

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL
DARI AMPAS KEDELAI
DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

Nama : Safety Alditsa Ramadhan Nama : Ardy Firtyo Pramesty Nirmasitha

NIM : 21521076

NIM : 21521090

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

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI AMPAS KEDELAI DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Safety Alditsa Ramadhan Nama : Ardyo Firtyo Pramesty Nirmasitha

NIM : 21521076

NIM : 21521090

Yogyakarta, 4 Juni 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan 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 resiko dan kensekuensi apapun.

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



Safety Alditsa Ramadhan



Ardyo Firtyo Pramesty Nirmasitha

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI AMPAS KEDELAI DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI AMPAS KEDELAI
DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Safety Alditsa Ramadhan

NIM : 21521076

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, 30 Juni 2025

Tim Penguji,

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

Ketua

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.

Anggota I

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

Anggota II

Handwritten signatures and dates:
Arif Hidayat 16/7'25
Ariany Zulkania 18/7'25
Ajeng Yulianti Dwi Lestari 19/7'25

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Handwritten signature of Prof. Dr. Sholeh Ma'mun
Prof. Dr. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

NIK. 995200445

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya.

Laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul "**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI AMPAS KEDELAI DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**" ini disusun sebagai bentuk penerapan ilmu yang diperoleh selama masa studi serta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia pada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini tentunya tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

LEMBAR PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya. Berkat nikmat-Nya berupa kesehatan, kekuatan, serta kemudahan dalam memahami ilmu, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan umat manusia.

Tugas Akhir ini merupakan bagian dari proses panjang yang penuh dengan tantangan, pengorbanan, dan pembelajaran. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, semangat, dan bantuan selama penyusunan tugas ini.

1. Kepada Bapak saya, Budi Mulyono, dan Mama saya, Manisem, yang saya cintai sepenuh hati. Tidak ada kata yang bisa sepenuhnya mewakili rasa terima kasih dan cinta saya kepada kalian berdua. Sejak awal, saya tumbuh di bawah naungan doa-doa yang tak pernah putus, peluh yang kalian sembunyikan, dan cinta yang kalian curahkan tanpa pamrih. Saya tahu, tidak mudah menjadi orang tua dari anak yang terkadang keras kepala, sering lelah, dan tidak selalu bisa menunjukkan betapa berharganya kalian dalam hidup saya. Tapi saya percaya, setiap langkah yang saya ambil, setiap pagi yang saya lalui, selalu ada restu kalian yang menyertai dari kejauhan. Saya menulis Tugas Akhir ini dengan banyak air mata yang tak terlihat, kelelahan yang tak selalu saya ceritakan, dan semangat yang terus saya paksa bertahan, semuanya demi satu hal membuat kalian bangga. Saya hanya ingin, saat kalian membaca halaman demi halaman

laporan ini, kalian tahu bahwa saya melakukan ini bukan sekadar untuk gelar atau kewajiban, tapi sebagai ungkapan cinta dan terima kasih yang mungkin tak pernah cukup saya ucapkan selama ini. Semoga pencapaian kecil ini bisa menjadi hadiah sederhana dari anak kalian yang masih terus belajar untuk menjadi layak dibanggakan.

2. Untuk kakak perempuan saya, Nicken Lutfyanis, beserta keluarga kecilnya.

Terima kasih atas kehadiranmu yang selalu menjadi cahaya kecil dalam hidup saya, meskipun saya jarang mengungkapkannya secara langsung. Kadang saya merasa sulit mengatakan betapa saya mengagumi kekuatan dan keteguhan hatimu menjalani kehidupan, menjadi seorang istri dan ibu yang luar biasa, sekaligus tetap menjadi kakak yang saya andalkan. Melihat bagaimana kamu menjalani peran itu dengan penuh tanggung jawab dan kasih sayang membuat saya diam-diam belajar banyak dari ketegaranmu, meskipun saya jarang bilang itu dengan kata-kata. Terima kasih atas semangat yang tak pernah hilang, meskipun kita jarang bertemu dan banyak perbedaan waktu yang memisahkan. Kehadiranmu, bahkan dari jauh, memberi saya dorongan dan pengingat bahwa saya tidak sendiri dalam menghadapi perjalanan ini. Semoga kebahagiaan selalu menyertai keluargamu dan doa-doa saya selalu menyelimuti langkah kalian. Tugas akhir ini juga saya persembahkan untukmu, sebagai ungkapan rasa terima kasih yang mungkin tak selalu saya ucapkan, tetapi selalu saya rasakan dalam hati.

3. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., dosen pembimbing saya yang luar biasa.

Terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, arahan, dan kesabaran

Bapak selama saya menempuh perjalanan panjang menyelesaikan tugas akhir ini. Sejak awal hingga akhir, Bapak selalu menjadi pilar yang saya andalkan, tidak hanya memberikan ilmu dan pengetahuan, tetapi juga motivasi yang membuat saya tidak mudah menyerah saat menghadapi kesulitan. Setiap masukan dan kritik yang Bapak berikan selalu saya jadikan bahan untuk memperbaiki diri dan karya saya. Tanpa dukungan Bapak, saya yakin perjalanan ini akan terasa jauh lebih berat dan sulit untuk saya lalui. Saya bersyukur bisa dibimbing oleh Bapak yang penuh dedikasi dan perhatian, yang selalu hadir dengan ketulusan untuk membantu saya mencapai tujuan ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan kepada Bapak dan keluarga, sebagai balasan atas segala kebaikan yang telah Bapak berikan

4. Untuk Ardyo Firtyo Pramesty Nirmasitha, partner saya dalam perjalanan panjang perkuliahan dan tugas akhir ini. Sejak semester pertama kita mulai kuliah bersama, kamu selalu hadir bukan hanya sebagai teman satu kelas, tapi sebagai sosok yang membuat segala sesuatunya terasa lebih ringan dan penuh arti. Bersama kamu, setiap tantangan terasa lebih mudah dihadapi, setiap tugas dan proyek yang terasa berat berubah menjadi pengalaman berharga yang kami jalani bersama. Kamu bukan hanya rekan kerja, tapi juga sahabat yang bisa saya andalkan di saat suka maupun duka, yang sabar mendengar keluh kesah saya dan selalu memberikan semangat tanpa pamrih. Saya merasa sangat beruntung bisa berbagi perjalanan akademik ini dengan kamu, yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan kepercayaan yang membuat saya terus maju. Tugas

akhir ini adalah buah dari kerja keras kita bersama, dan saya ingin kamu tahu bahwa kehadiranmu sangat berarti dan membuat proses ini jauh lebih bermakna. Semoga persahabatan dan kerja sama kita terus terjaga dan menjadi kenangan indah yang tak terlupakan.

5. Untuk sahabat terbaik saya, Gigih Ubaidillah Ihsan. Terima kasih karena selalu menjadi teman yang bisa saya ajak berbicara apa saja, tanpa perlu ragu atau takut dinilai. Kamu selalu mau diajak kemana pun, menemani saya melewati hari-hari yang kadang berat dengan kehadiranmu yang sederhana tapi sangat berarti. Meski kita baru benar-benar dekat setelah lulus SMA, kehadiranmu sudah seperti keluarga sendiri, terutama setiap kali saya pulang ke Cilacap, kamu selalu siap menemani tanpa banyak tanya, hanya dengan niat tulus untuk ada di sisi saya. Dalam setiap percakapan, canda, dan bahkan keheningan, saya merasa ada kekuatan yang membuat saya lebih kuat untuk melangkah maju. Persahabatan kita adalah salah satu hadiah terbaik dalam perjalanan hidup saya yang tak bisa saya gantikan dengan apapun. Terima kasih sudah setia menemani, mendengarkan, dan memberi semangat di saat saya hampir menyerah. Tugas akhir ini juga saya persembahkan untukmu, sebagai bentuk rasa syukur atas persahabatan yang tulus dan tak ternilai harganya.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia angkatan 2021, “Scadnailas”. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang selalu kalian berikan sepanjang perjalanan kuliah ini. Kalian bukan hanya teman belajar, tapi juga keluarga kedua yang membuat setiap tantangan terasa lebih ringan dan penuh warna. Setiap tawa, perjuangan, dan kerja keras bersama telah menjadi kenangan

yang sangat berarti bagi saya. Semoga persahabatan kita terus terjaga dan kita semua sukses meraih impian masing-masing.

7. Untuk diriku sendiri, Safety Alditsa Ramadhan. Terima kasih sudah bertahan melewati semua tantangan, lelah, dan saat-saat sulit selama perjalanan ini. Kamu sudah berjuang dengan sepenuh hati, tidak menyerah meski banyak hambatan yang menghadang. Perjuangan ini adalah bukti kekuatan dan keteguhanmu, dan hasil tugas akhir ini adalah pencapaian yang pantas kamu banggakan. Semoga kamu terus melangkah maju dengan keyakinan dan semangat yang sama untuk meraih impian di masa depan.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi langkah awal untuk kontribusi nyata di masa depan.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Safety Alditsa Ramadhan

Teknik Kimia UII 2021

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan kenikmatan, kesehatan, dan kekuatan sehingga saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan penuh kerendahan hati dan kesabaran yang luar biasa. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk orang-orang terdekat yang telah menjadi bagian tak terpisahkan dari perjalanan saya dalam mencapai pencapaian ini :

1. Teristimewa kedua orang tua saya, tugas akhir dan gelar ini saya persembahkan untuk Mamah, Sulistyowati, dan Bapak, Mokhamad Firman, yang saya cintai dan hormati sepenuh jiwa. Terima kasih atas doa yang tak henti, kasih sayang yang tulus, dan pengorbanan yang tak ternilai. Mamah, terima kasih atas kesabaranmu, pelukan hangat, dan nasihat yang menenangkan. Bapak, terima kasih atas kerja keras dan ketegasan yang mengajarkan arti perjuangan. Kalian adalah sumber kekuatan dan alasan saya bisa sampai di titik ini. Setiap proses sulit dalam penulisan ini saya jalani demi membanggakan kalian. Semoga pencapaian kecil ini menjadi bentuk cinta dan penghargaan atas semua jerih payah kalian. Doa dan restu kalian adalah kekuatan terbesar dalam hidup saya.
2. Untuk alm. Nenek tercinta, Yohana Dewi Miyati. Tugas akhir dan gelar ini juga saya persembahkan untuk Nenek, sosok penuh kasih yang selalu menjadi cahaya dalam hidup saya. Meski ragamu telah tiada, cinta dan semangatmu masih begitu hidup dalam hati dan ingatan saya. Saya masih mengingat betapa Nenek selalu dengan sabar menanti kabar kelulusan saya dan selalu menutup percakapan dengan doa. Kini rindu itu begitu nyata, karena di momen ini, Nenek tak lagi

bisa saya peluk. Namun saya percaya, dari tempat terbaik di sisi Tuhan, Nenek melihat perjuangan ini dan tersenyum bangga. Semoga tugas akhir ini menjadi persembahan kecil yang membawa bahagia di surga sana, sebagai bukti bahwa harapan Nenek tak pernah saya lupakan.

3. Adik-adikku tersayang Ardo, Aldy, dan Alza. Kalian adalah penyemangat kakak dalam setiap langkah perjuangan ini. Terima kasih atas canda, doa, dan kebersamaan yang sering kali menjadi pelipur lelah di tengah perjalanan studi. Semoga kalian juga terus semangat mengejar cita-cita dan menjadi pribadi yang membanggakan. Tugas akhir ini aku persembahkan sebagai tanda sayang dan harapanku untuk masa depan kita semua.
4. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih tak terhingga saya ucapkan atas bimbingan, arahan, dan dukungan Bapak sebagai pilar utama dalam perjalanan saya menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT. senantiasa memberkahi Bapak dan keluarga dengan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan.
5. Sahabatku, Shella Terima kasih telah menjadi teman yang selalu ada sejak masa putih abu-abu hingga sekarang. Kamu bukan hanya sahabat, tapi juga tempat bercerita, berkeluh kesah, dan menemukan semangat baru di saat semuanya terasa berat. Tugas akhir ini kupersembahkan juga untukmu, sebagai tanda terima kasih atas persahabatan yang tulus dan tak ternilai.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia angkatan 2021 “Scadnailas”. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang selalu kita bagi sepanjang perjalanan kuliah ini. Kalian telah menjadi keluarga kedua yang

membuat setiap tantangan terasa lebih ringan dan setiap momen penuh makna.

Semoga persahabatan ini terus terjaga dan kita semua sukses meraih impian.

7. Seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Safety Alditsa Ramadhan.

Terima kasih telah menjadi partner akademik yang luar biasa dalam menjalani Kerja Praktik, Penelitian, dan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup saya, menjadi pendengar setia, tempat saya berkeluh kesah, sekaligus pemberi semangat di saat saya hampir menyerah. Suka dan duka selama masa perkuliahan telah kita lewati bersama. Semoga kesuksesan juga selalu menyertaimu setelah ini.

8. Dan terakhir, Terima kasih untuk diri saya sendiri, Ardyo Firtyo Pramesty

Nirmasitha. Terima kasih telah bertahan sejauh ini, melewati berbagai rintangan, kegagalan, air mata, dan kelelahan yang tak selalu terlihat. Terima kasih sudah tidak menyerah, bahkan ketika rasanya ingin berhenti. Tugas akhir ini adalah bukti bahwa aku mampu, dan bahwa segala perjuangan dan pengorbanan selama ini tidak sia-sia. Semoga langkah ke depan bisa dijalani dengan lebih kuat, tenang, dan penuh keyakinan.

Ardyo Firtyo Pramesty Nirmasitha

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xxi
ABSTRAK	xxiii
<i>ABSTRACT</i>	xxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 Data Ekspor.....	4
1.2.2 Data Produksi	6
1.2.3 Data Konsumsi	7
1.2.4 Kapasitas Komersial.....	8
1.2.5 Jumlah Ketersediaan Bahan Baku.....	9
1.3 Tinjauan Pustaka	10
1.3.1 Biodiesel.....	10
1.3.2 Ampas Kedelai	13
1.3.3 Minyak Kedelai.....	14
1.3.4 Pemilihan Proses Produksi.....	16
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	26
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	26
1.4.2 Tinjauan Kinetika	33
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	35
2.1 Spesifikasi Produk.....	35
2.1.1 Biodiesel.....	35
2.1.2 Gliserol.....	35

2.2	Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	36
2.2.1	Ampas Kedelai	36
2.2.2	Methanol	36
2.2.3	Natrium Hidroksida.....	37
2.2.4	Asam Klorida	37
2.2.5	Air	38
2.3	Pengendalian Kualitas	38
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	38
2.3.2	Pengendalian Kualitas Produk	40
2.3.3	Pengendalian Proses.....	41
BAB III PERANCANGAN PROSES		42
3.1	Diagram Alir Proses dan Material.....	42
3.1.1	Diagram Alir Kualitatif	42
3.1.2	Diagram Alir Kuantitatif	43
3.2	Uraian Proses	44
3.2.1	Penyiapan Bahan Baku	44
3.2.2	Proses Pembentukan Produk	45
3.2.3	Proses Pemurnian Produk	46
3.3	Spesifikasi Alat	48
3.3.1	Spesifikasi Alat Proses	48
3.3.2	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan dan Produk	61
3.3.3	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan.....	64
3.3.4	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan.....	74
3.4	Neraca Massa	82
3.5	Neraca Panas	91
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....		100
4.1	Lokasi Pabrik	100
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	101
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	105
4.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	106
4.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	111

4.4	Organisasi Perusahaan	114
4.4.1	Bentuk Perusahaan	114
4.4.2	Struktur Organisasi.....	115
4.4.3	Tugas dan Wewenang.....	117
4.4.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan	125
4.4.5	Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji	128
4.4.6	Fasilitas dan Hak Karyawan	132
BAB V UTILITAS.....		134
5.1	Unit Penyedia Dan Pengolahan Air (<i>water treatment system</i>).....	136
5.1.1	Unit Penyedia Air.....	136
5.1.2	Unit Pengolahan Air.....	144
5.2	Unit Pembangkit Steam	147
5.3	Unit Pembangkit Listrik.....	148
5.4	Unit Penyedia Udara Tekan.....	152
5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar	153
5.6	Unit Pengolahan Limbah.....	153
5.6.1	Pengolahan Limbah Cair.....	153
5.6.2	Pengolahan Limbah Padat.....	154
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas.....	154
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....		166
6.1	Penaksiran Harga Alat.....	167
6.2	Dasar Perhitungan	173
6.3	Komponen Biaya.....	173
6.3.1	Modal (<i>Capital Investment</i>)	173
6.3.2	Biaya Produksi (<i>Manufacturing Cost</i>)	175
6.3.3	Pengeluaran Umum (<i>General Expenses</i>)	177
6.3.4	Analisa Keuntungan	178
6.3.5	Analisa Kelayakan	178
6.3.6	Analisa Resiko pabrik	183
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN		186
7.1	Kesimpulan	186

7.2	Saran.....	187
DAFTAR PUSTAKA.....		189
LAMPIRAN.....		193

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Ekspor	4
Tabel 1.2 Data %Pertumbuhan.....	5
Tabel 1.3 Data Produksi	6
Tabel 1.4 Data Konsumsi	7
Tabel 1.5 Daftar Kapasitas Perusahaan Biodiesel di Indonesia	8
Tabel 1.6 Standar Biodiesel di Indonesia	12
Tabel 1.7 Parameter Perbandingan Pemilihan Proses	26
Tabel 1.8 Harga Gugus	27
Tabel 1.9 Nilai Entalpi Pembentukan Komponen Pada Suhu 298,15 K.....	28
Tabel 1.10 Nilai Energi Gibbs Komponen Pada Suhu 298,15 K	30
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan	61
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Heater</i> 1	74
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Heater</i> 2	75
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Heater</i> 3	77
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Reboiler</i>	78
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Cooler</i> 1	79
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Cooler</i> 2	80
Tabel 3.8 Spesifikasi <i>Condenser</i>	81
Tabel 3.9 Neraca Massa <i>Mixer</i>	82
Tabel 3.10 Neraca Massa <i>Screw Press</i>	83
Tabel 3.11 Neraca Massa <i>Decanter</i> 1.....	83
Tabel 3.12 Neraca Massa Reaktor 1	84
Tabel 3.13 Neraca Massa Reaktor 2.....	85
Tabel 3.14 Neraca Massa Reaktor 3	86
Tabel 3.15 Neraca Massa Netralizer	87
Tabel 3.16 Neraca Massa <i>Washing Tower</i>	88
Tabel 3.17 Neraca Massa <i>Decanter</i> 2	89
Tabel 3.18 Neraca Massa Menara Distilasi.....	90
Tabel 3.19 Neraca Massa Total	90
Tabel 3.20 Neraca Panas <i>Mixer</i>	91
Tabel 3.21 Neraca Panas <i>Screw Press</i>	91
Tabel 3.22 Neraca Panas <i>Decanter</i> 1	92
Tabel 3.23 Neraca Panas Reaktor 1	93
Tabel 3.24 Neraca Panas Reaktor 2.....	94
Tabel 3.25 Neraca Panas Reaktor 3	95
Tabel 3.26 Neraca Panas Netralizer	96
Tabel 3.27 Neraca Panas <i>Washing Tower</i>	97
Tabel 3.28 Neraca Panas <i>Decanter</i> 2	98

Tabel 3.29 Neraca Panas Menara Distilasi.....	99
Tabel 4. 1 Perincian Luas Bangunan dan Tanah	108
Tabel 4.2 Jadwal Jam Kerja Karyawan <i>Non-Shift</i>	127
Tabel 4.3 Jadwal Jam Kerja Karyawan <i>Shift</i>	127
Tabel 4.4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok	128
Tabel 4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem gaji	129
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin	141
Tabel 5.2 Kebutuhan Steam	143
Tabel 5.3 Kebutuhan Peralatan Proses	149
Tabel 5.4 Kebutuhan Peralatan Utilitas.....	150
Tabel 5.5 Total Kebutuhan Listrik.....	151
Tabel 5.6 Spesifikasi saringan utilitas	154
Tabel 5.7 Spesifikasi <i>Clarifier</i>	155
Tabel 5.8 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i>	155
Tabel 5.9 Spesifikasi <i>Blower Cooling Tower</i>	155
Tabel 5.10 Spesifikasi Daereator.....	156
Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas	156
Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas	160
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat.....	167
Tabel 6.2 Harga Alat Proses	169
Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas.....	171
Tabel 6.4 <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	174
Tabel 6.5 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	174
Tabel 6.6 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	174
Tabel 6.7 <i>Working Capital Investment (WCI)</i>	175
Tabel 6.8 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	175
Tabel 6.9 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	176
Tabel 6.10 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	177
Tabel 6.11 <i>Manufacturing Cost</i>	177
Tabel 6.12 <i>General Expenses</i>	177
Tabel 6.13 <i>Total Production Cost</i>	178
Tabel 6.14 <i>Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)</i>	181
Tabel 6.15 <i>Annual Regulated Expenses (Ra)</i>	181
Tabel 6.16 <i>Annual Variable Value (Va)</i>	181
Tabel 6.17 <i>Annual Sales Value (Sa)</i>	181
Tabel 6.18 Parameter Penentuan analisa resiko	184

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Data Ekspor Biodiesel di Indonesia.....	4
Gambar 1.2 Grafik Data Produksi Biodiesel di Indonesia.....	6
Gambar 1.3 Grafik Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia.....	7
Gambar 1.4 Reaksi Transesterifikasi	17
Gambar 1.5 Reaksi Esterifikasi.....	19
Gambar 1.6 Grafik Perbandingan Konversi Dengan Waktu	34
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif	42
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif	43
Gambar 4.1 Lokasi Pabrik Biodiesel	101
Gambar 4.2 Layout Pabrik Biodiesel	110
Gambar 4.3 Layout Alat Proses	113
Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Biodiesel.....	117
Gambar 5.1 Diagram Pengolahan Air	135
Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga	168
Gambar 6.2 Grafik Analisis Kelayakan	184

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERANCANGAN REAKTOR.....	193
LAMPIRAN B <i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM</i> (PEFD)....	216
LAMPIRAN C KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK	218

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Temperatur, °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
F _v	: Laju Volumetrik, m ³
R	: Jari-jari, in
P	: <i>Power</i> 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	: Lebar pengaduk, m
UD	: Koefisien perpindahan panas <i>overall</i> HE, Btu/jam ft ² °F
UC	: Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft ² °F
P	: Panjang, m
l	: Lebar, m
x	: Konversi, %
E	: Efisiensi sambungan
K	: Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
k	: Konstanta kinetika reaksi
R	: Tetapan konstanta gas
Fv	: Laju alir, m ³ /jam
Sg	: <i>Specific gravity</i>
LMTD	: <i>Long mean temperature different</i> , °F

ABSTRAK

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil menimbulkan tantangan seperti penipisan sumber daya tak terbarukan dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Biodiesel sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan menjadi solusi yang terus dikembangkan. Tugas akhir ini membahas prarancangan pabrik biodiesel kapasitas 80.000 ton/tahun menggunakan bahan baku ampas kedelai melalui proses transesterifikasi dengan katalis NaOH. Proses utama berlangsung dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan konversi reaksi 97,87%. Pabrik beroperasi selama 365 hari/tahun dan berlokasi di kawasan industri JIPE, Gresik, Jawa Timur, dengan luas lahan 22.138 m².

Kebutuhan bahan baku meliputi ampas kedelai 46.045,03 kg/jam, metanol 1.000,51 kg/jam, dan NaOH 237,85 kg/jam. Kebutuhan utilitas mencakup listrik 971,28 kWh, *steam* 2.312,80 kg/jam, air pendingin 220.229,72 kg/jam, air proses 7.085,34 kg/jam, LNG 0,208 m³/jam, dan udara tekan 153,27 m³/jam. Hasil analisis menunjukkan tingkat risiko pabrik tergolong rendah.

Secara ekonomi, proyek ini layak direalisasikan dengan keuntungan bersih tahunan setelah pajak sebesar Rp545.011.353.121, ROI setelah pajak 46,71%, POT 1,5 tahun, BEP 41,70%, dan SDP 31,72%. Pendirian pabrik ini mendukung ketahanan energi nasional dan transisi menuju energi bersih.

Kata kunci : Ampas kedelai; biodiesel; evaluasi ekonomi; reaktor alir tangki berpengaduk; transesterifikasi

ABSTRACT

The dependence on fossil fuels poses challenges such as the depletion of non-renewable resources and the increase in greenhouse gas emissions. Biodiesel, as an environmentally friendly alternative fuel, continues to be developed as a solution. This undergraduate thesis presents the preliminary design of a biodiesel plant with a production capacity of 80,000 tons/year, utilizing soybean pulp as the main feedstock through a transesterification process using NaOH as a catalyst. The main process takes place in a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) with a reaction conversion of 97.87%. The plant is designed to operate 365 days per year and will be located in the JIPE industrial area, Gresik, East Java, with a land area of 22,138 m².

The required feedstocks include 46,045.03 kg/h of soybean pulp, 1,000.51 kg/h of methanol, and 237.85 kg/h of NaOH. Utility requirements comprise 971.28 kWh of electricity, 2,312.80 kg/h of steam, 220,229.72 kg/h of cooling water, 7,085.34 kg/h of process water, 0.208 m³/h of LNG, and 153.27 m³/h of compressed air. Risk analysis results indicate that the plant has a low hazard level.

Economically, the project is feasible with an annual net profit after tax of Rp545,011,353,121, a post-tax ROI of 46.71%, a Pay Out Time of 1.5 years, a Break Even Point (BEP) of 41.70%, and a Shut Down Point (SDP) of 31.72%. The establishment of this plant supports national energy resilience and the transition toward clean and sustainable energy.

Keywords : Soybean pulp; biodiesel; economic evaluation; continuous stirred tank reactor; transesterification

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era global yang ditandai oleh pertumbuhan populasi dan industrialisasi yang pesat, kebutuhan akan energi menjadi semakin mendesak. Ketergantungan dunia terhadap bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama telah menimbulkan berbagai persoalan, mulai dari penipisan sumber daya alam yang tidak terbarukan hingga dampak lingkungan yang serius. Salah satu dampak utamanya adalah emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada perubahan iklim global. Oleh karena itu, pengembangan dan pemanfaatan sumber energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan menjadi sangat penting. Salah satu solusi potensial yang terus dikembangkan adalah biodiesel, bahan bakar nabati yang berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan melalui proses esterifikasi atau transesterifikasi (Jazuli & Wibowo, 2020).

Biodiesel memiliki sejumlah keunggulan, antara lain sifatnya yang terbarukan, mudah terurai secara hayati (*biodegradable*), serta mampu mengurangi emisi karbon dioksida secara signifikan. Seiring meningkatnya kesadaran akan pentingnya energi bersih, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi beragam sumber minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel. Minyak kelapa sawit, minyak kedelai, minyak jarak, hingga minyak dari mikroalga telah menjadi fokus utama dalam pengembangan energi ini (Jazuli & Wibowo, 2020). Namun, dalam konteks keberlanjutan dan efisiensi,

pemanfaatan limbah organik dari industri pangan sebagai bahan baku biodiesel menjadi strategi yang sangat menjanjikan.

Indonesia, sebagai negara agraris, menghasilkan kedelai dalam jumlah besar yang digunakan sebagai bahan baku industri pengolahan pangan seperti tahu, tempe, dan susu kedelai. Proses pengolahan tersebut menghasilkan limbah padat berupa ampas kedelai yang selama ini lebih banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau dibuang tanpa pengelolaan yang optimal. Padahal, ampas kedelai masih mengandung senyawa organik bernilai, termasuk sisa minyak nabati, yang berpotensi untuk diekstraksi dan diolah lebih lanjut sebagai bahan baku biodiesel. Potensi ini menunjukkan bahwa ampas kedelai, sebagai produk sampingan industri, dapat menjadi sumber daya lokal yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Konsumsi kedelai di Indonesia pada tahun 2009 tercatat sebesar 2,3 juta ton per tahun, dengan 50% digunakan untuk tempe, 40% untuk tahu, dan sisanya 10% dalam bentuk produk lain seperti minyak kedelai (Ekasari, 2009). Untuk memenuhi kebutuhan ini, Indonesia bahkan mengimpor sekitar sejuta ton kedelai pada tahun 2010. Data Biro Pusat Statistik menunjukkan bahwa limbah ampas tahu meningkat dari 13.057 ton pada tahun 1990 (Jeniel & Rahayu, 1994) menjadi 731.501 ton pada tahun 1999 (Tarmidi, 2003), mengalami lonjakan hampir 700.000 ton dalam waktu sembilan tahun. Ampas tahu tersebut mengandung lemak yang dapat diekstraksi menjadi minyak kedelai dan selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel ramah lingkungan.

Pemanfaatan minyak dari ampas kedelai sebagai bahan baku biodiesel merupakan pendekatan strategis yang menjanjikan dari aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Secara ekonomi, penggunaan limbah ini tidak hanya menekan biaya produksi dan meningkatkan nilai tambah produk samping, tetapi juga membuka peluang usaha dan lapangan kerja di daerah sentra kedelai. Dari sisi lingkungan, strategi ini mampu mengurangi pencemaran melalui pengelolaan limbah yang lebih baik serta menyediakan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan. Selain itu, secara sosial, inisiatif ini berpotensi memberdayakan masyarakat lokal dan meningkatkan kesadaran akan energi alternatif. Melihat potensi bahan baku yang melimpah dan kebutuhan energi yang terus meningkat, pembangunan pabrik biodiesel berbasis ampas kedelai menjadi langkah yang relevan untuk dikaji lebih lanjut. Pra-rancangan pabrik ini diharapkan mampu menunjukkan kelayakan teknis dan ekonominya, serta kontribusinya dalam mendukung pembangunan berkelanjutan dan ketahanan energi nasional.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik biodiesel merupakan langkah krusial dalam mendirikan pabrik biodiesel. Dalam menentukan kapasitas pabrik dilakukan melalui pertimbangan jumlah ekspor dan impor biodiesel, produksi biodiesel dalam negeri, serta nilai konsumsi dalam negeri. Berikut adalah hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas pabrik:

1.2.1 Data Ekspor

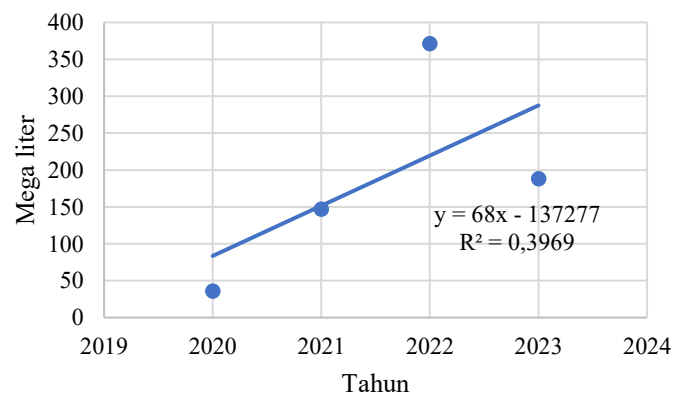
Menurut dari Aprobi (Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia) berikut adalah data ekspor biodiesel dari tahun 2020 – 2023:

Tabel 1.1 Data Ekspor

Tahun	Produksi (Liter)
2020	36.000.000
2021	147.000.000
2022	371.000.000
2023	188.000.000

(Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI))

Dari data produksi tersebut dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Grafik Data Ekspor Biodiesel di Indonesia

Berdasarkan grafik ekspor biodiesel tersebut selanjutnya dapat diketahui nilai % pertumbuhan jumlah ekspor biodiesel di Indonesia yang dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$\%P_t = \left(\frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right) \times 100 \quad (1.1)$$

Keterangan :

$\%P_t$ = Persen pertumbuhan dari tahun sebelumnya ke tahun t

P_t = nilai pada tahun ke-t

P_{t-1} = nilai pada tahun sebelumnya (t-1)

Dari persamaan diatas dapat diketahui % pertumbuhan yang dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut :

Tabel 1.2 Data %Pertumbuhan

Tahun	%P
2020	-
2021	3,083333
2022	1,523809524
2023	-0,4932614555
Total	4,113881
Rata-rata	1,371294

Berdasarkan rumus dan data %P dapat diketahui jumlah ekspor biodiesel pada tahun 2029 sebagai berikut :

$$P_t = P_o (1 + r)^n \quad (1.2)$$

Keterangan :

P_t = Tahun yang diproyeksikan

P_o = Tahun terakhir dari data

R = Pertumbuhan rata-rata setiap tahun

n = Selisih tahun

$$\text{Ekspor 2029} = 188.000.000 \times (1 + 1,371294)^{(2029-2023)}$$

Hasil dari persamaan tersebut adalah 33.424.894.458. sehingga jumlah ekspor biodiesel di Indonesia pada tahun 2029 diproyeksikan sebesar 33.424.894.458 liter/tahun.

1.2.2 Data Produksi

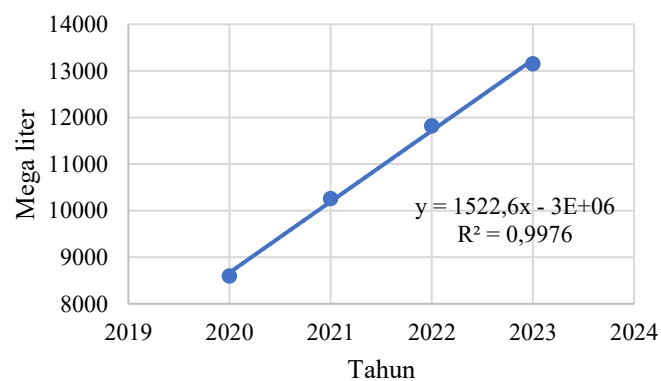
Produksi biodiesel tahun 2020 – 2023 cenderung meningkat. Data produksi biodiesel di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.3

Tabel 1.3 Data Produksi

Tahun	Produksi (Liter)
2020	8.594.000.000
2021	10.258.000.000
2022	11.816.000.000
2023	13.150.000.000

(Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI))

Dari data produksi tersebut dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2



Gambar 1.2 Grafik Data Produksi Biodiesel di Indonesia

1.2.3 Data Konsumsi

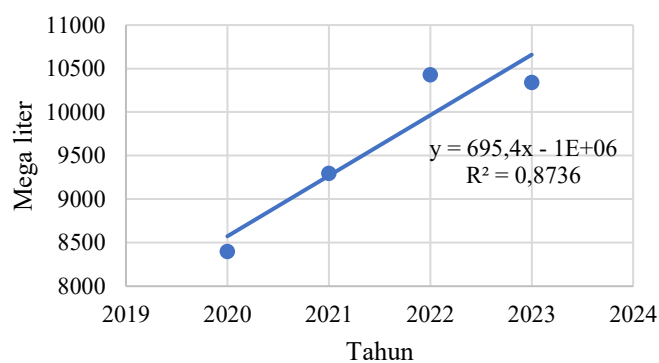
Konsumsi biodiesel tahun 2020-2022 cenderung meningkat akan tetapi pada tahun 2023 mengalami penurunan. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 1.4

Tabel 1.4 Data Konsumsi

Tahun	Produksi (Liter)
2020	8.400.000.000
2021	9.296.000.000
2022	10.430.000.000
2023	10.340.000.000

(Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI))

Dari data konsumsi tersebut dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.3



Gambar 1.3 Grafik Data Konsumsi Biodiesel di Indonesia

$$\text{Kebutuhan} = \text{demand} - \text{supply} \quad (1.3)$$

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

Berdasarkan perhitungan tersebut diperkirakan kebutuhan biodiesel di Indonesia pada tahun 2029 sebesar 3.781.105.541

liter/tahun. Jika dikonversikan menggunakan densitas 0,87 kg/L, maka kebutuhan biodiesel pada tahun 2029 setara dengan sekitar 3.289.561 ton.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam penentuan kapasitas pabrik ini yaitu bahan baku utama yang terbatas dan jumlahnya tidak selalu ada dengan yang dibutuhkan. Sehingga pabrik biodiesel yang kami dirikan akan mengambil 2,432% dari kapasitas yang seharusnya menjadi 80.000 ton/tahun.

