

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL
DARI *SEA MANGO (CERBERA ODOLLAM) OIL*
DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama	: Isnaeni Wardatur Rohmah	Nama	: Aulia Okta Berinda
No. Mahasiswa	: 21521102	No. Mahasiswa	: 21521116

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *SEA MANGO*
(*CERBERA ODOLLAM*) OIL DENGAN KAPASITAS 20.000
TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Isnaeni Wardatur Rohmah	Nama	: Aulia Okta Berinda
No. Mahasiswa	: 21521102	No. Mahasiswa	: 21521116

Yogyakarta, 1 Juli 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 kami siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mahasiswa 1



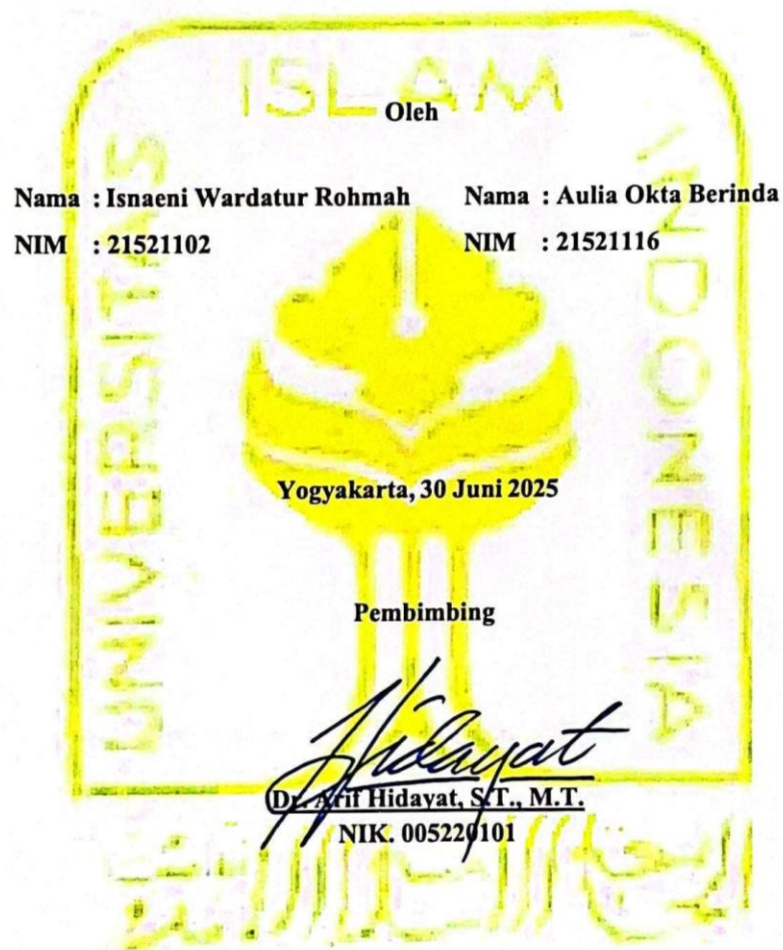
Isnaeni Wardatur Rohmah

Mahasiswa 2



Aulia Okta Berinda

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *SEA MANGO*
(*CERBERA ODOLLAM*) OIL DENGAN KAPASITAS 20.000
TON/TAHUN



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI *SEA MANGO (CERBERA
ODDOLAM) OIL* DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Isnaeni Wardatur Rohmah Nama : Aulia Okta Berinda
No.Mahasiswa : 21521102 No.Mahasiswa : 21521116

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, 23 Juli 2025

Tim Penguji

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

Ketua

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

Anggota I

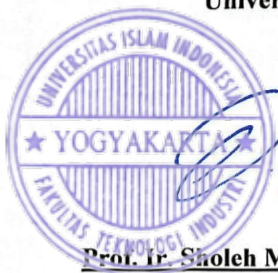
Venalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.

Anggota II

 23/7 25
 23/7 25
 28/7 25

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



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

NIK. 995200445

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan kasih-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul **“PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL *SEA MANGO* (*CERBERA ODOLLAM*) OIL DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN”**. Tugas akhir ini disusun sebagai penerapan dari Ilmu Teknik Kimia yang telah dipelajari selama di bangku kuliah dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

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

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

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

Yogyakarta, Juni 2025

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabbilalamin segala syukur tiada henti saya panjatkan atas rahmat dan kasih yang telah Allah SWT berikan dikala kesusahan dan keletihan, memberikan nikmat sehat, iman dan pengetahuan, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik ini dengan lancar dan tepat waktu.

Di dalam proses, saya ingin berterima kasih kepada diri sendiri karena terus melangkah meski perjalanan tidak selalu mudah. Tugas akhir ini bukanlah sebuah akhir, namun menjadi pintu untuk membuka banyak pintu dari perjalanan yang baru. Terima kasih kepada Allah SWT yang telah menghadirkan pihak-pihak yang turut memberi bantuan, semangat, do'a, dan motivasi selama perjalanan yang panjang ini. Maka dari itu, saya ucapkan terima kasih untuk :

1. Bapak Suyono (Alm.) dan Ibu Sulami. Bapak terima kasih atas semua materi, kasih, sayang dan cinta yang senantiasa bapak berikan meski tak lama. Meski raga tak dapat saling bersentuh, namun do'a dan restu darimu selalu menyertai langkah yang aku tempuh. Semoga Bapak senantiasa mendapat jalan yang terang dan luas, karena rahmat milik-Nya tiada batas. Kepada Ibu, terima kasih untuk segala cinta, sayang dan do'a yang tidak pernah putus ibu berikan. Terima kasih untuk segala perjuangan tidak mudah yang ibu lakukan untuk anakmu agar tidak takut bermimpi dan bahagia. Semoga Ibu senantiasa dilimpahi berkah dan kasih sayang Allah SWT. Dibalik

pencapaian ini, ada do'a yang tak henti kalian panjatkan. Maka dari itu, pencapaian ini juga milik kalian.

2. Bude Sayuti (Alm.) dan Bude Amini terimakasih telah menganggapku seperti anak yang kalian lahirkan, terima kasih atas segala ketulusan dan cinta tiada pamrih yang kalian berikan dalam merawat dan menemani. Semoga De Am selalu sehat dan dapat menyertaiku hingga langkah akhirku. Kepada Busa (Alm.), terima kasih karena selalu memikirkanku hingga nafas terakhirku, akhirnya aku dapat menjalani pendidikan tinggi ini seperti amanahmu, semoga Allah selalu memberikan rahmat dan engkau dipeluknya dalam kasih sayang milik-Nya yang tiada batas. Kalian adalah bagian penting dari setiap perjalananku.
3. Mas Amik Datuk dan Adikku Amanda Masha. Terima kasih atas canda, tawa, dan cerita yang kalian berikan hingga aku tak merasa sendiri dan dapat terus melangkah tanpa kesepian. Mas Amik, semoga Allah terus memberikan kemudahan dan ridho-Nya dalam setiap langkahmu. Amanda, tetap semangat dalam perjalananmu yang masih panjang, nikmati masa kecil yang bahagia dan jangan berhenti berjuang serta selalu temani Mbak hingga akhir nanti.
4. Bupuh Sukesi terima kasih atas semua dukungan yang telah bupuh berikan dari awal hingga akhir pendidikan tinggi ini. Semoga seluruh kebaikan yang bupuh berikan mendapat balasan yang berlipat dan nikmat serta rahmat yang tak henti dari Allah SWT.

5. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kami yang luar biasa dan penuh semangat. Terima kasih untuk semua arahan, bantuan, kesabaran, motivasi, dan masukan yang bapak berikan selama ini. Terima kasih telah membimbing dan mendampingi kami dari awal hingga akhir dari perjalanan penulisan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah Bapak berikan dengan limpahan berkah dan nikmat yang tiada henti.
6. Isnaeni Wardatur Rohmah sebagai partner dari Kerja Praktik, Penelitian, dan Tugas Akhir. Perjalanan yang kita lalui memanglah tidak selalu mudah, terima kasih karena senantiasa saling memapah untuk melangkah. Perjalananku tanpamu tidak akan terasa seringan saat kita bersama. Terima kasih untuk semua ilmu, semangat, dan dorongan yang selalu kamu berikan hingga kita dapat bertahan hingga akhir perjalanan ini. Tugas akhir ini menjadi pertanda dari perjalanan kita di bangku kuliah telah menginjak akhir, akan tetapi perjalanan pertemanan kita tidak ada akan menemui garis akhir.
7. Rifki Arif dan Erlina Yusdiyanti yang senantiasa berjalan bersamaku, terima kasih karena tidak pernah letih dalam mendengar ceritaku. Tawa, canda cerita, semangat dan perjalanan selama di Jogja semoga tiada henti kita bagi hingga nanti tak selalu bersama. Semoga perjalanan dan perjuangan kalian ke depan senantiasa menemukan kemudahan dan mendapat ridho dari Allah SWT.

8. Teman-teman Barudakknwell Mella, Caca, Ica, Azka, Rudin, Lukman, Manto, Putra, Satrio, Wahyu, Miftah, Encep, dan Marinus. Terima kasih telah menjadi bagian dari kebahagiaan dan segala cerita yang tertulis indah bersama. Semoga perjalanan kalian berikutnya selalu mendapat kemudahan dan ridho dari Allah SWT.

Aulia Okta Berinda

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillah rabbil'alamin dengan segenap rasa syukur kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat, hidayat serta inayah-Nya, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Inilah hasil dari perjuangan panjang selama delapan semester menempuh pendidikan tinggi yang tidak hanya menguji kemampuan akademik, namun juga mental, kesabaran dan keikhlasan dalam menjalaninya. Banyak cobaan yang datang dari segala arah yang tidak disangka-sangka namun dapat terlewati dengan ikhlas tak luput atas bantuan dari Tuhan yang Maha Esa.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk mereka yang telah menjadi bagian dari perjalanan panjang ini. Untuk mereka yang selalu menemani baik suka maupun duka. Untuk mereka yang tidak hanya menemani, tapi juga menyakinkan dan memberi dorongan semangat meski saya sering meragukan diri sendiri. Untuk mereka yang memberikan tenaga, waktu, cinta dan doa tanpa pamrih. Tulisan ini saya persembahkan dengan sepenuh hati kepada :

1. Diriku sendiri, terima kasih telah bertahan sampai sejauh ini. Untuk segala pengorbanan yang telah dilakukan dan tidak menyerah meski perjalanan untuk sampai di titik sangatlah berat dan panjang. Banyak tekanan yang diterima baik mental dan kondisi ekonomi namun dengan tegar dan sabar dapat dilewati. Dan itu cukup membuat dirimu berkembang dan menjadi kepribadian yang lebih baik.

2. Kepada kedua orang tuaku Bapak Wawan Ismanto dan Ibu Kholifatur Rosyidah, tak ada kata yang mampu mewakili besarnya rasa terima kasih dan rasa syukurku kepada kalian berdua. Setiap hari kalian lalui dengan rasa lelah dan tak lupa selalu diiringi dengan doa. Kalian tidak pernah berhenti bekerja bahkan di hari libur demi memastikan anak-anakmu bisa makan, sekolah dan bermimpi setinggi mungkin. Bapak dan Ibu, terima kasih sudah mengurusku sejak kecil, menuntunku dengan kasih sayang tanpa syarat dan mengajarkanku pondasi agamaku hingga saat ini. Terima kasih selalu memberi dorongan semangat dan memeluk ketika gagal, mencoba dan bangkit lagi di setiap prosesku. Di balik gelar ini, ada anak kalian yang tidak menyerah dan segala pencapaian ini adalah milik kalian juga.
3. Kakakku tercinta M. Lutfi Purnomo S.M., Terima kasih telah membimbingku dan memberi semangat adikmu ini hingga dapat melangkah sampai sejauh ini. Terima kasih telah menjadi kakak yang baik dan selalu menjadi garda terdepan untuk adikmu ini. Aku sadar menjadi anak pertama memanglah berat dan aku bersyukur mempunyai kakak sepertimu. Semoga Allah membalas segala kebaikan kakak dan melimpahkan rezeki yang lancar dan barokah tanpa henti. Semoga senantiasa dalam lindungan Allah SWT.
4. Adik-adikku tersayang, Sulistiana Bilkis dan Muhammad Rafa Azka Putra. Terima kasih telah menjadi bagian dari alasan untuk terus melangkah. Semoga kalian bisa meraih cita-cita setinggi mungkin dan menemukan kebahagiaan dalam jalan masing-masing. Adikku Bilkis tetap semangat dalam menimba ilmu di persantren. Jangan menyerah, teruskan perjuanganmu dan buat bapak ibu

bangga. Dan adik kecilku Rafa, tetap ceria dan nikmati masa kecilmu dengan bahagia. Terima kasih telah menjadi alasan bagiku untuk berjuang sampai sejauh ini.

5. Paman Muntaha, Terima kasih telah menjadi paman terbaik yang menemani sebagian masa kecilku. Terima kasih telah membantu keluarga kami dikala suka maupun duka dan peduli kepada ibu dan ponakanmu ini. Semoga selalu dimudahkan segala urusan dan dilapangkan rezekinya serta selalu diberi kesehatan. Engkau bagian dari keberhasilan pencapaian gelar ini.
6. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing kami yang luar biasa. Terima kasih atas arahan, masukan, motivasi dan kesempatan belajar yang telah diberikan selama ini. Meski kami sering kali tidak ideal sebagai mahasiswa, Bapak tetap mendampingi dengan kesabaran dan ketulusan luar biasa serta memotivasi kami hingga dapat melangkah sejauh ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah kepada Bapak dan keluarga, serta memberikan kesehatan, kebahagiaan dan kesuksesan yang berlimpah.
7. Aulia Okta Berinda, Patner Kerja Praktik, Penelitian dan Tugas Akhir. Terima kasih atas kesabaran yang tiada henti dan semangat yang menginspirasi. Kita telah membuktikan bahwa dengan kebersamaan, ketekunan dan tekad yang kokoh, segala hal menjadi mungkin. Dari proses praktik, penelitian hingga tugas akhir kolaborasi kita telah memberikan inspirasi, dukungan dan kekuatan. Tidak terbayangkan olehku dunia perkuliahanku tanpa dirimu akan bagaimana. Semoga selalu sehat dan senantiasa dilimpahkan bahagia dan rezeki yang barokah. Terima kasih telah menjadi patner terbaik selama masa perkuliahan ini.

8. Wiga Dhioferbi Ginayu Putra, Terima kasih karena selalu menemani dan memberi semangat serta memotivasi diriku hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Kesabaranmu yang sangat luas dan kebaikan hatimu selalu mendorong saya berjuang hingga kini. Semoga selalu senantiasa dilindungi Allah SWT dan dilimpahkan rezeki yang barokah. Dan dimudahkan segala urusanmu.
9. Teman-temanku dari SMA Maulida, Ifah, Syifa, Safanisa, Revi, dan Hafna yang selalu memberi dukungan dan mempercayai saya hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Kalian selalu menerima dalam segala keadaan dan selalu menjadi sahabat yang terbaik hingga saya dapat melangkah sejauh ini. Semoga cita-cita dan gelar yang kalian harapkan tercapai dan dimudahkan segala urusannya. Terima kasih untuk waktu yang selalu kalian luangkan kepadaku.
10. Mutiatul Fajriatul Dzakia yang telah menjadi sahabat sekaligus teman asrama. Terima kasih telah menjadi bagian penting atas perjalanan jauh ini, teman sekaligus bagai keluarga yang selalu memberi nasehat dan menjadi tempat curhat yang senantiasa menemani kala suka maupun duka. Semoga dimudahkan dalam mencapai cita-cita dan gelar yang diharapkan.
11. Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan yang telah menemani dunia perkuliahan ini selama delapan semester ini. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup sampai mendapatkan gelar ini. Semoga senantiasa dalam lindungan Tuhan Yang Maha Esa.

Isnaeni Wardatur Rohmah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xxiv
ABSTRAK	xxvii
<i>ABSTRACT</i>	xxviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Potensi Minyak Biji Bintaro (<i>Cerbera Odollam Oil</i>)	3
1.1.2 Kebutuhan Biodiesel	4
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	6
1.2.1 Kebijakan Biodiesel di Indonesia.....	6
1.2.3 <i>Supply</i>	7
1.2.4 <i>Demand</i>	10

1.2.5 Kapasitas Produksi Biodiesel Yang Sudah Berdiri	14
1.2.6 Ketersediaan Bahan Baku	16
1.3 Tinjauan Pustaka	17
1.3.1 Biodiesel.....	17
1.3.2 <i>Sea Mango</i>	19
1.3.3 Macam Metode Pembuatan Biodiesel.....	21
1.4 Pemilihan Proses	24
1.5 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	29
1.5.1 Tinjauan Termodinamika.....	29
1.5.2 Tinjauan Kinetika	32
BAB II PERANCANGAN PRODUK	33
2.1 Spesifikasi Produk.....	33
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	34
2.3 Pengendalian Kualitas	39
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	39
2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk	40
2.3.3 Pengendalian Proses.....	41
2.3.4 Pengendalian Waktu	42
2.3.5 Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan.....	43
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	45

3.1 Diagram Alir Proses dan Material	45
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif	45
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif	46
3.2 Uraian Proses.....	47
3.2.1 Penyimpanan dan Persiapan Bahan Baku	47
3.2.2 Proses Pembentukan Produk	48
3.2.3 Proses Pemurnian Produk	49
3.2.4 <i>Recovery</i> CH ₃ OH	50
3.3 Spesifikasi Alat.....	51
3.3.1 Spesifikasi Alat Proses	51
3.3.2 Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk.....	62
3.3.3 Alat Transportasi Bahan.....	67
3.4 Alat Penukar Panas.....	76
3.5 Neraca Massa	87
3.5 Neraca Panas	94
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....	99
4.1 Lokasi Pabrik.....	99
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant layout</i>)	105
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	112
4.4 Organisasi Perusahaan.....	116

BAB V UTILITAS	137
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	139
5.1.1 Unit Penyediaan Air	139
5.1.2 Unit Pengolahan Air	143
5.1.3 Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generator System</i>)	147
5.1.4 Unit Pembangkit Listrik	148
5.1.5 Unit Penyedia Udara Tekan.....	152
5.1.6 Unit Penyedia Bahan Bakar	153
5.1.7 Unit Pengolahan Limbah.....	153
5.2 Spesifikasi Alat Utilitas	155
BAB VI EVALUASI EKONOMI	180
6.1 Penaksiran Harga alat	181
6.2 Dasar Perhitungan	187
6.3 Komponen Biaya.....	187
6.4 Analisa Keuntungan	192
6.5 Analisa Kelayakan.....	192
6.6 Analisa Resiko Pabrik	197
BAB VII PENUTUP	200
7.1 Kesimpulan.....	200
7.2 Saran.....	201

DAFTAR PUSTAKA	203
LAMPIRAN A	207
LAMPIRAN B	234
LAMPIRAN C	236

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Produksi Biodiesel di Indonesia	7
Tabel 1. 2 Data Konsumsi Biodiesel Indonesia	9
Tabel 1. 3 Data Ekspor Biodiesel Indonesia	10
Tabel 1. 4 Persen Pertumbuhan Jumlah Ekspor	12
Tabel 1. 5 Data Kapasitas Perusahaan Biodiesel di Dalam Negeri.....	14
Tabel 1. 6 Syarat Mutu Biodiesel.....	18
Tabel 1. 7 Komposisi Asam Lemak Biji Bintaro	20
Tabel 1. 8 Sifat Fisiko-Kimia Minyak Biji Bintaro.....	21
Tabel 1. 9 Perbandingan Kondisi Operasi.....	25
Tabel 1. 10 Harga Masing-Masing Gugus	30
Tabel 1. 11 Harga Entalpi Komponen pada Suhu 298.15 K	31
Tabel 2. 1 Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Sea Mango.....	35
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Penyimpanan.....	62
Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Padat.....	67
Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair.....	68
Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Penukar Panas	76
Tabel 3. 5 Neraca Massa Screw Press	87
Tabel 3. 6 Neraca Massa Degummer	87
Tabel 3. 7 Neraca Massa Decanter-01	88
Tabel 3. 8 Neraca Massa Mixer.....	89
Tabel 3. 9 Neraca Massa Reaktor.....	89
Tabel 3. 10 Neraca Massa Netralizer	90

Tabel 3. 11 Neraca Masa Decanter-02	91
Tabel 3. 12 Neraca Massa Washing Tower	92
Tabel 3. 13 Neraca Massa Decanter-03.....	93
Tabel 3. 14 Neraca Massa Menara Distilasi	93
Tabel 3. 15 Neraca Panas Degummer-01	94
Tabel 3. 16 Neraca Panas Decanter-01.....	94
Tabel 3. 17 Neraca Panas Reaktor-01	95
Tabel 3. 18 Neraca Panas Mixer-01	95
Tabel 3. 19 Neraca Panas Netralizer-01	96
Tabel 3. 20 Neraca Panas Decanter-02.....	96
Tabel 3. 21 Neraca Panas Washing Tower-01	97
Tabel 3. 22 Neraca Panas Decanter-03.....	97
Tabel 3. 23 Neraca Panas Menara Distilasi-01	98
Tabel 4. 1 Daftar Tata Letak Pabrik	110
Tabel 4. 2 Jadwal Jam Kerja Karyawan <i>Non-Shift</i>	127
Tabel 4. 3 Jadwal Jam Kerja Karyawan <i>Shift</i>	128
Tabel 4. 4 Jadwal Kerja <i>Shift</i>	129
Tabel 4. 5 Rincian Gaji Setiap Karyawan	130
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik.....	140
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin	141
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air untuk Steam	142
Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses	149
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik untuk Alat Utilitas	150

Tabel 5. 6 Total Kebutuhan Listrik.....	152
Tabel 5. 7 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan Utilitas	155
Tabel 5. 8 Spesifikasi Tangki Utilitas.....	167
Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat Utilitas Saringan.....	174
Tabel 5. 10 Spesifikasi Alat Utilitas <i>Clarifier</i>	174
Tabel 5. 11 Spesifikasi Alat Utilitas <i>Sand Filter</i>	175
Tabel 5. 12 Spesifikasi Alat Utilitas <i>Cooling Tower</i>	176
Tabel 5. 13 Spesifikasi Alat Utilitas <i>Deaerator</i>	177
Tabel 5. 14 Spesifikasi Alat Utilitas <i>Blower Cooling Water</i>	178
Tabel 5. 15 Spesifikasi Alat Utilitas Kompresor	178
Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat.....	181
Tabel 6. 2 Harga Alat Proses	183
Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas.....	185
Tabel 6. 4 <i>Physical Plant Cost</i>	187
Tabel 6. 5 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	188
Tabel 6. 6 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	188
Tabel 6. 7 <i>Working Capital Investment (WCI)</i>	189
Tabel 6. 8 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	189
Tabel 6. 9 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	190
Tabel 6. 10 <i>Fixed Manufacturing Cost (IMC)</i>	190
Tabel 6. 11 <i>Total Manufacturing Cost</i>	190
Tabel 6. 12 <i>General Expense (GE)</i>	191
Tabel 6. 13 <i>Total Production Cost</i>	191

Tabel 6. 14 <i>Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)</i>	194
Tabel 6. 15 <i>Annual Regulated Expenses (Ra)</i>	194
Tabel 6. 16 <i>Annual Variable Value (Va)</i>	194
Tabel 6. 17 <i>Annual Sales Value (Sa)</i>	195
Tabel 7. 1 Data Hasil Evaluasi Ekonomi	200

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia	8
Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia	10
Gambar 1. 3 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia	11
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	45
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	46
Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik Biodiesel	99
Gambar 4. 2 Layout Pabrik Biodiesel	112
Gambar 4. 3 Layout Alat Proses (Skala 1:300).....	115
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Biodiesel	120
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas	138
Gambar 6. 1 Grafik Regresi Linier Indeks Harga	183
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi	197

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

A	: Luas area permukaan perpindahan panas, ft ²
A	: Luas penampang, m ²
BEP	: <i>Break Event Point</i>
BWG	: <i>Birmingham Wire Gauge</i>
C	: <i>Corrosion allowance</i>
CaOH	: Kalsium Hidroksida
CEPCI	: <i>Chemical Engineering Plant Cost Index</i>
CH ₃ OH	: Metanol
CP	: Kapasitas panas, J/(mol.K)
DCFRR	: <i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i>
E	: Efisiensi Pengelasan
f	: <i>Allowable Stress</i> , psia
Fa	: <i>Annual Fixed Cost</i>
FFA	: <i>Free Fatty Acid</i>
FAME	: <i>Fatty Acid Methyl Ester</i>
Fv	: Laju Alir Volumetrik, m ³
H	: Tinggi, m
hc	: Koefisien perpindahan panas konveksi, W/m ² ·K
icr	: Jari-jari sudut dalam, in
ID	: <i>Inside diameter</i> , in
LMTD	: <i>Long mean Temperature different</i> , F

m	: Massa, Kg
N	: Kecepatan pengadukan, rpm
OD	: <i>Outside diameter</i> , in
P	: Power Motor, Hp
P	: Tekanan, psia
POT	: <i>Pay Out Time</i>
Q	: Kebutuhan Kalor, kJ/jam
r	: Jari-jari, in
Re	: Bilangan Reynold
ROI	: <i>Return On Investment</i>
SDP	: <i>Shut Down Point</i>
T	: <i>Temperature</i> , °C
t	: Waktu
th	: <i>Tebal head</i> , in
ts	: <i>Tebal shell</i> , in
Uc	: <i>Clean Overall Coefficient Heat Transfer</i> , Btu/jam/ft ² /°F
Ud	: <i>Design Overall Coefficient Heat Transfer</i> , Btu/jam/ft ² /°F
V	: Volume, m ³
Va	: <i>Annual Variable Cost</i>
x	: Konversi, %
Zi	: Jarak pengaduk, m
ZL	: Tinggi pengaduk, m
ΔH	: Entalpi, kJ/jam

ΔP_T : *Pressure Drop*, psia

μ : Viskositas, cP

ρ : Densitas, Kg/m³

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam hayati dan secara signifikan masih bergantung pada bahan bakar minyak bumi dalam memenuhi kebutuhan energi. Maka dari itu dibutuhkan sumber energi alternatif berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Salah satu kekayaan hayati Indonesia yang memiliki potensi besar adalah tanaman *sea mango* yang dapat diproses menjadi biodiesel. Pabrik biodiesel dari *Sea Mango Oil* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun menggunakan reaksi esterifikasi direncanakan berlokasi di Kec.Tembilahan, Kab. Indragiri Hilir, Prov. Riau. Berdasarkan analisa kelayakan secara teknis pabrik biodiesel ini layak untuk didirikan, dari evaluasi ekonomi menunjukkan tingkat pengembalian investasi (ROI) sebelum pajak 32,55 % dan setelah pajak 24,42 %, nilai *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,46 tahun dan setelah pajak 3,08 tahun, BEP 49,66 %. Pendirian pabrik biodiesel dianggap sebagai langkah strategis untuk mendukung keberlanjutan energi di Indonesia dan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan biodiesel di dalam negeri dan luar negeri.

Kata Kunci : Biodiesel, *Sea Mango*, Esterifikasi, Prarancangan Pabrik, Evaluasi Ekonomi

ABSTRACT

Indonesia is a country rich in biological natural resources and is still significantly dependent on petroleum fuels to meet its energy needs. Therefore, sustainable alternative energy sources are needed to reduce dependence on fossil energy. One of Indonesia's biological resources that has great potential is the sea mango plant which can be processed into biodiesel. A biodiesel plant from sea mango seeds with a capacity of 20,000 tons/year from sea mango seed oil using esterification process is planned to be in Tembilahan sub-district, Indragiri Hilir district, Riau province. Riau. Based on the technical feasibility analysis, the biodiesel plant is feasible to establish, the economic evaluation shows the return on investment (ROI) before tax 32.55 % and after tax 24.42 %, Pay Out Time (POT) value before tax 2.46 years and after tax 3.08 years, BEP 49.66%. The establishment of a biodiesel plant is considered a strategic step to support energy sustainability in Indonesia and is expected to meet domestic and foreign biodiesel needs.

Keywords : Biodiesel, Sea Mango, Esterification, Plant Design, Economic Evaluation

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kebutuhan energi yang sangat besar. Berdasarkan *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2023* tercatat konsumsi energi Indonesia mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada tahun 2013 hingga 2023. Pada tahun 2013 Konsumsi Energi Nasional (KEN) Indonesia mencapai 798.983.284 *Barrels Oil Equivalent* (BOE), sedangkan pada tahun 2023 KEN Indonesia mencapai 1.237.426.624 BOE. Bahan Bakar Minyak (BBM) yang berasal dari fosil menjadi konsumsi energi terbesar. Bahan bakar yang berasal dari fosil memiliki sifat yang terbatas, fosil sendiri merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Bahan bakar minyak menjadi salah satu komponen penting untuk menunjang kehidupan, khususnya sebagai faktor penggerak sarana dan prasarana yang dapat meringankan pekerjaan dan meningkatkan perekonomian negara. Hal tersebut menjadi suatu tantangan bagi pemerintah Indonesia untuk mengatasi ketergantungan kepada bahan bakar fosil dan mencari solusi sumber energi alternatif. Salah satu energi alternatif sebagai solusi mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar fosil ialah biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang berasal dari minyak nabati dengan beberapa kelebihan yaitu, dapat diperbaharui (*renewable*), berkadar sulfur rendah (*non-toxic*), ramah lingkungan (*biodegradable*), dan hasil

pembakaran yang dihasilkan relatif lebih bersih dibandingkan bahan bakar solar yang berasal dari fosil. Berdasarkan data yang tercatat di dalam *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2023* yang diterbitkan oleh Kementerian ESDM menunjukkan bahwa konsumsi biodiesel juga semakin meningkat. Pada tahun 2018 total konsumsi biodiesel sebesar 24.327.000 BOE, sedangkan pada tahun 2023 mencapai 79.724.000 BOE. Hal tersebut berkaitan erat dengan pertumbuhan industri dan meningkatnya pengguna kendaraan, khususnya bermesin diesel. Selama ini biodiesel telah dimanfaatkan untuk bahan bakar dengan jenis B30, yaitu campuran dari 30% biodiesel dan 70% solar.

Pabrik biodiesel yang ada di Indonesia masih menggunakan bahan baku dari *Crude Palm Oil* (CPO) karena Indonesia merupakan produsen CPO terbesar pertama di dunia, CPO merupakan salah satu minyak nabati yang sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai biodiesel. Seiring dengan berjalannya waktu, pengembangan biodiesel berbasis CPO akan menimbulkan dilema berkaitan dengan pangan dan perekonomian Indonesia. Pada satu sisi, pengembangan CPO sebagai biodiesel dapat mengurangi kemiskinan di sentra perkebunan sawit, namun di sisi lain, pengembangan CPO sebagai bahan baku biodiesel dapat berimbas pada kenaikan harga minyak goreng dan mengganggu kestabilan pangan yang ada di masyarakat. Oleh karena itu dibutuhkan sumber bahan baku lain yang ketersediaannya melimpah dan dapat diperbarui, serta tidak mengganggu kestabilan pangan, ekonomi, dan lain-lain. Salah satu

kandidat tumbuhan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan bakar nabati (*biofuel*) adalah *Cerbera odollam* atau buah bintaro.

1.1.1 Potensi Minyak Biji Bintaro (*Cerbera Odollam Oil*)

Minyak bintaro merupakan jenis minyak nabati yang diperoleh dengan metode pengepresan pada buah bintaro yang sudah kering. Minyak nabati hasil pengepresan inilah yang selanjutnya akan diolah menjadi biodiesel, baik melalui proses esterifikasi maupun transesterifikasi. Pengembangan biodiesel dengan bahan baku minyak bintaro memiliki potensi yang sangat besar, karena tanaman bintaro mempunyai sebaran yang cukup luas di Indonesia, khususnya di hutan rawa pesisir atau di pantai hingga ke darat. Tanaman bintaro dapat berfungsi sebagai tanaman penghijauan untuk mencegah erosi dan memiliki produktivitas yang cukup tinggi, namun pemanfaatan tanaman ini masih sangat minim karena bintaro dikenal memiliki racun di seluruh bagian tanamannya, sehingga nilai ekonomi bintaro masih rendah (Rohimaatun & Suriati, 2011).

Rendemen minyak bintaro yang didapat dari metode pengepresan sebanyak 2 kali dari penelitian (Sudradjat dkk., 2012) didapatkan berkisar 36-41%. Rendemen minyak bintaro relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan rendemen minyak jarak pagar yang didapat dengan 3 kali pengepresan yaitu berkisar 29-48% (Sudradjat dkk., 2009). Minyak bintaro memiliki komposisi asam lemak minyak bintaro didominasi oleh kandungan asam lemak seperti asam palmitat, asam linoleat, dan asam oleat.

Bintaro merupakan tanaman non-pangan, sehingga penggunaannya sebagai bahan baku tidak akan mengganggu kebutuhan pangan. Beberapa keunggulan prospek pengembangan dan pemanfaatan bintaro, antara lain bintaro tumbuh subur secara alami di Indonesia, regenerasi bintaro mudah dan berbuah sepanjang tahun menunjukkan daya survival dari bintaro yang tinggi terhadap lingkungan, tanaman bintaro relatif mudah dibudidayakan dalam hutan sejenis maupun campuran, cocok hidup di daerah dengan iklim kering serta permudaan alami banyak.

Pendirian pabrik biodiesel ini memiliki dampak positif antara lain dapat mengurangi jumlah impor solar sehingga menghemat devisa negara, biodiesel lebih aman bagi lingkungan, memberi nilai ekonomis pada tanaman bintaro sehingga dapat meningkatkan perekonomian masyarakat khususnya pemilik kebun bintaro serta dapat membantu gerakan penghijauan untuk mencegah erosi.

1.1.2 Kebutuhan Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar ramah lingkungan yang berasal dari minyak nabati maupun lemak hewan, biodiesel dapat menjadi sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil. Biodisel diperkirakan akan menjadi bahan bakar alternatif utama untuk menggantikan bahan bakar fosil khususnya sebagai pengganti solar. Mengingat kebutuhan solar Indonesia yang terus meningkat setiap tahunnya, maka penggunaan biodiesel sebagai

pengganti solar dinilai efektif karena bahan bakunya dapat diperoleh dengan mudah di Indonesia dengan kekayaan sumber daya hayati.

Salah satu bahan alami yang berpotensi digunakan sebagai material pembuatan biodiesel ialah buah bintaro (*Sea Mango*). Hal tersebut dikarenakan buah bintaro merupakan tanaman dengan daya survival yang tinggi dan tumbuh subur di Indonesia, namun pemanfaatan yang dilakukan belum maksimal.

Beberapa faktor yang dapat dijadikan pertimbangan dalam membangun pabrik biodiesel dari buah bintaro, yaitu :

- a. Memenuhi kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia tanpa mengganggu keseimbangan pangan (bintaro bukan bahan pangan)
- b. Luasnya persebaran tanaman bintaro di Indonesia, namun minim pemanfaatan. Sehingga harganya relatif murah dan tidak bersaing dengan keseimbangan pangan.
- c. Kebutuhan biodiesel Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya.
- d. Pendirian pabrik biodiesel ini diharapkan dapat menambah devisa negara dengan menambah jumlah ekspor dan mengurangi jumlah impor biodiesel maupun bahan bakar fosil dari luar negeri.
- e. Diharapkan dengan pendirian pabrik ini dapat meningkatkan perekonomian di Indonesia dengan menyerap tenaga kerja dan memberdayakan petani buah bintaro.

- f. Mendukung program energi ramah lingkungan terbarukan yang dicanangkan pemerintah (B10, B20, B30, B50 dan B100) sebagai ketahanan energi nasional.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi biodiesel dalam suatu pabrik melibatkan berbagai pertimbangan yang sangat penting agar proses produksi dapat berjalan lancar dan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan. Beberapa pertimbangan utama dalam penentuan kapasitas produksi biodiesel adalah :

1.2.1 Kebijakan Biodiesel di Indonesia

Kebijakan biofuel Indonesia diatur oleh sejumlah peraturan dan keputusan. Pengadaan dan penggunaan biodiesel diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 1/2006 yang menjadi langkah penting bagi pengembangan biofuel di Indonesia. Sebagai dukungan dari kebijakan tersebut, pemerintah membentuk Tim Pengembangan Biofuel Nasional yang bertugas mengawasi program biofuel yang dijelaskan pada Keputusan Presiden No. 20/2006.

Dengan kebijakan Peraturan Pemerintah ESDM No. 12/2015, Kebijakan mandatori biodiesel dipercepat dari B10 tahun 2014, menjadi B15 tahun 2015, B20 tahun 2016, B30 tahun 2020, dan B35 pada 1 Februari 2023 hingga saat ini. Pada 21 Oktober 2024 menteri ESDM Bahlil Lahadalia

mengungkapkan pemerintah telah menguji coba biodiesel B40 dan kedepannya akan mendorong penggunaan B50 dan B60.

