	17,456	234,095
Total		10.849,413			10.849,413

b. Reaktor (R-01)

Tabel 3. 2 Neraca massa pada R-01

No.	Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)
		Arus 4	Arus 1	Arus 5
1.	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	-	3.184,932	159,247
2.	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	-	1.301,370	65,068
3.	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	500	25,00
4.	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	-	356,164	17,808
5.	C ₈ H ₁₆ O ₂	-	198,630	9,932
6.	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	-	143,836	7,192
7.	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	958,904	47,945

8.	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	123,288	6,164
9.	H ₂ SO ₄	68,614	-	68,614
10.	CH ₃ OH	10.546,704	-	9.592,668
11.	H ₂ O	234,095	82,192	847,564
12.	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	-	-	3.237,483
13.	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	-	-	1.312,215
14.	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	-	500,977
15.	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	-	-	365,897
16.	C ₉ H ₁₈ O ₂	-	-	207,044
17.	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	-	143,380
18.	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	-	956,184
19.	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	-	-	122,979
Total		10.849,413	6.850	17.693,360
		17.693,360		

c. Netralizer (N-01)

Tabel 3. 3 Neraca massa pada N-01

No.	Komponen	Masuk (Kg/Jam)		Keluar (Kg/Jam)
		Arus 5	Arus 6	Arus 7
1.	$C_{12}H_{24}O_2$	159,247	-	159,247
2.	$C_{14}H_{28}O_2$	65,068	-	65,068
3.	$C_{16}H_{32}O_2$	25,00	-	25,00
4.	$C_{10}H_{20}O_2$	17,808	-	17,808
5.	$C_8H_{16}O_2$	9,932	-	9,932
6.	$C_{18}H_{36}O_2$	7,192	-	7,192
7.	$C_{18}H_{34}O_2$	47,945	-	47,945

8.	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	6,164	-	6,164
9.	H ₂ SO ₄	68,614	-	-
10.	CH ₃ OH	9.592,668	-	9.592,668
11.	H ₂ O	847,564	0,019	872,788
12.	NaOH	-	56,011	-
13.	Na ₂ SO ₄	-	-	99,420
14.	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	3.237,483	-	3.237,483
15.	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	1.312,215	-	1.312,215
16.	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	500,977	-	500,977
17.	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	365,897	-	365,897
18.	C ₉ H ₁₈ O ₂	207,044	-	207,044
19.	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	143,380	-	143,380
20.	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	956,184	-	956,184
21.	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	122,979	-	122,979
Total		17.693,360	56,031	17.749,390
		17.749,390		

d. *Decanter* (DC-01)

Tabel 3. 4 Neraca massa pada DC-01

No.	Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
		Arus 7	Arus 9	Arus 8
1.	$C_{12}H_{24}O_2$	159,247	159,247	-
2.	$C_{14}H_{28}O_2$	65,068	65,068	-
3.	$C_{16}H_{32}O_2$	25,00	25,00	-
4.	$C_{10}H_{20}O_2$	17,808	17,808	-

5.	C ₈ H ₁₆ O ₂	9,932	9,932	-
6.	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	7,192	7,192	-
7.	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	47,945	47,945	-
8.	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	6,164	6,164	-
9.	H ₂ SO ₄	-	-	-
10.	CH ₃ OH	9.592,668	-	9.592,668
11.	H ₂ O	872,788	-	872,788
12.	NaOH	-	-	-
13.	Na ₂ SO ₄	99,420	-	99,420
14.	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	3.237,483	3.237,483	-
15.	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	1.312,215	1.312,215	-
16.	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	500,977	500,977	-
17.	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	365,897	365,897	-
18.	C ₉ H ₁₈ O ₂	207,044	207,044	-
19.	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	143,380	143,380	-
20.	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	956,184	956,184	-
21.	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	122,979	122,979	-
Total		17.749,390	7.184,514	10.564,876
			17.749,390	

e. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 5 Neraca massa pada MD-01

No.	Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)	
		Arus 8	Arus 10	Arus 11
1.	CH ₃ OH	9.592,668	9.400,814	191,853

2.	H ₂ O	872,788	17,456	855,332
3.	Na ₂ SO ₄	99,420	-	99,420
Total		10.564,876	9.418,270	1.146,606

f. Condensor (CD-01)

Tabel 3. 6 Neraca massa pada CD-01

No.	Komponen	Masuk		Keluar			
		Kmol/Jam	Kg/Jam	(Reflux)		(Distilat)	
				Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam
1.	CH ₃ OH	348,322	11.146,294	54,546	1.745,479	293,775	9.400,814
2.	H ₂ O	1,179	21,216	0,209	3,760	0,970	17,456
3.	Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-
Sub Total		349,500	11.167,510	54,755	1.749,240	294,745	9.418,270
Total		11.167,510		11.167,510			

g. Reboiler (RB-01)

Tabel 3. 7 Neraca massa pada RB-01

No.	Komponen	Masuk		Keluar			
		Kmol/Jam	Kg/Jam	(Reflux)		(Distilat)	
				Kmol/Jam	Kg/Jam	Kmol/Jam	Kg/Jam
1.	CH ₃ OH	43,116	1.379,719	37,121	1.187,866	5,995	191,853
2.	H ₂ O	341,730	6.151,148	294,212	5.295,816	47,518	855,332
3.	Na ₂ SO ₄	5,027	713,819	4,328	614,560	0,699	99,258
Total		8.244,686		8.244,686			

h. Neraca Massa Total

Tabel 3. 8 Neraca massa total

No.	Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
1.	$C_{12}H_{24}O_2$	3.184,9	159,2
2.	$C_{14}H_{28}O_2$	1301,4	65,1
3.	$C_{16}H_{32}O_2$	500	25
4.	$C_{10}H_{20}O_2$	356,2	17,8
5.	$C_8H_{16}O_2$	198,6	9,9
6.	$C_{18}H_{36}O_2$	143,8	7,2
7.	$C_{18}H_{34}O_2$	958,9	47,9
8.	$C_{18}H_{32}O_2$	123,3	6,2
9.	H_2SO_4	68,6	-
10.	CH_3OH	9592,7	191,8
11.	H_2O	872,8	855,3
12.	$NaOH$	56,0	-
13.	Na_2SO_4	-	99,4
14.	$C_{13}H_{26}O_2$	-	3.237,5
15.	$C_{15}H_{30}O_2$	-	1.312,2
16.	$C_{17}H_{34}O_2$	-	500,9
17.	$C_{11}H_{22}O_2$	-	365,9
18.	$C_9H_{18}O_2$	-	207,0
19.	$C_{19}H_{38}O_2$	-	143,4
20.	$C_{19}H_{36}O_2$	-	956,2
21.	$C_{19}H_{32}O_2$	-	122,9
Total		17.749,4	17.749,4

3.5 Neraca Panas

a. *Mixer* (M-01)

Tabel 3. 9 Neraca panas pada M-01

Komponen	In	Out
	ΔH_{in} (kj/jam)	ΔH_{out} (kj/jam)
H ₃ PO ₄	566,4	566,4
H ₂ O	250,3	250,3
Total	816,7	816,7

b. Reaktor (R-01)

Tabel 3. 10 Neraca panas pada R-01

Komponen	In			Out
	$\Delta H1_{in}$ (kj/jam)	$\Delta H2_{in}$ (kj/jam)	$\Delta H3_{in}$ (kj/jam)	ΔH_{out} (kj/jam)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	-	253.003,8	-	12.650,2
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	-	104.808,1	-	5.240,4
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	39.707,4	-	1.985,4
C ₁₀ H ₂₀ O ₂	-	28.573,2	-	1.428,7
C ₈ H ₁₆ O ₂	-	16.599,7	-	830
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	-	11.820,1	-	591
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	70.613,6	-	3.530,7
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	8.589,9	-	429,5
CH ₃ OH	1.254.221,5	-	1.117.951,4	1.140.766,8
H ₂ O	32.482,4	14.135,9	3.030,5	127.081,8
H ₂ SO ₄	2.187,9	-	-	2.187,9

C ₁₃ H ₂₆ O ₂	-	-	-	235.686,7
C ₁₅ H ₃₀ O ₂	-	-	-	91.977,7
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	-	-	35.219,1
C ₁₁ H ₂₂ O ₂	-	-	-	25.878,7
C ₉ H ₁₈ O ₂	-	-	-	14.192,7
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	-	-	10.043,3
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	-	-	70.178,5
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	-	-	-	8.166,7
Sub Total	1.288.891,8	547.851,7	1.120.981,9	1.788.065,8
Q	-			1.659.431,5
Reaksi	489.771,8			-
Total	3.447.497,3			3.447.497,3

c. Netralizer (N-01)

Tabel 3. 11 Neraca Panas pada N-01

Komponen	In		Out
	$\Delta H1$ in (kj/jam)	$\Delta H2$ in (kj/jam)	ΔH out (kj/jam)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	12.650,2	-	12.650,2
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	5.240,4	-	5.240,4
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	1.985,4	-	1.985,4
C ₁₀ H ₂₀ O ₂	1.428,7	-	1.428,7

C ₈ H ₁₆ O ₂	830	-	830
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	591	-	591
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	3.530,7	-	3.530,7
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	429,5	-	429,5
CH ₃ OH	1.140.766,8	-	1.140.766,8
H ₂ O	127.081,8	2,9	130.864
H ₂ SO ₄	2.187,9	-	-
NaOH	-	2.815	-
Na ₂ SO ₄	-	-	2.589
C ₁₃ H ₂₆ O ₂	235.686,7	-	235.686,7
C ₁₅ H ₃₀ O ₂	91.977,7	-	91.977,7
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	35.219,1	-	35.219,1
C ₁₁ H ₂₂ O ₂	25.878,7	-	25.878,7
C ₉ H ₁₈ O ₂	14.192,7	-	14.192,7
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	10.043,3	-	10.043,3
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	70.178,5	-	70.178,5
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	8.166,7	-	8.166,7
Sub Total	1.788.065,8	2.817,9	1.792.249
Q	-		12.742
Reaksi	14.107		-
Total	1.804.991		1.804.991

d. *Decanter (DC-01)*

Tabel 3. 12 Neraca Panas pada DC-01

Komponen	In	Out	
	ΔH_{in} (kj/jam)	$\Delta H1_{out}$ (kj/jam)	$\Delta H2_{out}$ (kj/jam)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1.807,2	1.807,2	-
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	748,6	748,6	-
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	283,6	283,6	-
C ₁₀ H ₂₀ O ₂	204	204	-
C ₈ H ₁₆ O ₂	118,6	118,6	-
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	84,4	84,4	-
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	504,4	504,4	-
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	61,4	61,4	-
CH ₃ OH	162.966,7	-	162.967
H ₂ O	18.694,8	-	18.695
H ₂ SO ₄	-	-	-
NaOH	-	-	-
Na ₂ SO ₄	369,83	-	370
C ₁₃ H ₂₆ O ₂	33.669,5	33.669,5	-
C ₁₅ H ₃₀ O ₂	13.139,7	13.139,7	-
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	5.031,3	5.031,3	-
C ₁₁ H ₂₂ O ₂	3.697	3.697	-

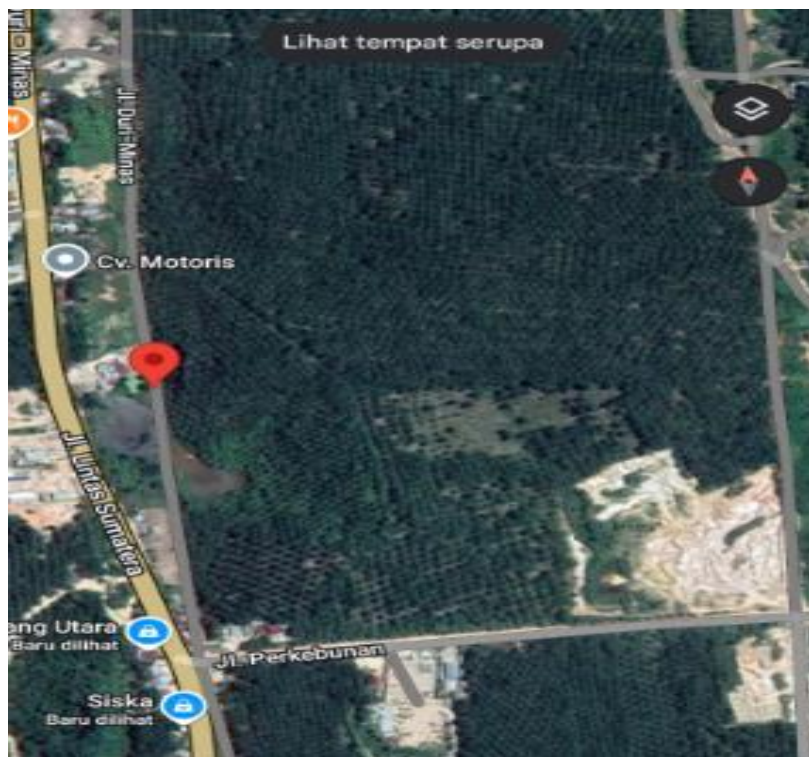
C ₉ H ₁₈ O ₂	2.027,5	2.027,5	-
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	1.434,8	1.434,8	-
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	10.025,5	10.025,5	-
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	1.166,7	1.166,7	-
Sub Total	256.035,5	74.004,2	182.031
Total		256.035,5	

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Letak dan lokasi suatu pabrik dalam perencanaan pendirian pabrik sangat mempengaruhi kemajuan serta kemakmuran dan kelangsungan suatu industry, dilihat dari berbagai aspek letak suatu pabrik dapat dikatakan dapat didirikan apabila memenuhi beberapa kriteria seperti dekat dengan bahan baku utama, strategis, pemasaran yang memadai, transportasi yang terjangkau. Beberapa kriteria tersebut sangat diperhatikan Ketika akan mendirikan sebuah pabrik industri khususnya industry biodiesel. Berdasarkan beberapa pertimbangan pabrik Biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) akan didirikan di daerah Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik Biodiesel

Pabrik Biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) dipertimbangkan berdasarkan 2 faktor yaitu faktor primer meliputi bahan baku pabrik, konsumen, infrastruktur yang memadai. Faktor kedua adalah faktor primer meliputi ketersediaan sumber air, mudah memperoleh tenaga kerja, iklim dan letak geografis yang baik, peraturan pemerintah setempat yang mendukung serta mendapatkan harga tanah dan bangunan yang ekonomis.

1. Faktor-faktor penentuan Lokasi pabrik biodiesel :

a. Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik yang akan didirikan harus dekat dengan Lokasi sumber bahan baku utama dan bahan baku pendukung. Ketersediaan bahan baku harus berdekatan dengan Lokasi pendirian pabrik bertujuan agar memperoleh bahan baku yang ekonomis dari segi harga bahan baku dan juga ongkos kirim. Bahan baku yang digunakan yaitu berupa minyak inti kelapa sawit atau *Palm Kernel Oil* (PKO) yang dipasok dari pabrik-pabrik sekitar yang mengolah minyak inti kelapa sawit. Di Provinsi Riau pabrik yang mengolah dan memproduksi minyak inti kelapa sawit adalah PT. Sawit Riau Makmur.

b. Pemasaran Produk

Lokasi pabrik harus mendekati keberadaan konsumen. Pemilihan tersebut agar mempermudah pendistribusian dan pemasaran produk biodiesel. Kelayakan proses sangat berpengaruh pada pemasaran, pemasaran produk yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan pabrik.

Pemasaran berdasarkan berdirinya pabrik biodiesel sangat strategis, dekat dengan konsumen yang membutuhkan biodiesel, yaitu SPBU, pembelian biodiesel murni maupun dijual ke produsen lain kemudian dijual Kembali menjadi campuran solar dan biodiesel serta beberapa perkantoran di daerah Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau.

Pabrik biodiesel didirikan juga perlu memperhatikan terkait pemasaran diantaranya daerah pemasaran produk, jumlah pesaing yang ada pengaruhnya, kemampuan dari daya serap pasar, jarak pemasaran dari pabrik yang didirikan, system pemasaran atau *marketing strategy*.

c. Infrastruktur

Sebelum mendirikan sebuah pabrik haruslah mengecek/mensurvei keseluruhan infrastruktur, Lokasi pabrik yang memiliki infrastruktur yang baik akan menunjang kelangsungan pabrik saat memproduksi biodiesel. Infrastruktur meliputi Lokasi yang berdekatan dengan sarana transportasi seperti jalan, Pelabuhan, lapangan terbang. Sarana transportasi digunakan dalam pengangkutan bahan baku dan produk yang akan didistribusikan.

d. Tenaga Kerja

Pabrik dapat berdiri apabila pabrik tersebut memiliki tenaga kerja yang mendukung untuk kemajuan dan kelangsungan pabrik. Lokasi pabrik yang cukup strategis dengan sumber daya alam dan manusia yang melimpah, sehingga dapat diperkirakan tenaga kerja yang tersedia cukup memadai. Tenaga kerja baik itu tenaga kerja kasar dan ahli sangat berpengaruh dalam kelangsungan pabrik tersebut berdiri. Pendidikan dari Masyarakat dan tenaga kerja dapat mendukung pabrik biodiesel. Beberapa hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mendukung tenaga kerja pada pabrik :

1. Mudahnya mendapatkan tenaga kerja yang sesuai dengan kriteria.
2. Tingkat Pendidikan dan keahlian tenaga kerja.
3. Upah tenaga kerja yang berada disekitar Lokasi pabrik
4. Adanya peraturan perburuhan.