1.2.4 Kapasitas Komersial

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

Tabel 1.5 Daftar Kapasitas Perusahaan Biodiesel di Indonesia

No.	Badan Usaha BBN	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT Alpha Global Cynergy	12.000
2.	PT Bali Hijau Biodiesel	360
3.	PT Batara Elok Semesta Terpadu	232.282,9
4.	PT Bayas Biofuels	296.803
5.	PT Cemerlang Energi Perkasa	410.773,7
6.	PT Ciliandra Perkasa	220.889,7
7.	PT Dabi Bioflues	147.877,9
8.	PT Darmex Bioflues	99.039,45
9.	PT Energi Unggul Persada	271.110,05
10.	PT Intibenua Perkasatama	244.752,4
11.	PT Kutai Refinery Nusantara	339.132,15
12.	PT Multi Nabati Sulawesi	334.046,6

13.	PT Musim Mas	750.150,5
14.	PT Pelita Agung Agrindustri	185.825,3
15.	PT Sinarmas Bio Energy	309.995
16.	PT Sintong Abadi	35.000
17.	PT Sukajadi Sawit Mekar	222.501,95
18.	PT Tunas Baru Lampung Tbk	290.964,35
19.	PT Wilmar Bioenergi Indonesia	1.125.592,1
19.	PT Wilmar Nabati Indonesia	1.169.163,1

(Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (APROBI))

1.2.5 Jumlah Ketersediaan Bahan Baku

Dalam pembuatan pabrik biodiesel, bahan baku minyak kedelai (soybean oil) yang digunakan dapat diperoleh dari PT. Amerta Indah Otsuka, Pasuruan, Jawa Timur, di mana pabrik tersebut menghasilkan ampas kedelai yang dijual dengan harga Rp 1.800,- per kilogram. Bahan baku methanol (CH_3OH) dapat diperoleh dari CV. Berlian Jaya Surabaya dengan harga jual Rp 10.151,- per kilogram (*METHANOL DAN ETHANOL SURABAYA HARGA DISTRIBUTOR*, 2025). Sementara itu, bahan baku katalis berupa natrium hidroksida (NaOH) dan bahan penetral asam klorida (HCl) dapat diperoleh dari PT. Bumi Mulia Chemindo, Sidoarjo, Jawa Timur. Harga jual produk NaOH adalah Rp 9.300,- per liter, sedangkan HCl dijual dengan harga Rp 5.200,- per liter (*Bahan Kimia Industri Umum*, 2025).

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar ester mono-alkil dari asam-asam lemak rantai panjang yang berasal dari sumber terbarukan seperti minyak nabati, lemak hewani, atau minyak jelantah. Secara kimiawi, biodiesel tersusun dari campuran metil ester asam lemak (FAME) atau etil ester asam lemak (FAEE), tergantung alkohol yang digunakan dalam proses pembuatannya (Adiningrum, 2024). Biodiesel merupakan alternatif bahan bakar diesel yang biodegradabel, tidak beracun, dan memiliki potensi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dibandingkan dengan bahan bakar diesel berbasis minyak bumi.

Beragam jenis bahan baku berpotensi untuk produksi biodiesel, seluruhnya mengandung trigliserida sebagai komponen utama. Minyak nabati murni, seperti minyak kelapa sawit, kedelai, dan jagung, menawarkan kualitas tinggi namun penggunaannya dalam skala besar dapat menimbulkan kekhawatiran terkait persaingan dengan kebutuhan pangan dan pemanfaatan lahan. Sebagai alternatif yang menarik, minyak jelantah yang merupakan limbah minyak goreng bekas, hadir sebagai opsi biaya rendah sekaligus berkontribusi pada penyelesaian masalah lingkungan akibat limbah (Pratama dkk., 2018). Lemak hewani, termasuk lemak sapi dan ayam, juga dapat dimanfaatkan, meskipun ketersediaannya cenderung lebih terbatas dibandingkan minyak nabati. Alga muncul sebagai bahan baku generasi masa depan biodiesel, berkat

potensi produktivitas minyak yang tinggi dan karakteristiknya yang tidak bersaing dengan lahan pertanian pangan. Selain itu, tanaman penghasil minyak non-pangan, seperti jarak pagar dan nyamplung, menjanjikan sumber bahan baku yang berkelanjutan tanpa mengganggu rantai pasok pangan. Pemilihan bahan baku biodiesel akan sangat memengaruhi keberlanjutan ekonomi dan lingkungan dari produksi bahan bakar ini (Khairiah dkk., 2024).

Biodiesel memiliki serangkaian keistimewaan mendasar sebagai opsi bahan bakar yang lestari. Berpangkal pada sumber daya alam terbarukan seperti minyak tumbuhan dan materi organik terbangun, pemakaian biodiesel secara efektif mereduksi tingkat ketergantungan pada bahan bakar fosil yang ketersediaannya terbatas. Karakteristik biodegradasinya berperan krusial dalam menekan dampak buruk terhadap lingkungan tatkala insiden tumpahan terjadi. Lebih lanjut, penurunan keluaran gas rumah kaca serta sejumlah polutan udara memberikan andil signifikan terhadap perbaikan mutu udara dan mitigasi perubahan iklim. Kepraktisan aplikasi biodiesel pada mesin diesel lazim mempercepat proses adopsi tanpa memerlukan pengeluaran modal yang besar. Industri biodiesel pun berpotensi dalam memajukan perekonomian daerah serta memperteguh kemandirian energi bangsa melalui penganekaragaman sumber energi (Khairiah dkk., 2024).

Standar mutu biodiesel telah dikeluarkan pada SNI No. 04-7182-2006, melalui keputusan Kepala Badan Standardisasi (BSN) Nomor

73/KEP/BSN/2/2006 tanggal 15 Maret 2006. Standar mutu biodiesel ditampilkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1.6 Standar Biodiesel di Indonesia

Parameter	Satuan	Nilai	Metode Uji
Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890	ASTM D 1298
Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445
Angka setana	min	51	ASTM D 613
Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100	ASTM D 93
Titik kabut	°C, maks	18	ASTM D 2500
Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		nomor 1	ASTM D 130
Residu karbon - dalam percontoh asli; atau - dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	0,05 0,3	ASTM D 4530
Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05	ASTM D 2709 atau ASTM D 1796
Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360	ASTM D 1160
Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02	ASTM D 874
Belerang	mg/kg, maks	50	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266
Fosfor	mg/kg, maks	4	AOCS Ca 12-55
Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5	AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D 664
Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584

Gliserol total	%-massa, maks	0,24	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584
Kadar ester metil	%-massa, min	96,5	SNI 04-7187 2006

1.3.2 Ampas Kedelai

Ampas kedelai, limbah padat yang dihasilkan dari proses produksi kedelai, memiliki potensi besar sebagai bahan baku utama biodiesel karena mengandung sekitar 19,69% minyak, 72,06% padatan, dan 8,25% air (Melisa, 2011). Kandungan minyak yang signifikan ini diekstraksi melalui metode seperti ekstraksi pelarut menggunakan n-heksana, yakni dengan mengeringkan ampas kedelai, melarutkannya dalam pelarut, memisahkannya dari padatan, lalu menguapkan pelarut untuk memperoleh minyak mentah. Minyak tersebut kemudian diolah melalui proses transesterifikasi, yaitu reaksi antara minyak dan alkohol (seperti metanol) dengan bantuan katalis basa untuk menghasilkan biodiesel berupa ester asam lemak dan gliserol. Pemanfaatan ampas kedelai sebagai bahan baku biodiesel menawarkan berbagai keunggulan, seperti ketersediaannya yang melimpah sebagai limbah industri, biaya bahan baku yang relatif rendah, serta kontribusinya terhadap ekonomi sirkular dan diversifikasi sumber energi. Namun, terdapat tantangan yang perlu diatasi, seperti kadar minyak yang relatif rendah dibandingkan biji kedelai utuh, kebutuhan akan metode ekstraksi yang efisien, serta penanganan terhadap tingginya kandungan asam lemak bebas guna

mengoptimalkan proses produksi biodiesel dari bahan ini (Anggraini & Fitriani, 2018; Khairiah dkk., 2024).

Penggunaan ampas kedelai sebagai bahan baku biodiesel tidak hanya dapat mengurangi jumlah limbah dan meningkatkan nilai ekonomi produk sampingan industri kedelai, tetapi juga berperan penting dalam memperluas jenis sumber energi dan memperkuat ketahanan energi nasional. Dengan terus mengembangkan teknologi ekstraksi minyak dan proses produksi biodiesel, biodiesel yang dihasilkan dari ampas kedelai akan semakin efisien dan mampu bersaing dengan bahan bakar lain di pasar energi terbarukan (Walanda & Said, 2017).

Terdapat beberapa faktor yang menjadikan ampas kedelai sebagai bahan baku biodiesel pilihan yang menarik. Ampas kedelai tersedia dalam jumlah besar dan berkelanjutan sebagai produk sampingan dari industri pengolahan kedelai. Hal ini menjadikan ampas kedelai sumber daya yang hemat biaya sekaligus dapat mengurangi permasalahan limbah. Selain itu, biodiesel dari ampas kedelai merupakan bahan bakar terbarukan yang dapat menurunkan ketergantungan pada bahan bakar fosil serta mengurangi emisi gas rumah kaca, sehingga selaras dengan prinsip ekonomi sirkular dan penggunaan sumber daya yang berkelanjutan.

1.3.3 Minyak Kedelai

Ampas kedelai, limbah padat hasil pengolahan kedelai, memiliki potensi besar untuk diolah menjadi bahan bakar biodiesel karena

kandungan minyaknya yang masih cukup signifikan. Minyak ini didominasi oleh trigliserida, yang mencapai hingga 99,4% dari total komposisinya, dengan trilinolein sebagai komponen utama sebesar 52,3%, diikuti triolein 27,30%, tripalmitin 8,9%, trilinolenin 8,2%, dan tristearin 3,3%. Selain itu, minyak kedelai juga mengandung sejumlah kecil asam lemak bebas (FFA) (Walanda & Said, 2017). Dengan kandungan tersebut, pemanfaatan ampas kedelai sebagai bahan baku biodiesel menjadi pilihan menarik untuk mengembangkan bahan bakar alternatif yang berkelanjutan serta memberikan keuntungan dari segi ekonomi dan lingkungan.

Proses pengolahan minyak dari ampas kedelai menjadi biodiesel melibatkan beberapa tahapan penting. Tahap pertama adalah pemisahan minyak dari ampas kedelai, yang dapat dilakukan melalui metode ekstraksi mekanis atau kimiawi. Minyak mentah hasil ekstraksi kemudian dimurnikan untuk menghilangkan zat pengotor seperti asam lemak bebas dan air agar memenuhi standar bahan baku biodiesel. Tahap akhir adalah reaksi transesterifikasi, yaitu reaksi antara minyak yang telah dimurnikan dengan alkohol, seperti metanol atau etanol, menggunakan katalis basa. Reaksi ini menghasilkan biodiesel sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk sampingan (Wibowo, 2013).

Pemanfaatan minyak ampas kedelai sebagai bahan dasar biodiesel memberikan berbagai keuntungan dari aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Secara ekonomi, biaya bahan baku dapat ditekan karena

ampas kedelai merupakan limbah produksi, sementara dari segi sosial, penggunaan ampas kedelai berpotensi membuka lapangan kerja baru dan meningkatkan pendapatan masyarakat di daerah sentra pengolahan. Dari sisi lingkungan, biodiesel yang dihasilkan dapat mengurangi beban limbah pertanian dan meminimalkan tekanan terhadap lahan pertanian untuk tanaman energi khusus, sekaligus memperkuat ketahanan energi nasional melalui diversifikasi sumber energi yang ramah lingkungan (Anggraini & Fitriani, 2018).

1.3.4 Pemilihan Proses Produksi

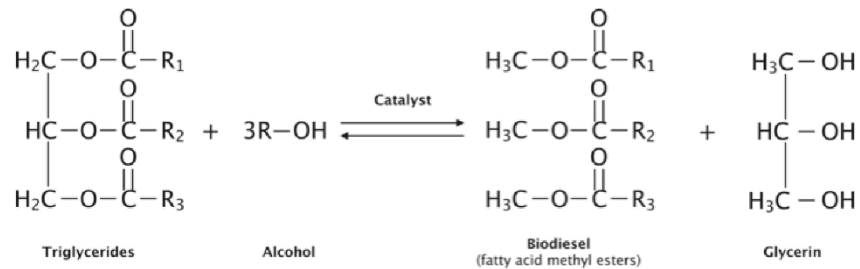
Pemilihan proses produksi biodiesel adalah tahapan penting yang akan menentukan efisiensi, biaya, dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Ada beberapa proses yang dapat digunakan untuk memproduksi biodiesel, dan pemilihan proses yang tepat akan sangat tergantung pada berbagai faktor. Secara umum, proses produksi biodiesel dapat dikelompokkan menjadi beberapa metode utama, yaitu:

1. Transesterifikasi (*Transesterification*)

Transesterifikasi adalah cara yang paling umum dan banyak dipakai dalam pembuatan biodiesel dalam skala besar untuk diperdagangkan. Proses ini melibatkan tindak balas kimia antara minyak dari tumbuhan atau lemak dari hewan dengan alkohol (biasanya metanol atau etanol) yang dibantu oleh katalis. Katalis yang paling sering digunakan adalah jenis katalis basa, seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH), walaupun katalis

asam atau enzim juga dapat digunakan dalam keadaan tertentu (Naseef & Tulaimat, 2025).

Reaksi transesterifikasi secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1.4 Reaksi Transesterifikasi

Dalam reaksi ini, trigliserida, yang merupakan komponen utama minyak nabati dan lemak hewani, bereaksi dengan alkohol untuk menghasilkan ester alkil asam lemak (biodiesel) dan gliserol sebagai produk sampingan. Biodiesel inilah yang kemudian dipisahkan dan dimurnikan untuk digunakan sebagai bahan bakar.

a. Jenis Katalis:

- Katalis Basa: Paling umum dipakai karena bersifat reaktif dan efektif untuk minyak tumbuhan yang kadar asam lemak bebasnya rendah. Contohnya: NaOH, KOH, natrium metoksida (NaOCH₃).
- Katalis Enzim (Biokatalis): Memakai enzim lipase sebagai katalis. Lebih bersahabat dengan lingkungan dan dapat menoleransi kadar air dan asam lemak bebas yang lebih tinggi dalam bahan baku. Akan tetapi, harga enzim relatif mahal dan tindak balas cenderung lebih lambat.

- Katalis Heterogen: Katalis padat yang dapat dipisahkan dan dipakai lagi, sehingga mengurangi limbah dan memudahkan pembersihan hasil produksi. Contohnya: resin sulfonat padat, oksida logam.

(Budiman & Samik, 2023)

b. Keunggulan Transesterifikasi:

- Tingkat perubahan minyak menjadi biodiesel sangat tinggi.
- Prosesnya relatif sederhana dan sudah banyak dikembangkan.
- Biodiesel yang dihasilkan bermutu baik dan memenuhi tolok ukur bahan bakar.

(Budiman & Samik, 2023)

c. Kelemahan Transesterifikasi:

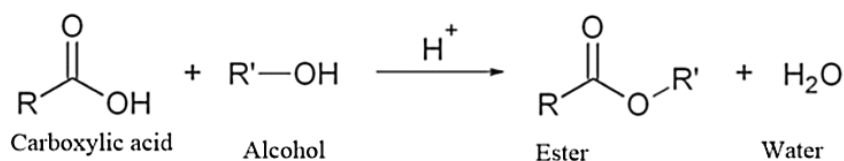
- Sensitif terhadap kandungan air dan asam lemak bebas dalam bahan baku (terutama untuk katalis basa).
- Memerlukan proses pembersihan biodiesel dan gliserol untuk menyingkirkan katalis dan hasil sampingan.
- Penggunaan katalis kimia dapat menimbulkan persoalan lingkungan jika tidak ditangani dengan tepat.

(Budiman & Samik, 2023)

2. Esterifikasi (*Esterification*)

Esterifikasi adalah sebuah reaksi kimia yang melibatkan pembentukan ester dari asam karboksilat dan alkohol. Secara umum, dalam reaksi esterifikasi, gugus hidroksil (-OH) dari asam karboksilat digantikan oleh gugus alkoksi (-OR') dari alkohol, menghasilkan ester dan air sebagai produk samping. Reaksi ini seringkali merupakan reaksi kesetimbangan, yang berarti dapat berjalan ke arah pembentukan ester maupun ke arah pembentukan kembali asam karboksilat dan alkohol (hidrolisis ester) (Naseef & Tulaimat, 2025).

Persamaan umum reaksi esterifikasi adalah sebagai berikut:



Gambar 1.5 Reaksi Esterifikasi

a. Jenis Katalis:

- Asam sulfat (H_2SO_4): Merupakan katalis yang paling umum digunakan karena efektif dan relatif murah. Selain mempercepat reaksi, asam sulfat juga bersifat higroskopis sehingga dapat membantu menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan ester dengan menyerap air yang dihasilkan.
- Asam klorida (HCl): Juga dapat digunakan sebagai katalis, meskipun kurang umum dibandingkan asam sulfat.

- Asam fosfat (H_3PO_4): Merupakan alternatif katalis asam yang lebih lemah dan terkadang dipilih untuk mengurangi risiko pembentukan produk samping.
- Asam padat: Beberapa material padat seperti zeolit atau resin penukar ion juga dapat digunakan sebagai katalis heterogen dalam esterifikasi. Katalis heterogen memudahkan pemisahan katalis dari produk reaksi
(Budiman & Samik, 2023)

b. Keunggulan Esterifikasi:

- Ketersediaan bahan baku: Asam karboksilat dan alkohol merupakan senyawa yang relatif mudah didapatkan.
- Variasi produk: Reaksi ini memungkinkan pembentukan berbagai jenis ester dengan mengubah jenis asam karboksilat dan alkohol yang digunakan, sehingga menghasilkan produk dengan sifat yang beragam (misalnya aroma, kelarutan).
- Aplikasi luas: Ester memiliki banyak aplikasi, mulai dari pelarut, bahan pewangi, hingga prekursor polimer dan biodiesel.
- Untuk esterifikasi menggunakan katalis heterogen, keunggulannya adalah kemudahan pemisahan katalis dari produk dan potensi untuk penggunaan kembali katalis.

(Budiman & Samik, 2023)

c. Kelemahan Esterifikasi:

- Reaksi kesetimbangan: Reaksi esterifikasi adalah reaksi kesetimbangan, sehingga untuk mendapatkan yield ester yang tinggi, perlu dilakukan upaya untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk (misalnya dengan menggunakan reaktan berlebih atau menghilangkan air).
- Laju reaksi lambat tanpa katalis: Tanpa penggunaan katalis, laju pembentukan ester cenderung lambat, sehingga memerlukan waktu reaksi yang lebih lama atau kondisi yang lebih ekstrem (misalnya suhu tinggi).
- Penggunaan katalis asam homogen (seperti asam sulfat) dapat menyebabkan masalah korosi dan sulit dipisahkan dari produk, sehingga memerlukan proses netralisasi dan pemurnian lebih lanjut yang dapat menghasilkan limbah.

(Budiman & Samik, 2023)

3. Pirolisis (*Pyrolysis*)

Pirolisis adalah proses dekomposisi termal bahan organik pada suhu tinggi (biasanya 300-900°C) dalam kondisi tanpa oksigen atau dengan oksigen yang sangat terbatas. Dalam konteks produksi biodiesel, pirolisis digunakan untuk mengolah berbagai jenis biomassa, termasuk limbah pertanian, kayu, alga, dan juga minyak nabati atau lemak hewani (Ridhuan & Suranto, 2016).

Proses pirolisis menghasilkan tiga produk utama:

- a. *Bio-oil* (Minyak Pirolisis): Cairan kompleks yang mengandung berbagai senyawa hidrokarbon dan oksigenat. *Bio-oil* ini perlu ditingkatkan kualitasnya (upgrading) untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar atau bahan kimia.
- b. *Biochar* (Arang Hayati): Padatan kaya karbon yang dapat digunakan sebagai pembenah tanah atau bahan bakar padat.
- c. Gas Pirolisis (Syngas): Campuran gas yang mudah terbakar, seperti hidrogen (H_2), karbon monoksida (CO), metana (CH_4), dan karbon dioksida (CO_2), yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk proses pirolisis itu sendiri atau untuk aplikasi lain.

(Novita dkk., 2021)

Bio-oil yang dihasilkan dari pirolisis dapat diolah lebih lanjut melalui proses seperti hidrogenasi, *cracking* katalitik, atau emulsifikasi untuk menghasilkan bahan bakar yang mirip dengan biodiesel atau bahan bakar nabati lainnya (Novita dkk., 2021).

- a. Keunggulan Pirolisis:
 - Dapat menggunakan berbagai jenis bahan baku biomassa, termasuk limbah dan bahan baku non-pangan.
 - Menghasilkan tiga produk sekaligus (*bio-oil*, *biochar*, dan gas) sehingga memaksimalkan nilai biomassa.
 - Potensi untuk menghasilkan *bio-oil* yang dapat diolah menjadi berbagai jenis bahan bakar dan bahan kimia.

(Budiman & Samik, 2023)

b. Kekurangan Pirolisis:

- *Bio-oil* yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan biodiesel dari transesterifikasi dan memerlukan proses upgrading yang kompleks dan mahal.
- Proses pirolisis membutuhkan suhu tinggi dan kontrol kondisi operasi yang ketat.
- Efisiensi konversi biomassa menjadi bahan bakar cair secara keseluruhan mungkin lebih rendah dibandingkan transesterifikasi untuk minyak nabati murni.

(Budiman & Samik, 2023)

4. Mikroemulsifikasi (*Microemulsification*)

Mikroemulsifikasi adalah proses pembentukan emulsi yang stabil dan transparan secara termodinamika dari minyak nabati, alkohol, surfaktan (zat aktif permukaan), dan kadang-kadang air. Mikroemulsi memiliki ukuran partikel yang sangat kecil (10-100 nm), sehingga memiliki viskositas yang lebih rendah dibandingkan minyak nabati murni dan dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar diesel pada mesin diesel yang dimodifikasi atau pada campuran dengan diesel konvensional (Dimawarnita & Hambali, 2021).

Surfaktan berperan penting dalam menurunkan tegangan permukaan antara minyak dan alkohol, serta menstabilkan emulsi agar tidak terpisah fase. Jenis surfaktan yang digunakan dapat bervariasi,

termasuk surfaktan ionik (anionik, kationik) dan non-ionik (Dimawarnita & Hambali, 2021).

a. Keunggulan Mikroemulsifikasi:

- Proses yang relatif sederhana dan tidak melibatkan reaksi kimia yang rumit.
- Dapat mengurangi viskositas minyak nabati sehingga lebih mudah digunakan sebagai bahan bakar.
- Potensi untuk menggunakan minyak nabati mentah tanpa perlu proses pemurnian yang ekstensif.

(Budiman & Samik, 2023)

b. Kekurangan Mikroemulsifikasi:

- Kualitas bahan bakar yang dihasilkan (mikroemulsi) umumnya lebih rendah dibandingkan biodiesel murni dari transesterifikasi, terutama dalam hal stabilitas penyimpanan dan kinerja mesin jangka panjang.
- Penggunaan surfaktan dapat meningkatkan biaya produksi dan berpotensi menimbulkan masalah lingkungan.
- Tidak menghasilkan biodiesel murni secara kimia, melainkan campuran minyak nabati dan bahan lainnya.

(Budiman & Samik, 2023)

5. Dilusi Langsung atau Pencampuran Langsung (*Direct Dilution/Blending*)

Dilusi langsung adalah metode paling sederhana, yaitu dengan mencampurkan minyak nabati atau lemak hewani langsung dengan bahan bakar diesel konvensional tanpa melalui proses kimia apapun. Tujuannya adalah untuk menurunkan viskositas minyak nabati agar dapat digunakan dalam mesin diesel (Budiman & Samik, 2023).

Rasio pencampuran minyak nabati dengan diesel biasanya terbatas (misalnya 10-20% minyak nabati), karena pencampuran dengan proporsi minyak nabati yang lebih tinggi dapat menyebabkan masalah pada mesin diesel, seperti pembentukan endapan, penyumbatan filter bahan bakar, dan masalah pembakaran (Budiman & Samik, 2023).

a. Keunggulan Dilusi Langsung:

- Proses paling sederhana dan murah, tidak memerlukan peralatan atau bahan kimia khusus.
- Dapat menggunakan minyak nabati atau lemak hewani tanpa proses pengolahan yang rumit.

(Budiman & Samik, 2023)

b. Kekurangan Dilusi Langsung:

- Tidak menghasilkan biodiesel secara kimia, melainkan hanya campuran bahan bakar.
- Penggunaan jangka panjang dapat menyebabkan masalah pada mesin diesel karena viskositas minyak nabati yang masih relatif tinggi dan sifat kimia yang berbeda dengan diesel.

- Rasio pencampuran minyak nabati terbatas, sehingga kontribusi terhadap penggantian bahan bakar fosil juga terbatas.

(Budiman & Samik, 2023)

Tabel 1.7 Parameter Perbandingan Pemilihan Proses

Parameter	Transesterifikasi	Esterifikasi	Pirolisis	Mikroemulsifikasi	Dilusi Langsung
Bahan Baku	Trigliserida	Asam lemak bebas	Semua jenis biomassa / minyak	Minyak nabati / lemak	Minyak nabati murni
Produk	Biodiesel	Biodiesel	Bio-oil	Campuran mikroemulsi berbahan bakar	Campuran minyak nabati + solar
Konversi	Tinggi	Tinggi	Sedang	Sedang	Rendah
Katalis	Basa	Asam	Tanpa katalis	Bukan katalis kimia, tetapi emulsifier / surfaktan	Tanpa katalis
Kondisi Operasi	50 – 60 °C	50 – 100 °C	300 – 900 °C	25 – 60 °C	25 – 60 °C
Biaya Produksi	Sedang	Sedang - tinggi	Tinggi	Rendah - sedang	Rendah

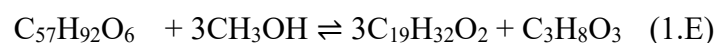
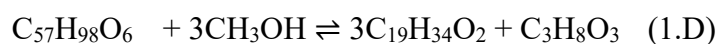
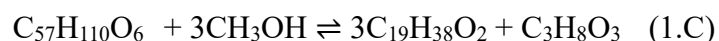
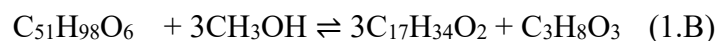
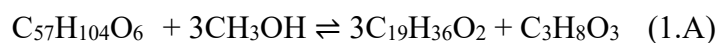
Berdasarkan tabel parameter perbandingan diatas dari beberapa pemilihan proses pembuatan biodiesel, maka dipilih proses transesterifikasi karena pada minyak kedelai kandungan trigliseridanya yaitu 99,4%.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika merupakan suatu kajian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik suatu reaksi, apakah reaksi tersebut bersifat eksoterm atau endoterm, serta untuk menentukan apakah reaksi tersebut dapat berlangsung bolak-balik (*reversibel*) atau hanya searah

(*irreversibel*). Karakteristik ini dapat diketahui melalui nilai entalpi yang terjadi selama proses reaksi berlangsung. Reaksi-reaksi yang dimaksud adalah sebagai berikut:



Untuk menentukan sifat termodinamika dari reaksi tersebut, dapat dilakukan perhitungan terhadap panas reaksi (ΔH_{Reaksi}) dengan mengacu pada data panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada kondisi standar ($P = 1 \text{ bar}$; $T = 25^\circ\text{C}/298,15 \text{ K}$), Sementara itu, arah kecenderungan reaksi dapat diketahui melalui perhitungan energi bebas Gibbs (ΔG°_r) pada kondisi operasi. Estimasi nilai ΔH°_f dan ΔG°_f diperoleh menggunakan metode Joback seperti yang dijelaskan oleh Reid (1987).

Tabel 1.8 Harga Gugus

Gugus	Harga ΔH°_f (kJ/mol.K)	Harga ΔG°_f (kJ/mol.K)
-CH ₃	-76,45	-43,96
-CH ₂ -	-20,64	8,42
>CH-	29,89	58,36
=CH-	37,97	48,53
-OH (alcohol)	-208,04	-189,2
-O- (non-ring)	-132,22	-105
>C=O (non-ring)	-133,22	-120,5
-COOH (acid)	-426,72	-387,87
-COO- (ester)	-337,92	-301,95

(Joback & Reid, 1987a)

1. Panas Pembentukan Standar ($\Delta H^\circ f$)

$$\Delta H^\circ f_{(298,15)} = 68,29 + \sum n_i \cdot \Delta I \quad (1.4)$$

a. Triolein ($C_{57}H_{104}O_6$)

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ f_{(298,15)} &= 68,29 + [3(-CH_3) + 44(-CH_2-) + 1(>CH-) + \\ &\quad 6(=CH-) + 3(-O-) + 3(>C=O)] \\ &= 68,29 + [3(-76,45) + 44(-20,64) + 1(29,89) + \\ &\quad 6(37,97) + 3(-132,22) + 3(-133,22)] \\ &= -1607,83 \text{ kJ/mol.K} \end{aligned}$$

b. Metil Oleat ($C_{19}H_{36}O_2$)

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ f_{(298,15)} &= 68,29 + [2(-CH_3) + 14(-CH_2-) + 2(=CH-) + \\ &\quad 1(-O-) + 1(-COO-)] \\ &= 68,29 + [2(-76,45) + 14(-20,64) + 2(37,97) + 1(- \\ &\quad 132,22) + 1(-337,92)] \\ &= -767,77 \text{ kJ/mol.K} \end{aligned}$$

Tabel 1.9 Nilai Entalpi Pembentukan Komponen Pada Suhu 298,15 K

Komponen	$\Delta H^\circ f$ (kJ/mol.K)
Triolein	-1607,83
Tripalmitin	-1815,01
Tristearin	-1959,49
Trilinolein	-1256,17
Trilinolenin	-904,51
Metil Oleat	-767,77
Metil Palmita	-843,71
Metil Stearat	-884,99
Metil Linoleat	-650,55
Metil Linolenat	-622,13

Gliserol	-582,92
Metanol	-201,19
Natrium Hidroksida	-470,70
Asam Klorida	-92,30
Natrium Klorida	-411,20
Air	-285,80

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{Reaksi}(298,15)} &= \Delta H^{\circ}f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}f \text{ reaktan} \quad (1.5) \\
 &= -2886,2325 - -2211,4136 \\
 &= -674,8189 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas menunjukkan bahwa harga ΔH_{Reaksi} komponen bernilai negatif, yang artinya sifat panas reaksi adalah eksotermis (reaksi membutuhkan dingin).

2. Energi Gibbs ($\Delta G^{\circ}r$)

$$\Delta G^{\circ}f_{(298,15)} = 53,88 + \sum n_i \cdot \Delta I \quad (1.6)$$

a. Triolein ($C_{57}H_{104}O_6$)

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ}f_{(298,15)} &= 53,88 + [3(-CH_3) + 44(-CH_2-) + 1(>CH-) + \\
 &\quad 6(=CH-) + 3(-O-) + 3(>C=O)] \\
 &= 53,88 + [3(-43,96) + 44(8,42) + 1(58,36) + \\
 &\quad 6(48,53) + 3(-105) + 3(-120,5)] \\
 &= -34,48 \text{ kJ/mol.K}
 \end{aligned}$$

b. Metil Oleat ($C_{19}H_{36}O_2$)

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ}f_{(298,15)} &= 53,88 + [2(-CH_3) + 14(-CH_2-) + 2(=CH-) + \\
 &\quad 1(-O-) + 1(-COO-)]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 53,88 + [2(-43,96) + 14(8,42) + 2(48,53) + \\
 &\quad 1(-105) + 1(-301,95)] \\
 &= -226,05 \text{ kJ/mol.K}
 \end{aligned}$$

Tabel 1.10 Nilai Energi Gibbs Komponen Pada Suhu 298,15 K

Komponen	$\Delta G^\circ f$ (kJ/mol)
Triolein	-34,48
Tripalmitin	-334,08
Tristearin	-275,14
Trilinolein	206,18
Trilinolenin	446,84
Metil Oleat	-226,05
Metil Palmita	-323,11
Metil Stearat	-306,27
Metil Linoleat	-145,83
Metil Linolenat	-151,53
Gliserol	-448,79
Metanol	-162,66
Natrium Hidroksida	-379,5
Asam Klorida	-95,3
Natrium Klorida	-384,1
Air	-237,14

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ r &= \Delta G^\circ f \text{ produk} - \Delta G^\circ f \text{ reaktan} \quad (1.7) \\
 &= -2499,1692 - -478,6525 \\
 &= -2020,5168 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas menunjukkan bahwa harga $\Delta G^\circ r$ bernilai negatif, yang artinya reaksi tidak berlangsung spontan (non-

spontan). Sehingga, reaksi terjadi dengan memerlukan suhu tinggi dan membutuhkan katalis.

3. Arah Reaksi

Reaksi $A + 3B \rightleftharpoons 3C + D$ merupakan reaksi bolak-balik (reversibel), di mana baik reaktan maupun produk dapat saling berinterkonversi hingga tercapai kesetimbangan kimia. Laju reaksi bersih dinyatakan dengan persamaan:

$$-r_A = k_f[A][B]^3 - k_r[C]^3[D] \quad (1.8)$$

Yang merupakan selisih antara laju reaksi maju dan reaksi balik. Pada kondisi stoikiometri awal, reaksi dapat berlangsung ke dua arah, bergantung pada konsentrasi, suhu, dan tekanan yang berlaku. Namun, ketika jumlah mol B ditingkatkan menjadi dua kali lipat dari jumlah stoikiometrinya, maka laju reaksi maju meningkat secara signifikan karena konsentrasi B berpangkat tiga dalam persamaan laju. Akibatnya, kesetimbangan reaksi bergeser kuat ke arah produk menurut prinsip Le Chatelier. Dalam kondisi ini, reaksi cenderung berjalan hampir sempurna ke arah produk, dan laju reaksi balik menjadi sangat kecil. Dengan demikian, walaupun secara prinsip reaksi ini bersifat reversibel, dalam kondisi B berlebih reaksi dapat diperlakukan atau didekati sebagai reaksi irreversibel secara praktis, karena pembentukan kembali reaktan dari produk menjadi sangat tidak signifikan.

Dari sudut pandang termodinamika, arah reaksi dapat dibuktikan secara kuantitatif dengan menghitung nilai tetapan kesetimbangan (K) berdasarkan perubahan energi Gibbs standar reaksi (ΔG°_r). Hubungan antara keduanya dinyatakan melalui persamaan:

$$\Delta G^\circ_r = -RT \ln K \quad (1.9)$$

Dengan $R = 8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ dan $T = 298,15 \text{ K}$. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai $\Delta G^\circ_r = -2020,5168 \text{ kJ/mol}$, yang dikonversi ke dalam satuan joule menjadi:

$$\Delta G^\circ_r = -2020516,8 \text{ J/mol}$$

Selanjutnya, nilai $\ln K$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$\ln K = \frac{\Delta G^\circ_r}{RT} = \frac{2020516,8}{8,314 \times 298,15} = 813,49$$

$$K = e^{813,49}$$

Nilai K yang sangat besar ($K > 1$) ini menunjukkan bahwa kesetimbangan reaksi sangat kuat bergeser ke arah produk. Artinya, meskipun reaksi ini secara prinsip bersifat reversibel, secara termodinamika reaksi tersebut sangat mengarah ke kanan, yaitu menuju pembentukan produk. Hal ini sejalan dengan tinjauan kinetika sebelumnya, di mana peningkatan jumlah mol B secara signifikan mempercepat laju reaksi maju karena keberadaan konsentrasi $[B]^3$ dalam persamaan laju. Oleh karena itu, baik dari sisi kinetika maupun termodinamika, reaksi dapat dianggap berjalan hampir sempurna ke

arah produk, dan dalam kondisi tersebut dapat diperlakukan sebagai reaksi irreversibel secara praktis.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Secara umum, laju reaksi kimia ditentukan oleh konstanta kecepatan reaksi (k), konsentrasi reaktan, dan konsentrasi katalis. Kecepatan reaksi juga dipengaruhi oleh suhu; semakin tinggi suhu, maka semakin besar nilai konstanta kecepatan reaksi.

Dalam reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan metanol, perbandingan molar stoikiometrik adalah 1:3. Namun, pada praktiknya metanol sering digunakan dalam jumlah berlebih untuk menggeser kesetimbangan reaksi ke arah produk, sesuai dengan prinsip *Le Chatelier*. Pada penelitian yang dijadikan referensi, digunakan perbandingan molar trigliserida terhadap metanol sebesar 1:6. Karena metanol digunakan dalam jumlah berlebih, maka konsentrasinya dapat dianggap konstan selama reaksi berlangsung. Oleh karena itu, laju reaksi dapat disederhanakan menggunakan pendekatan pseudo-orde satu (*pseudo-first-order*).