Kebutuhan BBM di Indonesia terus meningkat seiring berjalannya waktu, namun meningkatnya kebutuhan ini tidak diimbangi dengan peningkatan sumber energi. Karena masyarakat masih sangat bergantung dengan energi fosil, sedangkan cadangan fosil di Indonesia dan dunia terus berkurang dan tidak dapat diperbaharui.

Penggunaan biodiesel di Indonesia masih sangat besar setiap tahunnya, pemanfaatannya sebagai bahan bakar pada kendaraan besar seperti bus, truk, alat berat dan lokomotif. Sedangkan dalam dunia industri biodiesel digunakan sebagai bahan bakar pembakaran langsung pada dapur industri.

Proyeksi kapasitas produksi pabrik menggunakan data *supply and demand*, data *supply* terdiri dari produksi biodiesel dalam negeri. Sedangkan *demand* terdiri dari ekspor dan konsumsi dalam negeri.

1.2.3 Supply

a. Produksi

Produksi biodiesel terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Berikut disajikan data produksi biodiesel di Indonesia pada tahun 2013-2023 pada Tabel 1.1.

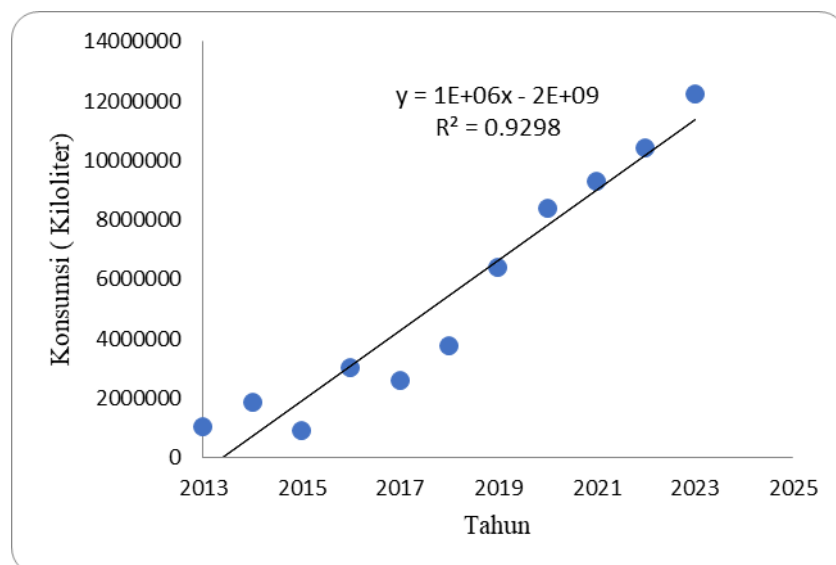
Tabel 1. 1 Data Produksi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Total Produksi (KL)
2013	2.805.000
2014	3.961.000

2015	1.653.000
2016	3.656.000
2017	3.416.000
2018	6.168.000
2019	8.399.000
2020	8.596.000
2021	10.240.000
2022	11.836.000
2023	13.151.000

(Anditya dkk., 2023).

Dengan data produksi biodiesel yang disajikan dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi biodiesel pada sumbu y. Berikut disajikan grafik data total produksi biodiesel pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia

b. Konsumsi

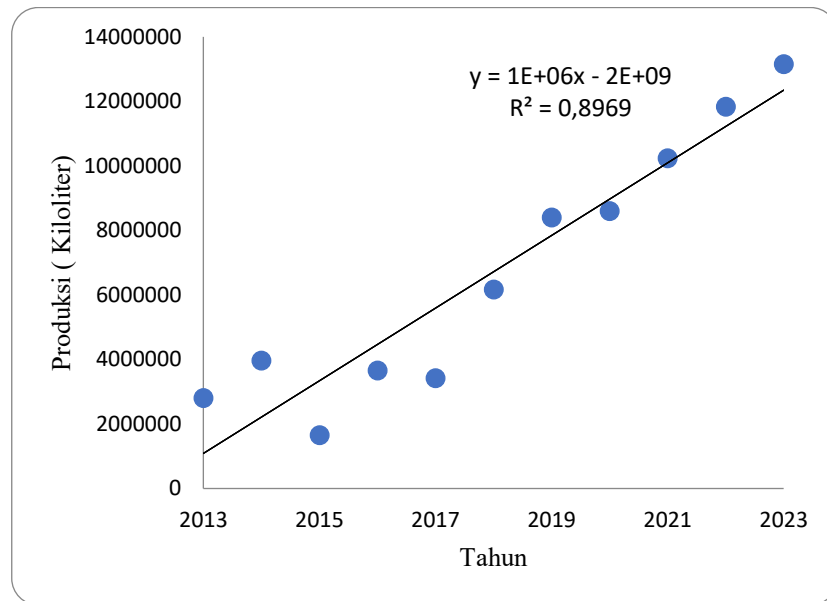
Berdasarkan data statistik Kementerian ESDM, konsumsi biodiesel dalam negeri cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Berikut disajikan data konsumsi biodiesel di Indonesia pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Data Konsumsi Biodiesel Indonesia

Tahun	Total Konsumsi (KL)
2013	1.048.000
2014	1.845.000
2015	915.000
2016	3.008.000
2017	2.572.000
2018	3.750.000
2019	6.396.000
2020	8.400.000
2021	9.296.000
2022	10.430.000
2023	12.242.000

(Anditya dkk., 2023).

Dengan data konsumsi biodiesel yang disajikan dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi biodiesel pada sumbu y. Berikut disajikan grafik data total konsumsi biodiesel pada Gambar 1.2



Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

1.2.4 Demand

a. Ekspor

Berdasarkan data statistik Kementrian ESDM, ekspor biodiesel dalam negeri cenderung fluktuatif dari tahun ke tahun. Berikut disajikan data konsumsi biodiesel di Indonesia pada Tabel 1.3.

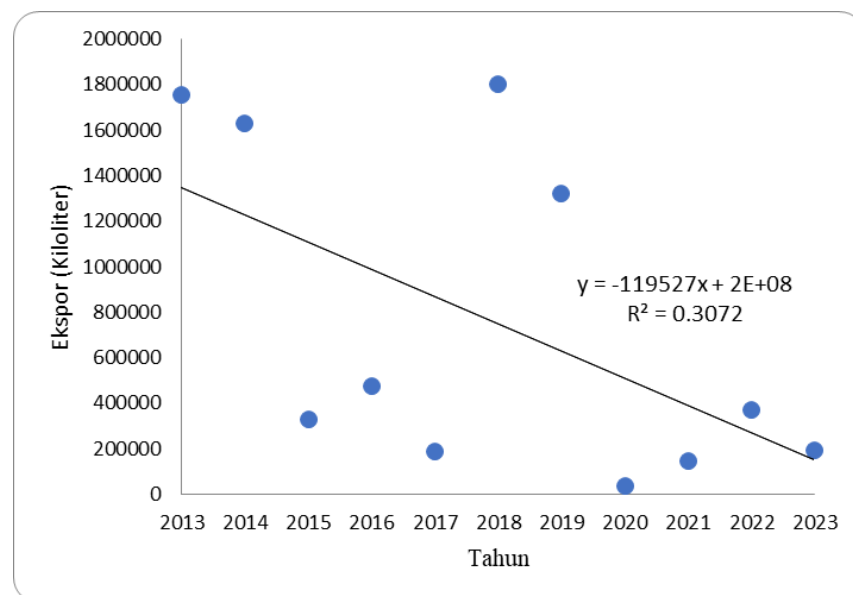
Tabel 1. 3 Data Ekspor Biodiesel Indonesia

Tahun	Total Ekspor (KL)
2013	1.757.000
2014	1.629.000
2015	329.000
2016	477.000
2017	187.000
2018	1.803.000

2019	1.319.000
2020	36.000
2021	147.000
2022	371.000
2023	193.000

(Anditya dkk., 2023).

Dengan data ekspor biodiesel yang disajikan dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor biodiesel pada sumbu y. Berikut disajikan grafik data total ekspor biodiesel pada Gambar 1.3.



Gambar 1. 3 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia

Dari data biodiesel yang disajikan dapat dihitung Persen Pertumbuhan kebutuhan ekspor menggunakan persamaan:

$$\text{tahun yang diproyeksikan} = \text{tahun terakhir dari data} * (1+r)^n$$

Berdasarkan hasil analisa pertumbuhan presentase menggunakan rumus :

$$Pt = Po * (1+r)^n$$

Keterangan :

Pt = Tahun yang diproyeksikan

Po = Tahun terakhir dari data

r = Pertumbuhan rata – rata setiap tahun

n = Selisih tahun

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sesuai dengan rumus tersebut, disajikan hasil Persen Pertumbuhan (%P) dari tahun ke tahun pada

Tabel 1.4 sebagai berikut :

Tabel 1. 4 Persen Pertumbuhan Jumlah Ekspor

Tahun	%P
2013	-
2014	-0,0729
2015	-0,7980
2016	0,4498
2017	-0,6080
2018	8,6417
2019	-0,2684
2020	-0,9727
2021	3,0833
2022	1,5238
2023	-0,4798
Total	10,4989
Rata-rata	1,1665

Secara umum proyeksi jumlah ekspor biodiesel Indonesia pada tahun 2030 dapat dituliskan dengan persamaan :

$$\text{Ekspor}_{2030} = 193.000 * (1 + 1,1665)^{(2030-2023)}$$
 didapatkan hasil dari perhitungan tersebut yaitu 43.244.715,55 Kiloliter. Maka dari itu diproyeksikan jumlah ekspor biodiesel Indonesia pada tahun 2030 sebesar 43.244.715,55 Kiloliter/Tahun.

Kapasitas produksi dalam suatu industri merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik, penentuan kapasitas produksi dilakukan untuk dapat mengetahui perhitungan teknis dalam proses produksi serta perhitungan ekonomis. Secara teori semakin besar kapasitas suatu pabrik memungkinkan diperoleh keuntungan yang lebih besar, namun kapasitas yang terlalu besar dapat mempengaruhi pemasaran produk. Maka dari itu, kapasitas suatu pabrik harus disesuaikan dengan perhitungan ekonomi dalam prosesnya serta *demand*/pemasaran dari produk yang dihasilkan. Digunakan data kebutuhan biodiesel untuk dapat menentukan suatu kapasitas pabrik biodiesel yang akan didirikan. Berikut adalah rumus kebutuhan biodiesel :

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

$$(\text{ekspor} + \text{konsumsi dalam negeri}) - (\text{impor} + \text{kebutuhan dalam negeri})$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai ekspor pada tahun 2030 sebesar 43.244.715,55 Kiloliter, produksi 30.000.000 kiloliter dan konsumsi 30.000.000 kiloliter. Apabila ditinjau dari kebutuhan

biodiesel dalam negeri yang cukup tinggi, maka peluang dalam mendirikan pabrik biodiesel di Indonesia cukup menjanjikan. Didapatkan peluang sebesar 43.244.715,55 kiloliter atau setara dengan 37.553.710,99 ton/tahun.

1.2.5 Kapasitas Produksi Biodiesel Yang Sudah Berdiri

Penentuan kapasitas pabrik dapat ditentukan dengan mempertimbangkan dari kapasitas pabrik yang telah berdiri. Adapun beberapa produsen dari biodiesel yang telah berdiri di dalam negeri sebagai berikut :

Tabel 1. 5 Data Kapasitas Perusahaan Produsen Biodiesel di Dalam Negeri

No.	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (KL/Tahun)
1.	PT. Sintong Abadi	Sumatra Utara	35.000
2.	PT. Musim Mas (Medan)	Sumatra Utara	459.770
3.	PT. Permata Hiaju Palm Oleo	Sumatra Utara	417.214
4.	PT. Sari Dumai Oleo	Riau	413.793
5.	PT. Intibenua Perkasatama	Riau	442.529
6.	PT. Ciliandra Perkasa	Riau	287.356
7.	PT. Pelita Agung Agrindustri	Riau	229.885
8.	PT. Pelita Agung Agrindustri	Riau	568.966
9.	PT. Sari Dumai Sejati	Riau	689.655
10.	PT. Wimar Bioenergi Indonesia	Riau	1.603.448

11.	PT. Bayas Biofuels	Riau	862.069
12.	PT. LDC Indonesia	Lampung	482.759
13.	PT. Tunas Baru Lampung	Lampung	402.299
14.	PT. Musim Mas (Batam)	Kepulauan Riau	869.552
15.	PT. Alpha Global Cynergy	Banten	12.000
16.	PT. Multimas Nabati Asahan	Banten	568.966
17.	PT. Sinar Mas Bioenergy	Jawa Barat	455.400
18.	PT. Sumiasih	Jawa Barat	114.943
19.	PT. Darmex Biofuel	Jawa Barat	287.356
20.	PT. Anugerahinti Gemanusa	Jawa Timur	160.920
21.	PT. Batara Elek Semesta Terpadu	Jawa Timur	780.459
22.	PT. Wilmar Nabati Indonesia	Jawa Timur	2.250.000
23.	PT. Energi Baharu Lestari	Jawa Timur	229.885
24.	PT. Eterindo Nusa Graha	Jawa Timur	568.966
25.	PT. Eco Prima Energi	Jawa Timur	579.310
26.	PT. Bali Hijau Biodiesel	Bali	360
27.	PT. Smart Tbk.	Kalimantan Selatan	440.517
28.	PT. Jhonlin Agro Raya	Kalimantan Selatan	568.966
29.	PT. Sukajadi Sawit Mekar	Kalimantan Tengah	402.299
30.	PT. Kutai Refinery Nusantara	Kalimantan Timur	1.143.247
31.	PT. Energi Unggul Persada	Kalimantan Timur	948.276
32.	PT. Multi Nabati Sulawesi	Sulawesi Utara	475.862

Berdasarkan pada hasil analisa *Demand-Supply*, peluang kapasitas produksi biodiesel yaitu 43.244.715,55 kiloliter/tahun. Nilai kapasitas produksi biodiesel terkecil pada tabel 1.5 yaitu 360 kilolietr/tahun dan kapasitas produksi terbesar adalah 2.250.000 kiloliter/tahun. Maka dengan pertimbangan dari data-data tersebut serta ketersediaan sumber bahan baku sehingga besar kapasitas pabrik biodiesel dari *Sea Mango (Cerbera Oddolam) Oil* yang akan didirikan yaitu sebesar 23.030,86 kiloliter/tahun setara dengan 20.000 ton/tahun.

1.2.6 Ketersediaan Bahan Baku

Sea Mango (buah bintaro) sebagai bahan baku utama dalam pabrik biodiesel dapat diperoleh langsung dari petani. Tanaman bintaro banyak terdapat di kawasan mangrove yang berada di wilayah tropis. Di Indonesia sendiri tanaman bintaro (*sea mango*) terdapat di wilayah Riau yaitu Teluk Meranti dan Teluk Perawan (Putri dkk., 2022). Metanol (CH_3OH) diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri yang terletak di Kalimantan Timur memiliki kapasitas produksi 600.000 ton/tahun. Bahan baku katalis Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Asam Phospat (H_3PO_4) diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, Gresik Jawa Timur dan bahan baku untuk penetral Natrium Hidroksida (NaOH) diperoleh dari PT. Asahimas Chemical, Cilegon Banten. Dimana kapasitas produksi H_2SO_4 sebesar 594.000 ton/tahun dan H_3PO_4 kapasitas produksi 200.000 ton/tahun. Sedangkan kapasitas produksi NaOH sebesar 700.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar nabati yang banyak digunakan sebagai energi alternatif pengganti energi fosil yang menjanjikan, karena bersifat ramah lingkungan. Dalam ilmu kimia, biodiesel merupakan golongan metil ester atau mono alkil ester dengan panjang rantai karbon antara 12-20, hal tersebut yang membedakannya dengan petroleum diesel (solar) dengan hidrokarbon yang menjadi komponen utamanya (Nasution dkk., 2007).

Minyak nabati sebagai sumber bahan baku biodiesel memiliki potensi yang sangat besar karena keberadaannya melimpah dan dapat diperbaharui. Pemilihan biodiesel sebagai energi alternatif memiliki beberapa keunggulan, diantaranya yang pertama adalah angka cetane yang tinggi (>50), dengan tingginya angka cetane maka pembakaran akan semakin cepat dan semakin baik efisiensi dinamisnya. Kedua, memiliki titik kilat yang tinggi (suhu terendah untuk nyala uap biodiesel) maka dari itu dalam distribusi dan bahaya kebakaran biodiesel dinilai lebih aman. Ketiga, tidak mengandung zat yang bersifat karsinogen seperti sulfur dan benzene, serta dapat diuraikan secara alami. Keempat, dalam penggunaannya sebagai bahan bakar dapat memperpanjang umur mesin karena memiliki sifat menambah pelumasan yang lebih baik dibandingkan dengan solar. Kelima, pencampurannya dengan solar relatif mudah karena tidak memerlukan modifikasi mesin dan dapat diatur dengan berbagai komposisi. Keenam, secara signifikan mengurangi

asap hitam dari mesin gas buang diesel meskipun dengan penambahannya ke dalam solar hanya 1-5%. Berikut dijelaskan syarat mutu biodiesel menurut SNI yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) pada tahun 2015 pada Tabel 1.6

Tabel 1. 6 Syarat Mutu Biodiesel

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890
2	Viskositas kinematik pada 40°C	Mm ² /s(cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka cetane	min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		Nomor 1
7	Residu karbon Dalam percontoh asli Dalam 10% ampas destilasi	% massa, maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%volume, maks	0,05
9	Temperatur destilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfaktan	% massa, maks	0,02
11	Belerang	Mg/kg, maks	50
12	Fosfor	Mg/kg, maks	4
13	Angka asam	Mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02

15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100 g), maks	115
18	Kestabilan oksidasi		
	Periode induksi metode rancimat	menit	480
	Periode induksi metode petro oksidasi		36
19	Monogliserida	%-massa, maks	0,8

1.3.2 *Sea Mango*

Sea mango di Indonesia biasa dikenal dengan buah bintaro memiliki nama latin *Cerbera manghas Linn* atau *Cerbera odollam Gaertn*, merupakan salah satu jenis tanaman mangrove yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia, daya tahan yang tinggi dan dapat tumbuh di tanah yang kurang nutrisi menyebabkan tanaman ini termasuk mudah dibudidayakan. Tanaman bintaro termasuk ke dalam tumbuhan non pangan karena dikenal memiliki racun *cerberin* di seluruh bagian tanamannya sehingga pemanfaatannya masih belum banyak dilakukan oleh masyarakat dan memiliki nilai ekonomi yang rendah (Rohimaatun & Suriati, 2011).

Bintaro termasuk ke dalam buah drupa (buah biji), terdiri dari tiga lapisan yaitu eksokarp atau epikarp (kulit bagian terluar buah), mesokarp (lapisan serat dan tempurung semacam sabut kelapa di bagian tengah) dan endokarp (biji yang dilapisi kulit biji atau testa). Meskipun beracun, bintaro memiliki potensi sebagai bahan

baku biodiesel karena kandungan minyak pada bijinya mencapai 54,33%, baik melalui proses ekstraksi, hidrolisis maupun ekstraksi.

Ekstraksi minyak bintaro yang dilakukan oleh Hendra (2014) dilakukan dengan cara pres hidrolik manual dan semi kontinyu, dari ekstraksi tersebut diperoleh kadar minyak 38,78%. Karakteristik minyak yang dihasilkan yaitu berwarna kuning gelap, memiliki bilangan iod 74,10 g I₂/100g, bilangan asam 6,33 mg basa/g, kadar air 2,48v/v dan berat jenis 910 kg/m³.

Tabel 1. 7 Komposisi Asam Lemak Biji Bintaro

Jenis Asam Lemak	Asam Lemak	Rumus Kimia	Kadar %
Asam Lemak Jenuh	Miristat	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	4,233
	Palmitat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	28,637
	Stearat	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	1,834
Asam Lemak Jenuh	Oleat	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	47,458
	Linoleat	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	18,189
	Linolenat	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,156
Jumlah			99,69

(Setyawati, 2020).

Karakterisasi minyak biji bintaro dilakukan oleh Handayani dkk. (2015) untuk mengetahui sifat fisiko-kimia pada minyak biji bintaro. Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil sebagaimana disajikan dalam Tabel 1.8

Tabel 1. 8 Sifat Fisiko-Kimia Minyak Biji Bintaro

Sifat fisiko-kimia	Nilai	
Sifat Fisika	Biji Bintaro	Biji Bintaro*
1. Berat jenis (g/mL)	0,9084	0,910
2. Indeks bias	1,4659	-
3. Kadar air (% v/v)	0,30	2,48
Sifat Kimia		
1. Bilangan asam (mg KOH/g)	1,19	6,33
2. Bilangan (gr I ₂ /100gr)	76,30	74,10
3. Bilangan penyabunan (mg KOH/g)	202,90	-
4. Bilangan ester (mg KOH/g)	201,71	-

(Setyawati, 2020).

Hasil pengujian berat jenis sesuai dengan pernyataan Guenther (1990) yaitu pada umumnya nilai berat jenis minyak berkisar 0,696 – 1,188 g/ml pada suhu 25°C. Berat jenis minyak bintaro lebih rendah dibandingkan dengan minyak nabati serupa seperti minyak kemiri dengan kisaran 0,939 – 0,941 g/ml pada penelitian Syafaruddin & Wahyudi (2015) dan minyak nyamplung yaitu 0,944 g/ml pada penelitian Sudradjat dkk. (2012).

1.3.3 Macam Metode Pembuatan Biodiesel

a. Pirolisis

Pirolisis merupakan proses penguraian secara termal bahan yang terbentuk oleh rantai polimer dengan pembakaran tanpa kontak langsung dengan oksigen

pada suhu 500 – 800°C, seperti plastik maupun biomassa (Aguado dkk., 1999). Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis berupa pas, cair, dan padat. Pada proses pembakaran tersebut bahan akan mengalami pemutusan ikatan rantai hidrokarbon menjadi lebih pendek, dan bahan polimer dapat mengalami perubahan fase menjadi gas. Gas panas yang terbentuk akan diproses melalui pendinginan untuk kondensasi menjadi cairan. Cairan yang terbentuk merupakan produk akhir proses pirolisis yang menjadi bahan bakar (Buekens & Huang, 1998).

Dalam proses pirolisis terdapat tiga tahap dekomposisi, antara lain:

1. Terputusnya rantai polimer secara acak sehingga menjadi lebih pendek
2. Pemotongan yang terjadi pada rantai molekul
3. Terbentuknya molekul yang lebih kecil akibat terjadi pemisahan pada rantai polimer

Tahap dekomposisi tersebut berkaitan langsung dengan energi disosiasi ikatannya, rantai atom menjadi tidak seimbang dalam rantai polimer dan derajat aromatisnya. Proses ini berlangsung bersamaan pada banyak kasus (Xingzhong, 2006).

b. Mikroemulsifikasi

Mikroemulsifikasi merupakan pembentukan dispersi stabil dari dua cairan yang tidak mudah larut, berlangsung dengan satu atau lebih surfaktan dan terjadi secara termodinamis. Penurunan diameter yang terjadi dalam mikroemulsifikasi berkisar antara 100-1000 Å. Pada minyak nabati mikroemulsifikasi dapat dilakukan dengan pelarut berupa etanol, metanol dan I-butanol. Hal tersebut karena mikroemulsifikasi alkohol dan minyak nabati tidak direkomendasikan untuk

jangka panjang, terutama pada mesin diesel dan diterapkan pada minyak nabati yang efisien.

Produk bahan bakar yang dihasilkan dari proses mikroemulsifikasi menyebabkan pembentukan deposit karbon, menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna dan meningkatkan kekentalan minyak. Kandungan alkohol yang tinggi mengakibatkan mikroemulsifikasi menunjukkan pemanasan volumetrik yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan bahan bakar diesel hidrokarbon.

c. Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan proses pemecahan molekul trigliserida besar dan bercabang pada minyak nabati dan lemak sehingga menjadi molekul dengan rantai lurus, molekul lebih kecil dan hampir serupa dengan molekul bahan bakar diesel. Lemak hewani maupun minyak nabati akan direaksikan dengan metanol menggunakan bantuan katalis basa sehingga dihasilkan alkil ester atau metil ester (Knothe dkk., 2005). Konversi maksimum dapat dihasilkan dalam proses transesterifikasi tanpa katalis, namun reaksi akan berjalan dengan lambat (Mittlebach & Remschmidt, 2004). Katalis basa biasa digunakan dalam proses ini karena dapat mempercepat reaksi dengan baik.

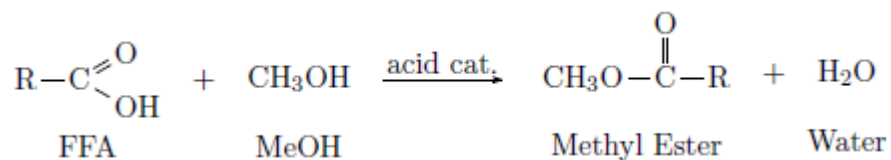
Proses transesterifikasi berlangsung dengan mengubah trigliseridas menjadi ester, tidak serupa dengan proses esterifikasi yang mengkonversi ester dari asam lemak bebas. Reaksi pada esterifikasi hanya dikatalisis dengan asam, sedangkan transesterifikasi dapat dikatalisis dengan asam maupun basa. Maka dari itu, penting untuk memilih bahan baku dan katalis dalam penentuan prosesnya (Nourredine, 2010).

d. Esterifikasi

Esterifikasi merupakan reaksi yang terjadi antara asam karboksilat dengan alkohol untuk membentuk ester. Katalis yang digunakan dalam proses esterifikasi adalah katalis asam dan memiliki sifat reversible (Fessenden & Fessenden, 1982).

Reaksi pada proses esterifikasi sebagai berikut:

Mekanisme dari reaksi esterifikasi dijelaskan dalam beberapa tahap :



1. Terjadinya perpindahan proton yang berasal dari katalis atom oksigen pada gugus karbonil sehingga terbentuk proton pada asam karboksilat.
2. Alkohol nukleofilik menyerang karbon positif, dimana atom karbon karbonil kemudian diserang oleh atom oksigen dari alkohol, yang bersifat nukleofilik sehingga terbentuk ion oksonium. Pada proses ini terjadi pelepasan proton atau deprotonasi dari gugus hidroksil milik alkohol, menghasilkan senyawa kompleks teraktivasi.
3. Protonasi terhadap salah satu gugus hidroksil yang diikuti pelepasan molekul air menghasilkan ester.

1.4 Pemilihan Proses

Pemilihan proses dilakukan dengan berbagai pertimbangan antara lain kondisi bahan dan operasi dari suatu proses, maka ditentukan proses (esterifikasi) dikarenakan operasi dari proses tidak menggunakan suhu yang

terlalu tinggi dan tekanan yang rendah sehingga dinilai lebih aman. Bersumber dari berbagai jurnal didapatkan perbandingan kondisi operasi sebagai berikut :

Tabel 1. 9 Perbandingan Kondisi Operasi

Jenis Proses	Esterifikasi	Transesterifikasi
Bahan Baku	Asam Lemak	Trigliserida
Suhu	60°C	60°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Katalis	H ₂ SO ₄	KOH 1%
Waktu reaksi	60 menit	60 menit
Rasio minyak: metanol	1:12	1:6
Konversi	91,575%	95,28%
Sumber	Setyawati (2020)	Novi N., dkk (2019)

Berikut beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan esterifikasi :

a. Suhu

Kecepatan reaksi esterifikasi dipengaruhi secara kuat oleh temperatur proses yang dipilih. Secara umum esterifikasi dijalankan dengan suhu (60-70 °C) atau mendekati titik didih metanol. Kecepatan reaksi akan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur proses, banyaknya energi yang digunakan oleh reaktan dalam mencapai energi aktivasi sejalan dengan semakin tingginya temperatur proses yang digunakan. Penelitian yang dilakukan oleh Salamah (2014) mereaksikan minyak kapuk menjadi biodiesel selama 60 menit dengan variasi suhu

40°C, 50°C, 70°C dan 90°C mendapatkan harga konversi tertinggi yaitu 0,9293% pada variasi suhu 90°C. Dapat diketahui bahwa laju reaksi (k) adalah sebanding dengan meningkatnya suhu, hal tersebut disebabkan laju pergerakan molekul akan semakin cepat karena meningkatnya suhu, sehingga frekuensi tumbukan antar molekul meningkat dan reaksi berjalan semakin cepat. Berikut merupakan persamaan Arrhenius yang menjelaskan hubungan temperature dengan konstanta kecepatan reaksi :

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

Keterangan :

K = Konstanta kecepatan reaksi

R = Konstanta gas

A = Faktor frekuensi

T = Temperatur absolut

Ea = Energi aktivasi

b. Waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi maka akan semakin meningkat pula harga konversi, hal tersebut dikarenakan kesempatan reaktan untuk bertumbukan satu sama lain lebih banyak. Namun waktu reaksi tidak lagi dapat mempengaruhi harga konversi apabila kesetimbangan telah tercapai. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Kusmiyati (2008) dengan mereaksikan asam oleat dan metanol menjadi biodiesel dengan variasi waktu 60, 75 dan 90 menit didapatkan harga konversi maksimal sebesar 0,9581% dicapai pada waktu reaksi selama 90 menit. Sedangkan Salamah

(2014) mereaksikan minyak kapuk menjadi biodiesel pada suhu 60°C dengan variasi waktu 60, 75, 90, 105 dan 120 menit mendapatkan harga konversi tertinggi 0,960% pada variasi waktu 105 menit. Pada menit ke-106 konversi turun kembali menjadi 0,9155 hal tersebut memungkinkan bahwa kesetimbangan telah tercapai.

c. Katalis

Pembuatan biodiesel membutuhkan katalis karena reaksinya yang cenderung lama. Dalam proses reaksi kimia, katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi dari reaksi tersebut tanpa adanya pergeseran kesetimbangan. Katalis yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu katalis heterogen dan katalis homogen. Katalis homogen merupakan katalis yang memiliki fasa yang sama dengan reaktan dan produk, sedangkan katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fasa yang berbeda dengan reaktan dan produk. Katalis homogen yang sering digunakan yaitu KOH, NaOH dan H₂SO₄.

Katalis memiliki peran penting dalam reaksi esterifikasi karena dapat mempengaruhi konversi produk metil ester yang terbentuk. Beberapa kelebihan katalis homogen yaitu aktivitas dan selektivitas tinggi sehingga tidak mudah terkontaminasi oleh pengotor, mudah dipelajari, dioperasikan dan dimodifikasi. Namun penggunaan katalis yang berlebih dapat menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan sehingga dapat mengurangi produk yang dihasilkan (Usman dkk., 2009).

d. Pengadukan

Proses pengadukan bertujuan untuk meningkatkan pergerakan partikel materi. Apabila pergerakan partikel materi meningkat maka tumbukan antarpartikel materi juga akan semakin sering. Maka dari itu, reaksi kimia dapat berjalan semakin cepat. Pada penelitian produksi biodiesel dari minyak sawit yang dilakukan oleh Pasae (2020) dilakukan pengadukan selama 100 menit dengan variasi kecepatan yaitu 110 rpm, 130 rpm dan 150 rpm. Didapatkan konsentrasi FFA terendah yaitu 0,1128 mol/liter pada variasi kecepatan 150 rpm. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi pengadukan maka semakin banyak asam lemak bebas yang terkonversi menjadi metil ester. Penambahan kecepatan pengadukan dapat meningkatkan laju reaksi methanol dan FFA terlebih dengan bantuan katalis H_2SO_4 serta pemanasan, hal tersebut diketahui dari semakin kecilnya konsentrasi FFA pada penelitian yang telah dilakukan oleh Pasae (2020). Dari penelitian yang dilakukan oleh Pasae (2020) diketahui bahwa kecepatan tertinggi diperoleh pada proses reaksi 0,00587 mol/l.menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm, peningkatan kecepatan reaksi meningkat sejalan dengan meningkatnya kecepatan pengadukan.

e. Perbandingan reaktan

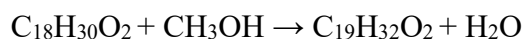
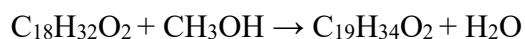
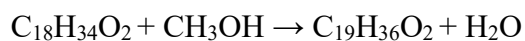
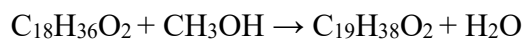
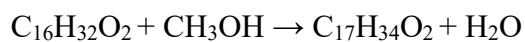
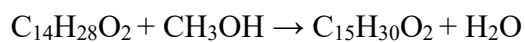
Perbandingan rasio molar antara alkohol dan minyak nabati merupakan variable penting yang dapat mempengaruhi hasil esterifikasi. Dalam stoikiometri reaksi esterifikasi dalam setiap mol FFA diperlukan 1

mol alkohol agar dapat menghasilkan 1 mol ester asam dan 1 mol air (H_2O). Alkohol berlebih atau pemindahan salah satu produk dari campuran reaksi diperlukan untuk mendorong reaksi esterifikasi ke arah kanan. Lebih banyaknya metanol yang digunakan memungkinkan reaktan dapat bereaksi lebih cepat. Penelitian Proses Pembuatan Biodiesel dari Dedak dan Metanol yang dilakukan oleh Dharsono & Oktari (2013) menggunakan dedak 50 gram dengan variasi methanol 150, 200 dan 250 ml. Harga konversi tertinggi dicapai pada solven 200ml, penambahan solven 150 da 200ml menunjukkan semakin tinggi jumlah solven maka konversi yang diperoleh semakin besar untuk suhu yang sama. Hal tersebut dikarenakan kemungkinan tumbukan antar molekul zat yang bereaksi meningkat karena pemakaian salah satu reaktan yang berlebih, sehingga kecepatan reaksinya bertambah besar. Pada penambahan solven 250 ml konversi yang dihasilkan menurun karena penggunaan methanol teknis. Metanol masih mengandung air yang dapat menyebabkan reaksi bergeser ke arah kiri.

1.5 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.5 1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika merupakan tinjauan yang dilakukan untuk mengetahui sifat dari suatu reaksi apakah berjalan secara eksotermis atau endotermmis dan apakah reaksi tersebut *reversible* atau *irreversible*. Dapat diketahui reaksi termodinamika dengan melihat harga entalpi pada reaksi sebagai berikut :



Perhitungan estimasi $\Delta H_{f(298)}$ (Kj/mol.K) dengan menggunakan metode Joback Tabel D4. Kontribusi gugus untuk metode Joback (Kj/mol.K).

Tabel 1. 10 Harga Masing-Masing Gugus

Gugus	Harga (kj/mol.K)
-CH=	37.97
>CH-	29.89
-CH ₂ -	-20.64
-CH ₃	-76.45
-OH	-208.04
-COO-	-337.92
-COOH-	-426.72

$$\text{Rumus : } \Delta H_{f(298.15)}^\circ = 68.29 + \sum n_i \Delta_i$$

a. Asam Miristat ($\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$)

$$\begin{aligned} \Delta H_{f(298.15)}^\circ &= 68.29 + [12(-\text{CH}_2-) + 1(-\text{CH}_3) + 1(-\text{COOH-})] \\ &= 68.9 + [12(-20.64) + (-76.45) + (-426.72)] \\ &= -682.56 \text{ kj/mol.K} \end{aligned}$$

b. Metil Miristat ($C_{15}H_{30}O_2$)

$$\begin{aligned}\Delta H_f^\circ(298.15) &= 68.29 + [12(-CH_2-) + 2(-CH_3) + 1(-COOH-)] \\ &= 68.9 + [12(-20.64) + 2(-76.45) + (-426.72)] \\ &= -670.21 \text{ Kj/Kmol}\end{aligned}$$

Tabel 1. 11 Harga entalpi masing-masing komponen pada suhu 298.15 K

Komponen	Harga ΔH_f (Kj/Kmol)
Asam Miristat	-682.56
Asam Palmitat	-723.84
Asam Stearat	-765.12
Asam Oleat	-647.9
Asam Linoleat	-530.68
Asam Linolenat	-413.46
Metil Miristat	-670.21
Metil Palmitat	-711.49
Metil Stearat	-752.77
Metil Oleat	-635.55
Metila Linoleat	-518.33
Metil Linolenat	-401.11
H_3PO_4	-1271.66
H_2SO_4	-814
NaOH	-469.15
Metanol	-238.4
H_2O	-285.83

Berdasarkan data tersebut ΔH_f bernilai negatif yang mana menunjukkan reaksi eksotermis yaitu reaksi yang melepaskan panas ke lingkungan. Dari data termodinamika tersebut menandakan reaksi berjalan secara *irreversible* yang berarti reaksi berjalan dalam satu arah.