5. Adanya training atau pelatihan bagi tenaga kerja.

e. Kondisi Iklim

Lokasi pabrik harus memiliki iklim dan letak geografis yang baik, stabil dan bebas bencana alam. Lokasi yang dipilih merupakan Lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim yang cukup baik. Kondisi iklim yang perlu diperhatikan dalam pendirian pabrik diantaranya :

1. Keadaan lingkungan alam yang sulit akan menambah biaya konstruksi Pembangunan pabrik biodiesel.
2. Arah mata angin dan kecepatan angin.
3. Adanya gempa bumi.
4. Pengaruh alam sekitar pendirian pabrik yang digunakan untuk perluasan pabrik.

f. Sumber Air

Sebelum mendirikan suatu pabrik haruslah memperhatikan sumber air yang digunakan untuk kebutuhan pabrik. Air digunakan sebagai sarana dan prasarana transportasi dan sumber energi Listrik. Air adalah komponen yang sangat diperlukan pada suatu pabrik. Pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) menggunakan air yang berasal dari Sungai Rokan. Sungai Rokan dipilih karena debit air yang deras dan sumber mata air yang melimpah yang nantinya akan digunakan untuk kebutuhan *steam*, pendingin, *supply* alat proses, kebutuhan domestik dan service seperti kebutuhan rumah tangga atau sanitasi.

Kebutuhan air tidak hanya berasal dari air Sungai namun kebutuhan air dapat diperoleh dari :

1. Sumber air langsung (Air Danau, Air Laut, Air Tanah)

2. Instalasi penyediaan air

Kebutuhan air yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air :

1. Kapasitas dari sumber air
2. Kaulitas sumber air
3. Jarak sumber air dari pabrik yang didirikan
4. Pengaruh musim terhadap kelimpahan sumber mata air
5. Polusi atau pencemaran pada air.

g. Sumber Listrik

Sumber Listrik adalah salah satu faktor penting terhadap kelangsungan dan kondisi operasional pabrik, Listrik sangat penting digunakan untuk menjalankan peralatan produksi serta penerangan, sistem kontrol dan teknologi informasi.

Yang perlu diperhatikan saat pengadaan Listrik pada suatu pabrik :

1. Harus tersedia secara kontinu jarang terjadi pemadaman
2. Kapasitas daya yang mencukupi kebutuhan pabrik
3. Tegangan dan stabilitas yang konstan
4. Biaya listrik yang ekonomis
5. Ketersediaan sumber energi alternatif

h. Transportasi

Transportasi digunakan sebagai sarana pengangkutan bahan, keperluan perbaikan dan pemeliharaan suatu pabrik. Pabrik yang tidak memiliki transportasi yang baik akan menghambat logistic dan biaya operasional yang tinggi. Misalnya akses jalan yang mudah dan cepat serta aman, dekat dengan Pelabuhan, dekat dengan bandara.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan :

1. Dekat dengan jalan raya utama, Pelabuhan, rel kereta api dan bandara untuk memudahkan dalam pengiriman bahan baku ataupun produk.
2. Jalan menuju Lokasi yang memadai untuk kendaraan berat.
3. Biaya transportasi yang efisien.
4. Waktu dan kecepatan pendistribusian barang.
5. Akses transportasi karyawan.

i. Undang – Undang dan Peraturan Pemerintah (Pusat maupun Daerah)

Undang – undang dan peraturan pemerintah pusat maupun daerah adalah faktor yang menentukan keberhasilan pendirian suatu pabrik. Peraturan ini meliputi proses perizinan pendirian pabrik.

Hal- hal yang perlu diperhatikan :

1. Adanya UU Cipta Kerja, izin mendirikan bangunan/Gedung usaha, izin lingkungan.
2. Zonasi dan tata runag yang memperhatikan area sekitar pabrik.
3. Perpajakan dan insentif.

j. Limbah Pabrik

Limbah pabrik merupakan aspek yang penting dan perlu diperhatikan dalam pendirian pabrik biodiesel. Limbah berkaitan dengan peraturan pengelolaan lingkungan. Buangan limbah dari pabrik haruslah aman dan tidak membahayakan Kesehatan dan kemakmuran Masyarakat disekitar Lokasi pabrik.

Hal yang perlu diperhatikan :

1. Membedakan antara limbah padat, cair dan gas.
2. Sesuai UU No. 32 Tahun 2009 dan PP No. 22 Tahun 2021 tentang system unit pembuangan limbah (UPL), dan izin pembuangan limbah.
3. Biaya yang diperlukan untuk menangani masalah polusi terhadap lingkungan.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan pengaturan fasilitas produksi secara sistematis yang dimana mencakup pada letak mesin proses, peralatan, area proses, laboratorium, kantor, dan tata letak lain yang mendukung berjalannya suatu pabrik. Penempatan tata letak yang baik mengakibatkan pabrik menjadi efisien. Ketika pabrik beroperasi, tertata, teratur, dan dapat meminimalisir resiko kecelakaan kerja pada lingkungan pabrik.

Pada perancangan pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO), tata letak dirancang mengikuti urutan alur proses dari bahan baku hingga produk jadi dan sistem keamanan pabrik. Berikut adalah kriteria perancangan tata letak pada pabrik :

1. Mengurutkan proses produksi, mengikuti aliran yang terdapat pada gambar rancangan *Flow Sheet* agar beroperasi sesuai alurnya.
2. Keselamatan dan keamanan (K3) seperti tangga-tangki dan alat proses lain harus diletakkan dengan jarak tertentu.
3. Adanya perluasan pabrik yang digunakan untuk modifikasi perluasan pabrik di masa mendatang.
4. Pemanfaatan lahan dengan baik dan sistematis.
5. Kelancaran untuk pendistribusian bahan baku, produk dan unit utilitas.

Pengaturan fisik dari seluruh fasilitas produksi dalam suatu pabrik, mencakup mesin-mesin proses, unit proses, area penyimpanan merupakan bagian dari *Plant layout*.

Tujuan utama adalah untuk menciptakan alur kerja pabrik yang efisien, aman dan ekonomis dengan meminimalkan waktu, jarak serta perpindahan material. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merancang tata letak peralatan di dalam pabrik antara lain:

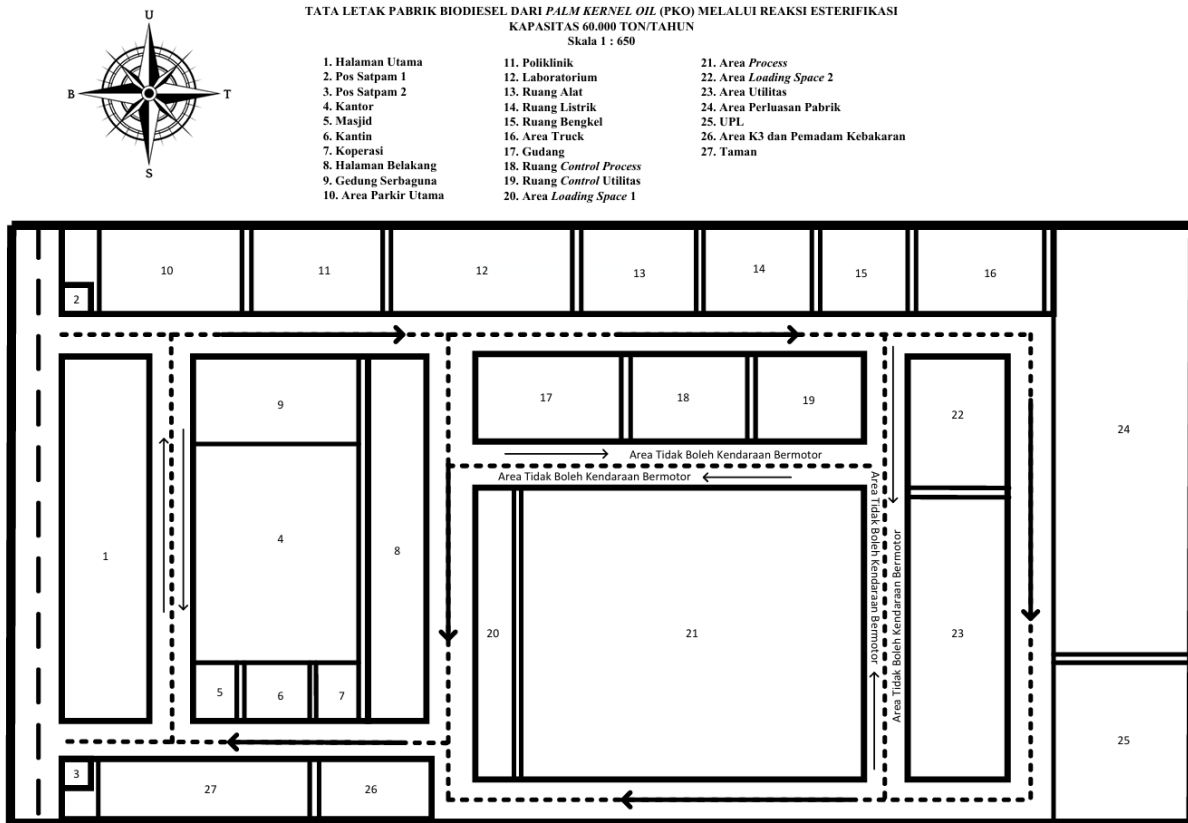
1. Pengaturan aliran bahan baku dan produk akhir yang efisien sangat penting untuk menunjang kelancaran proses produksi dan memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan. Oleh karena itu, penempatan pipa perlu dirancang dengan baik. Untuk instalasi pipa di atas tanah, disarankan pemasangan pada ketinggian minimal tiga meter agar tidak mengganggu lalu lintas kerja. Sedangkan untuk pipa bawah tanah, jalurnya harus diatur agar tidak menghambat aktivitas operasional.
2. Jarak antar peralatan harus memadai agar memudahkan proses pengoperasian, perawatan, serta pemeriksaan rutin. Penataan ini juga harus mendukung kerja peralatan sesuai dengan fungsinya dan memastikan kesinambungan proses antar unit alat.
3. Aspek keselamatan terhadap potensi bahaya, seperti kebakaran, ledakan, gas beracun, atau asap, perlu menjadi perhatian utama dalam menentukan tata letak pabrik. Oleh karena itu, perlu disediakan sarana pengamanan seperti sistem hidran, kolam penampung air yang memadai, dan pelindung terhadap ledakan.

Pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) direncanakan berdiri di atas lahan seluas 74.206 m². Rincian mengenai luas lahan dan bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Luas Lahan dan Bangunan

No.	Bangunan	Ukuran (m)	Luas (m ²)
1.	Kantor	40 x 36	1.440
2.	Gedung Serbaguna	30 x 36	1.080
3.	Masjid	12 x 12	144
4.	Kantin	12 x 21	252
5.	Koperasi	12 x 12	144
6.	Area Parkir Utama	30 x 15	450
7.	Pos Satpam 1	6 x 5	30
8.	Pos Satpam 2	6 x 5	30
9.	Poliklinik	20 x 15	300
10.	Gudang	30 x 20	600
11.	<i>Area Loading Space 1</i>	100 x 20	2.000
12.	<i>Area Loading Space 2</i>	40 x 30	1.200
13.	Area Proses	100 x 100	10.000
14.	Ruang Alat	20 x 15	300
15.	Laboratorium	20 x 15	300
16.	<i>Control Room Process</i>	35 x 20	700
17.	<i>Control Room Utility</i>	35 x 20	700
18.	Area Utilitas	100 x 30	3.000
19.	Area Parkir Truk	30 x 15	450
20.	Ruang Listrik	18 x 15	270
21.	Bengkel	15 x 15	225
22.	Area Pemadam Kebakaran dan K3	33 x 15	495

21.	Unit Pembuangan Limbah	45 x 40	1.800
22.	Halaman Depan Kantor	82 x 41	3.362
23.	Halaman Belakang Kantor	82 x 21	1.722
24.	Perluasan Pabrik	100 x 40	4.000
25.	Taman	60 x 15	900
26.	Jalan	-	27.697
Luas Bangunan			63.591
Luas Tanah			74.206



Gambar 4. 2 Layout Pabrik Biodiesel

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

Dalam peletakan alat proses pada saat pendirian pabrik, berikut ini hal-hal yang perlu diperhatikan :

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Aliran bahan baku *Plam Kernel Oil* (PKO), Metanol, dan bahan baku penunjang produksi harus diatur dengan tepat agar proses pembuatan biodiesel berlangsung secara optimal, efisien, serta aman. Pemasangan pipa dan alur pipa harus logis dan sistematis sesuai urutan proses agar tidak terjadi kecelakaan saat produksi.

Elevasi pipa harus disesuaikan penempatannya, dimana harus memperhatikan pipa yang melintasi area pejalan kaki. Sebaiknya pipa dipasang minimal pada ketinggian 3 meter atau menggunakan pelindung bawah tanah jika pipa tersebut ditanam, tujuan penempatan pipa juga untuk keselamatan kerja, memudahkan kontrol aliran dan *valve*.

b. Aliran Udara

Pabrik biodiesel menggunakan bahan CH_3OH , H_2SO_4 , NaOH dimana harus diperhatikan karena sifat bahan yang mudah menguap, terbakar oleh karena itu sistem ventilasi dan perancangan aliran udara harus diperhatikan agar dapat mengalir secara terus-menerus agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat-tempat akumulasi bahan-bahan kimia.

c. Cahaya

Pada pabrik biodiesel seluruh pabrik harus diberikan penerangan yang cukup dan memadai khususnya ditempat yang digunakan pada alat proses. Jika nantinya terjadi sesuatu pada pabrik penerangan yang cukup dapat memberikan kemudahan bagi pekerja untuk melakukan perbaikan dan identifikasi bahaya.

d. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan pabrik biodiesel, pengaturan lalu lintas perlu diperhatikan agar tidak terjadi kecelakaan saat bekerja di area pabrik. Lalu lintas memiliki peran penting dalam menjamin keselamatan kerja dan kelancaran operasional pabrik. Jalan yang dilalui kendaraan berat sebaiknya dibuat satu arah (*one-way*) untuk mencegah terjadinya kemacetan serta mempermudah manuver. Bagian pejalan kaki juga harus diberi jalan khusus untuk *pedestrian street* bisa menggunakan pembatas jalan atau rambu pejalan kaki. Lalu lintas pada area proses tidak boleh dilewati kendaraan bermotor atau kendaraan yang berbahan bakar bensin karena dapat membahayakan alat proses di area proses pabrik biodiesel dan dapat menyebabkan terjadinya kebakaran sebaiknya jika ingin melewati jalan di area proses menggunakan sepeda atau berjalan kaki.

e. Plang Informasi dan Plang Peraturan

Untuk meningkatkan keamanan pabrik serta kesadaran pekerja akan keselamatan dan Kesehatan kerja (K3), pemasangan plang informasi sangatlah penting, terutama plang harus wajib diletakkan pada area proses dan tempat penyimpanan bahan. Jenis plang yang harus ada pada pabrik diantaranya :

1. Plang petunjuk arah jalan
2. Plang keselamatan kerja (K3)
3. Plang Kapasitas dan tekanan
4. Plang kecepatan kendaraan
5. Plang sanksi denda jika pekerja melanggar peraturan

Plang harus terbuat dari material yang tahan terhadap cuaca serta tahan api, dan menggunakan symbol internasional (ISO) agar mudah dipahami semua pihak yang berada di area pabrik.

f. Ekonomi

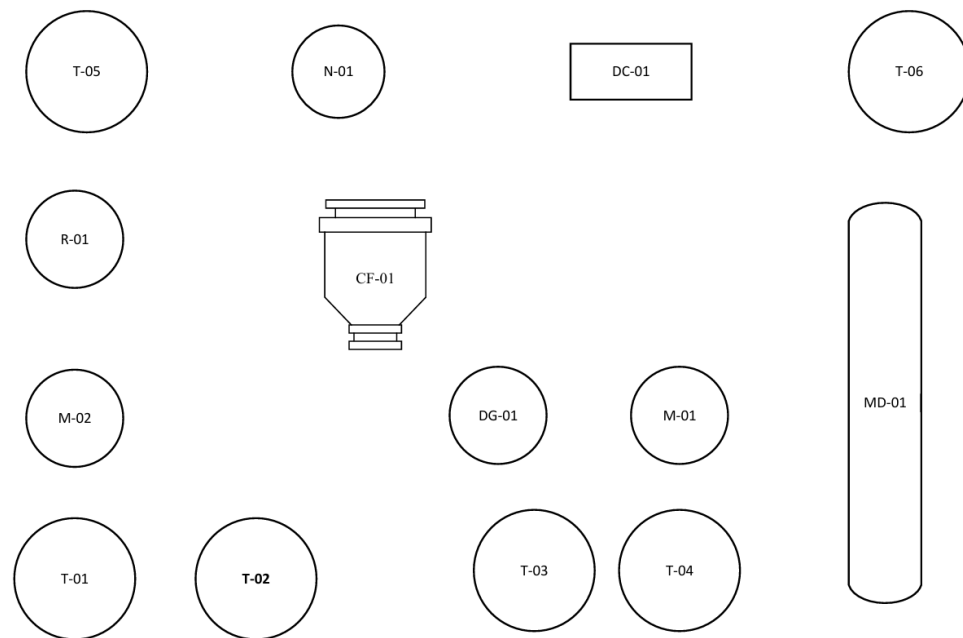
Penempatan alat-alat proses di area pabrik juga mempengaruhi faktor ekonomi, penempatan perlu diperhatikan agar menekan biaya operasi dan dapat menguntungkan ekonomi pabrik yang didirikan.

g. *Maintenance*

Peralatan proses pabrik dan fasilitas pabrik juga perlu dilakukan pengecekan secara berkala dengan cara pemeliharaan alat, perbaikan alat agar proses produksi berjalan tanpa terhalang kerusakan yang terjadi secara tiba-tiba. Kebersihan fasilitas pabrik juga perlu dijaga agar pekerja dan semua pihak yang berada pada pabrik dapat bekerja secara nyaman, lingkungan yang aman dan terhindar dari bahaya.

h. Jarak Antara Alat Proses

Alat proses perlu diperhatikan dalam tata letaknya, untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat-alat proses lainnya. Jika terjadi kecelakaan seperti ledakan atau kebakaran tidak membahayakan alat proses lainnya.



