

**PRA RANCANGAN PABRIK METIL ESTER DARI
MINYAK JARAK DENGAN PROSES ESTERIFIKASI
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

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



Disusun oleh :

Nama : Zhafran Qashid Rahmatullah

Nama : Iman Alfian

NIM : 20521036

NIM : 20521203

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

2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRA RANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zhafran Qashid Rahmatullah Nama : Iman Alfian

NIM : 20521036 NIM : 20521203

Yogyakarta, Mei 2024

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

Td. Tangan



Zhafran Qashid Rahmatullah

Td. Tangan



Iman Alfian

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK METIL ESTER DARI MINYAK JARAK
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Zhafran Qashid Rahmatullah Nama : Iman Alfian
NIM : 20521036 NIM : 20521203

Yogyakarta, 13 Mei 2024

Pembimbing,

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

NIK. 005220101

البعثة الإسلامية الأفندية

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Zhafran Qashid Rahmatullah

Nama : Iman Alfian

NIM : 20521036

NIM : 20521203

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, 05 Juni 2024

Tim Penguji

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



Ketua

Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.



5/6/24

Anggota I

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D



5/6/24

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

NIK. 995200445

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur Alhamdulillah atas rahmat, hidayah dan inayah-nya dari Allah SWT, akhirnya kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “***PRA RANCANGAN PABRIK METIL ESTER DARI MINYAK JARAK PAGAR DENGAN PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN***” ini disusun sebagai penerapan dari Ilmu Teknik Kimia yang telah didapat dibangku kuliah, dan sebagai satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada kesempatan ini tidak lupa kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada berbagai pihak yang telah membantu terwujudnya Laporan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih penulis dipersembahkan kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dorongan dan motivasi baik berupa materi maupun mental, serta tak lupa atas doanya yang tidak henti-hentinya diberikan kepada kami untuk dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia 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, memberikan semangat dan masukan kepada kami dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2020 yang banyak membantu dalam lancarnya Tugas Akhir kami ini, yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu. Semangat teman-teman perjuangan kita masih panjang.

Kami menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini masih banyak kekurangan dan kelemahan serta jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 14 April 2024

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillah dengan ucapan syukur yang tiada henti saya panjatkan atas kemudahan yang telah Allah SWT berikan dalam keletihan dan kepenatan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik ini sebagai garis akhir dari perjuangan saya dalam menjalani masa kuliah dan sebagai awal yang baru bagi saya untuk melangkah menuju dunia yang baru.

Perjuangan saya hingga hingga titik ini tidak luput dari orang-orang hebat yang saya temui sebagai penyemangat untuk dapat menyelesaikan setiap tahap hingga mencapai titik akhir ini. Tiada lembar yang paling indah dalam laporan ini kecuali lembar persembahan yang saya persembahkan untuk:

1. Ibu Rita Yuliani, S.H., M.T. dan Bapak Syamsu Herman, S.Sos, Ibunda dan Ayahanda saya. Ini adalah persembahan saya, sebagai ungkapan penghargaan yang tulus atas segala bimbingan dan kasih sayang yang telah kalian berikan. Semoga perjalanan hidup saya menjadi bukti yang nyata dari investasi besar yang telah kalian tanamkan dalam membentuk mental saya. Terima kasih, Bunda dan Bapak.
2. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih, Bapak, karena telah memberikan dukungan, bimbingan, dan inspirasi tanpa henti selama perjalanan ini, kepribadian Bapak yang hangat, penuh humor, dan selalu siap membantu membuat setiap pertemuan dengan Bapak menjadi pengalaman yang tak terlupakan. Bapak telah mencerahkan perjalanan studi saya dengan

kebijaksanaan, kesabaran, dan ketulusan yang luar biasa. Terima kasih, Bapak, karena telah memberikan dukungan, bimbingan, dan inspirasi tanpa henti selama perjalanan ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah kepada Bapak dan keluarga, serta memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang berlimpah.

3. Iman Alfian, *Partner* Kerja Praktik, Penelitian dan Tugas Akhir. Terima kasih atas kesabaran yang tiada henti dan semangat yang menginspirasi. Kita telah membuktikan bahwa dengan kesatuan dan tekad yang kokoh, segala hal menjadi mungkin. kerjasama kita telah menjadi pilar kesuksesan dalam menyelesaikan setiap tahapan. Dari proses praktik, penelitian, hingga tugas akhir, kolaborasi kita telah memberikan inspirasi, dukungan, dan kekuatan.
4. Teman–teman seperjuangan saya lapangan yang saya anggap keluarga sendiri (Zami, Aqil, Ardhan, Rofid, Lana, Daryl, Angel, Renita) Terima kasih atas dukungan tanpa syarat kalian dan semangat yang selalu menyala broo. Kebersamaan kita tidak hanya memperkaya pengalaman, tetapi juga memberikan kekuatan dan inspirasi untuk terus maju. Ini adalah penghargaan yang tulus, sebagai ungkapan terima kasih atas kebersamaan yang menghangatkan dan kerja keras yang saling menginspirasi. Mari kita terus bersatu, menjelajahi jalan yang berliku, dan meraih mimpi-mimpi kita bersama-sama.
5. Untuk teman saya Ratih Putri Nabila (Ranting) dan Tiara Indah Ramadani, teman seperjuangan dari semester satu. Meskipun mungkin tidak selalu banyak cerita yang kita bagi, tapi setiap momen bersama kalian tak ternilai.

Kalian keren telah menunjukkan keberanian dan ketangguhan yang luar biasa, mengatasi berbagai rintangan dengan gemilang, dan pokoknya kalian luar biasa, walaupun banyak sakitnya tetap bertahan, semoga kalian selalu berhasil dalam setiap apapun itu kawan.

6. Untuk Tiara Rachma, Nafasa, Fasta, Ruffy, dan Raihan. para sahabat sejati yang selalu berada di samping saya. Kalian bukan hanya sekadar teman, tetapi juga pilar-pilar kekuatan dalam hidup saya. Dukungan dan semangat yang kalian berikan telah menerangi setiap langkah perjalanan ini. Mari kita terus berjalan bersama, karena dalam kebersamaan, kita menemukan kekuatan untuk mengubah mimpi menjadi kenyataan. Ingatlah, di setiap tantangan ada peluang, dan bersama, kita mampu menghadapinya dengan kepala tegak dan hati yang berani. Kita adalah tim yang tak terkalahkan, dan bersama, kita akan menaklukkan dunia

Zhafran Qashid Rahmatullah

Teknik Kimia UII 2020

LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirobbil'alamin

Sembah sujud serta Syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan tepat waktu. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi yaitu:

1. Ibunda dan Ayahanda Tercinta sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada Ibu (Siti Hajar) dan Ayah (Hasan, S.Pt) yang telah memberikan kasih sayang, serta dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi Langkah awal untuk membuat Ibu dan Ayah bahagia. Karena kusadari bahwa selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk Ibu dan Ayah yang selalu mendoakanku, menasehatiku serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik. Terima kasih Ibu.... Terima kasih Ayah....
2. Adik dan Kakakku, sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan Laporan Tugas Akhir ini untuk Agustiningsih Herliani, S.Pd, Febri Nurfitriani, S.Pd

dan Gina Laila Saputri. Terima kasih telah memberikan semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga doa dan semua hal yang terbaik yang engkau berikan menjadikan ku orang yang baik pula. Terima kasih.

3. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir saya. Terima kasih banyak atas segala dukungan dan motivasi yang telah Bapak berikan selama ini. Tanpa Bapak, saya mungkin tidak akan bisa melewati perjuangan mengerjakan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah kepada Bapak dan keluarga, serta memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan yang berlimpah.
4. Zhafran Qashid Rahmatullah, *Partner* Kerja Praktik, Penelitian dan Tugas Akhir sekaligus teman yang selalu ada di saat susah dan senang. Terima kasih banyak untuk segala kesabaran dan kebaikan yang telah engkau berikan. Terima kasih atas kolaborasi, dukungan, dan semangat yang tak pernah pudar. Bersama kita telah menaklukkan berbagai tantangan dan menghasilkan karya yang membanggakan. Semoga perjalanan kita tidak berhenti di sini, tetapi menjadi awal dari kesuksesan yang lebih besar di masa depan. Terima kasih atas dedikasi dan kerja sama yang luar biasa.
5. Elite Squad (Raka, Adytya, Dhyan, Tara, Rusfa, Aini) sahabat yang sangat luar biasa yang saling mengingatkan, sahabat semasa TK sampai sekarang dan sama-sama berjuang dalam menyusun, serta selalu mendukung masa perkuliahan, Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada kalian agar semangat dan jangan putus asa mengerjakan skripsi kalian.

6. AKC PEOPLE (Fikri, Isti, Naura, Qonitha, Anisah, Tarisa, Amalia) terima kasih telah menemani setiap langkah di masa kuliah kita. Terima kasih atas semua kenangan yang telah kita bagi bersama. Terima kasih atas segala hal yang telah kita lalui bersama. Dari tawa hingga air mata, kalian selalu ada di sampingku. Bersama kalian, hidupku lebih berwarna dan penuh makna. Terima kasih atas kejujuran, dukungan, dan candaan yang tak pernah habis. Semoga persahabatan kita terus berkembang dan abadi selamanya. Kalian tak hanya teman, tapi keluargaku yang terpilih. Terima kasih telah menjadi bagian tak terpisahkan dalam hidupku.
7. Kepada teman yang selalu ada di setiap langkah perkuliahanku (Jhody, Edwina, Lita, Arin, Ulya, Ani Chalwa, Vinna, Hemalia) terima kasih atas kehadiranmu yang tiada henti. Dalam suka dan duka, kamu selalu bersamaku, memberikan dukungan tanpa syarat. Terima kasih karena telah menjadi tempatku berbagi cerita, harapan, dan impian. Tanpamu, perjalanan perkuliahan tak akan seindah ini. Semoga kita terus bersama melangkah, menghadapi segala rintangan, dan meraih mimpi-mimpi kita bersama. Terima kasih, sahabatku, atas segalanya.
8. Kepada rekan-rekan kerja tercinta (Asisten Laboratorium Fisika Dasar, Asisten Praktikum DTK, Asisten Praktikum OTK, Tim Embun Kalimasada) terima kasih atas kerja sama, dukungan, dan kebersamaan yang telah kita bagi selama ini. Dalam suka dan duka, kita selalu saling mendukung dan menginspirasi satu sama lain. Terima kasih karena telah menjadikan tempat kerja ini seperti rumah kedua bagi saya. Semoga hubungan profesional kita

tetap kuat dan solid, serta membawa kesuksesan bagi kita semua. Terima kasih atas dedikasi dan semangat yang telah kalian berikan.

9. Tim *Student Staff* JTK UII (Putri, Amalia, Tata, Bu Ajeng, Bu Alinda) terima kasih karena telah menjadikan saya Iman Alfian yang selalu mendapatkan job MC, *event* lainnya. Terima kasih atas arahan yang selalu diberikan, kehangatan serta kelembutan dari teman-teman SS 20 dan ibu dosen tercinta.
10. Kepada adik-adikku di perantauan (Fina, Nadya, Mira, Fira, Anggun) terima kasih telah menjadi keluarga jauh dari rumah. Meskipun jauh dari tanah kelahiran, kita tetap satu keluarga dalam persaudaraan. Terima kasih atas kehangatan, dukungan, dan kebersamaan yang selalu terjaga di antara kita. Semoga kita tetap kuat dan kompak menghadapi segala tantangan di kota orang. Bersama, kita adalah bukti bahwa jarak tak pernah menghalangi kebersamaan. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidupku di perantauan.
11. Sobat Umeng #2 (Arsila, Aini, Ara, Fitti, Ivanna, Raifan, Nailul, Khusnul) Terima kasih atas semangat dan dedikasi yang kalian tunjukkan setiap harinya. Bersama kalian, setiap tantangan menjadi lebih ringan dan setiap pencapaian menjadi lebih bermakna. Sesuai nama grup kita Pejuang Skripsi, saya dedikasikan Tugas Akhir ini sebagai bentuk perjuangan saya yang selalu teman-teman umeng iringi dengan doa dan semangat yang tak pernah putus kepada saya. Ingatlah perjuangan tidak akan mengkhianati hasil.
12. Teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia 2020 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala kenangan dan dukungan yang

telah diberikan selama ini. Semoga kita semua bisa menjadi orang sukses dan mencapai apa yang kita impikan, aamiin.

13. Dan terakhir, kepada diri saya sendiri. Iman Alfian. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba, terima kasih karena memutuskan untuk tidak menyerah di tahun ini. Sesulit apapun proses penyusunan Tugas Akhir ini kamu telah menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut di rayakan untuk diri sendiri. Berbahagialah selalu dimanapun berada, Iman. Apapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

Iman Alfian

Teknik Kimia UII 2020

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xxi
ABSTRAK	xxiii
<i>ABSTRACT</i>	xxiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	8
1.3 Tinjauan Pustaka	19
1.4 Pemilihan Proses	39
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	48
BAB II	52
PERANCANGAN PRODUK	52
2.1 Spesifikasi Produk.....	52
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	54
2.3 Pengendalian Kualitas	56
BAB III.....	63
PERANCANGAN PROSES.....	63
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	63
3.2 Uraian Proses	65
3.3 Spesifikasi Alat	69
3.4 Neraca Massa	103
3.5 Neraca Panas	109
BAB IV	114
PERANCANGAN PABRIK	114
4.1 Lokasi Pabrik	114
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	122
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	128
4.4 Organisasi Perusahaan	131
BAB V.....	150

UTILITAS	150
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	152
5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i>	160
5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	161
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan.....	164
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	165
5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan.....	165
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas.....	166
BAB VI	175
EVALUASI EKONOMI	175
6.1 Penaksiran Harga Alat.....	176
6.2 Dasar Perhitungan	182
6.3 Komponen Biaya.....	182
6.4 Analisa Keuntungan	186
6.5 Analisa Kelayakan	187
6.6 Analisis Resiko Pabrik	191
BAB VII	198
PENUTUP	198
7.1 Kesimpulan	198
7.2 Saran.....	200
DAFTAR PUSTAKA	201
LAMPIRAN	206

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data produksi biodiesel di Indonesia	11
Tabel 1. 2 Data konsumsi biodiesel Indonesia	12
Tabel 1. 3 Ekspor biodiesel di Indonesia	13
Tabel 1. 4 Persen pertumbuhan jumlah ekspor	15
Tabel 1. 5 Kapasitas produksi perusahaan	17
Tabel 1. 6 Sumber potensial sebagai bahan baku biodiesel di Indonesia.....	19
Tabel 1. 7 Perbandingan kandungan minyak beberapa tanaman	21
Tabel 1. 8 Komposisi asam lemak minyak jarak pagar.....	22
Tabel 1. 9 Komposisi Bahan Kimia dari Biji, Kulit, dan Buah Jarak Pagar	22
Tabel 1. 10 Parameter fisis dan kimia minyak jarak pagar	23
Tabel 1. 11 Sifat fisik dan kimia biodiesel dan petrodiesel.....	28
Tabel 1. 12 Penurunan Tingkat Polusi dengan Menggunakan Campuran Biodiesel	29
Tabel 1. 13 Ciri-ciri biodiesel.....	32
Tabel 1. 14 Standar biodiesel SNI.....	32
Tabel 1. 15 Standarisasi biodiesel	33
Tabel 1. 16 Perbandingan kondisi operasi.....	40
Tabel 1. 17 Perbandingan proses esterifikasi dan transesterifikasi	41
Tabel 1. 18 Parameter kimia fisika minyak jarak pagar, metil ester, etil ester.....	41
Tabel 1. 19 Penelitian biodiesel dari beberapa minyak nabati	43
Tabel 1. 20 Harga masing-masing gugus	49
Tabel 1. 21 Harga entalpi masing-masing komponen pada suhu 298,15K.....	49
Tabel 3. 1 Neraca massa pada <i>Mixer</i>	103
Tabel 3. 2 Neraca massa pada Reaktor 1	104
Tabel 3. 3 Neraca massa pada Reaktor 2.....	104
Tabel 3. 4 Neraca massa pada <i>Netralizer</i> (N-01)	105
Tabel 3. 5 Neraca massa pada <i>Decanter</i> 1 (DC-01).....	105
Tabel 3. 6 Neraca massa pada <i>Washing Tower</i> (WT-01).....	106
Tabel 3. 7 Neraca massa pada <i>Decanter</i> 2 (DC-02).....	106
Tabel 3. 8 Neraca massa pada Menara Distilasi (MD-01)	107
Tabel 3. 9 Neraca massa pada Menara Distilasi (MD-02)	107
Tabel 3. 10 Neraca massa pada Condensor (CD-01)	107
Tabel 3. 11 Neraca massa pada Condensor (CD-02).....	108
Tabel 3. 12 Neraca massa pada <i>Reboiler</i> (RB-01)	108
Tabel 3. 13 Neraca massa pada <i>Reboiler</i> (RB-02)	108
Tabel 3. 14 Neraca massa total.....	109
Tabel 3. 15 Neraca panas pada <i>Mixer</i> (M-01).....	109
Tabel 3. 16 Neraca panas pada Reaktor (R-01).....	109

Tabel 3. 17 Neraca panas pada Reaktor (R-02).....	110
Tabel 3. 18 Neraca panas pada <i>Netralizer</i> (N-01).....	111
Tabel 3. 19 Neraca panas pada <i>Decanter</i> (DC-01)	111
Tabel 3. 20 Neraca panas pada <i>Washing Tower</i> (WT-01).....	112
Tabel 3. 21 Neraca panas pada <i>Decanter 2</i> (DC-02).....	112
Tabel 3. 22 Neraca panas pada Menara Distilasi (MD-01).....	113
Tabel 3. 23 Neraca panas pada Menara Distilasi (MD-02).....	113
Tabel 4. 1 Perincian luas bangunan dan pabrik.....	125
Tabel 4. 2 Jadwal jam kerja karyawan non-shift.....	142
Tabel 4. 3 Jadwal jam kerja karyawan shift	143
Tabel 4. 4 Jadwal kerja setiap kelompok.....	144
Tabel 4. 5 Jumlah tenaga kerja dan sistem penggajian.....	145
Tabel 5. 1 Kebutuhan air pendingin	154
Tabel 5. 2 Total kebutuhan listrik alat proses.....	161
Tabel 5. 3 Total kebutuhan listrik utilitas	162
Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Listrik.....	164
Tabel 5. 5 Spesifikasi Pompa utilitas	166
Tabel 5. 6 Lanjutan spesifikasi Pompa utilitas.....	167
Tabel 5. 7 Lanjutan spesifikasi Pompa utilitas.....	168
Tabel 5. 8 Spesifikasi bak utilitas.....	169
Tabel 5. 9 Spesifikasi tangki utilitas.....	170
Tabel 5. 10 Lanjutan spesifikasi tangki utilitas	171
Tabel 5. 11 Lanjutan spesifikasi tangki utilitas	172
Tabel 5. 12 Spesifikasi klarifier.....	173
Tabel 5. 13 Spesifikasi saringan utilitas	173
Tabel 5. 14 Saringan Pasir Utilitas.....	173
Tabel 5. 15 Spesifikasi <i>cooling tower</i> utilitas	174
Tabel 5. 16 Spesifikasi <i>deaerator</i>	174
Tabel 5. 17 Spesifikasi <i>blower cooling tower</i>	174
Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1996 – 2023	176
Tabel 6. 2 Harga alat proses	178
Tabel 6. 3 Harga alat utilitas.....	180
Tabel 6. 4 <i>Physical plant cost</i> (PPC).....	182
Tabel 6. 5 <i>Direct plant cost</i> (DPC).....	183
Tabel 6. 6 <i>Fixed capital investment</i> (FCI).....	183
Tabel 6. 7 <i>Working capital investment</i> (WCI).....	184
Tabel 6. 8 <i>Direct manufacturing cost</i> (DMC)	184
Tabel 6. 9 <i>Indirect manufacturing cost</i> (IMC)	185
Tabel 6. 10 <i>Fixed manufacturing cost</i> (FMC).....	185
Tabel 6. 11 <i>Total manufacturing cost</i>	185

Tabel 6. 12 <i>General expense</i> (GE)	186
Tabel 6. 13 Total <i>production cost</i>	186
Tabel 6. 14 <i>Annual fixed manufacturing cost</i> (Fa).....	189
Tabel 6. 15 <i>Annual regulated expenses</i> (Ra).....	189
Tabel 6. 16 <i>Annual variable value</i> (Va)	189
Tabel 6. 17 <i>Annual sales value</i> (Sa).....	189
Tabel 6. 18 Identifikasi Hazard	192

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia	12
Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia	13
Gambar 1. 3 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia	14
Gambar 1. 4 Reaksi Pembentukan Metil Ester	31
Gambar 1. 5 Reaksi Esterifikasi.....	36
Gambar 1. 6 Reaksi Transesterifikasi	36
Gambar 1. 7 Bagan Pemanfaatan Tanaman Jarak	42
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	63
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	64
Gambar 3. 3 Proses Pembentukan Metil Ester.....	66
Gambar 4. 1 Lokasi pabrik biodiesel	114
Gambar 4. 2 <i>Layout</i> pabrik biodiesel	127
Gambar 4. 3 <i>Layout</i> alat proses (skala 1 : 500).....	130
Gambar 4. 4 Struktur organisasi perusahaan pabrik biodiesel	136
Gambar 5. 1 Diagram alir utilitas.....	151
Gambar 6. 1 Grafik regresi linear	178
Gambar 6. 2 Grafik evaluasi ekonomi	197

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perancangan reaktor	206
Lampiran B <i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PFD).....	219
Lampiran C Kartu konsultasi bimbingan prarancangan pabrik	221

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

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

L	:	Lebar pengaduk, m
N	:	Kecepatan putaran, rpm
UD	:	Koefisien perpindahan panas <i>overall</i> HE, Btu/jam ft ² °F
UC	:	Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft ² °F
P	:	Panjang, m
l	:	Lebar, m
x	:	Konversi, %
E	:	Efisiensi sambungan
K	:	Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
k	:	Konstanta kinetika reaksi
R	:	Tatapan konstan gas
Fv	:	Laju alir, m ³ /jam
Sg	:	<i>Specific gravity</i>
LMTD	:	<i>Long Mean Temperature Different</i> , °F

ABSTRAK

Indonesia, sebagai negara kaya akan sumber daya alam, bergantung secara signifikan pada bahan bakar minyak bumi untuk memenuhi kebutuhannya. Namun, semakin menipisnya cadangan minyak bumi dan peningkatan konsumsi energi menuntut adopsi sumber energi alternatif yang berkelanjutan. Salah satu alternatif yang menonjol adalah biodiesel, yang dapat dihasilkan dari minyak nabati seperti minyak jarak. Tugas akhir ini membahas prancangan pabrik biodiesel dengan kapasitas 35.000 ton/tahun dari minyak jarak, menggunakan proses esterifikasi. Lokasi pabrik direncanakan di Sidoarjo, Jawa Timur. Evaluasi ekonomi menunjukkan tingkat pengembalian investasi (ROI) sebesar 19.698 % sebelum pajak dan 14.773% setelah pajak, serta *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 3.3 tahun. Analisis kelayakan menunjukkan bahwa pabrik ini layak secara teknis dan ekonomis. Dengan mempertimbangkan peningkatan permintaan biodiesel dalam negeri dan potensi pengurangan ketergantungan impor, pendirian pabrik biodiesel dianggap sebagai langkah yang strategis dalam mendukung keberlanjutan energi Indonesia.

Kata Kunci: Biodiesel, Minyak Jarak, Esterifikasi, Prancangan Pabrik, Evaluasi Ekonomi

ABSTRACT

Indonesia, as a country rich in natural resources, significantly relies on petroleum fuel to meet its energy needs. However, the dwindling reserves of crude oil and the increasing energy consumption demand the adoption of sustainable alternative energy sources. One prominent alternative is biodiesel, which can be produced from vegetable oils such as jatropha oil. This research discusses the design of a biodiesel plant with a capacity of 35,000 tons per year from jatropha oil, using the esterification process. The location of the plant is planned in Sidoarjo, East Java. Economic evaluation shows a return on investment (ROI) of 19.698 % before tax and 14.773% after tax, with a pay-out time (POT) before tax of 3.3 years. Feasibility analysis indicates that the plant is technically and economically viable. Considering the increasing domestic demand for biodiesel and the potential reduction in import dependence, the establishment of a biodiesel plant is considered a strategic step in supporting Indonesia's energy sustainability.

Keywords: *Biodiesel, Jatropha Oil, Esterification, Plant Design, Economic Evaluation, Energy Availability*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam baik yang terbarukan maupun yang tidak terbarukan namun sangat bergantung terhadap bahan bakar minyak. Minyak bumi dan Batubara yang berasal dari fosil merupakan salah satu sumber daya alam strategis tidak terbarukan dan merupakan komoditas vital yang mempunyai peranan penting Dalam memenuhi konsumsi energi bahan bakar minyak di Indonesia.

Masyarakat Indonesia selama ini menggantungkan kebutuhan energi bahan bakar minyak (BBM) yang bersumber pada energi minyak bumi atau fosil. Padahal semakin hari kebutuhan energi fosil semakin meningkat sedangkan cadangan energi fosil/minyak bumi semakin berkurang. Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Laju konsumsi BBM tersebut diikuti dengan semakin menurunnya produksi minyak bumi dalam negeri.

Usaha-usaha untuk mencari dan mengembangkan sumber bahan bakar alternatif terus dilakukan. Salah satunya adalah biodiesel sebagai alternatif bahan bakar untuk mesin diesel. Biodiesel atau biasa disebut dengan metil ester merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui, karena terbuat dari minyak tumbuhan (minyak nabati) melalui proses esterifikasi/transesterifikasi. Biodiesel mempunyai keunggulan komparatif

dibandingkan dengan bentuk energi yang lain yaitu biodiesel lebih mudah ditransportasikan, memiliki kerapatan energi per volume yang tinggi, biaya produksi rendah, dapat diperbaharui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk minyak tidak mengering (*non-drying oil*), dan mampu mengurangi emisi karbondioksida. Biodiesel bersifat ramah lingkungan karena emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan minyak diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah dan angka setana antara 57-62, terbakar sempurna dan tidak beracun (EBTKE ESDM, 2019).

Biodiesel merupakan kandidat yang paling dekat untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia, karena biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan yang dapat menggantikan diesel *petroleum* di mesin sekarang ini. Berdasarkan data *Automotive Diesel Oil*, konsumsi bahan bakar minyak Indonesia telah melebihi produksi dalam negeri sejak tahun 1995. Fakta lain juga menyebutkan, bahwa Indonesia sudah menjadi importir minyak (solar) dari tahun 2005.

Hal yang serupa juga sudah sejak lama diperkirakan oleh pengamat energi bahwa sektor minyak bumi Indonesia akan mengalami stagnasi dalam memproduksi minyak mentah sebagai akibat meningkatnya kebutuhan energi dalam negeri. Itulah sebabnya masih dalam kaitan ini, diversifikasi merupakan tujuan dari kebijakan energi Indonesia dalam jangka panjang. Salah satu upaya diversifikasi tersebut adalah meningkatkan produksi dan pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan untuk dimanfaatkan di

dalam negeri maupun untuk ekspor. Ilmu pengetahuan yang semakin maju, pengembangan dan teknologi dalam penggunaan motor diesel pada industri sangat membantu dalam menangani permasalahan energi. Salah satu cara untuk tetap bisa memenuhi kebutuhan akan sumber daya energi/ bahan bakar yaitu dengan mengembangkan energi alternatif. Penggunaan energi alternatif seperti biodiesel merupakan salah satu solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan ini. Kebutuhan akan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia semakin meningkat, maka dari itu perlu adanya alternatif untuk memenuhi kebutuhan BBM yang semakin meningkat, dengan adanya alternatif diharapkan kebutuhan akan BBM dalam hal ini adalah diesel akan terpenuhi.

Ada beberapa keuntungan penggunaan biodiesel, yaitu penggunaannya pada mesin diesel dapat mengurangi hidrokarbon yang tak terbakar, karbon monoksida, dan partikulat kasar seperti karbon dan debu. Biodiesel dapat juga memperpanjang umur mesin karena lebih berpelumas dibanding *petrodiesel* dengan relatif tidak mempengaruhi konsumsi bahan bakar, *auto ignition*, daya keluaran dan torsi mesin. Pada lingkungan akuatik biodiesel mampu terdegradasi antara 85,5% sampai 88,5% sama seperti gula atau *dextrose*, sedangkan solar hanya mampu 26,24%.

Selain aman dibawa dan disimpan seperti petrodiesel, biodiesel dapat digunakan secara murni atau dicampur dengan petrodiesel dalam berbagai rasio.

Semakin besar komposisi biodiesel pada campuran dengan petrodiesel, semakin berkurang pula emisi gas buang yang dihasilkan. Mengingat

kebutuhan akan Bahan Bakar Minyak (BBM) Indonesia yang meningkat, maka perlu alternatif untuk memenuhinya. Sehingga diharapkan kebutuhan akan BBM dalam ini adalah diesel akan terpenuhi.