1.5.2 Tinjauan Kinetika

Selanjutnya dicari nilai kinetika reaksi (k) berdasarkan persamaan Arrhenius :

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

$$k = 0.979 \text{ menit}^{-1}$$

Keterangan :

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

A : Faktor frekuensi

E_a : Energi aktivasi

R : Tetapan gas (8.314 J/mol K)

T : Suhu (333.15 °K)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Biodiesel

Rumus molekul	: $C_{19}H_{36}O_2$
Fasa	: Cair
Viskositas pada suhu 20 °C	: 4,88 cSt
Berat molekul, g/gmol	: 296,49 gr/gmol
Densitas pada suhu 15 °C	: 867 kg/m ³
Titik didih	: 34,15 °C
Titik kritis	: 503,85 °C
Titik beku	: -19,5 °C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan kritis (PC)	: 11,94 atm
Specific gravity (SG)	: 0,87
Flash point	: 160 °C
Fire point	: 178 °C
Angka setana	: 52

(Bibin dkk., 2023)

2.1.2 Air

Rumus molekul	: H_2O
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak berwarna

Berat molekul, g/gmol	: 18 gr/gmol
Densitas pada suhu 30 °C	: 992,827 kg/m ³
Viskositas pada suhu 30 °C	: 0,82 cp
Titik didih	: 100 °C
Titik kritis	: 373,95 °C
Titik beku	: 32 °F
Titik Leleh	: 32 °F
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap	: 12,3 kPa, pada 50 °C
Tekanan kritis (PC)	: 217,7547 atm
Specific gravity (SG)	: 1
Konduktifitas Termal	: 0,6 W/m.k
Suhu (T)	: 25 °C

(Kern,1950).

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Minyak Bintaro (*Sea Mango oil/ Cerbera Oddolam*)

Fasa	: Cair
Warna	: Kuning keemasan
Densitas pada suhu 15 °C	: 947 kg/m ³
Viskositas pada suhu 40 °C	: 43,43 cSt
Indeks Bias	: 1,4659
Kadar air (% v/v)	: 0,30
Fire point	:260 °C

Flash point	: 250 °C
Tekanan	: 1 atm
Bilangan Asam (mg KOH/g)	: 1,19
Bilangan Iod (g I ₂ /100 gr)	: 76,30
Bilangan Penyabunan (mg KOH/g)	: 202,90
Bilangan Ester (mg KOH/g)	: 201,71
Suhu (T)	: 25 °C

(Bibin dkk., 2023)

Minyak Sea Mango

Kadar Minyak : 35-50%

(Handayani dkk., 2015)

Tabel 2. 1 Komposisi asam lemak minyak biji *sea mango*

Jenis Lemak	Asam lemak	Kadar (%)
Asam lemak jenuh	Miristat	4,233
	Palmitat	28,637
	Stearat	1,834
Asam lemak tak jenuh	Oleat	47,458
	Linoleat	18,189
	Linolenat	0,156

(Setyawati, 2020)

2.2.2 Metanol

Rumus molekul : CH₃OH

Fasa : Cair

Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul, g/gmol	: 32.042 gr/mol
Densitas pada suhu 30 °C	: 784.793 kg/m ³
Viskositas pada suhu 30 °C	: 0.504 cp
Titik didih	: 64.7 °C
Titik kritis	: 239.35 °C
Titik beku	: -97.8 °C
Tekanan	: 1 atm
Kelarutan dalam air	: 1.000 g/l pada suhu 20 °C, Larut sempurna
Tekanan Uap	: 169.27 hPa pada suhu 25 °C
Tekanan kritis (PC)	: 79.783 atm
Specific gravity (SG)	: 0.796
Suhu (T)	: 25 °C
Sifat kimia	: Mudah menguap, mudah terbakar, toksik dan berbau khas

(Cheremisinoff, 2000)

2.2.3 Sodium Hidroksida 48%

Rumus molekul	: NaOH
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul, g/gmol	: 40 gr/mol
Densitas pada suhu 20 °C	: 2.13 g/cm ³

Kemurnian	: 48%
Kadar air	: 52%
Titik didih	: 1390 °C
Titik lebur	: 318 °C
Tekanan uap	: 100 mmHg pada 1111 °C
Kelarutan dalam air	: larut dalam air
Kelarutan	: larut dengan alkohol dan gliserol
Sifat kimia	: Korosif, toksik dan tidak mudah terbakar

(PT. Pancasakti Putra Kencana Corporation)

2.2.4 Asam Sulfat

Rumus molekul	: H_2SO_4
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Berat molekul, g/gmol	: 98 gr/mol
Densitas pada suhu 20 °C	: 1.84 g/cm ³
Titik didih	: 270 °C
Titik lebur	: -35 °C hingga 10.36 °C (kemurnian 93 – 100%) pada 101.3 kPa
Kelarutan	: Mudah larut dalam air
Kekentalan	: 24 mpa.s pada 20 °C dan 101.3 kPa
Tekanan Uap	: Sekitar 0.011kPa pada 25 °C

Suhu (T)	: 25 °C
Sifat kimia	: Korosif, toksik dan tidak mudah terbakar
(PT. Petrokimia Gresik)	

2.2.5 Asam Fosfat 85%

Rumus molekul	: H_3PO_4
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Bau	: Tidak berbau
Berat molekul, g/gmol	: 98 gr/mol
Densitas pada suhu 20 °C	: 1.71 g/cm ³
Kemurnian	: 85%
Kadar air	: 15%
Titik didih	: 158 °C
Titik lebur	: 21 °C
Kelarutan	: Mudah larut dalam air
Viskositas kinematis	: 30.5 mm ² /s pada 20 °C
Tekanan Uap	: 2 hPa pada 20 °C
Sifat kimia	: Korosif, toksik dan tidak mudah terbakar
(Cheremisinoff, 2000)	

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) merupakan bagian penting suatu pabrik terutama pabrik biodiesel. Tujuan dari *quality control* yaitu untuk menjaga dan memperoleh produk sesuai dengan spesifikasi sesuai dengan yang telah direncanakan, dimana dengan melakukan pengawasan dan pengendalian terhadap proses produksi agar proses produksi berjalan sesuai dengan tahapan proses yang telah ditentukan.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku harus dilakukan karena bahan baku dapat menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Pengujian bahan baku dilakukan terlebih dahulu seperti kemurnian dan kandungannya. Hal tersebut dilakukan agar proses produksi berjalan maksimal sesuai proses yang telah direncanakan. Sehingga jika bahan baku tidak memenuhi spesifikasi maka dapat dikembalikan ke *supplier*. Adapun parameter yang akan diuji yaitu:

- a. Kemurnian bahan baku seperti H_2SO_4 , NaOH , H_3PO_4 dan CH_3OH .
- b. Kandungan di dalam H_2SO_4 , NaOH , H_3PO_4 dan CH_3OH .
- c. Kadar air pada biji sekitar $\leq 1\%$.
- d. Kadar zat pengotor.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produk bertujuan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan dan harus dilakukan dari bahan baku hingga menjadi produk. Semua hal terkait pengawasan mutu dapat dilakukan dengan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol agar didapatkan mutu produk sesuai dengan yang direncanakan.

Pengendalian dan pengawasan dioperasikan dengan menggunakan alat pengendali yang berpusat di *control room* dengan metode *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator yang telah ditetapkan baik *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, maupun *temperature control*, dapat diketahui dari sinyal yang diberikan seperti nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Jika terjadi penyimpangan, maka penyimpangna tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau disetting seperti semula baik secara manual atau otomatis.

Penyimpangan kualitas terjadi disebabkan oleh mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian Laboratorium Pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik Biodiesel ini meliputi :

a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan, dimana sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk tahap selanjutnya yaitu proses produksi. Apabila tidak sesuai

maka kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada supplier.

b. Pengendalian Kualitas Bahan Pembantu

Bahan pembantu pada proses produksi pada pabrik Biodiesel juga perlu dianalisa untuk mengetahui spesifikasi dari bahan tersebut untuk membantu kelancaran proses produksi dan tidak merusak mutu dari produk.

c. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi biodiesel dan air.

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

Pengendalian dan pengawasan proses produksi dilakukan dengan alat pengendali yang berpusat di *control room*, yang mana dilakukan dengan cara *automatic control* dengan menggunakan beberapa indikator yang menunjang jalannya proses. Pengendalian kualitas ditujukan untuk mengawasi biodiesel (*metil ester*) pada saat dipindahkan dari tangki penyimpanan sementara ke tangki penyimpanan tetap (*storage tank*), dari *storage tank* menuju alat transportasi seperti truk dan kapal.

2.3.3 Pengendalian Proses

Pengendalian proses dapat dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu agar menghasilkan produk yang memenuhi standar, kemudian

dilakukan pengendalian mutu untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk memenuhi spesifikasi. Setelah menyusun rencana produksi dan melaksanakan proses produksi, produksi harus dimonitor dan dikendalikan agar proses berjalan dengan lancar. Pengendalian proses dilakukan dengan cara *automatic control* dengan menggunakan indikator yang berpusat di *control room*. Alat yang digunakan untuk pengendalian proses dan diatur pada kondisi tertentu antara lain:

a. Flow Control

Alat yang digunakan untuk mengatur laju aliran bahan baku baik aliran masuk (input) maupun aliran keluar (output) pada proses.

b. Level Control

Alat yang digunakan untuk mengatur level atau ketinggian cairan pada tangki. *Level control* akan memberikan isyarat berupa indikator suara alarm dan nyala lampu ketika ketinggian di dalam tangki tidak sesuai kondisi yang telah ditetapkan.

c. Temperature Control

Alat yang digunakan untuk mengatur suhu pada suatu alat proses agar sesuai dengan kondisi operasi yang telah ditetapkan.

2.3.4 Pengendalian Waktu

Proses produksi memiliki waktu tertentu untuk mencapai kuantitas tertentu. Oleh karena itu, pengendalian waktu diperlukan untuk mempermudah waktu yang digunakan selama proses produksi.

2.3.5 Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan

Aspek ini harus selalu diperhatikan seperti *safety, health and environment* atau biasa kita sebut aspek keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan (K3L). Aspek tersebut akan menentukan keberlangsungan suatu industri dan diterapkan bagi pegawai yang bekerja di pabrik dan masyarakat sekitar pabrik.

Hal tersebut bertujuan untuk meminimalkan resiko yang akan ditimbulkan dari pabrik dengan sistem manajemen SHE yang baik. Manajemen SHE bertugas untuk mengidentifikasi, memahami dan mengendalikan *hazard* yang terdapat pada proses agar dapat mencegah terjadinya insiden kegagalan proses, alat ataupun prosedur.

a. *Safety*

Hal tersebut penting untuk menjamin keselamatan pekerja di dalam suatu industri terutama pabrik biodiesel. Manajemen *safety* yang baik dapat meminimalkan risiko *hazard* pada pabrik. Penerapan *safety behaviour* pada lingkungan kerja dibutuhkan kerja sama dan kesadaran dari setiap elemen yang berada di pabrik tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan *safety behaviour* dengan melaksanakan training bagi pekerja dan pelatihan bagian tim pemadam kebakaran serta tim medis. Hal tersebut bertujuan untuk memunculkan pemahaman terhadap *hazard* yang dapat ditimbulkan oleh alat, maka semua alat harus memiliki *standart operating procedure* (SOP).

b. Health

Pada industri kimia akan sering dijumpai bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan. Dimana jika berkontak langsung dengan bahan kimia tersebut dapat beresiko terpapar bahaya sehingga dapat mengganggu kesehatan. Oleh karena itu perlu diketahui batas aman dosis bahan tersebut pada tubuh manusia. Peninjauan bahan-bahan yang berbahaya mengacu pada *material safety data sheet* (MSDS).

c. Environment

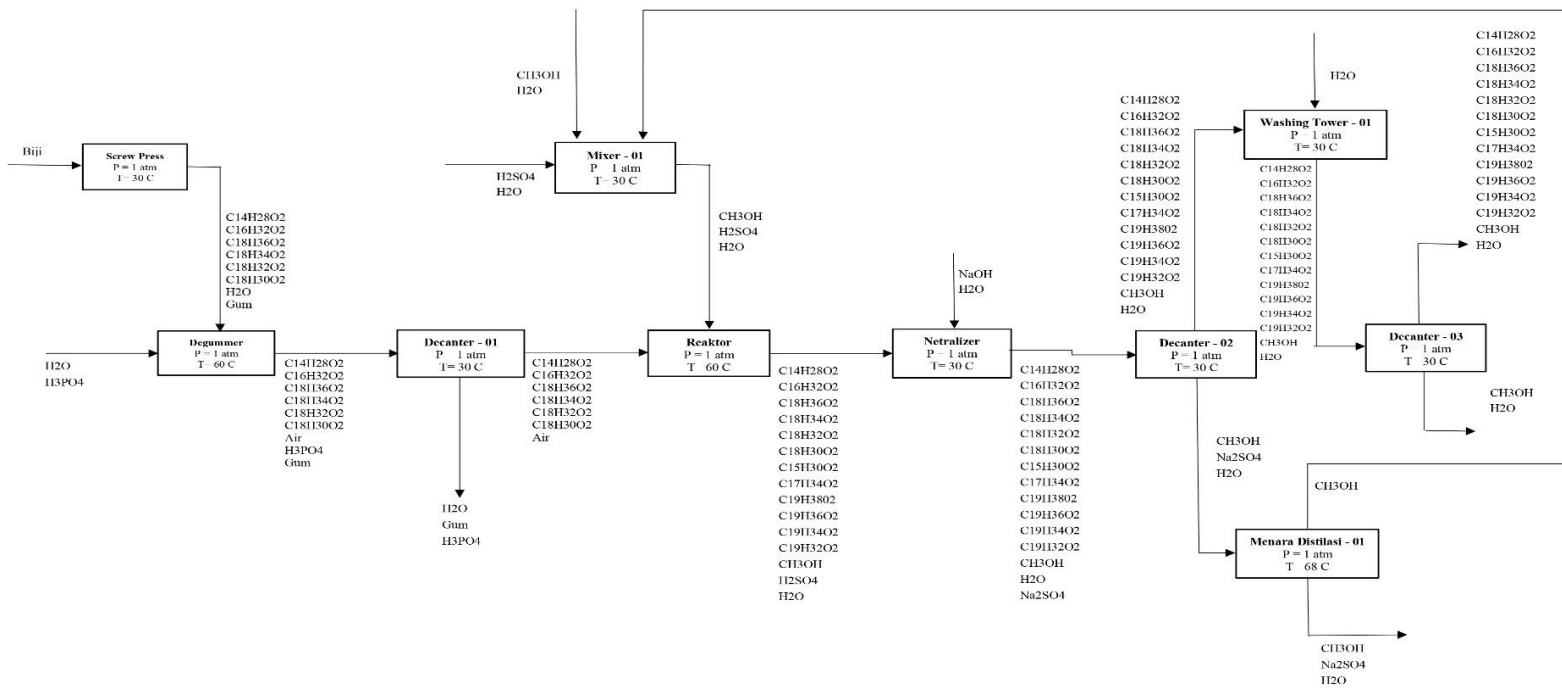
Aspek penting lainnya yaitu lingkungan dimana meliputi terkait pengelolaan dan pembuangan limbah pada suatu pabrik. Limbah pabrik yang dibuang ke lingkungan harus memenuhi standart baku mutu limbah yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Hal tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan serta dapat mencegah dampak negatif bagi makhluk hidup sekitar pabrik.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

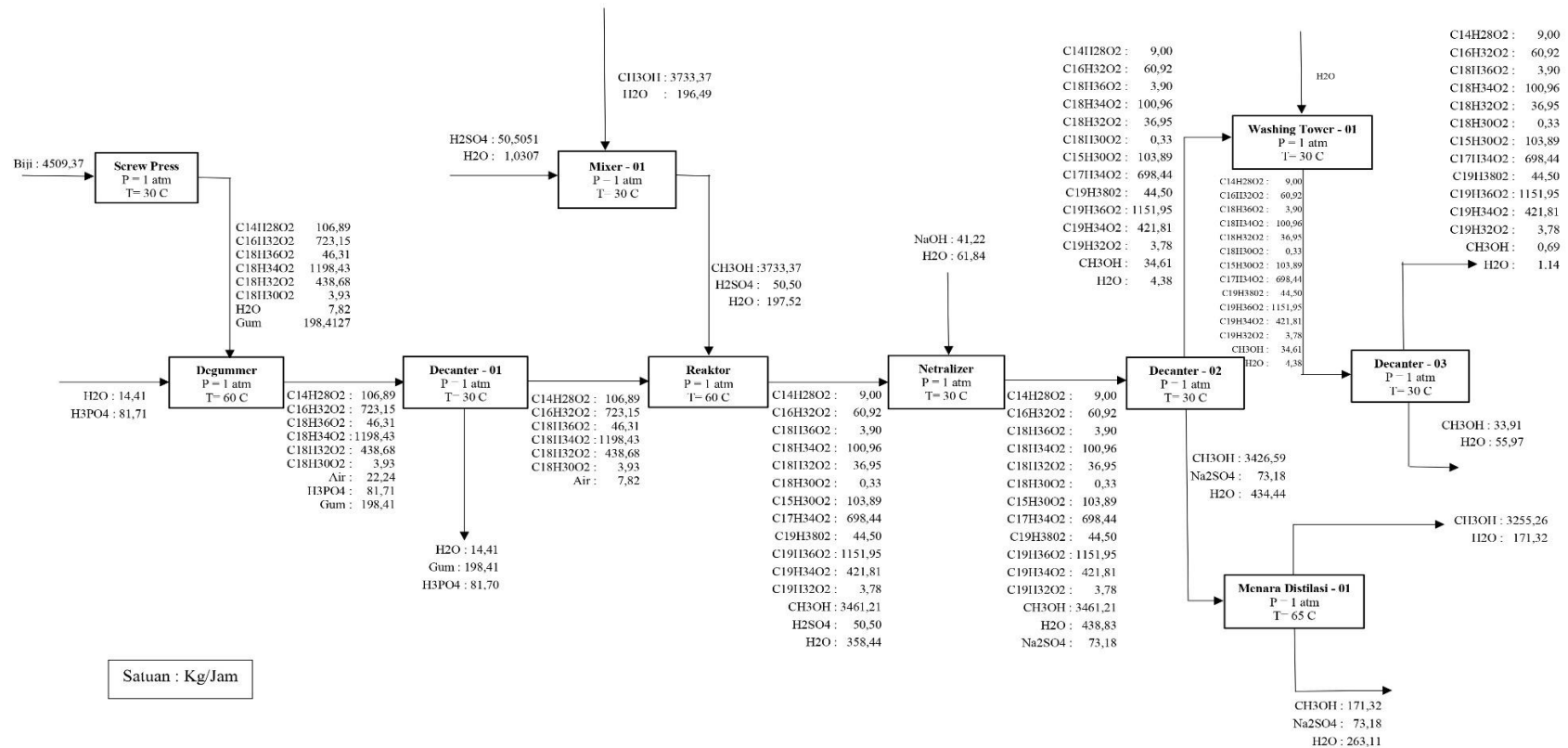
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

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

Produksi biodiesel dari minyak biji *sea mango* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun menggunakan metode esterifikasi terbagi menjadi beberapa tahapan proses. Bahan baku utama yang digunakan ialah biji *sea mango* yang akan diambil minyak nabatinya melalui proses pengepresan. Minyak nabati yang dihasilkan akan direaksikan dengan CH_3OH menggunakan bantuan katalis H_2SO_4 . Hasil dari reaksi tersebut adalah senyawa ester dan produk samping berupa air.

3.2.1 Penyimpanan dan Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan pabrik ini ialah biji *sea mango* kering dan metanol. Sebelum diproses, biji *sea mango* kering disimpan dalam G-01. Biji *sea mango* diangkut menggunakan BC-01 menuju SP-01 untuk diambil minyak nabatinya melalui proses pengepresan, produk bawah SP-01 berupa ampas diangkut menggunakan BE-01 menuju G-02, sedangkan minyak yang merupakan produk atas SP-01 dialirkan dengan bantuan P-01 melewati HE-02 untuk dinaikkan suhunya hingga 60°C untuk diumpankan menuju DG-01 untuk dilakukan proses *degumming* dengan bantuan larutan H_3PO_4 . *Degumming* merupakan proses penghilangan pengotor yang terdapat dalam minyak mentah, kandungan pengotor tersebut dikenal dengan gum (Randy, dkk. 2024). Umpan keluaran DG-01 dialirkan dengan bantuan P-03 melewati CL-01 untuk diturunkan suhunya hingga 30°C untuk diumpankan menuju DC-01 untuk dilakukan pemisahan antara

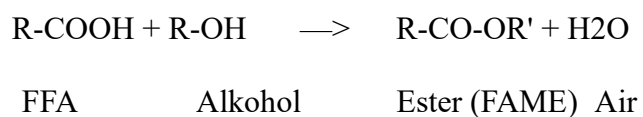
campuran Gum, H_3PO_4 dan minyak. Prinsip pemisahan yang digunakan adalah perbedaan kelarutan dan densitas.

Perbedaan kelarutan dan densitas antara kedua campuran akan menyebabkan terbentuknya dua lapisan di dalam DC-01. Lapisan atas ialah campuran dengan densitas lebih ringan (*Light stream*) yaitu minyak. Sedangkan lapisan bawah ialah campuran dengan densitas yang lebih berat (*Heavy stream*) yaitu campuran gum dan H_3PO_4 . Lapisan atas akan keluar sebagai produk atas dan lapisan bawah akan keluar sebagai produk bawah.

Sehingga gum dan H_3PO_4 akan keluar menjadi produk bawah dan akan dialirkan menuju T-02 dengan bantuan P-04, sedangkan produk atas berupa minyak yang dialirkan melewati HE-03 untuk dinaikkan suhunya hingga $60^\circ C$ untuk diumpankan menuju R-01 untuk proses berikutnya.

3.2.2 Proses Pembentukan Produk

Campuran minyak biji *sea mango* dengan CH_3OH dan H_2SO_4 akan direaksikan di dalam R-01 (RATB) dengan reaksi eksotermis *reversible* dan akan dijaga untuk tetap dalam kondisi *isothermal* dimana suhu sewaktu reaksi akan dijaga untuk tetap konstan untuk menghindari terjadinya reaksi samping. Maka dari itu, R-01 dilengkapi dengan jaket pendingin untuk menjaga reaksi tetap pada suhu $60^\circ C$. Konversi dalam R-01 sebesar 92% dengan reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Hasil produksi dari reaksi esterifikasi yang terjadi ialah biodiesel (*methyl ester*) dan air yang keluar dari reaktor pada suhu 60°C dengan tekanan 1 atm. Produk dari R-01 dialirkan melewati CL-02 untuk menurunkan suhunya hingga 30°C dan diumpankan menuju N-01 untuk menghilangkan kandungan H₂SO₄ dengan bantuan larutan NaOH.

Reaksi yang terjadi pada N-01 adalah reaksi asam-basa antara NaOH dengan H₂SO₄ yang berlangsung pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Reaksi asam basa tersebut membentuk garam Na₂SO₄ dan air.

3.2.3 Proses Pemurnian Produk

Produk keluaran N-01 akan diumpankan menuju DC-02 dengan bantuan P-11. Dalam DC-02 terjadi pemisahan antara metil ester, CH₃OH, Na₂SO₄ dan air. Dipilih DC-02 sebagai alat bantu pemisahan dikarenakan perbedaan densitas dan kelarutan dari metil ester dengan campuran CH₃OH, Na₂SO₄ dan air. Metil ester, air, dan sedikit metanol memiliki densitas yang lebih kecil (*Light stream*) akan keluar sebagai produk atas dan akan dilakukan tahap pencucian, sedangkan campuran CH₃OH, Na₂SO₄ dan air dengan densitas lebih berat (*Heavy stream*) akan keluar sebagai produk bawah dan akan diumpankan menuju MD-01 untuk dilakukan *recovery* CH₃OH.

Metil ester, air dan sedikit CH₃OH sebagai keluaran produk atas akan dialirkan dengan bantuan P-13 menuju WT-01 untuk dicuci menggunakan air proses dari utilitas pada suhu 30°C. Pencucian yang

berlangsung pada WT-01 bertujuan untuk melarutkan bahan-bahan yang masih terbawa oleh metil ester seperti CH_3OH dan air. Hasil dari pencucian akan dialirkan dengan bantuan P-15 menuju DC-03 untuk dilakukan proses pemisahan kembali antara metil ester dengan komponen pengotor. Hasil bawah DC-03 (*Heavy stream*) yaitu air yang mengandung CH_3OH akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah. Sedangkan produk atas DC-03 (*Light stream*) metil ester yang mengandung sedikit air akan dialirkan menuju T-06 (Tangki penyimpanan biodiesel).

3.2.4 Recovery CH_3OH

Hasil bawah DC-02 (*Heavy stream*) berupa CH_3OH , Na_2SO_4 dan air akan dialirkan melewati HE-05 untuk dinaikkan suhunya hingga 68°C untuk diuapkan menuju MD-01. Pada MD-01 dilakukan pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih campuran. CH_3OH sebagai produk dan memiliki titik didih yang lebih rendah (*Light key*) akan keluar sebagai produk atas. Sedangkan Na_2SO_4 dan air dengan titik didih yang lebih tinggi (*Heavy key*) akan keluar sebagai produk bawah. Hasil penguapan pada MD-01 berupa CH_3OH dan sedikit air akan dialirkan menuju CD-01 untuk proses pengembunan sehingga berubah fasa dari gas menjadi cair. Produk atas tersebut akan dialirkan ke mixer untuk digunakan kembali sebagai reaktan. Produk bawah MD-01 berupa CH_3OH , air, dan Na_2SO_4 akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

3.3.1.1 Reaktor (R-01)

Spesifikasi umum

Kode	: R-01
Fungsi	: Mereaksikan FFA dan CH ₃ OH dengan katalis H ₂ SO ₄ dengan metode esterifikasi sehingga membentuk FAME dan air
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan jaket pendingin
Mode operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Harga	: Rp 2.023.494.915

Kondisi Operasi

Suhu	: 60°C
Tekanan	: 1 atm
Kondisi proses	: <i>Isothermal</i>

Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel tipe 316</i>
Diameter	: 1,2365 m

Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tinggi total	: 1,7249 m
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical</i>

Spesifikasi Khusus

Tipe pengaduk	: <i>Six blade turbine, vertical blades</i>
Ukuran Pengaduk	
Diameter	: 0,4122 m
Panjang	: 0,103 m
Lebar	: 0,0824 m
Kecepatan putaran	: 155 rpm
Power	: 2 Hp
Jumlah baffle	: 1
Lebar baffle	: 0,103 m
Mode transfer panas jaket	
U_D	: 103.84408 W/m.K
Luas area transfer panas	: 1,55 ft ²
Tebal jaket	: 0,004 m

3.3.1.2 Screw Press (SP-01)

Kode	: SP-01
Fungsi	: Memeras biji <i>sea mango</i> untuk mendapatkan <i>crude oil</i>

Material	: <i>Carbon Steel 283 Grade C</i>
Kondisi operasi	: a. Tekanan : 1 atm
	b. Suhu : 30°C
Spesifikasi	
ID tabung	: 12.09 in
Volume tabung	: 4.32 ft ³
Panjang tabung	: 2.64 m
Luas screen	: 1.342 m ²
Jumlah putaran	: 4 rpm
Power	: 1/8 HP
Jumlah	: 1
Harga	: Rp74.645.376

3.3.1.3 Degummer (DG-01)

Kode	: DG-01
Fungsi	: Mengikat gum menggunakan H ₃ PO ₄
Material	: <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk
Kondisi operasi	: a. Tekanan : 1 atm
	b. Suhu : 60°C
Spesifikasi	
ID	: 1,3092 m
Volume	: 1,9005 m ³

Tinggi	: 1,8532 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical</i>

Spesifikasi Pengaduk

Jenis	: <i>Six blade turbine, vertical blades</i>
Jumlah	: 1
Diameter	: 0,4364 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,1091 m
Kecepatan putaran	: 158,6 rpm
Power	: 3 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: Rp8.525.712.374

3.3.1.4 Decanter-01 (DC-01)

Kode	: DC-01
Fungsi	: Memisahkan <i>crude oil</i> dengan campuran H ₃ PO ₄ dan H ₂ O
Material	: <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>
Jenis	: <i>Horrrizontal Cylinder Vessel</i>
Kondisi operasi	: a. Tekanan : 1 atm b. Suhu : 30°C
Spesifikasi	

Diameter	: 0,6399 m
Panjang	: 2,2287 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical</i>
Waktu tinggal	: 10 menit
Jumlah	: 1
Harga	: Rp1.107.575.980

3.3.1.5 Mixer (M-01)

Kode	: M-01
Fungsi	: Mencampurkan Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Metanol (CH_3OH)
Material	: <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk
Kondisi operasi	: a. Tekanan : 1 atm b. Suhu : 47,5°C
Spesifikasi	
ID	: 1,0668 m
Volume	: 1,0254 m ³
Tinggi	: 1,653 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,25 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in

Jenis <i>ead</i>	: <i>Torispherical</i>
Spesifikasi Pengaduk	
Jenis	: <i>Six blade turbine, vertical blades</i>
Jumlah	: 1
Diameter	: 0,3524 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,0705 m
Kecepatan putaran	: 536,62 rpm
Power	: 1 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: Rp1.521.151.711

3.3.1.6 Netralizer (N-01)

Kode	: N-01
Fungsi	: Menetralkan H_2SO_4 keluaran reaktor dengan menggunakan NaOH sehingga diperoleh larutan garam yaitu Na_2SO_4
Material	: <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk
Kondisi operasi	a. Tekanan : 1 atm
	b. Suhu : 30°C
Spesifikasi	
ID	: 1,8143 m
Volume	: 4,954 m ³

Tinggi	: 2,5438 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical</i>

Spesifikasi Pengaduk

Jenis	: <i>Six blade turbine, vertical blades</i>
Jumlah	: 1
Diameter	: 0,6048 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,1512 m
Kecepatan putaran	: 107,32 rpm
Power	: 5 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: Rp13.095.219.834

3.3.1.7 Decanter-02 (DC-02)

Kode	: DC-02
Fungsi	: Memisahkan biodiesel dengan komponen yang terlarut air dari keluaran Netralizer
Material	: <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>
Jenis	: <i>Horrrizontal Cylinder Vessel</i>
Kondisi operasi	: a. Tekanan : 1 atm b. Suhu : 30°C

Spesifikasi

Diameter	: 0,8707 m
Panjang	: 2,9720 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical</i>
Waktu tinggal	: 10 menit
Jumlah	: 1
Harga	: Rp1.559.483.120

3.3.1.8 Menara Distilasi (MD-01)

Kode	: MD-01
Fungsi	: Memisahkan air dengan metanol berdasarkan perbedaan titik didih
Jenis	: <i>Binary Distillation</i>
Tipe	: <i>Tray Distillation Column</i>
Material	: <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>
Kondisi operasi	
a. Umpan	
Suhu	: 68°C
Tekanan	: 1 atm
b. Distilat	
Suhu	: 66°C

Tekanan : 1 atm

c. Bottom

Suhu : 92°C

Tekanan : 1 atm

Spesifikasi

Shell

Diameter : 0,4879 m

Tinggi : 10,7271 m

Tebal : 0,1875 in

Material : *Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*

Head

Jenis : *Torispherical dishead head*

Tebal : 0,1875 in

Material : *Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304*

Untuk tipe *tray*

Jenis *tray* : *Sieve Tray*

Feed plate : 4

Jumlah *plate* actual : 8 (termasuk reboiler)

Susunan *hole* : *Triangular pitch*

Diameter *hole* : 5 mm

Jumlah *tray* : 7

Tray spacing : 0,6 m

Jumlah lubang : 217

Jumlah	: 1
Harga	: Rp9.078.491.643

3.3.1.9 Washing Tower (WT-01)

Kode	: WT-01
Fungsi	: Mencuci Biodiesel dari <i>Decanter-02</i> menggunakan air pencuci
Material	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk
Kondisi operasi	: a. Tekanan : 1 atm b. Suhu : 30°C

Spesifikasi

ID	: 1,3716 m
Volume	: 2,032 m ³
Tinggi	: 1,936 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,25 in
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical</i>

Spesifikasi Pengaduk

Jenis	: <i>Six blade turbine, vertical blades</i>
Jumlah	: 1
Diameter	: 0,4463 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,112 m

Kecepatan putaran	: 134,18 rpm
Power	: 2 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: Rp2.067.878.652

3.3.1.10 Decanter-03 (DC-03)

Kode	: DC-03
Fungsi	: Memisahkan Biodiesel dari sisa campuran hasil pencucian H ₂ O keluaran <i>Washing Tower</i> .
Material	: <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>
Jenis	: <i>Horizontal Cylinder Vessel</i>
Kondisi operasi	: a. Tekanan : 1 atm b. Suhu : 30°C
Spesifikasi	
Diameter	: 0,6462 m
Panjang	: 2,2512 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical</i>
Waktu tinggal	: 10 menit
Jumlah	: 1
Harga	: Rp1.119.680.636

3.3.1.11 Accumulator (ACC-01)

Kode	: ACC-01
Fungsi	: Menampung keluaran kondensor di MD-01
Material	: <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>
Jenis	: <i>Horizontal Cylinder Vessel</i>
Kondisi operasi	: a. Tekanan : 1 atm b. Suhu : 65°C
Spesifikasi	
Diameter	: 0,649 m
Panjang	: 3,893 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Jenis <i>head</i>	: <i>Torispherical</i>
Jumlah	: 1
Harga	: Rp312.703.601

3.3.2 Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Penyimpanan

Gudang	G-01	G-02
Fungsi Peruntukan	Menyimpan kebutuhan	Menyimpan ampas hasil
Alat	bahan baku biji <i>sea mango</i>	bawah SP-01

Lama Penyimpanan	14 hari	5 hari
Fasa	Padat	Padat
Jumlah	1	1
Jenis	Gudang prisma segi empat beraturan	Gudang prisma segi empat beraturan
Kondisi Operasi	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30°C Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : Beton Volume Gudang : 1998 m ³ Panjang Gudang : 15,87 m Lebar Gudang : 15,87 m Tinggi Gudang : 7,93 m	Bahan Konstruksi : Beton Volume Gudang : 217,9 m ³ Panjang Gudang : 10,69 m Lebar Gudang : 10,69 m Tinggi Gudang : 5,34 m
Harga	Rp619.104.727	Rp280.759.095

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan (Lanjutan)

Tangki	T-01	T-02
Fungsi Peruntukan	Menyimpan kebutuhan	Menyimpan produk
Alat	H ₃ PO ₄ untuk proses produksi	samping yaitu Gum
Lama Penyimpanan	14 hari	7 hari
Fasa	Cair	Cair
Jumlah Tangki	1 buah	1 buah
Kondisi Operasi	Suhu : 30°C	Suhu : 30°C

Spesifikasi	Tekanan : 1 atm	Tekanan : 1 atm
	Bahan Konstruksi :	Bahan Konstruksi :
	<i>Stainless steel SA 167 type</i>	<i>Stainless steel SA 167 type</i>
	<i>II grade 316</i>	<i>II grade 316</i>
	Volume Tangki : 27,0646 m ³	Volume Tangki : 40,3837 m ³
	Diameter : 3,048 m	Diameter : 3,048 m
	Tinggi <i>Shell</i> : 3,6576 m	Tinggi <i>Shell</i> : 5,4864 m
	Tebal <i>Shell</i> : 0,1875 in	Tebal <i>Shell</i> : 0,1875 in
Head & Bottom	Jumlah <i>course</i> : 2	Jumlah <i>course</i> : 3
	<i>Torispherical dishead head</i>	<i>Torispherical dishead</i>
	<i>& Flat Bottom</i>	<i>head & Flat Bottom</i>
	Tebal <i>head</i> : 0,3125 in	Tebal <i>head</i> : 0,375 in
Harga	Tinggi <i>head</i> : 0,4783 m	Tinggi <i>head</i> : 0,479 m
	Rp2.983.797.587	Rp3.133.088.338

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan (Lanjutan)

Tangki	T-03	T-04
Fungsi Peruntukan	Menyimpan kebutuhan	Menyimpan kebutuhan
Alat	CH ₃ OH untuk proses produksi	H ₂ SO ₄ untuk proses produksi
Lama Penyimpanan	14 hari	14 hari
Fasa	Cair	Cair

Jumlah Tangki	1 buah	1 buah
Kondisi Operasi	Suhu : 30°C	Suhu : 30°C
	Tekanan : 1 atm	Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>	Bahan Konstruksi : <i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>
	Volume Tangki : 2160,63 m ³	Volume Tangki : 26,6745 m ³
	Diameter : 13,716m	Diameter : 3,048 m
	Tinggi <i>Shell</i> : 14,6304 m	Tinggi <i>Shell</i> : 3,6576 m
	Tebal <i>Shell</i> : 0,1875 in	Tebal <i>Shell</i> : 0,1875 in
	Jumlah <i>course</i> : 8	Jumlah <i>course</i> : 2
Head & Bottom	<i>Torispherical dishead head & Flat Bottom</i>	<i>Torispherical dishead head & Flat Bottom</i>
	Tebal <i>head</i> : 1,5 in	Tebal <i>head</i> : 0.3125in
	Tinggi <i>head</i> : 1,985 m	Tinggi <i>head</i> : 1,985 m
Harga	Rp5.967.595.173	Rp2.983.797.587