Karena konsentrasi metanol dianggap tetap, maka k diperlakukan sebagai konstanta semu. Persamaan diferensial untuk menghitung nilai konstanta laju reaksi pseudo-orde satu adalah sebagai berikut:

$$k = \frac{\ln(Ca_0) - \ln(Ca_t)}{t} \quad (1.10)$$

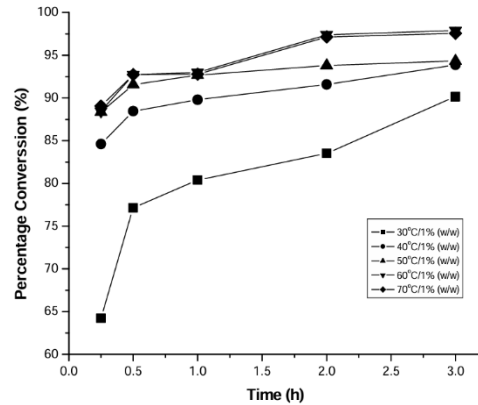
Keterangan:

k = Konstanta laju reaksi

Ca_0 = Konsentrasi zat mula-mula

Ca_t = Konsentrasi zat pada waktu tertentu

t = waktu



Gambar 1.6 Grafik Perbandingan Konversi Dengan Waktu

Berdasarkan perhitungan terhadap grafik tersebut, diperoleh persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (1.11)$$

$$k = 0,7452 \times e^{\frac{-18149,13}{8,3145 \times 333,5}}$$

$$k = 1,07 \times 10^{-3}$$

Keterangan:

k = Konstanta laju reaksi (/detik)

A = Faktor frekuensi tumbukan (/detik)

E_a = Energi aktivasi (J/mol)

R = Konstanta gas ideal (8,3145 J/mol.K)

T = Suhu (K)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada pembuatan pabrik biodiesel, mekanisme perancangannya didasarkan pada variabel utama, yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pendukung, dan pengendalian proses.

2.1.1 Biodiesel

Fase	: Cair
Rumus molekul	: R-COOCH_3
Berat molekul	: 292,6714 kg/kmol
Warna	: Jernih kekuningan
Kelarutan	: Tidak larut dalam air
Titik Didih	: 336,8341°C
Densitas (30°C)	: 857,4459 kg/m ³
Viskositas (30°C)	: 4,2143 cP
Kemurnian	: 97,02% (w/w)

2.1.2 Gliserol

Fase	: Cair
Rumus molekul	: $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
Berat molekul	: 92,0947 kg/kmol
Warna	: Tidak Berwarna
Kelarutan	: Larut dalam air

Titik Didih	: 287,85°C
Densitas (30°C)	: 1254,8376 kg/m ³
Viskositas (30°C)	: 584,8263 cP

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Ampas Kedelai

Fase	: Padat
Rumus molekul	: -
Berat molekul	: -
Warna	: Putih kekuningan
Kelarutan	: Tidak larut dalam air
Titik Didih	: -
Densitas (30°C)	: -
Viskositas (30°C)	: -
Komposisi	: • Padatan (72,06%)
	: • Air (8,25%)
	: • Minyak (19,69%)

2.2.2 Methanol

Fase	: Cair
Rumus molekul	: CH ₃ OH
Berat molekul	: 32,0422 kg/kmol
Warna	: Tidak berwarna
Kelarutan	: Larut dalam air
Titik Didih	: 64,7°C

Densitas (30°C) : 784,7935 kg/m³

Viskositas (30°C) : 0,5044 cP

Kemurnian : 98% (w/w)

2.2.3 Natrium Hidroksida

Fase : Cair

Rumus molekul : NaOH

Berat molekul : 39,9971 kg/kmol

Warna : Tidak berwarna

Kelarutan : Larut dalam air

Titik Didih : 1556,85°C

Densitas (30°C) : 1911,1705 kg/m³

Viskositas (30°C) : 261,0779 cP

Kemurnian : 48% (w/w)

2.2.4 Asam Klorida

Fase : Cair

Rumus molekul : HCl

Berat molekul : 36,4606 kg/kmol

Warna : Tidak berwarna

Kelarutan : Larut dalam air

Titik Didih : -85°C

Densitas (30°C) : 767,9481 kg/m³

Viskositas (30°C) : 0,0740 cP

Kemurnian : 32% (w/w)

2.2.5 Air

Fase	: Cair
Rumus molekul	: H ₂ O
Berat molekul	: 18,0153 kg/kmol
Warna	: Tidak berwarna
Titik Didih	: 100°C
Densitas (30°C)	: 992,8266 kg/m ³
Viskositas (30°C)	: 0,8196 cP

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*quality control*) dalam industri pabrik biodiesel merupakan suatu proses sistematis yang bertujuan untuk memastikan bahwa kualitas biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan. Proses ini mencakup serangkaian kegiatan yang dimulai dari pengujian bahan baku, pemantauan selama proses produksi, hingga pengujian produk akhir.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku merupakan langkah krusial dalam produksi biodiesel. Minyak kedelai dalam proses ini merupakan bahan utama dalam pabrik biodiesel ini. Kualitas minyak kedelai sebagai bahan baku akan sangat mempengaruhi kualitas biodiesel yang dihasilkan. Oleh karena itu, pengendalian kualitas bahan baku minyak kedelai sangat penting untuk memastikan proses produksi berjalan efisien dan menghasilkan biodiesel yang memenuhi standar mutu.

Adapun parameter yang akan diukur untuk menganalisa bahan baku dalam industri pabrik biodiesel meliputi:

1. Parameter Kimia:

- a. Kadar Asam Lemak Bebas (ALB): Menunjukkan jumlah asam lemak bebas dalam minyak nabati/lemak hewani.
- b. Kadar Air: Menunjukkan jumlah air yang terkandung dalam bahan baku.
- c. Kemurnian: Menunjukkan persentase zat murni dalam bahan baku (methanol dan natrium hidroksida).
- d. Konsentrasi: Khusus untuk natrium hidroksida, menunjukkan jumlahnya dalam larutan.
- e. Kandungan Zat Pengotor: Meliputi pengukuran zat-zat lain yang dapat mempengaruhi kualitas biodiesel.

2. Parameter Fisika:

- a. Warna: Memberikan indikasi awal mengenai kualitas bahan baku.
- b. Bau: Menunjukkan kemungkinan adanya kontaminasi atau degradasi bahan baku.
- c. Densitas/Berat Jenis: Berguna untuk mengetahui kemurnian dan kualitas bahan baku.
- d. Viskositas/Kekentalan: Penting untuk proses pencampuran dan reaksi.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produksi bertujuan untuk menjaga kualitas produk dari bahan baku hingga produk akhir. Pengawasan mutu dilakukan melalui analisis laboratorium atau alat kontrol untuk memastikan mutu dan kapasitas produk sesuai standar pabrik.

Pengendalian dan pengawasan operasi berpusat di ruang kontrol dengan sistem kendali otomatis dan indikator. Penyimpangan pada indikator, seperti laju alir bahan baku/produk, ketinggian cairan, atau suhu, ditandai oleh sinyal (lampu, alarm, dll.). Penyimpangan ini dikoreksi secara manual atau otomatis. Penyimpangan kualitas disebabkan oleh mutu bahan baku buruk, kesalahan operasi, atau kerusakan alat, dan dapat dideteksi melalui pemantauan atau analisis laboratorium. Pengendalian kualitas di pabrik biodiesel meliputi:

- a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku: bertujuan memastikan kualitas bahan baku sesuai spesifikasi. Bahan baku yang tidak sesuai akan dikembalikan ke pemasok.
- b. Pengendalian Kualitas Bahan Pembantu: meliputi analisis sifat fisis bahan pembantu untuk memastikan kesesuaian spesifikasi dan kelancaran proses.
- c. Pengendalian Kualitas Produk: dilakukan terhadap produksi Biodiesel dan Air.
- d. Pengendalian Kualitas Produk Selama Pemindahan: meliputi pengawasan produk Biodiesel (Metil Ester) saat dipindahkan dari

tangki penyimpanan sementara ke tangki penyimpanan tetap, ke truk, dan ke kapal.

2.3.3 Pengendalian Proses

Untuk mencapai target produksi, ketersediaan bahan baku dalam proses produksi haruslah memadai. Oleh karena itu, pengendalian bahan baku proses menjadi krusial untuk mencegah kekurangan. Pengendalian dan pengawasan operasi dilakukan secara terpusat di ruang kontrol dengan memanfaatkan sistem kendali otomatis yang dilengkapi indikator. Beberapa parameter yang dipantau dan dikendalikan melalui sistem ini meliputi tekanan dan suhu. Perangkat kendali yang digunakan antara lain:

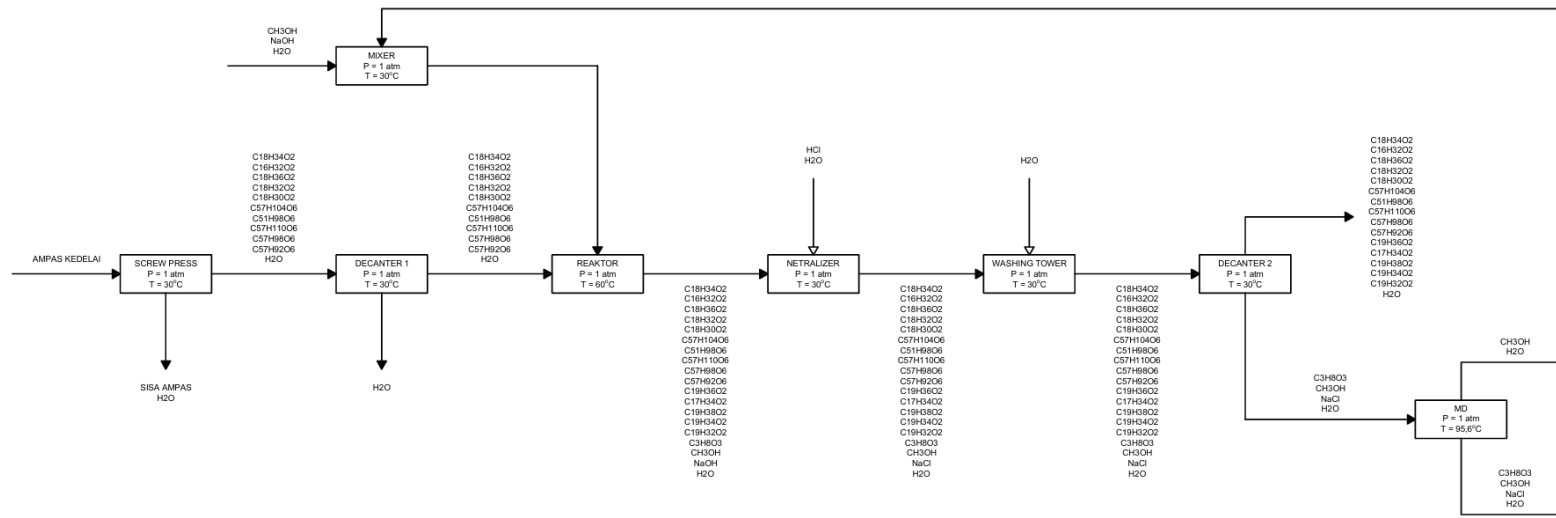
- a. Pengendali Tinggi Muka (*Level Control*): berfungsi untuk mengatur ketinggian cairan dalam tangki. Perangkat ini akan memberikan sinyal berupa alarm suara dan lampu jika ketinggian cairan tidak sesuai dengan batas yang telah ditentukan.
- b. Pengendali Laju Alir (*Flow Rate Control*): berfungsi untuk mengatur laju aliran bahan baku, baik aliran masuk maupun aliran keluar dari proses.
- c. Pengendali Suhu (*Temperature Control*): berfungsi untuk mengatur suhu pada suatu peralatan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

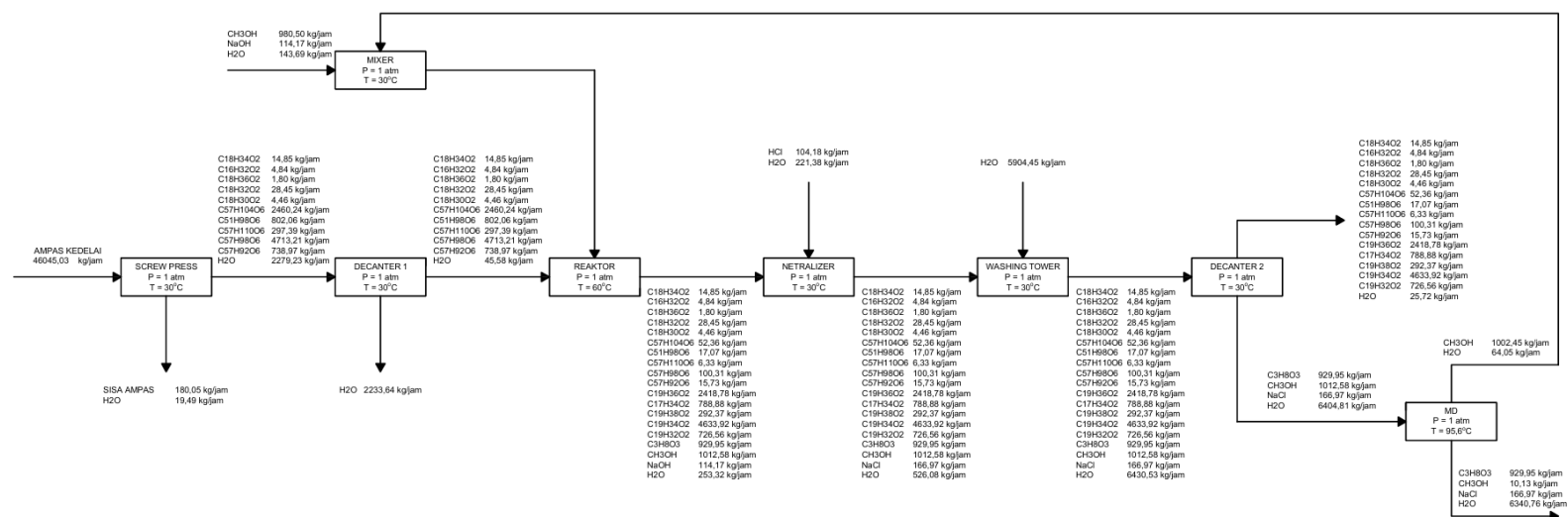
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan biodiesel menggunakan proses transesterifikasi, pada dasarnya transesterifikasi adalah tahap mengkonversi minyak nabati menjadi metil ester atau biodiesel, yang terjadi melalui reaksi alkohol dan akan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi yaitu menggunakan katalis basa (NaOH) dengan minyak ampas kedelai (*soybean oil*) dan methanol (CH_3OH) sebagai bahan baku utama. Proses berlangsung secara kontinyu pada temperatur 60°C pada tekanan 1 atm.

Secara keseluruhan proses pembuatan biodiesel dari minyak ampas kedelai dan metanol dengan proses transesterifikasi dilaksanakan melalui tiga tahap, yaitu:

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

3.2.1 Penyiapan Bahan Baku

Metanol (CH_3OH) dari Tangki Penyimpanan bahan baku (T-01) dan natrium hidroksida cair (NaOH) dari Tangki Penyimpanan (T-02), yang masing-masing tersimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, dialirkan secara simultan menuju alat pencampur Mixer (M-01). Setelah tercapai kondisi homogen pada campuran metanol (CH_3OH) dan natrium hidroksida (NaOH), aliran tersebut dipanaskan terlebih dahulu menggunakan alat penukar panas *Heat Exchanger* (HE-01) hingga

mencapai suhu 60°C sebelum akhirnya dialirkan menuju Reaktor Alir Tangki Berpengaduk atau RATB (R-01).

Ampas kedelai yang tersimpan di dalam Tangki Penyimpanan (T-03) pada temperatur 30°C dipindahkan ke *Screw press* (SP-01) dengan tujuan untuk mengesktrak cairan dari ampas kedelai. Selanjutnya, cairan hasil pengepresan tersebut dialirkan menuju Decanter (DC-01) untuk melangsungkan proses pemisahan antara fase air dan fase minyak. Minyak tersebut dipanaskan terlebih dahulu menggunakan alat penukar panas *Heat Exchanger* (HE-02) hingga mencapai suhu 60°C sebelum akhirnya dialirkan menuju Reaktor Alir Tangki Berpengaduk atau RATB (R-01).

3.2.2 Proses Pembentukan Produk

Minyak ampas kedelai yang telah dipisahkan di dalam Decanter (DC-01) dicampurkan dengan methanol (CH₃OH) dan natrium hidroksida (NaOH) lalu direaksikan pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan kondisi isothermal serta sifat reaksi eksotermis *irreversibel*, yang mana suhu reaksi harus dipertahankan guna menghindari terjadinya reaksi samping. Untuk menjaga suhu reaksi tetap pada 60°C, maka setiap reaktor dilengkapi dengan coil . Konversi yang tercapai di setiap reaktor adalah 97,87%. Adapun reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah :



Produk Keluaran dari reaktor, berupa biodiesel (metil ester) dan gliserol, mengalir pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Sebelum dialirkan menuju Netralizer (N-01), produk tersebut didinginkan terlebih dahulu menggunakan alat pendingin atau *Cooler* (CL-01) hingga mencapai suhu 30°C. Kemudian dialirkan ke dalam Netralizer (N-01) dan ditambahkan asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 32% dengan tujuan untuk menetralkan kandungan natrium hidroksida (NaOH) yang terdapat dalam larutan.

Di dalam Netralizer terjadi reaksi asam-basa antara natrium hidroksida (NaOH) dan asam klorida (HCl) yang menghasilkan garam (NaCl) dan air. Proses reaksi di dalam Netralizer berlangsung pada suhu 30°C, tekanan 1 atm, dan kondisi pH antara 7 hingga 8.

3.2.3 Proses Pemurnian Produk

Produk keluaran dari Netralizer (N-01) selanjutnya menjalani proses pencucian menggunakan *Washing Tower* (WT-01) yang beroperasi pada suhu 30°C dan tekanan 1 atmosfer. Air yang digunakan untuk pencucian memiliki proporsi sebanyak 3 kali dari total massa yang ingin dilarutkan. Hasil keluaran dari *Washing Tower* (WT-01) berupa campuran yang mengandung asam lemak bebas (FFA), trigliserida, metil ester, gliserol, metanol, natrium klorida (NaCl), dan air (H₂O).

Setelah proses pencucian, aliran tersebut dialirkan menuju Decanter (DC-02) dengan tujuan untuk memisahkan pengotor yang terkandung di dalamnya. Pengoperasian Decanter (DC-02) didasarkan

pada prinsip perbedaan densitas dan kelarutan dari campuran minyak. Perbedaan sifat densitas dan kelarutan mengakibatkan terbentuknya dua lapisan yang terpisah di dalam decanter. Lapisan atas (*light stream*) Decanter (DC-02) yang kaya akan asam lemak bebas (FFA), trigliserida, metil ester, dan sedikit air (H_2O) dialirkan secara langsung menuju Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-06). Sementara itu, lapisan bawah (*heavy stream*) Decanter (DC-02) yang mengandung gliserol, metanol, natrium klorida ($NaCl$), dan air (H_2O) dialirkan menuju Menara Distilasi (MD-01).

Hasil atas dari Menara Distilasi (MD-01), yang didominasi oleh metanol dan air, dialirkan menuju *Condenser* (CD-01) untuk mengalami perubahan fase uap menjadi cair melalui proses kondensasi. Selanjutnya, aliran ini menuju *Accumulator* (ACC), di mana keluarannya dipisahkan menjadi dua. Sebagian dialirkan sebagai refluks dan sisanya didinginkan di dalam *Cooler* (C-02) untuk di *recycle* kembali ke dalam Mixer (M-01).

Arus keluaran dari bagian bawah Menara Distilasi (MD-01) yang mengandung gliserol, natrium klorida ($NaCl$), air (H_2O), dan sedikit metanol (CH_3OH) dialirkan menuju Reboiler untuk proses pemanasan. Sebagian dari cairan yang telah dipanaskan ini kemudian mengalami refluks, yaitu dikembalikan ke dalam Menara Distilasi (MD-01), sementara sisa cairan dialirkan menuju Unit Pembuangan Limbah (UPL).

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

1. *Screw Press*

Kode : SP – 01

Fungsi : Mengekstraksi Minyak Kedelai Dari Ampas Kedelai

Jenis : *Screw Press* dengan *Gearbox* Lubang Berongga

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Spesifikasi

a. Model : KP-30S

b. Kapasitas : 50.000 – 120.000 pounds/jam

c. *Screw Speed* : 26 rpm

d. *Power* : 100 Hp

e. Panjang : 25 ft

f. Lebar : 6 ft

g. Tinggi : 6,5 ft

h. Berat : 26.000 *pounds*

Jumlah : 1 buah

Harga : \$422.897,36

2. Mixer

Kode : M – 01

Fungsi : Mencampurkan CH_3OH dengan NaOH hingga homogen
sebelum dialirkan menuju Reaktor (R – 01)

Jenis : Tanki silinder tegak berpengaduk

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Spesifikasi

Shell

a. Diameter dalam : 0,9049 m

b. Tinggi : 0,8929 m

c. Tebal : 0,1875 in

Head

a. Jenis : *Torispherical*

b. Tinggi : 0,2093 m

c. Tebal : 0,1875 in

Pengaduk

a. Jenis : *Six flat blade turbine*

b. Diameter : 0,3620 m

c. Tinggi : 0,0724 m

d. Lebar Pengaduk : 0,0905 m

- e. Jumlah Pengaduk : 1 buah
- f. Lebar *Baffle* : 0,0754 m
- g. Power : 0,05 Hp
- h. Kecepatan Putar : 23,9286 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$95.272,62

3. Reaktor 1

Kode : R – 01

Fungsi : Mereaksikan Minyak Ampas Kedelai dan Metanol
(CH₃OH) dengan bantuan katalis Natrium Hidroksida
(NaOH)

Jenis : Reaktor Alir Tanki Berpengaduk (RATB)

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 60°C
- c. Kondisi Proses : Kontinyu

Spesifikasi

Shell

- a. Diameter dalam : 2,4225 m
- b. Tinggi : 2,3838 m
- c. Tebal : 0,3125 in

Head

- a. Jenis : *Torispherical*
- b. Tinggi : 0,4946 m
- c. Tebal : 0,3125 in

Pengaduk

- a. Jenis : *Six flat blade turbine*
- b. Diameter : 0,9690 m
- c. Tinggi : 0,1938 m
- d. Lebar Pengaduk : 0,2423 m
- e. Jumlah Pengaduk : 1 buah
- f. Lebar *Baffle* : 0,2019 m
- g. *Power* : 125 Hp
- h. Kecepatan Putar : 176,7314 rpm

Jenis *Coolant* : Air (H₂O)

Kebutuhan *Coolant* : 92100,7136 kg/jam

Ud : 2824,2879 W/m².K

Luas Area *Transfer* : 553,0744 ft²

Dimensi Koil

- a. NPS : 6 in
- b. *Schedule Number* : 40
- c. Panjang Total : 318,9587 ft
- d. Jumlah Lilitan : 10,8159 buah
- e. Tinggi Tumpukan : 29,4898 ft

Jumlah : 1 buah

Harga : \$496.879,08

4. Reaktor 2

Kode : R – 02

Fungsi : Mereaksikan Minyak Ampas Kedelai dan Metanol
(CH₃OH) dengan bantuan katalis Natrium Hidroksida
(NaOH)

Jenis : Reaktor Alir Tanki Berpengaduk (RATB)

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 60°C
- c. Kondisi Proses : Kontinyu

Spesifikasi

Shell

- a. Diameter dalam : 2,4225 m
- b. Tinggi : 2,3838 m
- c. Tebal : 0,3125 in

Head

- a. Jenis : *Torispherical*
- b. Tinggi : 0,4946 m
- c. Tebal : 0,3125 in

Pengaduk

- a. Jenis : *Six flat blade turbine*
- b. Diameter : 0,9690 m
- c. Tinggi : 0,1938 m
- d. Lebar Pengaduk : 0,2423 m
- e. Jumlah Pengaduk : 1 buah
- f. Lebar *Baffle* : 0,2019 m
- g. *Power* : 125 Hp
- h. Kecepatan Putar : 176,7314 rpm

Jenis *Coolant* : Air (H₂O)

Kebutuhan *Coolant* : 25522,8111 kg/jam

Ud : 2289,5059 W/m².K

Luas Area *Transfer* : 199,4762 ft²

Dimensi Koil

- a. NPS : 4 in
- b. *Schedule Number* : 40
- c. Panjang Total : 169,3346 ft
- d. Jumlah Lilitan : 5,7575 buah
- e. Tinggi Tumpukan : 29,4112 ft

Jumlah : 1 buah

Harga : \$496.879,08

5. Reaktor 3

Kode : R – 03

Fungsi : Mereaksikan Minyak Ampas Kedelai dan Metanol (CH_3OH) dengan bantuan katalis Natrium Hidroksida (NaOH)

Jenis : Reaktor Alir Tanki Berpengaduk (RATB)

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 60°C
- c. Kondisi Proses : Kontinyu

Spesifikasi

Shell

- a. Diameter dalam : 2,4225 m
- b. Tinggi : 2,3838 m
- c. Tebal : 0,3125 in

Head

- a. Jenis : *Torispherical*
- b. Tinggi : 0,4946 m
- c. Tebal : 0,3125 in

Pengaduk

- a. Jenis : *Six flat blade turbine*
- b. Diameter : 0,9690 m

- c. Tinggi : 0,1938 m
- d. Lebar Pengaduk : 0,2423 m
- e. Jumlah Pengaduk : 1 buah
- f. Lebar *Baffle* : 0,2019 m
- g. *Power* : 125 Hp
- h. Kecepatan Putar : 176,7314 rpm

Jenis *Coolant* : Air (H₂O)

Kebutuhan *Coolant* : 7072,7773 kg/jam

Ud : 2315,8151 W/m².K

Luas Area *Transfer* : 54,6501 ft²

Dimensi Koil

- a. NPS : 2 in
- b. *Schedule Number* : 40
- c. Panjang Total : 87,8619 ft
- d. Jumlah Lilitan : 2,9923 buah
- e. Tinggi Tumpukan : 29,3627 ft

Jumlah : 1 buah

Harga : \$496.879,08

6. Netralizer

Kode : N – 01

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

Jenis : Tanki silinder tegak berpengaduk

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Spesifikasi

Shell

a. Diameter dalam : 1,5145 m

b. Tinggi : 1,4942 m

c. Tebal : 0,1875 in

Head

a. Jenis : *Torispherical*

b. Tinggi : 0,3258 m

c. Tebal : 0,25 in

Pengaduk

a. Jenis : *Six flat blade turbine*

b. Diameter : 0,6058 m

c. Tinggi : 0,1212 m

d. Lebar Pengaduk : 0,1514 m

e. Jumlah Pengaduk : 1 buah

f. Lebar *Baffle* : 0,1262 m

g. *Power* : 1 Hp

h. Kecepatan Putar : 70,0262 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$234.313,93

7. *Washing Tower*

Kode : WT – 01

Fungsi : Mencuci biodiesel dari netralizer (N – 01) menggunakan air pencuci

Jenis : Tanki silinder tegak berpengaduk

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Spesifikasi

Shell

a. Diameter dalam : 1,8161 m

b. Tinggi : 1,6911 m

c. Tebal : 0,25 in

Head

a. Jenis : *Torispherical*

b. Tinggi : 0,3770 m

c. Tebal : 0,25 in

Pengaduk

a. Jenis : *Six flat blade turbine*

b. Diameter : 0,7264 m

- c. Tinggi : 0,1453 m
- d. Lebar Pengaduk : 0,1816 m
- e. Jumlah Pengaduk : 1 buah
- f. Lebar *Baffle* : 0,1513 m
- g. *Power* : 5 Hp
- h. Kecepatan Putar : 93,7996 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$134.588,68

8. Decanter 1

Kode : DC – 01

Fungsi : Memisahkan komponen minyak kedelai dari komponen air yang keluar dari *screw press* (SP – 01)

Jenis : Tanki silinder horizontal

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 30°C

Spesifikasi

Shell

- a. Diameter dalam : 1,0573 m
- b. Panjang : 3,0374 m
- c. Tebal : 0,1875 in

Head

- a. Jenis : *Torispherical*
- b. Panjang : 0,2353 m
- c. Tebal : 0,1875 in

Jumlah : 1 buah

Harga : \$64.084,52

9. Dencanter 2

Kode : DC – 02

Fungsi : Memisahkan biodiesel dari sisa campuran hasil pencucian H₂O yang keluar dari *washing tower* (WT – 01)

Jenis : Tanki silinder horizontal

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 30°C

Spesifikasi

Shell

- a. Diameter dalam : 1,2097 m
- b. Panjang : 3,5062 m
- c. Tebal : 0,1875 in

Head

- a. Jenis : *Torispherical*

b. Panjang : 0,2614 m

c. Tebal : 0,1875 in

Jumlah : 1 buah

Harga : \$72.164,42

10. Menara Distilasi

Kode : MD – 01

Fungsi : Memisahkan H₂O dan metanol (CH₃OH) berdasarkan perbedaan titik didih

Jenis : *Multistage Distillation*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

Umpan

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 95,60°C

Distilat

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 71,45°C

Bottom

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 100,7°C

Spesifikasi

Shell

a. Diameter dalam : 0,4985 m

b. Tinggi : 22,725 m

c. Tebal : 0,1875 in

Head

a. Jenis : *Torispherical*

b. Tinggi : 0,1399 m

c. Tebal : 0,1875 in

Untuk Tipe Tray

a. Jenis tray : *Sieve tray*

b. *Feed plate* : 34

c. Jumlah plate aktual : 45

d. Susunan hole : *Triangular*

e. Diameter hole : 0,0005 m

f. Jumlah tray : 45

g. *Tray spacing* : 0,5 m

h. Jumlah lubang : 28686 buah

Jumlah : 1 buah

Harga : \$388.001,74

3.3.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan dan Produk

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan

Tangki	T – 01	T – 02
Fungsi	Menyimpan bahan baku metanol	Menyimpan bahan baku NaOH
Lama penyimpanan	14 hari	14 hari
Fasa	Cair	Cair

Jumlah tangki	1	1
Jenis tangki	Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>torispherical roof</i> dan tutup bawah datar	Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>torispherical roof</i> dan tutup bawah datar
Kondisi operasi Suhu : Tekanan :	30°C 1 atm	30°C 1 atm
Spesifikasi Bahan : Volume : Diameter : Tinggi : Jumlah Course : Tebal :	<i>Stainless steel SA-240</i> 653,9182 m ³ 10,6680 m 8,8281 m 4 buah 0,5 in	<i>Stainless steel SA-240</i> 160,1398 m ³ 6,096 m 6,3674 m 3 buah 0,3125 in
Head & Bottom Jenis Head : Tebal Head : Jenis Bottom : Tebal Bottom :	<i>Torispherical</i> 0,375 in <i>Flat bottom</i> 0,5 in	<i>Torispherical</i> 0,25 in <i>Flat bottom</i> 0,3125 in
Harga	\$627.895,28	\$251.619,80

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan (lanjutan)

Tangki	T – 03	T – 04
Fungsi	Menyimpan bahan baku ampas kedelai	Menyimpan bahan baku HCl
Lama penyimpanan	3 hari	14 hari
Fasa	Padat	Cair
Jumlah tangki	4	1
Jenis tangki	Tangki silinder tegak dengan tutup atas datar dan bukaan bawah kerucut	Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>torispherical roof</i> dan tutup bawah datar
Kondisi operasi Suhu : Tekanan :	30°C 1 atm	30°C 1 atm

Spesifikasi		
Bahan :	<i>Stainless steel SA-240</i>	<i>Stainless steel SA-240</i>
Volume :	1138,6441 m ³	250,2228 m ³
Diameter :	9,144 m	7,62 m
Tinggi :	16,4592 m	6,5749 m
Jumlah Course :	9 buah	3 buah
Tebal :	0,875 in	0,375 in
Head & Bottom		
Jenis Head :	<i>Flat top</i>	<i>Torispherical</i>
Tebal Head :	0,875 in	0,3125 in
Jenis Bottom :	<i>Conical bottom</i>	<i>Flat bottom</i>
Tebal Bottom :	0,9375 in	0,375 in
Harga	\$1.057.676,76	\$336.217,28

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan (lanjutan)

Tangki	T – 05
Fungsi	Menyimpan bahan baku biodiesel
Lama penyimpanan	7 hari
Fasa	Cair
Jumlah tangki	1
Jenis tangki	Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>torispherical roof</i> dan tutup bawah datar
Kondisi operasi	
Suhu :	30°C
Tekanan :	1 atm
Spesifikasi	
Bahan :	<i>Stainless steel SA-240</i>
Volume :	2882,6108 m ³
Diameter :	18,2880 m
Tinggi :	13,5201 m
Jumlah Course :	6 buah
Tebal :	0,875 in

<i>Head & Bottom</i>	
Jenis <i>Head</i> :	<i>Torispherical</i>
Tebal <i>Head</i> :	0,625 in
Jenis <i>Bottom</i> :	Flat bottom
Tebal <i>Bottom</i> :	0,875 in
Harga	\$1.646.867,19

3.3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

1. *Conveyor* 1

Kode : SC – 01

Fungsi : Memindahkan ampas kedelai dari tangki (T – 03)
menuju *screw press* (SP – 01)

Jenis : *Screw conveyor*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Bentuk Bahan : *Slurry*

Kapasitas : 4357,6767 kg/m

Kecepatan Putar : 65,3101 rpm

Power : 2 Hp

Dimensi

a. Panjang : 10,2251 m

b. Diameter : 14 in

Jumlah : 1 buah

Harga : \$37.070,82

2. Conveyor 2

Kode : SC – 02

Fungsi : Memindahkan sisa ampas dari *screw conveyor* (SP – 01) menuju UPL

Jenis : *Screw conveyor*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

c. Suhu : 30°C

d. Tekanan : 1 atm

Bentuk Bahan : *Slurry*

Kapasitas : 4465,4148 kg/m

Kecepatan Putar : 66,1968 rpm

Power : 5 Hp

Dimensi

c. Panjang : 25,0909 m

d. Diameter : 12 in

Jumlah : 1 buah

Harga : \$54.587,79

3. Pompa 1

Kode : P – 01

Fungsi : Mengalirkan metanol dari tangki (T – 01) menuju *mixer* (M – 01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 6,7077 gpm

Power : 0,083 Hp

Kecepatan Putar : 1059,7277 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$15.272,72

4. Pompa 2

Kode : P – 02

Fungsi : Mengalirkan Natrium Hidroksida dari tangki (T – 02) menuju mixer (M – 01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 0,9738 gpm

Power : 0,05 Hp

Kecepatan Putar : 482,1257 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$14.113,00

5. Pompa 3

Kode : P – 03

Fungsi : Mengalirkan Campuran Methanol dan NaOH
dari Mixer (M-01) ke Reaktor RATB (R-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 14,7714 gpm

Power : 0,25 Hp

Kecepatan Putar : 1371,9592 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$14.473,34

6. Pompa 4

Kode : P – 04

Fungsi : Mengalirkan Minyak Kedelai dari *Screw Press*
(SP-01) ke Decanter (DC-010)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 64,6057 gpm

Power : 0,5 Hp

Kecepatan Putar : 4116,5413 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$15.567,49

7. Pompa 5

Kode : P – 05

Fungsi : Mengalirkan Minyak Kedelai dari Decanter
(DC-01) ke Reaktor RATB (R-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 52,7188 gpm

Power : 0,5 Hp

Kecepatan Putar : 3237,6481 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$15.318,55

8. Pompa 6

Kode : P – 06

Fungsi : Mengalirkan Biodiesel dari Reaktor RATB (R-
01) ke Reaktor RATB (R-02)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 60°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 69,0552 gpm

Power : 0,75 Hp

Kecepatan Putar : 2713,6187 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$15.659,45

9. Pompa 7

Kode : P – 07

Fungsi : Mengalirkan Biodiesel dari Reaktor RATB (R-02) ke Reaktor RATB (R-03)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 60°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 69,0117 gpm

Power : 1 Hp

Kecepatan Putar : 2674,0508 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$15.658,55

10. Pompa 8

Kode : P – 08

Fungsi : Mengalirkan Biodiesel dari Reaktor RATB (R-03) ke Netralizer (N-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 60°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 68,9996 gpm

Power : 0,75 Hp

Kecepatan Putar : 3085,8442 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$15.658,31

11. Pompa 9

Kode : P – 09

Fungsi : Mengalirkan HCL dari Tangki (T-04) ke Netralizer (N-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 1,8949 gpm

Power : 0,05 Hp

Kecepatan Putar : 476,0075 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$14.141,01

12. Pompa 10

Kode : P – 10

Fungsi : Mengalirkan Biodiesel dari Netralizer (N-01) ke
Washing Tower (WT-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 68,9171 gpm

Power : 0,75 Hp

Kecepatan Putar : 2745,9232 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$15.656,61