Gambar 4. 3 Layout alat proses

Keterangan :

T : Tangki

M : *Mixer*

DG : *Degummer*

CF : *Centifudge Filter*

DC : *Decanter*

R : Reaktor

N : *Netralizer*

MD : Menara Distilasi

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk dan Struktur Organisasi Perusahaan

Pabrik Biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) akan berdiri dengan perincian Perusahaan sebagai berikut :

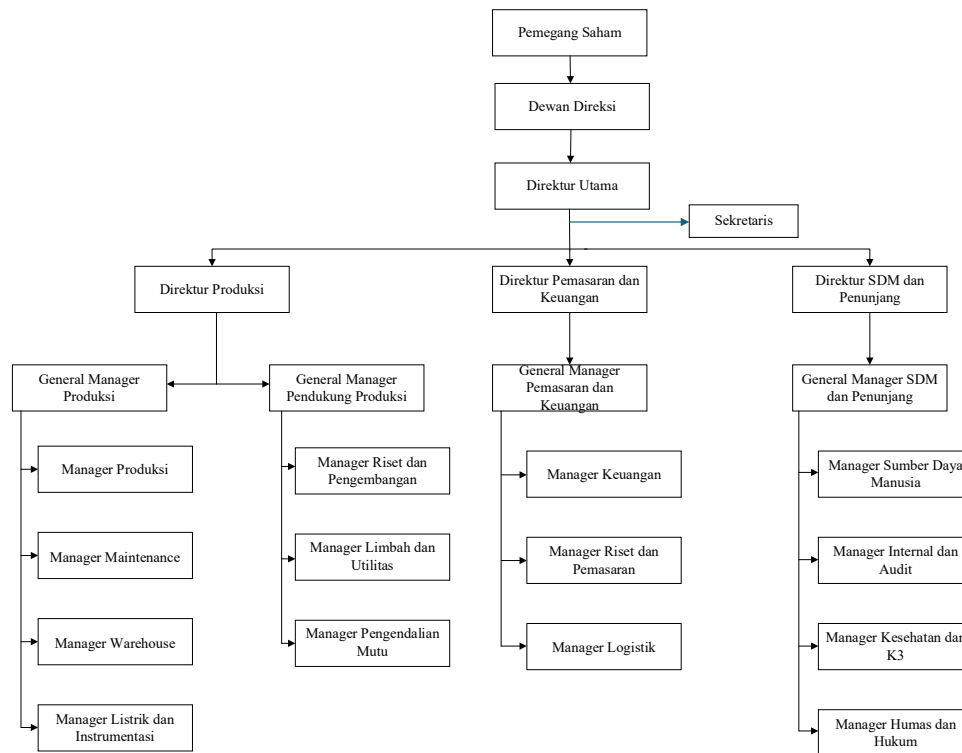
Bentuk : Perseroan Terbatas (PT)

Lapangan Usaha : Industri Biodiesel dari PKO

Lokasi Perusahaan : Kabupaten Bangkalis, Provinsi Riau

Latar belakang pemelihan bentuk Perseroan terbatas dapat dinyatakan sebagai berikut :

- a. Mempermudah akses modal melalui penjualan saham
- b. Tanggung jawab terbatas pada pemegang saham, operasional dikelola penuh oleh manajemen
- c. Terdapat pemisahan antara pemilik dan pengelola perusahaan
- d. Terjaminnya keberlangsungan Perusahaan karena berhentinya saham tidak mempengaruhi direksi, direktur, staf dan karyawan Perusahaan
- e. Manajemen berjalan secara efisien
- f. Usaha memiliki jangkauan luas dan mudah bersaing secara global



Gambar 4. 4 Struktur organisasi perusahaan

4.4.2 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham dalam pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) memiliki tanggung jawab dalam menentukan arah dan kebijakan Perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik modal Perusahaan yang menyediakan dana untuk mendukung operasional pabrik, termasuk investasi alat produksi, penelitian, serta perluasan pasar. Pemegang saham melalui rapat umum pemegang saham (RUPS), memiliki kewenangan dalam mengesahkan laporan keuangan, memutuskan pembagian dividen, serta mengangkat atau memberhentikan anggota direksi dan komisaris. Pemegang saham juga berwenang menyetujui Keputusan penting seperti perubahan struktur

kepemilikan, kerja sama antar Perusahaan yang sesuai dengan dunia Perindustrian.

b. Dewan Direksi

Dewan Direksi dalam pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) memiliki tanggung jawab Menyusun dan mengatur strategi bisnis, mengelola sumber daya, memastikan keseluruhan proses pada Perusahaan berjalan efisien dan aman. Tujuan dari dewan direksi juga mengawasi tugas Direktur Utama, dan membantu Direktur Utama dalam hal-hal penting.

c. Direktur

Direktur merupakan pihak yang bertanggung jawab langsung atas pelaksanaan operasional dan pengambilan Keputusan ditingkat eksekutif. Direktur memiliki peranan sesuai dengan bidangnya. Tugas dari beberapa bagian direktur antara lain :

1. Direktur Produksi : Mengkoordinasi operasional pabrik yang berhubungan dengan produksi, operasi utama, unit-unit pendukung dan pengempangan produksi.
2. Direktur Pemasaran dan Keuangan : Mengkoordinasi pemasaran, manajemen keuangan, serta logistik.
3. Direktur SDM dan Penunjang : Mengkoordinasi dalam pengelolaan *human resources*, hubungan luar, administrasi perusahaan, dan Kerjasama antar Perusahaan.

d. Sekretaris

Sekretaris diangkat oleh direktur utama dalam emenangani dan membantu urusan surat-menyurat Perusahaan, menangani kearsipan dokumen serta menanganai administrasi Perusahaan dan rapat Perusahaan.

e. *General Manager*

General Manager bertanggung jawab atas pengelolaan operasional harian Perusahaan dibawah arahan dewan direksi. *General Manager* berperan dalam penghubung seluruh unit kerja di lapangan, termasuk produksi, logistic, pengadaan bahan baku, pemeliharaan, hingga kualitas produk. Tugas *Genal Manager* dibagi sesuai bidangnya antara lain :

1. GM Produksi : Mengkoordinasi kegiatan pabrik terkait produksi dan alat-alat proses.
2. GM Pendukung Produksi : Mengkoordinasi kegiatan pengembangan Perusahaan, unit pendukung serta limbah utilitas produksi, dan kualitas produk.
3. GM Pemasaran dan Keuangan : Mengkoordinasikan kegiatan penjualan, pemasaran, keuangan dan investasi.
4. GM Sumber Daya Manusia (SDM) dan Penunjang : Mengkoordinasikan pelaksanaan dengan tata usaha dan kegiatan rumah tangga Perusahaan serta pengelolaan tenaga kerja, *recruitment* tenaga kerja, kualitas tenaga kerja.

f. Manager

Manager bertugas untuk merencanakan, mengorganisasi, mengarahkan, dan mengawasi pelaksanaan kegiatan operasional di unit kerjanya agar berjalan efektif dan efisien. *Manager* juga bertugas Menyusun laporan kinerja rutin, mengelola tim kerja, mengawasi penggunaan anggaran tiap unit, serta memberikan rekomendasi perbaikan kepada *General Manager*. Berikut pembagian *manager* berdasarkan bidang keahlian :

1. *Manager* Produksi : Memantau dan mengkoordinasikan kelancaran produksi.
2. *Manager Maintenance* : Bertanggung jawab pada pengecekan, perawatan, kebersihan fasilitas Perusahaan dan pemeliharaan.
3. *Manager Warehouse* : Bertanggung jawab pada bagian bahan baku produksi dan menjaga kemurnian bahan baku.
4. *Manager* Listrik dan Instrumentasi : Bertanggung jawab atas ketersediaan Listrik Perusahaan, mengecek kondisi kelistrikan dan instrumentasi agar proses berjalan secara efektif dan efisien.
5. *Manager* Riset dan Pengembangan : Bertanggung jawab atas kegiatan perencanaan Perusahaan dan pengembangan pemasaran Perusahaan.
6. *Manager* Limbah dan Utilitas : Bertanggung jawab atas keamanan limbah, instrument atau proses utilitas berjalan baik.
7. *Manager* Pengendalian Mutu : Bertanggung jawab terhadap kualitas produk sebelum dipasarkan dan kualitas bahan baku, memastikan setiap alat proses bekerja secara optimal.

8. *Manager* Keuangan : Bertanggung jawab atas alur keluar masuknya anggaran Perusahaan, membuat laporan pertanggung jawaban keuangan setiap bulan .
9. *Manager* Riset dan Pemasaran : Bertanggung jawab atas kegiatan penelitian, melakukan pengecekan jumlah pemasaran.
10. *Manager* Logistik : Bertanggung jawab dalam pendataan barang serta pemindahan barang.
11. *Manager* Sumber Daya Manusia (SDM) : Bertanggung jawab dalam mengelola kinerja dan kualitas karyawan atau pegawai Perusahaan.
12. *Manager* Internal dan Audit : Mengontrol efektivitas operasional.
13. *Manager* Kesehatan dan K3 : Mengontrol pelayanan Kesehatan, manajemen resiko, dan memantau K3 di area proses produksi.
14. *Manager* Humas dan Hukum : Bertugas melindungi Perusahaan secara hukum, membangun komunikasi antar Masyarakat.

4.4.3 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik *Palm Kernel Oil* (PKO) direncanakan dioperasikan selama 330 hari selama satu tahun secara kontinyu dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Menurut pengaturan jam kerja, karyawan dapat dikategorikan menjadi dua kategori yaitu :

a. Karyawan Tetap :

Karyawan tetap adalah karyawan yang menerima penghasilan pokok dan tunjangan penghasilan secara teratur berdasarkan jabatan, keahlian dan Tingkat Pendidikan.

b. Karyawan Tidak Tetap :

Karyawan tidak tetap adalah karyawan yang dikontrak sesuai dengan persetujuan Perusahaan dalam jangka waktu tertentu.

Untuk menjaga pengoprasian pabrik dan menjaga kelangsungan pabrik, maka jam kerja karyawan dapat dibagi menjadi :

a. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* atau karyawan operasional ditugaskan untuk menangani proses produksi dan mengatur bagian tertentu dari pabrik serta memastikan produksi berjalan selama 24 jam secara kontinyu memastikan keamanan, keselamatan selama produksi berlangsung. Karyawan shift dibagi menjadi tiga kelompok shift secara bergantian yaitu pagi, sore, malam dan bekerja selama 8 jam.

Shift 1 (Pagi) = 07.00 – 15.00

Shift 2 (Sore) = 15.00 – 23.00

Shift 3 (Malam) = 23.00 – 07.00

b. Karyawan Non-*Shift*

Karyawan non-*shift* merupakan karyawan yang bekerja dalam mendukung kegiatan operasional pabrik antara lain Direktur, *General Manager*, *Manager* serta bagian-bagian lain yang tidak ditugaskan menjadi karyawan *shift*. Umumnya karyawan non-*shift* ini bekerja dari pukul 08.00 – 16.00. meskipun karyawan non-

shift ini tidak terlibat langsung namun tugas pokok utama memastikan keseluruhan di setiap aspek manajerial, logistic serta regulasi Perusahaan berjalan baik. Berikut rincian jam kerja karyawan non-*shift* :

Hari = Senin - Kamis

08.00 – 12.00 (Jam Kerja)

12.00 – 13.00 (Istirahat)

13.00 – 16.00 (Jam Kerja)

Hari = Jum'at

08.00 – 11.30 (Jam Kerja)

11.30 – 13.00 (Istirahat)

13.00 – 16.00 (Jam Kerja)

Hari sabtu, minggu dan hari besar libur.

Tabel 4. 2 Jadwal jam kerja setiap kelompok

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	Pagi	Pagi	Pagi	Libur	Malam	Malam	Malam	Libur	Siang	Siang	Siang	Libur	Pagi	Pagi	Pagi
B	Siang	Siang	Libur	Pagi	Pagi	Pagi	Libur	Malam	Malam	Malam	Libur	Siang	Siang	Siang	Libur
C	Malam	Libur	Siang	Siang	Siang	Libur	Pagi	Pagi	Pagi	Libur	Malam	Malam	Malam	Libur	Siang
D	Libur	Malam	Malam	Malam	Libur	Siang	Siang	Siang	Libur	Pagi	Pagi	Pagi	Libur	Malam	Malam
Kelompok	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	Libur	Malam	Malam	Malam	Libur	Siang	Siang	Siang	Libur	Pagi	Pagi	Pagi	Libur	Malam	Malam
B	Pagi	Pagi	Pagi	Libur	Malam	Malam	Malam	Libur	Siang	Siang	Siang	Libur	Pagi	Pagi	Pagi
C	Siang	Siang	Libur	Pagi	Pagi	Pagi	Libur	Malam	Malam	Malam	Libur	Siang	Siang	Siang	Libur
D	Malam	Libur	Siang	Siang	Siang	Libur	Pagi	Pagi	Pagi	Libur	Malam	Malam	Malam	Libur	Siang

4.4.4 Jumlah karyawan dan sistem gaji

Setiap karyawan disesuaikan dengan kebutuhan agar pekerjaan dapat diselesaikan dengan baik dan pabrik berjalan sesuai target yang telah ditentukan. Masing-masing karyawan diposisikan berdasarkan struktur organisasi yang berlandaskan latar belakang Pendidikan dari SMA/SMK, S-1, S-2, S-3, Profesi. Golongan jabatan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Golongan jabatan

Jabatan	Pendidikan
Direktur Utama	S-2/S-3
Direktur	S-2/S-3
<i>General Manager</i>	S-1/S-2
<i>Manager</i>	S-1/S-2
Dokter	S-1 Profesi Dokter/Spesialis
Perawat	D-3/S-1 Profesi Keperawatan
Karyawan	D-3/D-4/S-1
Operator	D-3/D-4/S-1
Supir	SMA/SMK/Sederajat
<i>Cleaning Service</i>	SMA/SMK/Sederajat
Satpam	SMA/SMK/Sederajat

Pemberian upah kerja dibayarkan setiap 1 bulan sekali di awal bulan. Dibayarkan kepada pekerja sesuai dengan Tingkat Pendidikan, keahlian, tanggung jawab dan jabatan. Berikut rincian gaji karyawan tiap bagian.

Tabel 4. 4 Rincian Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
1	Direktur Direksi	1	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000
No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
3	Direktur Produksi	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
4	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
5	Direktur SDM dan Penunjang	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
6	General Manager Produksi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
7	General Manager Pendukung Produksi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
8	General Manager Pemasaran dan Keuangan	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
9	General Manager SDM dan Penunjang	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
10	Manajer Produksi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
11	Manajer Maintenance	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
12	Manajer Warehouse	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
13	Manajer Listrik dan Instrumentasi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
14	Manajer Riset dan Pengembangan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
15	Manajer Limbah dan Utilitas	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000

16	Manajer Pengendalian Mutu	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
17	Manajer Keuangan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
18	Manajer Riset dan Pemasaran	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
19	Manajer Logistik	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
20	Manajer SDM	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
21	Manajer Internal dan Audit	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
22	Manajer Kesehatan dan K3	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
23	Manajer Humas dan Hukum	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
24	Karyawan Produksi	6	Rp 7.000.000	Rp 42.000.000
25	Karyawan Maintenance	6	Rp 7.000.000	Rp 42.000.000
26	Karyawan Warehouse	6	Rp 7.000.000	Rp 42.000.000
27	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	6	Rp 7.000.000	Rp 42.000.000
28	Karyawan Riset dan Pengembangan	3	Rp 7.000.000	Rp 2.100.000
29	Karyawan Limbah dan Utilitas	5	Rp 7.000.000	Rp 35.000.000
30	Karyawan Pengendalian Mutu	5	Rp 7.000.000	Rp 35.000.000
31	Karyawan Keuangan	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
32	Karyawan Riset dan Pemasaran	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
33	Karyawan Logistik	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
34	Karyawan SDM	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
35	Karyawan Internal dan Audit	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
36	Karyawan Kesehatan dan K3	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
37	Karyawan Humas dan Hukum	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
38	Operator Proses dan Utilitas	12	Rp 7.000.000	Rp 84.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
39	Dokter	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
40	Perawat	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
41	Karyawan Pemadam Kebakaran	5	Rp 4.000.000	Rp 20.000.000
42	Cleaning Service	5	Rp 3.500.000	Rp17.500.000
43	Satpam	2	Rp 3.500.000	Rp 7.000.000
Total		110	Rp 1.119.500.000	Rp 13.434.000.000

4.4.5 Fasilitas dan Hak Karyawan

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

1. Tunjangan

Tunjangan karyawan terdiri dari :

- a. Tunjangan pokok yang diberikan berdasarkan keahlian, jabatan dan Tingkat Pendidikan
- b. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja utama (8 jam kerja)
- c. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar satu kali gaji pokok kepada karyawan setiap tahunnya saat hari raya Idul Fitri.