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Penyimpanan (Lanjutan)

Tangki	T-05	T-06
Fungsi Peruntukan	Menyimpan kebutuhan	Menyimpan kebutuhan
Alat	NaOH untuk proses produksi	Biodiesel hasil proses produksi

Lama Penyimpanan	14 hari	14 hari
Fasa	Cair	Cair
Jumlah Tangki	1 buah	1 buah
Kondisi Operasi	Suhu : 30°C	Suhu : 30°C
	Tekanan : 1 atm	Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi :	Bahan Konstruksi :
	<i>Stainless steel SA 167 type II grade 316</i>	<i>Stainless steel SA 283 type grade C</i>
	Volume Tangki : 40,0117 m ³	Volume Tangki : 720,21 m ³
	Diameter : 3,048 m	Diameter : 9,144 m
	Tinggi <i>Shell</i> : 5,4864 m	Tinggi <i>Shell</i> : 10,9728 m
	Tebal <i>Shell</i> : 0,1875 in	Tebal <i>Shell</i> : 0,1875 in
	Jumlah <i>course</i> : 3	Jumlah <i>course</i> : 6
Head & Bottom	<i>Torispherical dishead head & Flat Bottom</i>	<i>Torispherical dishead head & Flat Bottom</i>
	Tebal <i>head</i> : 0,3125 in	Tebal <i>head</i> : 1,125 in
	Tinggi <i>head</i> : 0,478 m	Tinggi <i>head</i> : 1,344 m
Harga	Rp3.133.088.338	Rp2.921.256.866

3.3.3 Alat Transportasi Bahan

3.3.3.1 Alat Transportasi Bahan Padat

Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Padat

Kode	BC-01	BE-01
Jenis Alat	<i>Belt Conveyor</i>	<i>Bucket Elevator</i>
Fungsi Peruntukan	Mengangkut biji <i>sea</i>	Mengangkut ampas biji
Alat	<i>mango</i> menuju <i>Screw Press</i> .	<i>sea mango</i> dari <i>Screw Press</i> menuju gudang ampas
Bahan yang diangkut	Biji <i>sea mango</i>	Ampas biji <i>sea mango</i>
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm
Bentuk Bahan	Padat	Padat
Jenis Conveyor	<i>Belt</i>	<i>Belt</i>
Capacity	2,90335 Kg/m	0.28735 Kg/m
Speed	30,5 m/min	68,60 m/min
Motor Power	0,16667 HP	0,08333 HP
Dimensi	Horizontal Panjang : 6,7369 m Lebar : 0,3556 m Tinggi : 1,524 m	Vertical Panjang : 8 m Lebar <i>Bucket</i> : 4 in Panjang <i>Bucket</i> : 6 in
Driver Pulley		Diameter :

		<i>Head : 20 in</i>
		<i>Tail : 14 in</i>
Material Kontruksi	<i>Carbon steel SA-285</i>	<i>Carbon steel SA-283</i>
	<i>grade C</i>	<i>grade C</i>
Harga	Rp147.273.309	Rp223.936.127

3.3.3.2 Alat Transportasi Bahan Cair

Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair

Kode	P-01	P-02
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran <i>Screw Press</i> (SP-01) menuju <i>Degummer</i> (DG-01)	Mengalirkan H_3PO_4 dari Tangki (T-02) menuju <i>Degummer</i> (DG-01)
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	1 buah	1 buah
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>
Kapasitas	3.4998 m ³ /jam	0.0666 m ³ /jam
Viskositas	12.54 cp	3.4 cp
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C	Suhu : 30 °C

	Tekanan : 1 atm	Tekanan : 1 atm
Daya Pompa	302 watt	20 watt
Daya Motor	746 watt	37 watt
Kecepatan putar	1341 rpm	196 rpm
Harga	Rp175.517.505	Rp58.505.835

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (Lanjutan)

Kode	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran <i>Degummer</i> (DG-01) menuju Decanter (DC-01)	Mengalirkan hasil bawah Decanter (DC-01) menuju Tangki (T-02)
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	1 buah	1 buah
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>
Kapasitas	3.5231 m ³ /jam	0.1963 m ³ /jam
Viskositas	13.57 cp	3.669 cp
Kondisi Operasi	Suhu : 60 °C	Suhu : 30 °C

	Tekanan : 1 atm	Tekanan : 1 atm
Daya Pompa	545 watt	93 watt
Daya Motor	746 watt	186 watt
Kecepatan putar	1492 rpm	244 rpm
Harga	Rp175.517.505	Rp84.732.589

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (Lanjutan)

Kode	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan hasil atas <i>Decanter</i> (D-01) menuju Reaktor (R-01)	Mengalirkan umpan metanol dari Tangki (T-03) menuju <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	1 buah	1 buah
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>
Kapasitas	3.5136 m ³ /jam	5.9353 m ³ /jam
Viskositas	9.57 cp	0.52 cp
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C	Suhu : 30 °C

	Tekanan : 1 atm	Tekanan : 1 atm
Daya Pompa	575 watt	264 watt
Daya Motor	746 watt	373 watt
Kecepatan putar	1317 rpm	2546 rpm
Harga	Rp175.517.505	Rp203.761.701

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (Lanjutan)

Kode	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan H ₂ SO ₄ dari (T-02) ke <i>Mixer</i> (M-01)	Mengalirkan hasil keluaran <i>Mixer</i> (M-01) ke Reaktor (R-01)
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	1 buah	1 buah
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>
Kapasitas	0,0342 m ³ /jam	5.9156 m ³ /jam
Viskositas	4,6018 cP	0,4730 cP
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C	Suhu : 60 °C

	Tekanan : 1 atm	Tekanan : 1 atm
Daya Pompa	8 watt	272 watt
Daya Motor	37 watt	373 watt
Kecepatan putar	181 rpm	2509 rpm
Harga	Rp58.505.835	Rp203.761.701

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (Lanjutan)

Kode	P-09	P-10
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran R-01 ke N-01	Mengalirkan NaOH dari T-05 ke N-01
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	1 buah	1 buah
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 Type 316</i>
Kapasitas	9,6112 m ³ /jam	0,0915 m ³ /jam
Viskositas	1,5421 cP	0,9946 cP
Kondisi Operasi	Suhu : 60 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm

Daya Pompa	472 watt	16 watt
Daya Motor	746 watt	37 watt
Kecepatan putar	2584 rpm	287 rpm
Harga	Rp227.971.012	Rp70.610.491

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (Lanjutan)

Kode	P-11	P-12
Fungsi	Mengalirkan keluaran N-01 ke DC-02	Mengalirkan keluaran bawah dari DC-02 ke MD-01
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	1 buah	1 buah
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 Type 316</i>
Kapasitas	9,3254 m ³ /jam	5,6227 m ³ /jam
Viskositas	2,7514 cP	0,5298 cP
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm

Daya Pompa	401 watt	866 watt
Daya Motor	559 watt	1119 watt
Kecepatan putar	2909 rpm	1016 rpm
Harga	Rp227.971.012	Rp203.761.701

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (Lanjutan)

Kode	P-13	P-14
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran atas DC-02 ke WT-01	Mengalirkan hasil keluaran WT-01 ke DC-03
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	1 buah	1 buah
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i> <i>Type 316</i>
Kapasitas	3,7049 m ³ /jam	3,7674 m ³ /jam
Viskositas	6,0181 cP	5,9176 cP
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm
Daya Pompa	263 watt	335 watt

Daya Motor	373 watt	559 watt
Kecepatan putar	1510 rpm	1599 rpm
Harga	Rp175.517.505	Rp175.517.505

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (Lanjutan)

Kode	P-15	P-16
Fungsi	Mengalirkan hasil keluaran atas DC-03 ke T-06	Mengalirkan keluaran atas dari MD-01 ke T-03
Jenis Pompa	<i>Centrifugal Pumps</i>	<i>Centrifugal Pumps</i>
Jumlah	1 buah	1 buah
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 Type 316</i>
Kapasitas	3,6497 m ³ /jam	5,0019 m ³ /jam
Viskositas	6,0954 cP	0,5064 cP
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm
Daya Pompa	987 watt	191 watt
Daya Motor	1491 watt	249 watt

Kecepatan putar	682 rpm	2597 rpm
Harga	Rp175.517.505	Rp203.761.701

3.4 Alat Penukar Panas

Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Condenser			
Kode		CD-01	
Fungsi		Mengembunkan hasil atas menara distilasi (MD-01)	
Jumlah		1 buah	
Jenis alat		Shell and Tube Heat Exchanger	
Jenis bahan		Carbon steel SA-283 Grade C	
Spesifikasi			
a”		0,223 in ²	
Pt		1 Triangular	
Passes		1	
A		123,698 ft ²	
Uc		449,958 Btu/hr ft ² °F	
Ud		75,110 Btu/hr ft ² °F	
Rd calculated		0.011	
Mechanical Design			
Shell (Hot fluid)		Tube	
Length, ft	12	Length, ft	12
Passes	1	Passes	1
ID, in	12	OD, in	0,5

<i>Baffle spaces</i>	9	<i>Number tube, buah</i>	74
		A, ft ²	123,698
		BWG	12
ΔP terhitung, psi	0,009	<i>Pitch, in</i>	1
ΔP diijinkan, psi	<10	ΔP terhitung, psi	0,285
Rdmin, Btu/hr ft ² °F	0,001	ΔP diijinkan, psi	<10
Rdcal Btu/hr ft ² °F	0,012	Rdmin, Btu/hr ft ² °F	0,001
		Rdcal Btu/hr ft ² °F	0,012
Harga	Rp108.941.900		

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas (Lanjutan)

Reboiler	
Kode	RB-01
Fungsi	Menguapkan cairan yang keluar dari menara distilasi (MD-01) sebagai hasil bawah
Jumlah	1 buah
Jenis alat	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	
Jumlah hairpin	5
Panjang hairpin, ft	20
Luas transfer panas, ft ²	167
<i>Cold Fluid</i>	
IPS, in	4

Flow area, in ²	3,14
OD, in	4,5
ID, in	4
<i>Surface Area</i> , ft ² /ft	1,178
<i>Hot Fluid</i>	
IPS, in	3
<i>Flow area</i> , in ²	7,8
OD, in	3,5
ID, in	3
<i>Surface area</i> , ft ² /ft	0,9170
Ud, Btu/hr ft ² °F	59,092
Uc, Btu/hr ft ² °F	80,285
Rd	0,004
Rd min	0,003
Jumlah alat	1
Harga	Rp32.279.081

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas (Lanjutan)

Heat Exchanger	
Kode	HE-01
Fungsi	Menaikkan temperatur umpan DG-01 dari 30°C menjadi 60°C dari SP-01 (T-01) menuju DG-01
Jumlah	1 buah
Jenis alat	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	

Jumlah hairpin	1
Panjang hairpin, ft	12
<i>Cold Fluid</i>	
IPS, in	2
Flow area, in ²	1,19
OD, in	2,38
ID, in	2,067
<i>Surface Area</i> , ft ² /ft	0,542
<i>Hot Fluid</i>	
IPS, in	1,25
<i>Flow area</i> , in ²	1,5
OD, in	1,66
ID, in	1,38
<i>Surface area</i> , ft ² /ft	0,362
A, ft ²	26,016
Ud, Btu/hr ft ² °F	53,2670
Uc, Btu/hr ft ² °F	268,4562
Rd	0,0078
Rd min	0,003
Jumlah alat	1
Harga	Rp48.418.622

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas (Lanjutan)

Heat Exchanger	
Kode	HE-02

Fungsi	Memanaskan H ₃ PO ₄ menjadi umpan DG-01
Jumlah	1 buah
Jenis alat	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	
Jumlah hairpin	1
Panjang hairpin, ft	12
<i>Cold Fluid</i>	
IPS, in	2
Flow area, in ²	1,19
OD, in	2,38
ID, in	2,067
<i>Surface Area</i> , ft ² /ft	0,542
<i>Hot Fluid</i>	
IPS, in	1,25
<i>Flow area</i> , in ²	1,5
OD, in	1,66
ID, in	1,38
<i>Surface area</i> , ft ² /ft	0,362
A, ft ²	6,504
Ud, Btu/hr ft ² °F	7,9866
Uc, Btu/hr ft ² °F	63,0649
Rd	0,0828
Rd min	0,003
Jumlah alat	1

Harga	Rp30.261.639
-------	--------------

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas (Lanjutan)

Heat Exchanger	
Kode	HE-03
Fungsi	Menaikkan temperatur umpan R-01 dari 30°C menjadi 60°C dari DC-01 menuju R-01
Jumlah	1 buah
Jenis alat	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	
Jumlah hairpin	1
Panjang hairpin, ft	12
<i>Cold Fluid</i>	
IPS, in	2
Flow area, in ²	1,19
OD, in	2,38
ID, in	2,067
<i>Surface Area</i> , ft ² /ft	0,542
<i>Hot Fluid</i>	
IPS, in	1,25
<i>Flow area</i> , in ²	1,5
OD, in	1,66
ID, in	1,38
<i>Surface area</i> , ft ² /ft	0,362
A, ft ²	26,016

Ud, Btu/hr ft ² °F	50,7060
Uc, Btu/hr ft ² °F	233,1992
Rd	0,0154
Rd min	0,003
Jumlah alat	1
Harga	Rp38.331.409

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas (Lanjutan)

Heat Exchanger	
Kode	HE-04
Fungsi	Menaikkan temperatur umpan R-01 dari 47.5°C menjadi 60°C dari M-01 menuju R-01
Jumlah	1 buah
Jenis alat	<i>Shell and Tube heat exchanger</i>
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	
Jumlah hairpin	1
Panjang hairpin, ft	12
<i>Cold Fluid</i>	
IPS, in	2
Flow area, in ²	1,19
OD, in	2,38
ID, in	2,067
<i>Surface Area</i> , ft ² /ft	0,542
<i>Hot Fluid</i>	
IPS, in	1,25

<i>Flow area, in2</i>	1,5
OD, in	1,66
ID, in	1,38
<i>Surface area, ft2/ft</i>	0,362
A, ft2	26,016
Ud, Btu/hr ft2 °F	50,7060
Uc, Btu/hr ft2 °F	233,1991
Rd	0,0099
Rd min	0,003
Jumlah alat	1
Harga	Rp 48.418.622

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas (Lanjutan)

Heat Exchanger	
Kode	HE-05
Fungsi	Menaikkan temperatur umpan MD-01 dari 30°C menjadi 68°C dari DC-02 menuju MD-01
Jumlah	1 buah
Jenis alat	<i>Double pipe heat exchanger</i>
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	
Jumlah hairpin	3
Panjang hairpin, ft	12
<i>Cold Fluid</i>	
IPS, in	2
Flow area, in2	1,19

OD, in	2,38
ID, in	2,067
<i>Surface Area</i> , ft2/ft	0,542
<i>Hot Fluid</i>	
IPS, in	1,25
<i>Flow area</i> , in2	1,5
OD, in	1,66
ID, in	1,38
<i>Surface area</i> , ft2/ft	0,362
A, ft2	39,024
Ud, Btu/hr ft2 °F	97,7674
Uc, Btu/hr ft2 °F	258,8932
Rd	0,0064
Rd min	0,003
Jumlah alat	1
Harga	Rp56.488.392

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas (Lanjutan)

Cooler	
Kode	CL-01
Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran DG-01 sebelum masuk DC-01
Jumlah	1 buah
Jenis alat	<i>Shell and Tube heat exchanger</i>
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	

Luas transfer panas, ft ²	355,6956
U _c , Btu/hr ft ² °F	59
U _d , Btu/hr ft ² °F	20
Dirt Factor, hr ft ² °F/ Btu	0,0335
<i>Shell</i>	
ID, in	15,25
<i>Pitch</i> , in triangular	1
<i>Baffle</i> , in	7,625
<i>Pressure drop</i> , psi	0,4712
<i>Tube</i>	
OD, in	1
ID, in	0,67
BWG	16
L, ft	12
N _t	171
<i>Pressure drop</i> , psi	0,0213
Jumlah alat	1
Harga	Rp1.107.575.980

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas (Lanjutan)

Cooler	
Kode	CL-02
Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran R-01 sebelum masuk N-01
Jumlah	1 buah

Jenis alat	<i>Shell and Tube heat exchanger</i>
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi	
Luas transfer panas, ft ²	270,1776
U _c , Btu/hr ft ² °F	103
U _d , Btu/hr ft ² °F	75
Dirt Factor, hr ft ² °F/ Btu	0,0037
<i>Shell</i>	
ID, in	15,25
<i>Pitch</i> , in triangular	1,25
<i>Baffle</i> , in	7,625
<i>Pressure drop</i> , psi	1,9603
<i>Tube</i>	
OD, in	1
ID, in	0,67
BWG	8
L, ft	12
N _t	171
<i>Pressure drop</i> , psi	1,0667
Jumlah alat	1
Harga	Rp802.942.150

3.5 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Screw Press

Tabel 3. 5 Neraca Massa Screw Press

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
		Arus 1	Top (Arus 3)	Bottom (Arus 2)
1	Biji	4.509,3795	-	-
2	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	-	106,8939	-
3	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	723,1565	-
4	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	-	46,3131	-
5	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	1.198,4343	-
6	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	438,6868	-
7	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	-	3,9393	-
8	H ₂ O	-	7,8282	-
9	Gum	-	198,4126	-
10	Ampas	-	-	1.785,7142
Sub total		4.509,3795	2.723,6652	1.785,7142
Total		4.509,3795	4.509,3795	

3.4.2 Neraca Massa Degummer

Tabel 3. 6 Neraca Massa Degummer

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)		Keluar (Kg/jam)
		Arus 3	Arus 4	Arus 5
1	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	106,8939	-	106,8939
2	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	723,1565	-	723,1565
3	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	46,3131	-	46,3131

4	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1198,4343	-	1198,4343
5	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	438,6868	-	438,6868
6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	3,9393	-	3,9393
7	H ₂ O	7,8282	14,4194	22,2476
8	H ₃ PO ₄	-	81,7099	81,7099
9	Gum	198,4126	-	198,4126
Sub total		2.723,6652	96,1293	2819,7945
Total		2.819,7945		2819,7945

3.4.3 Neraca Massa Decanter-01

Tabel 3. 7 Neraca Massa Decanter-01

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
		Arus 5	Top (Arus 7)	Bottom (Arus 6)
1	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	106,8939	106,8939	-
2	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	723,1565	723,1565	-
3	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	46,3131	46,3131	-
4	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1.198,4343	1.198,4343	-
5	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	438,6868	438,6868	-
6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	3,9393	3,9393	-
7	H ₂ O	22,2476	7,8282	14,4194
8	H ₃ PO ₄	81,7099	-	81,7099
9	Gum	198,4126	-	198,4126
Sub total		2.819,7945	2.525,2525	294,542
Total		2.819,7945	2.819,7945	

3.4.4 Neraca Massa Mixer

Tabel 3. 8 Neraca Massa Mixer

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)			Keluar (Kg/jam)
		Arus 19	Arus 8	Arus 9	Arus 10
1	CH ₃ OH	3.255,2699	478,1005	-	3733,3704
2	H ₂ SO ₄	-	-	50,5050	50,5050
3	H ₂ O	171,3299	25,1631	1,0307	197,5238
Sub total		3.426,5999	503,2636	51,5357	3981,3993
Total		3.981,399399			3.981,3993

3.4.5 Neraca Massa Reaktor

Tabel 3. 9 Neraca Massa Reaktor

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)		Keluar (Kg/jam)
		Arus 7	Arus 10	Arus 11
1	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	106,8939	-	9,0058
2	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	723,1565	-	60,9259
3	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	46,3131	-	3,9018
4	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1198,4343	-	100,9680
5	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	438,6868	-	36,9593
6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	3,9393	-	0,3318
7	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	-	-	103,8987
8	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	-	698,4463
9	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	-	44,5019
10	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	-	1151,9503
11	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	-	421,8138

12	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	-	-	3,7891
13	CH ₃ OH	-	3733,3704	3461,2120
14	H ₂ O	7,8282	197,5238	358,4412
15	H ₂ SO ₄	-	50,5050	50,5050
Sub total		2525,2525	3981,3993	6506,6519
Total		6506,6519		6506,6519

3.4.6 Neraca Massa Netralizer

Tabel 3. 10 Neraca Massa Netralizer

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)		Keluar (Kg/jam)
		Arus 11	Arus 12	Arus 13
1	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	9,0058	-	9,0058
2	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	60,9259	-	60,9259
3	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	3,9018	-	3,9018
4	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	100,9680	-	100,9680
5	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	36,9593	-	36,9593
6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,3318	-	0,3318
7	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	103,8987	-	103,8987
8	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	698,4463	-	698,4463
9	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	44,5019	-	44,5019
10	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	1.151,9503	-	1.151,9503
11	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	421,8138	-	421,8138
12	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	3,7891	-	3,7891
13	CH ₃ OH	3.461,2120	-	3.461,2120
14	H ₂ O	358,4412	61,8429	438,8370

15	H ₂ SO ₄	50,5050	-	-
16	NaOH	-	41,2286	-
17	Na ₂ SO ₄	-	-	73,1807
Sub total		6.506,6519	103,0715	6.609,7234
Total		6.609,7234		6.609,7234

3.4.7 Neraca Massa Decanter-02

Tabel 3. 11 Neraca Masa Decanter-02

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
		Arus 13	Bottom (Arus 14)	Top (Arus 15)
1	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	9,0058	-	9,0058
2	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	60,9259	-	60,9259
3	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	3,9018	-	3,9018
4	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	100,9680	-	100,9680
5	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	36,9593	-	36,9593
6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,3318	-	0,3318
7	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	103,8987	-	103,8987
8	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	698,4463	-	698,4463
9	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	44,5019	-	44,5019
10	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	1.151,9503	-	1.151,9503
11	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	421,8138	-	421,8138
12	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	3,7891	-	3,7891
13	CH ₃ OH	3.461,2120	3.426,5999	34,6121
14	H ₂ O	438,8370	434,4486	4,3883
15	Na ₂ SO ₄	73,1807	73,1807	-

Sub total	6.609,7234	3.934,2294	2.675,4940
Total	6.609,7234	6.609,7234	

3.4.8 Neraca Massa Washing Tower

Tabel 3. 12 Neraca Massa Washing Tower

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)		Keluar (Kg/jam)
		Arus 15	Air Utilitas	Arus 16
1	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	9,0058	-	9,0058
2	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	60,9259	-	60,9259
3	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	3,9018	-	3,9018
4	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	100,9680	-	100,9680
5	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	36,9593	-	36,9593
6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,3318	-	0,3318
7	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	103,8987	-	103,8987
8	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	698,4463	-	698,4463
9	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	44,5019	-	44,5019
10	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	1.151,9503	-	1.151,9503
11	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	421,8138	-	421,8138
12	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	3,7891	-	3,7891
13	CH ₃ OH	34,6121	-	34,6121
14	H ₂ O	4,3883	52,7298	57,1182
Sub total		2.675,4940	52,7298	2.728,2238
Total		2.728,2238		2.728,2238

3.4.9 Neraca Massa Decanter-03

Tabel 3. 13 Neraca Massa Decanter-03

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
		Arus 16	Top (Arus 17)	Bottom (Arus 18)
1	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	9,0058	9,0058	-
2	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	60,9259	60,9259	-
3	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	3,9018	3,9018	-
4	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	100,9680	100,9680	-
5	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	36,9593	36,9593	-
6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,3318	0,3318	-
7	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	103,8987	103,8987	-
8	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	698,4463	698,4463	-
9	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	44,5019	44,5019	-
10	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	1.151,9503	1151,9503	-
11	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	421,8138	421,8138	-
12	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	3,7891	3,7891	-
13	CH ₃ OH	34,6121	0,6922	33,9198
14	H ₂ O	57,1182	1,1423	55,9758
Sub total		2728,2238	2638,3281	89,8957
Total		2728,2238	2728,2238	

3.4.10 Neraca Massa Menara Distilasi

Tabel 3. 14 Neraca Massa Menara Distilasi

No.	Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
		Arus 14	Top (Arus 19)	Bottom

				(Arus 20)
1	CH ₃ OH	3.426,5999	3.255,2699	171,3333
2	H ₂ O	434,4486	171,3299	263,1187
3	Na ₂ SO ₄	73,1807	-	73,1807
Sub total		3.934,2294	3.426,5999	507,6295
Total		3.934,2294	3.934,2294	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Degummer-01

Tabel 3. 15 Neraca Panas Degummer-01

Komponen	Masuk		Keluar
	Q1 (Kj/Jam)	Q2 (Kj/Jam)	Q (Kj/jam)
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	65.655,0946	-	65.655,0946
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	43.835,5332	-	438.357,5332
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	29.173,8780	-	29,173.8780
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	69.418,3775	-	694.183,7759
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	240.002,4703	-	240.002,4703
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	2.122,9597	-	2.122,9597
H ₂ O	9.448,7579	17.404,2587	26.853,0167
Gum	-	-	-
H ₃ PO ₄	-	38.031,9637	38.031,9637
Total	1.534.380,692		1.534.380,692

3.5.2 Neraca Panas Decanter-01

Tabel 3. 16 Neraca Panas Decanter-01

Komponen	Masuk	Keluar	
	ΔH1 (Kj/jam)	ΔH1 (Kj/jam) atas	ΔH1 (Kj/jam) bawah
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1.101,0413	1.101,0413	-
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	7.351,2918	7.351,2918	-
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	489,2483	489,2483	-

C ₁₈ H ₃₄ O ₂	11.641,5189	11.641,5189	-
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	4.024,8611	4.024,8611	-
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	35,6022	35,6022	-
H ₂ O	450,3272	158,4564	291,8708
H ₃ PO ₄	675,6792	-	675,6792
Sub Total	25.769,5703	24.802,0202	967,5500
Total	25.769,5703	25.769,5703	

3.5.3 Neraca Panas Reaktor-01

Tabel 3. 17 Neraca Panas Reaktor-01

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/jam)	ΔH out (Kj/jam)
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	7.707,2893	649,3391
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	51.459,0430	4.335,4244
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	3.424,7383	288,5342
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	81.490,6328	6.865,5858
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	28.174,0280	2.373,6619
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	249,2155	20,9964
C ₁₅ H ₃₀ O ₂	-	6.503,5812
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	43.910,2324
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	2.787,1427
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	75.963,5180
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	25.125,9611
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	-	220,7614
CH ₃ OH	316.222,2348	293.169,9996
H ₂ O	29.096,5009	50.787,8068
H ₂ SO ₄	1.450,2505	1.450,2505
ΔH Reaksi	405,1383	-
Q serap	-	5.226,2759
Total	519.679,0715	519.679,0715

3.5.4 Neraca Panas Mixer-01

Tabel 3. 18 Neraca Panas Mixer-01

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/jam)	ΔH out (Kj/jam)
H ₂ SO ₄	207,1786	207,1786
CH ₃ OH	45.174,6050	45.174,6050

H ₂ O	3.998,1865	3.998,1865
Total	49.379,9702	49.379,9702

3.5.5 Neraca Panas Netralizer-01

Tabel 3. 19 Neraca panas Netralizer-01

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/ jam)	ΔH out (Kj/ jam)
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	92,7627	92,7627
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	619,3463	619,3463
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	41,2192	41,2192
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	980,7980	980,7980
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	339,0946	339,0946
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	2,9995	2,9995
C ₁₅ H ₃₀ O ₂	929,0830	929,0830
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	6.272,8903	6.272,8903
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	398,1632	398,1632
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	1.085,1931	10.851,9311
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	3.589,4230	3.589,4230
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	31,5373	31,5373
CH ₃ OH	41.881,4285	41.881,4285
H ₂ O	8.507,1965	8.882,7351
H ₂ SO ₄	207,1786	-
NaOH	296,0091	-
Na ₂ SO ₄	-	260,5674
ΔH Reaksi	6.764,4484	
Q serap	-	6.631,5301
Total	81.805,5095	81.805,5095

3.5.6 Neraca Panas Decanter-02

Tabel 3. 20 Neraca Panas Decanter-02

Komponen	Masuk	Keluar	
	ΔH 1 (Kj/jam) in	ΔH 1 (Kj/jam) atas	ΔH 1 (Kj/jam) bawah
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	92,7627	92,7627	-
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	619,3463	619,3463	-
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	41,2191	41,2191	-
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	980,7979	980,7979	-
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	339,0945	339,0945	-
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	2,9994	2,9994	-

C ₁₅ H ₃₀ O ₂	929,0830	929,0830	-
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	6.272,8903	6.272,8903	-
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	398,1632	398,1632	-
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	10.851,9311	10.851,9311	-
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	3.589,4230	3.589,4230	-
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	31,5373	31,5373	-
CH ₃ OH	41.881,4285	418,8142	41.462,6142
H ₂ O	8.882,7351	88,8273	8.793,9077
Na ₂ SO ₄	260,5674	-	260,5674
Total	75.173,9794	24.656,8900	50.517,0894
		75.173,9794	

3.5.7 Neraca Panas Washing Tower-01

Tabel 3. 21 Neraca Panas Washing Tower-01

Komponen	Masuk		Keluar
	ΔH 1 (Kj/ jam)	ΔH 2 (Kj/ jam)	ΔH out (Kj/ jam)
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	5.624,20	-	5.624,20
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	37.550,97	-	37.550,97
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	2.499,12	-	2.499,12
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	59.465,78	-	59.465,78
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	20.559,30	-	20.559,30
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	181,86	-	181,86
C ₁₅ H ₃₀ O ₂	56.330,30	-	56.330,30
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	380.325,34	-	380.325,34
C ₁₉ H ₃₈ O ₂	24.140,64	-	24.140,64
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	657.952,58	-	657.952,58
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	217.626,72	-	217.626,72
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	1.912,11	-	1.912,11
CH ₃ OH	25.392,71	-	25.392,71
H ₂ O	5.385,60	64.712,43	70.098,03
Total	1.559.659,67		1.559.659,67

3.5.8 Neraca Panas Decanter-03

Tabel 3. 22 Neraca Panas Decanter-03

Komponen	Masuk	Keluar	
	ΔH 1 (Kj/jam) in	ΔH 1 (Kj/jam) atas	ΔH 1 (Kj/jam) bawah
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	371,0509	371,0509	-

$C_{16}H_{32}O_2$	2.477,3853	2.477,3853	-
$C_{18}H_{36}O_2$	164,8766	164,8766	-
$C_{18}H_{34}O_2$	3.923,1918	3.923,1918	-
$C_{18}H_{32}O_2$	1.356,3782	1.356,3782	-
$C_{18}H_{30}O_2$	11,9979	11,9979	-
$C_{15}H_{30}O_2$	3.716,3321	3.716,3321	-
$C_{17}H_{34}O_2$	25.091,5614	25.091,5614	-
$C_{19}H_{38}O_2$	1.592,6529	1.592,6529	-
$C_{19}H_{36}O_2$	43.407,7245	43.407,7245	-
$C_{19}H_{34}O_2$	14.357,6920	14.357,6920	-
$C_{19}H_{32}O_2$	126,1493	126,1493	-
CH_3OH	1.675,2571	33,5051	1.641,7519
H_2O	4.624,6431	92,4928	4.532,1502
Sub Total	102.896,8938	96.722,9914	6.173,9022
Total	102.896,8938	102.896,8938	

3.5.9 Neraca Panas Menara Distilasi-01

Tabel 3. 23 Neraca Panas Menara Distilasi-01

Komponen	Input	Output
	ΔH_{in} (kJ/jam)	ΔH_{out} (kJ/jam)
ΔH umpan	609,760	-
ΔH distilat	-	451,500
ΔH condensor	-	-559,265
ΔH bottom	-	986,516
ΔH reboiler	268,991	-
Total	878,751	878,751

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan suatu hal yang penting karena akan mempengaruhi keberlanjutan serta kemajuan dari industri yang dijalankan, hal tersebut menyangkut efisiensi operasional, biaya produksi, dan akses ke pasar. Pemilihan lokasi tersebut harus mempertimbangkan berbagai aspek seperti jarak dari sumber daya, pasar, tenaga kerja, dan infrastruktur. Pabrik biodiesel dari biji *sea mango* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun direncanakan akan berdiri di Kecamatan Tembilahan, Kabupaten Indragiri Hilir, Riau dengan pertimbangan sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik Biodiesel

a. Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik biodiesel direncanakan berlokasi di Kecamatan Tembilahan, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau dengan pertimbangan pada daerah

tersebut terdapat banyak populasi *sea mango* dan tumbuh subur di daerah pantai sekitar lokasi tersebut. Lokasi pabrik dibangun dekat dengan lokasi bahan mentah dengan tujuan untuk mengurangi biaya transportasi bahan mentah serta meminimalisir resiko kerusakan atau kehilangan bahan selama pengangkutan. Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku:

- Jarak bahan baku dengan lokasi pabrik.
- Kapasitas dari bahan baku yang ada di sumber.
- Kemungkinan memperoleh bahan baku dari sumber lain.
- Penanganan terkait bahan baku.

b. Pemasaran Produk

Produk dari pabrik biodiesel dari biji *sea mango* ini merupakan biodiesel B100 atau biodiesel murni atau dapat dijual sebagai bahan baku biodiesel campuran dengan perbandingan tertentu antara minyak solar dan biodiesel. Sehingga produk dapat dipasarkan ke PT. Pertamina Refinery Unit II Hulu Rokan. Akses ke konsumen menjadi pertimbangan yang penting karena mempercepat distribusi produk, mengurangi biaya distribusi/pengiriman ke pelanggan serta dapat meningkatkan pelayanan pelanggan melalui pengiriman yang lebih cepat.

Lokasi pabrik dianjurkan untuk dekat dengan lokasi pemasaran dengan mempertimbangkan antara lain:

- Lokasi pemasaran produk.
- Jumlah pesaing (*competitor*) yang ada serta pengaruhnya.

- Jarak pemasaran produk.
- Kemampuan dari daya serap pasar.
- Sistem pemasaran yang digunakan.

c. Ketersediaan tenaga kerja

Provinsi Riau memiliki populasi yang cukup besar, dengan mayoritas penduduk pada usia produktif. Dikutip dari data Badan Pusat statistik (BPS), sektor tenaga kerja di Riau didominasi oleh tenaga kerja muda yang memasuki usia kerja (15 tahun keatas). Serta memiliki potensi tenaga kerja yang cukup besar, dengan angkatan kerja yang tersebar di berbagai sektor. Pertimbangan lokasi berkaitan dengan ketersediaan tenaga kerja karena mencakup beberapa faktor :

- Biaya tenaga kerja lokal.
- Tingkat pendidikan dan keterampilan penduduk setempat.
- Kemudahan rekrutmen dan pelatihan.
- Kemungkinan memperoleh tenaga kerja yang diinginkan.

d. Ketersediaan utilitas

Produksi biodiesel memerlukan energi dan utilitas seperti listrik dan air. Oleh karena itu lokasi pabrik harus memperhatikan beberapa faktor yaitu :

- Memiliki pasokan energi yang stabil.
- Dekat dengan sumber air dan pengolahan limbah.

Kebutuhan utilitas meliputi penyediaan air, bahan bakar dan listrik. Kebutuhan air diambil dari sungai yang dekat dengan lokasi pabrik.