13. Pompa 11

Kode : P – 11

Fungsi : Mengalirkan Biodiesel dari *Washing Tower* (WT-01) ke Decanter (DC-02)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 100,3393 gpm

Power : 0,5 Hp

Kecepatan Putar : 5868,0060 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$16.291,27

14. Pompa 12

Kode : P – 12

Fungsi : Mengalirkan Biodiesel dari Decanter (DC-02) ke Tangki (T-06)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 55,0651 gpm

Power : 1,5 Hp

Kecepatan Putar : 1273,0269 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$15.368,09

15. Pompa 13

Kode : P – 13

Fungsi : Mengalirkan Methanol dari (DC-02) ke Menara
Distilasi (MD-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

a. Suhu : 30°C

b. Tekanan : 1 atm

Kapasitas : 45,2742 gpm

Power : 2 Hp

Kecepatan Putar : 865,3249 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$15.159,82

16. Pompa 14

Kode : P – 14

Fungsi : Mengalirkan Methanol dari Menara Distilasi
(MD-01) ke Mixer (M-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

- a. Suhu : 66,59°C
- b. Tekanan : 1 atm
- Kapasitas : 7,4327 gpm
- Power* : 0,125 Hp
- Kecepatan Putar : 1022,9082 rpm
- Jumlah : 1 buah
- Harga : \$14.291,47

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

1. *Heater 1*

- Kode : HE – 01
- Fungsi : Menaikkan suhu keluaran mixer (M – 01)
- Jumlah : 1 buah
- Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*
- Harga : \$10.191,22

Tabel 3.2 Spesifikasi *Heater 1*

Operating Condition				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	<i>Steam</i>		<i>Medium Organic</i>	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid Flowrate</i>	-	114,6218 kg/jam	2304,8624 kg/jam	2304,8624 kg/jam
<i>Vapor Flowrate</i>	114,6218 kg/jam	-	-	-
<i>Temperature</i>	150°C	150°C	30°C	60°C

<i>Pressure</i>	4,698 atm	4,698 atm	1 atm	1 atm
-----------------	-----------	-----------	-------	-------

Mechanical Design			
Annulus		Tube	
Length			
40 ft			
Hairpin			
1 buah			
ID	2,067 in	ID	1,38 in
		OD	1,66 in
		A	17,4 ft ²
		Schedule No.	40
ΔP _{cal}	0,0023 psi	ΔP _{cal}	0,2929 psi
ΔP _{allow}	< 10 psi	ΔP _{allow}	< 10 psi
Rd _{cal}			
0,0121 Btu.ft ² .°F/hr			
Rd _{min}			
> 0,001 Btu.ft ² .°F/hr			

2. Heater 2

Kode : HE – 02

Fungsi : Menaikkan suhu keluaran atas decanter (DC – 01)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Harga : \$13.168,84

Tabel 3.3 Spesifikasi *Heater 2*

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

<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid Flowrate</i>	-	225,6828 kg/jam	9111,8502 kg/jam	9111,8502 kg/jam
<i>Vapor Flowrate</i>	225,6828 kg/jam	-	-	-
<i>Temperature</i>	150°C	150°C	30°C	60°C
<i>Pressure</i>	4,698 atm	4,698 atm	1 atm	1 atm

Mechanical Design			
Annulus		Tube	
Length			
40 ft			
Hairpin			
1 buah			
ID	3,068 in	ID	2,067 in
		OD	2,38 in
		A	24,88 ft ²
		Schedule No.	40
ΔP _{cal}	0,0010 psi	ΔP _{cal}	0,7913 psi
ΔP _{allow}	< 10 psi	ΔP _{allow}	< 10 psi
Rd _{cal}			
0,0012 Btu.ft ² .°F/hr			
Rd _{min}			
> 0,001 Btu.ft ² .°F/hr			

3. Heater 3

Kode : HE – 03

Fungsi : Menaikkan suhu keluaran bawah decanter (DC – 02)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Harga : \$21.092,18

Tabel 3.4 Spesifikasi *Heater 3*

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	<i>Steam</i>		<i>Heavy Organic</i>	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid Flowrate</i>	-	1075,6090 kg/jam	8514,3005 kg/jam	8514,3005 kg/jam
<i>Vapor Flowrate</i>	1075,6090 kg/jam	-	-	-
<i>Temperature</i>	150°C	150°C	30°C	95,82°C
<i>Pressure</i>	4,698 atm	4,698 atm	1 atm	1 atm

Mechanical Design			
Annulus		Tube	
Length			
72 ft			
Hairpin			
3 buah			
ID	3,068 in	ID	2,067 in
		OD	2,38 in
		A	44,784 ft ²
		Schedule No.	40
ΔP _{cal}	0,0246 psi	ΔP _{cal}	0,7073 psi
ΔP _{allow}	< 10 psi	ΔP _{allow}	< 10 psi
Rd _{cal}			
0,0018 Btu.ft ² .°F/hr			
Rd _{min}			
> 0,001 Btu.ft ² .°F/hr			

4. Reboiler

Kode : RB – 01

Fungsi : Menguapkan cairan hasil bawah menara distilasi (MD – 01)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Shell & Tube Heat Exchanger*

Harga : \$50.583,56

Tabel 3.5 Spesifikasi *Reboiler*

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	<i>Steam</i>		<i>Light Organic</i>	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid Flowrate</i>	-	511,4160 kg/jam	8191,0068 kg/jam	8191,0068 kg/jam
<i>Vapor Flowrate</i>	511,4160 kg/jam	-	-	-
<i>Temperature</i>	150°C	150°C	99,24°C	100,68°C
<i>Pressure</i>	4,698 atm	4,698 atm	1 atm	1 atm

<i>Mechanical Design</i>			
<i>Annulus</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i>			
8 ft			
Jumlah Tube			
114 buah			
ID	13,25 in	ID	0,482 in
		OD	0,75 in
		A	115,1856 ft ²

		BWG	10
ΔP_{cal}	0,0003 psi	ΔP_{cal}	0,1232 psi
ΔP_{allow}	< 10 psi	ΔP_{allow}	< 10 psi
Rd_{cal}			
0,0064 Btu.ft ² .°F/hr			
Rd_{min}			
> 0,001 Btu.ft ² .°F/hr			

5. Cooler 1

Kode : CL – 01

Fungsi : Menurunkan suhu keluaran reaktor (R – 03)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Shell & Tube Heat Exchanger*

Harga : \$54.296,66

Tabel 3.6 Spesifikasi *Cooler 1*

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	<i>Heavy Organic</i>		<i>Water</i>	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid Flowrate</i>	11416,7126 kg/jam	11416,7126 kg/jam	6283,5884 kg/jam	6283,5884 kg/jam
<i>Temperature</i>	60°C	30°C	25°C	50°C
<i>Pressure</i>	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm

<i>Mechanical Design</i>	
<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
<i>Length</i>	
20 ft	
Jumlah Tube	

96 buah			
ID	13,25 in	ID	0,62 in
		OD	0,75 in
		A	311,62 ft ²
		BWG	16
ΔP_{cal}	0,3765 psi	ΔP_{cal}	0,3548 psi
ΔP_{allow}	< 10 psi	ΔP_{allow}	< 10 psi
Rd_{cal}			
0,0033 Btu.ft ² .°F/hr			
Rd_{min}			
> 0,001 Btu.ft ² .°F/hr			

6. Cooler 2

Kode : CL – 02

Fungsi : Menurunkan suhu produk atas menara distilasi (MD-01)
untuk di *recycle*

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Harga : \$24.044,33

Tabel 3.7 Spesifikasi *Cooler 2*

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	<i>Light Organic</i>		<i>Water</i>	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid Flowrate</i>	1066,5007 kg/jam	1066,5007 kg/jam	1224,8261 kg/jam	1224,8261 kg/jam
<i>Temperature</i>	66,59°C	30°C	20°C	50°C
<i>Pressure</i>	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm

Mechanical Design			
Annulus		Tube	
Length			
120 ft			
Hairpin			
5 buah			
ID	2,067 in	ID	1,38 in
		OD	1,66 in
		A	52,2 ft²
		Schedule No.	40
ΔP _{cal}	0,6989 psi	ΔP _{cal}	0,2986 psi
ΔP _{allow}	< 10 psi	ΔP _{allow}	< 10 psi
Rd _{cal}			
0,0020 Btu.ft².°F/hr			
Rd _{min}			
> 0,001 Btu.ft².°F/hr			

7. Condensor

Kode : CD – 01

Fungsi : Mengembunkan uap hasil atas menara distilasi (MD – 01)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Shell & Tube Heat Exchanger*

Harga : \$52.934,98

Tabel 3.8 Spesifikasi *Condenser*

<i>Operating Condition</i>		
<i>Position</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
<i>Fluid</i>	<i>Light Organic</i>	<i>Water</i>
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>	<i>Cold</i>

	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid Flowrate</i>	-	1115,1785 kg/jam	9339,7378 kg/jam	9339,7378 kg/jam
<i>Vapor Flowrate</i>	1115,1785 kg/jam	-	-	-
<i>Temperature</i>	71,45°C	66,59°C	25°C	50°C
<i>Pressure</i>	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm

Mechanical Design			
Annulus		Tube	
Length			
12 ft			
Jumlah Tube			
86 buah			
ID	15,25 in	ID	0,902 in
		OD	1 in
		A	243,6552 ft ²
		BWG	18
ΔP_{cal}	0,0012 psi	ΔP_{cal}	0,2436 psi
ΔP_{allow}	< 10 psi	ΔP_{allow}	< 10 psi
Rd_{cal}			
0,0032 Btu.ft ² .°F/hr			
Rd_{min}			
> 0,001 Btu.ft ² .°F/hr			

3.4 Neraca Massa

1. *Mixer* (M – 01)

Tabel 3.9 Neraca Massa *Mixer*

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 18	Arus 3

CH ₃ OH	980,50	-	1002,45	1982,96
NaOH	-	114,17	-	114,17
H ₂ O	20,01	123,68	64,05	207,74
Subtotal	1000,51	237,85	1066,50	2304,86
Total	2304,86			

2. *Screw Press* (SP – 01)

Tabel 3.10 Neraca Massa *Screw Press*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	-	14,85
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	-	4,84
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	-	-	1,80
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	-	28,45
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	-	-	4,46
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	-	-	2460,24
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	-	-	802,06
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	-	-	297,39
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	-	-	4713,21
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	-	-	738,97
H ₂ O	-	1519,49	2279,23
Ampas Kedelai	46045,03	-	-
Sisa Padatan	-	33180,05	-
Subtotal	46045,03	34699,53	11345,49
Total		46045,03	

3. *Decanter* 1 (DC – 01)

Tabel 3.11 Neraca Massa *Decanter* 1

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
----------	----------------	-----------------

	Arus 6	Arus 7	Arus 8
$C_{18}H_{34}O_2$	14,85	14,85	-
$C_{16}H_{32}O_2$	4,84	4,84	-
$C_{18}H_{36}O_2$	1,80	1,80	-
$C_{18}H_{32}O_2$	28,45	28,45	-
$C_{18}H_{30}O_2$	4,46	4,46	-
$C_{57}H_{104}O_6$	2460,24	2460,24	-
$C_{51}H_{98}O_6$	802,06	802,06	-
$C_{57}H_{110}O_6$	297,39	297,39	-
$C_{57}H_{98}O_6$	4713,21	4713,21	-
$C_{57}H_{92}O_6$	738,97	738,97	-
H_2O	2279,23	45,58	2233,64
Subtotal	11345,49	9111,85	2233,64
Total		11345,49	

4. Reaktor 1 (R – 01)

Tabel 3.12 Neraca Massa Reaktor 1

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 7	Arus 9
$C_{18}H_{34}O_2$	-	14,85	14,85
$C_{16}H_{32}O_2$	-	4,84	4,84
$C_{18}H_{36}O_2$	-	1,80	1,80
$C_{18}H_{32}O_2$	-	28,45	28,45
$C_{18}H_{30}O_2$	-	4,46	4,46
$C_{57}H_{104}O_6$	-	2460,24	681,78
$C_{51}H_{98}O_6$	-	802,06	222,26
$C_{57}H_{110}O_6$	-	297,39	82,41
$C_{57}H_{98}O_6$	-	4713,21	1306,12
$C_{57}H_{92}O_6$	-	738,97	204,78
$C_{19}H_{36}O_2$	-	-	1786,51

C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	-	582,67
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	-	215,95
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	-	3422,61
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	-	-	536,64
C ₃ H ₈ O ₃	-	-	686,86
CH ₃ OH	1982,96	-	1266,23
NaOH	114,17	-	114,17
H ₂ O	207,74	45,58	253,32
Subtotal	2304,86	9111,85	11416,71
Total	11416,71		

5. Reaktor 2 (R – 02)

Tabel 3.13 Neraca Massa Reaktor 2

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 9	Arus 10
$C_{18}H_{34}O_2$	14,85	14,85
$C_{16}H_{32}O_2$	4,84	4,84
$C_{18}H_{36}O_2$	1,80	1,80
$C_{18}H_{32}O_2$	28,45	28,45
$C_{18}H_{30}O_2$	4,46	4,46
$C_{57}H_{104}O_6$	681,78	188,93
$C_{51}H_{98}O_6$	222,26	61,59
$C_{57}H_{110}O_6$	82,41	22,84
$C_{57}H_{98}O_6$	1306,12	361,95
$C_{57}H_{92}O_6$	204,78	56,75
$C_{19}H_{36}O_2$	1786,51	2281,58
$C_{17}H_{34}O_2$	582,67	744,14
$C_{19}H_{38}O_2$	215,95	275,79
$C_{19}H_{34}O_2$	3422,61	4371,08
$C_{19}H_{32}O_2$	536,64	685,35
$C_3H_8O_3$	686,86	877,20

CH ₃ OH	1266,23	1067,62
NaOH	114,17	114,17
H ₂ O	253,32	253,32
Total	11416,71	11416,71

6. Reaktor 3 (R – 03)

Tabel 3.14 Neraca Massa Reaktor 3

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Arus 10	Arus 11
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	14,85	14,85
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	4,84	4,84
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	1,80	1,80
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	28,45	28,45
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	4,46	4,46
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	188,93	52,36
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	61,59	17,07
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	22,84	6,33
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	361,95	100,31
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	56,75	15,73
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	2281,58	2418,78
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	744,14	788,88
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	275,79	292,37
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	4371,08	4633,92
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	685,35	726,56
C ₃ H ₈ O ₃	877,20	929,95
CH ₃ OH	1067,62	1012,58
NaOH	114,17	114,17
H ₂ O	253,32	253,32
Total	11416,71	11416,71

7. Netralizer (N – 01)

Tabel 3.15 Neraca Massa Netralizer

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	14,85	-	14,85
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	4,84	-	4,84
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	1,80	-	1,80
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	28,45	-	28,45
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	4,46	-	4,46
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	52,36	-	52,36
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	17,07	-	17,07
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	6,33	-	6,33
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	100,31	-	100,31
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	15,73	-	15,73
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	2418,78	-	2418,78
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	788,88	-	788,88
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	292,37	-	292,37
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	4633,92	-	4633,92
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	726,56	-	726,56
C ₃ H ₈ O ₃	929,95	-	929,95
CH ₃ OH	1012,58	-	1012,58
NaOH	114,17	-	-
HCl	-	104,18	-
NaCl	-	-	166,97
H ₂ O	253,32	221,38	526,08
Subtotal	11416,71	325,55	11742,27
Total	11742,27		

8. *Washing Tower* (WT – 01)Tabel 3.16 Neraca Massa *Washing Tower*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	14,85	-	14,85
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	4,84	-	4,84
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	1,80	-	1,80
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	28,45	-	28,45
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	4,46	-	4,46
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	52,36	-	52,36
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	17,07	-	17,07
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	6,33	-	6,33
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	100,31	-	100,31
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	15,73	-	15,73
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	2418,78	-	2418,78
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	788,88	-	788,88
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	292,37	-	292,37
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	4633,92	-	4633,92
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	726,56	-	726,56
C ₃ H ₈ O ₃	929,95	-	929,95
CH ₃ OH	1012,58	-	1012,58
NaCl	166,97	-	166,97
H ₂ O	526,08	5904,45	6430,53
Subtotal	11742,27	5904,45	17646,72
Total	17646,72		

9. Decanter 2 (DC – 02)

Tabel 3.17 Neraca Massa *Decanter 2*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
$C_{18}H_{34}O_2$	14,85	14,85	-
$C_{16}H_{32}O_2$	4,84	4,84	-
$C_{18}H_{36}O_2$	1,80	1,80	-
$C_{18}H_{32}O_2$	28,45	28,45	-
$C_{18}H_{30}O_2$	4,46	4,46	-
$C_{57}H_{104}O_6$	52,36	52,36	-
$C_{51}H_{98}O_6$	17,07	17,07	-
$C_{57}H_{110}O_6$	6,33	6,33	-
$C_{57}H_{98}O_6$	100,31	100,31	-
$C_{57}H_{92}O_6$	15,73	15,73	-
$C_{19}H_{36}O_2$	2418,78	2418,78	-
$C_{17}H_{34}O_2$	788,88	788,88	-
$C_{19}H_{38}O_2$	292,37	292,37	-
$C_{19}H_{34}O_2$	4633,92	4633,92	-
$C_{19}H_{32}O_2$	726,56	726,56	-
$C_3H_8O_3$	929,95	-	929,95
CH_3OH	1012,58	-	1012,58
$NaCl$	166,97	-	166,97
H_2O	6430,53	25,72	6404,81
Subtotal	17646,72	9132,42	8514,30
Total		17646,72	

10. Menara Distilasi (MD – 01)

Tabel 3.18 Neraca Massa Menara Distilasi

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 17	Arus 18	Arus 19
C ₃ H ₈ O ₃	929,95	-	929,95
CH ₃ OH	1012,58	1002,45	10,13
NaCl	166,97	-	166,97
H ₂ O	6404,81	64,05	6340,76
Subtotal	8514,30	1066,50	7447,80
Total		8514,30	

11. Neraca Massa Total

Tabel 3.19 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	14,85
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	4,84
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	-	1,80
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	28,45
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	-	4,46
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	-	52,36
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	-	17,07
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	-	6,33
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	-	100,31
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	-	15,73
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	2418,78
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	788,88
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	292,37
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	4633,92
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	-	726,56

C ₃ H ₈ O ₃	-	929,95
CH ₃ OH	980,50	10,13
NaOH	114,17	-
HCl	104,18	-
NaCl	-	166,97
H ₂ O	6269,52	10119,61
Ampas Kedelai	46045,03	-
Sisa Padatan	-	33180,05
Total	53513,40	53513,40

3.5 Neraca Panas

1. Mixer (M – 01)

Tabel 3.20 Neraca Panas *Mixer*

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)			ΔH_{out} (kJ/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 18	Arus 3
CH ₃ OH	17110,91	-	17493,95	34604,87
NaOH	-	1063,75	-	1063,75
H ₂ O	453,02	2800,05	1450,00	4703,08
Sub Total	17563,93	3863,81	18943,96	40371,70
Total	40371,70			

2. Screw Press (SP – 01)

Tabel 3.21 Neraca Panas *Screw Press*

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)	ΔH_{out} (kJ/jam)	
	Arus 4	Arus 5	Arus 6
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	-	146,55
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	-	47,04
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	-	-	17,71
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	-	270,52
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	-	-	42,00

$C_{57}H_{104}O_6$	-	-	21471,73
$C_{51}H_{98}O_6$	-	-	7189,98
$C_{57}H_{110}O_6$	-	-	2659,39
$C_{57}H_{98}O_6$	-	-	40383,58
$C_{57}H_{92}O_6$	-	-	6228,75
H_2O	-	34400,10	51600,15
Ampas Kedelai	413052,88	-	-
Sisa Padatan	-	248595,37	-
Sub Total	413052,88	282995,47	130057,40
Total		413052,88	

3. Decanter 1 (DC – 01)

Tabel 3.22 Neraca Panas Decanter 1

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)	ΔH_{out} (kJ/jam)	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
$C_{18}H_{34}O_2$	146,55	146,55	-
$C_{16}H_{32}O_2$	47,04	47,04	-
$C_{18}H_{36}O_2$	17,71	17,71	-
$C_{18}H_{32}O_2$	270,52	270,52	-
$C_{18}H_{30}O_2$	42,00	42,00	-
$C_{57}H_{104}O_6$	21471,73	21471,73	-
$C_{51}H_{98}O_6$	7189,98	7189,98	-
$C_{57}H_{110}O_6$	2659,39	2659,39	-
$C_{57}H_{98}O_6$	40383,58	40383,58	-
$C_{57}H_{92}O_6$	6228,75	6228,75	-
H_2O	51600,15	1032,00	50568,15
Sub Total	130057,40	79489,25	50568,15
Total		130057,40	

4. Reaktor 1 (R – 01)

Tabel 3.23 Neraca Panas Reaktor 1

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)		ΔH_{out} (kJ/jam)
	Arus 3	Arus 7	Arus 9
$C_{18}H_{34}O_2$	1025,84	-	1025,84
$C_{16}H_{32}O_2$	329,31	-	329,31
$C_{18}H_{36}O_2$	123,97	-	123,97
$C_{18}H_{32}O_2$	1893,62	-	1893,62
$C_{18}H_{30}O_2$	294,03	-	294,03
$C_{57}H_{104}O_6$	150302,09	-	41651,49
$C_{51}H_{98}O_6$	50329,85	-	13947,33
$C_{57}H_{110}O_6$	18615,75	-	5158,77
$C_{57}H_{98}O_6$	282685,06	-	78337,26
$C_{57}H_{92}O_6$	43601,23	-	12082,71
$C_{19}H_{36}O_2$	-	-	116156,93
$C_{17}H_{34}O_2$	-	-	38199,56
$C_{19}H_{38}O_2$	-	-	14239,18
$C_{19}H_{34}O_2$	-	-	224243,74
$C_{19}H_{32}O_2$	-	-	34502,93
$C_3H_8O_3$	-	-	47772,51
CH_3OH	-	242234,08	154680,81
$NaOH$	-	7446,27	7446,27
H_2O	7224,02	32921,53	40145,55
Sub Total	556424,77	282601,89	832231,82
ΔH Reaksi	-10432274,88		-
Q serap	-		-10425480,04
Total	-9593248,22		-9593248,22

5. Reaktor 2 (R – 02)

Tabel 3.24 Neraca Panas Reaktor 2

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)	ΔH_{out} (kJ/jam)
	Arus 9	Arus 10
$C_{18}H_{34}O_2$	1025,84	1025,84
$C_{16}H_{32}O_2$	329,31	329,31
$C_{18}H_{36}O_2$	123,97	123,97
$C_{18}H_{32}O_2$	1893,62	1893,62
$C_{18}H_{30}O_2$	294,03	294,03
$C_{57}H_{104}O_6$	41651,49	11542,40
$C_{51}H_{98}O_6$	13947,33	3865,06
$C_{57}H_{110}O_6$	5158,77	1429,59
$C_{57}H_{98}O_6$	78337,26	21708,70
$C_{57}H_{92}O_6$	12082,71	3348,34
$C_{19}H_{36}O_2$	116156,93	148346,16
$C_{17}H_{34}O_2$	38199,56	48785,36
$C_{19}H_{38}O_2$	14239,18	18185,12
$C_{19}H_{34}O_2$	224243,74	286385,83
$C_{19}H_{32}O_2$	34502,93	44064,33
$C_3H_8O_3$	47772,51	61011,16
CH_3OH	154680,81	130418,18
NaOH	7446,27	7446,27
H_2O	40145,55	40145,55
ΔH Reaksi	-2890976,31	-
Q serap	-	-2889093,33
Total	-2058744,49	-2058744,49

6. Reaktor 3 (R – 03)

Tabel 3.25 Nearaca Panas Reaktor 3

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)	ΔH_{out} (kJ/jam)
	Arus 10	Arus 11
$C_{18}H_{34}O_2$	1025,84	1025,84
$C_{16}H_{32}O_2$	329,31	329,31
$C_{18}H_{36}O_2$	123,97	123,97
$C_{18}H_{32}O_2$	1893,62	1893,62
$C_{18}H_{30}O_2$	294,03	294,03
$C_{57}H_{104}O_6$	11542,40	3198,70
$C_{51}H_{98}O_6$	3865,06	1071,11
$C_{57}H_{110}O_6$	1429,59	396,18
$C_{57}H_{98}O_6$	21708,70	6016,05
$C_{57}H_{92}O_6$	3348,34	927,91
$C_{19}H_{36}O_2$	148346,16	157266,30
$C_{17}H_{34}O_2$	48785,36	51718,85
$C_{19}H_{38}O_2$	18185,12	19278,61
$C_{19}H_{34}O_2$	286385,83	303606,37
$C_{19}H_{32}O_2$	44064,33	46713,94
$C_3H_8O_3$	61011,16	64679,80
CH_3OH	130418,18	123694,63
NaOH	7446,27	7446,27
H_2O	40145,55	40145,55
ΔH Reaksi	-801135,57	-
Q serap	-	-800613,76
Total	29213,28	29213,28

7. Netralizer (N – 01)

Tabel 3.26 Neraca Panas Netralizer

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)		ΔH_{out} (kJ/jam)
	Arus 11	Arus 12	Arus 13
$C_{18}H_{34}O_2$	146,55	-	146,55
$C_{16}H_{32}O_2$	47,04	-	47,04
$C_{18}H_{36}O_2$	17,71	-	17,71
$C_{18}H_{32}O_2$	270,52	-	270,52
$C_{18}H_{30}O_2$	42,00	-	42,00
$C_{57}H_{104}O_6$	456,96	-	456,96
$C_{51}H_{98}O_6$	153,02	-	153,02
$C_{57}H_{110}O_6$	56,60	-	56,60
$C_{57}H_{98}O_6$	859,44	-	859,44
$C_{57}H_{92}O_6$	132,56	-	132,56
$C_{19}H_{36}O_2$	22466,61	-	22466,61
$C_{17}H_{34}O_2$	7388,41	-	7388,41
$C_{19}H_{38}O_2$	2754,09	-	2754,09
$C_{19}H_{34}O_2$	43372,34	-	43372,34
$C_{19}H_{32}O_2$	6673,42	-	6673,42
$C_3H_8O_3$	9239,97	-	9239,97
CH_3OH	17670,66	-	17670,66
NaOH	1063,75	-	-
HCl	-	6034,37	-
NaCl	-	-	1339,28
H_2O	5735,08	5011,83	11910,00
Sub Total	118546,72	11046,19	124997,17
ΔH Reaksi	-764919,77		-
Q serap	-		-760324,03
Total	-635326,85		-635326,85

8. *Washing Tower* (WT – 01)Tabel 3.27 Neraca Panas *Washing Tower*

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)		ΔH_{out} (kJ/jam)
	Arus 13	Arus 14	Arus 15
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	146,55	-	146,55
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	47,04	-	47,04
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	17,71	-	17,71
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	270,52	-	270,52
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	42,00	-	42,00
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	456,96	-	456,96
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	153,02	-	153,02
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	56,60	-	56,60
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	859,44	-	859,44
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	132,56	-	132,56
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	22466,61	-	22466,61
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	7388,41	-	7388,41
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	2754,09	-	2754,09
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	43372,34	-	43372,34
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	6673,42	-	6673,42
C ₃ H ₈ O ₃	9239,97	-	9239,97
CH ₃ OH	17670,66	-	17670,66
NaCl	6034,37	-	6034,37
H ₂ O	11910,00	133672,71	145582,71
Sub Total	129692,26	133672,71	263364,97
Total	263364,97		

9. Decanter 2 (DC – 02)

Tabel 3.28 Neraca Panas Decanter 2

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)	ΔH_{out} (kJ/jam)	
	Arus 15	Arus 16	Arus 17
$C_{18}H_{34}O_2$	146,55	146,55	-
$C_{16}H_{32}O_2$	47,04	47,04	-
$C_{18}H_{36}O_2$	17,71	17,71	-
$C_{18}H_{32}O_2$	270,52	270,52	-
$C_{18}H_{30}O_2$	42,00	42,00	-
$C_{57}H_{104}O_6$	456,96	456,96	-
$C_{51}H_{98}O_6$	153,02	153,02	-
$C_{57}H_{110}O_6$	56,60	56,60	-
$C_{57}H_{98}O_6$	859,44	859,44	-
$C_{57}H_{92}O_6$	132,56	132,56	-
$C_{19}H_{36}O_2$	22466,61	22466,61	-
$C_{17}H_{34}O_2$	7388,41	7388,41	-
$C_{19}H_{38}O_2$	2754,09	2754,09	-
$C_{19}H_{34}O_2$	43372,34	43372,34	-
$C_{19}H_{32}O_2$	6673,42	6673,42	-
$C_3H_8O_3$	9239,97	-	9239,97
CH_3OH	17670,66	-	17670,66
$NaCl$	6034,37	-	6034,37
H_2O	145582,71	582,33	145000,38
Sub Total	263364,97	85419,59	177945,38
Total		263364,97	

10. Menara Distilasi (MD – 01)

Tabel 3.29 Neraca Panas Menara Distilasi

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)	ΔH_{out} (kJ/jam)
ΔH umpan	2446334,83	-
ΔH distilat	-	145527,80
ΔH condensor	-	1057225,79
ΔH bottom	-	162805,73
ΔH reboiler	-1080775,50	-
Total	1365559,33	1365559,33

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan tempat pendirian pabrik merupakan keputusan penting yang sangat menentukan keberhasilan suatu perusahaan. Tempat yang sesuai memiliki peran utama dalam mengurangi biaya pelaksanaan kegiatan, meningkatkan hasil produksi, dan melancarkan penyaluran barang hasil produksi. Sebaliknya, kesalahan dalam menentukan tempat dapat mengakibatkan masalah yang besar, seperti tingginya biaya pengangkutan, kesulitan dalam mendapatkan tenaga kerja yang berkualitas, atau keterbatasan akses terhadap bahan mentah.

Ada beberapa alasan utama mengapa penentuan lokasi pabrik sangat penting. Pertama, lokasi yang strategis dapat meningkatkan efisiensi biaya dengan mengurangi biaya transportasi bahan baku dan produk jadi, biaya tenaga kerja, serta biaya utilitas. Kedua, lokasi yang dekat dengan pasar sasaran akan memudahkan distribusi produk dan memungkinkan perusahaan untuk merespons permintaan pelanggan dengan lebih cepat. Ketiga, kedekatan dengan sumber bahan baku dapat mengurangi biaya transportasi dan menjamin pasokan yang stabil. Keempat, ketersediaan tenaga kerja terampil dan terjangkau di lokasi pabrik sangat penting untuk kelancaran operasional. Terakhir, akses terhadap infrastruktur yang memadai, seperti jalan raya, pelabuhan, dan bandara, sangat penting untuk mendukung kegiatan logistik perusahaan.

Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas, maka lokasi pendirian pabrik biodiesel dengan kapasitas produksi 80.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah **Kawasan Industri JIPE Gresik, Jawa Timur** dimana, di daerah sekitar Jawa Timur bahan baku utama lebih mudah didapatkan.



Gambar 4.1 Lokasi Pabrik Biodiesel

Adapun keuntungan dipilihnya lokasi di Gresik adalah adanya faktor-faktor berikut:

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Dalam penentuan lokasi pabrik, faktor primer mengacu pada aspek-aspek paling dasar dan penting yang secara langsung mempengaruhi keberlangsungan kegiatan dan keuntungan perusahaan.

Faktor-faktor ini memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan faktor sekunder dan sering kali menjadi penentu pokok dalam pengambilan keputusan letak. Berikut beberapa faktor primer :

1. Penyedia Bahan Baku

Jawa Timur, dengan produksi kedelai yang melimpah, menghasilkan limbah ampas kedelai dalam jumlah besar. Potensi ini sering kali terbuang sia-sia. Oleh karena itu, pendirian pabrik di Gresik, Jawa Timur, menjadi langkah strategis. Lokasi ini dipilih karena ketersediaan bahan baku utama kedelai dan kebutuhan katalis NaOH yang sangat mudah diperoleh di sekitarnya.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan faktor krusial dalam penentuan lokasi pabrik biodiesel. Kedekatan dengan pasar konsumen biodiesel meminimalkan biaya transportasi dan mempercepat distribusi. Aksesibilitas ke infrastruktur distribusi seperti jalan tol, pelabuhan, bandara, dan jalur kereta api memastikan kelancaran pengiriman produk. Ketersediaan pasar lokal untuk produk sampingan seperti gliserol juga menjadi pertimbangan untuk meningkatkan profitabilitas. Strategi pemasaran yang efektif, baik untuk pasar ekspor maupun domestik, mempengaruhi pemilihan lokasi yang optimal. Pertimbangan ekonomis terkait biaya pemasaran, termasuk transportasi dan distribusi, menjadi faktor penentu dalam memilih lokasi yang memberikan keunggulan kompetitif. Dengan demikian,

pemasaran memainkan peran sentral dalam menentukan lokasi pabrik biodiesel yang efisien dan menguntungkan.

Pemasaran yang dilakukan adalah untuk memenuhi kebutuhan biodiesel di Indonesia. Kemudian jarak pabrik dengan moda transportasi yang telah tersedia adalah:

- a. Akses pelabuhan strategis melalui Pelabuhan BMS JIPE Manyar (5 km) dan Pelabuhan Tanjung Perak (31 km)
- b. Akses udara melalui Bandara Internasional Juanda yang (54 km)
- c. Akses jalur kereta ganda (barang) – (via Stasiun Duduk Sampeyan) untuk jalur distribusi ke seluruh Pulau Jawa (22 km).
- d. Akses jalan tol langsung terhubung (Krian-Legundi-Bunder-Manyar) ke Surabaya dan Bandara Internasional Juanda (7,6 km).

3. Tenaga Kerja

Tenaga kerja adalah modal utama dalam pendirian suatu pabrik. Kebanyakan tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja lulusan sekolah kejuruan atau menengah, dan sebagian memiliki gelar sarjana. Mengingat lokasi pabrik berada di kawasan industri, maka ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan dapat dipastikan tercukupi. Selain itu, kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi hal utama dalam perekrutan tenaga kerja guna mendapatkan tenaga kerja yang berkualitas.

Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan:

- a. Kemungkinan mendapatkan tenaga kerja yang sesuai dengan kebutuhan.
 - b. Tingkat pendidikan atau keahlian tenaga kerja yang ada.
 - c. Besarnya upah tenaga kerja di sekitar lokasi pabrik.
 - d. Keberadaan serikat pekerja atau peraturan ketenagakerjaan.
 - e. Ketersediaan tempat atau lembaga pelatihan tenaga kerja.
4. Utilitas

Ketersediaan air bersih merupakan salah satu faktor utama yang menunjang operasional suatu industri. Kawasan Industri JIPE di Jawa Timur menawarkan solusi efektif melalui penerapan teknologi *Sea Water Reverse Osmosis*. Teknologi ini memungkinkan pengolahan air laut menjadi air bersih dengan kapasitas 3.600 m³/jam, serta didukung oleh pasokan air dari Sungai Bengawan Solo. Adapun sarana pendukung lainnya, seperti penyediaan listrik, berasal dari PLN setempat dengan generator sebagai sumber cadangan.

5. Letak Geografis

Secara geografis, Kabupaten Gresik terletak pada koordinat 112° hingga 113° Bujur Timur dan 7° hingga 8° Lintang Selatan. Wilayah ini didominasi oleh dataran rendah, sementara sekitar sepertiganya merupakan kawasan pesisir yang telah dilengkapi dengan fasilitas pelabuhan umum dan dermaga khusus. Kondisi geografis tersebut memberikan Kabupaten Gresik keunggulan dalam

akses perdagangan, baik pada tingkat regional maupun nasional, sehingga menjadikannya lokasi yang potensial untuk kegiatan investasi.

6. Transportasi

Sebagai wilayah penyangga Kota Surabaya, Kabupaten Gresik memiliki sarana transportasi yang memadai. Sarana tersebut mempermudah kegiatan impor bahan baku melalui Pelabuhan Tanjung Perak, baik melalui Jalan Tol Gresik–Surabaya maupun langsung lewat jalur laut melalui Pelabuhan BMS JIPE Manyar. Kemudahan akses transportasi ini turut menunjang kelancaran proses distribusi produk, baik melalui jalur darat maupun jalur laut.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

1. Perluasan Area Unit

Pendirian suatu pabrik memerlukan perencanaan perluasan area produksi guna meningkatkan kapasitas pabrik sebagai antisipasi terhadap kemungkinan peningkatan permintaan produk. Hal ini mendorong pemilihan lokasi yang memiliki ketersediaan lahan kosong yang mencukupi. Kawasan Industri JIPE Gresik menyediakan lahan yang luas dan datar, sehingga mendukung pengembangan area pabrik di masa mendatang.