1.1.1 Potensi Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

Minyak jarak pagar diperoleh dengan melakukan pengepresan pada biji jarak pagar (*Jatropha curcas*). Hasil pemerasan atau pengepresan biji jarak pagar adalah berupa minyak nabati, atau para ahli seringkali menyebutnya sebagai minyak lemak nabati. Minyak nabati inilah yang biasanya diolah kembali menjadi biodiesel, dengan cara transesterifikasi maupun esterifikasi. Pengembangan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*), sebagai bahan baku biodiesel mempunyai potensi yang sangat besar karena selain menghasilkan minyak dengan produktivitas tinggi dan dapat berfungsi sebagai pengendali erosi serta memperbaiki tanah.

Minyak biji jarak pagar secara kimia terdiri dari trigliserida yang berantai asam lemak lurus (tidak bercabang) dengan atau tanpa ikatan rangkap. Minyak ini tidak termasuk dalam kategori minyak makan (*edible oil*) sehingga pemanfaatan minyak jarak sebagai bahan baku biodiesel tidak mengganggu penyediaan kebutuhan minyak makan nasional, yaitu kebutuhan industri dan ekspor *crude palm oil* (CPO).

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) merupakan tanaman semak yang dapat tumbuh diberbagai macam daerah seperti daerah berbatu, berpasir, dan tanah yang beragam. Tanaman jarak pagar

(*Jatropha curcas L.*) dapat tumbuh dengan cepat hingga mencapai ketinggian 3–5 m. Tempat tumbuh jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) berkisar antara dataran rendah hingga dataran dengan ketinggian 300 m di atas permukaan laut. Pada daerah dengan suhu terlalu tinggi ($> 30^{\circ}\text{C}$) atau terlalu rendah ($< 15^{\circ}\text{C}$) dapat menghambat pertumbuhan dan mengurangi kadar minyak dan mengubah komposisinya.

Sementara sebagian bungkil biji akan didetoksifikasi untuk dijadikan pakan ternak dan kulit biji serta sisa bungkil biji akan diproses menjadi biogas. Mengingat bahwa peranan biodiesel dari jarak pagar sangat penting yaitu sebagai energi alternatif pengganti minyak bumi yang semakin menipis, maka timbul pemikiran untuk mendirikan pabrik ini Indonesia.

Dampak positif lain dengan didirikannya pabrik ini adalah bahwa biodiesel lebih aman bagi lingkungan serta dapat diperbarui, dapat mengurangi jumlah impor solar sehingga menghemat devisa negara, memberi nilai ekonomi pada tanaman jarak sehingga akan mampu memacu perekonomian rakyat kecil pemilik kebun jarak dan pengolah biji jarak. Serta dapat membantu gerakan rehabilitasi lahan kritis.

1.1.2 Kebutuhan Biodiesel

Biodiesel merupakan pengganti bahan bakar fosil sebagai sumber alternatif yang berasal dari minyak nabati, lemak hewan maupun minyak jelantah yang ramah lingkungan dengan memiliki keunggulan tidak beracun. Bahan bakar alternatif dari biodiesel diprediksi akan

menjadi pilihan utama untuk menggantikan minyak bumi yang semakin menipis. Tingkat konsumsi solar di Indonesia rata-rata mencapai 14 juta kiloliter setiap tahunnya. Untuk melakukan substitusi 5% saja, maka diperlukan sekitar 700 ribu kiloliter biodiesel pertahun. Keperluan biodiesel tersebut sebenarnya bisa diperoleh dengan mudah di Indonesia mengingat Indonesia cukup kaya dengan berbagai tanaman yang dapat menghasilkan campuran biodiesel.

Secara kimia, biodiesel adalah *monoalkil-ester* yang diproses dengan metode transesterifikasi antara trigliserida yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek terutama metanol atau kombinasi esterifikasi-transesterifikasi. Disamping itu minyak nabati sangat mudah didapat dan merupakan sumber energi yang dapat diperbarui. Dari penelitian-penelitian tersebut menyatakan bahwa minyak nabati mempunyai potensi yang sangat baik sebagai bahan bakar alternatif apabila sifat-sifatnya dari minyak tersebut dapat diatasi dengan baik seperti kekentalan yang tinggi. Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa kemungkinan yang terbaik untuk menggunakan minyak nabati sebagai bahan bakar diesel adalah dengan proses transesterifikasi (Nye dkk, 1983 ; Oberlin Sidjabat dkk,1995).

Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai material dalam pembuatan biodiesel adalah jarak pagar. Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel dapat berasal dari kacang

kedelai, kelapa sawit, padi, jagung, jarak pagar, pepaya dan banyak lagi melalui proses transesterifikasi. Biodiesel bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan minyak diesel atau solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah dan angka setana antara 57-62, terbakar sempurna dan tidak beracun.

Produksi minyak bumi selama 10 tahun terakhir menunjukkan kecenderungan menurun, dari 346 juta barel (949 ribu bph) pada tahun 2009 menjadi sekitar 283 juta barel (778 ribu bph) di tahun 2018. Untuk memenuhi kebutuhan, Indonesia mengimpor minyak bumi sehingga ketergantungan terhadap impor mencapai sekitar 35%. (BPPT *Indonesia Energy Outlook 2019*).

Terdapat beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam mendirikan pabrik Biodiesel, yaitu :

- a. Memenuhi kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia
- b. Tersedianya bahan baku minyak jarak dan metanol di dalam negeri, seperti dari PT Alegria Indonesia di Malang, PT Kaltim Metanol Industri di Bontang dan lainnya yang tentunya menjadikan harga bahan baku relatif lebih murah.
- c. Kapasitas dari kebutuhan biodiesel pada tahun 2025 akan naik menjadi 21 juta kilo liter.

- d. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor BBM dari luar negeri, sehingga dapat menghemat devisa negara.
- e. Dari segi sosial ekonomi, pendirian pabrik biodiesel ini dapat menyerap tenaga kerja dan meningkatnya perekonomian masyarakat, khususnya masyarakat yang tinggal disekitar pabrik.
- f. Mendukung rencana pemerintah tentang pengembangan biodiesel sebagai energi terbarukan (B10, B20, B30, B50, dan B100) yang merupakan energi ramah lingkungan sebagai ketahanan energi nasional.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam menjalankan proses suatu pabrik, diperlukan berbagai peralatan utama dan peralatan pendukung serta penentuan kapasitas pabrik biodiesel agar dapat berjalan dengan yang sudah direncanakan. Penentuan kapasitas produksi biodiesel berdasarkan beberapa pertimbangan antara lain:

1.2.1 Kebijakan Biodiesel di Indonesia

Kebijakan biofuel di Indonesia diatur oleh sejumlah peraturan dan keputusan. Peraturan Pemerintah No. 1/2006 merupakan langkah awal penting bagi pengembangan biofuel di Indonesia. Peraturan ini mengatur pengadaan dan penggunaan biodiesel. Untuk mendukung peraturan tersebut, pemerintah mengeluarkan Keputusan Presiden No. 20/2006 membentuk Tim Pengembangan Biofuel Nasional, yang mengawasi program pelaksanaan biofuel dan telah menciptakan cetak

biru untuk pengembangan biofuel.

Menurut cetak biru, pengembangan biofuel bertujuan untuk (1) Mengurangi kemiskinan dan pengangguran, (2) Mendorong kegiatan ekonomi melalui pengadaan bahan nabati dan (3) Mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dalam negeri. Hal ini diikuti oleh Dewan Perwakilan Rakyat (DPR) yang mengeluarkan Undang-Undang Energi (UU No. 30/2007), untuk memperkuat peraturan yang memprioritaskan penggunaan energi terbarukan dan biofuel.

Pada tahun 2008, Pemerintah Indonesia menciptakan mandat pencampuran biofuel melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 32. Peraturan mandat telah direvisi beberapa kali, yang terakhir melalui Peraturan Menteri ESDM No. 12 yang diluncurkan pada bulan Maret 2015. Peraturan ini meningkatkan campuran biodiesel wajib dari 10 persen menjadi 15 persen untuk keperluan transportasi dan industri. Namun demikian, Perubahan peraturan mandatori campuran biodiesel kembali dilakukan pada tahun 2019, Peraturan Menteri ESDM No. 227 Tahun 2019 secara resmi telah ditetapkan Badan Usaha BBM, Badan Usaha BBM Jenis Biodiesel dan alokasi volume BBM Jenis Biodiesel dalam rangka uji coba pencampuran BBM Jenis Biodiesel sebesar 30% (B30) ke dalam BBM jenis solar untuk tahun 2019 (Outlook Energi Indonesia, 2019).

Mandatori biodiesel di Indonesia cukup agresif, dimana pada peraturan sebelumnya rencana B-20 baru akan diberlakukan pada tahun

2020 dan B-25 tahun 2025 akan tetapi dalam peraturan ini direvisi menjadi B-20 tahun 2016 dan B-30 tahun 2019. Hingga pada tahun 2024 terdapat kemungkinan target pencampuran yang ditetapkan adalah 40 persen (B-40).

1.2.2 Kebutuhan Biodiesel Dalam Negeri

Belakangan ini kebutuhan energi BBM di Indonesia semakin meningkat, tetapi kebutuhan yang meningkat tidak diimbangi dengan adanya peningkatan dari segi energi. Karena masyarakat Indonesia hanya menggantungkan kebutuhan energi BBM yang bersumber dari fosil. Padahal, cadangan energi fosil di Indonesia dan dunia semakin hari semakin berkurang. Diperkirakan minyak bumi di Indonesia dengan tingkat konsumsi yang tinggi akan habis dalam waktu 10-15 tahun lagi. Fakta lain menyebutkan, bahwa Indonesia sudah menjadi importer minyak (solar) dari tahun 2005 (Susilo, 2006).

Penggunaan biodiesel sebagai sumber energi, menuntut untuk segera direalisasikan. Hal ini dikarenakan, selain sebagai solusi untuk menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa yang akan datang, biodiesel mempunyai keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi yang lain. Bahan bakar alternatif dari biodiesel diprediksi akan menjadi pilihan utama untuk menggantikan minyak bumi yang semakin menipis.

Biodiesel juga dapat memberi keuntungan pada masyarakat petani sebagai produsen bahan baku biodiesel dan memberi nilai

ekonomi pada tanaman jarak. Proyeksi untuk kapasitas pabrik menggunakan metode *supply and demand*, dimana *supply* terdiri dari impor dan produksi dalam negeri. Sedangkan *demand* terdiri dari ekspor dan konsumsi dalam negeri. Data kapasitas biodiesel pada tahun 2013–2022 menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2023) disebutkan dalam Tabel 1.1.

1.2.3 Supply

a. Produksi

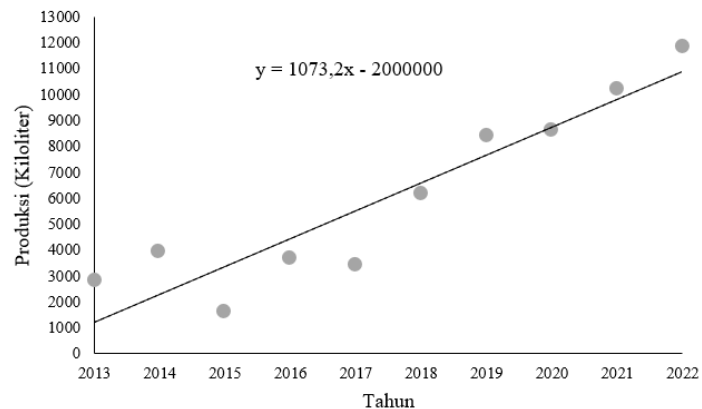
Produksi Biodiesel dalam negeri menurut data statistik Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data produksi Biodiesel di Indonesia pada tahun 2013-2022 dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1. 1 Data produksi biodiesel di Indonesia

Tahun	Total Produksi (kL)
2013	2805
2014	3961
2015	1620
2016	3656
2017	3416
2018	6168
2019	8399
2020	8594
2021	10240
2022	11836

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

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



Gambar 1.1 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia

b. Konsumsi

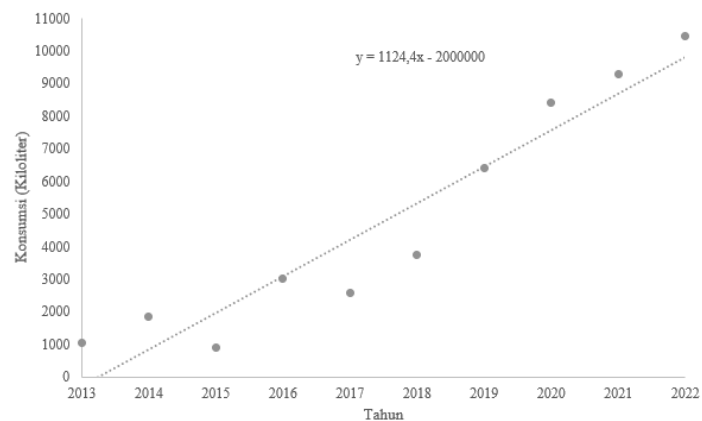
Biodiesel dalam negeri menurut data statistik Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Data konsumsi atau pemakaian Biodiesel di Indonesia pada tahun 2013-2022 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data konsumsi biodiesel indonesia

Tahun	Total Konsumsi (kL)
2013	1048
2014	1845
2015	915
2016	3008
2017	2572
2018	3750
2019	6396
2020	8400
2021	9294
2022	10449

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

Dari data konsumsi tersebut dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar1.2.



Gambar 1. 2 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

1.2.4 Demand

a. Ekspor

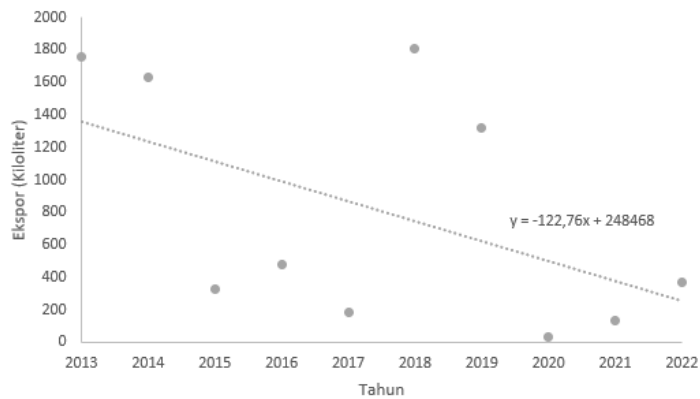
Data ESDM terkait ekspor Biodiesel di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami penurunan. Data ekspor biodiesel di Indonesia pada tahun 2013-2022 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Ekspor biodiesel di Indonesia

Tahun	Ekspor Biodiesel (kL)
2013	1757
2014	1629
2015	328
2016	477
2017	187
2018	1803
2019	1319
2020	36
2021	133
2022	372

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

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



Gambar 1.3 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia

Dari data tersebut maka dapat diketahui Persen Pertumbuhan kebutuhan ekspor yang dapat diperoleh dari persamaan:

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

berdasarkan hasil analisis pertumbuhan persentase menggunakan rumus :

$$P_t = P_o * (1 + r)^n$$

Keterangan:

P_t = Tahun yang diproyeksikan

P_o = Tahun terakhir dari data

r = Pertumbuhan rata - rata setiap tahun

n = Selisih tahun

Dari persamaan tersebut dapat dituliskan Persen Pertumbuhan (%P) dari tahun ke tahun yang dapat dilihat pada Tabel 1.4 berikut :

Tabel 1. 4 Persen pertumbuhan jumlah ekspor

Tahun	%P
2013	-
2014	-0,072
2015	-0,798
2016	0,454
2017	-0,607
2018	8,641
2019	-0,268
2020	-0,972
2021	2,694
2022	1,796
Total	10,866
Rata-rata	1,207

Secara umum proyeksi jumlah ekspor biodiesel di Indonesia pada tahun 2029 dapat dituliskan dalam persamaan:

Ekspor 2029 = 372 \cdot (1+1,207)⁽²⁰²⁹⁻²⁰²²⁾ Yang dimana hasil dari kalkulasi persamaan tersebut adalah = 9.503,796 Maka jumlah ekspor biodiesel di Indonesia pada tahun 2029 diproyeksikan sebesar 9.503,796 kiloliter/Tahun

Kapasitas dalam industri merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik, hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui perhitungan baik secara teknis maupun ekonomis. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik memungkinkan untuk memperoleh keuntungan yang lebih besar, akan tetapi jika kapasitas pabrik terlalu besar maka perlu diperhatikan dalam hal pemasaran. Untuk itu, untuk mencari kebutuhan pada tahun 2029, digunakan metode yang sama yaitu dengan pendekatan polinomial :

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

y : Kebutuhan impor/ekspor/produksi/konsumsi biodiesel

a : *intercept*

b : *slope*

c : *error*

x : Tahun ke 2029

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

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

Berdasarkan pada tahun 2029, diperoleh nilai ekspor sebesar 9.503,79 kiloliter, produksi 177.522,8 kiloliter, dan konsumsi 281.407,6 kiloliter dan tidak ada impor biodiesel di Indonesia. Jika ditinjau dari kapasitas dan kebutuhan dalam negeri yang cukup tinggi, maka peluang untuk mendirikan industri biodiesel cukup menjanjikan. Oleh karena itu, didapatkan kapasitas 198889 kiloliter/tahun atau setara 175048 ton/tahun dengan asumsi diambil 20 %, nilai 20 % bersumber dari *handbook of energy and economic statistic of indonesia* diterbitkan kementerian energi dan sumber daya mineral (ESDM) dimana dianjurkan untuk mengambil nilai tersebut dalam penentuan kapasitas yang diambil apabila mendirikan perusahaan biodiesel. Sehingga didapat nilai 35010 ton/tahun atau diambil 35.000 ton/tahun dan akan didirikan pada tahun 2029.

1.2.5 Kapasitas Komersial

Penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan ini dipengaruhi oleh kapasitas pabrik sejenis yang sudah beroperasi. Berikut ini adalah perusahaan – perusahaan yang menghasilkan Biodiesel :

Tabel 1. 5 Kapasitas produksi perusahaan

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Cemerlang Energi	29.463
PT. Wilmar Bioenergi	67.795
PT. Pelita Agung	12.276
PT. Ciliandra Perkasa	12.276
PT. Energi Baharu Lestari	4.911
PT. Bayas Biofuel	36.829
PT. LDC Indonesia	20.335
PT. Permata Hijau Palm Olea	17.825
PT. Musim Mas	1.342
PT. Sinarmas Bio Energy	158.895
PT. Kutai Refinery Nusantara	247.170

Lahan jarak pagar di PT. Algeria Indonesia hanya sebesar 9.500 hektar dan 1 hektar jarak pagar menghasilkan 1,6 kiloliter, dimana masa panen jarak pagar 3 bulan sekali (Syah, 2006), sehingga dalam setahun PT. Algeria Indonesia dapat memproduksi minyak jarak pagar sebesar 60.800 ton/tahun. Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dengan kapasitas 35.000 ton/tahun sudah sesuai dengan kapasitas ekonomis yang sudah beroperasi.

Mengacu pada industri yang beroperasi tersebut maka pabrik biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dengan kapasitas 35.000 ton/tahun sudah sesuai dengan kapasitas ekonomis yang sudah beroperasi dan

diharapkan dengan kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan produk Biodiesel baik dalam negeri maupun luar negeri.

1.2.6 Ketersediaan Bahan Baku

Dalam pembuatan pabrik biosiesel bahan baku Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*) yang digunakan dalam pembuatan Biodiesel dapat diperoleh dari PT. Algeria Indonesia, Pasuruan Jawa Timur, dimana dapat memproduksi minyak jarak sebesar 12.000.000 liter/tahun dengan harga jual sekitar Rp.3.500,- per liter. Sedangkan untuk bahan baku Metanol (CH_3OH) dapat diperoleh dari PT Kaltim Metanol Industri, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi sebesar 660.000 ton/tahun dengan harga jual produknya Rp.2.800,- per kilogram. Bahan baku katalis Asam Sulfat (H_2SO_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 dengan harga jual produk Rp.1.600,- per kilogram dan kapasitas produksi NaOH sebesar 700.000 ton/tahun dengan harga jual produk Rp.24.000,- per kilogram.

Sehingga bisa diambil kesimpulan bahwa perusahaan penghasil bahan baku semuanya memenuhi kebutuhan produksi dikarenakan produksi bahan baku lebih besar di bandingkan dengan kebutuhan bahan yang akan digunakan.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Minyak Jarak

Jarak pagar, termasuk dalam *family Euphorbiaceae*, satu keluarga dengan karet dan ubi kayu. *Genus Jatropha*, spesies *Jatropha curcas* Lin. Jarak pagar (*jatropha curcas*) tumbuh di dataran rendah sampai ketinggian sekitar 500 mdpl. Namun tanaman ini dapat tumbuh pada daerah dengan curah hujan antara 300-2380 mm/tahun. Mulai berbuah umur 1 tahun dengan usia produktif 50 tahun. Satu hektar lahan dapat ditanami 2500 Tanaman jarak agar (*jatropha curcas*).

Tabel 1. 6 Sumber potensial sebagai bahan baku biodiesel di Indonesia

Nama Lokal	Nama Latin	Sumber Minyak	Isi % berat kering	P / NP
Jarak Pagar	<i>Jatropha Curcas</i>	Inti biji	40-60	P
Jarak Kaliki	<i>Ricinus Communis</i>	Biji	45-50	P
Kacang Suuk	<i>Arachis Hypogea</i>	Biji	35-55	P
Kapok/Randu	<i>Ceiba Pantandra</i>	Biji	24-40	NP
Karet	<i>Havea Brasiliensis</i>	Biji	40-50	P
Kecipir	<i>Psophocarpus Tetrag</i>	Biji	15-20	P
Kelapa	<i>Cocos Nucifera</i>	Inti biji	60-70	P
Kelor	<i>Moringa Oleifera</i>	Biji	30-49	P
Kemiri	<i>Aleurites Moluccana</i>	Inti biji	57-69	NP
Kusambi	<i>Sleichera Trijuga</i>	Sabut	55-70	NP
Nimba	<i>Azadhiruchta Indica</i>	Inti biji	40-50	NP
Saga utan	<i>Adenantha Pavonia</i>	Inti biji	14-28	P
Sawit	<i>Elais Suincencis</i>	Inti biji	45-70 + 46-54	P
Nyamplung	<i>Callophyllum Laceatum</i>	Sabut dan biji	40-73	P
Randu Alas	<i>Bombax Malabaricum</i>	Biji	18-26	NP
Sirsak	<i>Annona Muricata</i>	Inti biji	20-30	NP
Sirkaya	<i>Annona Squosa</i>	Biji	15-20	NP

Catatan : P = Potensial dan NP : Non Potensial

Sumber : (Deperind R.I, 2007)

Satu pohon Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*) dapat menghasilkan 12,5 ton/tahun/Ha. Tanaman dari keluarga *Euphorbiaceae* ini banyak ditemukan di Afrika Tengah dan Selatan, Asia Tenggara, dan India. Awalnya, tanaman ini di distribusikan oleh pelaut Portugis dari Karibia melalui pulau *Cape Verde* dan *Guinea Bissau*, kemudian ke negara lain di Afrika dan Asia.

Pohonnya berupa perdu dengan tinggi tanaman antara 1–7 m, bercabang tidak teratur. Batangnya berkayu, silindris, bila terluka mengeluarkan getah. Daunnya berupa daun tunggal, berlekuk, bersudut 3 atau 5, tulang daun menjari dengan 5 – 7 tulang utama, warna daun hijau (permukaan bagian bawah lebih pucat dibanding bagian atas). Panjang tangkai daun antara 4 – 15 cm. Bunga tanaman jarak berwarna kuning kehijauan, berupa bunga majemuk .

Bunga jantan dan bunga betina tersusun dalam rangkaian berbentuk cawan, muncul di ujung batang atau ketiak daun. Buah berupa buah kotak berbentuk bulat telur, diameter 2–4 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan kuning jika masak. Buah jarak terbagi 3 ruang yang masing – masing ruang di isi 3 biji. Biji berbentuk bulat lonjong, warna coklat kehitaman. Biji inilah yang banyak mengandung minyak dengan rendemen sekitar 30 – 40 % (www.ristek.go.id, 2005).

Minyak jarak pagar diperoleh dari biji jarak dengan metode pengempaan atau dengan ekstraksi pelarut. Minyak jarak pagar tidak dapat dikonsumsi manusia karena mengandung racun yang disebabkan

adanya senyawa *ester forbol* (Syah, 2006). Komponen asam lemak bebas terbanyak dalam minyak jarak adalah asam oleat. Kandungan asam lemak bebas pada jarak pagar minyak jarak pagar yang dihasilkan memiliki nilai persentase FFA dan bilangan asam yang tinggi, yakni berturut-turut sebesar 29,05% dan 50,51% mg KOH/g lemak. *Crude Jatropha Curcas Oil* (CJCO atau CJO) yang biasa disebut dengan minyak kasar jarak pagar dapat digunakan sebagai pengganti minyak tanah tanpa merubah desain peralatan yang sudah ada, CJCO juga berpotensi untuk mengganti minyak bakar pada *boiler* pada industri – industri serta yang tidak asing lagi adalah sebagai bahan bakar hayati yang berbasis pada biodiesel.

Tabel 1. 7 Perbandingan kandungan minyak beberapa tanaman

Nama Tanaman		Kandungan Minyak Per Hektar		Setara Us Gallon/Acre
Inggris	Indonesia	Kilogram	Liter	
<i>Olives</i>	Zaitun	1019	1212	129
<i>Castor Beans</i>	Jarak Kepyar	1188	1413	151
<i>Pecan Nuts</i>	Kemiri	1505	1791	191
<i>Jatropha</i>	Jarak Pagar	1590	1892	202
<i>Avocado</i>	Alpukat	2217	2638	282
<i>Coconuts</i>	Kelapa	2260	2689	278
<i>Palm Oil</i>	Sawit	5000	8950	635

Sumber : [https://:www.libetyvegetableoil.com](https://www.libetyvegetableoil.com)

Semua bagian tanaman ini berguna untuk dimanfaatkan. Daunnya untuk makanan ulat sutera, antiseptik, dan anti radang, sedangkan getahnya untuk penyembuh luka dan pengobatan lain. Yang paling tinggi manfaatnya adalah buahnya. Daging buahnya dapat digunakan untuk pupuk hijau dan produksi gas, sementara bijinya untuk pakan

ternak (dari varietas tak beracun). Sedangkan manfaatnya yang sudah terbukti adalah untuk bahan bakar pengganti minyak diesel (solar) dan minyak tanah. Minyak jarak dapat menggantikan minyak diesel untuk menggerakkan generator pembangkit listrik. Karena pohon jarak dapat ditanam di hampir seluruh wilayah di Indonesia, maka minyak jarak sangat membantu membangkitkan energi listrik daerah terpencil dan minyak ini dapat diproduksi sendiri oleh komunitas yang membutuhkan listrik.

Tabel 1. 8 Komposisi asam lemak minyak jarak pagar

Asam Lemak	Kadar (%)
Asam Miristat	0 - 0,1
Asam Palmitat	14,1 – 15,3
Asam Stearat	3,7 – 9,8
<i>Arachidic Acyd</i>	0 – 0,3
<i>Behedic Acyd</i>	0 – 0,2
Asam Palmitoleat	0 – 1,3
Asam Oleat	34,3 – 45,8
Asam Linoleat	29,0 – 44,2
Asam Linolenat	0 – 0,3

Sumber : (Trabi,1998)

Tabel 1. 9 Komposisi Bahan Kimia dari Biji, Kulit, dan Buah Jarak Pagar

Unsur	Biji	Kulit	Buah
Protein Kasar	22,2-27,2	4,3-4,5	56,4-63,8
Lemak	56,8-58,4	0,5-1,4	1,0-1,5
Abu	3,6-3,8	2,8-6,1	9,6-10,4
Serta Detergen Netral	3,5-3,8	83,9-89,4	8,1-9,1
Serat Detergen Asam	2,4-3,0	74,6-78,3	5,7-7,0
Lignin Detergen Asam	0,0-0,2	45,1-47,5	0,1-0,4
Jumlah Energi (MJ Kg ⁻¹)	30,5-31,1	19,3-19,5	18,0-18,3

Sumber : (Trabi,1998)

Minyak jarak mempunyai rasa asam dan dapat dibedakan dengan trigliserida lainnya karena bobot jenis, viskositas dan bilangan asetil serta kelarutannya dalam alkohol yang nilainya relatif tinggi. Minyak jarak larut dalam etanol 95% pada suhu kamar serta pelarut organik polar dan sedikit larut dalam golongan hidrokarbon alifatik. Nilai kelarutan dalam petroleum eter relatif rendah sehingga dapat dibedakan dengan golongan trigliserida lainnya. Kandungan tokoferol kecil (0,05%), serta kandungan asam lemak esensial yang sangat rendah menyebabkan minyak jarak tersebut berbeda dengan minyak nabati lainnya. (Kateren,1986).

Asam lemak bebas pada biodiesel dapat beraksi dengan sisa katalis dan membentuk sabun, hal ini dapat menyebabkan terbentuknya abu saat pembakaran biodiesel. Bilangan asam yang diperoleh dalam ASTM D 664 tidak lebih dari 0,8 mg NaOH/g. Tabel 1.7 di atas merupakan komposisi asam lemak trigliserida di dalam minyak jarak pagar, dimana diketahui perbandingan C : D di setiap jenisnya dengan diketahui setiap konsentrasinya.