Sedangkan kebutuhan listrik dapat memanfaatkan listrik PLN maupun swasta yang terdapat pada daerah tersebut. Dimana unit utilitas dibutuhkan untuk memastikan proses produksi berjalan dengan normal dan memastikan alat beroperasi dengan kondisi operasi yang tetap terjaga.

e. Transportasi

Transportasi merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan untuk keperluan bahan baku dan pemasaran produk baik melalui jalur darat, udara ataupun laut. Kabupaten Indragiri Hilir memiliki lokasi yang strategis karena memiliki kemudahan akses transportasi. Dengan akses transportasi yang memadai pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalur darat maupun laut. Pemilihan lokasi pabrik di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau dilakukan dengan mempertimbangkan kemudahan sarana transportasi darat maupun laut yang dapat dijangkau dengan mudah. Akses jalur transportasi menjadi pertimbangan yang penting karena distribusi produk dan bahan baku, mobilitas tenaga kerja dan kelancaran logistik secara umum. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam transportasi antara lain:

- Jalur darat seperti jalan raya yang dapat dilalui mobil dan angkutan darat lain.
- Sungai atau laut yang dapat dilalui perahu dan kapal.
- Pelabuhan laut dan lapangan udara yang dekat dengan lokasi pabrik.

f. Regulasi pemerintah

Kebijakan yang dimiliki oleh suatu daerah sangat mempengaruhi jalannya suatu industri, maka dari itu pemilihan lokasi suatu pabrik harus memperhatikan kebijakan dari daerah yang dipilih. Faktor kebijakan tersebut meliputi :

- Peraturan lingkungan hidup.
- Izin usaha dan perizinan lokasi seperti mengenai jalan umum bagi industri di daerah pembangunan pabrik.
- Pajak, insentif, dan subsidi dari pemerintah.

g. Faktor lingkungan dan sosial

Dalam proses pemilihan lokasi pabrik, aspek sosial budaya masyarakat sekitar memiliki peran penting yang tidak boleh diabaikan. Faktor ini akan berkaitan dengan hubungan antara operasional pabrik dan kehidupan masyarakat lokal, serta bagaimana budaya setempat dapat mempengaruhi atau dipengaruhi oleh kehadiran pabrik yang akan didirikan. Faktor yang harus diperhatikan dari segi sosial dan budaya antara lain :

1. Sikap dan penerimaan masyarakat setempat
2. Stabilitas sosial dan politik daerah
3. Kontribusi sosial dan pembangunan masyarakat

h. Biaya konstruksi dan tanah

Dalam menentukan lokasi pembangunan pabrik, aspek biaya konstruksi dan harga tanah merupakan faktor ekonomi utama yang sangat mempengaruhi kelayakan investasi. Pemilihan lokasi yang tepat dari sisi ini

dapat memberikan penghematan jangka panjang serta meningkatkan efisiensi pembangunan dan operasional. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik dengan pertimbangan biaya konstruksi dan tanah yaitu :

1. Harga tanah yang kompetitif dan sesuai dengan kebutuhan luas
2. Ketersediaan infrastruktur menunjang
3. Perizinan dan biaya legalitas tanah
4. Potensi kenaikan nilai tanah

i. Kondisi Geografis dan Iklim

Kabupaten Indragiri Hilir secara geografis berada di Provinsi Riau yang terletak di pantai timur Sumatera. Posisi tersebut strategis menjadi daerah perdagangan lintas batas dengan negara tetangga Malaysia. Serta dekat dengan Selat Malaka. Secara astronomis, Kabupaten Indragiri Hilir terletak pada 0°36' LU - 107° LS dan 10232' - 10410' BT dengan luas wilayah mencapai 13.525,10 km². Secara administratif batas wilayah Kabupaten Indragiri Hilir sebagai berikut:

- Sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Pelalawan.
- Sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi.
- Sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Indragiri Hulu.
- Sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Tanjung Balai Karimun Provinsi Kepulauan Riau.

Kondisi suhu udara di daerah ini cenderung konstan normal yaitu antara 23°–34°C dengan tingkat kelembapan relatif yang cenderung tinggi antara 70%–90%. Kawasan tersebut memiliki iklim yang baik dan jarang terjadi bencana alam seperti gempa bumi, banjir dan tanah longsor.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant layout*)

Penentuan tata letak pabrik merupakan suatu proses dalam merancang pengaturan fisik seluruh fasilitas produksi agar proses produksi dapat berjalan dengan aman, efisien dan sesuai dengan regulasi. Penentuan tata letak menjadi suatu hal yang krusial dalam proses perancangan awal, karena menyangkut keselamatan dan kenyamanan pekerja, efisiensi produksi, dan keberlanjutan operasional. Tujuan utama dari optimalisasi tata letak fasilitas pabrik (*plant layout*) adalah untuk meningkatkan profitabilitas perusahaan. Tata letak yang dirancang secara efisien memungkinkan pengurangan biaya transportasi dan penanganan material selama proses produksi. Selain itu, efisiensi pergerakan tenaga kerja juga dapat ditingkatkan, sehingga produktivitas operasional meningkat dan memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan laba perusahaan. Tata letak yang buruk dapat menyebabkan kerugian besar, termasuk kecelakaan kerja, pemborosan energi, dan gangguan proses produksi. Tata letak dalam suatu pabrik meliputi penempatan unit-unit proses utama, jalur perpipaian, fasilitas pendukung, dan bangunan fisik lainnya. Penentuan tata

letak pabrik harus dibuat optimal dan memberikan keuntungan sebagai berikut :

- a. Kelancaran aliran material baik bahan baku maupun bahan pendukung yang akan digunakan produksi.
- b. Minimalisasi biaya pengangkutan dan penanganan material.
- c. Pemanfaatan sumber daya manusia, peralatan dan ruang menjadi efektif.
- d. Fleksibilitas dengan perubahan-perubahan yang akan terjadi di masa mendatang seperti perluasan.
- e. Terciptanya keselamatan, keamanan, kenyamanan dan kemudahan bagi pekerja.
- f. Minimalisasi investasi pada peralatan dan mesin produksi.

Secara umum, dalam suatu pabrik tata letak dibagi menjadi beberapa bagian utama yang meliputi :

a. Area proses

Area proses merupakan bagian terpenting dari suatu pabrik, dimana area ini menjadi proses berlangsungnya kegiatan produksi. Khususnya dalam suatu pabrik kimia, area ini menjadi tempat berlangsungnya proses kimia dengan kondisi proses tertentu sesuai dengan alat dan kondisi proses yang telah ditentukan, tidak jarang dalam proses menggunakan suhu atau tekanan tinggi yang tidak aman bagi keselamatan. Faktor yang perlu diperhatikan dalam penentuan area proses antara lain :

1. Keamanan, penentuan area proses harus memperhatikan potensi bahaya (reaksi eksotermik, tekanan, bahan beracun, mudah terbakar, dll).
2. Efisiensi aliran material, letak suatu area proses harus mendukung kelancaran aliran bahan baku menuju unit-unit proses tanpa gangguan dan minimalisasi waktu serta jarak transportasi material.

b. Area Utilitas

Utilitas berfungsi untuk menyediakan berbagai fasilitas pendukung yang diperlukan oleh proses produksi, seperti sistem pendingin, pemanas, pengolahan dan penyediaan air, serta distribusi energi. Faktor yang perlu diperhatikan dalam penentuan area proses antara lain :

1. Aksesibilitas, fasilitas utilitas harus ditempatkan pada tempat yang mudah dijangkau untuk perawatan dan pengoperasian yang efisien
2. Kapasitas dan efisiensi, area ini harus terletak dekat dengan pusat proses untuk mengurangi kehilangan energi dalam distribusi dan meminimalkan biaya operasional.
3. Keamanan dan kebersihan, Sistem utilitas harus ditempatkan jauh dari area yang rentan terhadap kontaminasi atau bahaya.

c. Area Penyimpanan

Area ini digunakan untuk menyimpan bahan baku, bahan antara (*intermediate product*) dan produk jadi. Tidak jarang bahan yang disimpan

memiliki sifat beracun, mudah terbakar maupun korosif. Maka dari itu lokasi area penyimpanan harus diperhitungkan, faktor yang perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi area penyimpanan antara lain :

1. Keamanan penyimpanan, bahan kimia berbahaya atau mudah terbakar harus disimpan jauh dari area yang memiliki potensi menjadi sumber api atau panas tinggi.
2. Jarak dari area proses, letak area penyimpanan harus dekat dengan unit proses produksi untuk mengurangi waktu pengangkutan bahan baku dan bahan jadi.

d. Pengolahan limbah

Area ini bertugas mengelola limbah yang dihasilkan dari proses produksi, baik itu limbah cair, gas, maupun padat. Pengolahan limbah ini harus dilakukan sesuai dengan peraturan lingkungan yang berlaku. Limbah yang dihasilkan dari suatu proses produksi kimia berpotensi memiliki sifat yang beracun maupun mudah terbakar. Maka dari itu lokasi pada area pengolahan limbah harus diperhitungkan, faktor yang perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi area penyimpanan antara lain :

1. Keterjagaan dari kontaminasi, Area pengolahan limbah harus ditempatkan di lokasi yang terpisah dari area produksi untuk menghindari kontaminasi silang.
2. Akses pemantauan, Sistem pengolahan limbah harus mudah diakses untuk pemantauan kualitas dan kinerja sistem.

3. Regulasi lingkungan, Letak area pengolahan limbah harus mematuhi regulasi pengelolaan limbah dan emisi yang ketat, dan memungkinkan pembuangan limbah dengan aman.

e. Fasilitas pendukung

Fasilitas pendukung mencakup beberapa bagian seperti ruang kantor, ruang kontrol, laboratorium pengujian, ruang ganti, dan fasilitas karyawan lainnya. Fasilitas pendukung bertujuan untuk mendukung kelancaran proses produksi dan kenyamanan karyawan. Demi terciptanya kenyamanan dan keamanan, penentuan lokasi fasilitas pendukung mesti memperhatikan beberapa faktor :

1. Kenyamanan dan kesehatan karyawan, dimana area ini harus ditempatkan di dekat akses untuk memudahkan pekerja dan menjaga kenyamanan mereka, seperti ventilasi yang baik dan ruang yang cukup.
2. Keamanan dan keterjagaan, fasilitas pendukung harus jauh dari area yang berisiko tinggi atau bahan berbahaya. Namun, harus tetap terhubung dengan area yang membutuhkan pengawasan.
3. Akseibilitas untuk pengawasan dan operasi, ruang kontrol dan laboratorium harus mudah diakses oleh operator dan pengawas untuk memastikan pemantauan dan pengambilan keputusan yang cepat.

f. Perluasan

Area perluasan dalam pabrik merupakan area yang direncanakan untuk menambah kapasitas produksi atau fasilitas yang ada dalam jangka panjang. Fungsi utama dari area perluasan adalah untuk mendukung pertumbuhan dan fleksibilitas pabrik dalam menghadapi permintaan pasar yang meningkat atau perubahan teknologi. Untuk mengantisipasi adanya perluasan di masa mendatang maka perlu direncanakan area perluasan dalam pembangunan.

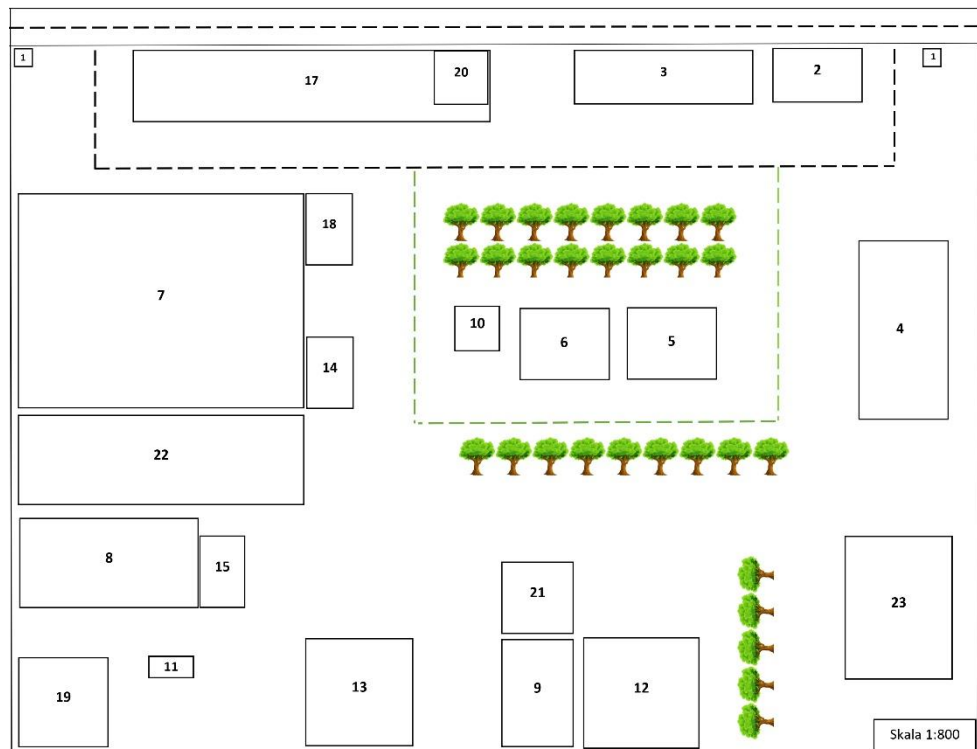
Pembangunan pabrik biodiesel direncanakan akan menggunakan area lahan seluas 13800 m². Adapun rincian lahan dan area yang akan dibangun dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 1 Daftar tata letak pabrik

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m2)
1	Pos Keamanan 1	4	4	16
	Pos Keamanan 2	4	4	16
2	Parkir Tamu	20	10	200
3	Parkir Karyawan	30	10	300
4	Kantor Utama	40	15	600
5	Masjid	20	15	300
6	Kantin	20	15	300
7	Area Proses	60	50	3000
8	Area Utilitas	40	20	800
9	Laboratorium	20	15	300
10	Poliklinik	10	10	100

11	Power Plant	10	5	50
12	Gedung Serbaguna	20	20	400
13	Gudang	20	15	300
14	Ruang <i>control process</i>	15	10	150
15	Ruang <i>control utilitas</i>	15	10	150
16	Taman	50	4	200
17	Area parkir truk	60	20	1200
18	<i>Loading space</i>	15	10	150
19	Unit Pengolahan Limbah (UPL)	20	20	400
20	Bengkel	10	10	100
21	Ruang Ganti Baju	15	5	75
22	Perluasan	60	20	1200
23	Mess Karyawan	30	10	300
24	Jalan			1500
Luas Tanah				13800
Luas Bangunan				10907

Luas bangunan didapatkan dari luas tanah dikurangi dengan luas jalan dan luas daerah perluasan.



Gambar 4. 2 Layout Pabrik Biodiesel

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

Tata letak alat proses adalah pengaturan tata letak dari mesin, peralatan, dan fasilitas produksi lainnya dalam satu area proses agar proses produksi berlangsung secara efisien, aman, dan berkelanjutan. Layout ini disusun sesuai dengan urutan operasi, jenis produk, dan kebutuhan ruang kerja. Tujuan perencanaan tata letak alat proses adalah menciptakan aliran kerja dan material yang minim hambatan. Perancangan tata letak alat proses yang optimum juga dapat menguntungkan dari segi ekonomi karena minimalnya biaya konstruksi. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan penyusunan tata letak alat proses adalah sebagai berikut :

a. Aliran proses produksi

Penempatan mesin harus memperhatikan alur kerja dari bahan baku hingga produk jadi. Penempatan mesin yang tepat bertujuan untuk efisiensi aliran dan tidak zig zag. Jalannya aliran dari bahan baku hingga menjadi produk yang tepat akan memberikan keuntungan yang ekonomis.

b. Pencahayaan

Pencahayaan dalam suatu proses harus diperhatikan, penerangan dalam suatu pabrik harus memadai baik siang maupun malam. Khususnya pada unit-unit proses yang berbahaya atau beresiko tinggi, perlu diberi penerangan tambahan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

c. Aliran udara

Aliran udara adalah pergerakan udara di dalam area pabrik, baik secara alami (ventilasi silang) maupun mekanis (HVAC, *exhaust fan*, *blower*). Dalam perencanaan *machine layout*, aliran udara harus dirancang agar tidak terganggu oleh penempatan mesin dan dapat mencapai seluruh area yang membutuhkan sirkulasi.

d. Lalu lintas alat dan manusia

Faktor lalu lintas manusia dan kendaraan merupakan aspek penting dalam perancangan *machine layout* suatu industri karena menyangkut efisiensi operasional, keselamatan kerja, dan kelancaran aliran produksi. Pengaturan yang buruk bisa menyebabkan kemacetan, kecelakaan kerja, keterlambatan distribusi, atau bahkan menghentikan proses produksi. Lalu lintas manusia melibatkan pergerakan operator, teknisi, inspektor QC,

petugas kebersihan, dan supervisor dalam area proses. Sedangkan Lalu lintas kendaraan mencakup forklift, pallet mover, truk pengangkut bahan, atau AGV (*Automated Guided Vehicle*) di lingkungan industri.

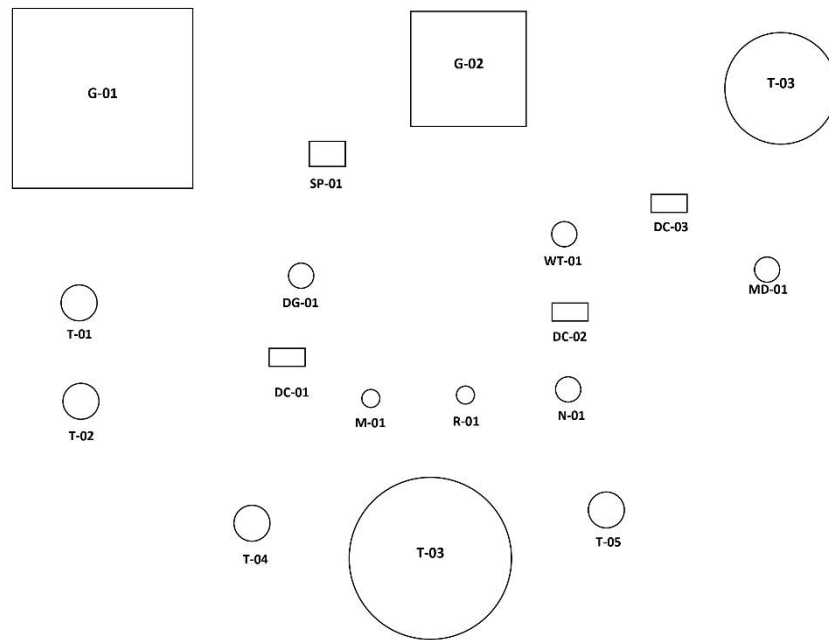
e. Jenis dan ukuran mesin

Faktor jenis dan ukuran mesin merupakan elemen utama dalam perancangan *machine layout* suatu industri karena secara langsung memengaruhi bagaimana ruang produksi dirancang, bagaimana aliran kerja disusun, serta bagaimana efisiensi dan keselamatan kerja dapat dicapai. Fungsi mesin memengaruhi urutan penempatan mesin dalam layout, selain itu mesin besar berisiko bahaya jika tidak diberi ruang aman, pagar pelindung, atau marka lalu lintas.

f. Ekonomi

Faktor ekonomi dalam *machine layout* adalah segala pertimbangan yang berkaitan dengan biaya dan efisiensi keuangan yang timbul dari penempatan mesin, peralatan, dan fasilitas produksi dalam suatu tata letak pabrik. Dalam perencanaan *machine layout* diusahakan seoptimal mungkin dengan tujuan meminimalkan biaya operasional.

Berikut merupakan tata letak mesin produksi (*machine layout*) dari pabrik biodiesel :



Gambar 4. 3 Layout Alat Proses (Skala 1:300)

Keterangan :

BC : *Bucket Conveyor*

BE : *Bucket Elevator*

DC : *Decanter*

DG : *Degummer*

G : Gudang

M : *Mixer*

MD : Menara Distilasi

N : *Netralizer*

R : Reaktor

SP : *Screw Press*

T : Tangki

WT : *Washing Tower*

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik biodiesel ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan bentuk badan usaha yang berbadan hukum, di mana modal awal perusahaan diperoleh dari penjualan saham, dan setiap pemegang saham memiliki bagian kepemilikan sesuai jumlah saham yang dimiliki.

Dalam struktur PT, kepemilikan dan tanggung jawab terbatas pada besarnya modal yang disetor oleh masing-masing pemegang saham, sehingga memberikan perlindungan hukum terhadap aset pribadi para pemilik modal. Hal ini menjadikan PT sebagai bentuk usaha yang sesuai untuk usaha skala menengah hingga besar seperti pabrik biodiesel, yang membutuhkan investasi modal besar dan kepastian hukum. Berikut merupakan beberapa faktor pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) :

a. Kemudahan dalam pengumpulan dana

PT dapat memperoleh dana tambahan dengan menjual saham baru atau menarik investor. Bentuk ini memudahkan ekspansi atau investasi jangka panjang.

b. Status badan hukum yang sah dan terpisah

PT memiliki status badan hukum tersendiri, yang artinya terpisah dari pemiliknya (pemegang saham). Konsekuensinya, aset

pribadi pemilik tidak akan ikut disita apabila perusahaan mengalami kerugian atau bangkrut.

c. Tanggung jawab terbatas

Pemegang saham hanya bertanggung jawab sebesar modal yang disetor. Risiko kerugian tidak berdampak langsung terhadap kekayaan pribadi.

d. Pengelolaan terstruktur dan transparan

Memiliki struktur organisasi yang jelas: Direksi, Komisaris, dan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Setiap keputusan penting dicatat dan dilaporkan secara formal.

e. Fleksibilitas pengalihan kepemilikan

Saham dapat dialihkan kepada pihak lain (sesuai ketentuan anggaran dasar). Hal ini memudahkan perubahan kepemilikan tanpa mengganggu kelangsungan usaha.

f. Citra profesional dan kredibel

PT dipandang lebih profesional dan terpercaya di mata: Bank dan lembaga keuangan (mudah mendapat pinjaman/modal kerja). Pemerintah (dalam tender/lelang proyek). Mitra bisnis atau pelanggan besar.

g. Kontinuitas usaha lebih terjamin

PT tetap dapat berjalan meskipun pemilik (pemegang saham) berubah, meninggal dunia, atau mengalihkan sahamnya. Hal ini

membuat PT cocok untuk usaha jangka panjang dan warisan bisnis keluarga.

h. Mudah melakukan kerja sama dan ekspansi

PT memungkinkan kerja sama dengan investor lokal maupun asing secara legal dan terstruktur. Perseroan terbatas (PT) juga dapat berkembang menjadi PT Terbuka (Tbk) dan melantai di bursa efek (*go public*).

4.4.2. Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang jelas dan sistematis merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kelangsungan dan kemajuan perusahaan. Hal ini berkaitan langsung dengan efektivitas komunikasi internal dan kerja sama antar karyawan, yang pada akhirnya menentukan kelancaran kegiatan operasional perusahaan secara keseluruhan.

Dalam setiap perusahaan, struktur organisasi dapat berbeda-beda tergantung pada kebutuhan, skala usaha, dan kompleksitas operasional. Untuk pabrik biodiesel ini, struktur organisasi yang digunakan adalah sistem *Line and Staff*. Sistem *Line and Staff* adalah struktur organisasi yang menggabungkan dua jenis hubungan kerja dalam suatu perusahaan, yaitu:

a. *Line* atau garis merupakan jalur komando utama dalam organisasi.

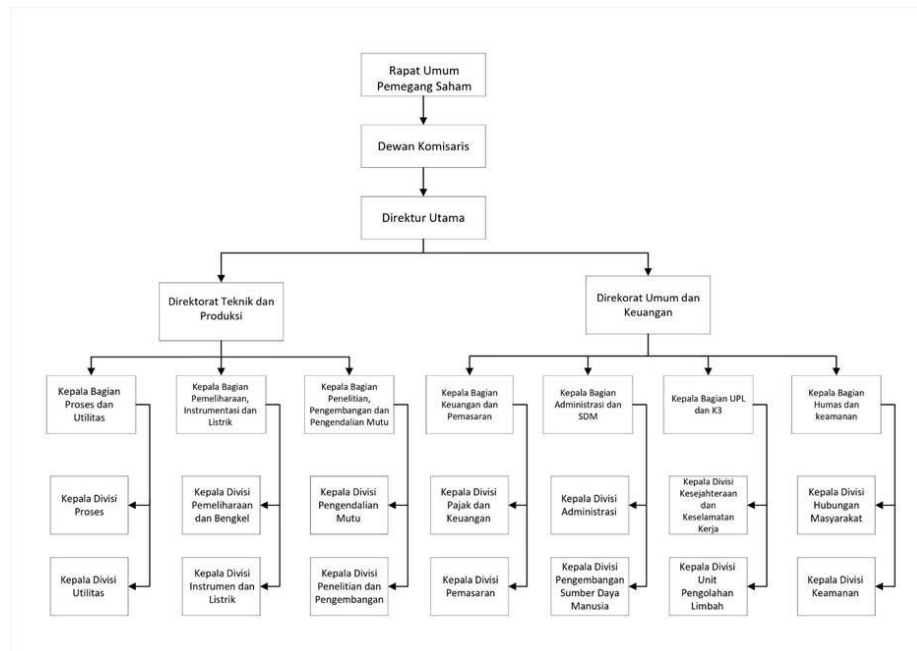
Orang-orang dalam posisi line bertanggung jawab langsung terhadap pencapaian tujuan operasional perusahaan. Contoh: Direktur Produksi, Kepala Pabrik, Supervisor Operasi.

- b. *Staff* memiliki tugas memberikan dukungan, saran, dan keahlian teknis kepada bagian line. Tidak memiliki wewenang komando, tapi membantu pengambilan keputusan yang lebih baik. Contoh: *Staff* R&D, *Staff* Legal, Analis Keuangan, Konsultan K3.

Kelebihan dari sistem *Line and Staff* adalah kombinasi antara kejelasan otoritas (*line*) dan keahlian profesional (*staff*). Meningkatkan efisiensi dan mutu pengambilan keputusan. Membantu manajer lini agar tidak terlalu terbebani oleh aspek teknis. Cocok untuk organisasi besar dan kompleks, seperti pabrik atau industri manufaktur.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham sebagai pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, yang memiliki fungsi utama sebagai pengawas dan pemberi nasihat kepada Direksi. Sementara itu, pelaksanaan operasional dan pengelolaan perusahaan sepenuhnya menjadi tanggung jawab Direktur Utama, yang dibantu oleh beberapa Direktur sesuai dengan bidang masing-masing.

Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih secara resmi oleh para pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS), yang merupakan organ kekuasaan tertinggi dalam struktur Perseroan Terbatas (PT). RUPS berwenang menetapkan arah kebijakan perusahaan, menyetujui laporan tahunan, serta mengangkat dan memberhentikan anggota Direksi dan Komisaris.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Biodiesel

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Rapat Umum Pemegang Saham

Dalam struktur organisasi garis dan staf pada perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT), pemegang kekuasaan tertinggi adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS merupakan forum resmi yang dihadiri oleh seluruh pemilik saham dan Dewan Komisaris, serta dilaksanakan minimal satu kali dalam setahun. Sebagai forum pengambilan keputusan tertinggi, RUPS berperan strategis dalam menjamin transparansi, akuntabilitas, dan kesinambungan perusahaan. Melalui RUPS, pemegang saham dapat secara langsung mengawasi dan mengarahkan jalannya perusahaan agar tetap sejalan dengan visi dan tujuan bisnis yang telah ditetapkan. Tujuan dari RUPS adalah :

1. Memantau dan mengevaluasi jalannya perusahaan.
2. Menentukan kebijakan strategis dan keputusan penting.
3. Memberikan arahan terhadap pelaksanaan operasional dan pengelolaan perusahaan.

Hak dan wewenang dari Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

antara lain sebagai berikut :

1. Meminta pertanggungjawaban dewan komisaris melalui penilaian kinerja dan pelaksanaan tugas pengawasan yang dilakukan oleh Dewan Komisaris selama periode berjalan.
2. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris dan direksi. RUPS berwenang menetapkan pengangkatan, pemberhentian, dan pengesahan anggota Dewan Komisaris maupun Direksi, termasuk menerima pengunduran diri anggota pemegang saham atau manajemen sesuai hasil musyawarah.
3. Mengesahkan laporan keuangan tahunan termasuk neraca dan laporan laba rugi, sebagai dasar penilaian terhadap kondisi dan kinerja keuangan perusahaan.
4. Menetapkan penggunaan laba tahunan dan memutuskan besaran sesuai penggunaannya untuk dibagikan sebagai dividen kepada pemegang saham, disimpan sebagai cadangan perusahaan, atau diinvestasikan kembali untuk ekspansi usaha.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris adalah pemegang wewenang dalam perusahaan yang bertugas melakukan pengawasan dan memberikan nasihat kepada Direksi dalam menjalankan kegiatan operasional perusahaan. Dewan Komisaris dipilih oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) sebagai perwakilan dari pemilik saham, sehingga bertanggung jawab langsung kepada pemegang saham. Berikut merupakan tugas utama yang dijalankan oleh Dewan Komisaris:

1. Memberikan penilaian dan persetujuan atas kebijakan umum perusahaan yang dirancang oleh Direksi, termasuk target tahunan, perencanaan alokasi sumber daya, serta strategi pemasaran.
2. Mengawasi secara aktif seluruh aktivitas dan pelaksanaan tugas Direksi agar sesuai dengan rencana, kebijakan, dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
3. Terlibat dalam memberikan pertimbangan atau persetujuan untuk keputusan strategis atau transaksi besar, seperti investasi, akuisisi, atau penggunaan dana dalam jumlah signifikan.

c. Direktur Utama

Direktur Utama adalah pimpinan tertinggi dalam struktur organisasi operasional perusahaan dan memiliki tanggung jawab penuh atas jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham. Direktur memegang peranan sentral dalam pengambilan keputusan strategis dan operasional perusahaan. Berikut tugas dan wewenang Direktur Utama :

1. Mengatur, melaksanakan, dan menjaga kebijakan perusahaan sesuai visi dan misi yang telah ditetapkan.
2. Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pelaksanaan tugas selama masa jabatannya.
3. Menjaga stabilitas organisasi dan membina hubungan yang harmonis antara pemegang saham, pimpinan, konsumen, serta seluruh karyawan.
4. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian, dengan persetujuan dari para pemegang saham sesuai dengan peraturan internal perusahaan.
5. Mengkoordinasikan kerja sama antar direktorat, bagian, dan unit kerja di bawahnya agar seluruh proses berjalan sinergis dan efisien.

Untuk menunjang kelancaran dan efektivitas operasional perusahaan, Direktur Utama membawahi dua direktorat utama, yaitu:

1. Direktorat Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab untuk memimpin dan mengkoordinasikan seluruh kegiatan teknis dan operasional pabrik. Peran ini sangat vital dalam memastikan kelancaran proses produksi serta keberlangsungan operasi yang efisien dan aman.

2. Direktorat Umum dan Keuangan

Direktur Keuangan dan Umum memiliki peran strategis dalam pengelolaan keuangan perusahaan dan administrasi umum,

termasuk sumber daya manusia, hubungan masyarakat, dan aspek keselamatan kerja. Direktorat ini memastikan dukungan administratif dan finansial berjalan dengan lancar untuk menunjang kegiatan operasional pabrik.

d. Bagian (Divisi)

Setiap bagian dalam organisasi memiliki tugas dan wewenang tersendiri untuk mengatur, mengkoordinir, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan garis komando dan tanggung jawab yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Masing-masing bagian bertanggung jawab langsung kepada direktorat yang menaunginya. Berikut adalah pembagian bagian (departemen) tanggung jawabnya:

1. Bagian proses dan utilitas

Bertanggung jawab atas seluruh proses produksi biodiesel dari bahan baku hingga produk akhir, terpenuhinya target produksi. Mengatur pemanfaatan utilitas seperti listrik, air, uap, dan bahan bakar secara efisien. Melaporkan kondisi operasional harian kepada Direktur Teknik dan Produksi. Mengambil tindakan langsung dalam penanganan gangguan proses untuk menjaga kontinuitas produksi.

2. Bagian pemeliharaan, instrumentasi, dan listrik

Bertanggung jawab atas pemeliharaan rutin, preventif, dan korektif untuk seluruh peralatan produksi dan instalasi listrik. Menentukan kondisi peralatan instrumentasi dan sistem kontrol otomatis serta memberikan rekomendasi teknis terhadap peralatan

yang sudah tidak layak atau perlu penggantian. Mengizinkan atau menunda pengoperasian alat berdasarkan evaluasi kelayakan teknis.

3. Bagian penelitian, pengembangan dan pengendalian mutu

Menetapkan standar mutu produk dan bahan baku, memeriksa uji laboratorium dan validasi mutu hasil produksi, mengevaluasi pengembangan formulasi, efisiensi proses, dan inovasi produk baru. Menghentikan distribusi produk jika tidak memenuhi spesifikasi mutu. Memberikan saran teknis untuk peningkatan proses berdasarkan hasil penelitian.

4. Bagian keuangan dan pemasaran

Bertanggung jawab atas evaluasi anggaran tahunan dan memonitor realisasi keuangan bulanan. Menerbitkan laporan keuangan dan menyusun strategi pengendalian biaya. Menentukan kebijakan harga jual produk dan strategi promosi. Menandatangani kontrak penjualan atas nama perusahaan sesuai kewenangan yang ditetapkan. Mengelola hubungan dengan mitra bisnis, konsumen, dan distributor.

5. Bagian administrasi dan SDM

Bertanggungjawab atas penerapan kebijakan ketenagakerjaan, termasuk sistem rekrutmen, pelatihan, dan evaluasi karyawan. Memberikan rekomendasi promosi, rotasi, dan pemberhentian karyawan kepada manajemen. Menyusun kontrak

kerja dan melakukan pembaruan sesuai peraturan ketenagakerjaan.
Menegakkan disiplin kerja berdasarkan aturan perusahaan.

6. Bagian UPL dan K3

Bertanggung jawab atas implementasi prosedur K3 dan sistem manajemen lingkungan. Berwenang menghentikan sementara aktivitas kerja yang membahayakan keselamatan karyawan atau lingkungan. Menyusun laporan UKL-UPL dan pelaporan lingkungan kepada dinas terkait. Melakukan audit internal K3 dan tindakan korektif. Mengelola APD, sistem pemadam kebakaran, dan pelatihan tanggap darurat.

7. Bagian Humas dan keamanan

Mengelola hubungan eksternal perusahaan dengan masyarakat, pemerintah, dan media. Memberikan pernyataan resmi kepada publik atas nama perusahaan dalam batas wewenang yang ditentukan. Menyusun kebijakan keamanan fisik dan aset perusahaan. Mengatur pengamanan fasilitas, akses keluar-masuk, dan pengawasan CCTV. Menindaklanjuti insiden atau pelanggaran keamanan internal.

4.4.4 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik biodiesel dari biji *sea mango* dirancang untuk beroperasi secara kontinyu selama 330 hari dalam satu tahun, dengan waktu operasi 24 jam per hari. Sisa hari dalam setahun yang tidak digunakan untuk operasi akan dimanfaatkan untuk perbaikan (*maintenance*), perawatan tahunan,

shut down terjadwal. Pembagian jam kerja harus diatur seefektif mungkin, karena hal ini berdampak langsung terhadap produktivitas, efisiensi operasional, dan kesejahteraan karyawan. Untuk mendukung operasional tersebut, karyawan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Karyawan *Non-shift*

Karyawan *non-shift* adalah karyawan yang tidak terlibat langsung dalam proses operasional atau produksi di pabrik, tetapi berperan dalam kegiatan administratif, manajerial, pengawasan, dan pendukung operasional lainnya yang bekerja di kantor. Karyawan non-shift mengikuti pola kerja reguler 6 hari kerja per minggu dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Jadwal jam kerja karyawan *non-shift*

Hari	Jam Kerja (WIB)	Jam Istirahat (WIB)
Senin - Kamis	08.00 - 17.00	12.00 - 13.00
Jumat	08.00 - 17.00	11.30 - 13.00
Sabtu	08.00 - 12.00	-

2. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* adalah tenaga kerja yang terlibat secara langsung dalam pelaksanaan proses produksi atau bertugas di area tertentu di pabrik yang berkaitan dengan aspek keamanan dan operasional produksi. Beberapa bagian seperti teknik, gudang, dan unit-unit lain yang strategis perlu disiagakan secara terus-menerus untuk menjamin keselamatan dan kelancaran operasional pabrik. Untuk itu,

karyawan shift bekerja dengan sistem giliran kerja (*shift*) selama 24 jam sehari, dengan pembagian waktu kerja sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Jadwal jam kerja karyawan *shift*

Kelompok Kerja	Jam Kerja (WIB)	Jam Istirahat (WIB)
<i>Shift 1</i>	07.00 - 15.00	11.30 - 12.30
<i>Shift 2</i>	15.00 - 23.00	18.30 - 19.30
<i>Shift 3</i>	23.00 - 07.00	03.00 - 04.00

Sistem kerja karyawan *shift* dibagi menjadi empat kelompok kerja (A, B, C, dan D), di mana dalam satu hari kerja hanya tiga kelompok yang aktif bekerja dan satu kelompok mendapat giliran libur. Setiap kelompok menjalani pola kerja enam hari kerja dan satu hari libur dalam satu minggu secara bergiliran. Pada hari libur nasional atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, kelompok yang dijadwalkan bertugas tetap diwajibkan masuk kerja. Namun, jam kerja tersebut akan dihitung sebagai lembur dan karyawan berhak menerima insentif tambahan sesuai ketentuan perusahaan. Setiap *shift* dipimpin oleh seorang kepala *shift* yang bertanggung jawab atas pengawasan dan kelancaran operasional selama jam kerjanya. Adapun rincian jadwal kerja masing-masing kelompok dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Jadwal kerja *shift*

Kel	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	L	M	M	S	S	P	P	L	M	M	S	S	P	P	L
B	P	P	L	M	M	S	S	P	P	L	M	M	S	S	P
C	S	S	P	P	L	M	M	S	S	P	P	L	M	M	S
D	M	M	S	S	P	P	L	M	M	S	S	P	P	L	M

Kel	Tanggal															
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
A	M	M	S	S	P	P	L	M	M	S	S	P	P	L	M	
B	P	L	M	M	S	S	P	P	L	M	M	S	S	P	P	
C	S	P	P	L	M	M	S	S	P	P	L	M	M	S	S	
D	M	S	S	P	P	L	M	M	S	S	P	P	L	M	M	

Keterangan :

P : *Shift* PagiM : *Shift* MalamS : *Shift* Sore

L : Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah tenaga kerja ditentukan berdasarkan kebutuhan operasional agar seluruh aktivitas dalam pabrik dapat terlaksana secara efisien dan optimal. Untuk mendukung hal tersebut, komposisi tenaga kerja dirancang agar dapat menyelesaikan tugas sesuai beban kerja yang ada. Berikut disajikan rincian jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan di masing-masing bagian, serta sistem penggajian yang diterapkan oleh perusahaan.