2. Hari Libur Nasional

Karyawan yang bekerja dengan sistem (*non-shift*), hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja. Namun karyawan dengan sistem (*shift*), hari libur nasional dihitung sebagai kerja lembur (*overtime*).

3. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari :

a. Cuti Tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Hak cuti akan hilang jika tidak digunakan di tahun tersebut.

b. Cuti Sakit

Diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan surat keterangan dokter.

c. Cuti Melahirkan

Diberikan kepada karyawan yang sedang hamil mendapatkan 3 bulan cuti melahirkan.

4. Fasilitas Karyawan

Dalam meningkatkan produktivitas karyawan, Perusahaan menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan untuk menjaga kondisi jasmani dan Rohani. Fasilitas karyawan pada pabrik biodiesel dari *Plam Kernel Oil* (PKO) meliputi :

a. Poliklinik

Bertujuan menjaga Kesehatan karyawan jika terjadi masalah pada kondisi fisik karyawan. Poliklinik akan diatangi oleh dokter dan perawat jaga.

b. Tempat Ibadah

Tempat ibadah berupa masjid yang digunakan untuk kegiatan spiritual karyawan.

c. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja berupa alat pelindung diri (APD) sebagai alat pengaman kerja serta baju seragam batik perusahaan sebagai wujud identitas karyawan perusahaan.

d. Transportasi

Untuk mempermudah karyawan dalam bekerja, perusahaan menyediakan transportasi berupa *shuttle bus*. Bus akan beroperasi di titik yang sudah ditentukan oleh perusahaan untuk mengantar dan menjemput karyawan. Karyawan yang bekerja pada bagian proses juga dimudahkan agar tidak berjalan kaki, perusahaan menyediakan fasilitas sepeda bagi karyawan untuk memudahkan mobilitas di area kerja.

e. Jaminan Ketenagakerjaan

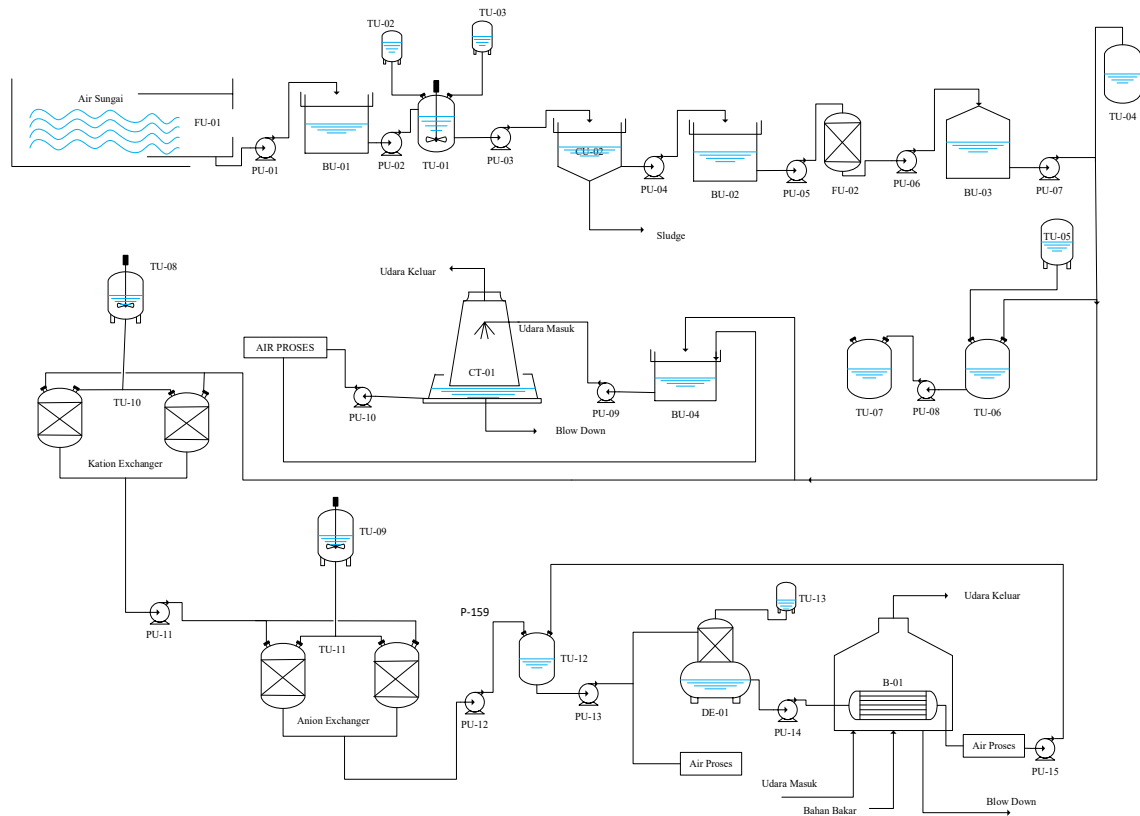
Perusahaan menyediakan asuransi pertanggungan jiwa serta asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Ketenagakerjaan (BPJS).

BAB V

UTILITAS

Utilitas merupakan Kumpulan unit atau bagian penting dalam pabrik kimia yang berperan sebagai pendukung kelancaran proses produksi. Salah satu faktor penting dalam menjamin kelangsungan produksi di pabrik *Palm Kernel Oil* (PKO) adalah ketersediaan sistem utilitas. Sarana pendukung ini mencakup fasilitas yang dibutuhkan selain bahan baku utama dan bahan tambahan, agar proses produksi dapat berjalan lancar sesuai dengan target yang diharapkan. Unit utilitas berfungsi untuk menyalurkan berbagai kebutuhan penunjang pabrik. Dalam perancangan pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) sistem utilitas dibagi menjadi beberapa unit :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar Unit Pengelolaan Limbah



Gambar 5. 1 PEFD Utilitas

Keterangan :

- FU-01 : Saringan
- FU-02 : Saringan Pasir
- BU-01 : Bak Pengendap Awal
- BU-02 : Bak Pengendap 2
- BU-03 : Bak Penampung Sementara
- BU-04 : Bak Air Pendingin
- CU-01 : Clarifier
- CT : Cooling Tower
- B-01 : Boiler
- TU-01 : Tangki Penggumpal

TU-02	: Tangki Tawas
TU-03	: Tangki Larutan CaOH
TU-04	: Tangki Air Bertekanan
TU-05	: Tangki Penyimpanan Klorin
TU-06	: Tangki Klorinasi
TU-07	: Tangki Air Bersih
TU-08	: Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄
TU-09	: Tangki Penyimpanan NaOH

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

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air di suatu pabrik, biasanya digunakan berbagai sumber air seperti air tanah (sumur), air sungai, air danau, atau air laut. Dalam perancangan pabrik biodiesel ini, sumber air yang digunakan berasal dari sungai. Pemilihan air sungai sebagai sumber air dilakukan dengan sejumlah pertimbangan. Air yang digunakan dalam pabrik biodiesel ini diambil dari Sungai Rokan. Air sungai tersebut dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan operasional di lingkungan pabrik. Beberapa alasan utama pemilihan air sungai sebagai sumber air antara lain:

- Ketersediaan air sungai cukup stabil, sehingga air akan tersedia dan terhindar dari kekurangan air.
- Pengolahan air Sungai lebih mudah dan sederhana disbanding dengan air laut yang memerlukan peralatan yang lebih kompleks dan mahal.
- Volume air sungai lebih melimpah dibandingkan dengan air tanah (air sumur).

- d. Lokasi sungai dekat dengan lokasi Pembangunan pabrik sehingga memudahkan akses dan distribusi air.

Secara umum, air yang digunakan dalam pabrik ini dimanfaatkan untuk berbagai keperluan internal pabrik antara lain :

a. Air Domestik

Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per individu berkisar antara 100 hingga 120 liter setiap harinya. Untuk kebutuhan di lingkungan industri atau perkantoran, rata-rata pemakaian per individu sekitar 100 liter per hari (Sularso, 2001). Dengan jumlah karyawan pabrik sebanyak 110 orang, maka total kebutuhan air untuk keperluan domestik mencapai 15.790,96 kg/jam.

b. Air Service

Estimasi kebutuhan air untuk fasilitas umum seperti bengkel, laboratorium, tempat ibadah, kantin, sistem pemadam kebakaran, dan sebagainya diperkirakan mencapai 450 kg/jam.

c. Air Proses

Air yang digunakan pada tahapan produksi pabrik biodiesel, Pada pabrik biodiesel kebutuhan air untuk air proses produksi digunakan dalam unit :

Tabel 5. 1 Kebutuhan air proses

Nama Alat	Kebutuhan (Kg/Jam)
<i>Mixer-01</i>	216,639
<i>Netralizer-01</i>	847,580
Jumlah	1.064,219

Untuk mengantisipasi kebutuhan yang mungkin meningkat, desain sistem dibuat dengan kapasitas lebih (*over design*) sebesar 20%, sehingga total kapasitas air proses yang disiapkan menjadi 1.291,56 kg/jam.

d. Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk peralatan yang membutuhkan penurunan suhu. Kebutuhan air pendingin pada pabrik biodiesel dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut :

Tabel 5. 2 Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Kebutuhan (Kg/Jam)
<i>Cooler-01</i>	872,788
<i>Cooler-02</i>	17,460
CD-01	3,817
Total	4.707,508

Perancangan dibuat over design sebanyak 20% sehingga menjadi 5.649 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* yaitu sebesar 245,84 kg/jam.

e. Air Pemanas (*Steam*)

Uap air (*steam*) pada pabrik biodiesel dimanfaatkan sebagai media pemanas. Agar dapat digunakan dalam boiler, air harus memenuhi standar kualitas tertentu. Jika kualitas air tidak sesuai, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan. Oleh karena itu, dilakukan tindakan pencegahan untuk menghindari terjadinya *scalling*, *fouling*, dan

foaming. Rincian kebutuhan steam untuk peralatan di pabrik biodiesel ini disajikan pada Tabel 5.3 berikut:

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Pemanas

Nama Alat	Kebutuhan (Kg/Jam)
HE-01	213,316
HE-02	510,737
HE-03	538,446
RB-01	1.298
Total	2.560,499

Perancangan dibuat over design sebanyak 20% sehingga menjadi 3.072,598 kg/jam. Saat proses, air pembangkit *steam* 20% karena terjadi *blowdown* pada boiler sebesar 15 % dan penggunaan *steam trap* sebesar 5% sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 798,85 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Untuk memenuhi syarat-syarat air yang digunakan didalam industri kimia. Pengolahan air harus diperhatikan meliputi pengolahan secara fisik, pengolahan secara kimia. Pada prarancangan pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) sumber air didapatkan dari Sungai terdekat di sekitar daerah pabrik yaitu Sungai Rokan, Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau.

1. Unit Pengolahan Awal

Air sungai diambil dari sungai rokan yang dialirkan menuju ke Lokasi produksi pabrik kemudian dilakukan penyaringan pada alat penyaring atau *screen* yang digunakan untuk memisahkan bahan yang masih terbawa dari air sumber.

2. Penggumpalan

Penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel bersifat netral dan membentuk endapan dengan prinsip gravitasi merupakan pengertian dari *koagulasi*.

Pada tahap ini air setelah di saring dari alat penyaring atau *screen* dipisahkan dengan cara mengendapkan zat-zat padat atau suspensi non-koloid dalam air. Prinsip pemisahan menggunakan gaya gravitasi sehingga padatan mengendap dengan sendirinya. Penggunaan tawas dan Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), merupakan garam berasal dari asam kuat dan basa lemah yang digunakan sebagai koagulan (zat penggumpal). Agar memperoleh sifat alkalis serta proses *flokulasi* berjalan efektif, ditambahkan CaOH yang memiliki fungsi untuk mengurangi serta menghilangkan kesadahan karbonat dalam air agar membuat suasana basa sehingga mudah untuk digumpalkan. Penggumpalan partikel menjadi flok agar ukuran dapat dipisahkan pada alat penyaring atau *screening* dengan prinsip sedimentasi merupakan tujuan dari *flokulasi*.

3. Pengendapan

Pengendapan dilakukan pada bak pengendap yang dirancang untuk mengendapkan *flok* yang terbentuk dari proses koagulasi-*flokulasi* selanjutnya dibuang melalui (proses *blow down*).

4. Penyaringan (*sand filter*)

Air yang keluar dari bak pengendapan masih mengandung partikel padat terseuspensi. Air ini kemudian dialirkan ke *sand filter* untuk proses penyaringan. Tujuan penyaringan untuk menghilangkan kandungan mineral seperti Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^+), dan mineral lainnya dengan bantuan resin. Bila filters ini sudah kotor maka perlu dibersihkan melalui proses pencucian seperti *back wase dan rinse*.

5. Penampungan Sementara

Setelah melalui proses filtrasi, air dapat dikategorikan sebagai air bersih dan disimpan sementara dalam bak penampungan. Air yang disimpan kemudian didistribusikan untuk keperluan

- a. Air domestik dan air *service*
- b. Air Proses
- c. Air Pendingin
- d. *Steam Water*

6. Klorinasi

Tahap penambahan zat Klorin (Cl_2) atau senyawa hipoklorit ke dalam air. Bertujuan membunuh bakteri dan mikroorganisme dalam air sehingga air menjadi aman untuk digunakan dalam kegiatan sehari-hari.

7. Demineralisasi

Tujuan dari proses demineralisasi adalah untuk menghilangkan ion-ion yang masih terkandung dalam air hasil filtrasi agar dapat digunakan sebagai umpan boiler. Proses ini dibagi menjadi 2 tahap utama, yaitu pelunakan air dan dealkalisasi. Tahap pelunakan air terjadi pada unit *kation exchanger*. Disini ion-ion dari mineral keras seperti Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^+), dan mineral lainnya dihilangkan dari air, ion-

ion tersebut akan ditangkap oleh resin tipe *hydrogen-zeolite*. Resin ini bertujuan dalam menyerap ion-ion tersebut, namun hanya terbatas. Jika penyerapan resin sudah penuh maka resin harus diregenerasi dengan cara diberi larutan Asam Kuat H_2SO_4 .

Air hasil *kation exchanger* merupakan air bebas mineral, sehingga resiko pembentukan kerak (*Scaling*) telah berkurang. Selanjutnya air dilarikan ke *anion exchanger* untuk menjalani proses dealkilasi. Tujuan proses dealkilasi untuk menghilangkan ion-ion bermuatan negative seperti HCO_3^{3-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , dan lainnya. Ion-ion perlu dihilangkan karena jika air yang terkandung bersifat basa dan dipanaskan dapat menghasilkan gas CO_2 yang berdampak negatif terhadap kinerja boiler dan peralatan proses lainnya.

Cara kerja *anion exchanger* hampir sama dengan *kation exchanger*, namun menggunakan jenis resin berbeda, yaitu resin anion lemah (*weakly basic anion exchanger*). Saat resin sudah memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion negative, maka diperlukan regenerasi menggunakan larutan basa kuat $NaOH$. Air yang keluar dari *anion exchanger* sudah bisa dimanfaatkan sebagai air proses namun, jika akan digunakan sebagai air umpan boiler, diperlukan proses tambahan lanjutan untuk memastikan kualitasnya.

8. Deaerasi

Air yang setelah melalui proses demineralisasi yang akan digunakan sebagai umpan boiler harus melalui tahap deaerasi. Tahap deaerasi adalah tahap menghilangkan gas-gas terlarut pada air, terutama gas oksigen (O_2) yang dapat menyebabkan korosi pada boiler. Korosi sangat berbahaya karena tidak hanya mempersingkat usia pemakaian boiler, namun dapat menimbulkan resiko ledakan akibat terjadinya penipisan dinding boiler dan peningkatan tekanan yang melampaui batas desain.

Untuk menghilangkan gas-gas tersebut, digunakan senyawa hidrazin (N_2H_4) yang berfungsi mengikat oksigen dan gas-gas terlarut lainnya. Setelah kandungan gas dalam air berkurang melalui deaerasi, maka air dapat digunakan sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*) kemudian dimasukkan ke dalam boiler. Di dalam boiler, air akan dipanaskan hingga berubah menjadi uap (*steam*). Namun, selama proses berlangsung, padatan tersuspensi dapat terakumulasi. Oleh karena itu, dilakukan proses *blowdown* secara berkala, yaitu pembuangan sebagian besar air dari boiler untuk menjaga kestabilan konsentrasi padatan. Untuk mengganti air yang dibuang tersebut, akan ditambahkan *make-up water* agar kebutuhan air untuk proses terpenuhi.