Tabel 1. 10 Parameter fisis dan kimia minyak jarak pagar

Parameter	Minyak Jarak Pagar
Densitas pada 15°C (g/cm ³)	0,920
Viskositas pada 30°C, (cSt)	52
Titik nyala, (°C)	110 – 240
Bilangan netralisir, (mg KOH/g)	0,92
Titik beku (°C)	2,0
Kandungan Energi (MJ/Kg)	39,6 – 41,8
Monogliserida, (%m/m)	Tidak ditemukan
Digliserida, (%m/m)	2,7

Tabel 1. 10 Parameter fisis dan kimia minyak jarak pagar (lanjutan)

Trigliserida, (%m/m)	97,3
Air, (%m/m)	0,07
Posforus, (mg/kg)	290
Kalsium, (mg/kg)	59
Magnesium, (mg/kg)	103
Besi, (mg/kg)	2,4

Sumber : Gybitz, et al, 1999

1.3.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti solar yang sangat potensial sebagai bahan bakar mesin diesel. Keunggulan biodiesel dibandingkan dengan bahan bakar solar yaitu dapat mengurangi emisi gas buang yang meliputi emisi hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), sulfur oksid (SO), dan partikel-partikel lainnya (PM) (Rushang.et al, 2007), dan manfaat lain dari biodiesel adalah angka setana (CN) yang cukup tinggi, dan pelumasan yang sangat baik. Dengan titik nyala yang relatif tinggi 154°C, *biodegradabilitas* tinggi dan toksinitas rendah, biodiesel dianggap sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dibanding dengan bahan bakar solar (Smith, P.C.etal, 2010).

Biodiesel adalah bahan bakar yang dibuat dari minyak nabati, baik minyak baru maupun minyak bekas penggorengan (minyak jelantah) melalui proses transesterifikasi, esterifikasi, atau proses esterifikasi-transesterifikasi. Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak (BBM) untuk mesin diesel. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam bentuk 100% (B100) atau

campuran dengan bahan bakar solar pada tingkat konsentrasi tertentu, seperti 10% biodiesel dicampur dengan 90% solar yang dikenal dengan nama B10 (Knothe, G.,2005).

Minyak nabati yang berasal dari minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk, dan masih ada 30 macam tumbuhan lainnya berpotensi untuk dijadikan bahan baku biodiesel sebagai bahan bakar yang terbarukan (*renewable*) (Darmawan dan I Wayan, 2013).

Biodiesel atau *methyl ester* merupakan sumber energi alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, tidak mengandung sulfur dan tidak beraroma. Biodiesel dapat digunakan baik secara alami maupun dicampur dengan petrodiesel tanpa terjadi perubahan pada mesin yang menggunakannya. Penggunaan biodiesel sebagai sumber energi semakin menuntut untuk direalisasikan.

Hal ini dikarenakan, selain merupakan solusi menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang, biodiesel memiliki keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi lainnya, yaitu lebih mudah ditransportasikan, memiliki kerapatan energi per-volume yang lebih tinggi, memiliki karakter pembakaran relatif bersih, biaya produksi rendah, dapat diperbaharui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin

karena termasuk kelompok minyak tidak mengering (*non-drying oil*), mampu mengurangi emisi karbondioksida dan efek rumah kaca.

Biodiesel juga bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap (*smoke number*) rendah, terbakar sempurna (*clean burning*), dan tidak menghasilkan racun (*non toxic*). Secara teknis biodiesel memiliki kinerja yang lebih baik dari pada solar. Solar yang dicampur biodiesel memberikan angka setana (*cetane number*) yang lebih tinggi hingga 62. Sebagai perbandingan, solar biasa memberikan angka setana 48. Semakin tinggi angka setana maka akan semakin aman emisi gas buangnya.

Biodiesel termasuk bahan bakar diesel yang terbakar dengan sempurna, dihasilkan dari beberapa minyak nabati pengganti minyak bumi. Vicente dkk., (2006) juga mendefinisikan biodiesel sebagai metil ester yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau hewan dan memenuhi kualitas untuk digunakan sebagai bahan bakar di dalam mesin diesel. Selanjutnya Soeradjaja (2005) mendefinisikan minyak lemak mentah sebagai minyak yang didapatkan langsung dari pemerahan atau pengempaan biji sumber minyak (*oilseed*), yang kemudian disaring dan dikeringkan (untuk mengurangi kadar air).

Peningkatan penggunaan biodiesel akan memberikan lebih banyak keuntungan dibandingkan dengan penggunaan minyak nabati secara langsung sebagai bahan bakar. Biodiesel dari metil ester minyak nabati

tidak mengandung senyawa organik volatil. Kandungan sulfur dari minyak nabati mendekati angka nol. Tidak adanya sulfur berarti penurunan hujan asam oleh emisi sulfat. Penurunan sulfur dalam campuran juga akan mengurangi tingkat korosif asam sulfat yang terkumpul pada mesin dalam satu rentang waktu tertentu. Berkurangnya sulfur dan aromatik yang karsinogenik (seperti benzena, toluena, dan xilena) dalam biodiesel juga berarti pembakaran campuran bahan bakar dengan gas akan mengurangi dampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Angka setana biodiesel yang tinggi (berkisar dari 49) adalah ukuran keuntungan lain untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.

Biodiesel dapat dihasilkan dengan mereaksikan minyak tanaman dengan alkohol. Sumber alkohol yang didapat bermacam-macam. Apabila direaksikan dengan metanol maka akan menghasilkan metil ester, apabila direaksikan dengan etanol maka akan menghasilkan etil ester. Metanol lebih banyak digunakan sebagai sumber alkohol karena rantainya lebih pendek, lebih polar dan harganya lebih murah dari alkohol lainnya (Ma dan Hanna, 2001).

Menggunakan zat asam sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga akan dihasilkan dua zat yang disebut alkil ester (umumnya *methyl* atau *ethyl ester*) dan H₂O. Katalis asam yang umum digunakan yaitu H₂SO₄. Proses reaksi diatas biasa disebut dengan proses “Esterifikasi”. *Methyl ester* yang didapat perlu dimurnikan untuk

mendapatkan biodiesel yang bersih. Tidak seperti bahan bakar lain dengan pembakaran yang sempurna seperti gas alam (LNG), biodiesel dan biofuel lain dihasilkan dari tanaman yang mengasimilasi karbondioksida (CO₂) dari atmosfer untuk membentuk minyak nabati. CO₂ yang dilepaskan tahun ini dari pembakaran biodiesel, akan tertangkap lagi tahun depan oleh tanaman untuk menghasilkan minyak nabati kembali, sehingga membentuk suatu siklus.

Tabel 1. 11 Sifat fisik dan kimia biodiesel dan petrodiesel

Sifat	Metode	ASTM D975 (Petrodiesel)	ASTM D751 (Biodiesel)
Titik Nyala	D93	325K min	403 K min
Air Dan Sedimen	D2709	0,050 max %vol	0,050 max %vol
Viskositas Kinematik	D445	1,3-4,1 mm ² /s	1,9-6,0 mm ² /s
Massa Jenis	D1298	-	0,860-0,900
Abu Sulfat	D874	-	0,02 max %mass
Abu	D482	0,01 max %mass	-
Sulfur	D5453 D2622/129	0,05 max %mass -	- 0,05 max %mass
Korosi Pada Tembaga	D130	No 3 max	No 3 max
Bilangan Cetane	D613	40 min	47 min
Aromatisitas	DD1319	35 max %vol	-
Residu Karbon	D4530 D524	- 0,35 max %mass	0,05 max %mass
Temperatur e Destilasi	D1160	555K min 611K max	- -

Sumber : (Demirbas, 2009)

Minyak nabati mengambil lebih banyak karbon dioksida dari atmosfer selama produksinya dari pada sejumlah karbon dioksida yang dilepas pada pembakaran bahan bakar. Maka dari itu, hal ini akan

mengurangi peningkatan kandungan karbon dioksida di atmosfer. Pembakaran yang lebih efisien pada campuran biodiesel dengan petrodiesel pada mesin kapal dapat mengurangi polusi air.

Pengoperasian yang lebih halus juga memungkinkan terjadinya pembakaran yang lebih sempurna. Sejumlah kecil kecelakaan pada penyimpanan akan memberi dampak yang relatif kecil terhadap lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar diesel dari minyak bumi, yang mengandung lebih banyak komponen toksik dan aromatik. Pada campuran 20% biodiesel, akan ada perubahan yang cukup berarti terhadap asap di udara. Pada tabel dibawah menunjukkan penurunan bahan-bahan polusi dengan pemakaian biodiesel.

Tabel 1. 12 Penurunan Tingkat Polusi dengan Menggunakan Campuran Biodiesel

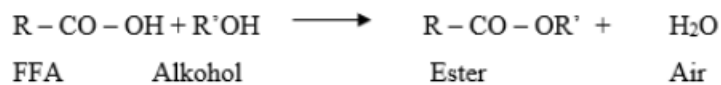
No	Bahan Polusi	B100	B20
1	<i>Total unburned hydrocarbon</i>	Turun 93%	Turun 30%
2	<i>Carbon monooxydes</i>	Turun 50%	Turun 20%
3	<i>Particulate matter</i>	Turun 30%	Turun 22%
4	<i>Nox</i>	Naik 13%	Naik 2 %
5	<i>Sulfates</i>	Turun 100%	Turun 20%
6	<i>NPAH initrates PAH's</i>	Turun 90%	Turun 50%
7	<i>Ozobe potential of speciated HC</i>	Turun 50%	Turun 10%

Sumber : (Widyanti ,2002)

Sebanyak 0,4 - 5% biodiesel yang dicampur dengan bahan bakar diesel minyak bumi akan meningkatkan daya lumas bahan bakar (Nogroho, 2006). Sebagai tambahan, campuran biodiesel akan menurunkan emisi hidrokarbon poliaromatik, kelompok lain dari substansi karsinogenik yang potensial yang ditemukan dalam minyak bumi.

Keuntungan lain dari biodiesel misalnya:

- a. Terbakar lebih dari 75%;
- b. Perusakan ozon karena emisi biodiesel hampir 50% lebih rendah dari minyak diesel konvensional;
- c. Penggunaan biodiesel tidak *offensive* dan tidak menimbulkan iritasi mata;
- d. Pelumasannya lebih baik;
- e. Mempunyai angka setana yang lebih tinggi, yang akan meningkatkan efisiensi mesin (sebagai contoh 20% biodiesel yang ditambahkan terhadap minyak diesel konvensional akan meningkatkan angka setana 3 poin, membuatnya menjadi bensin);
- f. Dapat dicampur dengan bahan bakar diesel asli dengan ukuran perbandingan berapapun, meskipun sejumlah kecil biodiesel, hal itu berarti emisi yang lebih bersih dan pelumasan mesin yang lebih baik;
- g. Dapat dihasilkan dari segala jenis minyak nabati, termasuk minyak goreng bekas;
- h. Memperpanjang masa kerja mesin, sebagai contoh, truk di Jerman memenangkan pertandingan pada *Guinness Book of Record* dengan mengendarai sejauh lebih dari 1.25 juta Km (780.000 mil) dengan menggunakan biodiesel pada mesin aslinya (Ju et al., 2000).



Gambar 1. 4 Reaksi Pembentukan Metil Ester

Proses pembuatan biodiesel menggunakan proses esterifikasi, esterifikasi adalah reaksi antara metanol dengan asam lemak bebas membentuk metil ester menggunakan katalis asam. Katalis asam yang sering digunakan adalah asam kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4) atau asam klorida (HCL). Reaksi esterifikasi tidak hanya mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester tetapi juga menjadi trigliserida walaupun dengan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa (Freedmanet, dkk.,1998). Faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi adalah jumlah pereaksi, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak. Metil ester hasil reaksi esterifikasi harus bebas air dan sisa katalis sebelum reaksi transesterifikasi (Ozgul dan Turkey, 2002).

Reaksi ini dimulai dengan minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*) yang mengandung FFA (*Free Fatty Acid*) dicampur dengan metanol dan dipanaskan sampai suhu reaksi. Campuran tersebut kemudian diumpan ke bagian esterifikasi dimana di dalamnya terdiri dari sebuah Reaktor esterifikasi.

Proses Esterifikasi :

- a. *Intimate mixing* antara fasa alkohol dan minyak ($\text{FFA} > 5\%$)
- b. Reaksi esterifikasi pembentukan metil ester dari minyak jarak pagar dengan metanol adalah pada *temperature* 60°C

- c. Proses esterifikasi dapat dilakukan secara *batch* atau kontinyu
- d. Kualitas metanol 99,85%
- e. Katalis Asam : H₂SO₄
- f. Tidak terjadi proses penyabunan, hanya terbentuk air

Tabel 1. 13 Ciri-ciri biodiesel

Sifat	Metode	ASTM D751 (Biodiesel)
Titik Nyala	D93	403 K min
Air Dan Sedimen	D2709	0,050 max %vol
Viskositas Kinematik	D445	1,9-6,0 mm ² /s
Massa Jenis	D1298	0,860-0,900
Abu Sulfat	D874	0,02 max %mass
Abu	D482	-
Sulfur	D5453	-
	D2622/129	0,05 max %mass
Korosi Pada Tembaga	D130	No 3 max
Bilangan <i>Cetane</i>	D613	47 min
Aromatisitas	DD1319	-
Residu Karbon	D4530	0,05 max %mass
	D524	
<i>Temperature</i> Destilasi	D1160	-
		-

Sumber : Demirbas, 2009

Tabel 1. 14 Standar biodiesel SNI

No	Parameter	Satuan	Metode Uji	Nilai
1	Massa Jenis Pada 40 °C	Kg/m ³	ASTM D 1298	850-890
2	Viskositas Kinematik 40 °C	mm ² /s (cSt)	ASTM D 445	2,3-6,0
3	Bilangan <i>Cetana</i>	-	ASTM D 613	min 51
4	Titik Nyala	°C	ASTM D 93	min 100
5	Titik Kabut	°C	ASTM D 2500	maks. 18
6	Korosi Kepingan Tembaga (3 Jam Pada 50 °C		ASTM D 130	maks. no 3

Tabel 1. 14 Standar biodiesel SNI (lanjutan)

7	Residu Karbon • Dalam Contoh Asli Atau • Dalam 10 % Ampas Distilasi	%-massa	ASTM D 4530	maks. 0,05 maks.0,3
8	Air Dan Sedimen	%-volume	ASTM D 1796	maks. 0,05
9	Suhu Destilasi 90 %	⁰ C	ASTM D 1160	maks. 360
10	Abu Tersulfatkan	%-massa	ASTM D 874	maks 0,02
11	Belerang	Ppm-m (mg/Kg)	ASTM D 1266	maks 100
12	Fosfor	Ppm-m (mg/Kg)	ASTM D 1091	maks 10
13	Bilangan Asam	mg- KOH/g	AOCS Cd 3d-63	maks 0,8
14	Gliserol Total	%-massa	AOCS Ca 14-56	maks. 0,24
15	Kadar Ester Alkil	%-massa	SNI 04-7187- 2006	min 96,5
16	Bilangan Iodium	%-massa (g-/100g)	AOCS Cd 1-25	maks. 115

Sumber : Standar SNI 04-7182-2006

Tabel 1. 15 Standarisasi biodiesel

Parameter sifat Fisika	JEE			ASTM D6751
	rentang	n	n=1	
Densitas (g cm ⁻³)	0,864-0,880	6	0,86-0,90	-
Kalori (MJ Kg ⁻¹)	38,45-41,00	3	-	-
Titik Nyala (⁰ C)	170-192	4	190	>130
Bilangan setana	50,0-56,1	5	59	>47
Bilangan penyabunan (mg g ⁻¹)	202,6	1	-	-
Viskositas 30 ⁰ C (cSt)	4,84-5,65	3	5,54	1,9-6,0
Bilangan iodine (mg iodine g ⁻¹)	93-106	2	-	<115
Bilangan asam (mg KOH g ⁻¹)	0,06-0,5	3	0,08	<0,5
Monogliserida % (Kg Kg ⁻¹ *100)	0,24	1	0,55	-
Digliserida % (Kg Kg ⁻¹ *100)	0,07	1	0,19	-
Trigliserida % (Kg Kg ⁻¹ *100)	nd	0	nd	-
Residu karbon % (Kg Kg ⁻¹ *100)	0,02-0,50	3	-	<0,05
Sulfur % (Kg Kg ⁻¹ *100)	0,0036	1	-	<0,015

Tabel 1. 15 Standarisasi biodiesel (lanjutan)

Abu Sulfat (Kg Kg ⁻¹ *100)	0,005-0,010	4	-	<0,02
Metil Ester % (Kg Kg ⁻¹ *100)	99,6	1	99,3	-
Metanol % (Kg Kg ⁻¹ *100)	0,06-0,09	2	0,05	-
Air % (Kg Kg ⁻¹ *100)	0,07-0,10	1	0,16	<0,5
Gliserol Bebas % (Kg Kg ⁻¹ *100)	0,015-0,030	2	nd	<0,02
Total Gliserol % (Kg Kg ⁻¹ *100)	0,088-0,100	2	0,17	<0,24

Sumber : jurnal *biomass and biology* volume 32, halaman 1068

1.3.3 Macam- macam Proses Pembuatan Biodiesel

a. Mikroemulsifikasi

Mikroemulsifikasi merupakan pembentukan dispresi stabil secara termodinamis dari dua cairan yang tidak mudah larut. Proses ini berlangsung dengan satu atau lebih surfaktan. Penurunan diameter dalam mikroemulsifikasi berkisar 100-1.000 Å. Suatu mikroemulsi minyak nabati dapat dilakukan dengan menggunakan pelarut metanol, etanol atau 1-butanol. Hal tersebut dikarenakan bahwa mikroemulsifikasi minyak nabati dan alkohol tidak dapat direkomendasikan untuk jangka panjang, terutama untuk mesin diesel dengan yang diterapkan pada minyak nabati yang efisien.

Bahan bakar dari proses ini memproduksi tingkat pembakaran yang tidak sempurna, membentuk deposit karbon dan meningkatkan kekentalan minyak pelumas. Mikroemulsifikasi menunjukkan nilai pemanasan volumetrik yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar diesel hidrokarbon akibat kandungan alkoholnya yang tinggi.

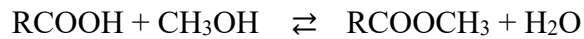
b. Pirolisis

Pirolisis merupakan reaksi dekomposisi termal. Biasanya berlangsung tanpa oksigen. Pirolisis minyak nabati biasanya menggunakan garam logam sebagai katalis. Proses ini dapat menghasilkan biodiesel dengan *centane number* yang tinggi. Namun, menurut standar baku mutu biodiesel yang semakin ketat, viskositas biodiesel yang dihasilkan dengan pirolisis dianggap terlalu tinggi dan karakteristik titik tuang yang rendah. Abu dan residu karbon yang dihasilkan dari proses tersebut jauh melebihi nilai diesel fosil. Selain itu, sifat aliran dingin dari minyak nabatinya juga buruk (Hidayat, 2009).

c. Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi antara metanol dengan asam lemak bebas membentuk metil ester menggunakan katalis asam. Katalis asam yang sering digunakan adalah asam kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCl). Reaksi esterifikasi tidak hanya mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester tetapi juga menjadi trigliserida walaupun dengan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa. Faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi adalah jumlah pereaksi, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak. Metil ester hasil reaksi esterifikasi harus bebas air dan sisa katalis sebelum reaksi transesterifikasi.

Reaksi esterifikasi dapat dilihat sebagai berikut (katalis asam) :

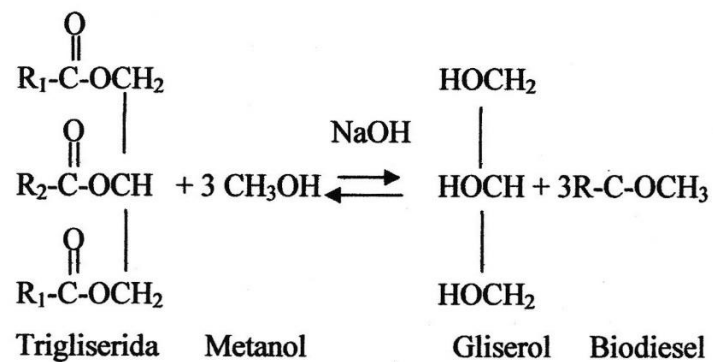


Asam lemak bebas + Metanol \rightleftharpoons Metil Ester + Air

Gambar 1. 5 Reaksi Esterifikasi

d. Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol yang menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters* /FAME) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali. Jenis katalis yang biasa digunakan antara seperti Natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak alami dengan metanol digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. 6 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang berjalan tiga tahap dan *reversible* (bolak-balik) dimana mono dan digliserida terbentuk sebagai intermediate. Reaksi stoikiometris membutuhkan 1

mol trigliserida dan 3 mol alkohol. Alkohol digunakan secara berlebih untuk meningkatkan *yield alkyl ester* dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk. (Freedman, 1987).

Pengetahuan mengenai reaksi transesterifikasi diperlukan untuk mencapai model kinetik yang bertujuan untuk menurunkan model matematik dari laju reaksi transesterifikasi. Laju reaksi transesterifikasi dan *yield* biodiesel dipengaruhi beberapa kondisi seperti perbandingan mol alkohol dan minyak, temperatur, dan presentasi katalis. Faktor kinetik lain seperti jenis pengadukan dan jenis reaktor juga mempengaruhi laju reaksi (Veljkovic, Vlada B., et al, 2011).

e. Ultrasonik

Ultrasonik merupakan metode pembuatan biodiesel dengan bantuan gelombang suara dimana frekuensi yang diperlukan antara 20 –100 MHz, yang dapat memberikan energi mekanik dan aktivasi pada proses reaksi dalam reaktor. Waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan biodiesel dengan metode ultrasonik lebih singkat di banding metode konvensional dan perbandingan molar bahan baku dengan metanol. Namun keberadaan katalis menyebabkan reaksi penyabunan dan tertinggal dalam biodiesel serta gliserol, sehingga membutuhkan proses pemurnian. Selain itu, gelombang suara yang digunakan jauh di atas batas frekuensi yang dapat didengar oleh manusia, yaitu 16–18 kHz (Buchori,2015).

f. Bantuan Katalis Biologis

Pengembangan katalis biologis dalam proses pembuatan biodiesel dilakukan untuk mengurangi energi proses dan menghilangkan senyawa pengotor yang ikut dalam biodiesel kasar, seperti gliserol, air, katalis alkalis, dan sabun dari proses transesterifikasi. Beberapa katalis biologis yang sedang dikembangkan diantaranya *Candida antarctica B*, *Rizhomucor meihei*, dan *Pseudomonas cepacia*. Penggunaan katalis biologis dalam proses pembuatan biodiesel akan menambah biaya produksi karena harganya yang mahal (Susanty, 2013).

Katalis yang digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu enzim lipase, dimana menggunakan prinsip *Log and Key*. Penggunaan enzim terjadi dalam reaktor dimana sisi aktif enzim menempel dengan substratnya, berupa trigliserida dengan media air. Setelah menempel, akan terbentuk enzim substrat-kompleks, kemudian ikatan akan terlepas dan membentuk produk berupa digliserida dan asam lemak. Pembentukan produk diikuti dengan sisi aktif enzim dan substrat yang terlepas karena tidak lagi sama dengan sisi sebelum reaksi. Hal tersebut berulang sampai tiga rantai asam lemak pada trigliserida berubah menjadi gliserol dengan melepaskan tiga asam lemak.

g. Pemanasan dengan *Microwave*

Pemanasan dengan *microwave* merupakan metode pembuatan biodiesel dengan menggunakan bantuan gelombang mikro untuk

mengatasi permasalahan pembuatan biodiesel secara konvensional, dimana pemanasan secara konvensional bergantung pada konduktivitas bahan, panas spesifik, dan densitas bahan. Selain itu, pada pemanasan konvensional tidak merata meskipun dengan pengadukan, serta boros energi karena membutuhkan waktu reaksi berjam-jam. Pada pemanasan dengan *microwave*, menggunakan medan elektromagnetik dimana muncul tumbukan antar molekul yang menimbulkan panas reaksi sehingga pemanasan berlangsung dengan cepat (Buchori, 2015).

Metode pemanasan dengan *microwave* menghasilkan biodiesel dalam waktu yang sangat singkat dengan *persentase yield* yang tinggi. Produk samping yang dihasilkan juga hanya sedikit. Namun pembuatan biodiesel dengan metode pemanasan dengan *microwave* sulit dikembangkan dalam industri karena keamanannya yang belum terjamin, serta *maintenance* pada reaktor di dalam *microwave*.

1.4 Pemilihan Proses

Berdasarkan beberapa perbandingan macam-macam proses dan kondisi operasi tersebut, maka dipilih kondisi (esterifikasi) karena memiliki suhu yang lebih rendah dan tekanan rendah sehingga lebih aman. Selain itu konversi yang digunakan juga lebih rendah. Berdasarkan beberapa jurnal, perbandingan kondisi operasi dapat dilihat pada Tabel 1.16.

Tabel 1. 16 Perbandingan kondisi operasi

Kondisi	1	2	3	4
Jenis proses	Transesterifikasi	Esterifikasi	Esterifikasi dan Ultrasonik	Esterifikasi dan Transesterifikasi
Suhu	60 °C	60 °C		60 °C
Waktu Reaksi	60 Menit	2 jam	6 jam (Esterifikasi) 40 menit (Ultrasonik)	2 jam (Esterifikasi) 2 jam (Transesterifikasi)
Kecepatan Pengadukan	400 rpm	400 rpm		
Katalis	NaOH	H ₂ SO ₄	BF ₃ (Esterifikasi) H ₂ SO ₄ (Ultrasonik)	H ₂ SO ₄ (Esterifikasi) NaOH (Transesterifikasi)
Rasio minyak : metanol	1 : 4	1 : 6	1 : 15	1 : 3 (Esterifikasi) 1 : 5 (Transesterifikasi)
FFA	37 %	17,97%	26,8 %	19,62 %
Konversi	98 %	77,39 %	44,15 % (Esterifikasi) 62,7 % (Ultrasonik)	93,46 %
Sumber	Retno, 2017	Mudzofar, 2013	Rachmadona, 2017	Haryanto, 2019
Kondisi	5	6	7	8
Jenis proses	Pirolisis	Mikroemulsi	Katalis Biologis	Ultrasonik
Suhu	450 °C	30 °C	70 °C	40-70°C
Waktu	30 menit		2 jam	1 jam
Kecepatan Pengadukan			600 rpm	684 rpm
Katalis	Al ₂ O ₃	<i>Tween 80, oleique plurol, labrasol</i>	CaO	Na ₂ O
Konversi			87,41 %	89,53%
Sumber	Rofiki, 2018	Rofiki, 2018	FD Putri, 2015	QH Maisrah, 2019

Tabel 1. 17 Perbandingan proses esterifikasi dan transesterifikasi

Variabel pembanding	Proses pembuatan biodiesel		Proses yang lebih menguntungkan	
	esterifikasi	transesterifikasi	esterifikasi	transesterifikasi
Katalis	Asam kuat	Basa kuat	X	V
Kemurnian	Tinggi	Tidak terlalu tinggi	V	X
Produk samping	Air	Air dan gliserol	X	V
Waktu reaksi	Lama (2 jam)	Relatif Pendek (30-60 menit)	X	V
Suhu dan tekanan	60°C, 1 atm	60°C, 1 atm	V	V
Konversi dan <i>yield</i>	Rendah	Tinggi	X	V

Tabel 1. 18 Parameter kimia fisika minyak jarak pagar, metil ester, etil ester

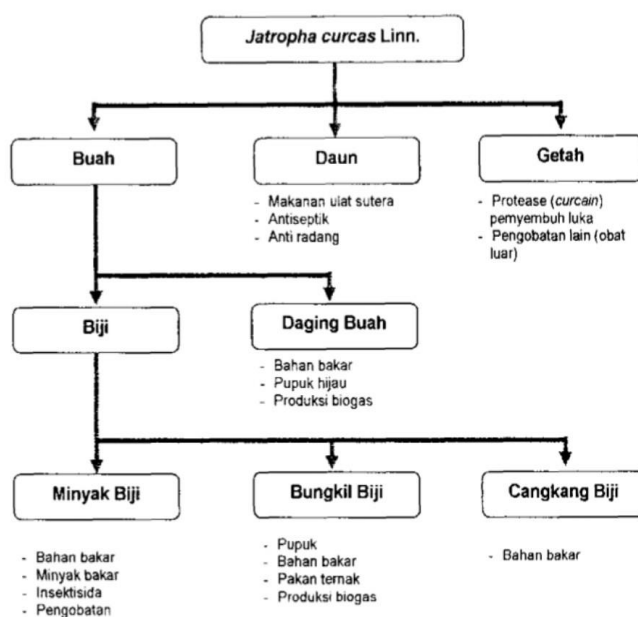
Parameter	Minyak Jarak	Metil Ester	Etil Ester	O-Norm dari FAME
Densitas pada 15 ⁰ C (g cm ⁻³)	0,920	0,879	0,886	0,87-0,89
Viskositas pada 30°C (cSt)	52	4,84	5,54	3,5-5,0 (30°C)
Titik Nyala (°C)	240	191	190	>100
Bilangan Netralisasi (mg KOH g ⁻¹)	0,92	0,24	^0,80	0,08
Abu Sulfat (% m/m)	-	0,014	0,010	^0,02
Angka Cetane	-	51	59	48
Residu Karbon (% m/m)	-	0,025	0,0190	^0,05
Metil(etil) ester (% m/m)	-	99,6	0,55	-
Monogliserida (% m/m)	nd	0,24	0,19	-
Digliserida (% m/m)	2,7	0,07	Nd	-
Trigliserida (% m/m)	97,3	nd	0,05	-
Metanol (% m/m)	-	0,06	0,16	^0,20
Air (% m/m)	0,07	0,16	nd	#

Tabel 1. 19 Parameter kimia fisika minyak jarak pagar, metil ester (lanjutan)

Gliserol bebas (% m/m)	-	0,015	0,17	^0,02
Gliserol total (% m/m)	-	0,088	17,5	^0,24
Posforus (mg/Kg)	290	17,5	4,4	^20
Kalsium (mg/Kg)	56	6,1		-

sumber : gubitz et al.1999

Jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Hampir semua bagian tanaman jarak pagar dan limbah yang dihasilkan, baik pada saat pengepresan biji jarak pagar maupun gliserin yang dihasilkan pada pembuatan biodiesel dapat dimanfaatkan dengan mengolahnya lebih lanjut menjadi produk-produk turunan lainnya. Sebagaimana minyak nabati lainnya, minyak jarak dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan sabun karena mampu memberikan efek pembusaan yang sangat baik dan memberikan efek positif terhadap kulit, terutama bila ditambahkan gliserin pada formula sabun tersebut.