Tabel 4. 5 Rincian Gaji Setiap Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rupiah)		
			Per-bulan/Orang	Per-bulan	Per-tahun
1	Direktur Utama	1	Rp50.000.000	Rp50.000.000	Rp600.000.000
2	Staff Ahli	1	Rp20.000.000	Rp20.000.000	Rp240.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp35.000.000	Rp35.000.000	Rp360.000.000
4	Direktur Umum dan Keuangan	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000	Rp360.000.000
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
6	Ka. Bag. Pemeliharaan, Instrumentasi dan listrik	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
7	Ka. Bag. Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
8	Ka. Bag. Keuangan dan Pemasaran	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
9	Ka. Bag. Administrasi dan Sumber Daya Manusia	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
10	Ka. Bag. Unit Pengolahan Limbah dan K3	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000	Rp180.000.000
11	Ka. Bag. Humas dan Keamanan	1	Rp13.000.000	Rp13.000.000	Rp156.000.000
12	Ka. Div. Proses	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000	Rp120.000.000
13	Ka. Div. Utilitas	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000	Rp120.000.000
14	Ka. Div. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000	Rp120.000.000
15	Ka. Div. Instrumen dan Listrik	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000	Rp120.000.000
16	Ka. Div. Pengendalian Mutu	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000	Rp120.000.000

17	Ka. Div. Penelitian dan Pengembangan	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000	Rp120.000.000
18	Ka. Div. Pajak dan Keuangan	1	Rp9.000.000	Rp9.000.000	Rp108.000.000
19	Ka. Div. Pemasaran	1	Rp9.000.000	Rp9.000.000	Rp108.000.000
20	Ka. Div. Administrasi	1	Rp9.000.000	Rp9.000.000	Rp108.000.000
21	Ka. Div. Pengembangan dan Sumber Daya Manusia	1	Rp9.000.000	Rp9.000.000	Rp108.000.000
22	Ka. Div. Kesejahteraan dan Keselamatan Kerja	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000	Rp120.000.000
23	Ka. Div. Unit Pengolahan Limbah	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000	Rp120.000.000
24	Ka. Div. Hubungan Masyarakat	1	Rp9.000.000	Rp9.000.000	Rp108.000.000
25	Ka. Div. Keamanan	1	Rp9.000.000	Rp9.000.000	Rp108.000.000
26	Ka. Div. Pengadaan Bahan Baku dan Pendukung	1	Rp9.000.000	Rp9.000.000	Rp108.000.000
27	Ka. Div. Akuntansi	1	Rp9.000.000	Rp9.000.000	Rp108.000.000
28	Karyawan Proses	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000	Rp768.000.000
29	Karyawan Utilitas	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000	Rp768.000.000
30	Karyawan Pemeliharaan dan Bengkel	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000	Rp768.000.000
31	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000	Rp768.000.000
32	Karyawan Penelitian dan Pengembangan	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000	Rp768.000.000
33	Karyawan Laboratorium dan Pengendalian Mutu	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000	Rp768.000.000

34	Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	4	Rp8.000.000	Rp32.000.000	Rp384.000,000
35	Karyawan Unit Pengolahan Limbah	8	Rp8.000.000	Rp64.000.000	Rp768.000.000
36	Karyawan Administrasi	3	Rp7.000.000	Rp21.000.000	Rp252.000.000
37	Karyawan Personalia	2	Rp7.000.000	Rp14.000.000	Rp168.000.000
38	Karyawan Hubungan Masyarakat	3	Rp7.000.000	Rp21.000.000	Rp252.000.000
39	Operator	40	Rp6.000.000	Rp240.000.000	Rp2.880.000.000
40	Keamanan (<i>security</i>)	16	Rp4.500.000	Rp72.000.000	Rp864.000.000
41	Dokter	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000	Rp480.000.000
42	Perawat	4	Rp6.000.000	Rp24.000.000	Rp288.000.000
43	<i>Cleaning Service</i>	24	Rp4.000.000	Rp96.000.000	Rp1.152.000.000
44	Sopir	4	Rp4.500.000	Rp18.000.000	Rp216.000.000
Total		187	Rp506.000.000	Rp1.412.000.000	Rp16.944.000.000

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Hak dan fasilitas karyawan merupakan bagian penting dari hubungan kerja yang adil dan produktif. Berikut merupakan fasilitas serta hak karyawan yang diberikan oleh perusahaan untuk menunjang aktivitas kerja karyawan, di antaranya adalah :

a. Hak Cuti

1. Cuti tahunan

Setiap karyawan memiliki hak cuti sebanyak 12 hari dalam setahun dengan tetap menerima upah penuh. Hak cuti tahunan yang tidak digunakan tidak dapat diakumulasikan dengan hak cuti tahunan berikutnya.

2. Cuti sakit

Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang tidak dapat bekerja dikarenakan alasan medis dan harus disertai dengan surat dokter yang menerangkan bahwa karyawan tersebut harus istirahat total dan tidak dapat bekerja dalam waktu pemulihan. Upah dibayarkan sesuai dengan ketentuan dalam jangka waktu tertentu.

3. Cuti melahirkan

Cuti melahirkan diberikan khusus kepada karyawan wanita dengan waktu cuti selama 3 bulan. Dalam waktu cuti tersebut upah karyawan akan dibayarkan penuh.

b. Hak Libur

1 Libur nasional

Bagi karyawan *non shift* hari libur nasional merupakan hari libur kerja, karyawan tidak dijadwalkan masuk kerja, dan jika tetap bekerja pada hari tersebut maka berhak atas upah lembur sesuai ketentuan. Sedangkan untuk karyawan *shift* pada hari libur nasional, karyawan dapat dijadwalkan untuk tetap bekerja, namun hari tersebut dianggap sebagai hari kerja lembur. Bagi karyawan *shift* maupun *non shift* yang bekerja pada hari libur nasional maka berhak atas upah lembur, besaran upah lembur sesuai dengan regulasi yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

2 Libur kerja

Seluruh karyawan memiliki hak libur kerja sebanyak 2 kali dalam seminggu diluar dari libur nasional. Hari libur karyawan *shift* mengikuti jadwal yang telah ditentukan, sedangkan karyawan *non shift* mendapat libur kerja pada hari sabtu dan minggu.

c. Hak Kerja Lembur

Kerja lembur hanya dapat dilaksanakan atas persetujuan Kepala Bagian terkait, apabila terdapat pekerjaan mendesak yang harus segera diselesaikan. Permintaan lembur harus disampaikan terlebih dahulu kepada atasan langsung atau Kepala Bagian.

Persetujuan lembur dicatat secara tertulis atau melalui sistem internal perusahaan. Karyawan yang melaksanakan lembur berhak atas upah lembur sesuai ketentuan yang berlaku. Waktu lembur tidak boleh melebihi batas maksimal yang diatur dalam peraturan pemerintah (maksimal 4 jam per hari dan 18 jam per minggu, sesuai PP No. 35 Tahun 2021).

d. Jaminan Sosial Kesehatan Tenaga Kerja

Jaminan Sosial Kesehatan merupakan bentuk perlindungan kesehatan yang diselenggarakan perusahaan, bertujuan untuk memberikan akses layanan kesehatan yang layak bagi karyawan dan keluarganya, terutama dalam hal pembiayaan pelayanan medis.

e. Pakaian Kerja

Dalam rangka menghindari kesenjangan antar karyawan serta menunjang kenyamanan dan keselamatan kerja, perusahaan memberikan fasilitas berupa dua pasang pakaian kerja setiap tahun kepada seluruh karyawan. Selain itu, perusahaan juga menyediakan masker sebagai alat pelindung diri (APD) yang digunakan saat bekerja, terutama di lingkungan kerja yang memerlukan perlindungan tambahan terhadap debu, partikel, atau risiko kesehatan lainnya.

f. Fasilitas Karyawan

1. Tunjangan transportasi dan makan

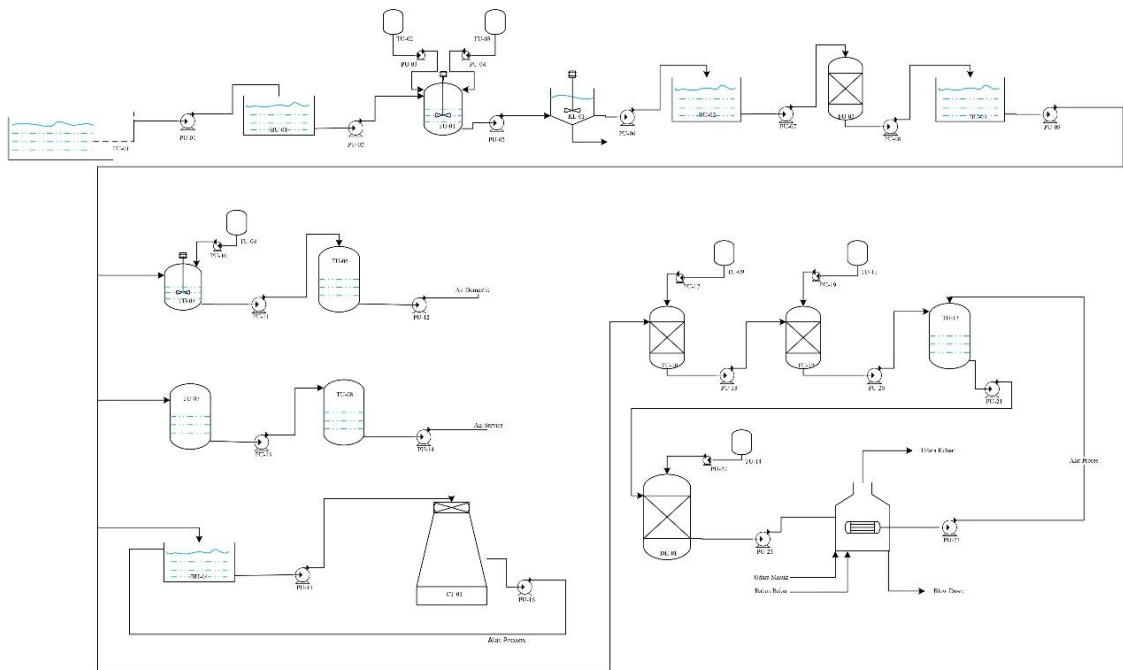
2. Fasilitas pendukung kerja seperti laptop, ruang kerja nyaman dan bersih, dll
3. Fasilitas kesehatan dalam lingkungan industri (poliklinik)
4. Tempat ibadah dan penunjangnya
5. Pelatihan dan pengembangan untuk meningkatkan kemampuan kerja dan karir

BAB V

UTILITAS

Unit Utilitas merupakan suatu unit yang memiliki peran penting dalam menunjang berjalannya suatu proses di Industri. Perancangan utilitas dibutuhkan untuk menjamin keberlangsungan suatu pabrik. Beberapa penyediaan utilitas yang dibutuhkan pada pabrik antara lain :

- Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
- Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
- Unit Penyediaan Bahan Bakar
- Unit Pengolahan Limbah



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas

Keterangan :

1. FU-01 : Filter/Saringan
2. BU-01 : Bak Pengendapan Awal
3. TU-02 : Tangki Larutan Alum
4. TU-03 : Tangki Larutan CaOH
5. TU-01 : Tangki Flokulator
6. KL-01 : Klarifier
7. BU-02 : Bak Pengendap 2
8. FU-02 : Bak Saringan Pasir
9. BU-03 : Penampungan Sementara
10. TU-05 : Tangki Klorinasi

- 11. TU-04 : Tangki Penyimpanan Kaporit
- 12. TU-06 : Tangki Air Bersih
- 13. TU-08 : Tangki Air Bertekanan
- 14. TU-07 : Tangki *Service Water*
- 15. BU-04 : Bak Air Pendingin
- 16. CT-01 : *Cooling Tower*
- 17. T-09 : Tangki H_2SO_4
- 18. T-10 : Tangki *Kation Exchanger*
- 19. T-11 : Tangki NaOH
- 20. T-12 : Tangki *Anion Exchanger*
- 21. T-13 : Tangki Umpan Boiler
- 22. T-14 : Tangki N_2H_4
- 23. DE-01 : Tangki *Deaerator*
- 24. B-01 : Boiler
- 25. PU : Pompa Utilitas

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

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Kebutuhan air pada suatu industri dapat dipenuhi dengan menggunakan air sungai, air danau, dan air laut sebagai sumbernya. Perancangan Pabrik Biodiesel ini menggunakan air dari Sungai Indragiri Riau karena lokasinya tidak jauh dari pabrik. Pengolahan air dilakukan melalui proses fisis dan kimia bertujuan untuk meningkatkan kelayakan air yang akan digunakan untuk

kebutuhan proses maupun kebutuhan penunjang lainnya. Berikut pertimbangan dalam memilih air sungai sebagai sumber kebutuhan pabrik adalah :

Air sungai merupakan sumber air kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga dapat menghindari kendala kekurangan air karena selalu tersedia. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya relatif murah dibandingkan pengolahan air laut yang lebih rumit serta relatif lebih mahal. Kapasitas air sungai lebih banyak daripada jumlah air sumur. Lokasi sungai yang berada tidak jauh dari lokasi pabrik. Secara umum, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk menunjang keperluan antara lain :

a. Air Domestik

Berdasarkan standar WHO, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter/hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sekitar 100 liter/hari. Dimana jumlah karyawan pada pabrik biodiesel ini berjumlah 187 orang dengan kebutuhan air untuk mess pada pabrik. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar :

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

Keterangan	Kebutuhan Air (Kg/jam)
Karyawan	800,67
Perumahan Karyawan (Mess)	1.666,67
Total	2.467,34

b. Air Service

Kebutuhan air untuk penggunaan layanan umum seperti bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran dan lain-lainnya diperkirakan sebesar 540 kg/jam.

c. Air Proses

Pada pabrik biodiesel ini membutuhkan air proses sebesar 52.73 kg/jam yang digunakan untuk keperluan proses di *Washing Tower* (WT-01). Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 63,28 kg/jam.

d. Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin yang digunakan sebagai media pendingin pada pabrik biodiesel ini terlampir pada tabel sebagai berikut:

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air (Kg/jam)
<i>Reaktor-01</i>	R-01	82,48
<i>Cooler-01</i>	CL-01	2.447,43
<i>Cooler-02</i>	CL-02	6.990,20
<i>Condensor-01</i>	CD-01	144.240,52
Total		153.760,64

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 184.512,76 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya

air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* yaitu sebesar 4.182,29 kg/jam.

e. Air Pemanas (*Steam Water*)

Air *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas dalam alat proses. Air *steam* digunakan pada boiler harus memenuhi persyaratan. Hal tersebut penting karena dapat mengakibatkan kerusakan pada alat sehingga dilakukan langkah pencegahan agar tidak terjadi *scaling*, *fouling* dan *foaming*. Kebutuhan *steam* untuk alat proses pada pabrik biodiesel ini terlampir pada tabel berikut :

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air untuk Steam

Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air (Kg/jam)
<i>Heater-01</i>	HE-01	63,29
<i>Heater-02</i>	HE-02	2,37
<i>Heater-03</i>	HE-03	63,29
<i>Heater-04</i>	HE-04	51,75
<i>Heater-05</i>	HE-05	134,09
<i>Reboiler-01</i>	RB-01	573,17
Total		887,97

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 1.065,56 kg/jam. Air pembangkit *steam* 85% dimanfaatkan kembali, 15% air *make-up*, dikarenakan terjadinya *blowdown* pada boiler sebesar 10% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 213,11 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Proses pengolahan air sungai penting dengan tujuan air tersebut menjadi air penunjang dalam pabrik biodiesel. Dalam hal ini air sungai tidak langsung dapat digunakan namun harus melalui beberapa proses. Berikut beberapa tahapan proses pengolahan air antara lain :

a. Penghisapan

Air sungai di pompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (*Screen*) bertujuan untuk menghilangkan partikel kotoran yang terbawa dan berukuran cukup besar dari aliran sungai. Kemudian setelah *screening*, air tersebut akan ditampung di dalam bak penampungan awal.

b. Penyaringan (*Screening*)

Tahap *screening* adalah pemisahan secara fisis untuk memisahkan kotoran yang terbawa dengan ukuran yang cukup besar seperti ranting, daun dan sampah tanpa menggunakan bahan kimia. Air yang telah disaring akan diolah ke tahap selanjutnya untuk menghilangkan kotoran yang ukurannya lebih kecil atau lolos dari tahap penyaringan awal. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang saringan dan ditambah fasilitas pembilas agar meminimalisir alat screen menjadi kotor dan menjadi mudah mengalami kerusakan.

c. Pengendapan I

Pengendapan I bertujuan untuk memaksimalkan pemisahan kotoran yang lolos sebelumnya seperti lumpur dan suspensi lainnya dengan metode

pengendapan. Proses sedimentasi menghilangkan kotoran dalam air dengan pengendapan yang terjadi karena gravitasi.

d. Penggumpalan (Koagulasi)

Koagulasi adalah suatu proses penggumpalan partikel koloid dengan penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut dalam air akan membentuk endapan karena gaya gravitasi serta berbentuk flok. Koagulan yang digunakan yaitu tawas atau Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga air yang merupakan suasana basa akan mudah terhidrolisis. Untuk memperoleh sifat alkalis dan proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur ke dalam air yaitu CaOH . Selain itu kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan pada proses Flokulasi bertujuan untuk mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.

e. Pengendapan II

Proses sedimentasi membutuhkan waktu sehingga dilakukan dua kali tahap pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan flok-flok yang masih terikut dari proses sebelumnya. Flok tersebut akan mengendap dan selanjutnya akan dibuang (*Blowdown*).

f. Saringan Pasir (*Sand Filter*)

Proses filtrasi dilakukan dikarenakan air yang masih terdapat kandungan padatan tersuspensi sehingga diperlukan alat filter untuk

menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ dan sebagainya dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut dengan menjadi air umpan boiler (*Boiler Feed Water*). Jika *sand filter* sudah kotor maka dapat dicuci (*back wash, rinse*).

g. Penampungan Air Bersih

Pada proses ini air sudah melalui tahap filtrasi sehingga air bersih dapat distribusi dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut akan didistribusikan untuk keperluan seperti :

- *Service water*
- Air domestik
- Air proses
- Air pendingin
- *Steam water*

h. Klorinasi

Klorinasi adalah proses penambahan klorin (Cl_2) atau *hipoklorit* pada air dengan tujuan untuk membunuh bakteri dan mikroba dalam air sehingga air tersebut dapat dikatakan aman untuk digunakan dalam keseharian.

i. Demineralisasi

Pada tahap demineralisasi dilakukan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* sebagai air umpan boiler. Proses demineralisasi terbagi menjadi 2 yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada kation *exchanger* yang di dalamnya terdapat

mineral-mineral sadah seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Dimana mineral tersebut akan ditangkap oleh suatu resin berjenis *hydrogen-zeolite*. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion tersebut. Ketika suatu waktu resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan disubjekkan ke dalam proses regenerasi resin. Regenerasi resin kation *exchanger* dilakukan dengan menambahkan asam kuat H_2SO_4 . Air yang keluar dari kation *exchanger* merupakan air bebas mineral yang tendensi untuk membentuk *scalling*-nya sudah diminimalkan.

Proses dealkalinasi yang mana air akan disubjekkan ke dalam anion *exchanger* dengan tujuan untuk menangkap ion-ion negatif seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain-lain. Perlunya penangkapan ion negatif karena jika air bersifat basa dipanaskan akan berpotensi membentuk gas CO_2 yang dapat menurunkan performa boiler dan alat proses lainnya. Pada proses penangkapan ion-ion tersebut memiliki mekanisme yang hampir mirip pada proses pelunakan air.

Perbedaan mendasar adalah jenis resin yang digunakan. Jenis resin yang digunakan *weakly basic anion exchanger*. Pada proses dimana resin sudah memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion, resin akan diregenerasikan dengan menambahkan basa kuat NaOH . Air keluaran dari anion *exchanger* ini sudah bisa digunakan sebagai air proses. Tetapi untuk penggunaan sebagai air umpan boiler, perlu dilakukan proses lebih lanjut.

j. Deaerasi

Deaerisasi bertujuan untuk menghilangkan gas CO₂ dan O₂ yang terikat dalam *feed water*. Air yang sudah melewati demineralisasi biasanya masih terdapat kandungan gas-gas terlarut terutama CO₂ dan O₂. Gas tersebut dapat dihilangkan dengan menggunakan deaerator. Alasan perlunya menghilangkan gas seperti O₂ karena dapat berpotensi menyebabkan korosi pada boiler. Hal tersebut memiliki konsekuensi yang sangat berbahaya selain memperpendek umur boiler yaitu pengikisan di dalam boiler dapat berpotensi menyebabkan ledakan karena ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain.

Pada deaerator terdapat penambahan senyawa hidrazin yaitu N₂H₄ dengan tujuan untuk mengikat O₂ dan gas terlarut lainnya. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan gas terlarut sehingga air keluaran dari deaerator dapat langsung dimakan ke *boiler feed water*, kemudian diumpankan ke boiler. Pada boiler akan berlangsung proses pembangkitan air menjadi uap. Namun, untuk menjaga konsentrasi *suspended solid* yang terakumulasi di dalam boiler, dilakukan sistem *blowdown* pada periode tertentu sehingga menghilangkan sejumlah air. Untuk mengganti air yang hilang tersebut, ditambahkan *make up water* agar tetap memenuhi kebutuhan proses.

5.1.3 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generator System*)

Unit pembangkit *steam* digunakan untuk memenuhi kebutuhan *steam* pada alat proses dengan menyediakan boiler yang mana spesifikasinya sebagai berikut :

Kapasitas : 1.065,56 kg/jam
Jenis : *Water Tube Boiler*
Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam boiler *feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi. Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran *fuel oil* (burner) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding *tube*, sehingga temperaturnya naik dari suhu 30°C menjadi 120°C (*Superheated steam*) yang kemudian dialirkan ke alat pemanas proses.

5.1.4 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik biodiesel ini diperoleh dari PLN dan generator diesel. Fungsi dari generator diesel yaitu sebagai tenaga cadangan saat terjadinya gangguan atau pemadaman listrik oleh pihak PLN. Berikut spesifikasi generator diesel yang digunakan yaitu :

Kapasitas : 500 KW
Jumlah : 1 unit

Berikut merupakan rincian kebutuhan listrik, diantaranya sebagai berikut :

a. Kebutuhan listrik untuk alat proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Belt Conveyor	BC-01	0,17	124
Bucket Elevator	BE-01	0,08	62
Screw Press-01	SCP-01	0,125	93
Degummer-01	DG-01	3	2.237
Reaktor-01	R-01	2	1491
Netralizer-01	N-01	5	3.729
Mixer-01	M-01	1	746
Washing Tower-01	WT-01	2	1.491
Pompa-01	P-01	0,5	373
Pompa-02	P-02	0,05	37
Pompa-03	P-03	1	746
Pompa-04	P-04	0,17	124
Pompa-05	P-05	1	746
Pompa-06	P-06	0,5	373
Pompa-07	P-07	0,05	37
Pompa-08	P-08	0,5	373
Pompa-09	P-09	1	746
Pompa-10	P-10	0,05	37
Pompa-11	P-11	0,75	559
Pompa-12	P-12	2	1.491
Pompa-13	P-13	0,5	373
Pompa-14	P-14	0,75	559
Pompa-15	P-15	2	1.491
Pompa-16	P-16	0,33	249
Total		24,53	18.288,29

Power yang dibutuhkan adalah 18.288,29 Watt= 18,29 KW

b. Kebutuhan Listrik Utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik untuk Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Tangki Flokulator	TU-01	2	1.491
Clarifier	CU-01	5	3.729
Blower Cooling Tower	BL-01	25	18.643
Kompresor Udara	KU-01	3	2.237
Pompa-01	PU-01	20	14.914
Pompa-02	PU-02	15	11.186
Pompa-03	PU-03	0,05	37
Pompa-04	PU-04	0,05	37
Pompa-05	PU-05	20	14.914
Pompa-06	PU-06	15	11.186
Pompa-07	PU-07	7,5	5.593
Pompa-08	PU-08	10	7.457
Pompa-09	PU-09	10	7.457
Pompa-10	PU-10	0,05	37
Pompa-11	PU-11	1	746
Pompa-12	PU-12	1	746
Pompa-13	PU-13	0,33	249
Pompa-14	PU-14	0,5	373
Pompa-15	PU-15	15	11.186
Pompa-16	PU-16	20	14.914
Pompa-17	PU-17	0,05	37
Pompa-18	PU-18	0,33	249
Pompa-19	PU-19	0,05	37
Pompa-20	PU-20	0,33	249
Pompa-21	PU-21	0,33	249
Pompa-22	PU-22	0,05	37
Pompa-23	PU-23	0,5	373
Pompa-24	PU-24	0,25	186
Total		172,38	128.546,25

Power yang dibutuhkan adalah 128.546,25 Watt=128,55 kW

Kebutuhan motor penggerak total adalah 146,83 KW

c. Kebutuhan listrik Instrumentasi atau alat kontrol

Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor : $P = 36,71 \text{ KW}$

d. Kebutuhan listrik untuk penerangan

Power yang dibutuhkan untuk alat penerangan diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor : $P = 22,03 \text{ KW}$

e. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, computer, dan lain lain) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor: $P = 22,03 \text{ KW}$

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

Power yang dibutuhkan untuk bengkel, laboratorium, dan lain-lain diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor : $P = 22,03 \text{ KW}$

g. Kebutuhan listrik perumahan

Setiap rumah diperkirakan memerlukan listrik = 1.300 Watt

Jumlah rumah = 50 Unit

Kebutuhan listrik = 65 KW

Total kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat berdasarkan tabel berikut:

Tabel 5. 6 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (KW)
1	Alat Proses	18,29
2	Alat Utilitas	128,55
3	Peralatan Kantor	22,03
4	Listrik Penerangan	22,03
5	Laboratorium dan Bengkel	22,03
6	Instrumentasi	36,71
7	Perumahan	65
Total		314,62

Total kebutuhan listrik yaitu 314,62 KW.

Kebutuhan listrik disuplai dari PLN, namun sebagai cadangan terdapat sebuah generator mandiri sebagai cadangan jika terjadi pemadaman listrik oleh PLN secara mendadak.

5.1.5 Unit Penyedia Udara Tekan

Dalam pabrik biodiesel ini udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan instrumen-instrumen *control* sebagai penggerak alat-alat kontrol di pabrik yang bekerja secara pneumatis. Tekanan udara instrumen yang digunakan adalah 7,2 bar. Dalam pabrik biodiesel ini terdapat sekitar 16 alat control yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Mekanisme atau proses untuk membuat udara tekan yaitu udara lingkungan ditekan menggunakan compressor yang dilengkapi filter (penyaring) udara

hingga mencapai tekanan 7,2 bar, selanjutnya udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 29,91 m³/jam. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari blower, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi *silica gel*.

5.1.6 Unit Penyedia Bahan Bakar

Pada unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 77,92 kg/jam untuk boiler sedangkan pada generator dibutuhkan sebanyak 58,76 kg/jam.

5.1.7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah pabrik biodiesel dikategorikan menjadi dua yaitu limbah cair dan limbah padat:

Limbah cair meliputi :

- Air buangan yang mengandung zat organik
- Buangan air domestik
- *Back washfilter*, air berminyak dari pompa
- *Blow down cooling water*

Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi gas klorin.

Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment* (pengendapan, penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH) dan *biological treatment*.

Limbah Padat (lumpur/*slurry*)

Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

5.2 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 7 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan Utilitas

Pompa	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai yang melewati screening (FU-01) ke bak pengendapan I (BU-01)	Mengalirkan air dari bak pengendapan I (BU-01) ke tangki flokulator (TU-01)	Mengalirkan air dari tangki alum/tawas (TU-02) ke tangki flokulator (TU-01)	Mengalirkan larutan CaOH dari tangki (TU-03) ke tangki flokulator (TU-01)	Mengalirkan air dari tangki flokulator (TU-01) ke Clarifier (C-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>

Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	974,43	974,43	0,005	0,29	974,71
Spesifikasi					
IPS (in)	10	10	0,125	0,25	10
No.Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	10,75	10,75	0,405	0,54	10,75
ID (in)	10,02	10,02	0,269	0,364	10,02
Efisiensi	0,8	0,8	0,01	0,04	0,8
Tenaga Pompa (HP)	13,8	10,92	0,001	0,05	16,46

Tenaga motor (HP)	20	15	0,05	0,05	20
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah

Tabel 5.7 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan Utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari clarifier (C-01) ke bak Pengendap II (BU-02)	Mengalirkan air dari bak pengendapan II (BU-02) ke saringan pasir / <i>sand filter</i> (FU-02)	Mengalirkan air dari saringan pasir (FU-02) ke bak penampung sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari bak penampung (BU-03) pengolahan air untuk kebutuhan air bertekanan, air domestik, air	Mengalirkan kaporit dari tangki kaporit (TU-04) ke tangki klorinasi (TU-05)

	pendingin dan <i>steam</i>				
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	974,71	974,71	974,71	974,43	0,0001
Spesifikasi					
IPS (in)	10	10	10	10	0,125
No.Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	1,75	10,75	10,75	10,75	0,405

ID (in)	10,02	10,02	10,02	10,02	0,269
Efisiensi	0,8	0,8	0.8	0.8	0,01
Tenaga Pompa (HP)	11.32	5,26	7,77	8,74	0,0001
Tenaga motor (HP)	15	7,5	10	10	0,05
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah

Tabel 5.7 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan Utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Fungsi	Mengalirkan air dari tangki klorinasi (TU-05) ke tangki air bersih (TU-07)	Mengalirkan air dari tangki air bersih (TU-06) kebutuhan air domestik ke unit-unit yang memerlukan	Mengalirkan air dari tangki air Service (TU-07) ke tangki bertekanan (TU-08)	Mengalirkan air dari tangki air bertekanan (TU-08) ke unit unit yang membutuhkan kebutuhan air service	Mengalirkan air dari bak air pendingin (BU-04) ke <i>cooling tower</i> (CT-01)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	12,74	12,74	2,79	2,79	953,06

Spesifikasi					
IPS (in)	1,5	1,5	0,75	0,75	10
No.Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	1,9	1,9	1,05	1,05	10,75
ID (in)	1,61	1,61	0,824	0,824	10,02
Efisiensi	0,1	0,1	0,05	0,05	0,8
Tenaga Pompa (HP)	0,72	0,72	0,23	0,33	9,86
Tenaga motor (HP)	1	1	0,33	0,5	1
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah

Tabel 5.7 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan Utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20
Fungsi	Mengalirkan air dari alat proses ke bak air pendingin (BU-05)	Mengalirkan air (larutan H ₂ SO ₄) (TU-09) ke tangki Kation Exchanger (TU-10)	Mengalirkan air dari tangki Kation Exchanger (TU-10) menuju Tangki Anion Exchanger (TU-12)	Mengalirkan air (larutan NaOH) (TU-11) ke tangki Anion Exchanger (TU-12)	Mengalirkan air dari Tangki Anion Exchanger (TU-12) ke Tangki Umpan <i>Steam</i> (TU-13)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Tipe	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>

Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	953,06	0,005	5,83	0,003	5,83
Spesifikasi					
IPS (in)	10	0.125	1	0.125	1
No.Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	10,75	0,405	1.32	0,405	1,32
ID (in)	10,02	0,269	1,049	0,269	1,049
Efisiensi	0,8	0,01	0,1	0,01	0,1
Tenaga Pompa (HP)	16,87	0,001	0,26	0,001	0,22

Tenaga motor (HP)	2	0,05	0,33	0,05	0,33
Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah

Tabel 5.7 Spesifikasi Alat Transportasi Cairan Utilitas (Lanjutan)

Pompa	PU-21	PU-22	PU-23	PU-24
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Umpan <i>Steam</i> (TU-13) ke <i>Deaerator</i> (DE-01)	Mengalirkan air (larutan <i>Hydrazine</i>) (TU-14) ke <i>Deaerator</i> (DE-01)	Mengalirkan air dari <i>Deaerator</i> (DE-01) ke Boiler	Mengalirkan air kondensat ke tangki umpan steam (TU-13)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>			
Tipe	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>

Bahan	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas (gpm)	5,83	0,0002	5,50	5,50
Spesifikasi				
IPS (in)	1	0.125	1	0.125
No.Sch	40	40	40	40
OD (in)	1,32	0,405	1,32	0,405
ID (in)	1,049	0,269	1,049	0,269
Efisiensi	0,1	0,001	0,1	0,1
Tenaga Pompa (HP)	0,22	0,0002	0,39	0,19
Tenaga motor (HP)	0,33	0,05	0,5	0,25

Jumlah	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
---------------	--------	--------	--------	--------

Tabel 5.7 Spesifikasi Bak Utilitas

Bak	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi	Mengendapkan endapan yang berbentuk <i>flok</i> dengan proses <i>flokulasi</i>	Menampung sementara <i>raw water (filtered water)</i> setelah disaring <i>sand filter</i>	Menampung air untuk kebutuhan <i>cooling tower</i>
Jenis	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang

Spesifikasi

Panjang (m)	16,4	13,96	7,68	21,99
Lebar (m)	16,4	13,96	7,68	21,99
Tinggi (m)	8,2	6,98	3,84	10,99
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 8 Spesifikasi Tangki Utilitas

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dengan	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 1 minggu operasi	Menyiapkan dan menyimpan larutan CaOH untuk 1 minggu operasi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air

	menambahkan koagulan				
Jenis	Tangki Silinder Berpengaduk	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Stainless steel</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Spesifikasi					
Tinggi (m)	6,61	3,42	3,79	0,125	1,56
Diameter (m)	6,61	1,71	1,89	0,125	1,56
Volume (m³)	226,44	7,87	10,69	0,0015	2,96
Jenis Impeller	<i>Marine Propeller 3 blade</i>	-	-	-	-

Jumlah Impeller	1	-	-	-	-
Power Motor (HP)	2	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.8 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

Tangki	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10
Fungsi	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga.	Menampung Air service untuk keperluan layanan umum	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk regenerasi penukar kation	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat kation

					dengan bantuan resin
Jenis	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Spesifikasi					
Tinggi (m)	4,49	2,71	2,71	1,55	1,905
Diameter (m)	4,49	2,71	2,71	1,55	0,26
Volume (m³)	71,06	15,55	15,55	2,43	0,106
Jenis Impeller	-	-	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-	-	-

Power Motor (HP)	-	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.8 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

Tangki	TU-11	TU-12	TU-13	TU-14
Fungsi	Menyimpan NaOH untuk regenerasi penukar anion	Menghilangkan ion ion negatif yang masih terbawa dari bak air bersih	Mencampur kondensat sirkulasi dan <i>make up</i> air umpan boiler sebelum dibangkitkan sebagai <i>steam</i> dalam boiler	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak

Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Stainless steel</i>
	Spesifikasi			
Tinggi (m)	0,95	1,905	1,199	1,21
Diameter (m)	0,95	0,25	1,199	1,21
Volume (m³)	0,676	0,094	1,35	1,38
Jenis Impeller	-	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-	-
Power Motor (HP)	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5.8 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

Tangki	TU-15	TU-16
Fungsi	Menampung udara kering	Menampung bahan bakar boiler untuk persediaan 3 hari
Jenis	Tangki Silinder Tegak	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon steel</i>
	Spesifikasi	
Tinggi (m)	0,372	2,15
Diameter (m)	0,248	2,15
Volume (m³)	0,018	7,85
Jumlah	1	1

Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat Utilitas Saringan

Tangki	FU-01
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar misalnya seperti kayu, daun, ranting dan sampah
Jenis	<i>Filter</i>
Bahan	Aluminium
Spesifikasi	
Panjang (ft)	10
Lebar (ft)	8
Diameter lubang (cm)	1
Jumlah	1

Tabel 5. 10 Spesifikasi Alat Utilitas *Clarifier*

Tangki	CU-01
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang bersifat koloid yang terbawa oleh air dari bak pengendap I

Jenis	<i>Clarifier/conical bottom</i>
Bahan	<i>Stainless steel</i>
Spesifikasi	
Tinggi (m)	10,53
Diameter (m)	10,53
Volume (m ³)	906,78
Jenis Impeller	<i>Marine Propeller 3 Blade</i>
Jumlah Impeller	1
Power Motor (HP)	5
Jumlah	1

Tabel 5. 11 Spesifikasi Alat Utilitas *Sand Filter*

Tangki	FU-02
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai dengan media pasir
Jenis	Bak Silinder Tegak

Bahan	Beton Bertulang
Spesifikasi	
Tinggi (m)	1,23
Panjang (m)	2,47
Lebar (m)	2,47
Volume (m ³)	7,515
Ukuran pasir (mesh)	28
Jumlah	1

Tabel 5. 12 Spesifikasi Alat Utilitas *Cooling Tower*

Tangki	CT-01
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan oleh alat alat proses dengan media pendingin udara
Jenis	<i>Induced draft cooling tower</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Spesifikasi	

Tinggi (m)	4,25
Panjang (m)	4,58
Lebar (m)	4,58
Jumlah	1

Tabel 5. 13 Spesifikasi Alat Utilitas *Deaerator*

Tangki	DE-01
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water.
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Bahan	<i>Stainless steel</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	1128,84
Diameter (m)	1,199
Tinggi (m)	1,199
Volume (m ³)	1,35
Jumlah	1

Tabel 5. 14 Spesifikasi Alat Utilitas *Blower Cooling Water*

Tangki	BL-01
Fungsi	Menghisap udara untuk dikontakkan dengan air
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Spesifikasi	
Efisiensi	0.87
Power (HP)	25
Jumlah	1

Tabel 5. 15 Spesifikasi Alat Utilitas Kompresor

Tangki	KU-01
Fungsi	Mengompres udara menjadi udara bertekan
Jenis	<i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i>

Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	29,91
Power (HP)	3
Jumlah	1

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan suatu pabrik yang akan didirikan dengan memberikan keuntungan secara ekonomi agar proses produksi tetap bertahan dan berjalan. Evaluasi ekonomi dalam perancangan suatu pabrik dilakukan untuk memperkirakan modal investasi dalam pendirian suatu pabrik dan juga performa ekonomi suatu pabrik. Evaluasi ekonomi juga dapat menjadi alat untuk menilai bahwa suatu pabrik layak atau tidak layak untuk dibangun. Pada perancangan pabrik biodiesel ini terdapat beberapa faktor-faktor yang ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi meliputi :

- a. Modal (*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 tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - 3. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
- c. Pengeluaran umum (*General Cost*)
- d. Analisa Kelayakan Ekonomi
 - 1. *Return On Investment* (ROI)
 - 2. *Pay Out Time* (POT)
 - 3. *Break event point* (BEP)
 - 4. *Discounted cash flow rate* (DCFR)

5. Shut down point (SDP)

6.1 Penaksiran Harga alat

Harga alat proses pada setiap alat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Harga peralatan setiap tahun akan berbeda dan kemungkinan harga dapat mengalami kenaikan atau penurunan tergantung kondisi ekonomi. Oleh karena itu untuk menentukan harga alat dilakukan dengan mengetahui harga indeks alat pada tahun tersebut. Analisa harga alat dilakukan pada tahun 2023 untuk pembelian pada pendirian pabrik yaitu tahun 2030. Berikut indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat

Xi	Indeks (Yi)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,1
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4

2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	607,5
2020	596,2
2021	625,5
2022	634,8
2023	644,1

Pada perancangan pabrik biodiesel dari biji *sea mango* ini akan dibangun pada tahun 2030, sehingga diperlukan indeks harga pada tahun tersebut untuk dapat memperkirakan harga alat dengan ada dua persamaan pendekatan yang digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga alat pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries & Newton, 1995).