2. Perizinan

Kawasan industri Gresik merupakan wilayah yang dirancang khusus untuk kegiatan industri guna menunjang pengembangan berbagai sektor industri di daerah tersebut.

3. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Dalam mendirikan pabrik, aspek sosial masyarakat di sekitar lokasi perlu menjadi pertimbangan. Masyarakat di Kawasan Industri Gresik cenderung bersikap terbuka terhadap pembangunan pabrik karena selain memberikan peluang kerja dan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal, aspek keamanan mereka juga telah diperhitungkan sejak tahap perencanaan pembangunan.

4. Prasarana Pendukung

Prasarana pendukung, seperti fasilitas kesehatan, pendidikan, tempat ibadah, layanan perbankan, dan kawasan perumahan, turut menjadi pertimbangan dalam penentuan lokasi pendirian pabrik karena berperan dalam menunjang kehidupan sosial para tenaga kerja. Kawasan industri Gresik JIPE telah dilengkapi dengan sarana umum yang memadai untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan perencanaan pengaturan yang optimal terhadap fasilitas fisik dan tenaga kerja guna mendukung proses produksi barang. Dalam merancang tata ruang pabrik, penempatan mesin dan peralatan produksi harus diperhitungkan dengan cermat untuk menjamin aspek

keamanan, keselamatan, serta kenyamanan para pekerja. Selain peralatan yang digunakan dalam alur produksi, keberadaan bangunan penunjang seperti kantor, gudang, laboratorium, dan bengkel perlu diatur secara efisien, khususnya dalam hal kelancaran arus barang, kemudahan pengawasan, keamanan, dan pengendalian biaya. Di samping itu, penempatan alat produksi secara strategis juga menjadi hal penting agar proses produksi dapat berjalan dengan nyaman dan lancar.

Tata ruang pabrik mencakup perencanaan kebutuhan lahan untuk seluruh aktivitas operasional, meliputi area kantor, gudang, ruang kerja, serta berbagai fasilitas pendukung proses produksi. Perancangan tata ruang ini memegang peranan penting dalam menentukan besarnya biaya konstruksi dan produksi, serta mempengaruhi efisiensi operasional dan keselamatan kerja. Dari aspek keterpaduan fungsi, tata ruang harus disusun sedemikian rupa agar pemanfaatan lahan optimal dan kelancaran alur produksi serta distribusi dapat terjaga. Oleh sebab itu, perencanaan tata ruang pabrik perlu dilakukan secara saksama guna menghindari kendala operasional di kemudian hari. Berikut adalah faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam tata ruang pabrik:

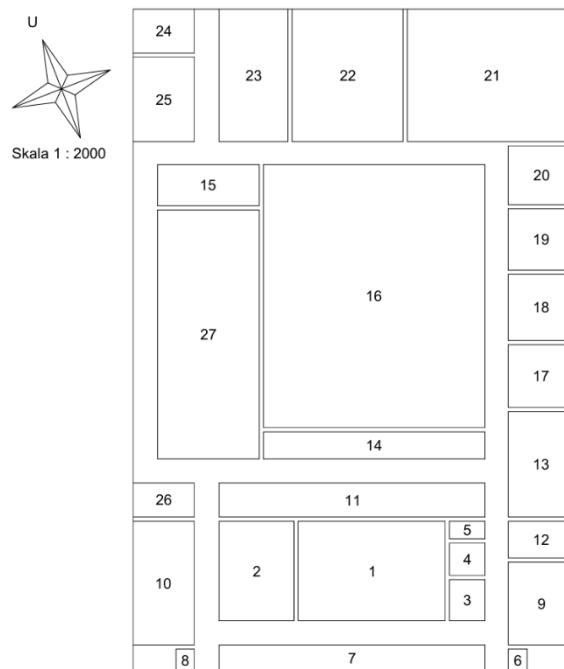
- a. Pabrik yang didirikan merupakan tambahan pabrik yang sebelumnya sudah berdiri atau merupakan pabrik baru sama sekali.
- b. Persediaan tanah untuk perluasan pabrik di masa yang akan datang.
- c. Jaminan kelancaran distribusi bahan baku, produk, dan utilitas (air, steam, listrik, bahan bakar).
- d. Cuaca atau iklim lingkungan.

- e. Masalah yang menyangkut *safety* seperti kemungkinan terjadi kebakaran, kecelakaan, dan sebagainya.
- f. Plant site harus mengikuti peraturan daerah setempat.
- g. *Waste disposal*.
- h. Penggunaan ruang kerja yang efisien.

Pabrik Biodiesel dari minyak ampas kedelai didirikan diatas tanah seluas 22138 m². berikut adalah perincian luas tanah bangun pabrik :

Tabel 4. 1 Perincian Luas Bangunan dan Tanah

No.	Lokasi	Bangunan		Luas (m ²)	Tanah		Luas (m ²)
		Panjang	Lebar		Panjang	Lebar	
1	Kantor	35	23	805	38,5	25,3	974,05
2	Gedung Serbaguna	23	17	391	25,3	18,7	473,11
3	Masjid	10	8	80	11	8,8	96,8
4	Kantin	8	8	64	8,8	8,8	77,44
5	Koperasi	8	5	40	8,8	5,5	48,4
6	Area Parkir Utama	20	15	300	22	16,5	363
7	Pos Satpam 1	5	4	20	5,5	4,4	24,2
8	Pos Satpam 2	5	4	20	5,5	4,4	24,2
9	Poliklinik	15	8	120	16,5	8,8	145,2
10	Gudang	25	15	375	27,5	16,5	453,75
11	Area Loading Space 1	50	6	300	55	6,6	363
12	Area Loading Space 2	23	9	207	25,3	9,9	250,47
13	Area Proses	68,18	45,45	3099,17	75	50	3750
14	Ruang Alat	15	15	225	16,5	16,5	272,25
15	Laboratorium	15	15	225	16,5	16,5	272,25



Gambar 4.2 Layout Pabrik Biodiesel

Keterangan :

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1. Kantor | 12. Poliklinik |
| 2. Gedung Serbaguna | 13. Gudang |
| 3. Masjid | 14. Area <i>Loading Space</i> 1 |
| 4. Kantin | 15. Area <i>Loading Space</i> 2 |
| 5. Koperasi | 16. Area Proses |
| 6. Area Parkir Utama | 17. Ruang Alat |
| 7. Halaman Depan Kantor | 18. Laboratorium |
| 8. Pos Satpam 1 | 19. Ruang <i>Control</i> Proses |
| 9. Pos Satpam 2 | 20. Ruang <i>Control</i> Utilitas |
| 10. Taman | 21. Area Utilitas |
| 11. Halaman Belakang Kantor | 22. UPL |

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 23. Area Pabrik Truk | 26. Area Pemadam Kebakaran |
| 24. Ruang Listrik | 27. Perluasan Pabrik |
| 25. Bengkel | |

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

Dalam perancangan tata letak alat proses pada pabrik Biodiesel ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat sesuai dengan alur proses dapat memberikan keuntungan ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan dalam proses produksi.

2. Aliran Udara

Keteraturan aliran udara di area proses memerlukan perhatian khusus guna memastikan kelancaran sirkulasi dan ventilasi, serta mencegah penumpukan udara statis yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya. Hal ini terutama penting di sekitar peralatan yang menggunakan metanol, seperti *mixer*, reaktor, dan menara distilasi. Oleh karena itu, pengaturan arah aliran udara menjadi prioritas utama untuk menghindari stagnasi udara yang dapat membahayakan keselamatan kerja.

3. Pencahayaan

Pencahayaan di seluruh area pabrik harus mencukupi, dan pada lokasi proses yang berisiko tinggi atau berpotensi bahaya perlu dilengkapi dengan penerangan tambahan untuk memastikan visibilitas yang optimal serta mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja.

4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam merancang tata letak peralatan proses, kemudahan dan kecepatan akses pekerja ke seluruh peralatan menjadi faktor utama agar penanganan gangguan dapat dilakukan dengan segera. Selain itu, keselamatan pekerja selama melaksanakan tugas harus diutamakan melalui penataan ruang yang aman.

5. Pertimbangan Ekonomi

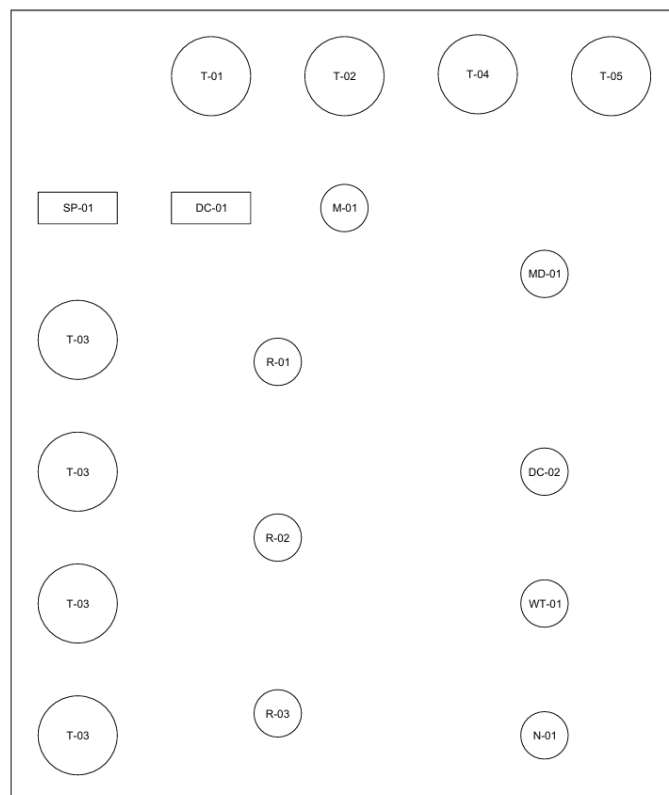
Penataan peralatan proses di pabrik hendaknya direncanakan dengan cermat guna menekan biaya operasional serta menjamin kelancaran dan keselamatan produksi, sehingga keuntungan ekonomi pabrik dapat tercapai secara optimal melalui efisiensi pemanfaatan sumber daya dan pengurangan risiko operasional.

6. *Maintenance*

Pemeliharaan memegang peranan penting dalam menjaga kondisi optimal sarana dan fasilitas peralatan pabrik melalui kegiatan perawatan rutin dan perbaikan berkala, guna mendukung kelancaran proses produksi dan meningkatkan produktivitas hingga target produksi serta spesifikasi bahan baku yang ditetapkan dapat tercapai. Pemeliharaan preventif dilakukan setiap hari untuk mencegah kerusakan peralatan dan menjaga kebersihan lingkungan kerja, sedangkan pemeliharaan berkala dilaksanakan sesuai jadwal yang tercantum dalam buku panduan.

7. Jarak Antara Alat Proses

Peralatan proses yang beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari peralatan proses lainnya. Hal ini bertujuan agar apabila terjadi ledakan atau kebakaran, dampaknya tidak membahayakan peralatan lain di area pabrik.



Gambar 4.3 Layout Alat Proses

Keterangan :

T : Tangki

SP : *Screw Press*

DC : Decanter

M : *Mixer*

R : Reaktor

N : *Netralizer*

WT : *Washing Tower*

MD : Menara Distilasi

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Mengingat bahwa pengelolaan pabrik biodiesel dari minyak ampas kedelai memerlukan tata kelola yang tertata dengan baik, maka diperlukan struktur organisasi yang sistematis agar pembagian tugas dan tanggung jawab dapat terlaksana dengan efektif dan efisien. Pabrik yang direncanakan memiliki kapasitas produksi tahunan sebesar 80.000 ton ini berbentuk badan hukum Perseroan Terbatas (PT). Berdasarkan Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2007, Perseroan Terbatas (PT) merupakan badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, yang menjalankan kegiatan usaha dengan modal dasar yang terbagi atas saham, dan dikenal juga sebagai badan hukum. Saham merupakan surat berharga yang dikeluarkan oleh individu atau badan usaha, yang dimiliki oleh para pemegang saham sebagai bukti kepemilikan atas badan usaha tersebut melalui penyertaan modal yang telah disetor. Dalam struktur perusahaan berbentuk PT, para pemegang saham hanya berkewajiban menyeter sejumlah dana tertentu sesuai nilai saham yang dimilikinya. Alasan memilih perusahaan berbentuk perseroan terbatas (PT) adalah:

- a. Kemudahan dalam mendapatkan modal, yaitu dilakukan dengan menjual saham perusahaan maupun dari bank.
- b. Kelancaran produksi hanya dapat dipegang oleh pengurus perusahaan, karena tanggung jawab yang dimiliki pemegang saham sangat terbatas.

- c. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
- e. Lapangan usaha yang lebih luas dikarenakan suatu perusahaan perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini dapat untuk memperluas usaha.
- f. Dapat dengan mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Pembentukan suatu perusahaan memerlukan susunan atau tatanan organisasi yang tertata dengan baik dan selaras dengan sistem manajemen yang berlaku, guna mewujudkan pembagian tugas dan wewenang yang jelas dalam pengelolaan perusahaan. Oleh karena itu, dibutuhkan struktur organisasi yang terorganisasi dengan baik di dalam perusahaan. Setiap perusahaan memiliki bentuk organisasi yang berbeda-beda, tergantung pada karakteristik dan kebutuhan masing-masing.

Dengan adanya struktur organisasi, perusahaan akan lebih terbantu dalam mengatur dan mendistribusikan bagian, jabatan, tugas, jenjang, kewenangan, serta tanggung jawab dari setiap unit atau divisi yang ada di dalamnya. Dalam menjalankan garis organisasi dipengaruhi oleh dua kelompok, yaitu:

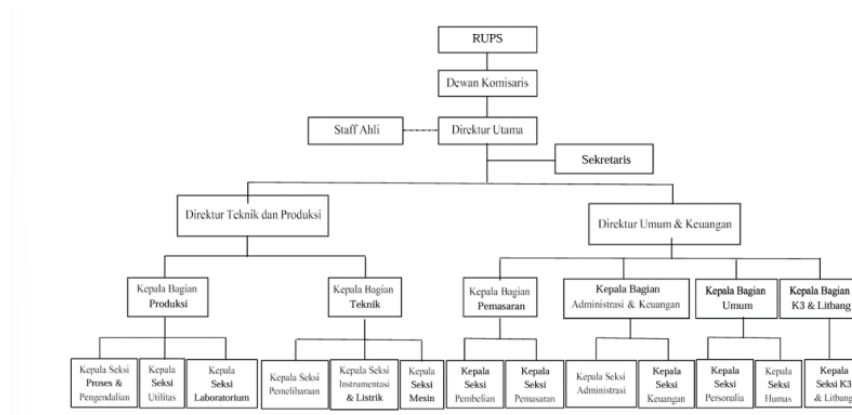
- a. Sebagai ahli atau *line* adalah orang yang bertugas melaksanakan tugas pokok organisasi untuk mencapai tujuan organisasi.
- b. Sebagai staff adalah pegawai dengan keahlian unik dan berfungsi sebagai penasihat unit operasional.

Pemilik perusahaan, yang terdiri atas para pemegang saham, menunjuk direksi untuk mengelola kegiatan operasional sehari-hari. Pengelolaan perusahaan dilakukan oleh direksi dengan dukungan manajer operasional, serta manajer operasional di bidang keuangan dan umum. Direktur bidang produksi bertanggung jawab atas proses produksi, pengadaan, pemeliharaan, pengembangan, dan pengawasan mutu. Direktur Keuangan dan Pelaksana saat ini membawahi bidang pemasaran, administrasi, keamanan, kesehatan, keselamatan kerja, serta pengelolaan lingkungan. Setiap kepala departemen memimpin sejumlah supervisor dan bertugas mengatur serta mengawasi para pekerja di departemennya masing-masing. Para pekerja perusahaan dikelompokkan ke dalam beberapa tim kerja yang masing-masing dipimpin oleh seorang ketua tim, yang bertanggung jawab kepada supervisor di departemen terkait. Untuk mendukung kelancaran produksi, diperlukan tenaga

terampil yang merupakan ahli di bidangnya. Karyawan yang kompeten diharapkan dapat memberikan gagasan dan masukan kepada manajemen guna mencapai tujuan perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai materi pengantar untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan rencana pengembangan manajemen.
5. Penataan ulang langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar dan tidak memenuhi syarat.



Gambar 4.4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Biodiesel

4.4.3 Tugas dan Wewenang

Sebagaimana diketahui, dalam suatu Perseroan Terbatas terdapat sejumlah organ yang memiliki kewenangan, tanggung jawab, serta tugas masing-masing. Organ-organ tersebut meliputi Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS), Direksi, dan Dewan Komisaris. Ketentuan mengenai

pengertian ketiga organ tersebut diatur dalam Pasal 1 angka 4, angka 5, dan angka 6 Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas (UUPT).

a. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah individu atau badan hukum yang menanamkan modalnya ke dalam suatu perusahaan dengan cara membeli sejumlah saham yang diterbitkan oleh perusahaan tersebut. Oleh karena itu, pemegang saham secara hukum juga memiliki bagian kepemilikan atas perusahaan. Dalam struktur tata kelola perusahaan, pemegang saham memiliki beberapa tugas dan wewenang utama, di antaranya adalah:

1. Memiliki hak untuk mengangkat maupun memberhentikan anggota Dewan Komisaris dan jajaran Direksi berdasarkan pertimbangan kinerja dan kebutuhan perusahaan.
2. Berwenang untuk mengesahkan laporan keuangan tahunan perusahaan, termasuk laporan hasil usaha dan neraca laba rugi yang mencerminkan kinerja perusahaan dalam satu tahun buku.
3. Berkewajiban untuk menyelenggarakan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) setidaknya satu kali dalam satu tahun sebagai forum pengambilan keputusan tertinggi dalam perusahaan.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan organ perusahaan yang bertugas menjalankan fungsi pengawasan terhadap kebijakan dan jalannya

pengelolaan perusahaan yang dilaksanakan oleh Direksi, serta bertanggung jawab secara langsung kepada para pemegang saham. Tugas dan kewenangan Dewan Komisaris meliputi beberapa hal penting, yakni:

1. Melakukan penilaian dan memberikan persetujuan atas rencana strategis yang disusun oleh Direksi, termasuk di dalamnya kebijakan umum perusahaan, target kinerja, pengalokasian sumber daya, dan strategi pemasaran.
2. Melaksanakan fungsi pengawasan secara menyeluruh terhadap pelaksanaan tugas-tugas Direksi guna memastikan bahwa pengelolaan perusahaan dilakukan secara profesional dan sesuai dengan prinsip tata kelola yang baik.
3. Memberikan bantuan serta dukungan kepada Direksi dalam pelaksanaan tugas-tugas strategis dan penting yang mempengaruhi jalannya perusahaan.

c. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan eksekutif tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab penuh atas jalannya kegiatan operasional perusahaan sehari-hari, dan wajib mempertanggungjawabkan seluruh kebijakan serta kinerjanya kepada Dewan Komisaris. Adapun tugas dan wewenang dari Direktur Utama mencakup:

1. Menetapkan dan mengimplementasikan kebijakan perusahaan secara menyeluruh dengan berpedoman pada visi dan misi yang telah ditetapkan oleh pemegang saham.
2. Memberikan laporan pertanggungjawaban kepada Dewan Komisaris dan para pemegang saham terkait dengan hasil kerja dan pencapaian perusahaan pada akhir masa jabatannya.
3. Menjaga stabilitas organisasi internal perusahaan serta memelihara hubungan yang harmonis antara pemegang saham, jajaran pimpinan, konsumen, dan seluruh karyawan perusahaan.
4. Memiliki kewenangan untuk mengangkat maupun memberhentikan kepala bagian di lingkungan perusahaan, dengan persetujuan dari para pemegang saham.
5. Bertugas mengkoordinasikan hubungan kerja antar direktorat, bagian, dan seksi guna memastikan kelancaran pelaksanaan tugas-tugas di seluruh unit kerja.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, antara lain:

1. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat ini memiliki tanggung jawab dalam hal-hal yang berkaitan dengan pengelolaan administrasi, personalia, hubungan masyarakat, keamanan internal perusahaan, serta keselamatan dan kesehatan kerja. Direktorat ini membawahi Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi, Bagian Umum dan Keamanan

2. Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat ini berperan dalam menyusun, mengelola, dan mengalokasikan anggaran serta pendapatan perusahaan, sekaligus menjalankan kebijakan dan strategi pemasaran produk. Unit-unit yang berada di bawah direktorat ini adalah Bagian Keuangan, Bagian Pemasaran

3. Direktorat Teknik dan Produksi

Direktorat ini bertanggung jawab atas penyusunan kebijakan teknis operasional serta memastikan kelangsungan operasional pabrik secara efisien dan berkesinambungan. Direktorat ini terdiri atas Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

d. Bagian

Setiap bagian dalam struktur organisasi perusahaan memiliki peran penting dalam mengelola, mengoordinasikan, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan lingkup kewenangan yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Masing-masing bagian bertanggung jawab kepada direktorat yang menaunginya. Berikut adalah uraian masing-masing bagian:

1. Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia

Mengelola kegiatan yang terkait dengan administrasi umum, urusan kesekretariatan, serta pengembangan sumber daya manusia.

2. Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Menangani program kesehatan dan keselamatan kerja bagi seluruh karyawan serta mengelola upaya pelestarian lingkungan perusahaan.

3. Bagian Umum dan Keamanan

Bertanggung jawab dalam menjalin hubungan dengan masyarakat dan menjaga keamanan aset dan lingkungan perusahaan.

4. Bagian Keuangan

Mengelola kegiatan administrasi keuangan, pengadaan barang, serta pelaporan dan pembukuan keuangan perusahaan.

5. Bagian Pemasaran

Melaksanakan kegiatan distribusi produk dan strategi pemasaran perusahaan agar produk dapat menjangkau konsumen secara optimal.

6. Bagian Proses dan Utilitas

Menangani proses produksi serta memastikan ketersediaan bahan baku dan kebutuhan utilitas pabrik.

7. Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi

Mengelola kegiatan pemeliharaan dan penyediaan fasilitas teknis untuk mendukung kelangsungan produksi.

8. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Melaksanakan kegiatan penelitian dan pengembangan serta memastikan mutu produk tetap sesuai standar.

e. Seksi

Seksi merupakan unit terkecil dalam struktur organisasi yang bertugas melaksanakan pekerjaan operasional berdasarkan rencana kerja yang telah ditetapkan oleh kepala bagian masing-masing. Setiap seksi berada di bawah tanggung jawab bagian yang menaunginya. Adapun seksi-seksi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Seksi Personalia

Melaksanakan kegiatan administrasi kepegawaian dan program pengembangan sumber daya manusia.

2. Seksi Tata Usaha

Mengelola kebijakan teknis administrasi, kesekretariatan, perencanaan, pelaporan, serta pengelolaan perlengkapan dan aset perusahaan.

3. Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Bertanggung jawab terhadap kesehatan karyawan dan keluarganya serta keselamatan kerja di lingkungan perusahaan.

4. Seksi Unit Pengolahan Limbah

Melaksanakan kegiatan pengolahan limbah produksi guna menjaga keberlanjutan lingkungan.

5. Seksi Hubungan Masyarakat

Menjalin dan mengelola hubungan eksternal perusahaan dengan pemerintah, masyarakat, serta mitra industri.

6. Seksi Keamanan

Menyelenggarakan kegiatan pengamanan secara langsung di lingkungan perusahaan.

7. Seksi Proses

Memastikan kelancaran proses produksi sesuai dengan standar operasional pabrik.

8. Seksi Utilitas

Menyediakan sarana pendukung produksi seperti air, uap, bahan bakar, dan udara tekan.

9. Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Melaksanakan perawatan, pemeliharaan, dan penggantian peralatan serta fasilitas produksi.

10. Seksi Listrik dan Instrumentasi

Menjamin ketersediaan tenaga listrik dan alat ukur agar proses produksi berjalan lancar.

11. Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Melaksanakan kegiatan pengawasan mutu bahan baku, bahan tambahan, dan hasil produk akhir.

12. Seksi Penelitian dan Pengembangan

Menangani kegiatan riset dan inovasi untuk mendukung kemajuan perusahaan.

f. Staf Ahli

Staf Ahli merupakan tenaga profesional yang memiliki keahlian khusus dan bertugas memberikan saran, pandangan, dan rekomendasi strategis kepada jajaran direksi, khususnya Direktur Utama, terkait dengan aspek operasional perusahaan. Staf Ahli bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama dan membantu dalam bidang teknis, keuangan, pemasaran, sumber daya manusia, serta urusan umum. Adapun tugas dan wewenangnya mencakup:

1. Memberikan masukan dan saran konstruktif dalam perencanaan serta pengembangan jangka panjang perusahaan.
2. Membantu menyempurnakan proses produksi melalui perbaikan rancangan alat dan peningkatan efektivitas sistem operasional pabrik.
3. Berkontribusi dalam peningkatan efisiensi kerja di seluruh lini perusahaan agar tercapai produktivitas maksimal.

4.4.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Biodiesel dari ampas kedelai direncanakan beroperasi selama 24 jam sehari secara kontinyu. Jumlah hari kerja selama setahun 330 hari. Hari-hari yang lainnya digunakan untuk perawatan dan perbaikan. Catatan hari kerja :

1. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

2. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan *shift*, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

3. Kerja Lembur (*Overtime*)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua, yaitu karyawan *shift* dan *non shift*.

1. Jadwal Non Shift

Karyawan *non shift* merupakan karyawan yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi, seperti bagian administrasi, bagian gudang, dan lain-lain. Dalam satu minggu karyawan bekerja selama 5 hari dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari Sabtu, Minggu dan hari besar ditetapkan sebagai hari libur. Yang termasuk karyawan *non-shift* adalah Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di

kantor. Berikut merupakan perincian jam kerja karyawan *non-shift* sebagai berikut :

Tabel 4.2 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Non-Shift*

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

2. Jadwal *Shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Bagi karyawan *shift*, setiap 6 hari kerja mendapatkan libur 2 hari dan masuk *shift* secara bergantian waktunya. Kelompok kerja *shift* ini dibagi menjadi 3 *shift* sehari, masing masing bekerja selama 8 jam, sehingga harus dibentuk 4 kelompok, dimana setiap hari 3 kelompok bekerja, sedangkan 1 kelompok libur. Aturan jam kerja karyawan *shift*:

Tabel 4.3 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Shift*

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

Setelah dua hari karyawan masuk *Shift 2*, dua hari *Shift 3*, dan dua hari *shift 1*, maka karyawan shift ini mendapat libur selama 2 hari. Setiap masuk kerja *shift*, karyawan diberikan waktu istirahat selama 1

jam secara bergantian. Diluar jam kerja kantor maupun pabrik tersebut. Apabila karyawan masih dibutuhkan untuk bekerja diluar jam kerja yang telah ditentukan maka kelebihan jam kerja tersebut diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*) dengan perhitungan gaji yang berbeda. Serta untuk hari besar (hari libur nasional), maka karyawan kantor akan diliburkan. Sedangkan karyawan pabrik tetap masuk kerja sesuai jadwal yang sudah ada dengan perhitungan lembur. Masing-masing shift dikepalai oleh satu orang kepala shift. Jadwal kerja masing-masing kelompok sebagai berikut:

Tabel 4.4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

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

Keterangan :

P : *Shift 1*

S : *Shift 2*

M : *Shift 3*

L : Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah tenaga kerja disesuaikan dengan kebutuhan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif

Tabel 4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem gaji

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan	Gaji (/bulan)	Gaji (/tahun)
1	Dewan Komisaris	1	Rp75.000.000	Rp75.000.000	Rp900.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp90.000.000	Rp90.000.000	Rp1.080.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp70.000.000	Rp70.000.000	Rp840.000.000
4	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp70.000.000	Rp70.000.000	Rp840.000.000
5	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	Rp65.000.000	Rp65.000.000	Rp780.000.000
6	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp42.000.000	Rp42.000.000	Rp504.000.000
7	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000	Rp480.000.000
8	Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	Rp38.000.000	Rp38.000.000	Rp456.000.000
9	Ka. Bag. Keuangan	1	Rp38.000.000	Rp38.000.000	Rp456.000.000
10	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp38.000.000	Rp38.000.000	Rp456.000.000
11	Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	1	Rp36.000.000	Rp36.000.000	Rp432.000.000
12	Ka. Bag. Administrasi dan SDM	1	Rp36.000.000	Rp36.000.000	Rp432.000.000
13	Ka. Bag. Umum dan Keamanan	1	Rp34.000.000	Rp34.000.000	Rp408.000.000
14	Ka. Sek. Proses	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
15	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000

16	Ka. Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
17	Ka. Sek. Listrik dan Instrumentasi	1	Rp26.000.000	Rp26.000.000	Rp312.000.000
18	Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
19	Ka. Sek. Laboratorium dan Pengendalian Mutu	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000	Rp300.000.000
20	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	Rp24.000.000	Rp24.000.000	Rp288.000.000
21	Ka. Sek. Unit Pengolahan Limbah	1	Rp24.000.000	Rp24.000.000	Rp288.000.000
22	Ka. Sek. Tata Usaha	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
23	Ka. Sek. Personalia	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
24	Ka. Sek. Hubungan Masyarakat	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
25	Ka. Sek. Bahan Baku dan Produk	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
26	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
27	Kepala Seksi Pendataan Audit	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
28	Kepala Seksi Perencanaan Keuangan	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
29	Kepala Seksi Pengendalian Keuangan	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
30	Kepala Seksi Pengadaan Bahan Baku	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
31	Kepala Seksi Pengadaan Bahan Pendukung	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
32	Kepala Seksi Akuntansi	1	Rp22.000.000	Rp22.000.000	Rp264.000.000
33	Operator Produksi	28	Rp7.000.000	Rp196.000.000	Rp2.352.000.000
34	Operator Utilitas	60	Rp7.000.000	Rp420.000.000	Rp5.040.000.000

35	Operator DCS	2	Rp8.000.000	Rp16.000.000	Rp192.000.000
36	Engineer Proses	4	Rp11.000.000	Rp44.000.000	Rp528.000.000
37	Engineer Mekanikal/Elektrikal	3	Rp11.000.000	Rp33.000.000	Rp396.000.000
38	Analisis Laboratorium	3	Rp7.000.000	Rp21.000.000	Rp252.000.000
39	HSE Officer	2	Rp8.000.000	Rp16.000.000	Rp192.000.000
40	IT Support	2	Rp7.500.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
41	Karyawan Proses	10	Rp6.500.000	Rp65.000.000	Rp780.000.000
42	Karyawan Utilitas	5	Rp6.500.000	Rp32.500.000	Rp390.000.000
43	Karyawan Pemeliharaan	6	Rp6.800.000	Rp40.800.000	Rp489.600.000
44	Karyawan Laboratorium	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000	Rp468.000.000
45	Karyawan Administrasi	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000	Rp468.000.000
46	<i>Cleaning Service</i>	10	Rp5.700.000	Rp57.000.000	Rp684.000.000
47	<i>Security</i>	8	Rp5.800.000	Rp46.400.000	Rp556.800.000
48	Sopir	8	Rp6.000.000	Rp48.000.000	Rp576.000.000
49	Perawat	5	Rp6.800.000	Rp34.000.000	Rp408.000.000
Total		200	Rp1.237.600.000	Rp2.276.700.000	Rp27.320.400.000

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

1. Hak Cuti

a. Cuti Tahunan

Dalam satu tahun, setiap karyawan perusahaan memiliki hak untuk mengambil cuti sebanyak 12 hari. Jika hak ini tidak digunakan dalam jangka waktu tersebut, hak cuti tersebut akan hilang dan tidak dapat diperoleh lagi untuk tahun berikutnya.

b. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja

c. Cuti Hamil

Bagi tenaga kerja wanita yang akan melahirkan berhak mendapatkan cuti lahiran selama 3 bulan

2. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

3. Kerja Lembur (*Overtime*)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

4. Poliklinik

Berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 03/Men/1980 tentang Pemeriksaan Kesehatan Kerja Dalam Penyelenggaraan Keselamatan Kerja. Salah satu tugas utama klinik perusahaan adalah menangani keadaan darurat dan keadaan darurat di dalam perusahaan. Selain itu, kesehatan karyawan merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam meningkatkan efisiensi produksi. Untuk itu, perusahaan menawarkan fasilitas praktik umum yang dikelola oleh dokter dan perawat.

5. Pakaian Kerja

Pakaian kerja yang diberikan kepada setiap pekerja yaitu sebanyak 3 pasang pada setiap tahunnya.

6. Tunjangan Hari Raya

Tunjangan ini diberikan setiap tahun, yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

7. Jamsostek

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

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan sekumpulan unit yang bertugas menyediakan sarana penunjang proses produksi. Unit ini keberadaannya sangat penting dan harus ada dalam rancangan suatu pabrik. Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi di dalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas meliputi :

a. Unit Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit ini berfungsi menyediakan air domestik, air service, air umpan boiler, dan air pendingin

b. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit ini berfungsi menyediakan panas yang digunakan untuk pemanas pada heater

c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

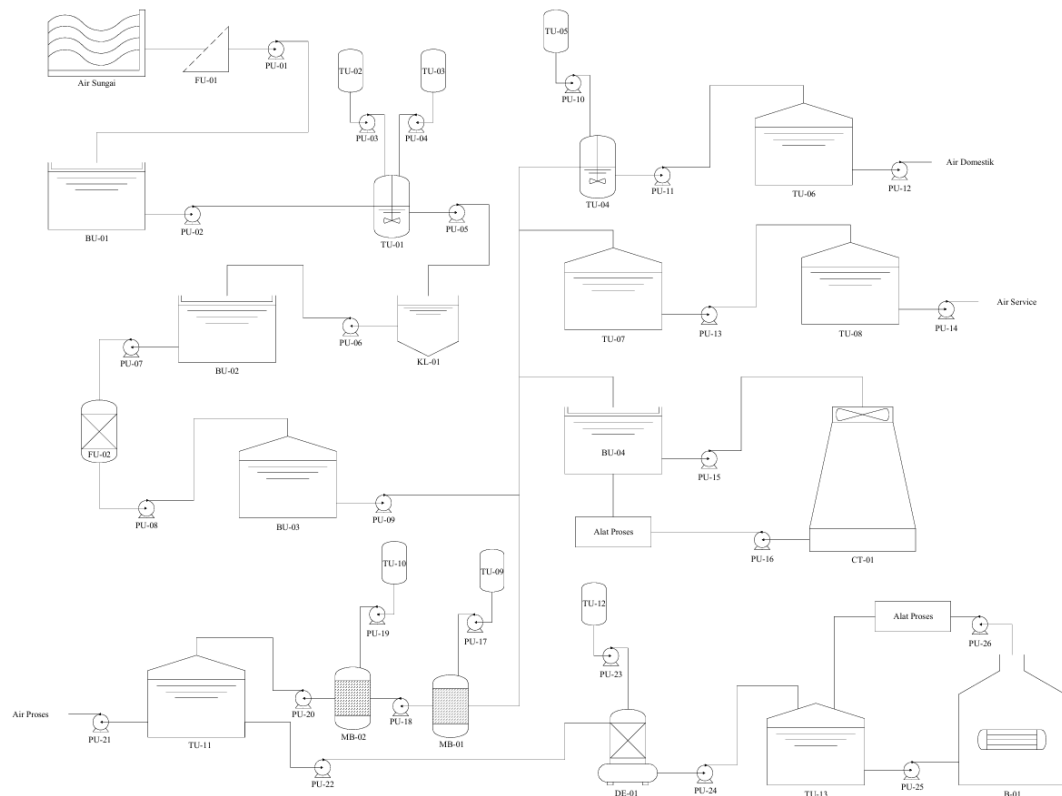
Unit ini berfungsi menyediakan tenaga penggerak untuk peralatan proses dan penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator Set sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

d. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk boiler dan generator

e. Unit Pengolahan Limbah

Unit ini berfungsi untuk mengolah limbah hasil proses produksi agar aman sebelum dibuang ke lingkungan atau didaur ulang.