**Gambar 1. 7** Bagan Pemanfaatan Tanaman Jarak

Sumber: Giibitz, et al., 1998

Berikut merupakan bagian-bagian dari tanaman jarak pagar beserta dengan manfaatnya. Untuk bagian yang menghasilkan minyak jarak terbesar berada pada bagian biji selain dimanfaatkan sebagai penghasil minyak jarak tanaman ini juga bisa diambil manfaatnya untuk banyak bidang lain.

Tabel 1. 20 Penelitian biodiesel dari beberapa minyak nabati

Kondisi Operasi	Minyak Kacang	Minyak Kelapa	Minyak Kapuk	Minyak Sawit	Minyak Goreng Bekas	Minyak Goreng Bekas
Proses	batch	batch	batch	Sinambung	batch	Sinambung
Tekanan	1 atm	1 atm	>1 atm	1 atm	4,5 atm	1 atm
Temperatur	333K	353K	403K	348K	393K	333K
Katalis	KOH	KOH	Zeolit	KOH	Zeolit	KOH
(Katalis)	0,75% massa minyak	0,207 mgrek/g	0,0535 g/cm ³	1% massa minyak	2,31% Massa minyak	1% Massa minyak
Alkohol	etanol	etanol	metanol	etanol	etanol	metanol
Rasio Minyak Alkohol	1:2,5 mgrek	1:2,2 mgrek	1:6 mgrek	1:8,93 mgrek	1:6 mgrek	1:5,4 mgrek
Aditif	-	-	-	urea	-	-
Waktu (Menit)	60	60	60	60	60	60
Konversi	0,7542	0,6266	0,6629	0,8205	0,6988	0,8289

sumber : Aziz, 2005

Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan esterifikasi

:

- a. Suhu kecepatan reaksi secara kuat dipengaruhi oleh temperatur reaksi. Pada umumnya reaksi ini dapat dijalankan pada suhu mendekati titik didih metanol (60-700 °C) pada tekanan atmosfer. Kecepatan reaksi akan meningkat sejalan dengan kenaikan temperatur. Semakin tinggi

temperatur, berarti semakin banyak energi yang dapat digunakan oleh reaktan untuk mencapai energi aktivasi. Ini akan menyebabkan tumbukan terjadi lebih sering diantara molekul-molekul reaktan untuk kemudian melakukan reaksi (Rahayu, 2003), sehingga kecepatan reaksi meningkat. Setyawardhani (2003) menggunakan temperatur reaksi 60⁰C pada reaksi esterifikasi untuk menghindari menguapnya metanol yang bertitik didih 65⁰C. Darnoko dan Cheryan (2000) juga menggunakan suhu 60⁰C untuk reaksi. Arrhenius mengatakan bahwa hubungan antara konstanta kecepatan reaksi dengan temperatur mengikuti persamaan:

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

Keterangan :

K = Konstanta kecepatan reaksi

R = Konstanta gas

A = Faktor frekuensi

T = Temperatur absolut

E_a = Energi aktivasi

- b. Waktu reaksi Semakin lama waktu reaksi, maka semakin banyak produk yang dihasilkan, karena ini akan memberikan kesempatan reaktan untuk bertumbukan satu sama lain. Namun jika kesetimbangan telah tercapai, tambahan waktu reaksi tidak akan mempengaruhi reaksi. Sofiyah, (1995) mereaksikan minyak biji kapuk dengan etanol selama 60 menit untuk mencapai produk yang optimum. Darnoko dan Cheryan,

(2000) mendapatkan waktu tinggal yang optimum selama 60 menit untuk reaksi esterifikasi minyak sawit dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Penelitian lain yang juga menggunakan waktu reaksi selama 60 menit diantaranya adalah Azis, (2005), Widiono (1995), dan Prakoso dkk., (2003).

- c. Katalis, berfungsi untuk mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi reaksi namun tidak menggeser letak kesetimbangan. Tanpa katalis, reaksi esterifikasi baru dapat berjalan pada suhu sekitar 250°C . Penambahan katalis bertujuan untuk mempercepat reaksi dan menurunkan kondisi operasi. Katalis yang dapat digunakan adalah katalis asam, basa, ataupun penukar ion. Dengan katalis basa reaksi dapat berjalan pada suhu kamar, sedangkan katalis asam pada umumnya memerlukan suhu reaksi diatas 100°C (Kirk dan Othmer, 1992).

Katalis yang digunakan dapat berupa katalis homogen maupun heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang mempunyai fasa yang sama dengan reaktan dan produk, sedangkan katalis heterogen adalah katalis yang fasanya berbeda dengan reaktan dan produk. Katalis homogen yang banyak digunakan adalah alkoksida logam seperti KOH dan NaOH dalam alkohol. Selain itu, dapat pula digunakan katalis asam cair, misalnya asam sulfat, asam klorida, dan asam sulfonat (Kirk dan Othmer, 1992). Penggunaan katalis homogen mempunyai kelemahan,

yaitu: bersifat korosif, sulit dipisahkan dari produk, dan katalis tidak dapat digunakan Kembali (Nijhuis et al., 2002).

Konsentrasi katalis basa divariasikan antara 0,5-1% dari massa minyak untuk menghasilkan 94-99% konversi minyak nabati menjadi ester. Lebih lanjut, peningkatan konsentrasi katalis tidak meningkatkan konversi dan sebaliknya menambah biaya karena perlunya pemisahan katalis dari produk.

- d. Pengadukan pada reaksi esterifikasi, reaktan-reaktan awalnya membentuk sistem cairan dua fasa. Reaksi dikendalikan oleh difusi diantara fasa-fasa yang berlangsung lambat. Seiring dengan terbentuknya metil ester, ia bertindak sebagai pelarut tunggal yang dipakai bersama oleh reaktan-reaktan dan sistem dengan fasa tunggal pun terbentuk. Dampak pengadukan ini sangat signifikan selama reaksi. Sebagaimana sistem tunggal terbentuk, maka pengadukan menjadi tidak lagi mempunyai pengaruh yang signifikan. Pengadukan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan campuran reaksi yang bagus. Pengadukan yang tepat akan mengurangi hambatan antar massa. Untuk reaksi heterogen, ini akan menyebabkan lebih banyak reaktan mencapai tahap reaksi. Sofiyah, (1995) menggunakan pengadukan 1425 rpm (*rotation per minutes*), Setyawardhani (2003) 500 rpm, Purwono, (2003) 1500 rpm, Rahayu dkk., (2003) 200-250 rpm, Kusmiyati, (1999) 1000 rpm, serta Azis, (2003) 800 rpm.

- e. Perbandingan Reaktan Variabel penting lain yang mempengaruhi hasil ester adalah rasio molar antara alkohol dan minyak nabati. Stoikiometri reaksi esterifikasi memerlukan 1 mol alkohol untuk setiap mol FFA untuk menghasilkan 1 mol ester asam dan 1 mol air (H_2O). Untuk mendorong reaksi esterifikasi ke arah kanan, perlu untuk menggunakan alkohol berlebihan atau dengan memindahkan salah satu produk dari campuran reaksi.

Lebih banyak metanol yang digunakan, maka semakin memungkinkan reaktan untuk bereaksi lebih cepat. Secara umum, proses alkoholisis menggunakan alkohol berlebih sekitar 1,2-1,75 dari kebutuhan stoikiometrisnya. Perbandingan volume antara minyak dan metanol yang dianjurkan adalah 8 : 1.

Purwono, (2003) menggunakan perbandingan pereaksi sebesar 1:2,2 (etanol:minyak), Ardiyanti, (2003) dan Kusmiyati, (1999) menggunakan rasio molar alkohol-minyak 1:6, dan Azis (2005) menggunakan rasio volume 1:4 metanol-minyak. Perbandingan kondisi penelitian tentang biodiesel dari beberapa minyak nabati serta sifat fisis dan kimia dari biodiesel produk yang didapat.

Produk biodiesel yang dihasilkan dari proses metanolisis biasanya harus dimurnikan dari pengotor-pengotor seperti sisa-sisa metanol, katalis, dan air. Hal ini dapat dilakukan dengan menempatkan biodiesel mentah di dalam wadah berwujud kolom dan kemudian disemprot dengan air perlahan-lahan dari bagian atas. Tetesan-tetesan

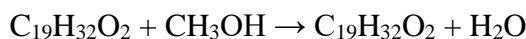
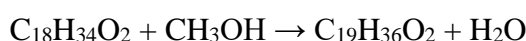
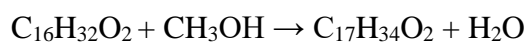
air akan bergerak ke bawah sambil membersihkan biodiesel dari pengotor-pengotor tersebut.

Fasa metanol-air dapat dibebaskan dari sisa-sisa katalis dengan penetralan oleh basa sehingga membentuk garam yang mengendap dan dapat dipisahkan dengan penyaringan. Kemudian, larutan metanol-air di distilasi untuk mendapatkan metanol murni untuk didaur ulang.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika yaitu suatu tinjauan untuk mengetahui sifat reaksi, apakah sebuah reaksi tersebut eksotermis atau endotermis, dan untuk mengetahui apakah reaksi tersebut *reversible* atau *irreversible*. Tinjauan termodinamika dapat diketahui dengan melihat harga entalpi selama reaksi. Reaksi sebagai berikut:



Perhitungan ΔH^0_f

Perhitungan estimasi $\Delta H_{f(298)}$ (kJ/mol.K) dengan menggunakan Metode Joback Tabel D4. Kontribusi Gugus untuk Metode Joback (J/mol.K)

Tabel 1. 21 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

Sumber: Reid,1987

$$\text{Rumus: } \Delta H_{f(298,15)}^0 = 68,29 + \sum n_i \cdot \Delta_i$$

a. Asam Palmitat (C₁₆H₃₂O₂)

$$\begin{aligned} \Delta H_{f(298,15)}^0 &= 68,29 + [14(-\text{CH}_2-) + 1(-\text{CH}_3-) + 1(-\text{COOH})] \\ &= 68,29 + [14(-20,64) + 1(-76,45) + 1(-426,72)] \\ &= -723,8400 \text{ kJ/mol.K} \end{aligned}$$

b. Metil Palmitat (C₁₇H₃₄O₂)

$$\begin{aligned} \Delta H_{f(298,15)}^0 &= 68,29 + [14(-\text{CH}_2-) + 2(-\text{CH}_3) + 1(-\text{COO}-)] \\ &= 68,29 + [14(-20,64) + 2(-76,45) + 1(-337,92)] \\ &= -711,4900 \text{ kJ/mol.K} \end{aligned}$$

Tabel 1. 22 Harga entalpi masing-masing komponen pada suhu 298,15K

Komponen	Harga ΔH_f (kJ/kmol)
Asam Palmitat	-723.84
Asam Oleat	-647.9
Asam Linoleat	-682.56
Asam linolenic	-765.12
Methyl Palmitat	-711.49
Methyl Oleat	-635.55
Methyl Linoleat	-670.21
Methyl Linolenic	-752.770
H₂SO₄	-814
NaOH	-426.601

Tabel 1. 21 Harga entalpi masing-masing komponen pada suhu 298,15K

Metanol	-201.166
H₂O	-285.84

Harga ΔH_f bernilai negatif yang berarti reaksi eksotermis (reaksi membutuhkan dingin). Dari data termodinamika yang tersedia pada Tabel 1.21 juga menandakan bahwa reaksi berjalan secara *irreversible* yang berarti reaksi berjalan dalam satu arah.

Reaksi asam lemak menjadi metil ester tidak dapat dikembalikan menjadi asam lemak asli karena reaksi esterifikasi yang terjadi adalah reaksi *irreversible*. Hal ini dikarenakan adanya perubahan kimia yang terjadi pada molekul-molekul yang terlibat dalam reaksi, membuatnya tidak dapat dipulihkan menjadi bentuk aslinya. Proses esterifikasi mengubah asam lemak bebas menjadi alkil ester, yang kemudian dapat digunakan sebagai biodiesel. Karena reaksi ini *irreversible*, maka biodiesel yang telah dibuat tidak dapat dikembalikan menjadi asam lemak asli.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Selanjutnya, dicari nilai kinetika reaksi (k) dengan persamaan Arrhenius.

$$k = Ae^{-Ea/RT}$$

$$\ln k = \ln Ae^{-Ea/RT}$$

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{RT}$$

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{Ea}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) \gg y = a + bx$$

Keterangan :

A : Faktor Arrhenius

Ea : Energi Aktivasi

T : *Temperature* (K)

$$\begin{aligned} K &= Ae^{-\frac{Ea}{RT}} \\ &= 22.8 \times 10^5 e^{-\frac{47.726 \times 10^3}{8.314 \times 333}} \\ &= 22.8 \times 10^5 e^{-17.201} \\ &= 22.8 \times 10^5 \times 3.03 \times 10^{-8} \\ &= 0.0778 \end{aligned}$$

K adalah konstanta laju reaksi ($0.0778 \text{ min}^{-1} = 1.296 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$)

A adalah faktor frekuensi (22.8×10^5)

Ea adalah energi aktivasi (47.726 kJ/mol)

R adalah konstanta gas (8.314 J/mol.K)

T adalah suhu kelvin (333 K)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Agar dapat memenuhi kualitas produk sesuai target pada pembuatan pabrik biodiesel, maka mekanisme dalam perancangannya berdasarkan variabel utama yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu dan pengendalian proses.

2.1.1 Biodiesel

Rumus molekul	: $C_{19}H_{36}O_2$
Fasa	: Cair
Kekentalan	: 2,3 – 6,0 cSt
Berat molekul, g/gmol	: 296,4879 g/gmol
Densitas	: 0,8379 g/cm ³
Viskositas	: 4,88 cp pada 30°C
Heating Value	: 42 MJ.kg ⁻¹
Titik didih	: 218.5°C pada 20 mmHg
Titik Nyala	: > 100°C
Titik Kabut	: < 18
Tekanan uap pada 25°C	: 6.29×10^{-6} mmHg
Titik Tuang	: - 15 – 13 °C
Massa Jenis	: 850 – 890 Kg/m ³
Suhu (T)	: 30°C

Sumber : Erliza Hambali,2007

2.1.2 Air

Rumus molekul	: H ₂ O
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak Berwarna
Berat molekul, g/gmol	: 18 g/gmol
Densitas	: 1 g/cm ³
Viskositas (pada 25°C)	: 0,889 cP
Titik didih	: 100 °C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan Uap	: 12,3 kPa, pada 50°C
Kelarutan	: Larut dalam air
Densitas Uap	: 17 g/cm ³
Titik Beku	: 32°F
Titik Leleh	: 32°F
Heating Value	: -
Titik Nyala	: 100°C
Konduktifitas Termal	: 0,6 W/m.k
Suhu (T)	: 25°C
Sumber	: kem,1966

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Minyak Jarak (*Jarathropa Curcas*)

Rumus molekul	: $C_{57}H_{104}O_6$
Fasa	: Cair
Warna	: Kuning keemasan
Bilangan Penyabunan	: 96,7 mg/gr
Densitas	: $0,9157 \text{ kg/m}^3$
Viskositas (pada 40°C , cSt)	: 34,17 cP
Titik didih, 1 atm, $^\circ\text{C}$: 300°C
Tekanan	: 1 atm
Kelarutan	: Tidak larut dalam air
Bilangan iod (gr/100 gr)	: 108,5
Titik Nyala	: 270°C
Indeks Bias 25°C	: 1,4655
Air	: 1 %
Asam Oleat (FFA) tak jenuh	: 47,929 %
Sumber	: La Puppung, 1986

2.2.2 Metanol

Rumus molekul	: CH_3OH
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul, g/gmol	: 32.037 g/gmol

Densitas	: 791 g/cm ³
Viskositas	: 0,55 cp pada 20°C
Titik didih, 1 atm, °C	: 64.7°C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap (pada 20 °C)	: 12.8 kPa
Kelarutan	: Larut dalam air
Heating Value	: 22,9 MJ.kg ⁻¹
Titik Nyala	: 11°C sampai 12°C
Suhu (T)	: 30°C
Sumber	: labchem.com

2.2.3 Natrium Hidroksida

Rumus molekul	: NaOH
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul, g/gmol	: 36,46 g/gmol
Densitas	: 1 – 1,2 g/cm ³
Viskositas	: -
Titik didih, 1 atm, °C	: 1390 °C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap (pada 20 °C)	: 1 mmHg pada 739 °C
Kelarutan	: Larut dalam air
Heating Value	: 4.184 J.g ⁻¹
Titik Nyala	: <i>Non Flameable</i>

Titik Beku : -74°C

Suhu (T) : 30°C

Sumber : labchem.com

2.2.4 Asam Sulfat

Rumus molekul : H_2SO_4

Fasa : Cair

Warna : Tidak berwarna

Berat molekul, g/gmol : 98,08 g/gmol

Densitas : $1-1,84 \text{ g/cm}^3$

Viskositas : -

Titik didih, 1 atm, $^{\circ}\text{C}$: 290°C pada 1 atm

Tekanan : 1 atm

Kelarutan : Larut

Kemurnian : 98% (air 2%)

Impuritas : H_2O 2% berat

Nama lain : Sulfuric Acid

Sumber : PT Petrokimia Gresik

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik biodiesel ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk. Tujuan dari diadakannya pengendalian kualitas ini yaitu untuk memperoleh dan menjagaproduk agar sesuai dengan

spesifikasi yang sebelumnya telah direncanakan, dengan cara dilakukannya pengawasan dan pengendalian terhadap proses produksi agar proses berjalan sesuai dengan tahap-tahap proses yang telah ditentukan. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang memiliki mutu dan kualitas tinggi sesuai dengan jumlah dan standar yang telah ditentukan.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Tujuan dari pengendalian kualitas bahan baku ini adalah untuk menstandarisasi bahan baku sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Sebelum memasuki tahap produksi, dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap kualitas bahan baku seperti kandungan dan kemurniannya. Pengujian ini dilakukan melalui analisa laboratorium. Jika setelah melalui proses analisa diketahui bahan baku tidak sesuai, maka kemungkinan besar bahan baku tersebut dikembalikan kepada *supplier*.

Adapun parameter yang akan di ukur adalah:

- a. Kemurnian dari bahan baku Esterifikasi, H_2SO_4 , NaOH dan Metanol
- b. Kandungan di dalam FFA, H_2SO_4 , NaOH dan Metanol
- c. Kadar air
- d. Kadar zat pengotor

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan

baku sampai menjadi produk. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol. Diharapkan mendapatkan hasil dengan mutu dan kapasitas sesuai standar yang diinginkan oleh pabrik.

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan atau di *setting* baik *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, maupun *temperature control*, dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau set semula baik secara manual atau otomatis.

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan 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

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Apabila

setelah dianalisa ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

b. Pengendalian Kualitas Bahan Pembantu

Bahan-bahan pembantu untuk proses pembuatan biodiesel di pabrik ini juga perlu dianalisa untuk mengetahui sifat-sifat fisisnya, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing bahan untuk membantu kelancaran proses.

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 jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Pengendalian kualitas yang dimaksud disini adalah pengawasan produk Biodiesel (*Metil Ester*) pada saat akan dipindahkan dari Tangki Penyimpanan sementara (*day tank*) ke Tangki Penyimpanan tetap (*storage tank*), dari *storage tank* ke mobil truk dan ke-kapal.

2.3.3 Pengendalian Proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan. Pengendalian

dan pengawasan jalannya operasi yang dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room* dimana semua alat yang beroperasi telah berjalan secara *automatic control* dengan menggunakan indikator. Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun suhu. Alat kontrol yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain :

- a. *Level Control* berfungsi sebagai pengatur ketinggian cairan di dalam tangki. *Level control* akan memberikan isyarat berupa suaran dan nyala lampu ketika ketinggian cairan di dalam tangki tidak sesuai kondisi yang telah ditetapkan.
- b. *Flow Rate Control* berfungsi mengatur aliran bahan baku baik itu aliran masuk (*inlet*) maupun aliran keluar (*outlet*) proses.
- c. *Temperature Control* berfungsi untuk mengatur suhu pada suatu alat. Selain menggunakan alat-alat tersebut untuk mengendalikan proses, dilakukan pula pengendalian waktu. Pengendalian waktu dengan cara menggunakan proses yang efisien.

2.3.4 Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan

Dalam melakukan sebuah perancangan industri seorang *engineer* dituntut untuk selalu memperhatikan aspek *safety, health, and environment* (SHE) atau yang biasa disebut juga dengan aspek Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L). Aspek tersebut akan sangat menentukan keberlangsungan suatu industri dan harus

diterapkan bagi pegawai yang bekerja di pabrik serta masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik.

Untuk meminimalkan resiko yang ditimbulkan, maka pabrik harus memiliki sistem manajemen SHE yang baik. Manajemen SHE adalah sebuah sistem manajemen untuk mengidentifikasi, memahami, dan mengendalikan *hazard* yang ada dalam suatu proses untuk mencegah terjadinya insiden karena kegagalan proses, alat, atau prosedur. Manajemen SHE pada Pra Rancangan Pabrik Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar mengacu pada bahan kimia yang digunakan, proses yang ada, kondisi operasi, alat, tata letak, dan juga limbah yang dihasilkan.

a. *Safety*

Budaya *safety* merupakan salah satu kunci terjaminnya keselamatan pekerja di dalam sebuah industri. Jika suatu pabrik memiliki manajemen *safety* yang baik, maka risiko terjadinya *hazard* dapat diminimalisasi. Menerapkan *safety behaviour* pada lingkungan kerja membutuhkan kerja sama setiap elemen yang berada di dalamnya. *safety behaviour* tercipta apabila pekerja memiliki kompetensi yang memadai dan paham terhadap *hazard* yang dapat timbul dari perilaku dan lingkungan disekitarnya. Salah satu cara untuk meningkatkan pemahaman dan menanamkan *safety behaviour* adalah dengan melaksanakan *training* bagi pekerja. Selain itu, dilakukan pelatihan bagi tim pemadam kebakaran dan tim medis. Untuk memunculkan

kepemahaman terhadap *hazard* yang dapat timbul pada alat, maka semua alat harus memiliki *standard operating procedure* (SOP).

b. *Health*

Dalam sebuah industri kimia akan selalu dijumpai bahan-bahan kimia yang berbahaya. Pekerja yang berkontak langsung dengan bahan-bahan tersebut akan memiliki resiko 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*

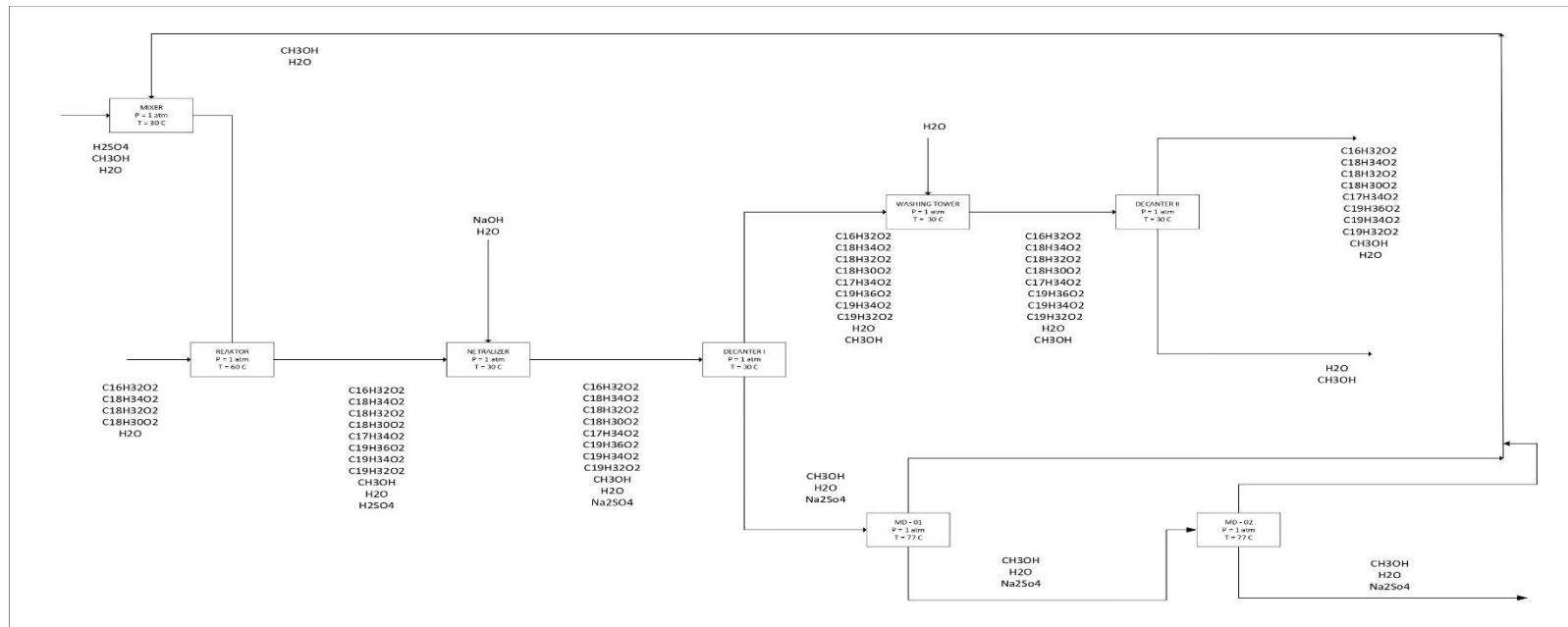
Salah satu aspek yang penting dalam perancangan pabrik adalah aspek lingkungan yang meliputi pengelolaan dan pembuangan limbah. Limbah pabrik yang dibuang ke lingkungan harus memenuhi standar baku mutu limbah yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Hal ini dilakukan agar limbah yang dibuang tidak mencemari lingkungan dan berbahaya bagi makhluk hidup di sekitar pabrik.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

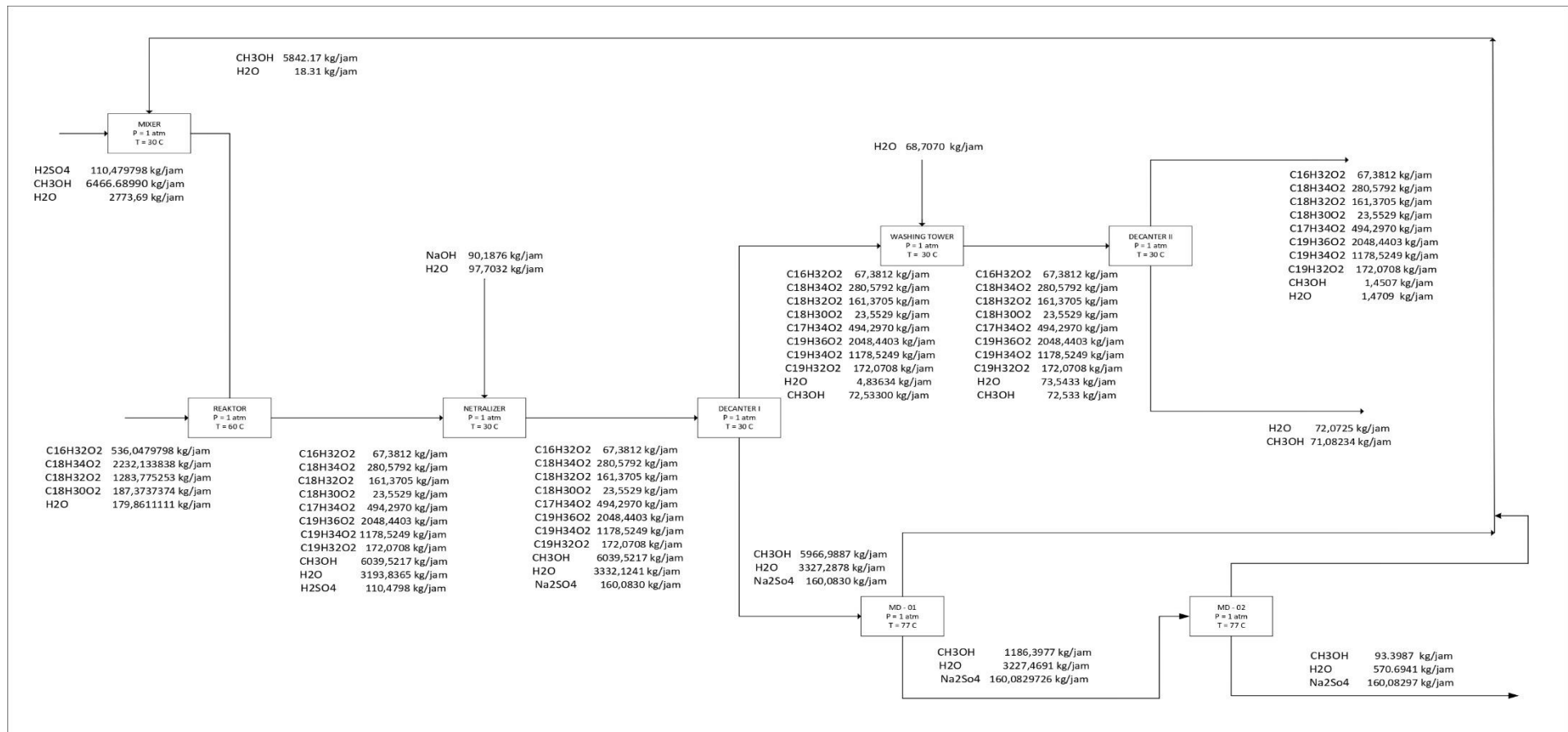
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

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

Proses pembuatan biodiesel menggunakan proses esterifikasi, pada dasarnya esterifikasi adalah tahap mengkonversi minyak nabati (asam) menjadi metil ester atau biodiesel, yang terjadi melalui reaksi alkohol dan akan menghasilkan produk samping yaitu air. Pembuatan biodiesel dengan proses esterifikasi yaitu menggunakan katalis asam (H_2SO_4) dengan minyak jarak (*Jatropha curcas*) dan metanol (CH_3OH) sebagai bahan baku utama. Proses berlangsung secara kontinyu pada temperatur $60^\circ C$ pada tekanan 1 atm.