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

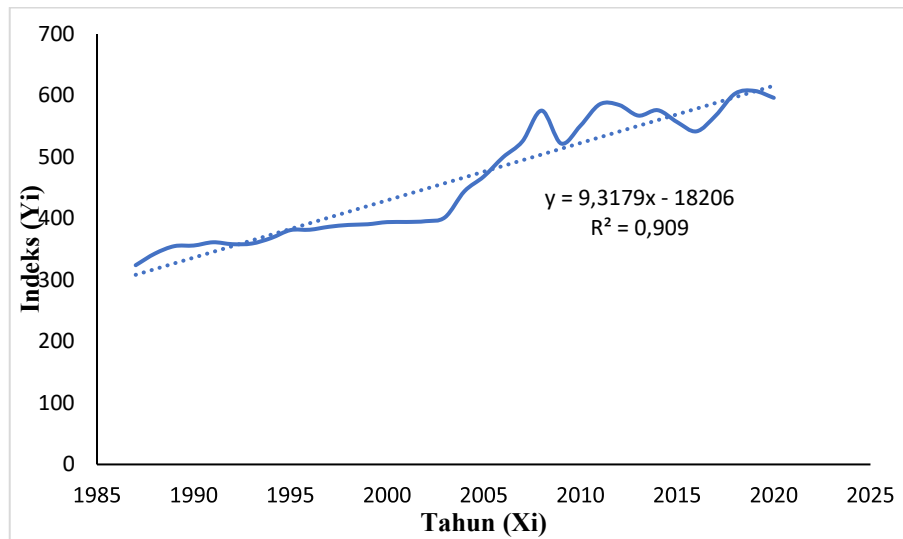
Keterangan :

Ex : harga pembelian pada tahun 2030

Ey : harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx : Indeks harga pada tahun 2030

Ny : Indeks harga pada tahun 2014



Gambar 6. 1 Grafik Regresi Linier Indeks Harga

Persamaan yang diperoleh dari grafik indeks harga didapatkan persamaan regresi linier $y = 9,31795x - 18206$. Dengan menggunakan persamaan CEP indeks pada tahun referensi perancangan tersebut didapatkan nilai CEP indeks pada tahun referensi dan perancangan. Sehingga didapatkan nilai CEP indeks pada tahun 2014 adalah 576,1 dan nilai CEP indeks pada tahun perancangan 2030 sebesar 709,3. Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut:

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey	Ex
			2014	2030
Belt Conveyor	BC-01	1	\$7.300	\$8.988
Screw Press	SC-01	1	\$3.700	\$4.556
Belt Elevator	BE-01	1	\$11.100	\$13.667
Degummer	DG-01	1	\$422.600	\$520.336
Mixer	M-01	1	\$75.400	\$92.838
Reaktor	R-01	1	\$125.400	\$154.402
Netralizer	N-01	1	\$649.100	\$799.220
Decanter-01	DC-01	1	\$54.900	\$67.597
Decanter-02	DC-02	1	\$77.300	\$95.177

Decanter-03	DC-03	1	\$55.500	\$68.336
Washing Tower	WT-01	1	\$102.500	\$126.206
Menara distilasi	MD-01	1	\$450.000	\$554.073
Accumulator	ACC-01	1	\$15.500	\$19.085
Heater-01	HE-01	1	\$2.400	\$2.955
Heater -02	HE-02	1	\$1.500	\$1.847
Heater-03	HE-03	1	\$1.900	\$2.339
Heater-04	HE-04	1	\$38.400	\$47.281
Heater-05	HE-05	1	\$3.600	\$4.433
Cooler-01	CL-01	1	\$54.900	\$67.597
Cooler-02	CL-02	1	\$39.800	\$49.005
Condensor-01	CD-01	1	\$5.400	\$6.649
Reboiler-01	RB-01	1	\$1.600	\$1.970
Tangki-01	T-01	1	\$147.900	\$182.105
Tangki-02	T-02	1	\$155.300	\$191.217
Tangki-03	T-03	1	\$295.800	\$364.211
Tangki-04	T-04	1	\$147.900	\$182.105
Tangki-05	T-05	1	\$155.300	\$191.217
Tangki-06	T-06	1	\$144.800	\$178.288
Gudang-01	G-01	1	\$30.688	\$37.785
Gudang-02	G-02	1	\$13.917	\$17.135
Pompa 1	P-01	1	\$8.700	\$10.712
Pompa 2	P-02	1	\$2.900	\$3.571
Pompa 3	P-03	1	\$8.700	\$10.712
Pompa 4	P-04	1	\$4.200	\$5.171
Pompa 5	P-05	1	\$8.700	\$10.712
Pompa 6	P-06	1	\$10.100	\$12.436
Pompa 7	P-07	1	\$2.900	\$3.571
Pompa 8	P-08	1	\$10.100	\$12.436
Pompa 9	P-09	1	\$11.300	\$13.913
Pompa 10	P-10	1	\$3.500	\$4.309
Pompa 11	P-11	1	\$11.300	\$13.913
Pompa 12	P-12	1	\$10.100	\$12.436
Pompa 13	P-13	1	\$8.700	\$10.712
Pompa 14	P-14	1	\$8.700	\$10.712
Pompa 15	P-15	1	\$8.700	\$10.712
Pompa 16	P-16	1	\$10.100	\$12.436
Total				\$4.126.360

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ny	Nx	Ey	Ex
			2014	2030	2014	2030
Filter/Saringan	FU-01	1	576,1	709,337	\$73.300	\$90.252
Bak Pengendapan Awal	BU-01	1	576,1	709,337	\$3.963	\$4.880
Tangki Larutan Alum	TU-02	1	576,1	709,337	\$22.600	\$27.827
Tangki Larutan CaOH	TU-03	1	576,1	709,337	\$8.100	\$9.973
Tangki Flokulator	TU-01	1	576,1	709,337	\$56.700	\$69.813
Klarifier	KL-01	1	576,1	709,337	\$4.600	\$5.664
Bak Pengendap 2	BU-02	1	576,1	709,337	\$3.963	\$4.880
Bak Saringan Pasir	FU-02	1	576,1	709,337	\$28.800	\$35.461
Penampungan Sementara	BU-03	1	576,1	709,337	\$3.963	\$4.880
Tangki Klorinasi	TU-05	1	576,1	709,337	\$5.400	\$6.649
Tangki Penyimpanan Kaporit	TU-04	1	576,1	709,337	\$4.200	\$5.171
Tangki Air Bersih	TU-06	1	576,1	709,337	\$32.000	\$39.401
Tangki Air Bertekanan	TU-08	1	576,1	709,337	\$14.000	\$17.238
Tangki Service Water	TU-07	1	576,1	709,337	\$14.000	\$17.238
Bak Air Pendingin	BU-04	1	576,1	709,337	\$3.963	\$4.880
Cooling Tower	CT-01	1	576,1	709,337	\$16.488	\$20.301
Tangki H2SO4	T-09	1	576,1	709,337	\$5.400	\$6.649
Tangki Kation Exchanger	T-10	1	576,1	709,337	\$500	\$616
Tangki NaOH	T-11	1	576,1	709,337	\$1.800	\$2.216
Tangki Anion Exchanger	T-12	1	576,1	709,337	\$500	\$616
Tangki Umpan Boiler	T-13	1	576,1	709,337	\$2.800	\$3.448
Tangki N2H4	T-14	1	576,1	709,337	\$2.800	\$3.448
Tangki Deaerator	DE-01	1	576,1	709,337	\$2.800	\$3.448
Boiler	B-01	1	576,1	709,337	\$245.500	\$302.278

Pompa Utilitas-01	PU-01	1	576,1	709,337	\$18.500	\$22.779
Pompa Utilitas-02	PU-02	1	576,1	709,337	\$18.500	\$22.779
Pompa Utilitas-03	PU-03	1	576,1	709,337	\$1.800	\$2.216
Pompa Utilitas-04	PU-04	1	576,1	709,337	\$2.500	\$3.078
Pompa Utilitas-05	PU-05	1	576,1	709,337	\$18.500	\$22.779
Pompa Utilitas-06	PU-06	1	576,1	709,337	\$18.500	\$22.779
Pompa Utilitas-07	PU-07	1	576,1	709,337	\$18.500	\$22.779
Pompa Utilitas-08	PU-08	1	576,1	709,337	\$18.500	\$22.779
Pompa Utilitas-09	PU-09	1	576,1	709,337	\$18.500	\$22.779
Pompa Utilitas-10	PU-10	1	576,1	709,337	\$2.000	\$2.463
Pompa Utilitas-11	PU-11	1	576,1	709,337	\$6.100	\$7.511
Pompa Utilitas-12	PU-12	1	576,1	709,337	\$6.100	\$7.511
Pompa Utilitas-13	PU-13	1	576,1	709,337	\$4.000	\$4.925
Pompa Utilitas-14	PU-14	1	576,1	709,337	\$4.000	\$4.925
Pompa Utilitas-15	PU-15	1	576,1	709,337	\$18.500	\$22.779
Pompa Utilitas-16	PU-16	1	576,1	709,337	\$18.500	\$22.779
Pompa Utilitas-17	PU-17	1	576,1	709,337	\$2.000	\$2.463
Pompa Utilitas-18	PU-18	1	576,1	709,337	\$4.700	\$5.787
Pompa Utilitas-19	PU-19	1	576,1	709,337	\$2.000	\$2.463
Pompa Utilitas-20	PU-20	1	576,1	709,337	\$4.700	\$5.787
Pompa Utilitas-21	PU-21	1	576,1	709,337	\$4.700	\$5.787
Pompa Utilitas-22	PU-22	1	576,1	709,337	\$2.000	\$2.463
Pompa Utilitas-23	PU-23	1	576,1	709,337	\$4.700	\$5.787
Pompa Utilitas-24	PU-24	1	576,1	709,337	\$4.700	\$5.787
Total						\$961.182

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas	: 20.000 ton/tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 tahun
Kurs mata uang	: 1\$ = Rp 16.210 (per Juni 2025)
Tahun pabrik didirikan	: 2030
UMR Kab. Indragiri Hilir	: Rp 3.508.776 (tahun 2025)

6.3 Komponen Biaya

a. Modal (*Capital Investment*)

Capital Investment adalah total biaya yang dikeluarkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan untuk pengoperasiannya. *Capital Investment* terdiri dari :

1. *Fixed Capital Investment*

Fixed capital investment merupakan modal tetap yang dikeluarkan untuk mendirikan fasilitas pada suatu pabrik. Setelah melakukan analisa perhitungan rencana pada pabrik biodiesel ini diperlukan *physical plant cost*, *direct plant cost*, *fixed capital investment* seperti pada tabel sebagai berikut:

Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	PPC Alat Proses	10.831.695,29	177.477.327.257,39
2	PPC Alat Utilitas	3.687.093,39	60.413.025.186,32
3	Bangunan	635.154,10	10.407.000.000,00
4	Tanah	329.548,72	5.399.655.765,92

Total	15.483.491,50	253.697.008.209,63
-------	---------------	--------------------

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

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Physical Plant Cost</i>	15.483.491,50	253.697.008.209,63
2	Engineering & Construction	3.096.698,30	50.739.401.641,93
	Total	18.580.189,80	304.436.409.851,56

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

No	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	18.580.189,80	304.436.409.852
2	<i>Contractor Fee</i>	371.603,80	6.088.728.197
3	<i>Contingency Cost</i>	1.858.018,98	30.443.640.985
	Total	20.809.812,57	340.986.779.034

2. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment (WCI) merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal yang digunakan untuk menjalankan operasi suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Sumber modal untuk suatu pabrik dapat didapatkan dari pinjaman bank, uang pribadi ataupun dari pihak investor. Tujuan akhir dari investasi modal adalah untuk mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah dikeluarkan atau diinvestasikan. Berikut beberapa ciri-ciri investasi yang baik antara lain :

- Bisa mendapatkan keuntungan yang maksimum.
- Modal investasi yang cepat kembali.
- Menganut hukum yang jelas dan baik.
- Teknologi yang memadai, aman dan lainnya.

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

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	24.970.587.887	1.523.990,72
2	<i>In process Inventory</i>	6.495.106.147	396.723,11
3	<i>Product Inventory</i>	36.083.923.042	2.202.253,47
4	<i>Available Cash</i>	36.083.923.042	2.202.253,47
5	<i>Extended Credit</i>	866.014.152.998	52.854.083,19
	total	969.647.693.116	59.178.986,46

b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost merupakan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan produksi suatu produk. Biaya produksi adalah jumlah dari *direct cost*, *indirect cost*, *fixed cost* yang saling berkaitan dengan proses pembuatan suatu produk. *Manufacturing cost* antara lain :

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct manufacturing cost adalah biaya yang dikeluarkan dan secara langsung berkaitan dengan pembuatan produk yang mana berhubungan langsung dengan proses memproduksi suatu produk pada pabrik tersebut.

Tabel 6. 8 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1	Bahan Baku	310.228.783.841	18.933.706,67
2	Bahan Utilitas	10.581.729.201	645.818,08
3	Gaji Karyawan	16.944.000.000	1.034.116,57
4	<i>Supervise</i>	29.964.705.464	1.828.788,86
5	<i>Maintenance</i>	13.638.751.161	832.392,50
6	<i>Plant supplies</i>	2.045.812.674	124.858,88
7	<i>Royalties</i>	40.916.253	2.497,18
	total	383.444.698.596	23.402.178,74

2. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect Manufacturing Cost adalah biaya yang diperlukan dalam produksi secara tidak langsung pada unit produksi dalam pabrik. Biaya ini mendukung proses produksi secara keseluruhan namun tidak spesifik ditugaskan ke satu unit produk.

Tabel 6. 9 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	1.694.400.000	103.411,66
2	<i>Laboratory</i>	1.694.400.000	103.411,66
3	<i>Plant Overhead</i>	8.472.000.000	517.058,29
4	<i>Packaging and Shipping</i>	3.604.700.000	220.000,00
Total		15.465.500.000	943.881,60

3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost adalah biaya tetap yang harus dikeluarkan oleh suatu pabrik tanpa terpengaruh oleh volume produksi. Biaya tetap ini adalah biaya produksi yang tidak berubah meskipun jumlah barang diproduksi berubah.

Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1	<i>Depreciation</i>	27.277.502.323	1.664.785,01
2	<i>Property tax</i>	3.409.687.790	208.098,13
3	<i>insurance</i>	3.409.687.790	208.098,13
Total		34.096.877.903	2.080.981,26

Tabel 6. 11 *Total Manufacturing Cost*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	383.444.698.596	23.402.178,74

2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	15.465.500.000	943.881,60
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	34.096.877.903	2.080.981,26
Total		433.007.076.499	26.427.041,59

c. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General Expenses merupakan biaya umum yang terdiri dari pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk dari *manufacturing cost*. Biaya ini dikeluarkan untuk menjalankan operasional sehari-hari tetapi tidak terkait langsung dengan produksi produk.

Tabel 6. 12 *General Expense (GE)*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1	<i>Administrasi</i>	39.318.494.164	2.399.663,97
2	<i>Sales</i>	65.530.823.607	3.999.439,95
3	<i>Finance</i>	26.227.329.443	1.599.775,98
4	<i>Research</i>	45.871.576.515	2.799.607,97
Total		176.933.223.740	10.798.487,87

Tabel 6. 13 *Total Production Cost*

No	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US \$)
1	<i>Manufacturing Cost</i>	433.007.076.499	26.427.041,59
2	<i>General Expense</i>	176.933.223.740	10.798.487,87
Total		609.940.300.239	37.225.529,46

6.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total Penjualan : Rp 720.940.000.000

Total biaya produksi : Rp 610.389.241.509

Keuntungan : Total penjualan – Total biaya produksi

: Rp 110.999.699.761

b. Keuntungan Setelah Pajak

Pajak 25% dari keuntungan : Rp 27.749.924.940

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak - Pajak

: Rp 83.249.774.821

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan bertujuan untuk mengetahui laba pada pabrik agar mendapatkan keuntungan yang maksimum dan dapat memperkirakan hasil keuntungan kecil atau besar, agar dapat mengkategorikan pabrik berpotensi atau sebaliknya dari sisi ekonomi. Berikut beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain:

a. Return On Investment (ROI)

Return On Investment (ROI) adalah ukuran yang digunakan untuk menghitung seberapa besar keuntungan (profit) yang diperoleh dibandingkan dengan biaya atau modal yang dikeluarkan dalam suatu investasi atau bisnis. Dengan kata lain, ROI menunjukkan efisiensi dan efektivitas investasi dalam menghasilkan keuntungan. Suatu pabrik digolongkan resiko rendah apabila memiliki minimum ROI *before tax*

sebesar 11%, dan digolongkan resiko tinggi apabila memiliki minimum ROI before tax sebesar lebih 44%.

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

$$ROI\ sebelum\ pajak = 32,55\%$$

$$ROI\ setelah\ pajak = 24,42\%$$

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah jangka waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal awal investasi dari keuntungan bersih yang diperoleh setiap periode. Dengan kata lain, berapa lama waktu yang dibutuhkan agar investasi balik modal.

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{Keuntungan + Depresiasi}$$

Pabrik kimia dengan resiko rendah memiliki nilai minimum POT 2 tahun dan maksimal 5 tahun sebelum pajak (Aries & Newton, 1995).

$$1. POT\ sebelum\ pajak = 2,47\ tahun$$

$$2. POT\ setelah\ pajak = 3,08\ tahun$$

c. *Break Event Point (BEP)*

Break Even Point (BEP) adalah titik impas, yaitu kondisi di mana total pendapatan (omset) sama dengan total biaya yang dikeluarkan. Dengan kata lain merupakan kondisi dimana pabrik tidak untung dan tidak rugi

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

Dimana :

Fa : *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual variable value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Tabel 6. 14 *Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Depreciation</i>	27.277.502.323	1.664.785,01
<i>Property Taxes</i>	3.409.687.790	208.098,13
<i>Insurances</i>	3.409.687.790	208.098,13
Total	34.096.877.903	2.080.981,26

Tabel 6. 15 *Annual Regulated Expenses (Ra)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
Gaji karyawan	16.944.000.000	1.034.116,57
<i>Payoll overhead</i>	1.694.400.000	103.411,66
<i>Plant overhead</i>	8.472.000.000	517.058,29
<i>Supervise</i>	29.964.705.464	1.828.788,86
<i>Laboratory</i>	1.694.400.000	103.411,66
<i>General expenses</i>	176.933.223.740	10.798.487,87
<i>Maintennace</i>	13.638.751.161	832.392,50
<i>Plant supplies</i>	2.045.812.674	124.858,88
Total	251.387.293.040	15.342.526,28

Tabel 6. 16 *Annual Variable Value (Va)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
Bahan Baku	310.228.783.841	18.933.706,67
<i>Packaging and shipping</i>	3.604.700.000	220.000,00
Biaya bahan utilitas	10.581.729.201	645.818,08
<i>Royalties and patens</i>	40.916.253	2.497,18
Total	324.456.129.296	19.802.021,93

Tabel 6. 17 *Annual Sales Value (Sa)*

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Annual sales value</i>	720.940.000.000	44.000.000
Total	720.940.000.000	44.000.000

Besaran nilai BEP pada pabrik kimia umumnya berada pada range 40-60% sehingga pabrik Biodiesel layak didirikan. Dengan menggunakan data seperti yang terlampir pada table di atas, maka didapatkan nilai BEP :

$$\text{BEP} = 49,66\%$$

d. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah titik di mana pendapatan usaha hanya cukup untuk menutup biaya variabel, tapi tidak cukup untuk menutup biaya tetap. Situasi ini terjadi Ketika output berada di bawah titik impas (BEP), sehingga biaya yang diperlukan untuk terus menjalankan operasional pabrik justru lebih besar dibandingkan biaya yang harus dikeluarkan jika pabrik dihentikan sementara dan hanya membayar biaya tetap. Umumnya SDP pabrik kimia pada rentang 20-30%

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

$$\text{SDP} = 35 \%$$

e. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

Discounted cash flow rate of return adalah jumlah estimasi keuntungan tahunan yang dihasilkan, dihitung berdasarkan investasi yang

tidak dikembalikan pada akhir setiap tahun selama masa operasional pabrik.

Batas minimal DCFR ditetapkan sebesar 1,5 kali suku bunga bank.

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

Dimana :

n = Umur Pabrik

FC = *Fixed Capital*

WC = *Working Capital*

SV = *Salvage Value*

C = *Cash Flow*

I = Nilai DCFRR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut :

n = 10 tahun

FCI = Rp 340.968.779.034

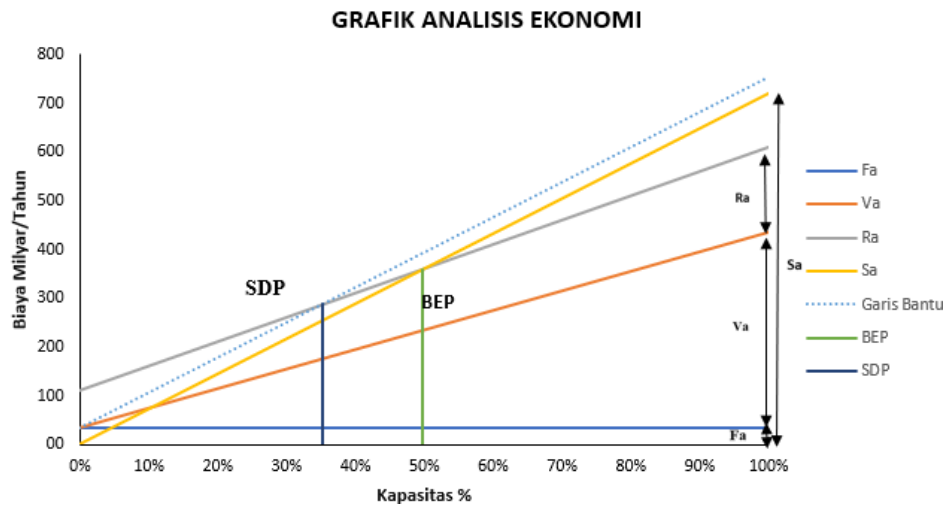
WC = Rp 970.404.295.116

SV = Rp 34.096.877.903

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR adalah :

I = 11,60%

Dengan beberapa analisa ekonomi, didapatkan grafik evaluasi sebagai berikut :



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

6.6 Analisa Resiko Pabrik

Analisa resiko pada suatu pabrik penting dilakukan sejak tahap perencanaan hingga tahap operasional, dengan tujuan mengurangi potensi kerugian, meningkatkan efisiensi serta memastikan keberlanjutan bisnis. Berdasarkan Analisa resiko yang dilakukan pada pabrik biodiesel dari minyak biji *sea mango* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun, diketahui bahwa pabrik ini termasuk dalam kategori beresiko rendah. Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan antara lain sebagai berikut :

a. Kondisi operasi

Pabrik biodiesel ini dirancang untuk beroperasi dengan suhu sekitar 30°C hingga 70°C dengan tekanan operasi 1 atm. Dengan kondisi operasi tersebut proses operasi pabrik dinilai cukup aman, ditinjau dari aspek suhu dan tekanan operasi yang relatif rendah.

b. Karakteristik bahan baku dan pendukung

- Bahan baku utama yang digunakan dalam proses produksi biodiesel pada pabrik ini ialah biji *sea mango*. Biji *sea mango* dianggap tidak berbahaya dengan tetap memperhatikan proses penyimpanan dan penanganan bahan.
- Metanol (CH_3OH) memiliki beberapa resiko diantaranya dapat membentuk campuran dengan udara dan dapat terjadi ledakan. Oleh karena itu penyimpanan dan pengelolaan yang baik diterapkan untuk meminimalisir resiko.
- Bahan pembantu H_2SO_4 dan NaOH merupakan bahan yang reaktif apabila berkaitan dengan senyawa lain, sehingga resiko yang ditimbulkan cukup signifikan. Oleh karena itu pengelolaan dan penyimpanan dilakukan dengan baik untuk meminimalisir terjadinya kontak dengan senyawa lain yang tidak diinginkan untuk meminimalisir resiko.

c. Produk

Biodiesel sebagai produk utama dengan campuran air sebagai produk samping tergolong memiliki resiko yang cukup rendah. Akan tetapi pada penyimpanannya perlu diperhatikan agar biodiesel terhindar dari asam kuat, basa, oksidator kuat, dan kondisi yang dapat menimbulkan listrik statis.

d. Identifikasi limbah

Limbah yang dihasilkan dari produksi biodiesel dari biji *sea mango* adalah ampas, *gum*, dan Na_2SO_4 dari hasil *recovery* methanol. Ampas produksi dapat dimanfaatkan kembali menjadi briket yang memiliki nilai jual. *Gum* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan karet. Sedangkan Na_2SO_4 akan diolah di UPL untuk memenuhi standar saat dibuang.

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perhitungan perancangan pabrik biodiesel dari *sea mango oil* melalui proses esterifikasi dengan kapasitas 20.000 ton/tahun dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1 Pabrik biodiesel dari *sea mango oil* ini didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan biodiesel dari dalam negeri dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor, membantu perekonomian negara meningkat serta dapat membuka lapangan pekerjaan.
- 2 Pabrik biodiesel berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang didirikan pada tahun 2030 di Kecamatan Tembilahan, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau dengan mempertimbangkan ketersediaan sumber bahan baku, kemudahan pemasaran, kemudahan utilitas berupa sumber air, akses transportasi dan ketersediaan tenaga kerja yang terampil.
- 3 Pabrik biodiesel ini didirikan dengan luas tanah keseluruhan sekitar 13800 m² dengan jumlah karyawan sekitar 187 orang.
- 4 Berdasarkan evaluasi ekonomi yang telah dilakukan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 7. 1 Data Hasil Evaluasi Ekonomi

Parameter Kelayakan	Perhitungan
Keuntungan	
Keuntungan sebelum pajak	Rp 110.968.779.034
Keuntungan setelah pajak	Rp 83.249.774.821

<i>Return on Investment (ROI)</i>	
ROI sebelum pajak	32,55 %
ROI setelah pajak	24,42 %
<i>Pay Out Time (POT)</i>	
POT sebelum pajak	2,47 tahun
POT setelah pajak	3,08 tahun
<i>Break Even Point (BEP)</i>	49,66 %
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	35 %
<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)</i>	11,6 %

Berdasarkan keseluruhan tinjauan dari mulai ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses dan hasil evaluasi ekonomi kelayakan pabrik dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dengan kapasitas 20.00 ton/tahun layak untuk didirikan serta dapat dikaji ulang lebih lanjut.

7.2 Saran

Berdasarkan perancangan pabrik kimia yang diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang didukung dengan adanya referensi dan pemahaman lain yang berhubungan agar dapat meningkatkan kelayakan pendirian pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan alat baik alat proses dan penunjang serta bahan baku perlu diperhatikan sehingga dapat lebih mengoptimalkan keuntungan yang didapatkan pada suatu pabrik.
2. Pengetahuan dan pemahaman diperlukan pada perancangan pabrik dengan referensi dan pemahaman lain yang berhubungan dengan

konsep dasar pendirian suatu pabrik dengan lebih mendalami konsep dasar tersebut dan diharapkan dapat mewujudkan produksi biodiesel sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor ke luar negeri yang terus meningkat di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguado, J., Serrano, D. P., Braithwaite, M. J., Hassur, S. M., & Papenfuhs, T. (1999). *Feedstock Recycling of Plastic Wastes* (J. H. Clark, Ed.). The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781847550804>
- Anditya, C., Lasnawatin, F., Prananto, A. B., Halim, L., Anutomo, I. G., Anggreani, D., Indarwati, F., Yusuf, M., Ambarsari, L., & Yuanningrat, H. (2023). Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia. *Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*.
- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1995). *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw Hill Handbook, Co., Inc.
- Bibin, C., Sheeja, R., Devarajan, Y., Raja, T., Hossain, I., Ouladsmene, M., & Kalam, M. A. (2023). Process optimization study on the feedstock derived from *Cerbera odollam* seeds. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(17), 16253–16262. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04657-0>
- Buekens, A. G., & Huang, H. (1998). *Catalytic plastics cracking for recovery of gasoline-range hydrocarbons from municipal plastic wastes*. *Resources, Conservation and Recycling*, 23(3), 163–181. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(98\)00025-1](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(98)00025-1)
- Cheremisinoff, N. P. (2000). *Handbook of Hazardous Chemical properties*. Heinemann.

- Dharsono, W., & Oktari, Y. S. (2013). PROSES PEMBUATAN BIODIESEL DARI DEDAK DAN METANOL DENGAN ESTERIFIKASI IN SITU. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(2), 33–39.
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S. (1982). *Organic Chemistry*. Willard Grant Press.
- Guenther, E. (1990). Minyak Atsiri. Jilid 1. *UI-Press Jakarta*.
- Handayani, R., A, S. R., & Gumilar, I. (2015). Karakteristik Fisiko-Kimia Minyak Biji Bintaro (Cerbera manghas L) dan Potensinya sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Akuatika*, 6(2), 177–186.
- Hendra, D. (2014). PEMBUATAN BIODIESEL DARI BIJI KEMIRI. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(1), 37–45.
- Kern, D. Q. (1950). *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill Internasional Book Company Inc.
- Knothe, G., Gerpen, J. V., & Krah, J. (2005). *The Biodiesel Handbook*. AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-02453-4>
- Kusmiyati. (2008). REAKSI KATALITIS ESTERIFIKASI ASAM OLEAT DAN METANOL MENJADI BIODIESEL DENGAN METODE DISTILASI REAKTIF. *Reaktor*, 12(2), 78. <https://doi.org/10.14710/reaktor.12.2.78-82>
- Mittlebach, M., & Remschmidt, C. (2004). *Biodiesel: The Comprehensive Handbook* (3 ed.). Martin Mittelbach.
- Nasution, M. A., Herawan, T., & Damoko, D. (2007). PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN BAKAR BIODIESEL SAWIT TERHADAP

- POWER, TINGKAT EMISI DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR KENDARAAN. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*.
- Nourredine, A. (2010). *Sulfate and Hydroxide Supported on Zirconium Oxide Catalysts for Biodiesel Production, Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University*. Blackburg.
- Pasae, Y. (2020). STUDI KINETIKA REAKSI ESTERIFIKASI PADA PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT. *Journal of Techno entrepreneur Acta*, 5(2), 89–92.
- Putri, S. E., Dharmono, & Irianti, R. (2022). Kajian Etnobotani Cerbera manghas (Bintaro) Pada Masyarakat Dayak Bakumpai Desa Bagus Kabupaten Barito Kuala Sebagai Buku Ilmiah Populer. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 1(4), 139–152.
- Rohimaatun, & Suriati, S. (2011). Bintaro (Cerbera Manghas) sebagai Pestisida Nabati. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri.*, 17, 1–6.
- Salamah, S. (2014). KINETIKA REAKSI ESTERIFIKASI MINYAK BIJI KAPUK PADA PEMBUATAN BIODIESEL. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.26555/chemica.v1i1.501>
- Setyawati, S. R. (2020). PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK HASIL EKSTRAKSI MASERASI BIJI BINTARO (*CERBERA MANGHAS LIN.*) DENGAN KATALIS H_2SO_4 DAN VARIASI RASIO MINYAK : METANOL. *WARTA AKAB*, 44(1), 7–13.
- Sudradjat, Marsubowo, A., & Yuniarti, K. (2009). PENGARUH PENGGUNAAN KATALIS ZEOLIT DALAM ESTERIFIKASI TERHADAP RENDEMEN

- DAN KUALITAS BIODIESEL MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 27(3), 256–266.
- Sudradjat, R., Hendra, D., & Setiawan, D. (2012). Teknologi pengolahan biodiesel dari biji bintaro. *Laporan Hasil Penelitian Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan pengolahan Hasil Hutan*.
- Syafaruddin, & Wahyudi, A. (2015). POTENSI VARIETAS UNGGUL KEMIRI SUNAN SEBAGAI SUMBER ENERGI BAHAN BAKAR NABATI. *Prespektif*, 14(2), 87–101.
- Usman, T., Ariany, L., Rahmalia, W., & Advant, R. (2009). *ESTERIFICATION OF FATTY ACID FROM PALM OIL WASTE (SLUDGE OIL) BY USING ALUM CATALYST*. *Indo.J.Chem*, 9(3), 474–478.
- Xingzhong, Y. (2006). Converting Waste Plastics into Liquid Fuel by Pyrolysis: Developments in China. Dalam *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics* (729–755). Wiley. <https://doi.org/10.1002/0470021543.ch28>

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

Kode : R-01

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara FFA dan methanol dengan katalis asam sulfat membentuk FAME dan Air

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

Bahan : *Stainless Steel tipe 316*

Bentuk : Tangki Silinder

Kondisi Operasi : *Isothermal*

T : 60 °C

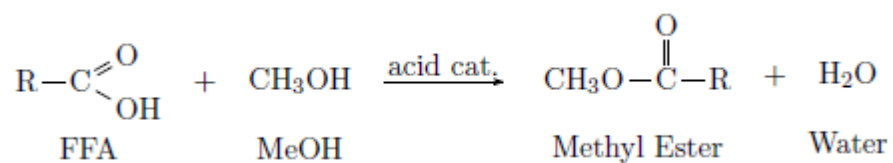
P : 1 atm

Konversi : 92%

Waktu reaksi : 11,10 menit

A. Neraca Massa Reaktor

Reaksi di Reaktor adalah sebagai berikut :



Komponen	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
C ₁₄ H ₂₈ O ₂ (<i>Myristic acid</i>)	106,8939	9,0058
C ₁₆ H ₃₂ O ₂ (<i>Palmitic acid</i>)	723,1566	60,9259
C ₁₈ H ₃₆ O ₂ (<i>Stearic acid</i>)	46,3131	3,9019

$C_{18}H_{34}O_2$ (<i>Oleic acid</i>)	1198,4343	100,9681
$C_{18}H_{32}O_2$ (<i>Linoleic acid</i>)	438,6869	36,9594
$C_{18}H_{30}O_2$ (<i>Linolenic acid</i>)	3,9394	0,3319
$C_{15}H_{30}O_2$ (<i>Methyl myristic</i>)	-	103,8988
$C_{17}H_{34}O_2$ (<i>Methyl palmitic</i>)	-	698,4464
$C_{19}H_{38}O_2$ (<i>Methyl Stearic</i>)	-	44,5019
$C_{19}H_{36}O_2$ (<i>Methyl oleic</i>)	-	1151,9504
$C_{19}H_{34}O_2$ (<i>Methyl linoleic</i>)	-	421,8139
$C_{19}H_{32}O_2$ (<i>Methyl linolenic</i>)	-	3,7892
CH_3OH (Methanol)	3733,3705	3461,2121
H_2O (Air)	205,3522	358,4413
H_2SO_4 (Asam Sulfat)	50,5051	50,5051
Σ	6506,6519	6506,6519

B. Densitas

Densitas komponen pada suhu : 60 °C / 333.15 K

Komponen	ρ Aspen (Kg/m ³)	Massa (Kg/jam)	Fraksi Massa	ρ_L Campuran (Kg/m ³)
$C_{14}H_{28}O_2$ (<i>Myristic acid</i>)	860,05	106,8939	0,0164	14,1302
$C_{16}H_{32}O_2$ (<i>Palmitic acid</i>)	855,286	723,1566	0,1111	95,0574
$C_{18}H_{36}O_2$ (<i>Stearic acid</i>)	852,148	46,3131	0,0071	6,0654

$C_{18}H_{34}O_2$ (<i>Oleic acid</i>)	860,898	1198,4343	0,1842	158,5654
$C_{18}H_{32}O_2$ (<i>Linoleic acid</i>)	877,882	438,6869	0,0674	59,1879
$C_{18}H_{30}O_2$ (<i>Linolenic acid</i>)	888,402	3,9394	0,006	0,5379
CH_3OH (Metanol)	754,568	3733,3705	0,5738	432,9541
H_2O (Air)	979,681	205,3522	0,0316	30,9191
H_2SO_4 (Asam Sulfat)	1795,061	50,5051	0,0078	13,9334
Σ		6506,6519	1,000	811,3508

C. Viskositas

Viskositas komponen pada suhu : 60 °C / 333.15 K

Komponen	Massa (Kg/jam)	Fraksi Massa (xi)	μ (cP)	$\ln \mu$	$\ln \mu \times x_i$
$C_{14}H_{28}O_2$ (<i>Myristic acid</i>)	106,8939	0,0164	7,6407	2,0335	0,0334
$C_{16}H_{32}O_2$ (<i>Palmitic acid</i>)	723,1566	0,1111	9,5902	2,2607	0,2513
$C_{18}H_{36}O_2$ (<i>Stearic acid</i>)	46,3131	0,0071	12,1202	2,4949	0,0178
$C_{18}H_{34}O_2$ (<i>Oleic acid</i>)	1198,434	0,1842	10,3200	2,3341	0,4299
$C_{18}H_{32}O_2$ (<i>Linoleic acid</i>)	438,6869	0,0674	7,8742	2,0636	0,1391

$C_{18}H_{30}O_2$ (<i>Linolenic acid</i>)	3,9394	0,006	6,4013	1,8565	0,0011
CH ₃ OH (Metanol)	3733,371	0,5738	0,3603	-1,0207	-0,5857
H ₂ O (Air)	205,3522	0,0316	0,4742	-0,7641	-0,0235
H ₂ SO ₄ (Asam Sulfat)	50,5051	0,0078	8,7985	2,1746	0,0169
Σ	6506,652	1,000	63,5797	13,4510	0,2803

Persamaan reaksi :



(Forum Teknik Jilid 22 No.2, 1998)

Persamaan kecepatan reaksinya

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

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

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

Dengan konversi asam x_A bagian dan konsentrasi awal asam C_{A0} , persamaan (3) diintergralkan dengan batas $x_A = 0$ pada $t = t_0$ dan $x_A = x_A$ dan $t = t$, maka diperoleh:

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

Apabila garis lurus terbentuk pada grafik hubungan $-\ln(1-x_A)$ dengan waktu (t), maka alkoholis *Free Fatty Acid* dapat dianggap ber-orde satu semu terhadap asam dan nilai dihitung dari besarnya tangen arah.