Gambar 5.1 Diagram Pengolahan Air

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : Saringan Awal/Screening
3. FU-02 : Saringan Pasir/Sand Filter
4. BU-01 : Bak Pengendapan Awal
5. BU-02 : Bak Pengendap 2
6. BU-03 : Bak Penampungan Sementara
7. BU-04 : Bak Air Pendingin
8. TU-01 : Tangki Flokulator
9. TU-02 : Tangki Tawas
10. TU-03 : Tangki CaOH

11. TU-04 : Tangki Klorinasi
12. TU-05 : Tangki Kaporit
13. TU-06 : Tangki Air Bersih
14. TU-07 : Tangki Air *Service*
15. TU-08 : Tangki Air Bertekanan
16. TU-09 : Tangki HCl
17. TU-10 : Tangki NaOH
18. TU-11 : Tangki Air Demin
19. TU-12 : Tangki N₂H₄
20. TU-13 : Tangki Umpan Boiler
21. KL-01 : *Clarifier*
22. MB-01 : *Mixed Bed*
23. MB-02 : *Mixed Bed*
24. DE-01 : Daerator
25. CT-01 : *Cooling Tower*
26. B-01 : *Blower Cooling Tower*

5.1 Unit Penyedia Dan Pengolahan Air (*water treatment system*)

5.1.1 Unit Penyedia Air

Unit penyedia dan pengolahan air, yang umum disebut sebagai Unit *Water Treatment System*, memiliki fungsi utama untuk menyediakan dan mengolah air bersih guna memenuhi kebutuhan air operasional di dalam pabrik. Sumber air yang digunakan untuk keperluan ini biasanya berasal

dari air sumur, air sungai, air danau, maupun air laut. Adapun unsur-unsur yang membentuk suatu sistem penyediaan air meliputi:

1. Sumber Pengadaan Air

Sumber pengadaan air untuk industri dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti sungai, waduk, sumber air tanah (sumur) ataupun air laut.

2. Sarana Penampungan

Untuk menunjang kebutuhan air, maka diperlukan adanya sarana penampungan air. Biasanya letak penampungan air diletakkan di dekat sumber penyediaannya.

3. Sarana Penyaluran

Untuk menyalurkan air menuju sarana pengolahan, maka diperlukan adanya sarana penyaluran.

4. Sarana Pengolahan

Karena air yang didapat dari sumbernya belum dapat digunakan secara langsung, maka diperlukan sarana pengolahan agar mutu air sesuai dengan ketentuan.

5. Sarana-sarana Distribusi

Untuk membagikan air yang sudah diolah ke berbagai unit, maka diperlukan adanya sarana distribusi.

Dalam perancangan pabrik biodiesel ini, sumber air yang dipilih untuk memenuhi kebutuhan operasional adalah air laut, yang akan diambil dan diolah menjadi air bersih melalui fasilitas yang disediakan

oleh Kawasan Industri JIPE dengan kapasitas pengolahan mencapai 3600 m³/jam. pemilihan air laut sebagai sumber utama ini didukung oleh keberadaan infrastruktur Kawasan Industri JIPE yang secara khusus menyediakan layanan air bersih melalui sistem terintegrasi yang mencakup tujuh kolam penampungan air dengan total luasan mencapai 42 hektar, menjamin ketersediaan air baku yang memadai dan berkelanjutan untuk proses produksi biodiesel di pabrik yang direncanakan.

Dalam prarancangan pabrik biodiesel ini, selain sumber air yang sudah disediakan oleh Kawasan Industri JIPE, potensi pemanfaatan air dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo juga dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan operasional pabrik. namun, perlu digaris bawahi bahwa air dari DAS Bengawan Solo ini memiliki karakteristik kandungan yang meliputi pasir, berbagai jenis mineral terlarut, ion-ion tertentu, serta beragam kotoran organik maupun anorganik yang signifikan, sehingga sebelum dapat dimanfaatkan secara efektif dalam proses produksi biodiesel, air tersebut memerlukan serangkaian tahapan pengolahan yang komprehensif dan terukur untuk menghilangkan kontaminan-kontaminan tersebut dan memastikan kualitas air yang sesuai dengan standar operasional pabrik.

Proses pengolahan air ini memiliki tujuan krusial dalam menjaga integritas dan keberlangsungan operasional peralatan proses industri, serta meminimalisir secara signifikan keberadaan kontaminan yang

berpotensi mengganggu jalannya reaksi kimiawi antar reaktan yang terlibat dalam alur proses produksi. Pemilihan air sungai memiliki pertimbangan sebagai berikut :

1. Sungai seringkali menyediakan volume air yang melimpah dan berkelanjutan, sehingga berpotensi besar untuk memenuhi kebutuhan air operasional pabrik biodiesel dalam jangka panjang.
2. Apabila lokasi pabrik berdekatan dengan sumber sungai, maka akses terhadap air baku menjadi lebih mudah dan dapat mengurangi kompleksitas serta biaya infrastruktur awal untuk pengambilan air.
3. Investasi awal untuk membangun fasilitas pengambilan air dari sungai, seperti intake dan sistem pemompaan, berpotensi lebih rendah dibandingkan dengan pengembangan sumber air alternatif seperti sumur dalam atau desalinasi air laut.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1. Air Domestik

Air domestik dalam pabrik biodiesel adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari seperti kebersihan, sanitasi, dan kebutuhan karyawan di lingkungan pabrik. Air yang diperlukan untuk keperluan domestik ini adalah sebesar:

- Air untuk kantor

Kebutuhan air untuk karyawan = 100 L/hari/orang

Air untuk kebutuhan karyawan = 200 x 100 L/hari

= 20144,5047 kg/hari

- Air untuk rumah tangga

Kebutuhan air untuk penghuni = 200 kg/hari/orang

Air untuk kebutuhan rumah = 600 kg/hari x 45 rumah

= 27000 kg/hari

sehingga, total kebutuhan air untuk keperluan domestik adalah sebanyak :

Air keperluan domestik = 1964,3544 kg/jam

= 47144,5047 kg/hari

2. Air Service

Air *service* dalam pabrik biodiesel adalah sistem penyediaan udara tekan (*compressed air*) yang digunakan untuk mengoperasikan peralatan pneumatik, seperti katup, pompa, dan instrumen kontrol otomatis. Sistem ini penting untuk mendukung proses produksi yang efisien dan aman.

- Air untuk bengkel

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 360 kg/hari

- Air untuk poliklinik

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 400 kg/hari

- Air untuk laboratorium

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 800 kg/hari

- Air untuk pemadam kebakaran

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 7000 kg/hari

- Air untuk kantin, musholla, kebun dan lain lain

Air untuk keperluan ini diperkirakan = 5000 kg/hari

Air keperluan *service* = 565 kg/jam

= 13560 kg/hari

3. Air Proses

Di pabrik biodiesel, air proses digunakan untuk keperluan operasional di *Washing Tower* (WT-01). Kebutuhan air proses mencapai 5904,4533 kg/jam.

Dari jumlah tersebut, diterapkan perancangan dengan kelebihan desain (*over design*) sebesar 20%, sehingga total kebutuhan air proses menjadi 7085,3440 kg/jam.

4. Air Pendingin

Air pendingin dalam pabrik biodiesel ini berfungsi untuk mengontrol suhu selama proses produksi, terutama saat reaksi transesterifikasi, agar tetap stabil dan efisien. Sistem pendingin ini juga mencegah kerusakan peralatan akibat panas berlebih dan membantu mendinginkan produk akhir sebelum penyimpanan.

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

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Reaktor (R-01)	92100,7136
Reaktor (R-02)	25522,8111
Reaktor (R-03)	7072,7773

<i>Netralizer</i> (N-01)	41980,3123
<i>Cooler</i> (CL-01)	6283,5884
<i>Cooler</i> (CL-02)	1224,8261
<i>Condensor</i> (CD-01)	9339,7378
Total	183524,7668

Berdasarkan total kebutuhan air pendingin, dilakukan perancangan dengan tambahan kapasitas sebesar 20% (*over design*), sehingga kebutuhan air pendingin meningkat menjadi 220229,7201 kg/jam. Setelah memperoleh data kebutuhan tersebut, tahap selanjutnya adalah pengelolaan sirkulasi dan pemulihan air yang digunakan dalam proses produksi. Seluruh air yang keluar dari alat penukar panas di area proses akan dialirkan kembali untuk didinginkan di dalam menara pendingin (*cooling tower*). Pada menara pendingin ini, sebagian air akan menguap atau hilang akibat kebocoran. Oleh karena itu, guna menjaga kestabilan jumlah air pendingin, diperlukan penambahan air pengganti (*make-up water*) yang sesuai dengan jumlah air yang hilang. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan air pengganti mencapai 4725,8291 kg/jam.

5. Air Pemanas (*Steam*)

Air pemanas berperan sebagai media pemanas di pabrik dengan cara mengubah air menjadi uap yang dimanfaatkan dalam ketel uap (*boiler*). Uap air yang dihasilkan dari ketel harus memenuhi standar tertentu, karena jika tidak, dapat menimbulkan kerusakan pada sistem. Oleh sebab itu, pengelolaan air umpan ketel perlu dilakukan secara

cermat, mengingat adanya kandungan zat-zat tertentu yang dapat menyebabkan korosi (*corrosion*), pembentukan kerak (*scaling*), pengotoran (*fouling*), serta pembentukan busa (*foaming*) dalam sistem.

Kebutuhan steam pada pabrik biodiesel ini terlampir pada tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2 Kebutuhan Steam

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Heater</i> (HE-01)	114,6218
<i>Heater</i> (HE-02)	225,6828
<i>Heater</i> (HE-03)	1075,6090
<i>Reboiler</i> (RB-01)	511,4160
Total	1927,3296

Dari total kebutuhan steam, dilakukan perancangan dengan kelebihan kapasitas (*over design*) sebesar 20%, sehingga kebutuhan uap air (*steam*) menjadi 2312,7956 kg/jam. Selain memperhitungkan kebutuhan uap, pengelolaan kualitas air dalam sistem ketel juga menjadi hal yang penting. Untuk mencegah tingginya kadar padatan terlarut (kotoran) dalam air ketel, dilakukan pembuangan air melalui katup blowdown, yang kemudian akan digantikan dengan air umpan (*feed water*) yang baru. Tujuan dari pembuangan ini adalah untuk mengurangi risiko korosi, pembentukan kerak, dan permasalahan lainnya. Jumlah air ketel yang dibuang melalui proses blowdown diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan uap.

Untuk mengeluarkan kondensat, udara, dan fluida non kondensibel yang terperangkap dalam sistem uap, digunakan steam trap, yaitu katup otomatis. Steam trap akan terbuka apabila aliran yang masuk berupa kondensat. Sebaliknya, jika uap masih mengalir ke dalam steam trap, katup akan tertutup untuk menahan uap agar tidak terbang. Ketika uap telah berubah menjadi kondensat (air), steam trap akan kembali terbuka untuk mengalirkannya keluar. Uap yang tertahan dalam steam trap diperkirakan sebesar 5% dari total kebutuhan uap. Dengan demikian, jumlah air pengganti (*make-up water*) yang diperlukan untuk mengganti kehilangan akibat proses blowdown dan steam trap adalah sebesar 462,5591 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air yang berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Bengawan Solo akan diolah di unit pengolahan air dengan tahapan pengolahan sebagai berikut:

1. Pengambilan Air Baku (*Intake*)

Tahap awal pengolahan dilakukan dengan mengambil air dari Sungai Bengawan Solo menggunakan pompa. Pada tahap ini, air dialirkan melalui penyaring kasar (*coarse screen* atau *bar screen*) yang berfungsi menahan benda-benda berukuran besar, seperti ranting, plastik, dan berbagai jenis sampah. Proses penyaringan ini penting untuk mencegah kerusakan atau penyumbatan pada peralatan di tahap selanjutnya. Dalam beberapa sistem, digunakan pula

penyaring halus untuk menangkap partikel yang lebih kecil, seperti pasir kasar dan serangga.

2. Koagulasi dan Flokulasi

Setelah air terbebas dari benda-benda berukuran besar, tahap selanjutnya adalah koagulasi dan flokulasi. Pada proses koagulasi, zat kimia seperti tawas (aluminium sulfat) ditambahkan ke dalam air untuk menangkap partikel halus dan koloid yang menyebabkan air tampak keruh. Partikel-partikel tersebut tidak dapat mengendap dengan sendirinya, sehingga perlu digabungkan melalui reaksi kimia. Kemudian, dalam tahap flokulasi, air diaduk secara perlahan agar partikel hasil koagulasi saling menyatu membentuk gumpalan (flok) yang lebih besar dan berat, sehingga dapat dengan mudah diendapkan.

3. Sedimentasi

Air yang mengandung flok selanjutnya dialirkan ke dalam bak pengendap (*clarifier*), tempat flok-flok tersebut akan turun dan mengendap di dasar akibat gaya gravitasi. Proses ini memungkinkan pemisahan zat padat dari air secara alami. Endapan lumpur yang terbentuk di dasar bak dikumpulkan dan dibuang secara teratur. Air di bagian atas bak, yang telah menjadi lebih jernih, kemudian dialirkan ke tahap penyaringan. Proses pengendapan ini sangat penting untuk mengurangi kandungan padatan tersuspensi pada tahap pengolahan berikutnya.

4. Filtrasi

Setelah tahap sedimentasi, air dialirkan menuju unit penyaring untuk menghilangkan partikel-partikel halus yang masih tertinggal. Unit penyaring ini umumnya berisi media berlapis seperti pasir, kerikil, dan kadang-kadang arang aktif. Air mengalir secara perlahan melalui lapisan tersebut, sehingga partikel tersuspensi yang belum sempat mengendap dapat tertahan di dalam media penyaring. Jenis alat penyaring yang digunakan dapat berupa penyaring pasir gravitasi, penyaring bertekanan, atau penyaring multimedial, tergantung pada kebutuhan. Proses penyaringan ini bertujuan untuk meningkatkan kejernihan air dan mengurangi kandungan mikroorganisme.

5. Disinfeksi

Tahap disinfeksi bertujuan untuk membunuh mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, dan protozoa yang mungkin masih tersisa setelah proses filtrasi. Metode yang sering digunakan meliputi klorinasi (dengan gas klorin atau natrium hipoklorit), ozonisasi, serta penyinaran menggunakan sinar ultraviolet (UV). Pemilihan metode disesuaikan dengan kebutuhan dan tingkat risiko kontaminasi. Disinfeksi ini sangat penting untuk memastikan bahwa air aman dipakai dalam berbagai proses pabrik dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme di dalam jaringan distribusi.

6. Penyimpanan dan Distribusi

Air bersih yang sudah melewati tahap disinfeksi disimpan dalam reservoir atau bak penampungan yang dibuat tertutup guna mencegah

terjadinya kontaminasi ulang. Selanjutnya, air tersebut dialirkan melalui jaringan pipa ke berbagai titik pemakaian di dalam pabrik, seperti untuk menara pendingin, proses pencucian, ketel uap (dengan perlakuan tambahan), dan keperluan sanitasi. Sistem penyimpanan dan pendistribusian biasanya dilengkapi dengan sensor level, pompa distribusi, serta sistem disinfeksi ulang apabila diperlukan, agar mutu air tetap terjaga sampai ke titik pemakaian akhir.

5.2 Unit Pembangkit Steam

Unit ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan uap (*steam*) dalam proses produksi biodiesel, dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Kapasitas : 2890,9945 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Ketel uap tersebut dilengkapi dengan unit economizer, katup pengaman (*safety valve*), serta sistem pengamanan yang bekerja secara otomatis. Air hasil pengolahan dari instalasi pengolahan air (*water treatment plant*) yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu disesuaikan kandungan silika, oksigen (O_2), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg) yang mungkin masih tersisa, dengan cara menambahkan bahan kimia ke dalam tangki air umpan boiler (*boiler feed water tank*). Selain itu, tingkat keasaman (pH) air juga perlu disesuaikan, yaitu berada pada kisaran 10,5 hingga 11,5. Hal ini penting karena pH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan tingkat korosivitas yang tinggi.

Sebelum masuk ke boiler, air umpan terlebih dahulu dialirkan ke dalam economizer, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas buang hasil pembakaran batu bara yang keluar dari boiler. Di dalam alat ini, suhu air dinaikkan hingga mencapai 150°C sebelum dimasukkan ke dalam boiler.

Di dalam boiler, nyala api dari alat pembakar (*burner*) digunakan untuk memanaskan lorong dan pipa-pipa api. Gas buang hasil pembakaran ini dialirkan ke economizer sebelum dilepaskan ke atmosfer melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding dan pipa-pipa, menyebabkan air mendidih. Uap air yang terbentuk akan terkumpul hingga mencapai tekanan 10 bar, dan kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke berbagai bagian proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan energi listrik di pabrik biodiesel ini secara utama dipasok oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Sebagai sumber daya cadangan, pabrik juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa generator. Generator tersebut berperan dalam menjaga kelangsungan operasional apabila terjadi gangguan pasokan dari PLN. Dalam situasi darurat, generator akan menyuplai listrik ke unit-unit vital seperti boiler, kompresor, dan pompa. Energi listrik dari generator dihasilkan melalui proses pembakaran bahan bakar dan udara dengan sistem kompresi, lalu disalurkan ke panel distribusi untuk digunakan di seluruh area pabrik.

1. Kebutuhan listrik Power Plant

a. Kebutuhan untuk Peralatan Proses

Tabel 5.3 Kebutuhan Peralatan Proses

Daftar kebutuhan Listrik Proses				
No	Alat	Kode Alat	Daya	
			Hp	Watt
1	<i>Mixer</i>	M-01	0,05	37,28
2	<i>Screw Press</i>	SP-01	100	74569,99
3	Reaktor 1	R-01	125	93212,48
4	Reaktor 2	R-02	125	93212,48
5	Reaktor 3	R-03	125	93212,48
6	Netralizer	N-01	1	745,70
7	<i>Washing Tower</i>	WT-01	5	3728,50
8	<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	2	1491,40
9	<i>Screw Conveyor</i>	SC-02	5	3728,50
10	Pompa 1	P-01	0,08	62,14
11	Pompa 2	P-02	0,05	37,28
12	Pompa 3	P-03	0,25	186,42
13	Pompa 4	P-04	0,5	372,85
14	Pompa 5	P-05	0,5	372,85
15	Pompa 6	P-06	0,75	559,27
16	Pompa 7	P-07	1,0	745,70
17	Pompa 8	P-08	0,8	559,27
18	Pompa 9	P-09	0,05	37,28
19	Pompa 10	P-10	0,8	559,27
20	Pompa 11	P-11	0,5	372,85
21	Pompa 12	P-12	1,5	1118,55
22	Pompa 13	P-13	2	1491,40
23	Pompa 14	P-14	0,125	93,21
Total			492,6	370507,20

b. Kebutuhan untuk Utilitas

Tabel 5.4 Kebutuhan Peralatan Utilitas

Daftar kebutuhan Listrik Utilitas				
No	Alat	Kode Alat	Daya	
			Hp	Watt
1	Tangki Flokulator/Penggumpal	TU-01	0,5	372,85
2	<i>Clarifier</i>	KL-01	1,5	1118,55
3	<i>Blower Cooling Tower</i>	BL-01	40	29827,99
4	Kompresor Udara	CP-01	20	14914,00
4	Pompa Utilitas 1	PU-01	20	14914,00
5	Pompa Utilitas 2	PU-02	20	14914,00
6	Pompa Utilitas 3	PU-03	0,250	186,42
7	Pompa Utilitas 4	PU-04	0,125	93,21
8	Pompa Utilitas 5	PU-05	25	18642,50
9	Pompa Utilitas 6	PU-06	20	14914,00
10	Pompa Utilitas 7	PU-07	8	5592,75
11	Pompa Utilitas 8	PU-08	15	11185,50
12	Pompa Utilitas 9	PU-09	15	11185,50
13	Pompa Utilitas 10	PU-10	0,05	37,28
14	Pompa Utilitas 11	PU-11	0,333	248,57
15	Pompa Utilitas 12	PU-12	0,333	248,57
16	Pompa Utilitas 13	PU-13	0,083	62,14
17	Pompa Utilitas 14	PU-14	0,083	62,14
18	Pompa Utilitas 15	PU-15	60	44741,99
19	Pompa Utilitas 16	PU-16	20	14914,00
20	Pompa Utilitas 17	PU-17	0,1	37,28
21	Pompa Utilitas 18	PU-18	1,0	745,70
22	Pompa Utilitas 19	PU-19	0,1	37,28
23	Pompa Utilitas 20	PU-20	1,0	745,70

24	Pompa Utilitas 21	PU-21	0,5	372,85
25	Pompa Utilitas 22	PU-22	0,33	248,57
26	Pompa Utilitas 23	PU-23	0,05	37,28
27	Pompa Utilitas 24	PU-24	0,2	124,28
28	Pompa Utilitas 25	PU-25	0,25	186,42
29	Pompa Utilitas 26	PU-26	0,17	124,28
Total			269,3	200835,62

2. Kebutuhan Listrik untuk penerangan dan AC

a. Listrik untuk penerangan = 85,70 kW

b. Listrik untuk AC = 85,70 kW

3. Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium dan Bengkel

Listrik untuk lab. dan bengkel = 85,70 kW

4. Kebutuhan Listrik untuk Instrument

Listrik untuk Instrumentasi = 142,84 kW

Tabel 5.5 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	370,51
	b. Utilitas	200,84
2	a. Listrik AC	85,70
	b. Listrik Penerangan	85,70
3	Laboratorium dan Bengkel	85,70
4	Instrumentasi	142,84
Total		971,28

Spesifikasi generator yang akan dipakai pada pabrik biodiesel ini adalah sebagai berikut:

Tipe = AC Generator

Jumlah = 1 buah

Bahan Bakar = LNG

Efisiensi (η) = 90%

Tegangan = 240/415V

Frekuensi = 50 Hz

Kebutuhan listrik = 971,28 kW

Input generator = Kebutuhan listrik / η

Input generator = 1079,20 kW

Dipilih *Input* = 1500 kW

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit utilitas udara tekan pada pabrik biodiesel merupakan sistem yang berfungsi untuk memproduksi dan menyalurkan udara bertekanan yang digunakan sebagai sumber tenaga bagi peralatan bantu, seperti *valve* , instrumen pneumatik, dan sistem kontrol lainnya. Udara bertekanan ini dihasilkan oleh mesin kompresor dan disimpan dalam tangki sebelum disalurkan ke seluruh bagian pabrik sesuai kebutuhan operasional. Kebutuhan udara tekan untuk perancangan pabrik biodiesel ini diperkirakan sebesar 153,2678 m³/jam, tekanan 7,1058 atm dan suhu 30°C. Alat untuk menyediakan udara tekan berupa kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silika untuk menyerap air.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar bertugas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *boiler* dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan meliputi Liquid Natural Gas (LNG) untuk boiler dan generator. Berikut ini merupakan beberapa pertimbangan dalam pemilihan LNG:

- Ramah lingkungan
- Efisiensi Tinggi
- Ketersediaan dan distribusi
- Keamanan dan stabilitas pasokan
- Biaya operasional lebih rendah

Kebutuhan LNG pada *boiler* adalah $0,1316 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan kebutuhan LNG pada generator adalah $0,0764 \text{ m}^3/\text{jam}$

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah yang dihasilkan dari pabrik biodiesel ini dapat diklasifikasikan menjadi :

5.6.1 Pengolahan Limbah Cair

- a. Limbah cair berasal dari pembuangan air sanitasi, seperti air bekas memasak, pencucian, dan sejenisnya. Karena tidak mengandung zat kimia berbahaya, limbah ini tidak memerlukan penanganan khusus.
- b. Air limbah yang mengandung zat kimia harus melalui sejumlah tahapan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Tahapan tersebut mencakup proses pengendapan, penyaringan, penambahan bahan kimia, penyesuaian pH, dan pengolahan secara biologis.

5.6.2 Pengolahan Limbah Padat

- a. Limbah padat yang dihasilkan berasal dari limbah domestik dan kebutuhan pendukung proses. Limbah domestik berupa sampah-sampah dari keperluan sehari-hari seperti kertas dan plastik, sampah tersebut ditampung di dalam bak penampungan dan selanjutnya dikirim ke tempat pembuangan akhir (TPA).
- b. Limbah padat berupa ampas yang tersisa setelah proses pengepresan akan melalui tahap pengolahan terlebih dahulu, seperti pengeringan dan penyesuaian kadar air, agar aman dan layak digunakan sebagai bahan pakan ternak. Selain itu, limbah ini juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kompos melalui proses fermentasi atau pengomposan, sehingga memiliki nilai tambah sekaligus mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5.6 Spesifikasi saringan utilitas

Kode Alat	FU-01	FU-02
Nama Alat	Saringan/ <i>Screening</i>	Saringan Pasir/ <i>Sand Filter</i>
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar	Menyaring partikel-partikel halus yang ada di dalam sungai
Bahan	Alumunium	
Spesifikasi		
Kapasitas (kg/jam)	232740,5875	232685,2651
Volume (m ³)	-	37,6277
Panjang (m)	3,6576	4,2219
Lebar (m)	2,9261	4,2219
Tinggi (m)	-	2,1110

Diameter Lubang Saringan (cm)	1	-
-------------------------------	---	---

Tabel 5.7 Spesifikasi *Clarifier*

Kode Alat	KL-01
Nama Alat	<i>Clarifier</i>
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran bersifat koloid yang terbawa oleh air dari bak pengendap awal
Jenis	<i>Clarifier/Conical Bottom</i>
Spesifikasi	
Volume (m3)	1680,5439
Diameter (m)	12,8882
Tinggi (m)	14,4993

Tabel 5.8 Spesifikasi *Cooling Tower*

Kode Alat	CT-01
Nama Alat	<i>Cooling Tower</i>
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan oleh alat proses dengan media pendingin udara
Jenis	<i>Induced Draft Cooling Tower</i>
Spesifikasi	
Panjang (m)	2,6209
Lebar (m)	2,6209
Tinggi (m)	35,2894

Tabel 5.9 Spesifikasi *Blower Cooling Tower*

Kode Alat	BL-01
Nama Alat	<i>Blower Cooling Tower</i>
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Spesifikasi	

Kapasitas (m ³ /jam)	188982,4007
Efisiensi	89%
Power Motor (Hp)	40

Tabel 5.10 Spesifikasi Daereator

Kode Alat	DE-01
Nama Alat	Daereator
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler
Jenis	Tangki silinder
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	4625,5911
Volume (m ³)	11,1816
Diameter (m)	2,4241
Tinggi (m)	4,8481

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas

Kode Alat	BU-01	BU-02
Nama Alat	Bak Pengendapan Awal	Bak Pengendap 2
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air	Mengendapkan endapan berbentuk flok yang terbawa air dari sungai dengan proses flokulasi
Jenis	Bak persegi	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang
Spesifikasi		
Kapasitas (m ³ /jam)	279,8240	281,2776
Panjang (m)	18,8668	15,0005
Lebar (m)	18,8668	15,0005
Tinggi (m)	9,4334	7,5002

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	BU-03	BU-04
------------------	--------------	--------------

Nama Alat	Bak Penampungan Sementara	Bak Air Pendingin
Fungsi	Menampung sementara raw water setelah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung air untuk kebutuhan <i>cooling tower</i>
Jenis	Bak persegi	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang
Spesifikasi		
Kapasitas (m ³ /jam)	281,2130	221,8209
Panjang (m)	8,2545	23,3781
Lebar (m)	8,2545	23,3781
Tinggi (m)	4,1272	11,6890

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	TU-01	TU-02
Nama Alat	Tangi Flokulator	Tangki Larutan Tawas
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan	Menyimpan larutan Alum 5% untuk 1 minggu operasi
Jenis	Tangki silinder berpengaduk	Tangki silinder
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
Spesifikasi		
Volume (m ³)	280,0907	158,3167
Diameter (m)	7,0927	4,6545
Tinggi (m)	7,0927	9,3091
Jenis <i>Impeller</i>	Marine Propeller 3 Blade	-
Jumlah <i>Impeller</i>	1 buah	-
Power Motor (Hp)	0,5	-

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	TU-03	TU-04
Nama Alat	Tangki Larutan CaOH	Tangki Klorinasi

Fungsi	Menyimpan larutan CaOH 5% selama 1 minggu operasi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder
Bahan	FRP	FRP
Spesifikasi		
Volume (m ³)	102,9912	2,8491
Diameter (m)	4,0330	1,5368
Tinggi (m)	16,1322	1,5368

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	TU-05	TU-06
Nama Alat	Tangki Penyimpanan Kaporit	Tangki Air Bersih
Fungsi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder
Bahan	FRP	FRP
Spesifikasi		
Volume (m ³)	0,10829	68,3786
Diameter (m)	0,5167	4,4329
Tinggi (m)	0,5167	4,4329

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	TU-07	TU-08
Nama Alat	Tangki Air <i>Service</i>	Tangki Air Bertekanan
Fungsi	Menampung air untuk keperluan layanan umum	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder
Bahan	FRP	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi		
Volume (m ³)	19,6675	19,6675

Diameter (m)	2,9261	2,9261
Tinggi (m)	2,9261	2,9261

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	TU-09	TU-10
Nama Alat	Tangki HCl	Tangki NaOH
Fungsi	Menampung larutan HCl untuk meregenerasi <i>Kation Exchanger</i>	Menampung larutan NaOH untuk meregenerasi <i>Anion Exchanger</i>
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder
Bahan	FRP	FRP
Spesifikasi		
Volume (m ³)	45,7065	15,0041
Diameter (m)	3,8759	2,6737
Tinggi (m)	3,8759	2,6737

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	TU-11	TU-12
Nama Alat	Tangi Air Demin	Tangki N2H4
Fungsi	Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air umpan boiler	Menyimpan larutan N2H4 yang nantinya akan dicampurkan ke daereator
Jenis	Tangki silinder	Tangki silinder
Bahan	FRP	FRP
Spesifikasi		
Volume (m ³)	272,6220	9,6301
Diameter (m)	7,0291	2,3063
Tinggi (m)	7,0291	4,6127

Tabel 5.11 Spesifikasi Bak Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	TU-13
-----------	-------

Nama Alat	Tangki Umpan Boiler
Fungsi	Mencampur kondensat sirkulasi dan <i>make-up water</i> umpan boiler sebelum dibangkitkan sebagai steam dalam boiler
Jenis	Tangki silinder
Bahan	<i>Carbon Steel</i>

Spesifikasi

Volume (m ³)	2,7954
Diameter (m)	1,5271
Tinggi (m)	1,5271

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode Alat	PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi	Mengalirkan air sungai dari Screening (FU-01) ke Bak Pengendap Awal (BU-01)	Mengalirkan air sungai dari Bak Pengendapan (BU-01) ke Tangki Flokulator (TU-01)	Mengalirkan larutan alum dari Tangki Alum (TU-01) ke Tangki Flokulator (TU-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	1232,0651	1233,2391	4,1492
Spesifikasi			
IPS	12	12	0,75
No. Sch	30	30	40
OD (in)	12,75	12,75	1,05
ID (in)	12,09	12,09	0,824
Efisiensi	81%	81%	34%
Power (Hp)	20	20	0,25

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	PU-04	PU-05	PU-06
-----------	-------	-------	-------

Fungsi	Mengalirkan larutan CaOH dari Tangki CaOH (TU-03) ke Tangki Flokulator (TU-01)	Mengalirkan larutan dari Tangki Flokulator (TU-01) ke Tangki Clarifier (KL-01)	Mengalirkan air dari Tangki Clarifier (KL-01) ke Bak Pengendap 2 (BU-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	2,8413	1233,2391	1238,4654
Spesifikasi			
IPS	0,75	12	12
No. Sch	40	30	30
OD (in)	1,05	12,75	12,75
ID (in)	0,824	12,09	12,09
Efisiensi	34%	81%	81%
Power (Hp)	0,125	25	20

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	PU-07	PU-08	PU-09
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 2 (BU-02) ke Sand Filter (FU-02)	Mengalirkan air dari Sand Filter (FU-02) ke Bak Penampung Sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-03) menuju Area Kebutuhan Air
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	1237,0527	1238,1806	1238,1806
Spesifikasi			
IPS	12	12	12
No. Sch	30	30	30
OD (in)	12,75	12,75	12,75
ID (in)	12,09	12,09	12,09
Efisiensi	81%	81%	81%

<i>Power</i> (Hp)	7,5	15	15
-------------------	-----	----	----

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	PU-10	PU-11	PU-12
Fungsi	Mengalirkan kaporit dari Tangki Kaporit (TU-05) ke Tangki Klorinasi (TU-04)	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-04) ke Tangki Air Bersih (TU-06)	Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (TU-06) ke Area Kebutuhan Domestik
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	0,0001	12,5446	12,5446
Spesifikasi			
IPS	0,125	1,25	1,25
No. Sch	40	40	40
OD (in)	0,405	1,66	1,66
ID (in)	0,269	1,38	1,38
Efisiensi	34%	41%	41%
<i>Power</i> (Hp)	0,05	0,333	0,333

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki <i>Service</i> (TU-07) ke Tangki Air Bertekanan (TU-08)	Mengalirkan air dari Tangki Air Bertekanan (TU-08) ke Area Kebutuhan <i>Service</i>	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU-04) ke <i>Cooling Tower</i> (CT-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>

Kapasitas (gpm)	3,6082	3,6082	1172,0131
Spesifikasi			
IPS	0,75	0,75	12
No. Sch	40	40	30
OD (in)	1,05	1,05	12,75
ID (in)	0,824	0,824	12,09
Efisiensi	34%	34%	81%
Power (Hp)	0,0833	0,0833	60

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	PU-16	PU-17	PU-18
Fungsi	Mengalirkan air dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) ke <i>Recycle</i> Bak Air Pendingin (BU-04)	Mengalirkan air dari Tangki Penampungan HCl (TU-09) ke <i>Mixed Bed</i> (MB-01)	Mengalirkan air dari <i>Mixed Bed</i> (MB-01) ke <i>Mixed Bed</i> (MB-02)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	1170,3627	2,2361	50,0148
Spesifikasi			
IPS	12	0,5	3
No. Sch	30	40	40
OD (in)	12,75	0,84	3,5
ID (in)	12,09	0,622	3,068
Efisiensi	80%	34%	62%
Power (Hp)	20	0,05	1

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	PU-19	PU-20	PU-21
------------------	--------------	--------------	--------------

Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Penampungan NaOH (TU-10) ke <i>Mixed Bed</i> (MB-02)	Mengalirkan air dari <i>Mixed Bed</i> (MB-02) ke Tangki Air Demin (TU-11)	Mengalirkan air dari Tangki Air Demin (TU-11) ke <i>Washing Tower</i> (WT-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	0,7340	50,0148	37,7066
Spesifikasi			
IPS	0,375	3	2,5
No. Sch	40	40	40
OD (in)	0,675	3,5	2,88
ID (in)	0,493	3,068	2,469
Efisiensi	34%	62%	58%
Power (Hp)	0,05	1	0,5

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	PU-22	PU-23	PU-24
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Air Demin (TU-11) ke Daereator (DE-01)	Mengalirkan hydrazine dari Tangki N ₂ H ₄ (TU-12) ke Daereator (DE-01)	Mengalirkan air dari Daereator (DE-01) ke Tangki Umpan Boiler (TU-13)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	12,3082	0,0007	12,3082
Spesifikasi			
IPS	1,25	0,125	1,25
No. Sch	40	40	40
OD (in)	1,66	0,405	1,66
ID (in)	1,38	0,269	1,38
Efisiensi	43%	34%	43%
Power (Hp)	0,333	0,05	0,17

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Kode Alat	PU-25	PU-26
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Umpan Boiler (TU-13) ke Boiler (B-01)	Mengalirkan steam dari Boiler (B-01) ke Alat Proses
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	15,3852	13,3093
Spesifikasi		
IPS	1,5	1,25
No. Sch	40	40
OD (in)	1,9	1,66
ID (in)	1,61	1,38
Efisiensi	45%	44%
Power (Hp)	0,25	0,17

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam perancangan pabrik biodiesel, dilakukan evaluasi atau penaksiran investasi guna mengetahui apakah pabrik yang dirancang tersebut dapat memberikan keuntungan dan layak untuk didirikan. Salah satu komponen utama dalam perancangan ini adalah perkiraan biaya peralatan, yang menjadi acuan dalam melakukan analisis ekonomi. Analisis ini bertujuan untuk menilai kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi pabrik dengan mempertimbangkan kebutuhan modal, besaran keuntungan yang diperoleh, jangka waktu pengembalian modal, serta titik impas, yaitu kondisi ketika jumlah biaya produksi seimbang dengan pendapatan yang diperoleh. Oleh karena itu, analisis ekonomi memiliki peran penting dalam menentukan kelayakan serta potensi keuntungan dari pembangunan pabrik biodiesel tersebut. Dalam evaluasi ekonomi, terdapat beberapa faktor yang harus ditinjau, yaitu:

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)

Sebelum melakukan menganalisa lima faktor tersebut, dilakukan perikaraan terhadap beberapa hal yaitu sebagai berikut:

A. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*)

1. Modal tetap (*Fixed Capital Cost*)

2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

B. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

1. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
2. Biaya produksi tidak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
3. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

C. Pengeluaran Umum (*General Cost*)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan dapat berubah sewaktu-waktu bergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, mengetahui harga pasti peralatan setiap tahun cukup sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun tertentu dengan terlebih dahulu mengetahui indeks harga peralatan operasional pada tahun tersebut.