Secara keseluruhan proses pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar dan metanol dengan proses esterifikasi dilaksanakan melalui tiga tahap, yaitu

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

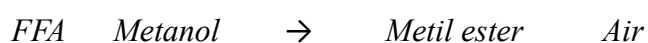
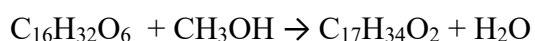
3.2.1 Penyiapan Bahan Baku

Asam sulfat cair (H_2SO_4) dari Tangki Penyimpanan bahan baku (T-01) dan metanol (CH_3OH) dari Tangki Penyimpanan (T-02) yang disimpan pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm dialirkan menuju *Mixer* (M-01). Setelah campuran metanol (CH_3OH) dan asam sulfat (H_2SO_4) homogen dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *Heater* (H-01) hingga suhu $60^\circ C$. Campuran lalu dialirkan menuju reaktor alir tangki berpengaduk atau RATB (R-01).

Minyak jarak yang disimpan pada temperatur 30°C dan tekanan di dalam Tangki Penyimpanan (T-03) di Pompa (P-03) menuju reaktor (R-01) yang sebelumnya juga telah dipanaskan dengan *Heater* (HE-02) sampai suhu 60°C.

3.2.2 Proses Pembentukan Produk

Campuran minyak jarak dengan metanol dan H₂SO₄ direaksikan pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan kondisi *isothermal* serta sifat reaksi eksotermis *irreversible* dimana suhu reaksi harus dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping. Untuk menjaga suhu reaksi tetap 60°C, maka masing-masing reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin. Konversi di tiap-tiap reaktor adalah, Reaktor-01 (R-01) dengan konversi 64% dan Reaktor-02 (R-02) dengan konversi 87%. Adapun reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah :



Gambar 3. 3 Proses Pembentukan Metil Ester

Produk dari reaksi adalah biodiesel (*metil ester*) dan air keluar dari reaktor pada suhu 60°C, tekanan 1 atm. Sebelum dialirkan menuju *Netralizer* (N-01) produk didinginkan terlebih dahulu menggunakan pendingin atau *Cooler* (CO-01). Natrium Hidroksida (NaOH) 48%

ditambahkan pada *Netralizer* (N-01) untuk menghilangkan H_2SO_4 yang terkandung dalam larutan.

Pada *Netralizer* terjadi reaksi asam-basa antara natrium hidroksida (NaOH) dan asam sulfat (H_2SO_4) membentuk garam (Na_2SO_4) dan air. Reaksi pada *Netralizer* berlangsung pada suhu $30^\circ C$ tekanan 1 atm dan pH 7–8.

3.2.3 Proses Pemurnian Produk

Produk yang keluar dari *Netralizer* (N-01) dialirkan menuju *Decanter* (DC-01) dengan menggunakan Pompa (P-06). *Decanter* berfungsi untuk memisahkan metanol, *free fatty acid* (FFA), Na_2SO_4 , metil ester (biodiesel) dan air sebagai produk samping. Penggunaan *Decanter* (DC-01) dikarenakan perbedaan densitas dan kelarutan dari campuran minyak.

Perbedaan densitas dan kelarutan dari kedua campuran menyebabkan terjadinya dua lapisan di dalam *Decanter*. Lapisan atas (*light stream*) merupakan campuran yang memiliki densitas lebih ringan berupa biodiesel dan FFA. Lapisan bawah (*heavy stream*) merupakan campuran yang memiliki densitas lebih berat berupa campuran air, metanol, dan Na_2SO_4 , terpisah melalui bagian bawah *Decanter* (DC-01) sebagai fasa berat atau *heavy stream* lalu di Pompa masuk ke Menara Distilasi (MD-01). Pada Menara Distilasi (MD-01) hasil penguapan berupa metanol dan air kemudian dialirkan ke Kondensor (CD-01) sehingga berubah fasa menjadi cair dan di *recycle*

kembali sebagai umpan masuk reaktor, metanol dan air dialirkan ke dalam *Cooler* (C-02). Hasil bawah Menara Distilasi (MD-02) berupa metanol, air, dan Na_2SO_4 lalu dialirkan ke unit pembuangan limbah (UPL).

Light stream atau fasa ringan dari *Decanter* keluar melalui bagian atas *Decanter* (DC-01) berupa metil ester, metanol, air, dan FFA dialirkan menuju *Washing Tower* (WT-01) untuk dicuci dengan menggunakan air proses utilitas suhu 30°C . Tujuan dari pencucian yaitu untuk melarutkan bahan-bahan yang masih terbawa di dalam metil ester (biodiesel) seperti metanol, FFA, dan air. Setelah dilakukan pencucian di *Washing Tower* kemudian dialirkan ke *Decanter 2* (D-02) untuk dipisahkan kembali antara metil ester (biodiesel) dengan komponen pengotor.

Air yang mengandung metanol pada *Decanter 2* (D-02) akan terpisah dan keluar melalui bagian bawah *Decanter 2* sebagai fasa berat atau *heavy stream* dan masuk unit pembuangan limbah. *Light stream* atau fasa ringan yang keluar melalui bagian atas *Decanter 2* berupa metil ester yang masih mengandung FFA, metanol dan air yang sedikit, akan dialirkan dan disimpan pada Tangki Penyimpanan (T-05).

3.2.4 Perencanaan Produksi

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan dari bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku minyak jarak diperoleh dari PT. Alegria Indonesia, Malang Jawa Timur,

sedangkan bahan baku Metanol (CH_3OH) diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri, Bontang, Kalimantan Timur. Bahan baku katalis yaitu Asam Sulfat I diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, Gresik Jawa Timur dan bahan baku untuk penetral yaitu Natrium Hidroksida (NaOH) diperoleh dari PT. Asahimas Chemical, Cilegon Banten. Bahan baku pembuatan biodiesel dengan menggunakan proses esterifikasi terdiri dari minyak jarak pagar, Metanol (CH_3OH), Natrium Hidroksida (NaOH), Asam Sulfat (H_2SO_4), dan Air (H_2O).

3.3 Spesifikasi Alat

Perancangan spesifikasi alat pada pabrik biodiesel telah di rancang berdasarkan pertimbangan efisiensi dan optimasi proses yang telah di sesuaikan. Spesifikasi alat-alat pada perancangan pabrik biodiesel dari minyak jarak :

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

a. Mixer

Kode : M-01

Fungsi : Mencampur H_2SO_4 dan metanol

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

a. Tekanan = 1 atm

b. Suhu = 30°C

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

Dimensi *Mixer* :

- a. Diameter = 2.17 m
- b. Tinggi = 3.16 m
- c. Tebal *shell* = 0,1875 in
- d. Tebal *head* = 0,25 in

Pengaduk *Mixer* :

- a. Jenis = *Six-blade turbine, vertical blades*
- b. Diameter pengaduk = 0,715 m
- c. Jumlah pengaduk = 1 buah
- d. Lebar *baffle* = 1,132 m
- e. Kecepatan putaran = 70 rpm
- f. *Power* = 0,25 Hp

Harga : \$ 87.500

b. Reaktor

Spesifikasi umum

Kode : R-01 dan R-02

Fungsi : Mereaksikan minyak jarak dengan metanol
menggunakan katalis H_2SO_4

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Mode Operasi : Kontinyu

Jumlah : 2 buah

Kondisi Operasi

Suhu : 60 °C

Tekanan : 1 atm

Kondisi Proses : Isothermal

Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi : *Stainless steel type 316*

Reaktor 1

Diameter reaktor : 1,704 m

Tebal *shell* : 0,1875 in

Tinggi reaktor : 3 m

Tinggi cairan *shell* : 1,704 m

Tinggi *head* (OA) : 0,645 m

Tebal *head* : 0,313 in

Volume *shell* (cairan) : 3,884 m³

Volume *head* : 2,775 m³

Volume Reaktor : 9,434 m³

Jenis *head* : *Torispherical dished head*

Konversi : 64%

Pengaduk reaktor

Jenis : *Six-blade turbine, vertical blades*

Diameter : 0,015 m

Jarak : 0,015 m

Tinggi : 0,047 m

Lebar Pengaduk : 0,003 m

Lebar Baffle : 0,003 m

Power : 7,25 Hp
Kecepatan putar : 64,588 rpm
Jumlah : 1 buah

Reaktor 2

Diameter reaktor : 2,688 m
Tebal *shell* : 0,1875 in
Tinggi reaktor : 3,98 m
Tinggi cairan *shell* : 2,688 m
Tinggi *head* (OA) : 0,647 m
Tebal *head* : 0,313 in
Volume *shell* (cairan) : 15,238 m³
Volume *head* : 2,775 m³
Volume Reaktor : 20,788 m³
Jenis *head* : *Torispherical dished head*
Konversi : 87%

Pengaduk reaktor

Jenis : *Six-blade turbine, vertical blades*
Diameter : 0,017 m
Jarak : 0,017 m
Tinggi : 0,047 m
Lebar Pengaduk : 0,042 m
Lebar Baffle : 0,042 m
Power : 15 Hp

Kecepatan putar : 725,904 rpm

Jumlah : 1 buah

Jaket pendingin

Tinggi : 1,434 m

Diameter : 3,302 m

Luas selimut : 318,384 ft²

Luas perpindahan panas : 4,845 ft²

Harga : \$ 376.000

c. Netralizer

Kode : N-01

Fungsi : Menetralkan H₂SO₄ sebagai katalis dengan menggunakan NaOH sehingga diperoleh larutan garam atau Na₂SO₄

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167*

Dimensi *Netralizer* :

a. Volume : 6,0472 m³

b. Diameter : 2,0987 m

c. Tinggi : 2,9995 m

- d. Tebal *shell* : 0,2019 in
- e. Tinggi cairan dalam *shell* : 1,6484 m
- f. Tebal *head* : 0,2725in
- g. Jenis *head* : *Torispherical*

Pengaduk *Netralizer* :

- a. Jenis : *Six blade turbine, vertical blades*
- b. Diameter : 0,7578 m
- c. Jumlah pengaduk : 1 buah
- d. Lebar *baffle* : 0,1288 m
- e. Kecepatan putaran : 68 rpm
- f. *Power* : 3 Hp

Harga : \$ 227.600

d. Decanter 1

Kode : DC-01

Fungsi : Memisahkan komponen biodiesel dengan komponen air

Jenis : *Horizontal Silinder*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 316*

Dimensi *Decanter* :

- a. Diameter : 1,04 m
- b. Panjang : 3,11 m
- c. Tebal *shell* : 0,1875 in
- d. Tebal *head* : 0,1875 in
- e. Waktu tinggal : 10 menit

Harga : \$ 178.700

e. Decanter 2

Kode : DC-02

Fungsi : Memisahkan biodiesel dari sisa campuran hasil pencucian H₂O yang keluar dari *Washing Tower*

Jenis : *Horizontal Silinder*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 316*

Dimensi *Decanter* :

a. Diameter : 0,47 m

b. Panjang : 1,42 m

c. Tebal *shell* : 0,1875 in

d. Tebal *head* : 0,1875 in

e. Waktu tinggal : 10 menit

Harga : \$ 80.800

f. Washing Tower

Kode : WT-01

Fungsi : Mencuci biodiesel dari *Decanter* 1
menggunakan air pencuci

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Dimensi *Washing Tower* :

a. Volume : 6,3196 m³

b. Diameter : 2,0042 m

c. Tinggi : 2,8265 m

d. Tebal *shell* : 0,2500 in

e. Tebal *head* : 0,2500 in

f. Waktu tinggal : 10 menit

Pengaduk *Washing Tower* :

a. Jenis : *Six-blade turbine, vertical blades*

b. Diameter pengaduk : 0,7577 m

c. Lebar pengaduk : 0,1894 m

- d. Jumlah pengaduk : 1 buah
- e. Lebar *baffle* : 1,132 m
- f. Daya motor : 0,34 Hp

Harga : \$ 87.700

g. Menara Distilasi 1

Kode : MD-01

Fungsi : Memisahkan air dan metanol berdasarkan perbedaan Titik Didih

Jenis : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 77 °C

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

Dimensi Distilasi :

a. Tinggi : 8,4074 m

b. Diameter Kolom : 0,4601 m

c. Tebal *Shell* : 0,0048 m

d. Tebal *Head* : 0,0048 m

e. Jumlah *Plate* : 14

f. Tebal *Tray* : 0,03 m

g. Diameter *Hole* : 0,01

h. Jumlah *Hole* : 104,394 buah

- i. *Tray Spacing* : 0,4500 m
- j. Panjang *Weir* : 0,3902 m
- k. Tinggi *Weir* : 0,004 m

Harga : \$ 525.200

h. Menara Distilasi 2

Kode : MD-02

Fungsi : Memisahkan komponen methanol sebagai keluaran atas (distilat) dan water sebagai keluaran bawah (bottom)

Jenis : *Sieve Tray*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 77 °C

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

Dimensi Distilasi :

a. Tinggi : 9 m

b. Diameter Kolom : 0,0528 m

c. Tebal *Shell* : 0,0048 m

d. Tebal *Head* : 0,0048 m

e. Jumlah *Plate* : 15

f. Tebal *Tray* : 0,003 m

g. Diameter *Hole* : 0,01 m

h. Jumlah *Hole* : 55,925 buah

i. *Tray Spacing* : 0,45 m

j. Panjang *Weir* : 0,0792 m

k. Tinggi *Weir* : 0,004 m

Harga : \$ 522.200

i. Condensor 1

Kode : CD-01

Fungsi : Mengembunkan hasil atas Menara Distilasi

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Operating Condition				
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate,kg/jam</i>	6055,57	6055,57	6029,87	0
<i>Vapor flowrat,kg/jam</i>	0	0	0	6029,87
<i>Temperature, °C</i>	77	65,40	30	40
<i>Pressure, atm</i>	1	1	1	1

Mechanical Design			
<i>Shell (Hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	12	<i>Length, ft</i>	12
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
<i>ID, in</i>	12	<i>OD, in</i>	0,53
<i>Baffle spaces</i>	9	<i>Number tube</i>	130

		A, ft ²	217,308
		BWG	12
ΔP terhitung, psi	0,0203	<i>Pitch</i>	1
ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP terhitung, psi	0,14
Rdmin, Btu/hr.ft ² .°F	0,001	ΔP Diiijinkan, 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,\$	\$27.200		

j. Condensor 2

Kode : CD-02

Fungsi : Mengembunkan hasil atas Menara Distilasi
(MD-02)

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Spesifikasi	
a", in ²	0,233
Pt, <i>Triangular</i>	1
<i>Passes</i> =	1
A, ft ²	217,308
Uc, Btu/hr.ft ² .°F	449,858
Ud, Btu/hr.ft ² .°F	13

$R_d \text{ calculated} =$	0,073
----------------------------	-------

Mechanical Design			
<i>Shell (Hot fluid)</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length, ft</i>	12	<i>Length, ft</i>	12
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	1
ID, in	12	OD, in	0,5
<i>Baffle spaces</i>	9	<i>Number tube, buah</i>	130
		A, ft ²	217,308
		BWG	12
ΔP terhitung, psi	0,0201	<i>Pitch</i>	1
ΔP Diiijinkan, psi	10	ΔP terhitung, psi	0,151
R_{dmin} , Btu/hr.ft ² .°F	0,001	ΔP Diiijinkan, psi	10
R_{dcal} Btu/hr.ft ² .°F	0,012	R_{dmin} , Btu/hr.ft ² .°F	0,001
		R_{dcal} Btu/hr.ft ² .°F	0,012
Harga,\$	\$27.200		

k. Reboiler 1

Kode : RB-01

Fungsi : Menguapkan cairan yang keluar dari Menara Distilasi (MD-01) sebagai hasil bawah

Jenis : *Stainless steel SA 167 Grade 3 type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi	
a", in ²	639
Pt, <i>Triangular</i>	1,25
<i>Passes</i> =	6
A, ft ²	46,0783
Uc, Btu/hr.ft ² .°F	18,8383
Ud, Btu/hr.ft ² .°F	17,8306
Rd <i>calculated</i> =	12
<i>Cold Fluid : Shell, Produk</i>	
Aliran Fluida =	<i>Hot Fluid</i>
IDs, in =	4,03
<i>Passes</i> =	6
ΔP perhitungan, psi =	0,06
Δ P diizinkan, psi =	10
<i>Hot Fluid : Tube, Steam</i>	
Aliran Fluida =	<i>Cold Fluid</i>

Nt, buah =	8
L, ft =	20
OD, in =	3,5
ID, in =	3,07
BWG =	18
ΔP perhitungan, psi =	0,11
ΔP diizinkan, psi =	10
Harga, \$	\$15.124

1. *Reboiler 2*

Kode : RB-02

Fungsi : Menguapkan cairan yang keluar dari Menara
Distilasi (MD-02) sebagai hasil bawah

Jenis : *Stainless steel SA 167 Grade 3 type 304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi	
a'' , in ²	639
Pt, <i>Triangular</i>	1,25
<i>Passes</i> =	6
A, ft ²	77,85112
Uc, Btu/hr.ft ² .°F	18,83725
Ud, Btu/hr.ft ² .°F	17,82967

Rd	0,003
Rd min	0,003
<i>Cold Fluid : Annulus, Produk (Heavy Organic)</i>	
IPS, in	4
Sch. No	40
Flow Area, in ²	3,14
OD, in	4,5
ID, in	4,03
<i>Surface Area, ft²/ft</i>	1,178
<i>Hot Fluid : Inner pipe, Steam</i>	
IPS, in	3
Sch. No	40
Flow Area, in ²	7,8
OD, in	3,5
ID, in	3,068
<i>Surface Area, ft²/ft</i>	0,917
Harga, \$	\$ 27.200

m. Accumulator 1

Kode : ACC-01

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

Jenis : *Horizontal cylinder*

Jumlah : 1 buah

Operating Condition	
Suhu, °C	65
Tekanan, atm	1
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304</i>
Kapasitas tangki	0
Diameter Shell	
Diameter, m	0,72
Panjang, m	4,34
Tebal <i>shell</i> , in	0,19
Dimensi head	
Diameter, in	30
Panjang, m	0,18
Tebal <i>head</i> , in	0,19
Panjang total, m	4,69
Harga, \$	\$3.932,31

n. Accumulator 2

Kode : ACC-02

Fungsi : Menampung keluaran kondensor pada Menara
Distilasi (MD-02)

Jenis : *Horizontal cylinder*

Jumlah : 1 buah

Operating Condition	
Suhu, °C	65
Tekanan, atm	1
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304</i>
Kapasitas tangki, m ³	0,353
Diameter Shell	
Diameter, m	0,414
Panjang, m	2,48
Tebal <i>shell</i> , in	0,19
Dimensi head	
Diameter, in	30
Panjang, m	0,121
Tebal <i>head</i> , in	0,19
Panjang total, m	2,726
Harga, \$	\$3.932,31

o. Heater 1

Kode : HE-01

Fungsi : Memanaskan umpan metanol dan H₂SO₄ dari
30°C Menjadi 60°C dari Mixer (M-01)
menuju reaktor (R-01)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*Bahan Kontruksi : *Stainles Steel SA-167 Tipe 316*

Operating Condition		
	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (Steam)</i>
T <i>in</i>	30°C	110°C
T <i>out</i>	60°C	100°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Beban panas	799494,9215 kg/jam	
Mechanical Design		
	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (Steam)</i>
OD	4.50 in	3,5 in
ID	4.026 in	3,068 in
Pressure Drop	0,0966 psi	0,00024374 psi
Luas transfer panas	73,36 ft ²	
Jumlah hairpin	2	
Rd	0,007	
Harga, \$	\$2.800	

p. Heater 2

Kode : HE-02

Fungsi : Memanaskan bahan baku Minyak Jarak dari
30°C menjadi 60°C menuju reaktor (R-01)Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*Bahan konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Tipe 316*

Operating Condition		
	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (Steam)</i>
T _{in}	30°C	110°C
T _{out}	60°C	100°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Beban panas	237.088,206 kg/jam	
Mechanical Design		
	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (Steam)</i>
OD	4.50 in	3,5 in
ID	4.026 in	3,068 in
<i>Pressure Drop</i>	0,07646 psi	0,000024074 psi
Luas transfer panas	6,113 ft ²	
Jumlah hairpin	1	
Rd	0,0056	
Harga, \$	\$2.200	

q. Heater 3

Kode : HE-03

Fungsi : Memanaskan umpan metanol dan air dari
30°C menjadi 77°C dari *Decanter* (DC-01)
menuju Menara Distilasi (MD-01)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*Bahan konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Tipe 316*

Operating Condition		
	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (Steam)</i>
T _{in}	30°C	110°C
T _{out}	77°C	100°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Beban panas	846213,1057 kg/jam	
Mechanical Design		
	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (Steam)</i>
OD	4.50 in	3,5 in
ID	4.026 in	3,068 in
Pessure Drop	0,0966 psi	0,00024374 psi
Luas transfer panas	73,36 ft ²	
Jumlah hairpin	2	
Rd	0,007	
Harga, \$	\$2.800	

r. Cooler 1

Kode : CO-01

Fungsi : Mendinginkan campuran hasil keluaran Reaktor (R-01) dari suhu 60°C ke suhu 30°C untuk dialirkan ke *Netralizer* (N-01)

Jenis : *Shell and tube*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : Carbon steel SA 283 grade C

Operating Condition			
<i>Cold Fluid</i>		<i>Hot Fluid</i>	
<i>T in</i>	30°C	<i>T in</i>	60°C
<i>T out</i>	45°C	<i>T out</i>	30°C

Mechanical Design			
<i>Shell (Hot Fluid)</i>		<i>Tube (Cold Fluid)</i>	
ID	19,25 in	ID	0,6200 in
<i>Pitch</i>	6 in triangular pitch	OD	0,7500 in
<i>Baffle</i>	10 in	BWG	16
<i>Pressure drop</i>	0,402 psi	L	20 ft
		Nt	171
		<i>Pressure drop</i>	0,128 psi
Luas transfer panas	401,996 ft ²		
Uc	1.772 btu/jam.ft ² .F		
Ud	74,820 btu/jam.ft ² .F		
<i>Drit.factor</i>	0,0128 jam.ft ² .F/btu		
Harga \$	\$ 65.524,82		

s. Cooler 2

Kode : CO-02

Fungsi : Mendinginkan umpan metanol dan air dari

65°C menjadi 30°C untuk di *recycle* kembali

ke *Mixer* (M-01)

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

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

Operating Condition		
	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (Cooler)</i>
<i>T in</i>	65°C	30°C
<i>T out</i>	30°C	45°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Pendingin	9822,68 kg/jam	
Mechanical Design		
	<i>Annulus (Heavy Organic)</i>	<i>Inner pipe (Cooler)</i>
OD	4.50 in	3,5 in
ID	4.026 in	3,068 in
<i>Pressure drop</i>	0,54 psi	0,0028 psi
Luas transfer panas	198,36 ft ²	
Jumlah hairpin	2	
Rd	0,003	
Harga \$	\$2.800	

3.3.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

a. Tangki Penyimpanan H₂SO₄

Kode : T-01

Fungsi : Menyimpan bahan baku H_2SO_4 untuk kebutuhan produksi selama 10 hari

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

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : $30^\circ C$

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

Dimensi tangki :

- a. Volume : 26,674217 m^3
- b. Diameter : 3,048 m
- c. Tinggi : 3,6576 m
- d. Tebal *shell* : 0,8750 in
- e. Jumlah *course* : 6
- f. Tinggi *head* : 2,04 m
- g. Tebal *head* : 0,118 in
- h. Tinggi total : 5,69 m

Harga : \$ 57.800

b. Tangki Penyimpanan Metanol (CH_3OH)

Kode : T-02

Fungsi : Menyimpan bahan baku metanol untuk

kebutuhan produksi selama 10 hari

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

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan = 1 atm

b. Suhu = 30°C

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

Dimensi tangki :

a. Volume : 50,014158 m³

b. Diameter : 6,24 m

c. Tinggi : 4,572 m

d. Tebal *shell* : 0,8750 in

e. Jumlah *course* : 6

f. Tinggi *head* : 0,02 m

g. Tebal *head* : 0,875 in

h. Tinggi total : 6,5 m

Harga : \$ 309.500

c. Tangki Penyimpanan Minyak Jarak

Kode : T-03

Fungsi : Menyimpan bahan baku minyak jarak untuk
kebutuhan produksi selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutup atas

conical roof dan tutup bawah datar

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan = 1 atm

b. Suhu = 30°C

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

Dimensi tangki :

a. Volume : 50,0141 m³

b. Diameter : 4,572 m

c. Tinggi : 3,048 m

d. Tebal *shell* : 0,8750 in

e. Jumlah *course* : 5

f. Tinggi *head* : 3,0 m

g. Tebal *head* : 0,815 in

h. Tinggi total : 6,1 m

Harga : \$ 294.600

d. Tangki Penyimpanan NaOH

Kode : T-04

Fungsi : Menyimpan bahan baku NaOH untuk
kebutuhan produksi selama 7 hari

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

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan = 1 atm

b. Suhu = 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Dimensi tangki :

a. Volume : 22,23 m³

b. Diameter : 3,048 m

c. Tinggi : 3,048 m

d. Tebal *shell* : 0,75in

e. Jumlah *course* : 5

f. Tinggi *head* : 2,05 m

g. Tebal *head* : 0,136 in

h. Tinggi total : 5,10 m

Harga : \$ 97.900

e. Tangki Penyimpanan Biodiesel

Kode : T-05

Fungsi : Menyimpan bahan baku biodiesel untuk
kebutuhan produksi selama 7 hari

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

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

a. Tekanan = 1 atm

b. Suhu = 30°C

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 grade 3 tipe 304*

Dimensi tangki :

a. Volume = 22.228514 m³

b. Diameter = 13,7160 m

c. Tinggi = 3.048 m

d. Tebal *shell* = 0,625 in

e. Jumlah *course* = 5

f. Tinggi *head* = 2,0 m

g. Tebal *head* = 1.109 in

h. Tinggi total = 5.097 m

Harga : \$ 456.100

f. Pompa 1

Kode : P-01

Fungsi : Mengalirkan umpan H₂SO₄ dari tangki penyimpanan bahan baku asam sulfat (T-01) ke *Mixer* (M-01)

Jenis : *Centrifugal pumps*

Jumlah : 1 buah

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

Kapasitas : 0,3348 gpm

Daya Pompa : 8,81 Hp

Daya motor : 62,14 Hp

Kecepatan Putar	: 416 rpm
Harga	: \$ 5.200
g. Pompa 2	
Kode	: P-02
Fungsi	: Mengalirkan umpan metanol dari Tangki penyimpanan bahan baku metanol (T-02) ke <i>Mixer</i> (M-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 59.3708 gpm
Daya Pompa	: 741.85 Hp
Daya motor	: 1491.40 Hp
Kecepatan Putar	: 2537 rpm
Harga	: \$ 12.700
h. Pompa 3	
Kode	: P-03
Fungsi	: Mengalirkan umpan metanol dan H ₂ SO ₄ dari <i>Mixer</i> (M-01) ke reaktor (R-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 60.8287 gpm

Daya Pompa	: 776.99 Hp
Daya motor	: 1491.40 Hp
Kecepatan Putar	: 2503 rpm
Harga	: \$ 14.400
i. Pompa 4	
Kode	: P-04
Fungsi	: Mengalirkan umpan minyak jarak dari tangki penyimpanan bahan baku minyak jarak (T-03) ke reaktor (R-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 4419.191 gpm
Daya Pompa	: 510.55 Hp
Daya motor	: 559.28 Hp
Kecepatan Putar	: 1653 rpm
Harga	: \$ 11.500
j. Pompa 5	
Kode	: P-05
Fungsi	: Mengalirkan umpan biodiesel dari reaktor (R-01) ke <i>Netralizer</i> (N-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 1 buah