Reaksi Pembentukan	Asam Miristat	Metanol	Metil Miristat	Air
mula-mula	0,46883	116,6678	0,0000	11,4085
reaksi	0,42933	0,4293	0,4293	0,4293
sis	0,0395	116,2385	0,4293	11,8378



Reaksi Pembentukan	Asam Palmitat	Metanol	Metil Palmitat	Air
mula-mula	2,8248	116,2385	0,0000	11,8378
reaksi	2,5868	2,5868	2,5868	2,5868
sis	0,2380	113,6517	2,5868	14,4246



Reaksi Pembentukan	Asam Stearat	Metanol	Metil Stearat	Air
mula-mula	0,1631	113,6517	0,0000	14,4246
reaksi	0,1493	0,1493	0,1493	0,1493
sis	0,0137	113,5023	0,1493	14,5740



Reaksi Pembentukan	Asam Oleat	Metanol	Metil Oleat	Air
mula-mula	4,2498	113,5023	0,0000	14,5740
reaksi	3,8917	3,8917	3,8917	3,8917
sis	0,3580	109,6106	3,8917	18,4657



Reaksi Pembentukan	Asam Linoleat	Metanol	Metil Linoleat	Air
mula-mula	1,5667	109,6106	0,0000	18,4657
reaksi	1,4347	1,4347	1,4347	1,4347
sisanya	0,1320	108,1759	1,4347	19,9004



Reaksi Pembentukan	Asam Linolenat	Metanol	Metil Linolenat	Air
mula-mula	0,0142	108,1759	0,0000	19,9004
reaksi	0,0130	0,0130	0,0130	0,0130
sisanya	0,0012	108,1629	0,0130	19,9134

D. Design Equation

1. Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

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

$$= 8,0195 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 8019,529 \text{ liter/jam}$$

Sehingga didapatkan kecepatan alir volumetrik sebesar 8019,529 L/jam

2. Menghitung Konstanta Kecepatan Reaksi

- Menghitung laju alir volumetrik

$$F_v = \frac{\text{massa}}{\rho}$$

$$F_v = \frac{255,6674 \text{ kg/jam}}{803,6710 \text{ kg/m}^3}$$

$$F_v = 0,3181 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$F_v = 318,124 \text{ liter/jam}$$

- Menghitung konsentrasi umpan mula-mula

$$C_{A0} = \frac{na}{Fv}$$

$$C_{A0} = \frac{0,016829 \text{ kmol/jam}}{318,124 \text{ liter/jam}}$$

$$C_{A0} = 0,000529 \text{ kmol/liter}$$

$$C_{A0} = 0,000529 \text{ mol/liter}$$

$$C_{B0} = \frac{nb}{Fv}$$

$$C_{b0} = \frac{4,62005 \text{ kmol/jam}}{318,124 \text{ liter/jam}}$$

$$C_{B0} = 0,01452 \text{ kmol/liter}$$

$$C_{B0} = 0,01452 \text{ mol/liter}$$

Perbandingan konsentrasi

$$\text{Perbandingan} = \frac{C_{B0}}{C_{A0}}$$

$$\text{Perbandingan} = 27,45275$$

- Menghitung konsentrasi umpan (Reaksi 1)

$$C_a = C_{a0} \times (1 - x)$$

$$C_a = 0,00059 \text{ mol/liter} \times (1 - 0,92)$$

$$C_a = 0,00004 \text{ mol/liter}$$

$$C_b = C_{b0} - (1 \times x)$$

$$C_b = 0,014523 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} - (1 \times 0,92)$$

$$C_b = 0,01404 \text{ mol/liter}$$

Menghitung nilai k' dan k

$$-ra = k'. Ca = -\frac{dCa}{dt}$$

Dimana k' = k. Cb

$$k' = -\frac{(\ln C_a - \ln C_{A0})}{(3 \times 3600)}$$

$$k' = -\frac{(\ln (0,00004 \frac{mol}{liter}) - \ln (\frac{0,000529 mol}{liter}))}{(3 \times 3600)}$$

$$k' = 0,000229 \frac{mol}{liter.s}$$

$$k = \frac{k'}{C_b}$$

$$k = \frac{0,000229 \frac{mol}{liter.s}}{0,01404 mol/liter}$$

$$k = 0,01631 /s$$

$$K = 0,01631 \times 3600$$

$$K = 58,7289 jam^{-1}$$

$$K = \frac{58,7289 jam^{-1}}{60}$$

$$K = 0,9799 menit^{-1}$$

3. Menghitung Waktu Tinggal

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

$$\tau = 11,10 \text{ menit}$$

4. Menentukan Volume Reaktor

$$F_v \cdot \tau = 1.577,4 \text{ liter}$$

$$= 1,5774 \text{ m}^3$$

5. Optimasi Reaktor

Untuk menentukan jumlah reaktor optimal, perlu dilakukan optimasi reaktor dengan algoritma perhitungan dengan cara trial error nilai konversi akumulatif reaktor dengan menyamakan waktu tinggal setiap reaktor hingga diperoleh konversi total sebesar 92%. Berikut alur skema perhitungan yang dilakukan :

$$X = 1 - \frac{1}{(1 + \tau k)^N}$$

Keterangan :

X_n : Konversi reaktor ke n

N : Jumlah Reaktor

τ : Waktu Tinggal

k : Kinetika

a. Optimasi 2 Reaktor

Reaktor 1	X_1	0,71	%
	k	58,73	Jam^{-1}
	τ_1	0,0416	Jam
Reaktor 2	X_2	0,92	%
	k	58,73	Jam^{-1}
	τ_2	0,0416	Jam

Diperoleh waktu tinggal setiap reaktor adalah :

$$\tau = 0,0418 \text{ jam}$$

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

$$V = 0,3336 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Overdesign } 20\% = 0,40 \text{ m}^3$$

b. Optimasi 3 Reaktor

Reaktor 1	X_1	0,56	%
	k	58,729	Jam^{-1}
	τ_1	0,0218	Jam
Reaktor 2	X_2	0,81	%
	k	58,729	Jam^{-1}
	τ_2	0,0218	Jam
Reaktor 3	X_3	0,92	%
	k	58,729	Jam^{-1}
	τ_3	0,0218	Jam

Diperoleh waktu tinggal setiap reaktor adalah :

$$\tau = 0,0218 \text{ jam}$$

$$= 1,31 \text{ menit}$$

$$V = 0,1747 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Overdesign } 20\% = 0,2096 \text{ m}^3$$

c. Optimasi 4 Reaktor

Reaktor 1	X_1	0,46	%
-----------	-------	------	---

	k	58,729	Jam ⁻¹
	τ_1	0,0146	Jam
Reaktor 2	X ₂	0,71	%
	k	58,729	Jam ⁻¹
	τ_2	0,0146	Jam
Reaktor 3	X ₃	0,84	%
	k	58,729	Jam ⁻¹
	τ_3	0,0146	Jam
Reaktor 4	X ₄	0,92	%
	K	58,729	Jam ⁻¹
	τ_4	0,0146	Jam

Diperoleh waktu tinggal setiap reaktor adalah :

$$\tau = 0,0146 \text{ jam}$$

$$= 3,83 \text{ menit}$$

$$V = 0,116 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Overdesign } 20\% = 0,140 \text{ m}^3$$

d. Optimasi 5 Reaktor

Reaktor 1	X ₁	0,39	%
	k	58,72	Jam ⁻¹
	τ_1	0,0109	Jam
Reaktor 2	X ₂	0,63	%

	k	58,72	Jam ⁻¹
	τ_2	0,0109	Jam
Reaktor 3	X ₃	0,77	%
	k	58,72	Jam ⁻¹
	τ_3	0,0109	Jam
Reaktor 4	X ₄	0,86	%
	k	58,72	Jam ⁻¹
	τ_4	0,0109	Jam
Reaktor 5	X ₅	0,92	%
	k	58,72	Jam ⁻¹
	τ_5	0,0109	Jam

Diperoleh waktu tinggal setiap reaktor adalah :

$$\tau = 0,0109 \text{ jam}$$

$$= 0,65 \text{ menit}$$

$$V = 0,87 \text{ m}^3$$

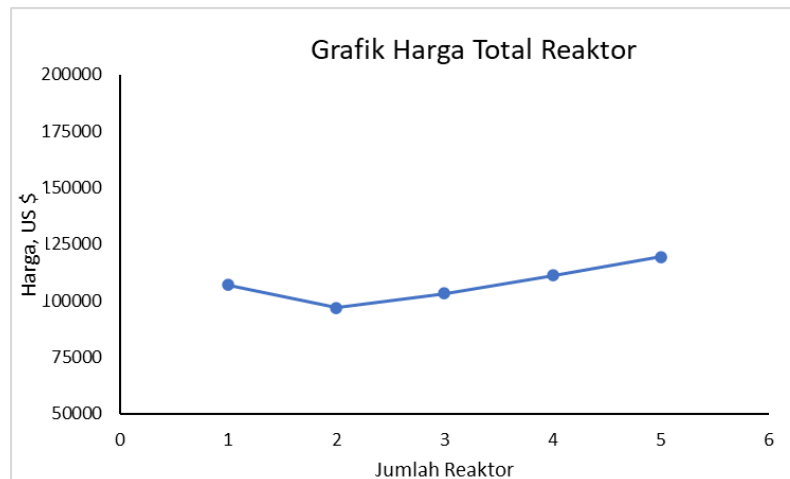
$$V \text{ Overdesign } 20\% = 0,105 \text{ m}^3$$

6. Menentukan Harga Reaktor

Bahan konstruksi yang digunakan yaitu *Stainless Steel 316*

Jumlah Reaktor	V Reaktor (m ³)	V Reaktor (gal)	Biaya (USD \$)	Biaya Total (USD \$)
1	1,781	470,51	107000	107000
2	0,400	105,77	48500	97000
3	0,210	55,39	34400	103200
4	0,140	37,06	27800	111200

5	0,105	27,75	23900	119500
---	-------	-------	-------	--------



Grafik hubungan biaya dan jumlah reaktor

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa jumlah reaktor yang akan digunakan adalah 1 reaktor, dengan pertimbangan karena penurunan harga untuk satu reaktor dibandingkan dengan harga dua reaktor tidak signifikan serta waktu tinggal reaktor 2 dan 3 terlalu singkat. Sehingga dipilih jumlah reaktornya adalah 1 unit dengan harga yaitu \$10.700 dan waktu tinggal 11,10 menit, Dimana waktu tinggal tersebut sesuai dengan syarat pada reaktor CSTR yaitu minimal 10 menit (Fogler, 5th edition).

E. Dimensi Reaktor

a. Menentukan Dimensi Reaktor

Perancangan reaktor dibuat *overdesign* sebesar 20% dengan pertimbangan keamanan, sehingga volume reaktor menjadi :

$$\text{Volume reaktor} = 1,2 \times 2,2777$$

$$\text{Volume reaktor} = 2,7333$$

Reaktor yang digunakan dirancang berbentuk silinder vertikal yang terdiri dari dinding (*shell*) serta tutup bawah dan atas (*head*) dengan bentuk *torispherical*. Berdasarkan buku Brownell & Young 1959, ditetapkan :

$$D = H$$

Dimana :

D = Diameter reaktor

H = Tinggi reaktor

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

$$D = 1,24 \text{ m}$$

Maka, nilai H :

$$H = 1,24$$

$$\text{Volume Head Torispherical} = 0,000049 d^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total reaktor} &= \text{Volume shell} + 2 \text{ Volume head} \\ &= 1,4842 \text{ m}^3 + 0,0931 \text{ m}^3 \\ &= 1,5774 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Menghitung Ketinggian Cairan dalam Reaktor

$$H_c = \frac{V_{\text{liquid}}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$H_c = 1,24 \text{ m}$$

c. Menghitung Tekanan Design

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

$$= 14,6959 \text{ psi}$$

$$P \text{ Hidrostatik} = \rho \text{ Campuran} \times g \times h$$

$$= 1,34 \text{ psi}$$

$$P \text{ Absolut} = \text{Tekanan hidrostatik} + \text{Tekanan operasi}$$

$$= 16,03 \text{ psi}$$

$$P \text{ Design} = 1,2 \times \text{Tekanan absolut}$$

$$= 19,23 \text{ psi}$$

$$= 1,30 \text{ atm}$$

d. Menghitung Tebal Dinidng Reaktor

$$t_s = \frac{P_d r_i}{fE - 0,6P_d} + C \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

$$t_s = \frac{19,23805 \text{ psi} \times 28,0766 \text{ in}}{18750 \times 0,8 - 0,6 \times 19,23805 \text{ psi}} + 0,125$$

$$= 0,1562 \text{ in}$$

Diambil t_s standar :

$$t_s = 3/16 \text{ in}$$

$$= 0,1875 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, 1959 ; Tabel 5.6})$$

$$ID \text{ shell} = 56,153 \text{ in}$$

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

$$= 56,153 \text{ in} + (2 \times 0,1875 \text{ in})$$

$$= 56,528 \text{ in}$$

Diambil OD standar :

$$OD = 54 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young ; Tabel 5.7})$$

Didapat nilai i cr dan r c dari tabel :

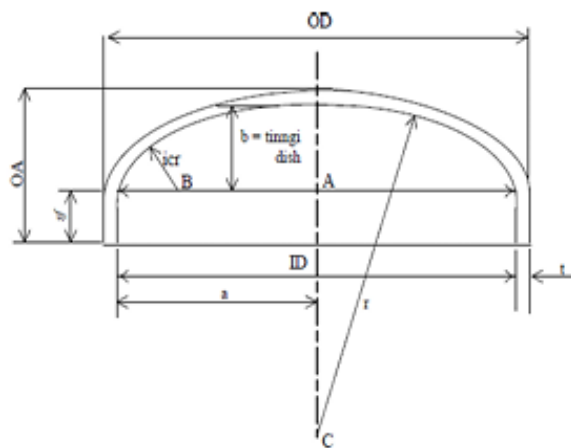
$$I_{cr} = 3.25 \text{ in}$$

$$R_c = 54 \text{ in}$$

e. Perancangan *head* dan *bottom* tangki

Bentuk : *Torispherical Dishead Head*

Dasar Pemilihan : Cocok digunakan untuk tangki dengan rentang tekanan 15 psi - 200 psi dan harga yang lebih ekonomis



- Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

$$t = \frac{pr_c W}{2fE - 0.2p} + c \quad (\text{Brownell \& Young, 1959 ; eq. 7.77})$$

Keterangan :

t = tebal head

W = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis *head*

f = *allowable stress*

E = *joint efficiency*

C = *corrosion allowance*

P = tekanan desain

Berdasarkan standar OD *shell* didapatkan nilai sebesar :

$$OD = 60 \text{ in}$$

Sehingga didapatkan nilai :

$$icr = 3,25 \text{ in}$$

$$rc = 54 \text{ in}$$

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

$$W = 0,8113 \text{ in}$$

Berdasarkan persamaan Brownell & Young 7.77, diperoleh nilai tebal *head* dan *bottom* dari perhitungan sebesar 0,1566 in dengan standarisasi berdasarkan Tabel 5.6 Brownell & Young, maka digunakan standar tebal *head* dan *bottom* 0,1875 in dan didapatkan nilai sf 1,5 - 2 in, digunakan nilai sf 1,5 in.

$$\begin{aligned} AB &= \frac{ID}{2} - icr \\ &= 21,2789 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= rc - icr \\ &= 50,75 \text{ in} \end{aligned}$$

- Menentukan *depth of dish*

$$\begin{aligned} B &= r - (\sqrt{BC^2 - AB^2}) \\ &= 7,926 \text{ in} \end{aligned}$$

- Menentukan tinggi dan volume *dish head*

Tinggi *dish head*

$$\begin{aligned} OA &= t + b + sf \\ &= 9,6139 \text{ in} \end{aligned}$$

$$= 0,2441 \text{ m}$$

Tinggi reaktor

$$\begin{aligned} h_{\text{reaktor}} &= 2h_{\text{head}} + h_{\text{shell}} \\ &= 67,9109 \text{ in} \\ &= 1,7249 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume *dish head*

$$\begin{aligned} V_{\text{sf}} &= \frac{\pi}{4} D^2 \cdot sf \\ &= 3762,6012 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{dish}} &= 0,000049 D^3 \\ &= 5,7853 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

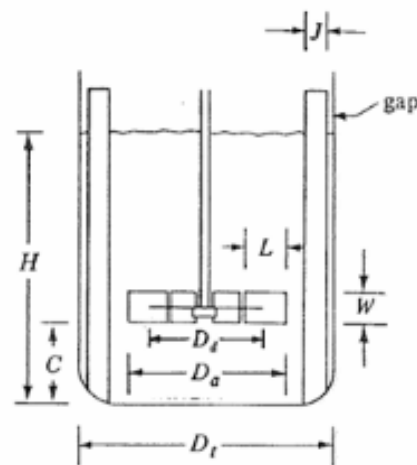
$$\begin{aligned} V_{\text{head}} &= 2 (V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}}) \\ &= 5679,3 \text{ in}^3 \\ &= 3,2883 \text{ ft}^3 \\ &= 0,0931 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

F. Desain Sistem Pengaduk

$$\begin{aligned} V &= 1,5774 \text{ m}^3 \\ &= 416,69 \text{ gallons} \\ \rho &= 811,3508 \text{ kg/m}^3 \\ &= 50,65 \text{ lb/ft}^3 \\ \mu &= 1,3235 \text{ cP} \\ &= 0,001 \text{ lb/ft.s} \end{aligned}$$

a. Dimensi Pengaduk

Jenis pengaduk yang digunakan adalah *six pitched blade turbine*, jenis ini dipilih karena cocok untuk kecepatan tinggi dan dapat digunakan untuk campuran dengan viskositas <100.000 cP (Geankoplis 1993, p. 143).



- Di = Diameter pengaduk
- L = Panjang *blade*
- J = Lebar *baffle*
- W = Lebar *impeller*
- Dd = Diameter batang penyangga *impeller*
- Zi/C = Jarak pengaduk dari dasar tangki

Dimensi :

$$\begin{aligned}
 Di &= \frac{ID}{3} \\
 &= 16,2276 \text{ in} \\
 &= 0,4122 \text{ m} \\
 &= 1,3523 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$Zi/C = 1,3 \times Di$$

	$= 21,096 \text{ in}$
	$= 0,536 \text{ m}$
	$= 1,758 \text{ ft}$
L	$= \frac{1}{4} Di$
	$= 4,057 \text{ in}$
	$= 0,103 \text{ m}$
	$= 0,338 \text{ ft}$
W	$= \frac{1}{5} Di$
	$= 3,246 \text{ in}$
	$= 0,082 \text{ m}$
	$= 0,270 \text{ ft}$
J	$= \frac{1}{12} ID$
	$= 4,0569 \text{ in}$
	$= 0,1030 \text{ m}$
	$= 0,3381 \text{ ft}$
Dd	$= \frac{2}{3} Di$
	$= 10,8148 \text{ in}$
	$= 0,2748 \text{ m}$
	$= 0,9015 \text{ ft}$
Offset 1	$= \frac{1}{2} Di$
	$= 8,1138 \text{ in}$
	$= 0,2061 \text{ m}$

$$= 0,6762 \text{ ft}$$

$$\text{Offset 2} = \frac{1}{6}J$$

$$= 0,6762 \text{ in}$$

$$= 0,0172 \text{ m}$$

$$= 0,0563 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang Baffle} = H_c - (\text{offset 1} + \text{offset 2})$$

$$= 38,37 \text{ in}$$

$$= 0,97 \text{ m}$$

$$= 3,20 \text{ ft}$$

b. Menentukan jumlah pengaduk

$$\text{Specific gravity (Sg)} = \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$= 0,8282$$

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

$$= 0,9920 \text{ m}$$

$$= 3,25 \text{ ft}$$

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

$$= 0,8022$$

Jadi jumlah pengaduk yang digunakan yaitu, 1 buah

c. Menentukan kecepatan putar pengaduk

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

$$= 155,0011 \text{ rpm}$$

$$= 2,5833 \text{ rps}$$

$$= 9300,0680 \text{ rph}$$

d. Menentukan bilangan reynold

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

$$= 2,6906 \times 10^5$$

e. Menentukan power

Berdasarkan Mc Cabe, fig 9.12 p. 250 *Curved (six-blade turbine, vertical blades)*, didapatkan :

$$N_p = 6$$

Maka, didapatkan power pengaduk

$$P = \frac{N_p N^3 Di^5 \rho}{gc}$$

$$\text{Brown, 1978, p. 508}$$

$$= 735,8765 \text{ ft.lb/s}$$

$$= 1,3379 \text{ HP}$$

Efisiensi motor= 80% Peters, p. 521, fig. 14.38

$$P_{\text{motor}} = \frac{Pa}{\eta}$$

$$= 1,6724 \text{ HP}$$

Dipilih power pengadukan sesuai dengan standar NEMA

$$P_{\text{motor}} = 2 \text{ HP} \quad \text{Rase \& Barrow, 1957, p.358}$$

G. Desain Jaket Pendingin

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah reaksi eksotermis, maka dari itu diperlukan jaket pendingin untuk menjaga suhu reaktor agar tetap stabil pada 60°C.

a. Neraca panas

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/ jam)	ΔH out (Kj/ jam)
Asam Miristat	7707,29	649,34
Asam Palmitat	51459,04	4335,42
Asam Stearat	3424,74	288,53
Asam Oleat	81490,63	6865,59
Asam Linoleat	28174,03	2373,66
Asam Linolenat	249,22	21,00
Methyl Miristat	-	6503,58
Methyl Palmitat	-	43910,23
Methyl Stearat	-	2787,14
Methyl Oleat	-	75963,52
Methyl Linoleat	-	25125,96
Methyl Linolenat	-	220,76
Methanol	316222,23	293170,00
Air	29096,50	50787,81
Asam Sulfat	1450,25	1450,25
ΔH Reaksi	298,35	-
Q serap	-	511,49
Total	519572,2868	519572,2868

b. ΔT LMTD

Komponen	°C	K	F
suhu fluida panas masuk reaktor	60	333,15	140
suhu fluida panas keluar reaktor	60	333,15	140
suhu fluida dingin masuk	25	298,15	77
suhu fluida dingin keluar	45	318,15	113

No.	Fluida panas (F)	Fluida dingin (F)	ΔT (F)
1	140	113	27
2	140	77	63

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

$$= 42,4880 \text{ F}$$

c. Jenis pendingin

$$\text{Luas selimut} = \pi DH + \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= 65,1976 \text{ ft}^2$$

Heat transfer area (A)

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

$$= 1,554495 \text{ ft}^2$$

d. Perancangan jaket

$$Q_{\text{serap}} = 5226,28 \text{ kJ/jam}$$

$$= 4953,5536 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Densitas air} = 1027,4529 \text{ kg/m}^3$$

$$= 64,14179 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Massa air} = 82,4762 \text{ kg/jam}$$

$$= 181,82906 \text{ lb/jam}$$

$$Q_v = 0,080272 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2,834799 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Volume jaket :

$$V \text{ air pendingin} = Q_v \times \text{waktu tinggal}$$

$$= 0,080272 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diameter jaket :

Asumsi jarak jaket

$$L = 0,05 \text{ m}$$

$$= 1,9685 \text{ in}$$

$$= 0,1640 \text{ ft}$$

$$D_j = D_t + 2t_s + 2L$$

$$= 53,36994 \text{ in}$$

$$= 1,3555 \text{ m}$$

$$= 4,4475 \text{ ft}$$

Tebal jaket :

$$t_j = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0,6 \times P} + C$$

$$= 0,156 \text{ in}$$

$$= 0,003973 \text{ m}$$

$$= 0,0134034 \text{ ft}$$

Berdasarkan standar ASME pada buku Brownell & Young, Tabel 5.6,

pp. 88 diambil nilai standar yang mendekati :

$$t_j = 0,1875 \text{ in}$$

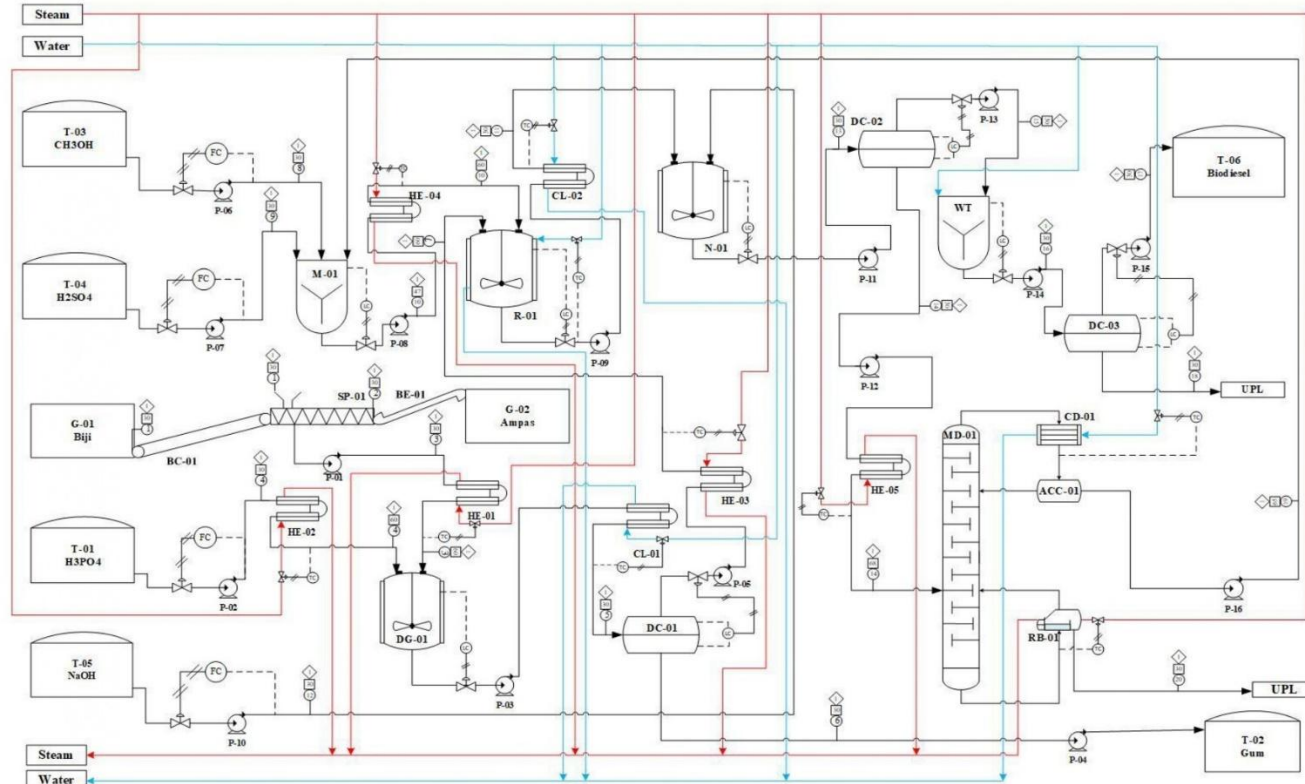
REAKTOR 1					
Jaket Pendingin	Tinggi	67,87	in	1,724	m
	Diameter	48,681	in	1,2365	m

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI SEA MANGO (CERBERA ODOLLAM) OIL DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



ALAT	KETERANGAN
T	Tangki Penyimpanan
G	Gudang Penyimpanan
M	Mixer
R	Reaktor
N	Netralizer
BC	Belt Conveyor
SP	Screw Press
BE	Bulki Elevator
DC	Decanter
WT	Washing Tower
MD	Menara Distilasi
CD	Condensor
RB	Reboiler
ACC	Accumulator
HE	Heater
CL	Cooler
P	Pompa

SIMBOL	KETERANGAN
FC	Flow Control
TC	Temperature Control
LC	Level Control
Valve	Valve
atm	Tekanan, atm
C	Subu, C
Nomor Arus	Nomor Arus
//	Arus Sinyal Pneumatik
----	Pipa
-----	Arus Sinyal Listrik

Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Biji	4509,3795																			
C1H28O2			106,8939		106,8939		106,8939				9,0058		9,0058		9,0058		9,0058			
C18H32O2			723,1565		723,1565		723,1565				60,9259		60,9259		60,9259		60,9259			
C18H40O2			46,1131		46,1131		46,1131				3,9019		3,9019		3,9019		3,9019			
C18H40O2			1198,4343		1198,4343		1198,4343				100,9681		100,9681		100,9681		100,9681			
C18H40O2			438,6868		438,6868		438,6868				36,9594		36,9594		36,9594		36,9594			
C18H40O2			3,9393		3,9394		3,9394				0,3319		0,3319		0,3319		0,3319			
C18H40O2											103,8988		103,8988		103,8988		103,8988			
C17H34O2											698,4464		698,4464		698,4464		698,4464			
C19H38O2											44,5019		44,5019		44,5019		44,5019			
C19H40O2											1151,9504		1151,9504		1151,9504		1151,9504			
C19H40O2											421,8139		421,8139		421,8139		421,8139			
C19H40O2											3,7892		3,7892		3,7892		3,7892			
Gum		1785,7142			198,4126		198,4127													
Angas																				
H2O		7,8282	14,4194	22,247	14,4194	7,8283	35,1631	1,0307	107,5339	358,4413	61,8429	438,8371	434,4487	4,3884	57,1182	1,1434	55,9759	171,3299	263,1187	
CH3OH							478,1085		3733,3785	3461,2121		3461,2121	3426,5999	34,6121	34,6121	6,0922	33,9199	3255,3699	171,3299	
H2SO4			81,7099	81,7099	81,7099				50,5051	50,5051	50,5051									
NaOH												41,2286								
Na2SO4												73,1808	73,1808						73,1808	
Sub Total	4509,3795	1785,7142	2723,6652	96,1294	2819,7846	284,5421	2525,2525	3979,8636	51,5358	3981,3994	6586,6519	103,0715	6609,7235	3934,2294	2675,4940	2728,2239	2638,3281	89,8958	3426,5999	507,6295

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	
	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI SEA MANGO (CERBERA ODOLLAM) OIL DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN	
Disusun Oleh :	1. Aulia Okta Berinda (21521116) 2. Isnani Wardatur Rohmah (21521102)	
Dosen Pembimbing :	1. Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.	

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa 1 : Isnaeni Wardatur Rohmah

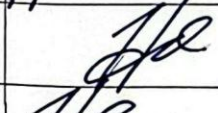
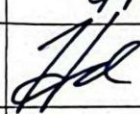
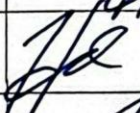
No. Mahasiswa 1 : 21521102

Nama Mahasiswa 2 : Aulia Okta Berinda

No. Mahasiswa 2 : 21521116

Semester/Tahun Akademik : 8/2024/2025

Nama Dosen Pembimbing : Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Konsultasi	Paraf Dosen
1	27 September 2024	Perkenalan dan diskusi awal mengenai prarancangan pabrik.	
2	14 November 2024	Konsultasi spesifikasi bahan dan produk serta identifikasi hazard bahan baku dan produk.	
3	4 December 2024	Konsultasi terkait diagram alir proses.	
4	12 Desember 2024	Konsultasi revisi diagram alir proses.	
5	24 Desember 2024	Diskusi mengenai macam-macam alternatif proses produksi biodiesel dan pemilihan proses yang akan digunakan.	
6	25 Desember 2024	Konsultasi neraca massa keseluruhan aliran proses.	
7	23 Januari 2025	Konsultasi mengenai kinetika reaksi esterifikasi pembuatan biodiesel.	
8	3 Februari 2025	Konsultasi penentuan kapasitas produksi pabrik berdasarkan kebutuhan pasar berdasarkan kebutuhan pasar.	
9	24 Februari 2025	Konsultasi perancangan reaktor: jenis, kondisi operasi dan ukuran.	
10	20 Maret 2025	Konsultasi alat pemisah Menara distilasi dan decanter.	
11	16 April 2025	Konsultasi mengenai alat proses : Screw press, Netralizer, Degummer dan Washing Tower.	
12	21 April 2025	Konsultasi terkait dengan alat penukar panas yang digunakan.	

13	23 April 2025	Konsultasi mengenai alat transportasi bahan : Pompa, Belt Conveyor dan Bulk Conveyor.	
14	28 April 2025	Konsultasi terkait penyimpanan : Gudang dan Tangki.	
15	16 Mei 2025	Konsultasi terkait tata letak dan pemilihan lokasi pendirian pabrik.	
16	3 Juni 2025	Konsultasi terkait utilitas.	
17	10 Juni 2025	Konsultasi evaluasi ekonomi dan pembahasan penyusunan naskah laporan TA.	

Disetujui draft penulisan :
Yogyakarta, 30 Juni 2025

Pembimbing


Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.
NIK. 005220101