5.2 Unit Pembangkit Steam

Unit ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan uap (*steam*) dalam proses produksi biodiesel, yaitu dengan menyediakan sebuah ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi :

Kapasitas	: 3.328,56 kg/jam
Jenis	: <i>Water Tube Boiler</i>
Jumlah	: 1 buah

Boiler dilengkapi dengan komponen economizer, sistem katup pengaman (*safety valve*), serta berbagai perlindungan otomatis untuk menjaga operasi tetap aman. Air hasil pengolahan dari unit *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai air umpan *boiler* terlebih dahulu dikondisikan agar kandungan silika, oksigen (O_2), serta ion kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) diminimalkan, melalui penambahan bahan kimia tertentu ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu, pengaturan pH juga dilakukan agar berada pada kisaran 10,5 – 11,5. Hal ini penting karena pH yang terlalu tinggi dapat meningkatkan potensi korosi. Sebelum dialirkan ke boiler, air umpan terlebih dahulu melewati *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan

sisa panas dari gas buang hasil pembakaran batu bara. Di dalam *economizer*, suhu air dinaikkan hingga mencapai 150 °C. Air dimasukkan ke dalam *boiler*, dimana panas dari pembakaran melalui (*burner*) digunakan untuk memanaskan Lorong api dan pipa-pipa api didalam *boiler*. Gas hasil pembakaran kemudian dialirkan ke *economizer* sebelum akhirnya dibuang melalui cerobong asap. Selama proses ini, air dalam *boiler* menyerap panas dari permukaan pipa dan dinding Lorong, sehingga terjadi pendidihan dan menghasilkan uap. Setelah tekanan uap mencapai tekanan 10 bar uap dikumpulkan dan dialirkan ke *steam header* untuk selanjutnya disalurkan ke berbagai area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan Listrik pada pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) berasal dari dua sumber listrik utama, yaitu dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan unit generator. Generator berfungsi sebagai sumber energi cadangan yang akan diaktifkan apabila terjadi gangguan pasokan Listrik dari PLN. Tujuan dari sistem ini adalah untuk memastikan suplai listrik tetap berjalan secara kontinyu meskipun terdapat kendala pada jaringan utama PLN. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik yaitu :

Jenis : AC generator

Kapasitas : 600 kW

Jumlah : 1 buah

Generator diesel ini bekerja berdasarkan prinsip pembakaran bahan bakar solar yang dikompresi bersama udara dalam ruang bakar. Proses pembakaran tersebut menghasilkan energi panas yang kemudian diubah menjadi energi mekanik untuk menggerakkan poros engkol. Poros dihubungkan ke generator dan menghasilkan energi Listrik.

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan Listrik meliputi :

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan listrik alat proses

No.	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	<i>Degummer</i>	DG-01	100	74,57
2	<i>Centrifudge</i>	CF-01	5	3,728
3	<i>Mixer-01</i>	M-01	0,05	0,037
4	<i>Mixer-02</i>	M-02	3	2,237
5	Reaktor	R-01	200	149,14
6	<i>Netralizer</i>	N-01	1	0,745
7	Pompa-01	P-01	1,00	0,745
8	Pompa-02	P-02	0,05	0,037
9	Pompa-03	P-03	1	0,745
10	Pompa-04	P-04	0,05	0,037
11	Pompa-05	P-05	0,05	0,037
12	Pompa-06	P-06	2	1,491
13	Pompa-07	P-07	0,05	0,037
14	Pompa-08	P-08	0,75	0,559
15	Pompa-09	P-09	1,5	1,118
16	Pompa-10	P-10	2	1,491
17	Pompa-11	P-11	1,5	1,118
18	Pompa-12	P-12	2,00	1,491

19	Pompa-13	P-13	1	0,745
Total			322	240,115

b. Kebutuhan Listrik Untuk Utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan listrik utilitas

No	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Kompresor	KU-01	0,75	0,56
2	Blower Cooling Tower	BU-01	0,17	0,12
3	Klarifier	MU-01	0,5	0,37
4	Pengaduk Flokulator		2	1,49
5	Pompa Utilitas-01	PU-01	1	0,75
6	Pompa Utilitas-02	PU-02	0,75	0,56
7	Pompa Utilitas-03	PU-03	1	0,75
8	Pompa Utilitas-04	PU-04	1	0,75
9	Pompa Utilitas-05	PU-05	1	0,75
10	Pompa Utilitas-06	PU-06	1,5	1,12
11	Pompa Utilitas-07	PU-07	1	0,75
12	Pompa Utilitas-08	PU-08	0,5	0,37
13	Pompa Utilitas-09	PU-09	0,75	0,56
No	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
14	Pompa Utilitas-10	PU-10	0,75	0,56

15	Pompa Utilitas-11	PU-11	1	0,75
16	Pompa Utilitas-12	PU-12	0,75	0,56
17	Pompa Utilitas-13	PU-13	15	11,19
18	Pompa Utilitas-14	PU-14	0,25	0,19
19	Pompa Utilitas-15	PU-15	0,08	0,06
Total			29,75	22,18

Sehingga total kebutuhan listrik untuk proses dan utilitas = 262,3 kW kemudian di

over design 10% = 288,53 kW

c. Kebutuhan listrik AC dan penerangan

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

$$P = 15 \% \times 262,3 \text{ kW} = 78,69 \text{ kW}$$

$$\text{Over desain 10\%} = 86,559 \text{ kW}$$

d. Kebutuhan listrik instrumentasi

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

$$P = 25\% \times 262,3 \text{ kW} = 65,57 \text{ kW}$$

$$\text{Over desain 10\%} = 72,132 \text{ kW}$$

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

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

$$P = 15\% \times 262,3 \text{ kW} = 39,34 \text{ kW}$$

Over desain 10% = 43,279 kW

Total kebutuhan Listrik pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) dapat dilihat pada Tabel 5.6

Tabel 5. 6 Total kebutuhan listrik

No.	Kebutuhan Listrik	kW
1.	Listrik proses dan utilitas	288,53
2.	Listrik AC dan penerangan	86,559
3.	Listrik instrumentasi	72,132
4.	Listrik bengkel dan laboratorium	16,481
Total Kebutuhan Listrik		463,7

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Dalam operasional pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO), udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan berbagai instrumen kontrol yang beroperasi secara pneumatis. Tekanan udara yang digunakan untuk keperluan instrument adalah sebesar 7,2 bar. Terdapat sekitar 14 unit alat kontrol di pabrik biodiesel yang memerlukan suplai udara tekan untuk dapat beroperasi. Proses penyedia udara tekan dilakukan dengan cara menekan udara dari lingkungan menggunakan *compressor* yang dilengkapi *filter* udara, hingga mencapai tekanan yang diutuhkan. Udara bertekanan kemudian dilarikan menuju peralatan kontrol serta unit proses lain yang membutuhkan. Kebutuhan total udara instrumen diperkirakan mencapai 26 m³/jam. Dikarenakan udara yang digunakan harus dalam kondisi kering, maka keluaran dari *blower*, udara dialirkan dari tangki pengering yang berisi *silica gel*.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini berfungsi untuk memasok bahan bakar yang digunakan dalam *boiler*, jenis bahan bakar yang dipakai adalah solar, dengan konsumsi solar sebesar 243,393 kg/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah dan Air Buangan

Limbah yang dihasilkan dari proses produksi biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) dapat dibagi menjadi 2 jenis :

a. Limbah Cair

Limbah cair yang berasal dari aktivitas pabrik seperti limbah toilet penanganan dengan cara limbah dikumpulkan dengan metode stabilisasi yang mencakup proses lumpur aktif, aerasi, serta injeksi gas klorin. Limbah laboratorium yang mengandung zat kimia harus melalui beberapa tahap pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan, penanganan limbah laboratorium meliputi penanganan fisik (pengendapan dan penyaringan), pengolahan kimia (melalui penambahan bahan kimia dan pengaturan pH) serta pengolahan biologis.

a. Limbah cair meliputi :

1. Limbah air domestik
2. *Blow down cooling water* (Air pembuangan dari sistem pendingin)
3. Limbah *backwash filter*, air berminyak dari pompa

b. Limbah gas dari proses produksi

Untuk mencegah pencemaran disekitar lingkungan pabrik berupa pencemaran udara dan pencemaran akibat buangan zat padat dari proses produksi pabrik biodiesel, dilakukan penanganan khusus dengan membangun unit pembuangan limbah yang aman dan ramah lingkungan.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari Sungai yang melewati Screening (FU-01) ke Bak pendendapan I (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak pendendapan I (BU-01) ke Tangki Flokulator/ Penggumpal (TU-01)	Mengalirkan air dari Tangki Flokulator/ Penggumpal (TU-01) ke Klarifier (KL-01)	Mengalirkan air dari Klarifier (KL- 01) ke Bak Pengendap 2 (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 1 (BU- 02) ke Bak Saringan Pasir/Sand Filter (FU-02)
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Bahan	<i>Cast Iron</i>				
Kapasitas (gpm)	81,615	81,615	81,639	81,639	81,639
Ukuran Pipa					
IPS	3	3	3	3	3
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

ID (in)	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07
Efisiensi Pompa	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55
Tenaga Pompa (Hp)	0,61	0,52	0,71	0,78	0,71
Tenaga Motor (Hp)	1	0,75	1	1	1

Kode	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Saringan Pasir/Sand Filter (FU-02) ke Bak Penampungan Sementara (BU 03)	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-03) ke Pengolahan Air untuk kebutuhan Air Bertekanan, Air Domestik, Air Pendingin, dan Steam	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-06) ke Tangki Penampungan Air Bersih (TU-07)	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU 04) ke Cooling Towe (CL-01)	Mengalirkan air dari Alat Proses ke Bak Air Pendingin (BU 04)
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Bahan	<i>Comercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	81,639	81,615	14,936	29,196	27,926
Kode	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Ukuran Pipa					
IPS	3	3	1,5	2	2
No. Sch	40	40	40	40	40

OD (in)	3,5	3,5	1,9	2,38	2,38
ID (in)	3,07	3,07	1,61	2,07	2,07
Efisiensi Pompa	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2
Tenaga Pompa (Hp)	0,97	0,85	0,4	0,618	0,568
Tenaga Motor (Hp)	1,5	1	0,5	0,75	0,75

Kode	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Kation Exchanger</i> ke Anion Exchanger	Mengalirkan air dari <i>Anion Exchanger</i> ke Bak Umpan Boiler	Mengalirkan air dari Baik Umpan Boiler ke <i>Deaerator</i>	Mengalirkan air dari <i>Deaerator</i> ke <i>Boiler</i>	Mengalirkan air dari Alat Proses ke Bak Umpan <i>Boiler</i>
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				

Bahan	<i>Comercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	23,879	23,879	17,203	17,203	13,074
Ukuran Pipa					
IPS	1,5	1,5	1,5	1,5	1,25
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	1,9	1,9	1,9	1,9	1,66
ID (in)	1,61	1,61	1,61	1,61	1,38
Efisiensi Pompa	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Tenaga Pompa (Hp)	0,83	0,84	11,73	0,141	0,164
Tenaga Motor (Hp)	1	0,75	15	0,25	0,08

Bak	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok dengan proses flokulasi	Menampung sementara raw water setelah disaring sand filter	Menampung air untuk kebutuhan <i>cooling tower</i>
Jenis	Bak Persegi			
Bahan	Beton Bertulang			
Spesifikasi				
Kapasitas (m ³ /jam)	15,804	15,809	15,795	5,649
Panjang (m)	7,797	6,106	3,393	6,878
Lebar (m)	7,797	6,106	3,593	6,878
Tinggi (m)	3,898	3,053	1,679	3,439

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi dengan menambahkan koagulan	menyimpan larutan alum 5 % untuk 2 minggu Operasi	menyimpan larutan CaOH untuk 1 minggu	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu
Jenis	Tangki Silinder Berpengaduk	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder
Bahan					
Spesifikasi					
Tinggi (m)	2,89	0,767	0,991	4,733	1,314
Diameter (m)	2,89	0,767	0,991	4,733	1,314
Volume (m ³)	18,954	0,59	1,273	83,232	1,782
Jenis Impeller	Propeller 3 blade	-	-	-	-
Jumlah Impeller	1	-	-	-	-

Power Motor (Hp)	2	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tangki	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10
Fungsi	mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menyimpan H_2SO_4 untuk regenerasi penukar kation	Menyimpan NaOH untuk regenerasi penukar anion	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion-ion positif (Na^+ , Ca^{2+} , Ba) yang ada dalam air
Jenis	Tangki Silinder Berpengaduk	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder
Bahan					
Spesifikasi					
Tinggi (m)	1,64	4,733	1,547	1,394	2,28
Diameter (m)	1,64	4,733	1,547	1,394	0,53
Volume (m ³)	3,468	83,232	2,911	2,13	5,47
Jenis Impeller	-	-	-	-	-

Jumlah Impeller	-	-	-	-	-
Power Motor (Hp)	-	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tangki	TU-11	TU-12	TU-13
Fungsi	Menghilangkan ion- ion negatif yang masih terbawa dari bak air bersih	Mencampur Kondensat sirkulasi dan make up air umpan boiler sebelum dibangkitkan sebagai steam dalam boiler	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Tangki Silinder Berpengaduk	Tangki Silinder	Tangki Silinder
Bahan			
Tinggi (m)	1,9	1,918	0,599
Diameter (m)	0,233	1,918	0,599
Volume (m ³)	3,468	5,544	0,169
Jenis Impeller	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-
Power Motor (Hp)	-	-	-
Jumlah	1	1	1

Kode	Klarifier (KL-01)
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang bersifat koloid yang terbawa oleh air dari bak pengendap awal
Jenis	<i>Clarifier/Conical Bottom</i>
Spesifikasi	
Diameter (m)	4,588
Tinggi (m)	4,588
Volume (m ³)	75,819

Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar (daun, ranting, dan sampah-sampah)
Bahan	Aluminium
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	15.790,96
Panjang (m)	7,797
Lebar (m)	7,797
Diameter Lubang Saringan (cm)	1

Kode	FU-02
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Jenis	Tangki Silinder
Bahan	Carbon Steel
Ukuran Pasir (mesh)	48
Spesifikasi	
Volume (m ³)	9,829
Panjang (m)	2,698
Lebar (m)	2,698
Tinggi (m)	1,349

Kode	CT-01
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Bahan	<i>Cooling Tower Included Draft</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	5,649
Panjang (m)	1,5
Tinggi (m)	5,2
Lebar (m)	1,5

Kode	De-01
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i>
Jenis	Tangki Silinder
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	3,328
Diameter (m)	4,961
Tinggi (m)	4,961
Volume (m ³)	95,862

Kode	BL-01
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	4.847,499
Efisiensi	0,8
Power (Hp)	0,17

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam pra rancangan pabrik kimia yang akan didirikan diperlukan analisis ekonomi untuk mengetahui apakah pabrik mengalami keuntungan dan layak atau tidak untuk didirikan dari segi ekonomi. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas Dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh.

Dalam evaluasi ekonomi, ada beberapa factor analisis kelayakan ekonomi meliputi :

1. *Return On Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Discounted Cash Flow Rate (DFCR)*
4. *Break Even Point (BEP)*
5. *Shut Down Point (SDP)*
6. Keuntungan sebelum pajak (*Profit Before Taxes*)
7. Keuntungan setelah pajak (*Profit After Taxes*)

Sebelum dilakukan analisis terhadap factor – factor tersebut, perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal berikut :

1. *Total Capital Investment*

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
- 2. Biaya produksi
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
- 3. Pengeluaran umum (*General Cost / expense*)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan cenderung mengalami perubahan dari tahun ke tahun, dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang terus mengalami fluktuasi. Oleh karena itu, menentukan harga pasti suatu peralatan untuk setiap tahun menjadi hal yang sulit. Untuk mengatasinya, digunakan suatu metode estimasi harga berdasarkan indeks harga peralatan operasi pada tahun analisa. Evaluasi ekonomi dilakukan untuk pabrik biodiesel yang beroperasi selama 330 hari dalam setahun, dengan tahun analisa ditetapkan pada tahun 2030. Penentuan harga alat-alat dalam analisa ekonomi mengacu pada harga pada tahun tersebut, yang diperkirakan melalui pendekatan regresi linear terhadap data indeks harga dari tahun 1996 hingga 2023, sebagaimana tercantum dalam Tabel 6.1

Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1996 – 2023

Xi	Indeks (Yi)
1996	381,70
1997	386,50
1998	389,50
1999	390,60
2000	394,10
2001	394,10
2002	394,30
2003	402
2004	444,20
2005	468,20
2006	499,60
2007	525,40
2008	575,40
2009	521,90
2010	550,80
2011	585,70
2012	584,60
2013	567,30
2014	576,10
2015	556,80
2016	541,70
2017	567,50
2018	603,10
2019	607,50
2020	596,20

Xi	Indeks (Yi)
2021	708,80
2022	816,00
2023	800,80

Harga alat pada tahun pabrik didirikan ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi yaitu 2014 dikalikan dengan rasio indeks harga. (Aries & Newton, 1955)

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

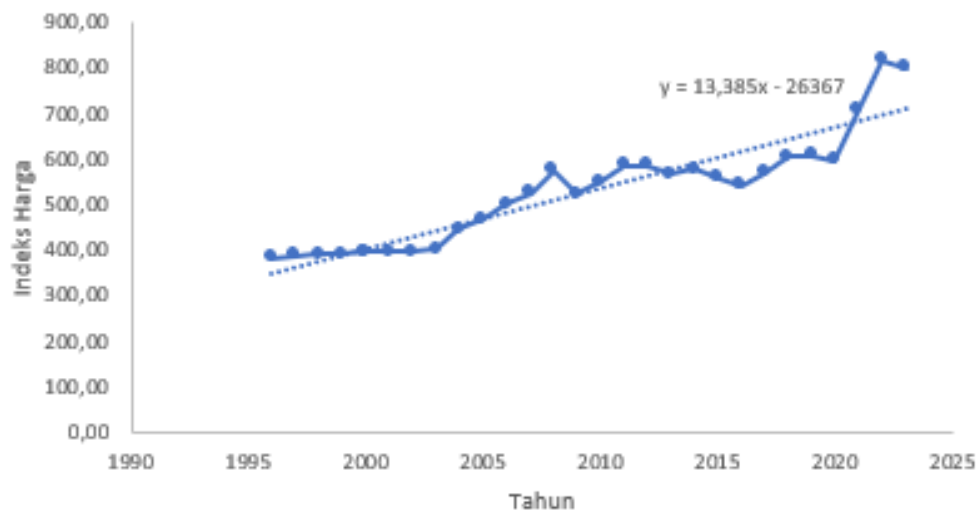
Dimana :

Ex = Harga pembelian pada tahun 2030

Ey = Harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx = Index harga pada tahun 2030

Ny = Index harga pada tahun referensi 2014



Gambar 6. 1 Indeks harga

Persamaan yang diperoleh dari grafik adalah $y = 13,385x - 26367$. Berdasarkan persamaan yang digunakan, nilai indeks harga pada tahun perancangan, yaitu tahun 2030 diperoleh sebesar 804,55. Seluruh harga peralatan lainnya dihitung mengacu pada tahun 2030.