- Bahan konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
- Kapasitas : 83.95423 gpm
- Daya Pompa : 1404.83 Hp
- Daya motor : 2237.10 Hp
- Kecepatan Putar : 2588 rpm
- Harga : \$ 14.400
- k. Pompa 6
- Kode : P-06
- Fungsi : Mengalirkan umpan bahan baku NaOH dari
Tangki Penyimpanan bahan baku NaOH
(T-04) ke *Netralizer* (N-01)
- Jenis : *Centrifugal pumps*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
- Kapasitas : 0.65395 gpm
- Daya Pompa : 135.71 Hp
- Daya motor : 62.14 Hp
- Kecepatan Putar : 400 rpm
- Harga : \$ 4.400
- l. Pompa 7
- Kode : P-07
- Fungsi : Mengalirkan umpan biodiesel dari *Netralizer*
(N-01) ke *Decanter* (DC-01)

Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 83.91230 gpm
Daya Pompa	: 1423.19 Hp
Daya motor	: 2237.10 Hp
Kecepatan Putar	: 2589 rpm
Harga	: \$ 11.500
m. Pompa 8	
Kode	: P-08
Fungsi	: Mengalirkan umpan atas biodiesel dari <i>Decanter (DC-01) ke Washing Tower (WT-01)</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 27.74273 gpm
Daya Pompa	: 478.38 Hp
Daya motor	: 559.28 Hp
Harga	: \$ 11.500

n. Pompa 9

Kode	: P-09
Fungsi	: Mengalirkan umpan biodiesel dari <i>Washing Tower</i> (WT-01) ke <i>Decanter</i> (D-02)
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 27.188474 gpm
Daya Pompa	: 384.57 Hp
Daya motor	: 372.85 Hp
Kecepatan Putaran	: 1667 rpm
Harga	: \$ 11.500

o. Pompa 10

Kode	: P-10
Fungsi	: Mengalirkan umpan biodiesel dari <i>Decanter</i> (DC-02) ke tangki penyimpanan produk 5 (T-05)
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 26.986 gpm
Daya Pompa	: 375.69 Hp
Daya motor	: 372.85 Hp

- Kecepatan Putaran : 1685
- Harga : \$ 11.500
- p. Pompa 11
- Kode : P-11
- Fungsi : Mengalirkan umpan bawah *Decanter* (DC-01)
ke Menara Distilasi (MD-01)
- Jenis : *Centrifugal pumps*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
- Kapasitas : 42.613301 gpm
- Daya Pompa : 386.18 Hp
- Daya motor : 1491.40 Hp
- Harga : \$ 14.400
- q. Pompa 12
- Kode : P-12
- Fungsi : Mendaur ulang (*recycle*) umpan atas metanol
dari Menara Distilasi (MD-01) ke *Mixer* (M-01)
- Jenis : *Centrifugal pumps*
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Stainles Steel SA-167 Tipe 316*
- Kapasitas : 43.6828 gpm
- Daya Pompa : 382.07 Hp

Daya motor	: 559.28 Hp
Kecepatan Putaran	: 2866 rpm
Harga	: \$ 11.500
r. Pompa 13	
Kode	: P-13
Fungsi	: Mengalirkan air utilitas (H ₂ O) menuju ke <i>Washing Tower (WT-01)</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 2 buah
Bahan konstruksi	: <i>Stainles Steel SA-167 Tipe 316</i>
Kapasitas	: 0.370537 gpm
Daya Pompa	: 4.84 Hp
Daya motor	: 124.28 Hp
Kecepatan Putaran	: 400 rpm
Harga	: \$ 5.200

3.4 Neraca Massa

a. *Mixer (M-01)*

Tabel 3.1 Neraca massa pada *Mixer (M-01)*

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
1	H ₂ SO ₄	110.479	-	110.479
2	CH ₃ OH	-	6466.689	6466.689
3	H ₂ O	2.254	32.495	34.750
Total		112.734	6499.185	6611.92
		6611.92		

b. Reaktor 1**Tabel 3.2** Neraca massa pada Reaktor 1

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 3	Arus 4	Arus 5
1	$C_{16}H_{32}O_2$	536,048	-	193,322
2	$C_{18}H_{34}O_2$	2232,134	-	805,004
3	$C_{18}H_{32}O_2$	1283,775	-	462,985
4	$C_{18}H_{30}O_2$	187,374	-	67,575
5	$C_{17}H_{34}O_2$	-	-	361,469
6	$C_{19}H_{36}O_2$	-	-	1497,980
7	$C_{19}H_{34}O_2$	-	-	861,830
8	$C_{19}H_{32}O_2$	-	-	125,832
9	CH_3OH	-	6466,690	6154,311
10	H_2O	-	214,612	390,325
11	H_2SO_4	-	110,480	110,480
Total		4239,331	6791,781	11031.112
		11031.112		

c. Reaktor 2**Tabel 3.3** Neraca massa pada Reaktor 2

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	
		Arus 5	Arus 8
1	$C_{16}H_{32}O_2$	193,322	24,301
2	$C_{18}H_{34}O_2$	805,004	101,189
3	$C_{18}H_{32}O_2$	462,985	58,197
4	$C_{18}H_{30}O_2$	67,575	8,494
5	$C_{17}H_{34}O_2$	361,469	539,734
6	$C_{19}H_{36}O_2$	1497,980	2236,736
7	$C_{19}H_{34}O_2$	861,830	1286,857
8	$C_{19}H_{32}O_2$	125,832	187,888
9	CH_3OH	6154,311	6000,256
10	H_2O	390,325	476,981
11	H_2SO_4	110,480	110,480
Total		11031,112	11031,112

d. Netralizer (N-01)

Tabel 3.4 Neraca massa pada Netralizer (N-01)

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 5	Arus 6	Arus 7
1	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	24.3006	-	24.3006
2	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	101.1891	-	101.1891
3	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	58.1972	-	58.1972
4	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	8.4942	-	8.4942
5	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	539.7336	-	539.7336
6	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	2236.7364	-	2236.7364
7	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	1286.8569	-	1286.8569
8	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	187.8879	-	187.8879
9	CH ₃ OH	6000.2556	-	6000.2556
10	H ₂ O	476.9810	97.703	615.2686
11	H ₂ SO ₄	110.4798	-	-
12	NaOH	-	90.187	-
13	Na ₂ SO ₄	-	-	160.083
Total		11031.1122	187.890	11219.003
		11219.003		

e. Decanter 1 (DC-01)

Tabel 3.5 Neraca massa pada Decanter 1 (DC-01)

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 7	Arus 8	Arus 9
1	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	24.3006	24.3006	-
2	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	101.1891	101.1891	-
3	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	58.1972	58.1972	-
4	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	8.4942	8.4942	-
5	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	539.7336	539.7336	-
6	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	2236.7364	2236.7364	-
7	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	1286.8569	1286.8569	-
8	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	187.8879	187.8879	-
9	CH ₃ OH	6000.2556	72.53300	5927.7226
10	H ₂ O	615.2686	4.83634	610.4323
13	Na ₂ SO ₄	160.0830	-	160.0830
Total		11219.003	4503.586	6715.416
			11219.003	

f. Washing Tower (WT-01)

Tabel 3.6 Neraca massa pada *Washing Tower* (WT-01)

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 9	Arus 10	Arus 11
1	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	24.3006	-	24.3006
2	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	101.1891	-	101.1891
3	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	58.1972	-	58.1972
4	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	8.4942	-	8.4942
5	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	539.7336	-	539.7336
6	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	2236.7364	-	2236.7364
7	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	1286.8569	-	1286.8569
8	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	187.8879	-	187.8879
9	CH ₃ OH	72.53300	-	72.533
10	H ₂ O	4.83634	68.7070	73.5433
Total		4520.7651	68.707	4589.4721
		4589.4721		

g. Decanter 2 (DC-02)

Tabel 3.7 Neraca massa pada *Decanter 2* (DC-02)

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 11	Arus 12	Arus 13
1	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	24.3006	539.7336	-
2	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	101.1891	2236.7364	-
3	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	58.1972	1286.8569	-
4	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	8.4942	187.8879	-
5	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	539.7336	24.3006	-
6	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	2236.7364	101.1891	-
7	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	1286.8569	58.1972	-
8	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	187.8879	8.4942	-
9	CH ₃ OH	72.533	1.4709	71.08234
10	H ₂ O	73.5433	1.4507	72.0725
Total		4589.4721	4446.3173	143.1548
			4589.4721	

h. Menara Distilasi (MD-01)**Tabel 3.8** Neraca massa pada Menara Distilasi (MD-01)

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 10	Arus 14	Arus 15
1	CH ₃ OH	5927.7226	4742.1781	1185.54
2	H ₂ O	610.4323	18.3130	592.119
3	Na ₂ SO ₄	160.0830	-	160.08
Total		6698.2379	4760.4911	1937.7468
			6698.2379	

i. Menara Distilasi (MD-02)**Tabel 3.9** Neraca massa pada Menara Distilasi (MD-02)

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 10	Arus 14	Arus 15
1	CH ₃ OH	1185,54	1099,999	85,546
2	H ₂ O	592,119	0,001	592,119
3	Na ₂ SO ₄	160,08	-	160,083
Total		1937,747	1100,000	837,747
			1937,747	

j. Condensor (CD-01)**Tabel 3.10** Neraca massa pada Condensor (CD-01)

Komponen	Masuk		Keluar			
			(Reflux)		(Distilat)	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CH ₃ OH	182.672	5845.518	33.497	1071.927	149.175	4773.590
H ₂ O	1.122	20.189	0.141	2.539	0.981	17.650
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-
Sub Total	183.794	5865.708	33.639	1074.466	150.155	4791.241
Total	5865.708		5865.708			

k. Condensor (CD-02)**Tabel 3.11** Neraca massa pada Condensor (CD-02)

Komponen	Masuk		Keluar			
			Arus 12 (Reflux)		Arus 13 (Distilat)	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CH ₃ OH	155,590	4978,882	7,397	236,703	148,193	4742,178
H ₂ O	1,045	18,810	0,028	0,497	1,017	18,313
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-
Sub Total	156,635	4997,692	7,425	237,201	149,210	4760,491
Total	4997,6919		4997,6919			

l. Reboiler (RB-01)**Tabel 3.12** Neraca massa pada Reboiler (RB-01)

Komponen	Masuk		Keluar			
			(Reflux)		(Bottom)	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CH ₃ OH	131.243	4199.787	93.949	3006.389	37.293	1193.397
H ₂ O	111.576	2008.380	79.871	1437.685	31.705	570.694
Na ₂ SO ₄	3.967	563.361	2.840	403.278	1.127	160.083
Sub Total	246.787	6771.529	176.661	4847.353	70.126	1924.175
Total	6771.529		6771.529			

m. Reboiler (RB-02)**Tabel 3.13** Neraca massa pada Reboiler (RB-02)

Komponen	Masuk		Keluar			
			(Reflux)		(Bottom)	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CH ₃ OH	5,718	182,988	3,045	97,443	2,673	85,546
H ₂ O	70,366	1266,586	37,470	674,467	32,895	592,119
Na ₂ SO ₄	2,411	342,429	1,284	182,346	1,127	160,083
Sub Total	78,496	1792,004	41,800	954,257	36,696	837,747
Total	1792,00					

n. Neraca Massa Total

Tabel 3.14 Neraca massa total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
CH ₃ OH	6466,690	6000,276
H ₂ SO ₄	110.480	-
H ₂ O	381.022	683,955
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	536.048	24,301
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	2232.134	101,189
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1283.775	58,197
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	187.374	8,494
NaOH	90,188	-
Na ₂ SO ₄	-	160.083
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	539,734
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	2236,736
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	1286,857
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	-	187,888
Total	11287.710	11287.710

3.5 Neraca Panas

a. Mixer (M-01)

Tabel 3.15 Neraca panas pada Mixer (M-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/jam)	ΔH out (Kj/jam)
H ₂ SO ₄	453.203	453.203
CH ₃ OH	78248.362	78248.362
H ₂ O	703.405	703.405
Total	79404.971	79404.971

b. Reaktor (R-01)

Tabel 3.16 Neraca panas pada Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/ jam)	ΔH out (Kj/ jam)
CH ₃ OH	521.279,570	508.230,840
H ₂ SO ₄	3.172,423	3.172,423
H ₂ O	55.305,397	67.583,770

Tabel 3.16 Neraca panas pada Reaktor (R-01) (lanjutan)

C ₁₆ H ₃₂ O ₂	13.756,606	1.729,205
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	54.738,329	6.880,608
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	29.734,524	3.737,630
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	4.274,962	537,363
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	9.503,409
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	158.372,383
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	76.653,471
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	-	10.946,553
ΔH Reaksi	143,382	-
Q terserap	-	-164.942,463
Total	682.405,193	682.405,193

c. Reaktor (R-02)**Tabel 3.17** Neraca panas pada Reaktor (R-02)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/ jam)	ΔH out (Kj/ jam)
CH ₃ OH	508.230,840	508.230,840
H ₂ SO ₄	2.875,217	3.172,423
H ₂ O	74.569,793	67.583,770
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	1.729,205	1.729,205
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	6.880,608	6.880,608
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	3.737,630	3.737,630
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	537,363	537,363
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	9.503,409	9.503,409
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	158.372,383	158.372,383
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	76.653,471	76.653,471
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	10.946,553	10.946,553
ΔH Reaksi	121,056	-
Q terserap	-	6.809,872
Total	854.157,528	854.157,528

d. Netralizer (N-01)**Tabel 3.18** Neraca panas pada *Netralizer* (N-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	Q (Kj/jam)	Q (Kj/jam)
CH ₃ OH	73079.533	73079.533
H ₂ O	11185.409	12006.900
H ₂ SO ₄	453.203	0.0000
H ₂ SO ₄	684.968	684.968
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	2725.528	2725.528
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1480.540	1480.540
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	212.858	212.858
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	1243.339	1243.339
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	20720.008	20720.008
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	10028.645	10028.645
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	1432.147	1432.147
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	647.519	-
NaOH	-	569.991
ΔH Reaksi	9.069	-
Q terserap	-	-281.689
Total	123902.773	123902.773

e. Decanter 1 (DC-01)**Tabel 3.19** Neraca panas pada *Decanter 1* (DC-01)

Komponen	ΔH1 (Kj/jam) in	ΔH1 (Kj/jam) atas	ΔH1 (Kj/jam) bawah
CH ₃ OH	73079.533	877.665	72201.868
H ₂ O	12006.900	97.894	11909.005
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	684.968	684.968	-
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	2725.528	2725.528	-
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1480.540	1480.540	-
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	212.858	212.858	-
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	1243.339	1243.339	-
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	20720.008	20720.008	-
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	10028.645	10028.645	-
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	1432.147	1432.147	-
Na ₂ SO ₄	569.991	-	569.991
Total	124184.462	39503.598	84680.864
		124184.462	

f. Washing Water (WT-01)

Tabel 3.20 Neraca panas pada *Washing Tower* (WT-01)

Komponen	ΔH in (Kj/jam)	ΔH out (Kj/jam)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	684.968	684.968
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	2725.528	2725.528
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1480.540	1480.540
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	212.858	212.858
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	1243.339	1243.339
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	20720.008	20720.008
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	10028.645	10028.645
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	1432.147	1432.147
CH ₃ OH	877.665	877.665
H ₂ O	1488.629	1488.629
Total	39405.703	39405.703

g. Decanter 2 (DC-02)

Tabel 3.21 Neraca panas pada *Decanter 2* (DC-02)

Komponen	$\Delta H1$ (Kj/jam) in	$\Delta H1$ (Kj/jam) atas	$\Delta H1$ (Kj/jam) bawah
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	684.968	684.968	-
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	2725.528	2725.528	-
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1480.540	1480.540	-
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	212.858	212.858	-
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	1243.339	1243.339	-
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	20720.008	20720.008	-
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	10028.645	10028.645	-
C ₁₉ H ₃₂ O ₂	1432.147	1432.147	-
CH ₃ OH	877.665	17.553	860.111
H ₂ O	1488.629	29.772	1458.857
Total	40894.332	38575.363	2318.968
		40894.332	

h. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3.22 Neraca panas pada Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in}	ΔH_{out}
	Kj/jam	Kj/jam
ΔH umpan	1279380.302	-
ΔH distilat	-	803664.689
ΔH condenser	-	-973667.801
ΔH bottom	-	1436228.278
ΔH reboiler	-13155.136	-
Total	1266225.166	1266225.166

i. Menara Distilasi (MD-02)

Tabel 3.23 Neraca panas pada Menara Distilasi (MD-02)

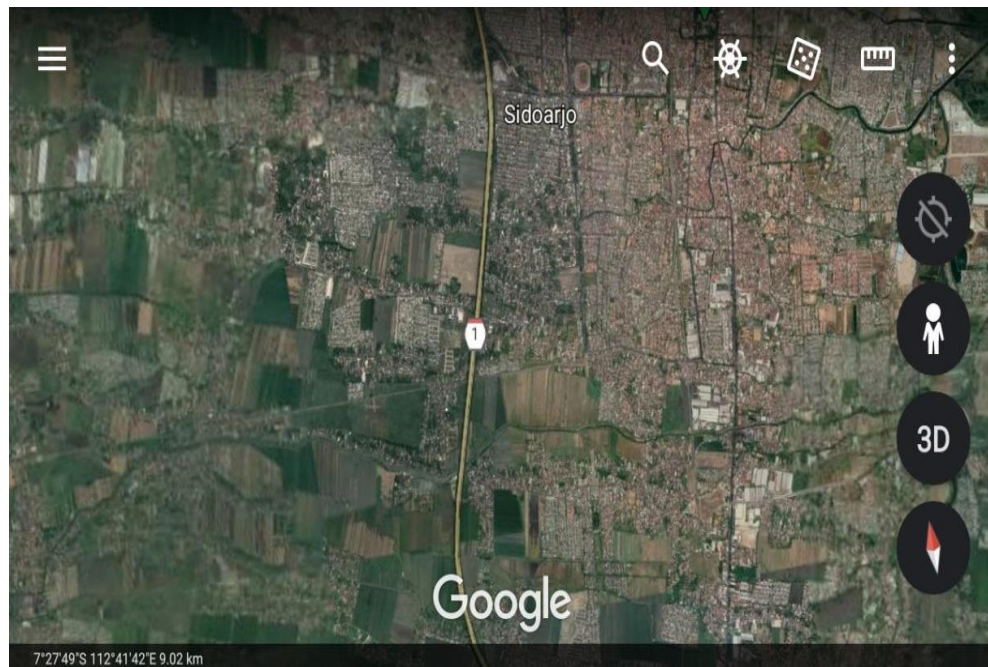
Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH_{in}	ΔH_{out}
	Kj/jam	Kj/jam
ΔH umpan	367843,697	-
ΔH distilat	-	150802,589
ΔH condenser	-	182703,911
ΔH bottom	-	265113,715
ΔH reboiler	230776,518	-
Total	598620,215	598620,215

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan dan penentuan letak suatu pabrik dalam perencanaan pabrik akan mempengaruhi kemajuan serta kelangsungan suatu industri, karena hal tersebut menyangkut faktor produksi dan besarnya keuntungan yang dihasilkan serta perluasan di masa yang akan datang. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat karena akan memberikan kontribusi yang sangat penting baik dalam segi teknis maupun segi ekonomis. Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tertentu, pabrik Biodiesel direncanakan akan didirikan di daerah Sidoarjo, Jawa Timur.



Gambar 4.1 Lokasi pabrik biodiesel

Pemilihan lokasi pabrik ini didasarkan pada beberapa faktor antara lain :

a. Pemasaran

Biodiesel merupakan bahan yang dapat dipasarkan langsung ke masyarakat, yaitu berupa biodiesel murni ataupun dijual ke produsen lain untuk kemudian dijual sebagai produk campuran minyak solar dan biodiesel dengan perbandingan tertentu.

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan lokasi pemasaran. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai pemasaran :

- Daerah pemasaran produk
- Jumlah pesaing (*competitor*) yang ada dan pengaruhnya
- Kemampuan daya serap pasar
- Jarak pemasaran dari lokasi pabrik
- Sistem pemasaran yang digunakan

b. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan modal utama pendirian suatu pabrik, dengan lokasi pabrik yang berjarak cukup dekat dengan ibu kota provinsi, sehingga dapat diperkirakan bahan baku yang tersedia cukup banyak. Suatu pabrik sebaiknya dibangun didaerah yang dekat dengan lokasi sumber bahan baku untuk memudahkan pengadaan dan transportasi dari bahan baku. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan.

- Jarak bahan baku dengan pabrik
- Kapasitas dari bahan baku yang ada di sumber
- Penanganan dari bahan baku

- Kemungkinan memperoleh bahan baku dari sumber yang lain

c. Kondisi Iklim

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai kondisi iklim :

- Keadaan lingkungan alam yang sulit akan menambah biaya konstruksi pembangunan pabrik
- Kecepatan dan arah angin
- Kemungkinan terjadinya gempa bumi
- Pengaruh alam sekitar terhadap perluasan pada masa mendatang

d. Sumber Air

Lokasi yang dipilih merupakan kawasan yang luas dipinggir kota sehingga masih tersedia lahan yang cukup luas. Selain itu terdapat pula sumber air yang cukup banyak serta sarana dan prasarana transportasi dan listrik. Air merupakan komponen yang sangat penting bagi suatu pabrik industri kimia. Kebutuhan air diperoleh diperoleh dari perusahaan penyedia air yaitu PDAM Delta Tirta Sidoarjo. Air digunakan sebagai media pendingin, air umpan *boiler*, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Kebutuhan air di pabrik dapat diperoleh melalui dua sumber yaitu :

- Sumber langsung yaitu sungai atau air tanah
- Instalasi penyediaan air

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air :

- Kapasitas dari sumber air
- Kualitas dari sumber air
- Jarak sumber air dari lokasi pabrik

- Pengaruh musim terhadap kemampuan sumber air untuk menyediakan air sesuai dengan kebutuhan rutin pabrik
- Polusi air tidak boleh melebihi ambang batas yang ditetapkan.

e. Sumber Listrik

Dalam pendirian suatu pabrik tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Berikut adalah hal – hal yang harus diperhatikan dalam pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar suatu pabrik :

- Kemungkinan dan pengadaan tenaga listrik dan bahan bakar di lokasi pabrik untuk sekarang dan masa yang akan datang.
- Harga bahan bakar yang akan digunakan.

f. Kebutuhan Tanah dan Pengembangannya

Dalam pembangunan suatu pabrik topologi tanah akan menentukan biaya penyiapan tanah. Jenis dan keadaan tanah akan menentukan biaya pembangunan gedung. Daerah yang akan dijadikan lokasi pembangunan pabrik adalah daerah yang memiliki lahan yang luas sehingga dapat diajarkan perluasan pabrik dimasa yang akan datang.

g. Transportasi

Untuk sarana transportasi seperti pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka diantara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya. Permasalahan transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran dari suplai bahan baku dan pemasaran produk dapat terjamin dan

dengan biaya operasi serendah mungkin dalam waktu yang singkat. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah :

- 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

h. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik, dengan lokasi pabrik yang berjarak cukup dekat dengan Ibu Kota Provinsi, sehingga dapat diperkirakan tenaga kerja yang tersedia cukup banyak. Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kerja kasar maupun tenaga ahli sangat berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran perusahaan. Tingkat pendidikan dari masyarakat dan tenaga kerja dapat mendukung pendirian pabrik. Berikut adalah hal – hal yang perlu diperhatikan :

- Kemungkinan memperoleh tenaga kerja yang diinginkan.
- Pendidikan atau keahlian tenaga kerja yang tersedia.
- Penghasilan tenaga kerja disekitar lokasi pabrik.
- Adanya ikatan perburuhan atau peraturan perburuhan.
- Terdapatnya lokasi atau lembaga training tenaga kerja.

i. Lingkungan dan Masyarakat

Daerah proses adalah daerah yang digunakan untuk menempatkan alat-alat yang berhubungan dengan proses produksi. Dimana daerah proses ini

diletakkan pada daerah yang terpisah dari bagian lain. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai lingkungan dan masyarakat :

- Apakah lokasi pembangunan pabrik berada di pedesaan atau perkotaan.
- Ada tidaknya fasilitas rumah, sekolah dan ibadah.
- Ada tidaknya tempat rekreasi dan kesehatan.

j. Undang-undang dan Peraturan Pemerintah (Pusat maupun Daerah)

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai undang– undang dan peraturan pemerintah :

- Ketentuan – ketentuan mengenai daerah industri.
- Ketentuan – ketentuan mengenai jalan umum bagi industri di daerah pembangunan pabrik.
- Perpajakan dan asuransi.

k. Limbah Pabrik

Pengaliran bahan baku produk dan limbah yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Buangan dari pabrik harus diperhatikan dengan cermat, terutama dampak terhadap kesehatan masyarakat sekitar lokasi pabrik. Berikut hal – hal yang harus diperhatikan mengenai limbah pabrik :

- Cara menangani limbah agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.
- Biaya yang diperlukan untuk menangani masalah polusi terhadap lingkungan.

1. Pengontrolan terhadap bahaya alam

Disekitar area proses perlu diperhatikan, hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Berikut adalah hal – hal yang harus perlu diperhatikan dalam pengontrolan terhadap bahaya :

- Lokasi pabrik harus jauh dari lokasi perumahan penduduk.
- Lokasi pabrik diusahakan tidak berada pada lokasi rawan banjir.
- Lokasi pabrik dibangun dengan kokoh/kuat sehingga tidak mudah rusak.
- Lokasi pabrik harus memiliki alat-alat penunjang untuk mengatasi bahaya.

Berikut adalah dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi :

a. Bahan Baku

Bahan baku berupa minyak jarak diperoleh dari dalam negeri. Pabrik biodiesel ini terletak di Sidoarjo, Jawa Timur, yang dekat dengan terdapatnya lahan area penanaman tanaman jarak, yang sangat menunjang pasokan bahan baku, sehingga untuk pasokan bahan baku dapat dari produk lokal. Bahan baku utama yaitu minyak jarak diperoleh dari dalam negeri yaitu dari PT. Algeria Indonesia yang terletak di Pasuruan, Jawa Timur.

b. Pemasaran

Daerah Sidoarjo yang wilayahnya strategis dekat dengan kota-kota besar dan industri dapat menunjang kebutuhan biodiesel yang diperlukan.

Biodiesel dapat juga bahan yang dapat dipasarkan langsung ke masyarakat, yaitu berupa biodiesel murni ataupun dijual ke produsen lain untuk kemudian dijual sebagai produk campuran minyak solar dan biodiesel dengan perbandingan tertentu seperti (B20, B30, B50, atau B100).

c. Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik merupakan kawasan yang strategis yang dilalui oleh kota-kota besar di Jawa Timur. Telah memiliki sarana jalan raya penghubung antar kota-kota besar di Jawa Timur sehingga pembelian bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan melalui jalan raya tersebut.

d. Kebutuhan Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Dibutuhkan sumber energi untuk menggerakkan sebuah roda perusahaan/pabrik yang akan dibangun. Tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Kebutuhan tenaga listrik untuk operasi pabrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Sidoarjo. Selain tenaga listrik dari PLN disediakan pula pembangkit listrik cadangan dari generator diesel yang bahan bakar diperoleh dari Pertamina yang ditambah dengan biodiesel produksi dari pabrik biodiesel sendiri.

e. Kebutuhan Air

Air merupakan komponen penting bagi suatu pabrik industri kimia. Kebutuhan air diperoleh diperoleh dari perusahaan penyedia air yaitu PDAM Delta Tirta Sidoarjo. Air berguna untuk proses, sarana utilitas, dan keperluan domestik.

f. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian pabrik. Lokasi pabrik yang cukup dekat dengan Ibu Kota Provinsi Jawa Timur memudahkan untuk memperoleh tenaga kerja yang cukup banyak. Dan menyediakan lapangan kerja yang luas dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar.

g. Perluasan dan Ekspansi

Perluasan dan ekspansi pabrik merupakan hal yang memungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas dan disekeliling pabrik belum terdapat pabrik lain sehingga tidak mengganggu pemukiman. Tersedianya area yang luas memungkinkan pabrik untuk memperluas wilayah area pabrik sehingga pabrik dapat berjalan maksimal.

h. Kondisi Iklim, Cuaca dan Alam

Kondisi cuaca dan iklim sekitar pabrik relatif stabil sehingga dapat menunjang keberlangsungan pabrik yang dapat berjalan optimal. Kondisi alam sekitar area yang ingin didirikan pabrik belum pernah terjadi bencana alam yang berarti sehingga memungkinkan pabrik berjalan dengan lancar.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan rencana dari pengaturan yang sangat efektif dari fasilitas – fasilitas fisik dan tenaga kerja untuk menghasilkan produk. Dalam penentuan tata letak pabrik harus diperhatikan penempatan alat – alat produksi sehingga keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi. Selain peralatan yang tercantum dalam *flow sheet*

proses, beberapa bangunan fisik lainnya seperti kantor, gudang, laboratorium, bengkel dan lain sebagainya harus terletak pada bagian yang se efisien mungkin, terutama ditinjau dari segi lalu lintas barang, kontrol, keamanan, dan ekonomi. Selain itu yang harus diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik adalah penempatan alat –alat produksi sedemikian rupa sehingga dalam proses produksi dapat memberikan kenyamanan.