Pabrik biodiesel beroperasi selama satu tahun produksi, yakni selama 330 hari, dengan tahun evaluasi pada tahun 2029. Dalam analisis ekonomi, harga peralatan maupun komponen lainnya diperhitungkan berdasarkan tahun analisis. Untuk menentukan harga pada tahun analisis tersebut, maka perlu diketahui indeks harga pada tahun yang bersangkutan.

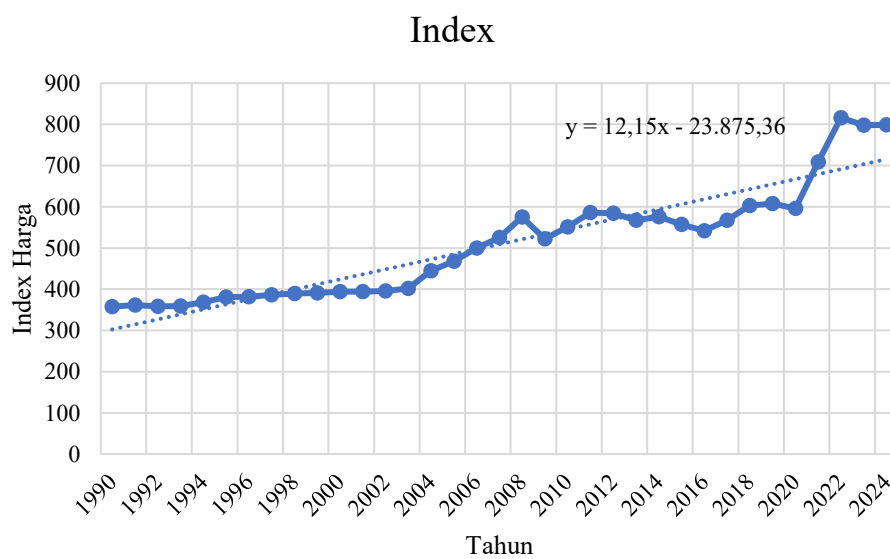
Indeks harga tahun 2029 diperkirakan dengan garis linier menggunakan data indeks harga dari tahun 1990 sampai 2024, sebagai berikut :

Tabel 6.1 Indeks Harga Alat

Tahun	Index	Tahun	Index
1990	357,6	2008	575,4
1991	361,3	2009	521,9
1992	358,2	2010	550,8

1993	359,2	2011	585,7
1994	368,1	2012	584,6
1995	381,1	2013	567,3
1996	381,7	2014	576,1
1997	386,5	2015	556,8
1998	389,5	2016	541,7
1999	390,6	2017	567,5
2000	394,1	2018	603,1
2001	394,3	2019	607,5
2002	395,6	2020	596,2
2003	402	2021	708,8
2004	444,2	2022	816
2005	468,2	2023	797,9
2006	499,6	2024	799,1
2007	525,4		

Berdasarkan data di atas, dengan asumsi kenaikan indeks linear, maka dapat diturunkan persamaan *least square* sehingga didapatkan grafik hasil plotting data:



Gambar 6.1 Grafik Indeks Harga

Sehingga didapatkan persamaan :

$$Y = 12,15x + 290,27$$

Pabrik biodiesel dengan kapasitas 80.000 ton/tahun direncanakan akan dibangun tahun 2029, maka dari persamaan regresi linear diperoleh indeks sebesar 764,12. Harga - harga alat dan lainnya akan diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Peters & Timmerhaus, 1990 dan Aries & Newton, 1995). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

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

Dimana

Ex = Harga pembelian pada tahun 2029

Ey = Harga pembelian pada tahun referensi 2025

Nx = Indeks harga pada tahun 2029

Ny = Indeks harga pada tahun referensi 2025

Berdasarkan rumus, didapatkan hasil perhitungan alat sebagai berikut:

Tabel 6.2 Harga Alat Proses

Nama Alat	Kode alat	Jumlah	Ey	Ex
			2025	2029
Tangki CH ₃ OH	T-01	1	\$ 627.895,28	\$ 670.543,58
Tangki NaOH	T-02	1	\$ 251.619,80	\$ 268.710,48
Tangki Ampas kedelai	T-03	4	\$ 264.419,19	\$ 282.379,24
Tangki HCl	T-04	1	\$ 336.217,28	\$ 359.054,04

Tangki Biodiesel	T-05	1	\$ 1.646.867,19	\$ 1.758.726,74
<i>Mixer</i>	M-01	1	\$ 95.272,62	\$ 101.743,78
<i>Screw Press</i>	SP-01	1	\$ 396.000,00	\$ 422.897,36
Decanter 1	DC-01	1	\$ 64.084,52	\$ 68.437,30
Reaktor 1	R-01	1	\$ 496.879,08	\$ 530.628,41
Reaktor 2	R-02	1	\$ 496.879,08	\$ 530.628,41
Reaktor 3	R-03	1	\$ 496.879,08	\$ 530.628,41
Netralizer	N-01	1	\$ 234.313,93	\$ 250.229,15
<i>Washing Tower</i>	WT-01	1	\$ 134.588,68	\$ 143.730,29
Decanter 2	DC-02	1	\$ 72.164,42	\$ 77.066,01
Menara Distilasi	MD-01	1	\$ 388.001,74	\$ 414.355,83
<i>Heater 1</i>	HE-01	1	\$ 10.191,22	\$ 10.883,43
<i>Heater 2</i>	HE-02	1	\$ 13.168,84	\$ 14.063,30
<i>Heater 3</i>	HE-03	1	\$ 21.092,18	\$ 22.524,82
<i>Reboiler</i>	RB-01	1	\$ 50.583,56	\$ 54.019,33
<i>Cooler 1</i>	CL-01	1	\$ 54.296,66	\$ 57.984,63
<i>Cooler 2</i>	CL-02	1	\$ 24.044,33	\$ 25.677,48
<i>Condenser</i>	CD-01	1	\$ 52.934,98	\$ 56.530,46
<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	1	\$ 37.070,82	\$ 39.588,77
<i>Screw Conveyor</i>	SC-02	1	\$ 54.587,79	\$ 58.295,54
Pompa 1	P-01	1	\$ 14.272,72	\$ 15.242,16
Pompa 2	P-02	1	\$ 14.113,00	\$ 15.071,59
Pompa 3	P-03	1	\$ 14.473,34	\$ 15.456,41
Pompa 4	P-04	1	\$ 15.567,49	\$ 16.624,87
Pompa 5	P-05	1	\$ 15.318,55	\$ 16.359,03
Pompa 6	P-06	1	\$ 15.659,45	\$ 16.723,08
Pompa 7	P-07	1	\$ 15.658,55	\$ 16.722,12
Pompa 8	P-08	1	\$ 15.658,31	\$ 16.721,86
Pompa 9	P-09	1	\$ 14.141,01	\$ 15.101,50
Pompa 10	P-10	1	\$ 15.656,61	\$ 16.720,05
Pompa 11	P-11	1	\$ 16.291,27	\$ 17.397,82

Pompa 12	P-12	1	\$ 15.368,09	\$ 16.411,93
Pompa 13	P-13	1	\$ 15.159,82	\$ 16.189,51
Pompa 14	P-14	1	\$ 14.291,47	\$ 15.262,18
Total		41	\$ 6.531.681,93	\$ 6.975.330,95

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode alat	Jumlah	Ey	Ex
			2025	2029
<i>Screening</i>	FU-01	1	\$ 20.587,56	\$ 21.985,92
Bak Pengendap Awal	BU-01	1	\$ 102.546,25	\$ 109.511,46
Tanki Flokulator	TU-01	1	\$ 140.968,75	\$ 150.543,72
Tanki Alum	TU-02	1	\$ 117.219,00	\$ 125.180,82
Tanki CaOH	TU-03	1	\$ 82.705,00	\$ 88.322,54
Klarifier	KL-01	1	\$ 132.963,55	\$ 141.994,78
Bak Pengendap 2	BU-02	1	\$ 62.076,75	\$ 66.293,17
Bak <i>Sand Filter</i>	FU-02	1	\$ 5.331,06	\$ 5.693,16
Bak Penampung Sementara	BU-03	1	\$ 17.859,34	\$ 19.072,40
Tanki Klorinasi	TU-04	1	\$ 4.629,79	\$ 4.944,25
Tanki Kaporit	TU-05	1	\$ 193,57	\$ 206,72
Tanki Air Bersih	TU-06	1	\$ 47.238,75	\$ 50.447,33
Tanki Air Service	TU-07	1	\$ 13.605,31	\$ 14.529,42
Tanki Air bertekanan	TU-08	1	\$ 19.207,50	\$ 20.512,12
Bak Air Pendingin	BU-04	1	\$ 153.143,12	\$ 163.545,01
<i>Cooling tower</i>	CT-01	1	\$ 871.890,03	\$ 931.111,09
<i>Blower</i>	BL-01	1	\$ 291.510,13	\$ 311.310,26
<i>Mixed Bed</i>	MB-01	1	\$ 28.019,06	\$ 29.922,19
<i>Mixed Bed</i>	MB-02	1	\$ 28.019,06	\$ 29.922,19
Tangki HCL	TU-09	1	\$ 146.057,50	\$ 155.978,11

Tangki NaOH	TU-10	1	\$ 43.681,41	\$ 46.648,36
Tangki Air Demin	TU-11	1	\$ 631.404,31	\$ 674.290,95
Deareator	DE-01	1	\$ 70.818,75	\$ 75.628,95
Tanki N2H4	TU-12	1	\$ 22.213,56	\$ 23.722,37
Tangki Umpan <i>Boiler</i>	TU-13	1	\$ 20.433,13	\$ 21.821,00
<i>Boiler</i>	B-01	1	\$ 446.686,90	\$ 477.027,05
Tangki Bahan Bakar	TU-14	1	\$ 238.360,33	\$ 254.550,39
Kompresor	KU-01	1	\$ 76.729,28	\$ 81.940,93
Pompa 1	P-01	1	\$ 35.219,12	\$ 37.611,30
Pompa 2	P-02	1	\$ 35.237,25	\$ 37.630,66
Pompa 3	P-03	1	\$ 14.204,68	\$ 15.169,50
Pompa 4	P-04	1	\$ 14.168,35	\$ 15.130,70
Pompa 5	P-05	1	\$ 35.237,25	\$ 37.630,66
Pompa 6	P-06	1	\$ 35.317,93	\$ 37.716,82
Pompa 7	P-07	1	\$ 35.296,13	\$ 37.693,54
Pompa 8	P-08	1	\$ 35.313,54	\$ 37.712,13
Pompa 9	P-09	1	\$ 35.313,54	\$ 37.712,13
Pompa 10	P-10	1	\$ 14.078,88	\$ 15.035,15
Pompa 11	P-11	1	\$ 14.419,40	\$ 15.398,80
Pompa 12	P-12	1	\$ 14.419,40	\$ 15.398,80
Pompa 13	P-13	1	\$ 14.189,81	\$ 15.153,62
Pompa 14	P-14	1	\$ 14.189,81	\$ 15.153,62
Pompa 15	P-15	1	\$ 34.289,46	\$ 36.618,49
Pompa 16	P-16	1	\$ 34.263,85	\$ 36.591,14
Pompa 17	P-17	1	\$ 14.150,99	\$ 15.112,16
Pompa 18	P-18	1	\$ 15.261,17	\$ 16.297,75
Pompa 19	P-19	1	\$ 14.105,34	\$ 15.063,41
Pompa 20	P-20	1	\$ 15.261,17	\$ 16.297,75
Pompa 21	P-21	1	\$ 14.995,76	\$ 16.014,31
Pompa 22	P-22	1	\$ 14.413,62	\$ 15.392,63

Pompa 23	P-23	1	\$ 14.078,92	\$ 15.035,20
Pompa 24	P-24	1	\$ 14.413,62	\$ 15.392,63
Pompa 25	P-25	1	\$ 14.488,07	\$ 15.472,14
Pompa 26	P-26	1	\$ 14.438,02	\$ 15.418,69
Total		54	\$ 4.396.863,84	\$ 4.695.510,40

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi = 80000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari kerja

= 7920 jam

Umur alat = 10 tahun

Kurs mata uang (1US\$) = \$1 = Rp16.369,00 (Per Juni 2024)

Tahun pabrik didirikan = 2029

UMR Kota Gresik = Rp5.615.046 (tahun 2029)

6.3 Komponen Biaya

6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital Investment merupakan sejumlah dana yang dialokasikan untuk memperoleh atau meningkatkan aset tetap jangka panjang, seperti gedung, mesin, dan prasarana. Tujuan utamanya adalah untuk mendirikan, memperluas, atau meningkatkan efektivitas kegiatan usaha, sebagaimana dalam pembangunan pabrik biodiesel. Investasi ini meliputi pengadaan tanah, peralatan produksi, sarana penunjang, serta biaya pra operasi yang menjadi landasan keberlangsungan dan perkembangan usaha dalam jangka panjang.

a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

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

Tabel 6.4 *Physical Plant Cost (PPC)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp204.906.799.081	\$12.517.979
<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp51.226.699.770	\$3.129.495
<i>Instalasi cost</i>	Rp88.109.923.605	\$5.382.731
Pemipaan	Rp176.219.847.210	\$10.765.462
Instrumentasi	Rp61.472.039.724	\$3.755.394
Insulasi	Rp16.392.543.926	\$1.001.438
Listrik	Rp30.736.019.862	\$1.877.697
Bangunan	Rp113.132.541.322	\$6.911.390
<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp110.687.750.000	\$6.762.035
Total	Rp852.884.164.501	\$52.103.621

Tabel 6.5 *Direct Plant Cost (DPC)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Engineering & Constrution</i>	Rp170.576.832.900	\$10.420.724,11
Total	Rp1.023.460.997.402	\$62.524.344,64

Tabel 6.6 *Fixed Capital Investment (FCI)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya, \$
<i>Direct Plant Cost</i>	Rp1.023.460.997.402	\$62.524.344,64
<i>Contractor's fee</i>	Rp40.938.439.896	\$2.500.973,79
<i>Contingency</i>	Rp102.346.099.740	\$6.252.434,46
Total	Rp1.166.745.537.038	\$71.277.752,89

b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk mengoperasikan pabrik selama jangka waktu tertentu. Beberapa sumber modal yang bisa diperoleh saat mendirikan pabrik, baik pinjaman bank, uang pribadi, maupun investor.

Tabel 6.7 *Working Capital Investment* (WCI)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw Material Inventory</i>	Rp248.063.011.149	\$15.154.438,95
<i>Inproses Onventory</i>	Rp201.353.721.541	\$12.300.917,68
<i>Product Inventory</i>	Rp402.707.443.081	\$24.601.835,36
<i>Extended Credit</i>	Rp657.189.077.407	\$40.148.394,98
<i>Available Cash</i>	Rp402.707.443.081	\$24.601.835,36
Total	Rp1.912.020.696.259	\$116.807.422,34

6.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan sebuah produksi dari suatu produk. *Manufacturing Cost* meliputi :

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

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

Tabel 6.8 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw Material Cost</i>	Rp909.564.374.214	\$55.566.276,14
<i>Labor Cost</i>	Rp27.320.400.000	\$1.669.032,93

<i>Supervisor Cost</i>	Rp4.098.060.000	\$250.354,94
<i>Maintenance Cost</i>	Rp58.337.276.852	\$3.563.887,64
<i>Plant Supplies Cost</i>	Rp8.750.591.528	\$534.583,15
<i>Royalty and Patents Cost</i>	Rp72.290.798.515	\$4.416.323,45
<i>Utilities Cost</i>	Rp84.924.993.285	\$5.188.160,14
Total	Rp1.165.286.494.393	\$71.188.618,39

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

Indirect manufacturing cost atau biaya tidak langsung merupakan biaya yang secara tidak langsung berhubungan dengan produksi pabrik.

Tabel 6.9 *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Payroll Overhead</i>	Rp5.464.080.000	\$333.806,59
<i>Laboratory</i>	Rp4.098.060.000	\$250.354,94
<i>Plant Overhead</i>	Rp16.392.240.000	\$1.001.419,76
<i>Packaging</i>	Rp144.581.597.029	\$8.832.646,90
<i>Shipping</i>	Rp24.096.932.838	\$1.472.107,82
Total	Rp194.632.909.868	\$11.890.335,99

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

Fixed Manufacturing Cost merupakan biaya pengeluaran yang bernilai tetap yang berhubungan dengan *fixed capital investment*. Biaya ini tidak bergantung pada waktu dan tingkat produksi dan akan selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

Tabel 6.10 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Depreciation</i>	Rp93.339.642.963	\$5.702.220,23
<i>Propertu taxes</i>	Rp11.667.455.370	\$712.777,53
<i>Insurance</i>	Rp11.667.455.370	\$712.777,53
Total	Rp116.674.553.704	\$7.127.775,29

Tabel 6.11 *Manufacturing Cost*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp1.165.286.494.393	\$71.188.618,39
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp194.632.909.868	\$11.890.335,99
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp116.674.553.704	\$7.127.775,29
Total	Rp1.476.593.957.964	\$90.206.729,67

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses atau pengeluaran umum merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk manufacturing cost.

Tabel 6.12 *General Expenses*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Administration</i>	Rp73.829.697.898	\$4.510.336,48
<i>Sales Expense</i>	Rp44.297.818.739	\$2.706.201,89
<i>Research</i>	Rp41.344.630.823	\$2.525.788,43
<i>Finance</i>	Rp92.362.986.999	\$5.642.555,26
Total	Rp251.835.134.459	\$15.384.882,06

Tabel 6.13 *Total Production Cost*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp1.476.593.957.964	\$90.206.729,67
<i>General Expenses (GE)</i>	Rp251.835.134.459	\$15.384.882,06
Total	Rp1.728.429.092.423	\$105.591.611,73

6.3.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp2.409.693.283.825

Total *production Cost* : Rp1.728.429.092.423

Keuntungan : Total penjualan - total biaya produksi

: Rp681.264.191.401

b. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak 20% dari keuntungan : Rp136.252.838.280

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak - pajak

: Rp545.011.353.121

6.3.5 Analisa Kelayakan

Analisis kelayakan merupakan kajian yang dilakukan untuk mengetahui besarnya keuntungan yang diperoleh guna mencapai laba secara optimal. Kajian ini juga digunakan untuk menilai seberapa besar keuntungan yang dapat dihasilkan oleh pabrik. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menentukan apakah pabrik yang dibangun layak atau tidak layak secara ekonomi.

a. *Return on Investment (ROI)*

Return on Investment (ROI) merupakan besaran laba tahunan yang diperoleh dan digunakan sebagai acuan untuk menghitung kecepatan pengembalian modal tetap atau investasi. Secara perhitungan, ROI diperoleh dengan membandingkan laba tahunan terhadap total modal yang diinvestasikan. Dalam sektor industri kimia, tingkat kelayakan ROI bervariasi bergantung pada tingkat risiko. Untuk industri berisiko rendah (*low risk*) nilai minimal ROI sebelum pajak adalah 11%, sedangkan untuk industri dengan risiko tinggi (*high risk*) nilai minimal ROI sebelum pajak mencapai 44%. (Aries and Newton, 1955).

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

1. ROI sebelum pajak

ROI : 58,39%

2. ROI setelah pajak

ROI : 46,71%

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) merupakan lamanya waktu, yang dinyatakan dalam tahun, yang diperlukan untuk mengembalikan modal tetap (*Fixed Capital Investment*) berdasarkan laba yang diperoleh sebelum dikurangi penyusutan. POT menggambarkan periode pengembalian investasi dari keuntungan tahunan, dan perhitungannya penting untuk mengetahui kapan investasi awal dapat kembali. Dalam industri kimia, batas maksimal POT untuk pabrik

berisiko rendah adalah 5 tahun, sedangkan untuk pabrik berisiko tinggi adalah 2 tahun. Secara teori, semakin pendek POT, maka semakin cepat investasi kembali dan semakin rendah tingkat risikonya.

$$POT \text{ sebelum pajak} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit after taxes} + \text{Depresiasi}}$$

$$POT \text{ setelah pajak} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Profit before taxes} + \text{Depresiasi}}$$

1. POT sebelum pajak

POT : 1,5 tahun

2. POT setelah pajak

POT : 1,8 tahun

c. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) atau titik impas adalah kondisi di mana perusahaan tidak memperoleh keuntungan maupun mengalami kerugian, karena pendapatan yang diperoleh setara dengan total biaya produksi. BEP menunjukkan kapasitas produksi minimum yang dibutuhkan untuk menutupi seluruh biaya operasional.

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

Dimana :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Va = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Tabel 6.14 *Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Depreciation</i>	Rp93.339.642.963,04	\$5.702.220,23
<i>Property Taxes</i>	Rp11.667.455.370,38	\$712.777,53
<i>Insurance</i>	Rp11.667.455.370,38	\$712.777,53
Total	Rp116.674.553.703,80	\$7.127.775,29

Tabel 6.15 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
Gaji Karyawan	Rp27.320.400.000,00	\$1.669.032,93
<i>Payroll Overhead</i>	Rp5.464.080.000,00	\$333.806,59
<i>Supervisor</i>	Rp4.098.060.000,00	\$250.354,94
<i>Plant Overhead</i>	Rp16.392.240.000,00	\$1.001.419,76
Laboratorium	Rp4.098.060.000,00	\$250.354,94
<i>General Expense</i>	Rp251.835.134.459,07	\$15.384.882,06
<i>Maintenance</i>	Rp58.337.276.851,90	\$3.563.887,64
<i>Plant Supplies</i>	Rp8.750.591.527,79	\$534.583,15
Total	Rp376.295.842.838,75	\$22.988.322,00

Tabel 6.16 *Annual Variable Value (Va)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Raw Material</i>	Rp909.564.374.213,71	\$55.566.276,14
<i>Packaging</i>	Rp144.581.597.029,49	\$8.832.646,90
<i>Shipping</i>	Rp24.096.932.838,25	\$1.472.107,82
<i>Utilities</i>	Rp84.924.993.284,71	\$5.188.160,14
<i>Royalty & Patents</i>	Rp72.290.798.514,75	\$4.416.323,45
Total	Rp1.235.458.695.880,91	\$75.475.514,44

Tabel 6.17 *Annual Sales Value (Sa)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Annual Sales Value</i>	Rp2.409.693.283.824,88	\$147.210.781,59

Total	Rp2.409.693.283.824,88	\$147.210.781,59
--------------	-------------------------------	-------------------------

Berdasarkan data yang telah diperoleh pada tabel di atas, diperoleh nilai BEP sebesar:

$$\text{BEP} = 41,70\%$$

d. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) merupakan batas terendah kapasitas produksi di mana operasional pabrik tidak lagi menguntungkan dan justru menimbulkan kerugian yang lebih besar dibandingkan apabila pabrik dihentikan. Keadaan ini terjadi ketika tingkat produksi berada di bawah *Break Even Point* (BEP), sehingga biaya operasional melampaui pendapatan yang diperoleh, dan pabrik hanya menanggung biaya tetap (*fixed cost*).

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

$$\text{SDP} = 31,72\%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate (DCFR) adalah tingkat pengembalian yang mencerminkan perkiraan keuntungan tahunan berdasarkan investasi yang belum dikembalikan selama umur operasional pabrik. Nilai ini menunjukkan tingkat bunga yang diperoleh ketika seluruh modal digunakan dalam proses produksi. DCFR dianggap menguntungkan apabila nilainya melebihi satu

setengah kali tingkat suku bunga pinjaman bank. Perhitungan DCFR dilakukan menggunakan metode *Present Value Analysis*.

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

Dimana:

n = Umur pabrik 10 tahun

FCI = Rp1.166.745.537.038,04

WC = Rp1.912.020.696.258,98

SV = Rp116.674.553.703,8040

i = *Interest*/DCFR = 0,2433

Dari trial and error, diperoleh nilai DCFR = 24,33% dengan minimum nilai DCFR = 8,25%

Kesimpulan: Memenuhi syarat

Suku bunga bank Indonesia 2029 = 1,5 x 5,5%
= 8,25%

(Didasarkan pada suku bunga acuan di bank saat ini = 5,5 %)

6.3.6 Analisa Resiko pabrik

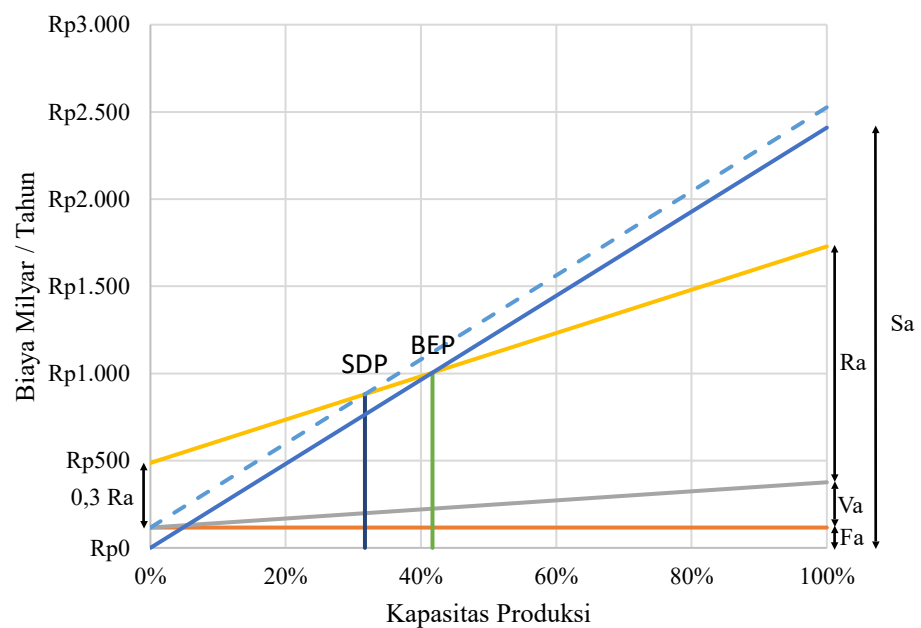
Pabrik biodiesel berbahan baku minyak ampas kedelai dengan kapasitas produksi 80.000 ton/tahun dapat diklasifikasikan sebagai pabrik dengan tingkat risiko rendah. Kategori ini didasarkan pada kondisi operasional serta jenis bahan baku yang digunakan. Adapun beberapa parameter yang menjadi pertimbangan antara lain:

Tabel 6.18 Parameter Penentuan analisa resiko

No	Parameter	Deskripsi	Risk	
			High	Low
1	Kondisi Operasi	Berjalan pada suhu 60°C		✓
		Tekanan 1 atm		✓
2	Karakteristik Bahan Baku	Ampas Kedelai		✓
		Methanol	✓	
		NaOH	✓	
		HCl	✓	
3	Regulasi Pemerintah	Limbah yang dihasilkan		✓
4	Lokasi Pabrik	Kabupaten Gresik, Jawa Timur		✓

Sehingga dapat disimpulkan bahwa dari Tabel 6.18 perancangan pabrik biodiesel ini memiliki resiko rendah.

Berdasarkan hasil perhitungan Analisa ekonomi diperoleh grafik analisa ekonomi sebagai berikut:



Gambar 6.2 Grafik Analisis Kelayakan

Keterangan :

Fa = *Annual Fixed Cost*

Va = *Annual Variable Cost*

Ra = *Annual Regulated Cost*

Sa = *Annual Sales Cost*

SDP = *Shut Down Point*

BEP = *Break Event Point*

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, dapat disimpulkan bahwa Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Ampas Kedelai dengan kapasitas 80.000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

1. Tujuan pendirian pabrik biodiesel dari minyak ampas kedelai dengan kapasitas 80.000 ton/tahun adalah untuk memenuhi kebutuhan biodiesel dalam negeri, mengurangi ketergantungan terhadap produk impor, menciptakan lebih banyak kesempatan kerja, serta mendorong pertumbuhan ekonomi.
2. Pabrik biodiesel ini akan didirikan pada tahun 2029 di Kawasan Industri JIPE, Gresik, Jawa Timur. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada pertimbangan strategis, seperti kedekatan dengan pasar, kemudahan akses utilitas dan sumber air, akses transportasi dan pelabuhan, ketersediaan tenaga kerja terampil, serta dukungan regulasi dari pemerintah. Pabrik ini akan dibangun di atas lahan seluas 22.138 m² dan akan mempekerjakan sebanyak 200 orang karyawan.
3. Dari aspek evaluasi ekonomi dan analisis kelayakan, pendirian pabrik ini dinilai layak, dengan beberapa hasil analisis ekonomi sebagai berikut:
 - a. *Return Out Time (ROI)*

ROI sebelum pajak = 58,39%

ROI setelah pajak = 46,71%

b. *Pay Out Time* (POT)

POT sebelum pajak = 1,5 tahun

POT setelah pajak = 1,8 tahun

c. *Break Event Point* (BEP)

BEP = 41,70%

d. *Shut Down Point* (SDP)

SDP = 31,72%

e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

DCFR = 24,33%

4. Berdasarkan hasil kajian menyeluruh, mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses, hingga evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dengan kapasitas 80.000 ton per tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan pabrik kimia memerlukan pemahaman konsep dasar untuk meningkatkan kelayakan pabrik yang akan dibangun. Konsep-konsep tersebut antara lain:

1. Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai efisiensi pemanfaatan ampas kedelai sebagai bahan baku utama, termasuk kandungan minyak dan potensi hasil biodiesel yang dihasilkan, agar rancangan pabrik lebih akurat dan layak secara teknis maupun ekonomi.

2. Diperlukan pengkajian lanjutan terhadap sistem pengolahan limbah padat dan cair yang dihasilkan, guna mewujudkan pabrik biodiesel yang ramah lingkungan serta sesuai dengan standar regulasi industri.
3. Perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap pemilihan lokasi pabrik, dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, akses transportasi, sumber daya manusia, serta dukungan infrastruktur dan kebijakan pemerintah setempat, agar operasional pabrik dapat berjalan secara optimal dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningrum, C. L. (2024). *PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA MELALUI PROSES TRANSESTERIFIKASI DENGAN KATALIS KALIUM HIDROKSIDA (KOH) MENGGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (MICROWAVE)*.
- Anggraini, T. M., & Fitriani, N. (2018). LIMBAH AMPAS TAHU SEBAGAI BAHAN BAKU UNTUK PRODUKSI BIODIESEL. Dalam *Jurnal Integrasi Proses* (Vol. 7, Nomor 1). <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- Bahan Kimia Industri Umum*. (2025). <https://www.bumimuliachemindo.co.id>.
<https://www.bumimuliachemindo.co.id/product/bahan-kimia-industri-umum-caustic-soda-cair-48-p1275533.aspx>
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*.
- Budiman, A. A., & Samik, S. (2023). REVIEW ARTIKEL : PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS. Dalam *UNESA Journal of Chemistry* (Vol. 12, Nomor 2).
- Carberry, J. J., Walker, W. H., White, A. H., Jackson, D. D., James, J. H., Lewis, W. K., & Curtis H C Parmelee, H. A. (1911). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (4 ed.).
- Design Engineering Manufacturing*. (t.t.). <https://www.kwsmfg.com/>.
- Dimawarnita, F., & Hambali, E. (2021). SURFAKTAN UNTUK BAHAN BAKAR SOLAR DAN BIODIESEL. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 120–128. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.2.120>

- Ekasari, Y. (2009). *Pengaruh Lama Fermentasi Rhizopus Oligosporus Terhadap Kadar Oligosakarida Dan Sifat Sensorik Tepung Tempe Kedelai (Glycine Max)*.
- Jazuli, M., & Wibowo, A. A. (2020). Biodiesel Sebagai Sumber Energi Terbarukan: Proses Dan Teknologi Terkini. *Distilat*, 6(2), 445–450.
<http://distilat.polinema.ac.id>
- Jeniél, B. S. L., & Rahayu, W. P. (1994). *Produksi Angkak Oleh Monascus Purpureus Dalam Medium Limbah Cair Tapioka, Ampas Tapioka Dan Ampas Tahu*.
- Joback, K. G., & Reid, R. C. (1987a). Estimation of Pure-Component Properties from Group-Contributions. *Chemical Engineering Communications*, 57(1–6), 233–243. <https://doi.org/10.1080/00986448708960487>
- Joback, K. G., & Reid, R. C. (1987b). Estimation of Pure-Component Properties from Group-Contributions. *Chemical Engineering Communications*, 57(1–6), 233–243. <https://doi.org/10.1080/00986448708960487>
- Kern, D. Q. (1965). *PROCESS HEAT TRANSFER*.
- Khairiah, Ropiudin, Dewi, P. P. I. P., Suaniti, N. M., Lateko, A. A. H., Suyasa, W. B., Murtius, W. S., Syska, K., Budaraga, I. K., & Putra, K. G. D. (2024). *REKAYASA BIOENERGI*. www.HeiPublishing.id
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operations in Chemical Engineering* (5 ed.).
- Megyesy, E. F. (2001). *Pressure Vessel Handbook* (12 ed.).

Melisa, N. (2011). *PENGARUH PENCAMPURAN TEPUNG AMPAS TAHU DAN TEPUNG TERIGU SEBAGAI BAHAN PENGIKAT TERHADAP MUTU NUGGET WORTEL (Daucus carota L).*

METHANOL DAN ETHANOL SURABAYA HARGA DISTRIBUTOR. (2025).

<https://www.jualmethanolethanol.com>.

<https://www.jualmethanolethanol.com/product/metanol-3097447>

Naseef, H. H., & Tulaimat, R. H. (2025). Transesterification and esterification for biodiesel production: A comprehensive review of catalysts and palm oil feedstocks. Dalam *Energy Conversion and Management: X* (Vol. 26). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.100931>

Novita, S. A., Santosa, Nofialdi, Andasuryani, & Fudholi, A. (2021). Artikel Review: Parameter Operasional Pirolisis Biomassa. *Agroteknika*, 4(1), 53–67. <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v4i1.105>

Pratama, R. V., Mardiana, & Niawanti, H. (2018). PEMANFAATAN LIMBAH LEMAK AYAM BROILER (*Gallus domesticus*) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL MELALUI PROSES TRANSESTERIFIKASI. Dalam *Jurnal Chemurgy* (Vol. 02, Nomor 2).

R. K, S. (2005). *CHEMICAL ENGINEERING DESIGN* (4 ed., Vol. 6).

Ridhuan, K., & Suranto, J. (2016). *PERBANDINGAN PEMBAKARAN PIROLISIS DAN KARBONISASI PADA BIOMASSA KULIT DURIAN TERHADAP NILAI KALORI.*

Smith, J. M. ., Van Ness, H. C. ., Abbott, M. M. ., & Swihart, M. T. . (2018). *Chemical Engineering Thermodynamics* (8 ed.). McGraw-Hill Education.

- Smith, R. (2016). *Chemical Process Design and Integration* (2 ed.).
- Tarmidi, A. R. (2003). *Penggunaan Ampas Tahu dan Pengaruhnya pada Pakan Ruminansia*.
- Uhl, V. W., & Gray, J. B. (1986). *Mixing* (Vol. 3).
- Walanda, D. K., & Said, I. (2017). Pemanfaatan Ampas Tahu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(3), 140.
<https://doi.org/10.22487/j24775185.2016.v5.i3.8048>
- Wibowo, A. D. K. (2013). *STUDI PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI BIJI KARET (HEVEA BRASILIENSIS) DENGAN METODE (TRANS)ESTERIFIKASI IN SITU*.