Tabel 6. 2 Harga alat proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2030
Tangki H ₂ SO ₄	T-01	1	\$ 153.600	\$ 214.509
Tangki CH ₃ OH	T-02	1	\$ 202.638	\$ 282.994
Tangki PKO	T-03	1	\$ 1.667.900	\$ 2.329.299
Tangki NaOH	T-04	1	\$ 82.200	\$ 114.796
<i>Mixer 1</i>	M-01	1	\$ 485.700	\$ 678.302
Reaktor	R-01	1	\$ 480.400	\$ 670.901
<i>Netralizer</i>	N-01	1	\$ 309.400	\$ 431.091
<i>Decanter</i>	DC-01	1	\$ 26.336	\$ 36.780
Menara Distilasi	MD-01	1	\$ 167.143	\$ 233.422
<i>Reboiler</i>	RB-01	1	\$ 23.700	\$ 33.098
<i>Condensor</i>	CD-01	1	\$ 50.100	\$ 69.967
Tangki Biodisel	T-05	1	\$ 1.146.100	\$ 1.600.581
<i>Heat Exchanger 1</i>	HE-01	1	\$ 34.000	\$ 47.483
<i>Heat Exchanger 2</i>	HE-02	1	\$ 300	\$ 419

<i>Heat Exchanger 3</i>	HE-03	1	\$ 2.500	\$ 3.491
<i>Cooler 1</i>	CL-01	1	\$ 129.100	\$ 180.294
<i>Cooler 2</i>	CL-01	1	\$ 2.900	\$ 4.050
Pompa 1	P-01	1	\$ 12.500	\$ 17.457
Pompa 2	P-02	1	\$ 4.500	\$ 6.284
Pompa 3	P-03	1	\$ 11.100	\$ 15.502
Pompa 4	P-04	1	\$ 4.000	\$ 5.586
Pompa 5	P-05	1	\$ 13.900	\$ 19.412
Pompa 6	P-06	1	\$ 16.200	\$ 22.624
Pompa 7	P-07	1	\$ 13.900	\$ 19.412
Pompa 8	P-08	1	\$ 12.400	\$ 17.317
Pompa 9	P-09	1	\$ 13.900	\$ 19.412
Total				\$ 7.075.483

Tabel 6. 3 Harga alat utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2030
Pompa 1	PU-01	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 2	PU-02	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 3	PU-03	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 4	PU-04	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 5	PU-05	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 6	PU-06	1	\$ 8.800	\$ 12.289

Pompa 7	PU-07	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 8	PU-08	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 9	PU-09	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 10	PU-10	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 11	PU-11	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa12	PU-12	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 13	PU-13	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 14	PU-14	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Pompa 15	PU-15	1	\$ 8.800	\$ 12.289
Tangki tawas	TU-02	1	\$ 7.000	\$ 9.775,8
Tangki N ₂ H ₄	TU-13	1	\$ 400	\$ 558,618
Tangki CaOH	TU-03	1	\$ 5.200	\$ 7.262,038
Tangki silica gel	TU-05	1	\$ 200	\$ 279,3
Tangki bahan bakar	TU-06	1	\$ 6.700	\$ 9.356,9
Tangki umpan boiler	TU-12	1	\$ 4.700	\$ 6.563,8
Tangki anion	TU-11	1	\$ 900	\$ 1.256,9
Tangki kation	TU-10	1	\$ 4.800	\$ 6.703,4
Tangki Flokulator	TU-01	1	\$ 25.700	\$ 35.891,2
Tangki Klorinasi		1	\$ 4.200	\$ 5.865,5
Sand filter		1	\$ 6.100	\$ 8.518,9
Cooling tower		1	\$ 1.600	\$ 2.234,5
Klarifier	CU-01	1	\$ 22.800	\$ 31.841
Kompresor		1	\$ 1.100	\$ 1.536
Boiler		1	\$ 233.600	\$ 326.233
Bak pengendapan awal	BU-01	1	\$ 145.100	\$ 202.638,8
Bak pengendap 2	BU-02	1	\$ 29.700	\$ 41.477

Bak penampung sementara	BU-03	1	\$ 9.300	\$ 12.987,9
Tangki penyimpanan kaporit	TU-05	1	\$ 3.200	\$ 4.468,95
Tangki air bersih	TU-07	1	\$ 37.700	\$ 52.649,8
Tangki air bertekanan	TU-04	1	\$ 37.700	\$ 52.649,8
Bak air pendingin	BU-04	1	\$ 18.700	\$ 26.115
Blower	BL-01	1	\$ 4.800	\$ 6.703
Tangki H ₂ SO ₄	TU-08	1	\$ 5.900	\$ 8.239,6
Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2030
Tangki NaOH	TU-09	1	\$ 11.200	\$ 15.641
Tangki deaerator	DE-01	1	\$ 27.600	\$ 35.544,7
		41		\$ 1.100.338,4

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	: 60.000 ton/tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 tahun
Kurs mata uang	: 1\$ = Rp 16.200 (per Juli 2025) tahun pabrik
Didirikan	: 2030
UMR kota Bengkalis	: Rp 3.703.206 – Rp 3.933.620

6.3 Komponen Biaya

6.3.1 Investasi Modal (*Capital Investment*)

Investasi modal (*Capital Investment*) adalah total biaya untuk pengadaan fasilitas – fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan biaya untuk mengoperasikan pabrik.

a. *Fixed Capital Investment* terdiri dari 90%, meliputi

1. *Direct Plant Cost*

- *Purchased Equipment Cost*
- *Equipment Installation*
- *Piping*
- *Instrumentation*
- *Insulation*
- *Electrical*
- *Building*
- *Land dan Yard Improvement*
- *Utilitas*

2. *Indirect Cost*

- *Engineering and construction*
- *Construction expenses*
- *Contractor fee*
- *Contingency*

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

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	PPC alat proses	\$ 25.794.650,02	Rp 417.873.330.314,32
2	PPC alat utilitas	\$ 1.998.606,51	Rp 32.377.425.415,48
3	Bangunan	\$ 710.185,19	Rp 11.505.000.000
4	Tanah	\$ 1.442.894,44	Rp 23.374.890.000
Total		\$ 29.946.336,16	Rp 485.130.645.729,80

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

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	Purchasing Equipment Cost	\$ 1.375.423	Rp 22.281.852.345,51
2	Instalasi	\$ 591.432	Rp 9.581.196.508,57
3	Instrument dan Kontrol	\$ 206.313	Rp 3.342.277.851,83
4	Pemipaan	\$ 1.182.864	Rp 19.162.393.017,14
5	Instalasi Listrik	\$ 206.313	Rp 3.342.277.851,83
6	Instalasi Isolasi	\$ 206.313	Rp 3.342.277.851,83
	Total	\$ 1.998.607	Rp 61.052.275.427

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

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Direct plant cost</i>	\$ 35.935.603,39	Rp 582.156.774.876
2	<i>Engineering and construction</i>	\$ 35.935.603,39	Rp 582.156.774.876
3	<i>Contractor fee</i>	\$ 1.078.068,10	Rp 17.464.703.246

4	<i>Contingency cost</i>	\$ 3.593.560,34	Rp 58.215.677.488
	Total	\$ 76.542.835,22	Rp 1.239.993.930.485

b. *Working Capital Investment* terdiri dari 10% adalah total biaya untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu atau waktu yang ditentukan.

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

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Raw material inventory</i>	\$ 4.454.068,62	Rp 72.155.911.662
2	<i>In process inventory</i>	\$ 1.052.452,01	Rp 17.049.722.596
3	<i>Product inventory</i>	\$ 5.846.955,62	Rp 94.720.681.089
4	<i>Extented credit</i>	\$ 140.326.934,95	Rp 2.273.296.346.142
5	<i>Available cash</i>	\$ 5.846.955,62	Rp 94.720.681.089
	Total	\$ 157.527.986,38	Rp 2.551.953.379.386

Dari tabel perhitungan di atas, maka dapat diperkirakan investasi modal untuk mendirikan pabrik dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 6. 8 *Total Capital Investment* (TCI)

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Fixed capital investment</i> (FCI)	\$ 76.542.835,22	Rp 1.239.993.930.485

2	<i>Working capital investment (WCI)</i>	\$ 157.527.986,38	Rp 2.551.953.379.386
	Total		Rp 3.791.947.309.872

6.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost merupakan jumlah dari *direct cost*, *indirect cost*, *fixed cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk.

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6. 9 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Bahan baku	\$ 52.822.900,36	Rp 855.730.985.883
2	Bahan utilitas	\$ 633.357,76	Rp 10.260.395.756
3	Gaji karyawan	\$ 829.259,26	Rp 13.434.000.000
4	Supervise	\$ 5.345.625,81	Rp 86.599.138.164
5	Maintenance	\$ 1.530.856,70	Rp 24.799.878.610
6	Plant supplies	\$ 229.628,51	Rp 3.719.981.791
7	Royalty and patent	\$ 2.296,29	Rp 37.199.818
	Total	\$ 61.393.924,69	Rp 994.581.580.022

2. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect manufacturing cost atau biaya tidak langsung adalah biaya sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik. Artinya biaya yang tidak ikut terikat langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Tabel 6. 10 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Payroll overhead</i>	\$ 82.925,93	Rp1.343.400.000
2	<i>Laboratory</i>	\$ 82.925,93	Rp1.343.400.000
3	<i>Plant Overhead</i>	\$ 331.703,70	Rp 5.373.600.000
4	<i>Packaging & shipping</i>	\$ 617.703,70	Rp 10.006.800.000
	Total	\$ 1.115.259,26	Rp 18.067.200.000

3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed manufacturing cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi. Pengeluaran yang bersifat konstan dan tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 11 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Depreciation</i>	\$ 6.123.426,82	Rp 99.199.514.439
2	<i>Property tax</i>	\$ 765.428,35	Rp 12.399.939.305
3	<i>Insurance</i>	\$ 765.428,35	Rp 12.399.939.305
	Total	\$ 7.654.283,52	Rp 123.999.393.049

Tabel 6. 12 Total *Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Direct manufacturing cost</i>	\$ 61.393.924,69	Rp 994.581.580.022
2	<i>Indirect manufacturing cost</i>	\$ 1.115.259,26	Rp 18.067.200.000
3	<i>Fixed manufacturing cost</i>	\$ 7.654.283,52	Rp 123.999.393.049
	Total	\$ 70.163.467,47	Rp 1.136.648.173.071

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General expenses adalah pengeluaran secara umum meliputi pengeluaran – pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi dari Perusahaan yang tidak termasuk dalam manufacturing cost.

Tabel 6. 13 *General Expenses*

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Administrasi</i>	\$ 7.022.124,65	Rp 113.758.419.296
2	<i>Sales</i>	\$ 11.703.541,08	Rp 189.597.365.494
3	<i>Finance</i>	\$ 4.681.416,43	Rp 75.838.946.197
4	<i>Research</i>	\$ 8.192.478,76	Rp 132.718.155.846
	Total	\$ 31.599.560,92	Rp 511.912.886.833

Tabel 6. 14 *Total Production Cost*

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Manufacturing cost</i>	\$ 70.163.467,47	Rp 1.136.648.173.071

2	<i>General expenses</i>	\$ 31.599.560,92	Rp 511.912.886.833
	Total	\$ 101.763.028,39	Rp 1.648.561.059.904

6.4 Analisa Keuntungan

Keuntungan sebelum pajak

Total penjualan : Rp 2.001.360.000.000/tahun

Total biaya produksi : Rp 1.648.561.059.904/tahun

Keuntungan : Rp 352.798.940.096/tahun

Keuntungan sesudah pajak

Pajak 25% dari keuntungan : Rp 88.199.735.024,12/tahun

Keuntungan : Rp 264.599.205.072/tahun

6.5 Analisa Kelayakan

Analisis kelayakan merupakan langkah penting dalam menentukan sejauh mana suatu proyek atau pabrik layak untuk dijalankan, terutama dari sisi ekonomi. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mengetahui potensi laba yang bisa diperoleh, serta memastikan bahwa kegiatan operasional pabrik akan memberikan keuntungan yang optimal. Dengan melakukan analisis kelayakan, kita dapat memperkirakan apakah pabrik tersebut memiliki prospek ekonomi yang menjanjikan atau justru berisiko merugi.

a. *Return On Investment (ROI)*

Return on Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Untuk pabrik dengan tingkat

risiko yang rendah, standar minimal ROI sebelum pajak adalah sebesar 11% sedangkan pabrik yang memiliki tingkat risiko tinggi memerlukan ROI minimum sebelum pajak sebesar 44% agar dianggap layak secara finansial. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi.

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

- Pajak = 25%
- Hasil penjualan = Rp 2.001.360.000.000/tahun
- Biaya produksi = Rp 1.648.561.059.904/tahun
- Keuntungan sebelum pajak = Rp 352.798.940.096/tahun
- Keuntungan setelah pajak = Rp 264.599.205.072/tahun
- ROI sebelum pajak = 28,452 %
- ROI setelah pajak = 21,339 %

b. *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time adalah estimasi waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal investasi awal berdasarkan keuntungan yang diperoleh setiap tahun. Perhitungan ini penting dilakukan untuk mengetahui berapa tahun waktu yang diperlukan hingga seluruh investasi yang telah dikeluarkan dapat kembali secara penuh.

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

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

POT = 3 tahun

- POT setelah pajak

POT = 3 tahun

c. *Break Event Point* (BEP)

Break even point (BEP) adalah suatu titik impas (pabrik tidak mendapatkan keuntungan dan tidak mengalami kerugian). Nilai BEP pabrik kimia umumnya berada pada range 40 – 60%.

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

Keterangan :

Fa = *Fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

Ra = *Regulated expenses* pada produksi maksimum

Va = *Variable value* pada produksi maksimum

Sa = *Sales value* pada produksi maksimum annual

Tabel 6. 15 *Fixed Manufacturing Cost* (Fa)

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Depreciation</i>	\$ 5.792.317,55	Rp 93.835.544.319
2	<i>Property taxes</i>	\$ 724.039,69	Rp 11.729.443.040
3	<i>Insurances</i>	\$ 724.039,69	Rp 11.729.443.040

	Total	\$ 7.240.396,94	Rp 117.294.430.398
--	-------	-----------------	--------------------

Tabel 6. 16 *Regulated Expenses* (Ra)

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Gaji karyawan	\$ 829.259,26	Rp 13.434.000.000
2	<i>Payroll overhead</i>	\$ 82.925,93	Rp 1.343.400.000
3	<i>Plant overhead</i>	\$ 331.703,70	Rp 5.573.600.000
4	<i>Supervise</i>	\$ 5.345.625,81	Rp 86.599.138.164
5	<i>Laboratory</i>	\$ 82.925,93	Rp 1.343.400.000
6	<i>General expenses</i>	\$ 30.890.840,52	Rp 500.431.616.498
7	<i>Maintenance</i>	\$ 1.448.079,39	Rp 23.458.886.080
8	<i>Plant supplies</i>	\$ 217.211,91	Rp 3.518.832.912
	Total	\$ 39.228.572,45	Rp 635.502.873.654

Tabel 6. 17 *Variable Value* (Va)

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	Bahan baku	\$ 52.822.900,36	Rp 855.730.985.883

2	<i>Packaging & shipping</i>	\$ 617.703,70	Rp 10.006.800.000
3	Bahan utilitas	\$ 625.923,09	Rp 10.139.954.066
4	<i>Royalties & Patens</i>	\$ 2.172,12	Rp 35.188.329
	Total	\$ 54.068.699,28	Rp 875.912.928.278

Tabel 6. 18 *Sales Value* (Sa)

No	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Sales value</i>	\$ 123.540.741	Rp 2.001.360.000.000
	Total	\$ 123.540.741	Rp 2.001.360.000.000

Sehingga di dapat besarnya BEP = 47,45%

d. *Shut Down Point* (SDP)

Shut down point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

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

Didapatkan,

$$SDP = 28,637\%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) merupakan besarnya perkiraan keuntungan setiap tahun yang diperoleh dari suatu investasi. Perhitungan ini didasarkan pada asumsi bahwa modal investasi tidak dikembalikan setiap akhir tahun selama masa operasional pabrik. Sebagai acuan kelayakan, nilai DCFRR yang dianggap layak biasanya minimal 1,5 kali lebih tinggi dari suku bunga bank yang berlaku, guna mengimbangi risiko dan memastikan investasi cukup menguntungkan.