Tata letak pabrik meliputi perencanaan kebutuhan ruangan untuk semua aktivitas pabrik meliputi kantor, gudang, kamar dan semua fasilitas lain yang berhubungan dengan proses dalam menghasilkan produk. Tata letak suatu pabrik memiliki peranan penting dalam menentukan biaya konstruksi, biaya produksi, efisiensi dan keselamatan kerja. Ditinjau dari segi hubungan yang satu dengan yang lain tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik dapat efisien dan proses produksi serta distribusi dapat dijamin kelancarannya. Oleh karena itu tata letak pabrik harus disusun secara cermat untuk menghindari kesulitan dikemudian hari. Berikut adalah faktor – faktor yang harus diperhatikan dalam tata letak pabrik :

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

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

Plant layout merupakan perletakan peralatan dan bangunan secara keseluruhan meliputi area proses, area penyimpanan, serta area material handling sehingga pabrik dapat beroperasi secara efektif dan efisien. Berikut adalah hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan peralatan dalam pabrik :

- Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas kerja.
- Letak ruangan yang cukup antara peralatan untuk memudahkan pengoperasian, pemeriksaan, perawatan, serta dapat menjamin kerja dari peralatan sesuai dengan fungsinya dan adanya kesinambungan antar alat.
- Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap, atau gas beracun harus benar-benar diperhatikan di

dalam menentukan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengamanan seperti hidran, penampung air yang cukup, dan penahan ledakan

Pabrik biodiesel dari minyak jarak didirikan di atas tanah seluas 73.535

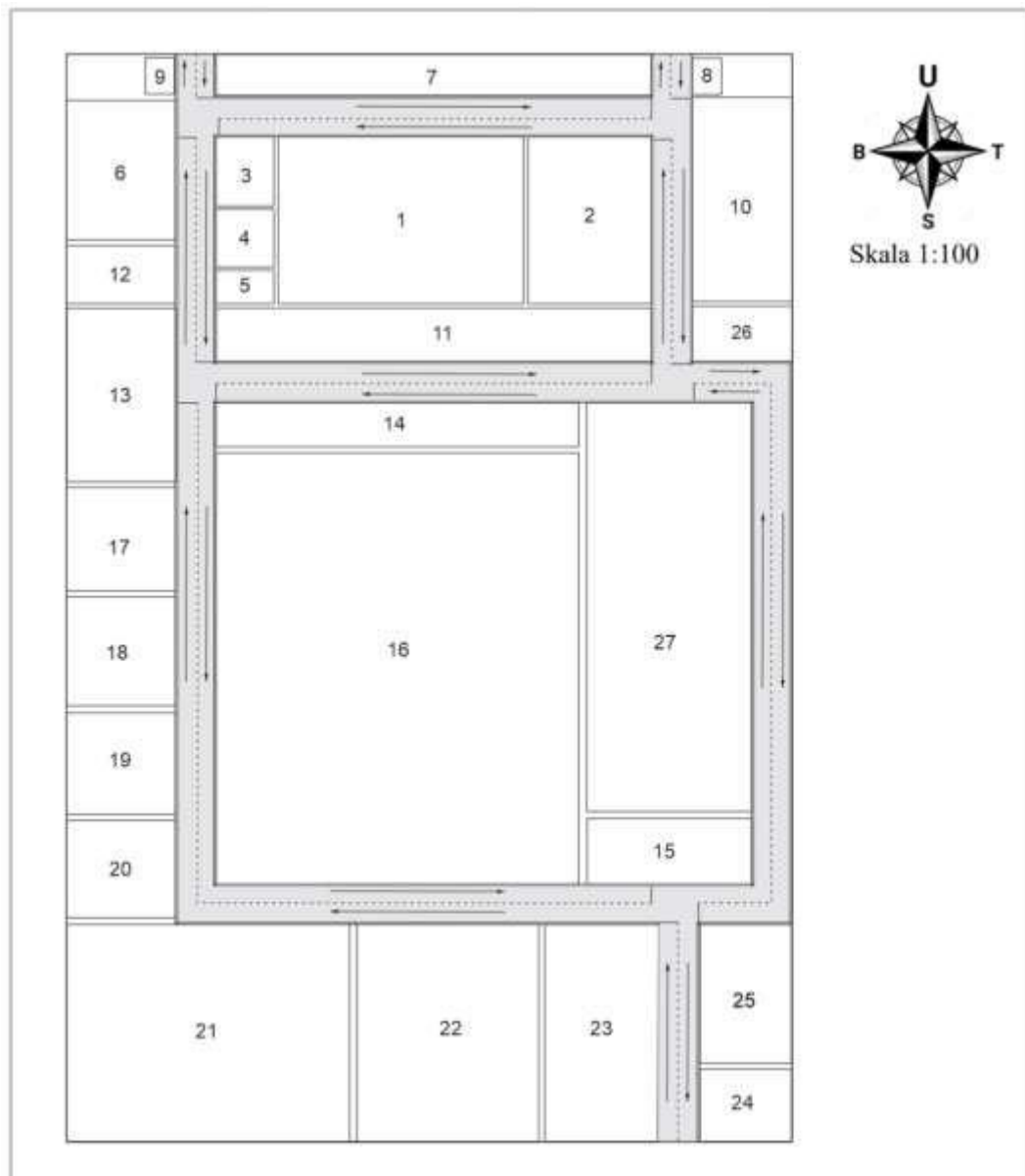
m². Berikut adalah perincian luas tanah bangunan pabrik :

Tabel 4.1 Perincian luas bangunan dan tanah

No.	Lokasi	Bangunan		Luas (m ²)	Tanah		Luas (m ²)
		Panjang	Lebar		Panjang	Lebar	
1	Kantor	35	23	805	38,5	25,3	974,05
2	Gedung serbaguna	23	17	391	25,3	18,7	473,11
3	Masjid	10	8	80	11	8,8	96,8
4	Kantin	8	8	64	8,8	8,8	77,44
5	Koperasi	8	5	40	8,8	5,5	48,4
6	Area parkir utama	20	15	300	22	16,5	363
7	Pos satpam 1	5	4	20	5,5	4,4	24,2
8	Pos satpam 2	5	4	20	5,5	4,4	24,2
9	Poliklinik	15	8	120	16,5	8,8	145,2
10	Gudang	25	15	375	27,5	16,5	453,75
11	Area loading space 1	50	6	300	55	6,6	363
12	Area loading space 2	23	9	207	25,3	9,9	250,47
13	Area proses	60	50	3.000	66	55	3.630
14	Ruang alat	15	15	225	16,5	16,5	272,25
15	Laboratorium	15	15	225	16,5	16,5	272,25
16	Ruang control process	15	15	225	16,5	16,5	272,25
17	Ruang control utilitas	15	15	225	16,5	16,5	272,25
18	Area utilitas	40	30	1.200	44	33	1.452
19	Area parkir truk	20	16,5	330	22	18,15	399,3
20	Ruang listrik	12	10	120	13,2	11	145,2

Tabel 4.1 Perincian luas bangunan dan tanah (lanjutan)

21	Bengkel	19	12	228	20,9	13,2	275,88
22	Area pemadam kebakaran	14	8	1112	15,4	8,8	135,52
23	UPL	30	25	750	33	27,5	907,5
24	Halaman depan kantor	60	6	360	66	6,6	435,6
25	Halaman belakang kantor	60	8	480	66	8,8	580,8
26	Perluasan pabrik	57	23	1.311	62,7	25,3	1.586,31
27	Taman	28	14	392	30,8	15,4	474,32
28	Jalan	-	-	1.435	-	-	1.595
Luas Bangunan		-	-	13.340	-	-	-
Luas Tanah							16.000



Gambar 4.2 *Layout* pabrik biodiesel

Keterangan :

- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| 1. Kantor | 15. Area <i>loading space</i> 2 |
| 2. Gedung Serbaguna | 16. Area proses |
| 3. Masjid | 17. Ruang alat |
| 4. Kantin | 18. Laboratorium |

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 5. Koperasi | 19. Ruang <i>control process</i> |
| 6. Area parkir utama | 20. Ruang <i>control utilitas</i> |
| 7. Halaman depan kantor | 21. Area utilitas |
| 8. Pos satpam 1 | 22. UPL |
| 9. Pos satpam 2 | 23. Area pabrik truk |
| 10. Taman | 24. Ruang listrik |
| 11. Halaman belakang kantor | 25. Bengkel |
| 12. Poliklinik | 26. Area pemadam kebakaran |
| 13. Gudang | 27. Perluasan pabrik |
| 14. Area <i>loading space 1</i> | |

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

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

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu diperhatikan juga elevasi pipa, di mana untuk pipa di atas permukaan tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pipa di permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja

b. Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan

supaya lancar. Harus terdapat aliran udara dan ventilasi di sekitar area proses agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat-tempat yang dapat terjadi akumulasi bahan-bahan kimia yang berbahaya. Lokasi yang harus diperhatikan adalah sekitar aliran proses yang menggunakan methanol yaitu disekitar Mixer, Reaktor, Menara Distilasi. Kelancaran arah udara di dalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya sehingga dapat membahayakan keselamatan kerja.

c. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

d. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan tata letak alat proses perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah supaya apabila ada gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

e. Pertimbangan Ekonomi

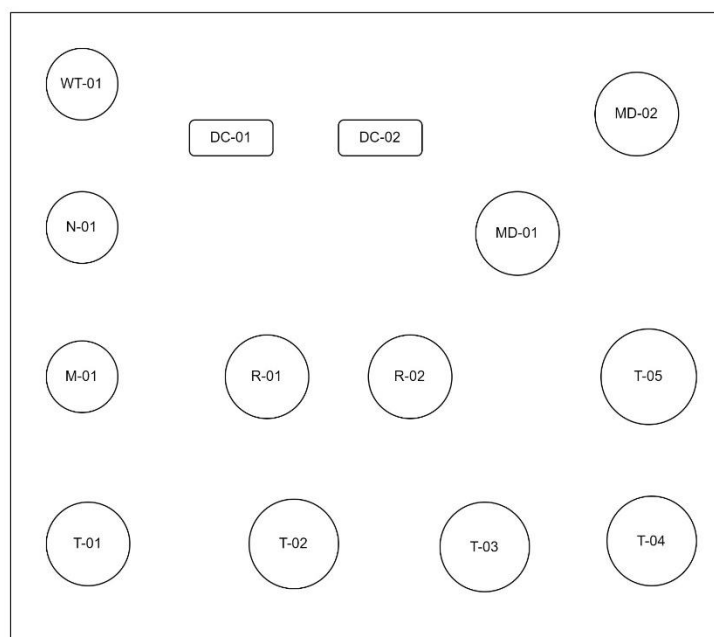
Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

f. Maintenance

Maintenance berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan. Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan Lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada.

g. Jarak Antara Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi yang tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat - alat proses lainnya. Sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat - alat proses lainnya.



Gambar 4.3 *Layout* alat proses (skala 1 : 500)

Keterangan :

T	: Tangki	R	: Reaktor
CD	: <i>Kondenser</i>	M	: Mixer
WT	: <i>Washing Tower</i>	N	: <i>Netralizer</i>
DC	: <i>Decanter</i>	MD	: Menara Distilasi
RB	: <i>Reboiler</i>		

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Organisasi

Pabrik Biodiesel yang akan didirikan direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Untuk perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Beberapa faktor yang menjadi alasan dalam pemilihan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas adalah sebagai berikut :

- a. Kemudahan dalam mendapatkan modal dengan menjual saham

perusahaan maupun berasal dari bank.

- b. Dari segi hukum, kekayaan perusahaan jelas terpisah dari kekayaan pribadi pemegang saham.
- c. Kelancaran produksi hanya bisa dipegang oleh pimpinan perusahaan karena tanggung jawab pemegang saham yang sangat terbatas.
- d. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- e. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
- f. Lapangan usaha yang lebih luas karena suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.
- g. Dapat dengan mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
- h. Kontinuitas perusahaan lebih terjamin karena perusahaan tidak tergantung pada satu pihak sebab kepemilikan dapat berganti

Ciri-ciri Perseroan Terbatas yaitu antara lain :

- a. Didirikan dengan akta notaris berdasarkan Kitab Undang-Undang Hukum dagang.
- b. Besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
- c. Pemilik Perusahaan adalah para pemegang saham.
- d. Pabrik dipimpin oleh seorang Direktur yang dipilih oleh para pemegang saham.
- e. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada Direktur dengan memperhatikan hukum-hukum perburuhan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Dalam menjalankan perusahaan yang perlu dibutuhkan yaitu sumber daya manusia dan juga sistem manajemen atau organisasi yang mempunyai pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat disesuaikan dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Terbentuknya struktur organisasi yang baik dapat diperoleh dari manajemen perusahaan yang baik juga. Struktur organisasi membantu perusahaan untuk mengatur dan membagi bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang, dan tanggung jawab dari masing-masing bagian atau divisi yang terbentuk di dalam perusahaan tersebut. Bagian-bagian atau jabatan yang akan dibentuk dalam perusahaan ini dimulai dari jenjang tertinggi dimana terdapat dua bentuk struktur organisasi yang baik yaitu sistem line dan

staf. Ada dua jenis kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini diantaranya adalah sebagai berikut :

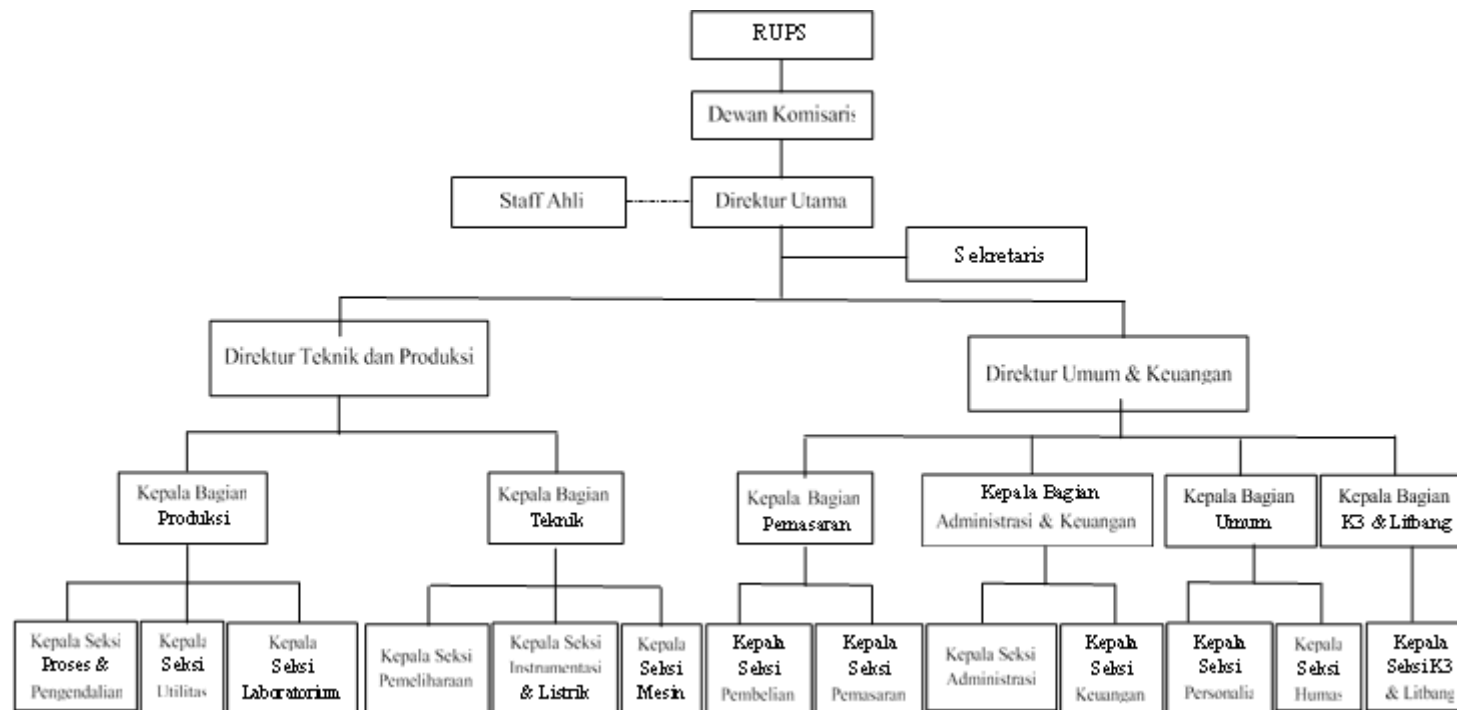
- a. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
- b. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Produksi membawahi bidang produksi, proses, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian, pemasaran, administrasi dan keuangan, personalia, humas dan keamanan serta penelitian dan pengembangan. Direktur membawahi beberapa Kepala Bagian yang akan bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing Kepala Bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan terbagi menjadi beberapa

kelompok regu yang akan dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demitercapai tujuan perusahaan. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas tanggung jawab dan wewenang.
- b. Sebagai materi pengantar untuk pejabat.
- c. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
- d. Penyusunan rencana pengembangan manajemen.
- e. Penataan ulang langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bilaterbukti kurang lancar dan tidak memenuhi syarat



Gambar 4.4 Struktur organisasi perusahaan pabrik biodiesel

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Pemegang kekuasaan tertinggi pada struktur organisasi garis dan staf adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dihadiri oleh pemiliksaham serta dewan komisaris, dan dilaksanakan minimal satu kali dalam setahun untuk terus memantau dan mengevaluasi jalannya perusahaan. Akantetapi, apabila terjadi hal mendesak, RUPS dapat tetap dilaksanakan sesuai dengan ketentuan forum. Hak dan wewenang RUPS adalah sebagai berikut :

1. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur sertamengesahkan anggota pemegang saham apabila mengundurkan diri sesuai dengan musyawarah
3. Mengesahkan hasil-hasil kerja serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan
4. Menetapkan besar keuntungan tahunan yang diperoleh untuk dibagikan, disimpan, atau ditanamkan kembali.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih RUPS yang merupakan pelaksana dari pemilik saham, sehingga bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris diantaranya sebagai berikut :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan

pengarahan pemasaran.

2. Melaksanakan pengawasan terhadap seluruh aktivitas dan pelaksanaan tugas direktur.
3. Membantu direktur utama dalam kegiatan yang bersifat penting.

c. Direktur Utama

Direktur utama memiliki jabatan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab sepenuhnya terhadap keberhasilan perusahaan sesuai dengan target dari RUPS. Direktur utama sebagai pimpinan tertinggi dalam perusahaan memiliki tanggung jawab atas segala tindakan dan kebijaksanaan terhadap dewan komisaris. Tugas-tugas Direktur utama meliputi:

1. Memimpin dan mengembangkan perusahaan secara efektif dan efisien.
2. Merumuskan dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS.
3. Mengusulkan kerja sama dengan pihak eksternal demi kepentingan perusahaan.
4. Mewakili perusahaan untuk menjalin hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak ketiga.
5. Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap orang yang bekerja dalam perusahaan.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama akan dibantu

oleh Sekretaris, Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Berikut merupakan tugas masing-masing sebagai berikut:

1. Sekretaris

Sekretaris diangkat oleh direktur utama untuk menangani masalah surat-menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lain untuk membantu dalam menangani administrasi perusahaan.

2. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi bertanggung jawab langsung terhadap direktur utama. Tugas direktur teknik dan produksi adalah memimpin semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang memiliki hubungan dengan bidang produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan, dan laboratorium. Direktur teknik dan produksi dibantu oleh dua kepala bagian, yaitu:

- a) Kepala Bagian Produksi

Tugas dari kepala bagian produksi adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang produksi, proses, pengendalian, dan laboratorium. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian produksi dibantu oleh beberapa seksi yaitu, seksi proses & pengendalian, seksi utilitas dan seksi laboratorium.

- b) Kepala Bagian Teknik

Tugas dari kepala bagian teknik adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang teknik dan pemeliharaan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian teknik dibantu oleh 3 Kepala seksi yaitu seksi pemeliharaan, seksi instrumentasi & listrik serta seksi mesin

3. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur keuangan dan umum bertanggung jawab langsung terhadap direktur utama. Tugas direktur keuangan dan umum adalah memimpin semua kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktur keuangan dan umum dibantu oleh beberapa kepala bagian yaitu :

a) Kepala Bagian Pemasaran

Tugas kepala bagian pemasaran adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang pembelian bahan baku dan pemasaran produk. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian pemasaran dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi pembelian dan seksi pemasaran.

b) Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Tugas kepala bagian administrasi dan keuangan adalah

mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan operasional perusahaan serta pembukuan dan pengaturan gaji karyawan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian administrasi dan keuangan dibantu oleh dua kepala seksi, yaitu seksi administrasi dan seksikeuangan.

c) Kepala Bagian Umum

Tugas kepala bagian umum adalah mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan denganbidang personalia, humas, dan keamanan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian umum dibantu oleh kepala seksi, yaitu seksipersonalia, seksi humas, dan seksi keamanan.

d) Kepala Bagian K3 dan Litbang

Tugas dari kepala bagian K3 dan litbang yaitu mengatur dan mengawasi semua pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan bidang K3 dan litbang. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian K3 dan litbang dibantu oleh dua kepala seksi, meliputi seksi K3 dan seksi Litbang.

d. Staff Ahli

Staff ahli memiliki tugas memberi masukan, berupa saran, nasihat, dan pandangannya terhadap segala aspek operasional yang terlibat dalam perusahaan.

4.4.4 Pengaturan Jam Kerja

Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak direncanakan akan dioperasikan selama 330 hari selama satu tahun secara kontinyu dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Menurut pengaturan jam kerja, karyawan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu:

- a. Karyawan non-shift yaitu karyawan yang bekerja selama 5 hari dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari Sabtu, Minggu dan hari besar ditetapkan sebagai hari libur. Karyawan non-shift adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan non-shift adalah Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum, Kepala Bagian serta bawahan yang berada di kantor. Berikut merupakan perincian jam kerja karyawan non-shift sebagai berikut :

Tabel 4.2 Jadwal jam kerja karyawan non-shift

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	07.00 – 16.00	12.00 – 13.00
Jum'at	07.00 – 16.00	11.0 – 13.00

- b. Karyawan Shift, yaitu karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari perusahaan yang memiliki hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi selama 24 jam. Yang termasuk karyawan shift ini adalah operator produksi, bagian teknik,

bagian gudang dan bagian-bagian yang harus siaga untuk menjaga keselamatan dan keamanan pabrik. Adapun jam kerja shift dalam 1 hari diatur dalam 3 shift diantaranya sebagai berikut:

Tabel 4.3 Jadwal jam kerja karyawan shift

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

Karyawan shift dilakukan dalam 4 kelompok (A/B/C/D) dimana dalam satu hari kerja hanya tiga kelompok yang masuk dan ada satu kelompok yang libur. Setiap kelompok mempunyai giliran enam hari kerja dan dua hari libur untuk setiap minggunya. Untuk hari libur atau hari besar yang sudah ditentukan oleh pemerintah, kelompok yang bertugas tetap harus masuk, akan tetapi dihitung kerja lembur dan mendapat intensif tambahan. Masing-masing shift dikepalai oleh satu orang kepala shift. Jadwal kerja masing-masing kelompok sebagai berikut :

Tabel 4.4 Jadwal kerja setiap kelompok

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

Tabel 4.4 Jadwal kerja setiap kelompok (Lanjutan)

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

Keterangan :

P = Shift Pagi (07.00 – 15.00)

S = Shift Sore (15.00 – 23.00)

M = Shift Malam (23.00 – 07.00)

L =Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah tenaga kerja disesuaikan dengan kebutuhan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif. Berikut Tabel 4.5 merupakan rincian jumlah tenaga kerja dan sistem penggajiannya.

Tabel 4.5 Jumlah tenaga kerja dan sistem penggajian

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan(Rp)	Total Gaji(Rp)	Gaji/Tahun(Rp)	Total Gaji(Rp)
1	Direktur utama	1	40.000.000	40.000.000	480.000.000	480.000.000
2	Staff Ahli	1	18.000.000	18.000.000	216.000.000	216.000.000
3	Sekretaris	1	18.000.000	18.000.000	216.000.000	216.000.000
4	Direktur Teknik dan Produksi	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000	360.000.000
5	Direktur Keuangan dan Umum	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000	360.000.000
6	Kepala Bagian Umum	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
7	Kepala Bagian Pemasaran	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
9	Kepala Bagian Teknik	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
10	Kepala Bagian Produksi	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
11	Kepala Bagian Litbang	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
12	Kepala Seksi Personalia	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000

Tabel 4.5 Jumlah tenaga kerja dan sistem penggajian (lanjutan)

13	Kepala Seksi Humas	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
14	Kepala Seksi Keamanan	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
15	Kepala Seksi Pembelian	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
16	Kepala Seksi Pemasaran	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
17	Kepala Seksi Administrasi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
18	Kepala Seksi Kas/Anggaran	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
19	Kepala Seksi Proses	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
20	Kepala Seksi Pengendalian	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
22	Kepala Seksi Utilitas	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
23	Kepala Seksi Pengembangan	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
24	Kepala Seksi Instrumentasi & Listrik	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
25	Karyawan Personalia	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
26	Karyawan Humas	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
27	Karyawan Pembelian	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
28	Karyawan Pemasaran	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
29	Karyawan Administrasi & Keuangan	5	8.000.000	40.000.000	96.000.000	480.000.000

Tabel 4.5 Jumlah tenaga kerja dan sistem penggajian (lanjutan)

30	Karyawan Proses	11	8.000.000	88.000.000	96.000.000	1.056.000.000
31	Karyawan Pengendalian	3	8.000.000	24.000.000	96.000.000	288.000.000
32	Karyawan Laboratorium	3	8.000.000	24.000.000	96.000.000	288.000.000
33	Karyawan Pemeliharaan	3	8.000.000	24.000.000	96.000.000	288.000.000
34	Karyawan Utilitas	8	8.000.000	64.000.000	96.000.000	768.000.000
35	Karyawan K3	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
36	Karyawan Litbang	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
37	Operator Proses	32	6.000.000	192.000.000	72.000.000	2.304.000.000
38	Operator Utilitas	16	6.000.000	96.000.000	72.000.000	1.152.000.000
39	Dokter	2	8.000.000	16.000.000	96.000.000	192.000.000
40	Perawat	4	5.000.000	20.000.000	60.000.000	240.000.000
41	Satpam	6	5.000.000	30.000.000	60.000.000	360.000.000
42	Supir	6	5.000.000	30.000.000	60.000.000	360.000.000
43	<i>Cleaning Service</i>	5	5.000.000	25.000.000	60.000.000	300.000.000
	Total	152		1.292.000.000		15.504.000.000

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Berikut merupakan fasilitas serta hak karyawan yang diberikan oleh perusahaan untuk menunjang aktivitas kerja karyawan di antaranya adalah sebagai berikut:

a. Hak Cuti

1. Cuti Tahunan

Setiap karyawan dalam perusahaan mempunyai hak cuti maksimal sebanyak 12 hari dalam satu tahun. Apabila dalam waktu satutahun tersebut hak cuti tidak digunakan, maka hak cuti akan hilang dan tidak dapat diakumulasikan untuk tahun selanjutnya.