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

REAKTOR

Fungsi : Mereaksikan Minyak Ampas Kedelai dan Metanol (CH_3OH) dengan bantuan katalis Natrium Hidroksida (NaOH)

Jenis : Reaktor Alir Tanki Berpengaduk (RATB)

Material : *Stainless steel SA-240*

Kondisi Operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 60°C

Kondisi Proses : Kontinyu

Konversi : 97,87%

A. Neraca Massa Reaktor

Tabel Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	BM	Flow Mol (kmol/jam)	Flow Mass (kg/jam)
$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	282	0,0527	14,8505
$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	256	0,0189	4,8414
$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	284	0,0063	1,7951
$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$	280	0,1016	28,4499
$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	278	0,0160	4,4606
$\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$	884	2,7831	2460,2400
$\text{C}_{51}\text{H}_{98}\text{O}_6$	806	0,9951	802,0563
$\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$	890	0,3341	297,3916
$\text{C}_{57}\text{H}_{98}\text{O}_6$	878	5,3681	4713,2070
$\text{C}_{57}\text{H}_{92}\text{O}_6$	872	0,8474	738,9732
$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	296	0	0
$\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$	270	0	0
$\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_2$	298	0	0
$\text{C}_{19}\text{H}_{34}\text{O}_2$	294	0	0

C ₁₉ H ₃₂ O ₂	292	0	0
C ₃ H ₈ O ₃	92	0	0
CH ₃ OH	32	61,9674	1982,9559
NaOH	40	2,8542	114,1671
H ₂ O	18	14,0736	253,3240
Total		89,4185	11416,7126

B. Densitas

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

Komponen	Densitas (kg/m ³)	Flow Mass (kg/jam)	Fraksi Massa (wi)	wi/ρi
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	860,8979	14,8505	0,0013	1,51E-06
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	855,2857	4,8414	0,0004	4,96E-07
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	852,1480	1,7951	0,0002	1,85E-07
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	877,8818	28,4499	0,0025	2,84E-06
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	888,4019	4,4606	0,0004	4,40E-07
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	888,6844	2460,2400	0,2155	2,42E-04
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	878,7984	802,0563	0,0703	7,99E-05
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	876,2815	297,3916	0,0260	2,97E-05
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	895,9957	4713,2070	0,4128	4,61E-04
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	912,7650	738,9732	0,0647	7,09E-05
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	846,6684	0	0	0
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	835,7825	0	0	0
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	835,7698	0	0	0
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	860,6281	0	0	0
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	871,6447	0	0	0
C ₃ H ₈ O ₃	1235,0783	0	0	0
CH ₃ OH	754,5681	1982,9559	0,1737	1,51E-06
NaOH	1898,1044	114,1671	0,0100	4,96E-07
H ₂ O	979,6811	253,3240	0,0222	1,85E-07
Total		11416,7126	1	1,15E-03

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{\sum \left(\frac{w_i}{\rho_i} \right)}$$

$$\rho_{campuran} = \frac{1}{1,15E - 03}$$

Sehingga densitas campurannya:

$$\rho_{campuran} : 871,5403 \text{ kg/m}^3$$

C. Viskositas

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

Komponen	μ (cP)	Flow Mol (kmol/jam)	Fraksi Mol (xi)	$\ln(\mu) \cdot x_i$
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	10,3200	0,0527	0,0006	0,0014
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	9,5902	0,0189	0,0002	0,0005
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	12,1202	0,0063	0,0001	0,0002
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	7,8742	0,1016	0,0011	0,0023
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	6,4013	0,0160	0,0002	0,0003
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	19,0665	2,7831	0,0311	0,0918
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	19,7551	0,9951	0,0111	0,0332
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	24,3852	0,3341	0,0037	0,0119
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	11,8443	5,3681	0,0600	0,1484
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	8,0717	0,8474	0,0095	0,0198
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	2,6639	0	0	0
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	2,6538	0	0	0
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	3,4002	0	0	0
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	2,0010	0	0	0
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	1,5445	0	0	0
C ₃ H ₈ O ₃	86,1939	0	0	0
CH ₃ OH	0,3603	61,9674	0,6930	-0,7074
NaOH	124,8304	2,8542	0,0319	0,1541
H ₂ O	0,4742	14,0736	0,1574	-0,1174

Total	89,4185	1,0000	-0,3609
--------------	----------------	---------------	----------------

$$\ln(\mu_{campuran}) = \sum \ln(\mu) \times x_i$$

$$\ln(\mu_{campuran}) = -0,3609$$

Sehingga viskositas campurannya:

$$\mu_{campuran} : 0,6970 \text{ cP}$$

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

Reaksi berikut berlangsung secara *reversibel*:



Persamaan laju reaksinya dinyatakan sebagai:

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

Jika metanol digunakan dalam jumlah berlebih, maka konsentrasinya dianggap tetap, dan persamaan (2) dapat disederhanakan menjadi:

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

Dengan C_{A0} sebagai konsentrasi awal asam dan C_A sebagai konsentrasi asam pada waktu t , persamaan (3) dapat diintegrasikan dengan batas: saat $t = t_0$, $C_A = C_{A0}$, dan saat $t = t$, $C_A = C_A$, sehingga diperoleh:

$$k = \frac{\ln(C_{A0}) - \ln(C_A)}{t - t_0} \quad (4)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa laju reaksi sebanding dengan perubahan logaritmik konsentrasi asam terhadap waktu. Oleh karena itu, jika hubungan tersebut terpenuhi selama reaksi berlangsung, maka proses alkoholisis

minyak ampas kedelai dapat dianggap mengikuti reaksi orde satu semu terhadap asam.

Reaksi Asam :



Reaksi Pembentukan	$\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$	CH_3OH	$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
Mula-mula	2,7831	61,9674	0	0
Reaksi	2,7239	8,1715	8,1715	2,7238
Setimbang	0,0592	53,7958	8,1715	2,7238



Reaksi Pembentukan	$\text{C}_{51}\text{H}_{98}\text{O}_6$	CH_3OH	$\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
Mula-mula	0,9951	53,7958	0	2,7238
Reaksi	0,9739	2,9218	2,9218	0,9739
Setimbang	0,0212	50,8740	2,9218	3,6978



Reaksi Pembentukan	$\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$	CH_3OH	$\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_2$	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
Mula-mula	0,3341	50,8740	0	3,6978
Reaksi	0,3270	0,9811	0,9811	0,3270
Setimbang	0,0071	49,8929	0,9811	4,0248



Reaksi Pembentukan	$\text{C}_{57}\text{H}_{98}\text{O}_6$	CH_3OH	$\text{C}_{19}\text{H}_{34}\text{O}_2$	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
Mula-mula	5,3681	49,8929	0	4,0248
Reaksi	5,2539	15,7616	15,7616	5,2539
Setimbang	0,1142	34,1313	15,7616	9,2787



Reaksi Pembentukan	C ₅₇ H ₉₂ O ₆	CH ₃ OH	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	C ₃ H ₈ O ₃
Mula-mula	0,8474	34,1313	0	9,2787
Reaksi	0,8294	2,4882	2,4882	0,8294
Setimbang	0,0180	31,6431	2,4882	10,1081

D. Design Equation

1. Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

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

$$= 13,0995 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 13099,4659 \text{ liter/jam}$$

2. Menghitung Konsentrasi

$$C_{A0} = \frac{n_a}{F_v}$$

$$\text{Total Umpan Mula-mula } C_{A0} = 788,4211 \text{ mol/m}^3$$

$$C_{B0} = \frac{n_b}{F_v}$$

$$\text{Total Umpan Mula-mula } C_{B0} = 4730,5266 \text{ mol/m}^3$$

$$C_A = C_{A0}(1 - X)$$

$$\text{Total Konsentrasi Akhir } C_A = 16,7790 \text{ mol/m}^3$$

$$C_B = C_{B0}(1 - X)$$

$$\text{Total Konsentrasi Akhir } C_B = 3958,8845 \text{ mol/m}^3$$

3. Menghitung Konstanta Laju Reaksi

$$\text{Konstanta Laju Reaksi (k)} = 3,8540/\text{jam}$$

4. Menghitung Waktu Tinggal

$$\tau = \frac{X_n}{k \cdot (1 - X_n)}$$

$$\tau = 11,93 \text{ jam}$$

5. Menentukan Volume Reaktor

$$F_{A0} - F_{A1} - (-r_A)V = 0$$

$$V = \frac{F_{A0} - F_{A1}}{(-r_A)}$$

$$F_{A0} = F_{V0} \cdot C_{A0} ; F_{A1} = F_{V1} \cdot C_{A1} ; F_{V0} = F_{V1}$$

$$V = \frac{F_{V0}(C_{A0} - C_{A1})}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_{V0}(C_{A0} - C_{A1})}{k \cdot C_{A1}}$$

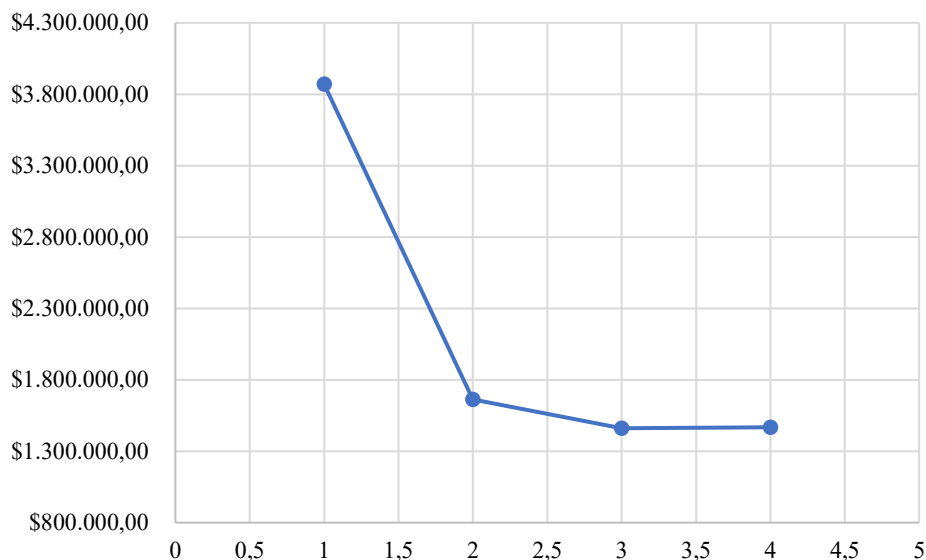
$$V_{Reaktor} = 156,3117 \text{ m}^3$$

6. Optimasi Reaktor

n	V (m³)	Fv	τ	k	X
1	156,3117	13,0995	11,93	3,8540	97,87%
2	19,9001	13,0995	1,52	3,8540	85,41%
3	8,8663	13,0995	0,68	3,8540	72,29%
4	5,5001	13,0995	0,42	3,8540	61,81%

7. Menentukan Harga Reaktor

n	Volume (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	41293,1877	\$3.870.043,72	\$3.870.043,72
2	5257,0535	\$831.418,28	\$1.662.836,56
3	2342,2363	\$486.959,55	\$1.460.878,65
4	1452,9752	\$366.672,60	\$1.466.690,40



Grafik Hubungan Jumlah Reaktor dengan Biaya Total

Dari grafik diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa reaktor yang digunakan berjumlah 3 reaktor, dengan pertimbangan harga yang paling rendah yaitu \$1.460.878,65 dan total waktu tinggal 2,03 jam.

8. Dimensi Reaktor

a. Menentukan Dimensi Reaktor

Diameter dan tinggi reaktor yang disarankan untuk desain lebih (*over design*) pada "Reaktor Kontinyu" adalah sebesar 20% (Peters dan Timmerhaus, 1980). Dengan demikian, volume reaktor menjadi:

$$\text{Volume reaktor} = 1,2 \times 8,8663 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = 10,6396 \text{ m}^3$$

Perbandingan tinggi terhadap diameter (H/D) diupayakan mendekati 1, karena apabila nilai H/D terlalu besar atau terlalu kecil, pengadukan dalam reaktor menjadi tidak optimal, terjadi perbedaan

konsentrasi (gradien konsentrasi), dan distribusi panas menjadi tidak merata.

Ditetapkan D : H = 1 (Brownell, 1959)

Dimana:

D = Diameter Reaktor

H = Tinggi Reaktor

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

$$D = 2,3838 \text{ m}$$

Maka, nilai H sebesar :

$$H = 2,3838 \text{ m}$$

b. Menghitung Ketinggian Cairan dalam Reaktor

$$V_{\text{cairan}} = 8,8663 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Reaktor}} = 10,6396 \text{ m}^3$$

$$h_{\text{cairan di shell}} = \frac{4 \times V_{\text{cairan}}}{\pi \times D^2}$$

maka, nilai $h_{\text{cairan di shell}}$ adalah 1,9865 m

c. Menghitung Tekanan Desain

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

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

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \rho_{\text{campuran}} \times g \times h_{\text{cairan}}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 871,5403 \times 9,8067 \times 1,9865$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 16978,7390 \text{ Pa} = 2,4626 \text{ psi}$$

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

$$= 14,7 \text{ psi} + 2,4626 \text{ psi}$$

$$= 17,1585 \text{ psi}$$

Tekanan *over design* yaitu 20%

$$\text{Tekanan design} = 1,2 \times 17,1585 \text{ psi}$$

$$= 20,5902 \text{ psi}$$

d. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

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

$$ts = \frac{20,5902 \times 46,9261}{17000 \times 0,8 - 0,6(20,5902)} + 0,125$$

$$ts = 0,1961 \text{ in}$$

Diambil ts standar :

$$ts = 5/16 \text{ in} = 0,3125 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

$$\text{ID shell} = 93,8523 \text{ in}$$

$$\text{OD shell} = \text{ID shell} + 2 \text{ ts}$$

$$= 93,8523 + (2 \times 0,3125)$$

$$= 94,4773 \text{ in}$$

$$\text{OD standar} = 96 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

Serta didapatkan nilai icr dan rc sebagai berikut:

$$\text{icr} = 5,875 \text{ in}$$

$$\text{rc} = 96 \text{ in}$$

e. Perancangan *Head* dan *Bottom* Tangki

Bentuk : *Torispherical Dishead Head*

Dasar pemilihan : Digunakan untuk tangki bertekanan dalam kisaran 15 psig (1,020689 atm) hingga 200 psig (13,60919 atm) dan lebih ekonomis dari segi biaya.

- Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

$$th = \frac{P \times rc \times w}{2fE - 0,2P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

Keterangan:

th = tebal *head*

w = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

f = *allowable stress*

E = *joint efficiency*

C = *corrosion allowance*

P = tekanan desain

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

$$w = 1,7606 \text{ in}$$

Sehingga diperoleh nilai th sebesar:

$$th = 0,2530 \text{ in}$$

Diambil ts standar :

$$ts = 5/16 \text{ in} = 0,3125 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

Serta didapatkan nilai icr dan rc sebagai berikut:

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

$$icr = 0,9375 \text{ in}$$

- Menentukan *depth of dish*

$$b = rc - \sqrt{(rc - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2}$$

$$b = 16,1612 \text{ in}$$

- Menentukan tinggi dan volume *dish head*

$$OA = th + b + sf$$

$$OA = 19,4737 \text{ in}$$

Jadi, tinggi *dish head*

$$Hd = 0,4946 \text{ m}$$

$$V_h = 0,000049 \times ID^3 + \frac{\pi}{4} \left(\frac{ID}{12}\right)^2 \frac{sf}{12}$$

$$V_h = 54,9141 \text{ in}^3$$

9. Desain Sistem Pengaduk

$$V = 10,9876 \text{ m}^3$$

$$\rho = 871,5403 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,6970 \text{ cP}$$

a. Dimensi pengaduk

$$\begin{aligned} Da &= ID \cdot 0,4 \\ &= 0,9690 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= Da/5 \\ &= 0,1938 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= Da/4 \\ &= 0,2423 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= ID/12 \\ &= 0,2019 \text{ m} \end{aligned}$$

$$E = ID/3$$

$$= 0,8075 \text{ m}$$

$$ZL = 2,1158 \text{ m}$$

b. Menentukan Jumlah Pengaduk

$$\text{Specific gravity (Sg)} = \rho \text{ cairan} / \rho \text{ air}$$

$$= 871,5403 / 979,6811$$

$$= 0,8896$$

$$WELH = ZL \times Sg$$

$$= 1,8822 \text{ m}$$

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

$$= 0,7770$$

Jadi, jumlah pengaduk yang digunakan adalah 1 buah

c. Menentukan *Power* Pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi ID} \sqrt{\frac{WELH}{2 ID}} \quad (\text{Rase, 1977})$$

$$N = 176,7314 \text{ rpm}$$

$$N_{Re} = \frac{N ID^2 \rho}{\mu} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

$$N_{Re} = 3458261,3208$$

$$\text{Power Number (Np)} = 4$$

$$P = Np \times \rho \times N^3 \times ID^5$$

$$P = 76116,0317 \text{ Watt} = 102,0733 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 90,86\%$$

$$\text{Daya motor} = 112,3428$$

Dipilih daya motor standar sebesar 125 Hp

10. Desain Sistem Pendingin

a. R-01

Neraca Panas R-01

Komponen	ΔH_{in} (kJ/jam)		ΔH_{out} (kJ/jam)
	Arus 3	Arus 7	Arus 9
$C_{18}H_{34}O_2$	1025,84	-	1025,84
$C_{16}H_{32}O_2$	329,31	-	329,31
$C_{18}H_{36}O_2$	123,97	-	123,97
$C_{18}H_{32}O_2$	1893,62	-	1893,62
$C_{18}H_{30}O_2$	294,03	-	294,03
$C_{57}H_{104}O_6$	150302,09	-	41651,49
$C_{51}H_{98}O_6$	50329,85	-	13947,33
$C_{57}H_{110}O_6$	18615,75	-	5158,77
$C_{57}H_{98}O_6$	282685,06	-	78337,26
$C_{57}H_{92}O_6$	43601,23	-	12082,71
$C_{19}H_{36}O_2$	-	-	116156,93
$C_{17}H_{34}O_2$	-	-	38199,56
$C_{19}H_{38}O_2$	-	-	14239,18
$C_{19}H_{34}O_2$	-	-	224243,74
$C_{19}H_{32}O_2$	-	-	34502,93
$C_3H_8O_3$	-	-	47772,51
CH_3OH	-	242234,08	154680,81
$NaOH$	-	7446,27	7446,27
H_2O	7224,02	32921,53	40145,55
Sub Total	556424,77	282601,89	832231,82
ΔH Reaksi	-10432274,88		-
Q serap	-		-10425480,04
Total	-9593248,22		-9593248,22

$$Q_w (Q \text{ pendingin}) = -10425480,0438 \text{ kJ/jam}$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C} = 77^\circ\text{F} = 298,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 50^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F} = 323,15 \text{ K}$$

$$\Delta H \text{ pendingin} = -2037,5373 \text{ kJ/kmol}$$

- Kebutuhan Air Pendingin

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 5116,7063 \text{ kmol/jam} = 92100,7136 \text{ kg/jam}$$

- Menghitung ΔT LMTD

Komponen	$^\circ\text{C}$	K	F
Suhu fluida panas masuk	60	333,15	140
Suhu fluida panas keluar	60	333,15	140
Suhu fluida dingin masuk	25	298,15	77
Suhu fluida dingin keluar	50	323,15	122

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

$$\Delta T_{LMTD} = 35,9206 \text{ F}$$

Untuk fluida panas berupa senyawa organik berat (dengan viskositas 1 cP) dan fluida dingin, nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan (UD) berkisar antara 5 hingga 75 Btu/ft²·°F·jam (Kern, hlm. 840, Tabel 8).

Diambil nilai UD

$$UD = 75 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{jam}$$

- *Heat Transfer Area*

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

$$A = 3667,8852 \text{ ft}^2$$

- Luas Selubung Reaktor

$$A = \pi \times D \times H$$

$$A = 196,5636 \text{ ft}^2$$

Dikarenakan *heat transfer area* yang lebih besar dari luas selubung reaktor maka digunakan pendingin berjenis koil.

- Diameter Koil

$$\text{Debit air} = 93,0447 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kecepatan aliran didalam pipa dipilih 1,5 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4 \times \text{Debit}}{\pi \times v}}$$

Sehingga didapatkan diameter koil sebesar 5,8314 in

Dipilih dimensi koil

Spesifikasi Pendingin

Reaktor 1	
Jenis Pendingin	Koil
IPS (in)	6
OD (in)	6,625
Schedule No.	40
ID (in)	6,065
Flow Area (in ²)	28,9
Surface Outside (ft ² /ft)	1,734
Surface Inside (ft ² /ft)	1,59
A aktual (ft ²)	553,0744
Panjang Koil (ft)	318,9587
Jumlah Lilitan	10,8159

Tinggi Lilitan (ft)	29,4898
Ud hitung (Btu/ft ² ·°F·jam)	497,3859
ΔP (psi)	1,3860

b. R-02

Neraca Panas R-02

Komponen	ΔH _{in} (kJ/jam)	ΔH _{out} (kJ/jam)
	Arus 9	Arus 10
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1025,84	1025,84
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	329,31	329,31
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	123,97	123,97
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1893,62	1893,62
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	294,03	294,03
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	41651,49	11542,40
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	13947,33	3865,06
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	5158,77	1429,59
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	78337,26	21708,70
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	12082,71	3348,34
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	116156,93	148346,16
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	38199,56	48785,36
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	14239,18	18185,12
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	224243,74	286385,83
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	34502,93	44064,33
C ₃ H ₈ O ₃	47772,51	61011,16
CH ₃ OH	154680,81	130418,18
NaOH	7446,27	7446,27
H ₂ O	40145,55	40145,55
ΔH Reaksi	-2890976,31	-
Q serap	-	-2889093,33
Total	-2058744,49	-2058744,49

$$Q_w (Q \text{ pendingin}) = -2889093,3348 \text{ kJ/jam}$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C} = 77^\circ\text{F} = 298,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 50^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F} = 323,15 \text{ K}$$

$$\Delta H \text{ pendingin} = -2037,5373 \text{ kJ/kmol}$$

- Kebutuhan Air Pendingin

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 1417,9340 \text{ kmol/jam} = 25522,8111 \text{ kg/jam}$$

- Menghitung ΔT LMTD

Komponen	$^\circ\text{C}$	K	F
Suhu fluida panas masuk	60	333,15	140
Suhu fluida panas keluar	60	333,15	140
Suhu fluida dingin masuk	25	298,15	77
Suhu fluida dingin keluar	50	323,15	122

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

$$\Delta T_{LMTD} = 35,9206 \text{ F}$$

Untuk fluida panas berupa senyawa organik berat (dengan viskositas 1 cP) dan fluida dingin, nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan (UD) berkisar antara 5 hingga 75 Btu/ft²·°F·jam (Kern, hlm. 840, Tabel 8).

Diambil nilai UD

$$UD = 75 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{jam}$$

- *Heat Transfer Area*

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

$$A = 1072,3997 \text{ ft}^2$$

- Luas Selubung Reaktor

$$A = \pi \times D \times H$$

$$A = 196,5636 \text{ ft}^2$$

Dikarenakan *heat transfer area* yang lebih besar dari luas selubung reaktor maka digunakan pendingin berjenis koil.

- Diameter Koil

$$\text{Debit air} = 25,7844 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kecepatan aliran didalam pipa dipilih 1,5 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4 \times \text{Debit}}{\pi \times v}}$$

Sehingga didapatkan diameter koil sebesar 3,0698 in

Dipilih dimensi koil

Spesifikasi Pendingin

Reaktor 2	
Jenis Pendingin	Koil
IPS (in)	4
OD (in)	4,5
<i>Schedule No.</i>	40
ID (in)	4,026
<i>Flow Area (in²)</i>	12,7
<i>Surface Outside (ft²/ft)</i>	1,178
<i>Surface Inside (ft²/ft)</i>	1,055
A aktual (ft ²)	199,4762
Panjang Koil (ft)	169,3346
Jumlah Lilitan	5,7575

Tinggi Lilitan (ft)	29,4112
Ud hitung (Btu/ft ² ·°F·jam)	403,2059
ΔP (psi)	0,5471

c. R-03

Neraca Panas R-03

Komponen	ΔH _{in} (kJ/jam)	ΔH _{out} (kJ/jam)
	Arus 10	Arus 11
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1025,84	1025,84
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	329,31	329,31
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	123,97	123,97
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1893,62	1893,62
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	294,03	294,03
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	11542,40	3198,70
C ₅₁ H ₉₈ O ₆	3865,06	1071,11
C ₅₇ H ₁₁₀ O ₆	1429,59	396,18
C ₅₇ H ₉₈ O ₆	21708,70	6016,05
C ₅₇ H ₉₂ O ₆	3348,34	927,91
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	148346,16	157266,30
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	48785,36	51718,85
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	18185,12	19278,61
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	286385,83	303606,37
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	44064,33	46713,94
C ₃ H ₈ O ₃	61011,16	64679,80
CH ₃ OH	130418,18	123694,63
NaOH	7446,27	7446,27
H ₂ O	40145,55	40145,55
ΔH Reaksi	-801135,57	-
Q serap	-	-800613,76
Total	29213,28	29213,28

Q_w (Q pendingin) = -800613,7634 kJ/jam

$$T_1 = 25^{\circ}\text{C} = 77^{\circ}\text{F} = 298,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 50^{\circ}\text{C} = 122^{\circ}\text{F} = 323,15 \text{ K}$$

$$\Delta H_{\text{pendingin}} = -2037,5373 \text{ kJ/kmol}$$

- Kebutuhan Air Pendingin

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 392,9321 \text{ kmol/jam} = 7072,7773 \text{ kg/jam}$$

- Menghitung ΔT_{LMTD}

Komponen	$^{\circ}\text{C}$	K	F
Suhu fluida panas masuk	60	333,15	140
Suhu fluida panas keluar	60	333,15	140
Suhu fluida dingin masuk	25	298,15	77
Suhu fluida dingin keluar	50	323,15	122

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

$$\Delta T_{LMTD} = 35,9206 \text{ F}$$

Untuk fluida panas berupa senyawa organik berat (dengan viskositas 1 cP) dan fluida dingin, nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan (UD) berkisar antara 5 hingga 75 Btu/ft²·°F·jam (Kern, hlm. 840, Tabel 8).

Diambil nilai UD

$$UD = 75 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^{\circ}\text{F} \cdot \text{jam}$$

- *Heat Transfer Area*

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

$$A = 297,1790 \text{ ft}^2$$

- Luas Selubung Reaktor

$$A = \pi \times D \times H$$

$$A = 196,5043 \text{ ft}^2$$

Dikarenakan *heat transfer area* yang lebih besar dari luas selubung reaktor maka digunakan pendingin berjenis koil.

- Diameter Koil

$$\text{Debit air} = 7,1453 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kecepatan aliran didalam pipa dipilih 1,5 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4 \times \text{Debit}}{\pi \times v}}$$

Sehingga didapatkan diameter koil sebesar 1,6160 in

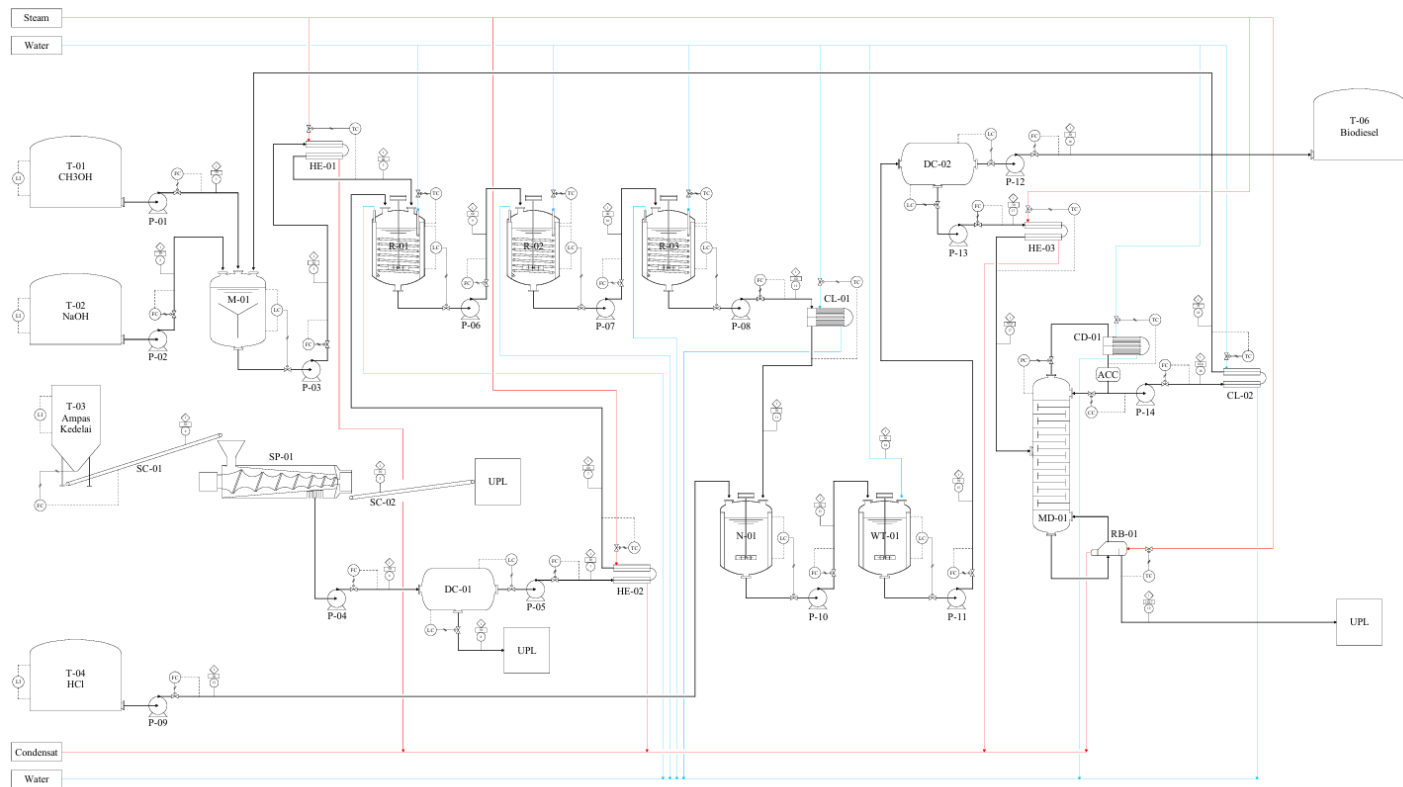
Dipilih dimensi koil

Spesifikasi Pendingin

Reaktor 3	
Jenis Pendingin	Koil
IPS (in)	2
OD (in)	2,38
<i>Schedule No.</i>	40
ID (in)	2,067
<i>Flow Area</i> (in ²)	3,35
<i>Surface Outside</i> (ft ² /ft)	0,622
<i>Surface Inside</i> (ft ² /ft)	0,542
A aktual (ft ²)	54,6501
Panjang Koil (ft)	87,7619
Jumlah Lilitan	2,9923
Tinggi Lilitan (ft)	29,3627
Ud hitung (Btu/ft ² ·°F·jam)	407,8386
ΔP (psi)	0,7243

LAMPIRAN B***PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)***

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK AMPAS KEDELAI DENGAN
KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN



Kategori	Semester Awa (Agustus)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CH404502	10	14.000	14.000																	
CH404602	10	4.000	4.000																	
CH404702	10	7.500	7.500																	
CH404802	10	20.400	20.400																	
CH404902	10	4.000	4.000																	
CH405002	10	200.000	200.000																	
CH405102	10	200.000	200.000																	
CH405202	10	200.000	200.000																	
CH405302	10	200.000	200.000																	
CH405402	10	200.000	200.000																	
CH405502	10	200.000	200.000																	
CH405602	10	200.000	200.000																	
CH405702	10	200.000	200.000																	
CH405802	10	200.000	200.000																	
CH405902	10	200.000	200.000																	
CH406002	10	200.000	200.000																	
CH406102	10	200.000	200.000																	
CH406202	10	200.000	200.000																	
CH406302	10	200.000	200.000																	
CH406402	10	200.000	200.000																	
CH406502	10	200.000	200.000																	
CH406602	10	200.000	200.000																	
CH406702	10	200.000	200.000																	
CH406802	10	200.000	200.000																	
CH406902	10	200.000	200.000																	
CH407002	10	200.000	200.000																	
CH407102	10	200.000	200.000																	
CH407202	10	200.000	200.000																	
CH407302	10	200.000	200.000																	
CH407402	10	200.000	200.000																	
CH407502	10	200.000	200.000																	
CH407602	10	200.000	200.000																	
CH407702	10	200.000	200.000																	
CH407802	10	200.000	200.000																	
CH407902	10	200.000	200.000																	
CH408002	10	200.000	200.000																	
CH408102	10	200.000	200.000																	
CH408202	10	200.000	200.000																	
CH408302	10	200.000	200.000																	
CH408402	10	200.000	200.000																	
CH408502	10	200.000	200.000																	
CH408602	10	200.000	200.000																	
CH408702	10	200.000	200.000																	
CH408802	10	200.000	200.000																	
CH408902	10	200.000	200.000																	
CH409002	10	200.000	200.000																	
CH409102	10	200.000	200.000																	
CH409202	10	200.000	200.000																	
CH409302	10	200.000	200.000																	
CH409402	10	200.000	200.000																	
CH409502	10	200.000	200.000																	
CH409602	10	200.000	200.000																	
CH409702	10	200.000	200.000																	
CH409802	10	200.000	200.000																	
CH409902	10	200.000	200.000																	
CH410002	10	200.000	200.000																	
CH410102	10	200.000	200.000																	
CH410202	10	200.000	200.000																	
CH410302	10	200.000	200.000																	
CH410402	10	200.000	200.000																	
CH410502	10	200.000	200.000																	
CH410602	10	200.000	200.000																	
CH410702	10	200.000	200.000																	
CH410802	10	200.000	200.000																	
CH410902	10	200.000	200.000																	
CH411002	10	200.000	200.000																	
CH411102	10	200.000	200.000																	
CH411202	10	200.000	200.000																	
CH411302	10	200.000	200.000																	
CH411402	10	200.000	200.000																	
CH411502	10	200.000	200.000																	
CH411602	10	200.000	200.000																	
CH411702	10	200.000	200.000																	
CH411802	10	200.000	200.000																	
CH411902	10	200.000	200.000																	
CH412002	10	200.000	200.000																	
CH412102	10	200.000	200.000																	
CH412202	10	200.000	200.000																	
CH412302	10	200.000	200.000																	
CH412402	10	200.000	200.000																	
CH412502	10	200.000	200.000																	
CH412602	10	200.000	200.000																	
CH412702	10	200.000	200.000																	
CH412802	10	200.000	200.000																	
CH412902	10	200.000	200.000																	
CH413002	10	200.000	200.000																	
CH413102	10	200.000	200.000																	
CH413202	10	200.000	200.000																	
CH413302	10	200.000	200.000																	
CH413402	10	200.000	200.000																	
CH413502	10	200.000	200.000																	
CH413602	10	200.000	200.000																	
CH413702	10	200.000	200.000																	
CH413802	10	200.000	200.000																	
CH413902	10	200.000	200.000																	
CH414002	10	200.000	200.000																	
CH414102	10	200.000	200.000																	
CH414202	10	200.000	200.000																	
CH414302	10	200.000	200.000																	
CH414402	10	200.000	200.000																	
CH414502	10	200.000	200.000																	
CH414602	10	200.000	200.000																	
CH414702	10	200.000	200.000																	
CH414802	10	200.000	200.000																	
CH414902	10	200.000	200.000																	
CH415002	10	200.000	200.000																	

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRA RANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

1. Nama Mahasiswa : **Safety Alditsa Ramadhan**

NIM : 21521076

2. Nama Mahasiswa : **Ardya Firtyo Pramesty Nirmasitha**

NIM : 21521090

Judul

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK AMPAS KEDELAI DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 14 September 2024

Batas Akhir Bimbingan : 13 September 2025

No	Tanggal	Luaran	Uraian
1	19 september 2024 - 03 oktober 2024	Luaran 1	Mencari Kapasitas Biodiesel dari Minyak Ampas Kedelai
2	4 oktober 2024 -18 oktober 2024	Luaran 2	Memilih proses dan bahan baku
3	21 oktober 2024 - 28 oktober 2024	Luaran 3	Pembahasan mengenai spesifikasi bahan baku
4	29 oktober 2024 - 08 november 2024	Luaran 4	Pembuatan Diagram Alir
5	11 november 2024 - 25 november 2024	Luaran 5	Menghitung Neraca Massa
6	26 november 2024 - 10 Januari 2025	Luaran 6	Menghitung Perancangan reaktor
7	11 Januari 2025 - 24 Januari 2025	Luaran 7	Perancangan alat besar
8	27 Januari 2025 - 31 Januari 2025	Luaran 8	Pembuatan PEFD
9	3 februari 2025 - 17 februari 2025	Luaran 9	Merancang Alat penyimpanan bahan
10	18 februari 2025 - 4 Maret 2025	Luaran 10	Merancang alat transportasi bahan
11	5 Maret 2025 - 20 Maret 2025	Luaran 11	Merancang alat penukar panas
12	21 Maret 2025 - 14 Maret 2025	Luaran 12	Menghitung neraca panas
13	15 Maret 2025 - 22 Maret 2025	Luaran 13	Penentuan lokasi, tata letak pabrik, dan struktur organisasi perusahaan
14	23 Maret 2025 - 7 mei 2025	Luaran 14	Merancang utilitas
15	8 mei 2025 - 22 mei 2025	Luaran 15	Menghitung evaluasi ekonomi
16	23 mei 2025 - 3 juni 2025	Luaran 16	Naskah

Yogyakarta, 4 Juni 2025



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

NIK 005220101