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

Keterangan :

FCI = *fixed capital investment*

WC = *working capital investment*

SV = *depreciation*

N = umur pabrik 10 tahun

I = nilai DCFR

Data yang didapat pada perhitungan sebagai berikut :

FCI = Rp 1.239.993.930.485

WCI = Rp 2.551.953.379.386

SV = Rp 123.999.393.049

n = 10 tahun

sehingga diperoleh dari perhitungan nilai DCFR adalah

DCFR = 12,4%

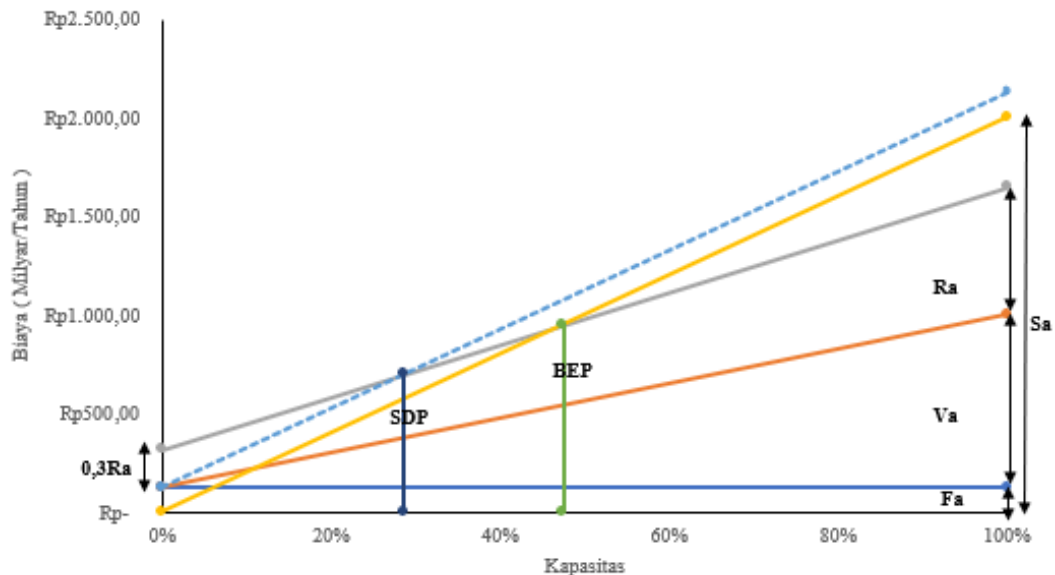
Bunga bank Indonesia pada 2030 = 5,7 %

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

6.6 Kesimpulan Kelayakan Ekonomi

Tabel 6. 19 Kelayakan Evaluasi Ekonomi

No	Komponen	Parameter	Hasil Evaluasi	Keterangan
1	ROI	ROI < 44%	21,339 %	Layak
2	POT	2-5 tahun	3 tahun	Layak
3	BEP	40% - 60%	47,45%	Layak
4	SDP		28,637%	
5	DCF	Bunga bank (10%)	12,4%	Layak



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

6.7 Analisis resiko pabrik

Analisis risiko pabrik dilakukan untuk menilai tingkat risiko (*high risk* atau *low risk*) berdasarkan kemungkinan terjadinya bahaya dan dampaknya, serta menentukan langkah mitigasi yang diperlukan untuk setiap potensi risiko tersebut. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, prarancangan pabrik biodiesel termasuk dalam kategori risiko rendah (*low risk*) dengan pertimbangan sebagai berikut :

a. Kondisi Operasi

Prarancangan pabrik biodiesel dirancang untuk beroperasi dalam rentang suhu antara 30°C hingga 100°C dan pada tekanan operasi sekitar 1 atm. Rentang suhu ini tergolong rendah hingga sedang, dan tidak memerlukan sistem pendinginan atau pemanasan ekstrem. Demikian pula, tekanan operasi yang berada pada tekanan atmosferik tidak memerlukan peralatan bertekanan tinggi,

yang umumnya memiliki potensi risiko kebocoran atau ledakan. Kondisi operasi yang stabil dan tidak ekstrem ini secara signifikan mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan akibat kegagalan peralatan atau kesalahan operasional. Oleh karena itu, dari aspek kondisi operasional, pabrik biodiesel dapat dikategorikan sebagai instalasi dengan tingkat risiko yang rendah.

b. Bahan baku dan produk

Bahan baku utama pada prarancangan pabrik biodiesel adalah PKO (*Palm Kernel Oil*) dan metanol, dengan tambahan bahan kimia seperti asam sulfat sebagai katalis esterifikasi, asam fosfat untuk memisahkan gum, dan natrium hidroksida (NaOH) sebagai penetral pada tahap netralisasi. Meskipun beberapa bahan bersifat mudah terbakar atau korosif, seluruh proses dilakukan dalam sistem tertutup dan terkendali, sehingga risiko tetap rendah.

Produk utama yang dihasilkan adalah biodiesel. Biodiesel bersifat stabil, tidak mudah terbakar, dan rendah toksisitas. Proses produksi juga tidak menghasilkan limbah berbahaya, sehingga aman bagi lingkungan. Oleh karena itu, dari sisi bahan baku dan produk, pabrik tergolong berisiko rendah.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (KO) melalui reaksi esterifikasi dengan kapasitas 60.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Pendirian pabrik Biodiesel dari PKO dengan kapasitas 60.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan biodiesel dalam negeri dan mengurangi ketergantungan impor serta membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi
- b. Pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) membutuhkan bahan baku utama yaitu PKO atau inti kernel sawit sebanyak 6.850 Kg/Jam.
- c. Pabrik biodiesel berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau dengan luas tanah keseluruhan 74.206 m² dan jumlah karyawan sebanyak 110 orang.
- d. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan, pabrik ini layak untuk didirikan dengan beberapa parameter standar kelayakan sebagai berikut:
 1. *Return On Investment* (ROI)
 - ROI sebelum pajak = 28,452 %
 - ROI setelah pajak = 21,339 %
 2. *Pay Out Time* (POT)

a) POT sebelum pajak = 3 tahun

b) POT setelah pajak = 3 tahun

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

3. *Break Event Point* (BEP) = 47,45%

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

4. *Shut Down Point* (SDP) = 28,637%

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) = 12,4 %

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

6. Keuntungan pabrik sebelum pajak sebesar Rp 352.798.940.096 per tahun, keuntungan pabrik setelah pajak sebesar Rp 264.599.205.072 per tahun.

Dengan pertimbangan hasil diatas, maka pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) melalui reaksi esterifikasi dengan kapasitas 60.000 ton/tahun layak dari aspek teknis dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

e. Hasil dari keseluruhan tinjauan yang dilakukan mulai dari tersedianya bahan baku, kondisi operasi proses dan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa Pabrik Biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) melalui reaksi esterifikasi dengan kapasitas 60.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia memerlukan pemahaman konsep-konsep dasar agar dapat meningkatkan kelayakan pendirian pabrik tersebut. Dengan cara melakukan optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku sehingga dapat memperoleh keuntungan yang lebih. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan pada masa mendatang didirikan pabrik pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan. Produksi pabrik biodiesel dari *Palm Kernel Oil* (PKO) diharapkan dapat memenuhi kebutuhan di masa yang akan mendatang serta memenuhi pasar internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamu, O. J., Akintola, T. A., Enweremadu, C. C., & Adeleke, A. E. (2008). Characterization of palm-kernel oil biodiesel produced through NaOH-catalysed transesterification process. *Scientific Research and Essay*, 3(7), 308-311.
- Angelia, D., Permatasari, G. P. W., & Redjeki, S. (2022). Kinetika Reaksi Transesterifikasi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis CaO Modifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(2), 93-100.
- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc Graw Hill Handbook, Co., Inc., New York.
- Brown, G.G. 1978. *Unit Operations*. John Wiley and Sons Inc. New York
- Brownell, L.E and Young. E.H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Coulson, J.M and Richardson, J.F. 1983. *Chemical Engineering, 1st edition, Volume 6*. Pergason Press.Oxford.
- Demirbas A., (2003), “*Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey*”, *Energy Convers. Manage.*, 44, hal. 2093–109.
- Demirbas, A., 2009, *Progress and Recent Trends in Biodiesel Fuels, Energy Conversion and Management*, 50(1), 14-34.

- Ejeromedoghene, O. (2021). Acid-catalyzed transesterification of palm kernel oil (PKO) to biodiesel. *Materials Today: Proceedings*, 47, 1580-1583.
- Fogler, H. Scott.1992. *Element of Chemical Reactions Engineering 3 rd ed.* India : Prentice-Hall
- Geankoplis, C.J., 1983, *Transport Processes and Unit Operations*, 2 nd ed., Allyn and Bacon Inc., Boston
- Kern, D.Q.1950. *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Kostic, M. D., Velickovic, A. V., Jokovic, N. M., Stamenkovic, O. S., & Veljkovic, V. B. (2016). Optimization and kinetic modeling of esterification of the oil obtained from waste plum stones as a pretreatment step in biodiesel production. *Waste Management*, 48, 619-629.
- Ngueteu, M. L. T., Fotsop, C. G., Tchuifon, R. D. T., Ngomade, S. B. L., Ngakou, C. S., Nche, G. N. A., ... & Mouangue, R. (2024). Investigation of the thermokinetic and thermodynamic parameters of biodiesel and associated oil from palm kernel oil during thermal degradation. *Combustion Science and Technology*, 1-25.
- Paramitha, A., & Ekawati, R. (2022). ANALISIS KARAKTERISTIK MUTU PALM KERNEL OIL (PKO) ASAL PT. PERKEBUNAN NUSANTARA IV UNIT USAHA PABATU. *AGRIBIOS*, 20(1), 50.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, Perry's *Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

- Peters, M., Timmerhause, K., and West, R. 2003. *Plant Design and Economics For Chemical Engineers*. Mc Graw Hill Companies Inc.
- Satriana, S., & Supardan, M. D. (2008). Kinetic study of esterification of free fatty acid in low grade crude palm oil using sulfuric acid. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 8(1 & 2), 1-8.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., & Abbot, M.M., 1987, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 5 th ed, Mc Graw Hill Book Company Inc., New York.
- Wallas, S.M *Chemical Process Equipment*. Mc.Graw Hill Koagakusha Company. Tokyo.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Handbooks. New York.

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

REAKTOR-01

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara PKO dan Metanol dengan katalis Asam Sulfat (H_2SO_4).

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan jaket pendingin

Bahan : *Stainless Steel Tipe 316*

Bentuk : Tangki Silinder

Kondisi Operasi : *Endotermis*

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

$P = 1\text{ atm}$

Konversi : 95 %

A. Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM	Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)
$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	200	15.92	3184.93
$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	228	5.71	1301.37
$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	256	1.95	500
$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$	172	2.07	356.16

C ₈ H ₁₆ O ₂	144	1.38	198.63
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	0.51	143.84
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	3.40	958.90
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280	0.44	123.29
H ₂ O	18	18.24	216.64
CH ₃ OH	32	623.36	10640.98
H ₂ SO ₄	98	0.700	68.61
Total		673.69	17693.36

B. Densitas pada suhu 60 °C

Komponen	Densitas (kg/m³)	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	<i>ρ_{L campuran}</i> (kg/m³)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	867.9	3184.93	0.1800	156.2282
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	862.2	1301.37	0.0736	63.4159
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	852.7	500	0.0283	24.0966
C ₁₀ H ₂₀ O ₂	893	356.16	0.0201	17.9759
C ₈ H ₁₆ O ₂	910	198.63	0.0112	10.2159
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	860	143.84	0.0081	6.9912
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	890	958.90	0.0542	48.2342
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	900.7	123.29	0.0070	6.2761
H ₂ O	917.8	216.64	0.0122	11.2376
CH ₃ OH	759.4	10640.98	0.6014	456.7116
H ₂ SO ₄	1623	68.61	0.0039	6.2939

Total	10336.7	17693.36	1	807.7
--------------	----------------	-----------------	----------	--------------

C. Viskositas pada suhu 60 °C

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	μ	$\ln \mu$	$\ln \mu * xi$
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	3184.93	0.1800	7.30	1.98	0.357
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1301.37	0.0736	5.83	1.76	0.129
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	500	0.0283	9.59	2.26	0.0638
C ₁₀ H ₂₀ O ₂	356.16	0.0201	4.3	1.45	0.0293
C ₈ H ₁₆ O ₂	198.63	0.0112	5.74	1.75	0.0196
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	143.84	0.0081	12.12	2.49	0.020
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	958.90	0.0542	10.32	2.33	0.126
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	123.29	0.0070	7.87	2.06	0.0143
H ₂ O	216.64	0.0122	0.47	-0.755	-0.009244
CH ₃ OH	10640.98	0.6014	0.36	-1.021	-0.6144
H ₂ SO ₄	68.61	0.0039	8.799	2.1746	0.00843
Total	17693.36	1	72.70	16.507	0.1463

STOIKIOMETRI REAKSI (REAKSI ASAM)

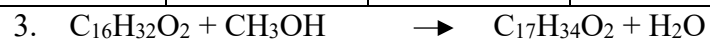


	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	CH ₃ OH	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	H ₂ O
Mula – mula	15.92	329.58		17.27

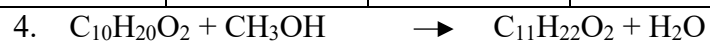
Reaksi	15.13	15.13	15.13	15.13
Sisa	0.8	314.46	15.13	32.4



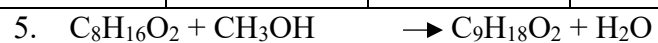
	$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	CH_3OH	$\text{C}_{15}\text{H}_{30}\text{O}_2$	H_2O
Mula – mula	5.71	314.46		32.4
Reaksi	5.42	5.42	5.42	5.42
Sisa	0.29	309.03	5.42	37.82



	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	CH_3OH	$\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$	H_2O
Mula – mula	1.95	309.034		37.82
Reaksi	1.85	1.85	1.85	1.85
Sisa	0.10	307.18	1.85	39.68

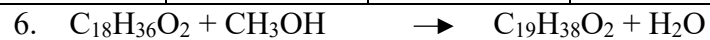


	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$	CH_3OH	$\text{C}_{11}\text{H}_{22}\text{O}_2$	H_2O
Mula – mula	2.07	307.18		39.68
Reaksi	1.97	1.97	1.97	1.97
Sisa	0.10	305.21	1.97	41.65

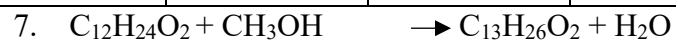


	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	CH_3OH	$\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_2$	H_2O
--	-------------------------------------	------------------------	-------------------------------------	----------------------

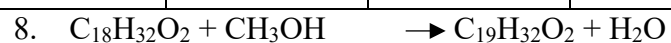
Mula – mula	1.38	305.21		41.65
Reaksi	1.31	1.31	1.31	1.31
Sisa	0.07	303.9	1.31	42.96



	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	CH_3OH	$\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_2$	H_2O
Mula – mula	0.51	303.9		42.96
Reaksi	0.48	0.48	0.48	0.48
Sisa	0.03	303.42	0.48	43.44



	$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	CH_3OH	$\text{C}_{13}\text{H}_{26}\text{O}_2$	H_2O
Mula – mula	3.40	303.42		43.44
Reaksi	3.23	3.23	3.23	3.23
Sisa	0.17	300.19	3.23	46.67



	$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$	CH_3OH	$\text{C}_{19}\text{H}_{32}\text{O}_2$	H_2O
Mula – mula	0.44	300.19		46.67
Reaksi	0.42	0.42	0.42	0.42
Sisa	0.02	299.77	0.42	47.09

D. Perhitungan Reaktor 1. Menghitung kecepatan alir volumetric

$$\begin{aligned}Fv &= \frac{\text{massa umpan}}{\rho \text{ campuran}} \\&= 21.906 \text{ m}^3/\text{jam} \\&= 21906.5 \text{ liter/jam}\end{aligned}$$

2. Menghitung konsentrasi

Cao = asam lemak

Cbo = Metanol

$$C_{ao} = \frac{n_a}{Fv}$$

$$\text{Total umpan mula-mula } C_{ao} = 1.43 \text{ mol/liter}$$

$$C_{bo} = \frac{n_b}{Fv}$$

$$\text{Total umpan mula-mula } C_{bo} = 112.89 \text{ mol/liter}$$

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

$$\text{Total umpan konsentrasi } C_a = 0.286 \text{ mol/liter}$$

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

$$\text{Total umpan konsentrasi } C_b = 111.74 \text{ mol/liter}$$

3. Menghitung waktu tinggal

$$r = \frac{X_A}{k(1 - X_{A1}) \cdot (C_{b0} - C_{a0}X_{A1})}$$

$r = 3170.4095 \text{ detik}$

4. Menentukan volume reaktor

$$F_v \cdot r = 19292.36 \text{ liter}$$
$$= 19.29 \text{ m}^3$$

5. Menghitung dimensi reaktor

Reaktor dirancang dengan factor keamanan sebesar 20%

$$\text{Volume reaktor} = 109.97 \text{ m}^3$$

Reaktor berbentuk silinder vertikal yang terdiri dari dinding (*shell*) dan tutup atas serta bawah (*head*) yang berbentuk *torispherical*. Rasio tinggi dan diameter reaktor berdasarkan buku brown (1950) adalah 0.9 – 1.3.

Dipilih rasio D : H = 1 : 1, sehingga dimensi reaktor sebagai berikut :

$$\text{Volume Head Torispherical} = 0.000049D^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor total} &= \text{Volume silinder} + 2 \text{ Volume head} \\ &= 124.1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

6. Menghitung ketinggian cairan dalam reaktor

$$h_{sell} = \frac{V \text{ cairan di shell}}{A_t}$$

$A_t = \text{luas permukaan reaktor, m}^2$

$$V \text{ cairan di shell} = V \text{ shell} - V \text{ bottom}$$

$$A \text{ total} = 25.38 \text{ m}^2$$

$$V \text{ shell} = 124.09 \text{ m}^3$$

$$V \text{ bottom} = 0.0103 \text{ m}^3$$

$$V \text{ cairan di shell} = 124.08 \text{ m}^3$$

$$h \text{ cairan} = 4.89 \text{ m}$$

7. Menghitung tebal dinding reaktor

Data yang dibutuhkan meliputi :

t_s = tebal shell (in)

P = tekanan dalam tangki (psia)

F = allowable stress (18750 psi)

r_i = Jari – jari dalam storage (in)

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

C = Faktor korosi (0.125 in)

Dari hasil perhitungan didapat tebal shell adalah 0.129 in sehingga dipilih

tebal *shell* standar adalah 0.5 in.

8. Perancangan dimensi *head*

t = tebal *head*, in

i_{cr} = *inside coner radius*, in

r = *radius of dish*

OD = *outside diameter*, in
 ID = *inside diameter*, in
 b = *depth of dish*, in
 OA = *overall dimension*, in
 Sf = *straight flange*

Menghitung tebal *head*

ts = 0.5 in
 icr = 11 in
 r = 170 in
 OD = 224.867 in
 ID = 223.867 in
 P = 24.37 psi
 W = 1.73 in
 Th = 0.364 in
 Sf = 3.5 in
 b = 47.145 in

diperoleh dari nilai tebal *head* dan *bottom* dari perhitungan sebesar 0.364 in sehingga tebal *head* standar 0.5 in dan didapatkan sf = 3.5 in.

H head = sf + b + th
 = 51.145 in

Tinggi total reaktor = 2.H *head* + H *shell*

$$= 294.67 \text{ in}$$

$$= 7.5 \text{ m}$$

9. Menghitung dimensi pengaduk

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

$$Dt = 5.7 \text{ m}$$

$$\text{Diameter propeller (Da)} = 0.29 \text{ m}$$

$$\text{Panjang propeller dari dasar (E)} = 1.9 \text{ m}$$

$$\text{Lebar propeller (L)} = 0.072 \text{ m}$$

$$\text{Lebar baffle (L)} = 0.47 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi propeller (W)} = 0.06 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan (H)} = 6.25 \text{ m}$$

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

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

10. Menghitung power pengaduk

a. Specific gravity

$$Sg = 0.88$$

$$WELH = 5.5 \text{ ft}$$

$$N = 3155.36 \text{ rpm}$$

$$= 52.59 \text{ rps}$$

b. Menghitung power pengaduk

$$N_p \text{ (power number)} = 5$$

$$\rho = 807.677 \text{ kg/m}^3$$

$$N_i = 3155.36 \text{ rpm}$$

$$D_i = 0.29 \text{ m}$$

$$G_c = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$P_a = 155.34 \text{ hp}$$

$$P = \text{efisiensi} \times P_a$$

$$P = 80 \% \times P_a$$

$$P \text{ standar} = 200 \text{ hp}$$

11. Jaket pemanas

Reaksi bersifat endotermis, menyerap panas dari lingkungan.

Neraca Total Panas

Komponen	Input ($\Delta H \text{ kJ/jam}$)	Output ($\Delta H \text{ kJ/jam}$)
In	2957725.44	
Out		1788065.78
Qterserap		1659431.48
$\Delta H \text{ reaksi}$	489771.82	
Total	3447497.26	3447497.26

Karena reaksi bersifat endotermis, maka diperlukan pemanas. Kebutuhan pemanas yang digunakan berupa steam.

$$T_1 = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$$

a. Sifat fisis air

$$C_p \text{ (kapasitas panas)} : 76.009 \text{ joule/mol.K}$$

$$\rho \text{ (densitas)} : 0.9556 \text{ g/ml}$$

$$\mu \text{ (viskositas)} : 0.279 \text{ cP}$$

b. Kebutuhan air pemanas

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

$$m = \frac{1659431 \frac{kJ}{jam}}{1542.22 \frac{kJ}{kmol} m}$$

$$= 1076 \text{ kmol/jam}$$

c. Menghitung LMTD

$$\text{Suhu fluida reaktor} = 60^{\circ}\text{C} = 140\text{ F}$$

$$\text{Suhu fluida panas masuk} = 80\text{ }^{\circ}\text{C} = 176\text{ F}$$

$$\text{Suhu fluida panas keluar} = 100\text{ }^{\circ}\text{C} = 212\text{ F}$$

$$\text{Didapatkan LMTD} = 27.22^{\circ}\text{C} = 81\text{ F}$$

Berdasarkan tabel 8 hal. 840, kern. Nilai UD untuk fluida dingin

heavy organic dan fluida panas panas steam adalah :

$$UD = 6 - 60 \text{ btu/hr.ft}^2.\text{F}$$

$$UD_{trial} = 60 \text{ btu/hr.ft}^2.\text{F}$$

d. Heat transfer area

$$A = \frac{Q}{UD \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = 323.62 \text{ ft}^2$$

e. Jaket Pemanas

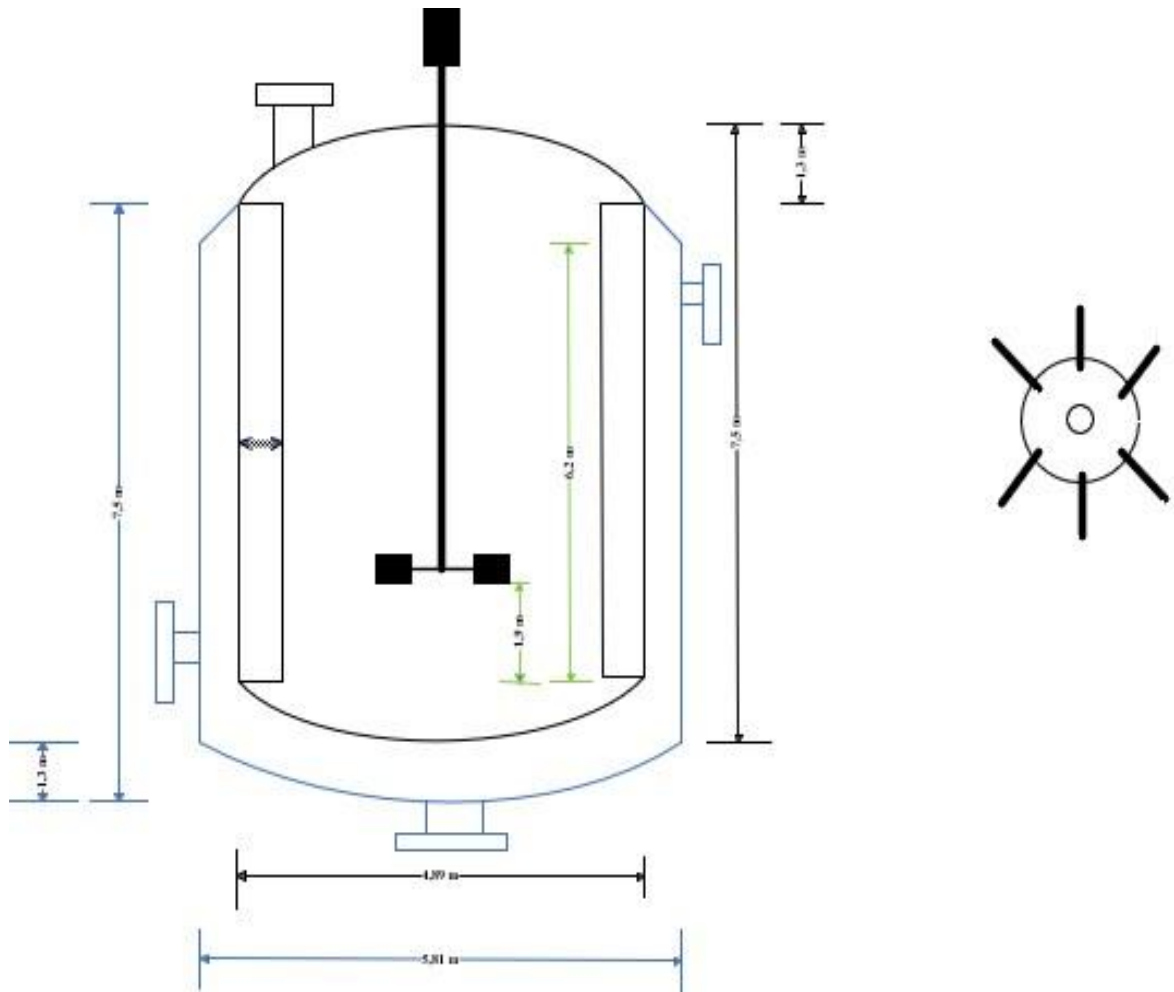
Alasan menggunakan jaket pemanas karena luas transfer panas lebih

kecil dari luas selubung reaktor sebesar 871.269 ft²

Reaktor - 01					
Jaket Pemanas	Tinggi	298.1	in	7.572	m
	Diameter	229	in	5.813	m
	Luas Selimut	323.62	ft ²		

LAMPIRAN DESAIN REAKTOR

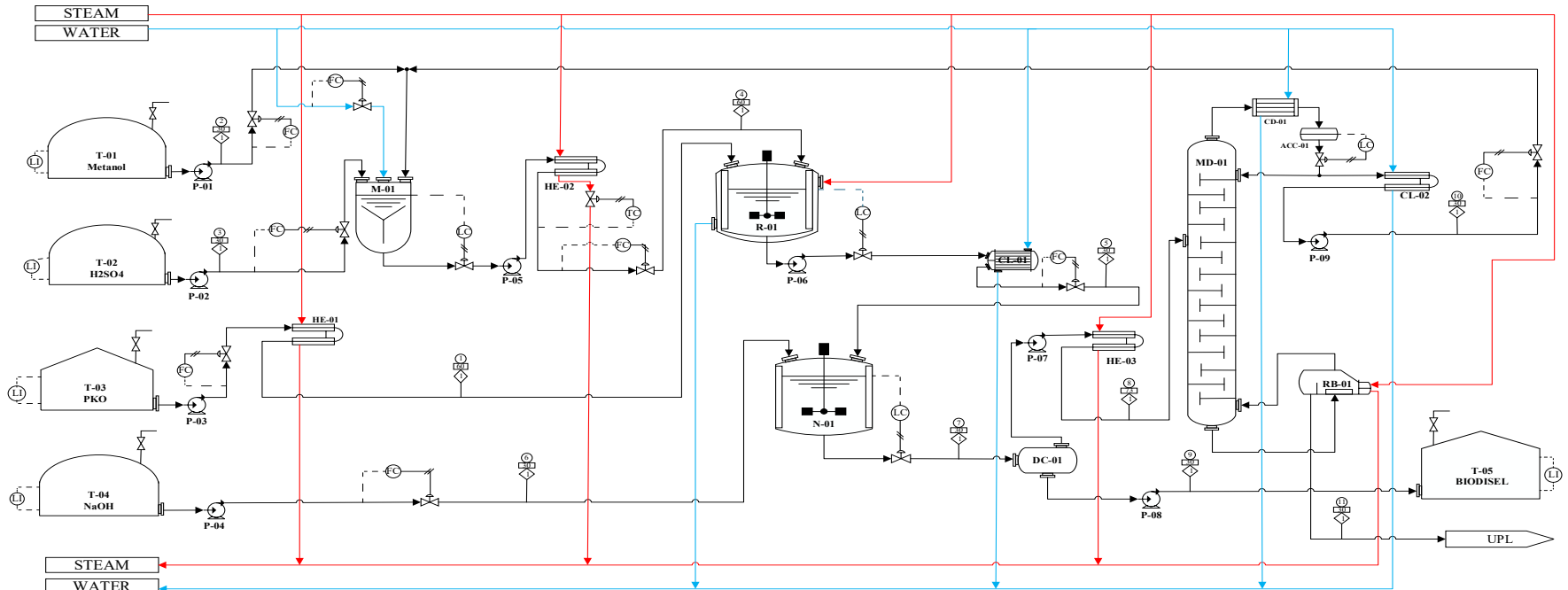
Gambar Reaktor RATB



LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI PALM KERNEL OIL (PKO) MELALUI PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN



Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$C_{17}H_{34}O_2$	3.184,932				159,247		159,247		159,247		
$C_{18}H_{36}O_2$	1.301,370				65,068		65,068		65,068		
$C_{19}H_{38}O_2$	500				25		25		25		
$C_{20}H_{40}O_2$	356,164				17,808		17,808		17,808		
$C_{21}H_{42}O_2$	198,630				9,932		9,932		9,932		
$C_{22}H_{44}O_2$	143,836				7,192		7,192		7,192		
$C_{23}H_{46}O_2$	958,904				47,945		47,945		47,945		
$C_{24}H_{48}O_2$	123,288				6,164		6,164		6,164		
H_2SO_4			68,614	68,614	68,614		9.592,668	9.592,668		9.400,814	191,853
CH_3OH		1.145,890		10.546,704	9.592,668	0,019	872,788	872,788		17,456	855,332
H_2O	82,192	216,639		234,095	847,564						
$NaOH$					56,011						
Na_2SO_4							99,42	99,42			99,42
$C_{17}H_{34}O_2$					3.237,483		3.237,483		3.237,483		
$C_{18}H_{36}O_2$					1.312,215		1.312,215		1.312,215		
$C_{19}H_{38}O_2$					500,977		500,977		500,977		
$C_{20}H_{40}O_2$					365,897		365,897		365,897		
$C_{21}H_{42}O_2$					207,044		207,044		207,044		
$C_{22}H_{44}O_2$					143,380		143,380		143,380		
$C_{23}H_{46}O_2$					956,184		956,184		956,184		
$C_{24}H_{48}O_2$					122,979		122,979		122,979		
Total	6.850	1.362,529	68,614	10.849,413	17.693,360	56,031	17.749,390	10.564,876	7.184,514	9.418,270	1.146,61

Alat	Keterangan	Simbol	Keterangan
ACC	Accumulator	FC	Flow Control
CD	Codenser	LC	Level Control
CL	Cooler	LI	Level Indicator
DC	Decanter	PC	Pressure Control
DG	Degummer	TC	Temperature Control
HE	Heater	Control Valve	
MD	Menara Distilasi	Nomor Arus	
M	Mixer	Tekanan (atm)	
N	Netralizer	Suhu (°C)	
P	Pompa	Pipa Proses	
R	Reaktor	Arus Sinyal Pneumatic	
T	Tangki Penyimpanan	Arus Sinyal Listrik	
UPL	Unit Pembuangan Limbah		

	PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
	FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
	UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
	YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM	
PABRIK BIODIESEL DARI PALM KERNEL OIL (PKO)	
MELALUI PROSES ESTERIFIKASI	
DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN	

Disusun oleh :	1. ARIFIANTO SYAHALIEF RACHMAN (21521077)
	2. NABILA YULIA ISLAKHIATI (21521062)
Dosen Pembimbing :	Dr. ARIF HIDAYAT, S.T., M.T.

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

PRA RANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

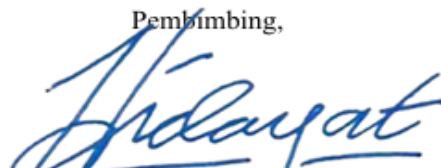
Nama Mahasiswa 1 : Arifianto Syahalief Rachman
No. Mahasiswa 1 : 21521077
Nama Mahasiswa 2 : Nabila Yulia Islakhianti
No. Mahasiswa 2 : 21521062
Judul Pra rancangan Pabrik : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Palm Kernel Oil (PKO)
melalui Reaksi Esterifikasi kapasitas 60.000 ton / tahun
Mulai Masa Bimbingan : 12 September 2024
Selesai Masa Bimbingan : 13 September 2025

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	26 September 2024	Penentuan keuntungan kotor dan kerugian pabrik	<i>He. He.</i>
2.	11 Oktober 2024	Penentuan pergantian judul TA	<i>He. He.</i>
3.	18 Oktober 2024	Fiksasi pergantian judul TA	<i>He. He.</i>
4.	21 Oktober 2024	Penentuan komposisi PKO	<i>He. He.</i>
5.	22 November 2024	Penentuan kapasitas pabrik	<i>He. He.</i>
6.	29 November 2024	Perhitungan neraca massa	<i>He. He.</i>
7.	2 Desember 2024	Fiksasi neraca massa dan konsultasi diagram alir proses	<i>He. He.</i>
8.	6 Desember 2024	Fiksasi diagram alir	<i>He. He.</i>
9.	24 Desember 2024	Penentuan diagram alir kuantitatif	<i>He. He.</i>
10.	3 Januari 2025	Perancangan reaktor	<i>He. He.</i>
11.	6 Januari 2025	Perancangan alat besar	<i>He. He.</i>
12.	10 Februari 2025	Optimasi reaktor	<i>He. He.</i>
13.	12 Maret 2025	Perancangan alat besar	<i>He. He.</i>
14.	14 April 2025	Perancangan alat besar	<i>He. He.</i>
15.	19 Mei 2025	Perancangan alat besar (Deggumer)	<i>He. He.</i>
16.	20 Mei 2025	Perancangan Menara Distilasi	<i>He. He.</i>
17.	10 Juni 2025	Konsultasi alat transportasi bahan	<i>He. He.</i>
18.	1 Juli 2025	Konsultasi UTILITAS	<i>He. He.</i>
19.	3 Juli 2025	Penentuan lokasi dan tata letak pabrik	<i>He. He.</i>

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
20.	18 Juli 2025	Evaluasi Ekonomi dan PEFD	
21.	23 Juli 2025	Fiksasi keseluruhan	

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 7 Agustus 2025

Pembimbing,


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