2. Cuti Massal

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

3. Cuti Hamil

Wanita yang akan melahirkan berhak cuti selama 3 bulan dan selama cuti tersebut gaji tetap dibayar dengan ketentuan jarak kelahiran anak pertama dan anak kedua minimal 2 tahun.

b. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional adalah hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan shift, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja lembur (*overtime*).

c. Kerja Lembur

Kerja lembur dilaksanakan atas persetujuan kepala bagian apabila ada pekerjaan yang mendesak harus segera diselesaikan.

d. Pakaian Kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun. Selain itu, disediakan masker sebagai alat pengaman dalam bekerja.

e. Jamsostek

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

f. Penyediaan fasilitas bagi karyawan

1. Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan.
2. Penyediaan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.
3. Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana airdan listrik.
4. Penyediaan fasilitas koperasi karyawan.
5. Penyediaan fasilitas kantin

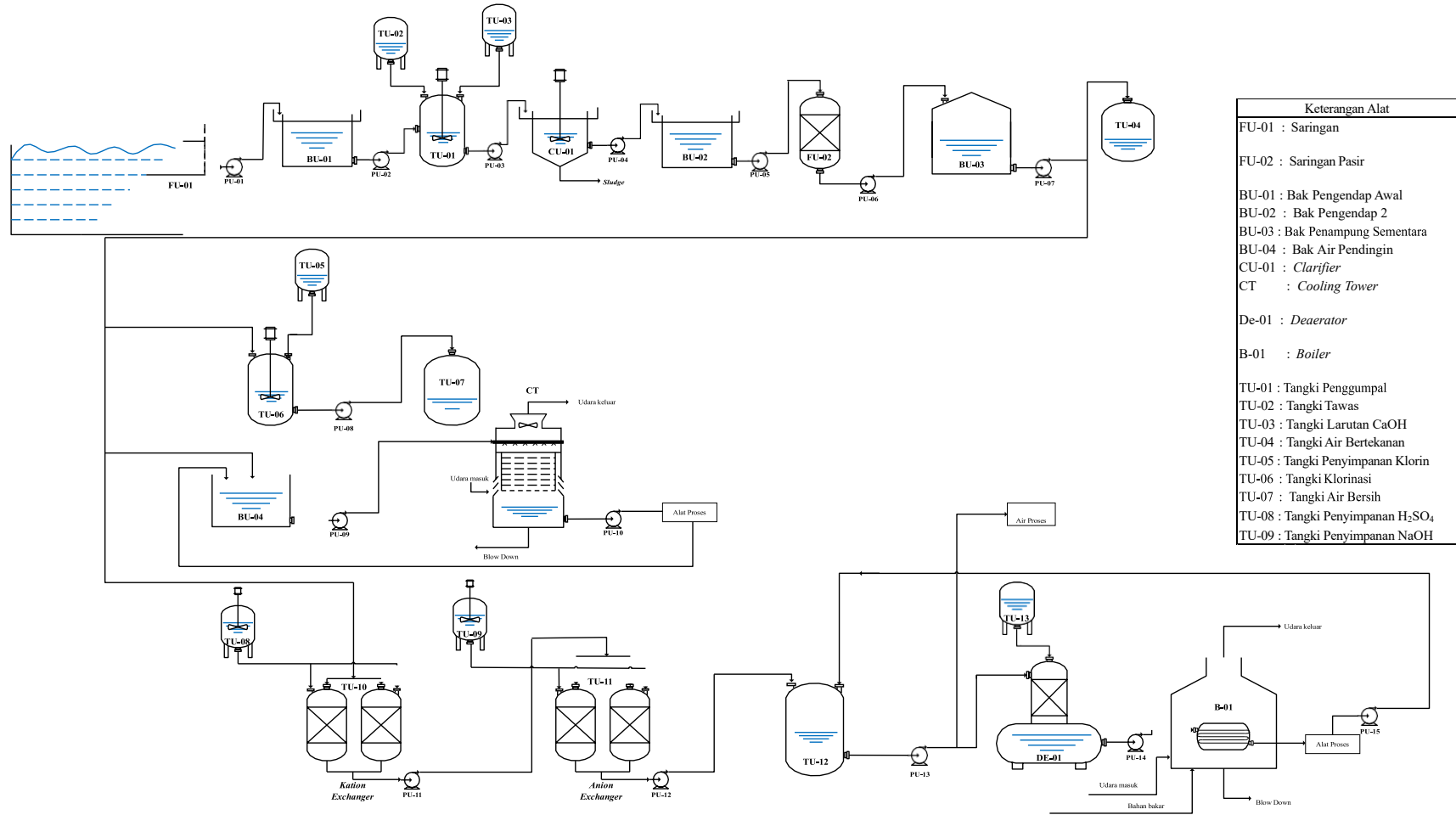
Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun

BAB V

UTILITAS

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

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



Keterangan Alat	
FU-01	: Saringan
FU-02	: Saringan Pasir
BU-01	: Bak Pengendap Awal
BU-02	: Bak Pengendap 2
BU-03	: Bak Penampung Sementara
BU-04	: Bak Air Pendingin
CU-01	: Clarifier
CT	: Cooling Tower
De-01	: Deaerator
B-01	: Boiler
TU-01	: Tangki Penggumpal
TU-02	: Tangki Tawas
TU-03	: Tangki Larutan CaOH
TU-04	: Tangki Air Bertekanan
TU-05	: Tangki Penyimpanan Klorin
TU-06	: Tangki Klorinasi
TU-07	: Tangki Air Bersih
TU-08	: Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄
TU-09	: Tangki Penyimpanan NaOH

Gambar 5.1 Diagram alir utilitas

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

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik biodiesel ini, sumber air yang digunakan berasal dari sungai. Penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan. Pada umumnya untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik digunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Air yang digunakan dalam perancangan pabrik Biodiesel ini bersumber dari sungai kalimati yang diproses di PDAM Delta Tirta Sidoarjo. Air sungai akan digunakan untuk keperluan di lingkungan pabrik sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut:

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga akan selalu tersedia dan akan terhindarkan dari kendala kekurangan air.
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan airlaut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya lebih besar karena membutuhkan alat yang relatif lebih mahal.
- c. Jumlah air sungai yang lebih banyak dibandingkan jumlah air sumur.
- d. Lokasi sungai berada tidak jauh dari lokasi pembangunan

pabrik.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan:

a. Air Domestik

Berdasarkan standar *WHO*, kebutuhan air per orang berkisar antara 100-120 liter per hari. Untuk suatu pabrik atau kantor, kebutuhan air untuk satu orang sebesar 100 liter per hari (Sularso, 2001). Jumlah karyawan pada pabrik ini berjumlah 152 orang. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar 15.200 kg/hari

b. Air Service

Perkiraan kebutuhan air untuk penggunaan layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran, dan lain-lain sebesar 540 kg/jam.

c. Air Proses

Pada pabrik biodiesel air kebutuhan proses yang diperlukan sebesar 68.7070 kg/jam yang digunakan untuk keperluan proses di *Washing Tower* (WT-01). Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 82.4484 kg/jam.

d. Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk peralatan yang membutuhkan penurunan suhu. Kebutuhan air pendingin pada pabrik biodiesel ini telampir pada Tabel 5.1 berikut :

Tabel 5.1 Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Reaktor-01</i>	164.942,463
<i>Reaktor-02</i>	6.809,872
<i>Cooler-01</i>	51,068
<i>Cooler-02</i>	225,448
<i>Cooler-03</i>	134,108
<i>Condensor-01</i>	346,213
<i>Condensor-02</i>	347,213
Total	172.856,386

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 207.427,663 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 7.052,541 kg/jam

e. Air Pemanas (*Steam*)

Air *steam* dalam pabrik digunakan untuk media pemanas. Air *steam* yang dapat digunakan untuk *boiler* harus memenuhi persyaratan. Apabila air *boiler* tidak memenuhi persyaratan dapat mengakibatkan kerusakan pada alat sehingga dilakukan pencegahan agar tidak terjadi *scalling*, *fouling* dan *foaming*. Kebutuhan *steam* untuk peralatan pada pabrik biodiesel ini terlampir pada Tabel 5.2 berikut :

Tabel 5.2 .Kebutuhan air pemanas

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
HE-01	106,320
HE-02	395,003

Tabel 5.2 Kebutuhan air pemanas (lanjutan)

HE-03	313,448
HE-04	103,348
RB-01	103,573
RB-02	105,573
Jumlah	1021,691

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 1.226,030 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* 19,45% dikarenakan terjadinya *blowdown* pada *boiler* sebesar 15% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 245,206 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air sungai tidak dapat langsung digunakan, memerlukan beberapa pengolahan untuk dapat dipakai sebagaimana mestinya. Beberapa tahapan dalam pengolahan air yaitu:

a. Penghisapan

Air dari sungai di Pompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap *screening* air akan ditampung di dalam bak penampungan awal.

b. *Screening*

Tahap ini dilakukan untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar seperti daun, ranting, dan sampah-sampah

lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih terbawa akan diolah di tahap-tahap berikutnya. Pada sisi hisap Pompa perlu dipasang saringan (*screen*) untuk meminimalisir alat penyaring pada proses selanjutnya menjadi kotor dan menjadi cepat rusak.

c. Penggumpalan

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses *flokulasi* dapat berjalan efektif, perlu ditambahkan CaOH yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses *flokulasi* bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi *flok* dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan *Filtrasi*.

d. Pengendapan

Pengendapan ini dilakukan di dalam bak pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan *flok* yang terbentuk dari proses

koagulasi-flokulasi. Bentuk-bentuk *flok* tadi akan mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (*blow down*).

e. *Sand Filter*

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat *sand filter* untuk difiltrasi. *Filtrasi* ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. *Sand Filter* dicuci (*back wash, rinse*) bila sudah dianggap kotor.

f. Penampungan Sementara

Air yang sudah melalui tahap *Filtrasi* bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air sementara. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan :

1. Air domestik dan *Service water*
2. Air Proses
3. Air pendingin
4. *Steam Water*

g. Klorinasi

Klorinasi air adalah proses penambahan klorin (Cl_2) atau *hipoklorit* pada air. Tujuan dari proses klorinasi ini adalah untuk membunuh bakteri dan mikroba dalam air sehingga air aman untuk digunakan dalam keseharian.

h. Demineralisasi

Tujuan dari proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* untuk umpan *boiler*. Proses demineralisasi ini terbagi menjadi 2, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada kation *exchanger*. Di dalam kation *exchanger*, mineral-mineral sadah seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Mineral ini akan ditangkap oleh suatu resin berjenis *hydrogen-zeolite*. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion ini. Suatu waktu resin tidak mampu lagi untuk menangkap mineral, maka akan disubjekkan kedalam proses regenerasi resin. Regenerasi resin kation *exchanger* dilakukan dengan penambahan asam kuat H_2SO_4 .

Air keluaran dari kation *exchanger* adalah air bebas mineral yang tendensi untuk membentuk scalling-nya sudah diminimalkan. Air yang telah melewati kation *exchanger* akan disubjekkan kedalam anion *exchanger* untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain-lain. Ion negatif ini harus ditangkap karena akan jika air bersifat basa ini dipanaskan, akan berpotensi untuk membentuk gas CO_2 yang bisa menurunkan performa *boiler* dan alat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion memiliki mekanisme yang mirip pada proses pelunakan air.

Perbedaan utamanya adalah jenis resin yang digunakan. Jenis

resin yang digunakan *weakly basic anion exchanger*. Pada proses ini, saat 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.

i. Deaerasi

Air keluaran dari proses demineralisasi yang akan dijadikan umpan *boiler* akan disubjekkan ke proses deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, terutama gas O_2 yang berpotensi untuk menyebabkan korosi pada *boiler*. Korosi pada *boiler* memiliki konsekuensi yang sangat berbahaya, selain perpendekan umur *boiler*. Pengikisan di dalam *boiler* berpotensi menyebabkan peledakan dikarenakan ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut, senyawa N_2H_4 (hidrazin) ditambahkan untuk mengikat O_2 dan gas terlarut lainnya. Setelah dihilangkan kandungan gas terlarut, maka air keluaran deaerator dapat langsung diumpankan ke *boiler feed water*, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler* akan berlangsung proses pembangkitan air menjadi *steam*. 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.

5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Keberadaan unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi biodiesel, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi :

Kapasitas : 50.3719 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari water treatment plant yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150 °C, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan

pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik biodiesel ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu : Kapasitas

: 1.000 kW

Jenis : AC Generator Jumlah : 1

Berikut merupakan rincian untuk kebutuhan listrik pabrik Biodiesel diantaranya sebagai berikut:

- a. Kebutuhan listrik alat Proses

Tabel 5.3 Total kebutuhan listrik alat proses

No.	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Reaktor 1	R-01	15	11.2
2	Reaktor 2	R-02	7.5	5.6
3	<i>Mixer</i>	M-01	0.25	0.19
4	<i>Netralizer</i>	N-01	3	2.2371
5	<i>Washing Tower</i>	WT-01	0.34	0.26
6	Pompa 1	P-01	2	1.4914
7	Pompa 2	P-02	0.08	0.06
8	Pompa 3	P-03	0.75	0.559275
9	Pompa 4	P-04	3	2.2371

Tabel 5.3 Total kebutuhan listrik alat proses (lanjutan)

10	Pompa 5	P-05	3	2.2371
11	Pompa 6	P-06	0.08	0.06
12	Pompa 7	P-07	0.75	0.559275
13	Pompa 8	P-08	2	1.4914
14	Pompa 9	P-09	2	0.559275
15	Pompa 10	P-10	0.75	0.559275
16	Pompa 11	P-11	0.5	0.37285
17	Pompa 12	P-12	0.5	0.37285
18	Pompa 13	P-13	0.17	0.12
Total			41.68	30.15

b. Kebutuhan listrik untuk Utilitas

Tabel 5.4 Total kebutuhan listrik utilitas

No.	Jenis Alat	Kode Alat	Hp	kW
1	Kompressor	KU-01	3.00	2.24
2	<i>Blower Cooling Tower</i>	BU-01	2.00	1.49
3	Pengaduk <i>Flokulator</i>	TU-01	0.50	0.37
4	Klarifier	CL-01	0.50	0.37
8	Pompa utilitas 1	PU-01	1.00	0.75
9	Pompa utilitas 2	PU-02	1.00	0.75
10	Pompa utilitas 3	PU-03	2.00	1.49
11	Pompa utilitas 4	PU-04	1.00	0.75
12	Pompa utilitas 5	PU-05	2.00	1.49
13	Pompa utilitas 6	PU-06	2.00	1.49
14	Pompa utilitas 7	PU-07	2.00	1.49
15	Pompa utilitas 8	PU-08	0.17	0.12
16	Pompa utilitas 9	PU-09	2.00	1.49
17	Pompa utilitas 10	PU-10	0.05	0.04
18	Pompa utilitas 11	PU-11	0.05	0.04
19	Pompa utilitas 12	PU-12	0.05	0.04
20	Pompa utilitas 13	PU-13	0.05	0.04
21	Pompa utilitas 14	PU-14	0.05	0.04
22	Pompa utilitas 15	PU-15	2.00	1.49
Total			21.42	15.97

Sehingga total kebutuhan listrik untuk proses dan utilitas = 46.12 kW kemudian di *over desain* 10% = 50.729 kW.

c. Kebutuhan listrik untuk penerangan

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

$$P = 15\% \times 46.12$$

$$\text{kWP} = 6.92 \text{ kW}$$

$$\text{Over desain 10\%} = 15.219 \text{ kW}$$

d. Kebutuhan listrik alat kontrol

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

$$P = 25\% \times 46.12 \text{ kWP} = 11.53 \text{ kW}$$

$$\text{Over desain 10\%} = 12.682 \text{ kW}$$

e. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor

Power yang dibutuhkan untuk kantor seperti (AC, Komputer, dan lain-lain) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik :

$$P = 15\% \times 46.12 \text{ kWP} = 6.92 \text{ kW}$$

$$\text{Over desain 10\%} = 7.609 \text{ kW}$$

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

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

$$P = 15\% \times 46.12 \text{ kWP} = 6.92 \text{ kW}$$

Over desain 10% = 7.609 kW

Total kebutuhan listrik pabrik dapat dilihat berdasarkan Tabel 5.5 di bawah ini

Tabel 5.5 Total Kebutuhan Listrik

No.	Kebutuhan Listrik	kW
1.	Listrik proses dan utilitas	50,73
2.	Listrik instrumentasi	12,682
3.	Listrik AC dan penerangan	15,219
4.	Listrik bengkel dan laboratorium	14,221
Total Kebutuhan listrik		92,85

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Dalam pabrik 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 14 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 26 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*.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada *boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 3.6833 kg/jam.

5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang dihasilkan dari pabrik biodiesel dapat diklasifikasikan menjadi dua:

- a. Bahan buangan cair
 1. Buangan air domestik
 2. *Blow down cooling water*
 3. *Back washfilter*, air berminyak dari Pompa

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*.

- b. Bahan buangan udara dari unit proses

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.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5.6 Spesifikasi Pompa utilitas

Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari Sungai yang melewati Screening (FU-01) ke Bak pendendapan I (BU-01)	Mengalirkan airdari Bak pendendapan I (BU-01) ke Tangki <i>Flokulator</i> /Penggumpal (TU-01)	Mengalirkan air dari Tangki <i>Flokulator</i> /Penggumpal (TU-01) ke Klarifier (KL-01)	Mengalirkan air dari Klarifier (KL-01) ke Bak Pengendap 2 (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap 1 (BU-02) ke Bak Saringan Pasir/Sand <i>Filter</i> (FU-02)
Jenis	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Bahan	<i>Cast Iron</i>				
Kapasitas (gpm)	32.30	32.30	32.30	32.30	32.30
Ukuran Pipa					
IPS	4	4	4	4	4
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
ID (in)	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
Efisiensi Pompa	0.58	0,58	0,58	0,58	0,58
Tenaga Pompa (Hp)	0.16	0.37	1.15	0.58	0.58
Tenaga Motor (Hp)	1	1	2	1	1

Tabel 5.7 Lanjutan spesifikasi Pompa utilitas

Kode	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Saringan Pasir/Sand <i>Filter</i> (FU-02) ke Bak Penampungan Sementara (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-03) ke Pengolahan Air untuk kebutuhan Air Bertekanan, Air Domestik, Air Pendingin, dan <i>Steam</i>	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-06) ke Tangki Penampungan Air Bersih (TU-07)	Mengalirkan air dari Bak Air Pendingin (BU-04) ke Cooling Towe (CL-01)	Mengalirkan air dari Alat Proses ke Bak Air Pendingin (BU-04)
Jenis Bahan	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>				
Kapasitas (gpm)	32.30	32.30	<i>Cast Iron</i> 2.32	17.56	2.32
Ukuran Pipa					
IPS	4	4	4	4	4
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
ID (in)	4.03	4.03	4.03	4.03	4.03
Efisiensi Pompa	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Tenaga Pompa (HP)	0.58	0.58	0,17	1.62	0.03
Tenaga Motor (HP)	2	2	1	2	0.05

Tabel 5.8 Lanjutan spesifikasi Pompa utilitas

Kode	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari Kation <i>Exchanger</i> ke Anion <i>Exchanger</i>	Mengalirkan air dari Anion <i>Exchanger</i> ke BakUmpan <i>Boiler</i>	Mengalirkan air dari Baik Umpan <i>Boiler</i> ke Deaerator	Mengalirkan air dari Deaerator ke <i>Boiler</i>	Mengalirkan air dari Alat Proses ke Bak Umpan <i>Boiler</i>
Jenis Bahan			<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>		
			<i>Cast Iron</i>		
Kapasitas (gpm)	0.93	0.93	0.50	0,50	0.60
	Ukuran Pipa				
IPS	1	1	0,75	0,5	1
No. Sch	40	40	40	40	40
OD (in)	1.32	1.32	1.05	0.84	1.32
ID (in)	1.05	1.05	0.82	0.62	1.05
Efisiensi Pompa	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Tenaga Pompa (HP)	0,04	0,04	0,01	0,01	0,005
Tenaga Motor (HP)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Tabel 5.9 Spesifikasi bak utilitas

Bak	BU-01	BU-02	BU-03	BU-04
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air	Mengendapkan endapan yang berbentuk <i>flok</i> dengan proses <i>flokulasi</i>	Menampung sementara raw water setelah disaring sand <i>filter</i>	Menampung air untuk kebutuhan cooling tower
Jenis Bahan Spesifikasi			Bak persegi Beton bertulang	
Kapasitas (m^3 /jam)	75.0948	75.0948	75.0948	3.400
Panjang (m)	5.3155	5.3155	5.3155	5.807
Lebar (m)	5.3155	5.3155	5.3155	5.807
Tinggi (m)	2.6578	2.6578	2.6578	2.903

Tabel 5.10 Spesifikasi tangki utilitas

Tangki	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04	TU-05
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi dengan menambahkan koagulan	menyimpan larutanalum 5 % untuk 2 minggu Operasi	menyimpan larutanCaOH untuk 1 minggu	Menampung Air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung kebutuhan kaportselama 1 minggu
Jenis	Tangki silinder berpengaduk	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder
Bahan	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi					
Tinggi (m)	2.1224	1.1096	1.2178	2.5463	0.071
Diameter (m)	2.1224	0.5548	0.6089	2.5463	0.070711
Volume (m^3)	7.5053	0.2681	0.3545	12.9600	0.000278
Jenis Impeller	Marine propeller	-	-	-	-
Jumlah Impeller	1	-	-	-	-
Power Motor	0,5	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5.11 Lanjutan spesifikasi tangki utilitas

Tangki	TU-06	TU-07	TU-08	TU-09	TU-10
Fungsi	mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk regenerasi penukar kation	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk regenerasi penukar anion	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ionion positif (Na ⁺ , Ca ²⁺ , Ba) yang ada dalam air
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
Spesifikasi					
Tinggi (m)	0.8828	2.5463	1.5479	0,9514	1.9050
Diameter (m)	0.8828	2.5463	1.5479	0,9514	0.3446
Volume (m ³)	0.5400	12.9600	2.9115	0,6761	0.0165
Jenis Impeller	-	-	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-	-	-
Power Motor	-	-	-	-	-
Jumlah	1	1	1	1	2

Tabel 5.12 Lanjutan spesifikasi tangki utilitas

Tangki	TU-11	TU-12	TU-13
Fungsi	Menghilangkan ion-ion negatif yang masih terbawa dari bak air bersih	Mencampur Kondensat sirkulasi dan <i>make up</i> air umpan <i>boiler</i> sebelum dibangkitkan sebagai <i>steam</i> dalam <i>boiler</i>	Menyimpan larutan N_2H_4
Jenis Bahan	Tangki silinder tegak <i>Carbon Steel</i>	Tangki silinder tegak <i>Carbon Steel</i>	Tangki silinder tegak <i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi			
Tinggi (m)	1.9050	0.6501	0.5327
Diameter (m)	0.0999	0.6501	0.5327
Volume (m^3)	0.0149	0.2157	0.1186
Jenis Impeller	-	-	-
Jumlah Impeller	-	-	-
Power Motor	-	-	-
Jumlah	1	1	1

Tabel 5.13 Spesifikasi klarifier

Kode	Klarifier (KL-01)
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang bersifat koloid
Jenis	Tangki silinder conical bottom berpengaduk
Spesifikasi	
Diameter (m)	3.3691
Tinggi (m)	3.3691
Volume (m^3)	30.0213

Tabel 5.14 Spesifikasi saringan utilitas

Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring Kotoran-Kotoran yang berukuran besar misalnya daun , ranting dan sampah-sampah lainnya.
Bahan	Alumunium
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	6.2579
Panjang (m)	5
Lebar (m)	5
Diameter lubang saringan (cm)	1

Tabel 5.15 Saringan Pasir Utilitas

Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Jenis	Tangki Silinder
Bahan	Carbon Steel
Ukuran pasir (mesh)	28
Spesifikasi	
Volume (m^3)	0.7706
Panjang (m)	1.1551
Lebar (m)	1.1551
Tinggi (m)	0.5776

Tabel 5.16 Spesifikasi *cooling tower* utilitas

Kode	<i>Cooling Tower (CT-01)</i>
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Bahan	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
Spesifikasi	
Panjang (m)	0.3245
Lebar (m)	0.3245
Tinggi (m)	15,5794

Tabel 5.17 Spesifikasi *deaerator*

Kode	(De-01)
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i> dan turbin.
Jenis	Tangki Silinder
Spesifikasi	
Kapasitas (kg/jam)	0.0973
Diameter (m)	0.5298
Tinggi (m)	0.5298
Volume (m ³)	0.1167

Tabel 5.18 Spesifikasi *blower cooling tower*

Kode	<i>Blower Cooling Tower (BL-01)</i>
Fungsi	menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	2917.193
Efisiensi	0,8
Power (Hp)	2

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan dari segi ekonomi, maka diperlukan evaluasi ekonominya. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi harga dari alat-alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik, karena harga tersebut dipakai sebagai dasar untuk estimasi evaluasi ekonomi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas.

Untuk itu 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. *Percent return on investment (ROI)*
 2. *Pay out time (POT)*

3. *Break event point (BEP)*

4. *Discounted cash flow (DCF)*

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses pada tiap alat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Harga peralatan setiap tahun akan berbeda, harga dapat mengalami kenaikan atau penurunan tergantung dengan kondisi ekonomi, sehingga akan sulit untuk menentukan harga peralatan secara pasti. Untuk memperkirakan harga peralatan dapat dilakukan dengan mengetahui harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Analisa harga alat dilakukan pada tahun 2023 untuk pembelian alat pada tahun pembangunan yaitu 2029. Dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga kebutuhan pabrik lainnya diperhitungkan padatahun analisa. Berikut adalah indeks harga yang di dalam teknik kimia disebut CEP indeks atau *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)*.

Tabel 6.1 Indeks harga alat pada tahun 1996 – 2023

Xi	Indeks (Yi)
1996	381,70
1997	386,50
1998	389,50
1999	390,60
2000	394,10
2000	394,10
2001	394,30
2002	395,60
2003	402,00
2004	444,20
2005	468,20

Tabel 6.1 Indeks harga alat pada tahun 1996 – 2023 (lanjutan)

2006	499,60
2007	525,40
2008	575,40
2009	521,90
2010	550,80
2011	585,70
2012	584,60
2013	567,30
2014	576,10
2015	556,80
2016	541,70
2017	567,50
2018	603,10
2019	607,50
2020	596,20
2021	776,30
2022	648,9422
2023	658,6123

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga. (Aries & Newton, 1955)

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.1)$$

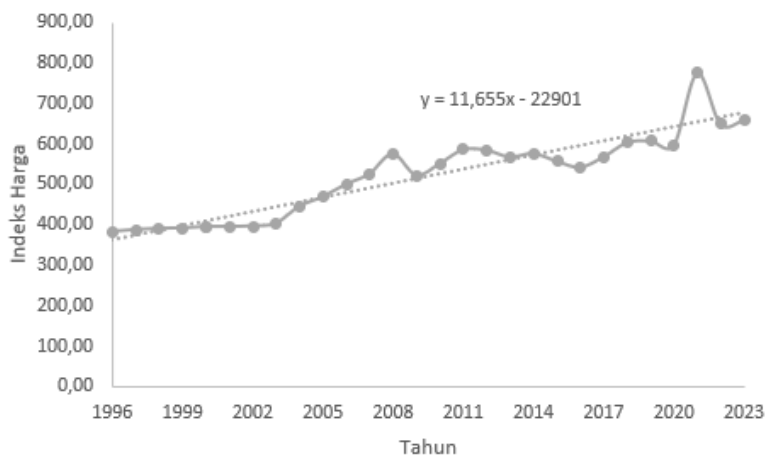
Dimana :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2029

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx : Index harga pada tahun 2029

Ny : Index harga pada tahun referensi 2014



Gambar 6. 1 Grafik regresi linear

Persamaan yang diperoleh dari grafik yang tertera adalah $y = 11,655x - 22901$. Dengan menggunakan persamaan di atas dapat dicari nilai CEP Indeks pada tahun referensi dan perancangan, sehingga nilai CEP Indeks pada tahun referensi 2014 adalah 576,10. Sementara nilai CEP Indeks pada tahun perancangan 2029 sebesar 702.6584. 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	2029
Tangki H ₂ SO ₄	T-01	1	\$ 57,800	\$ 70,498
Tangki CH ₃ OH	T-02	1	\$ 609,500	\$ 743,396
Tangki Minyak Jarak	T-03	1	\$ 294,600	\$ 359,318
Tangki NaOH	T-04	1	\$ 97,900	\$ 119,407
Mixer	M-01	1	\$ 122.300	\$ 106,722
Reaktor	R-01	2	\$ 427,200	\$ 521,048
Netralizer	N-01	1	\$ 227,600	\$ 277,599
Decanter 1	DC-01	1	\$ 178,700	\$ 217,957
Decanter 2	DC-02	1	\$ 80,800	\$ 98,550
Menara Distilasi 1	MD-01	1	\$ 522,20	\$ 640,577

Tabel 6.2 Harga alat proses (lanjutan)

Reboiler 1	RB-01	1	\$ 12,400	\$ 15,124
Condensor	CD-01	1	\$ 27,200	\$ 33,175
Menara Distilasi 2	MD-02	1	\$522,200	\$640,577
Reboiler 2	RB-02	1	\$27,200	\$15,124
Condensor 2	CD-02	1	\$522,200	\$33,175
<i>Washing Tower</i>	WT-01	1	\$ 167,200	\$ 106.97
Tangki Biodiesel	T-05	1	\$ 456,100	\$ 556,297
<i>Heater 1</i>	HE-01	1	\$ 2,200	\$ 2,683
<i>Heater 2</i>	HE-02	1	\$ 2,800	\$ 3,415
<i>Heater 3</i>	HE-03	1	\$ 2,800	\$ 3,415
<i>Heater 4</i>	HE-04	1	\$ 2,800	\$ 3,415
<i>Cooler 1</i>	CL-01	1	\$ 65,000	\$ 79,279
<i>Cooler 2</i>	CL-02	1	\$ 2,800	\$ 3,415
<i>Cooler 3</i>	CL-03	1	\$ 2,800	\$ 3,415
<i>Cooler 4</i>	CL-04	1	\$ 2,800	\$ 3,415
Pompa 1	P-01	1	\$ 12,700	\$ 15,490
Pompa 2	P-02	1	\$ 5,200	\$ 6,342
Pompa 3	P-03	1	\$ 11,500	\$ 14,026
Pompa 4	P-04	1	\$ 14,400	\$ 17,563
Pompa 5	P-05	1	\$ 14,400	\$ 17,563
Pompa 6	P-06	1	\$ 4,400	\$ 5,367
Pompa 7	P-07	1	\$ 11,500	\$ 14,026
Pompa 8	P-08	1	\$ 14,400	\$ 17,563
Pompa 9	P-09	1	\$ 14,400	\$ 17,563
Pompa 10	P-10	1	\$ 14,400	\$ 17,563
Pompa 11	P-11	1	\$ 11,500	\$ 14,026
Pompa 12	P-12	1	\$ 11,500	\$ 14,026
Pompa 13	P-13	1	\$ 5,200	\$ 6,342
Pompa 14	P-14	1	\$5,200	\$6,342
Pompa 15	P-15	1	\$5,200	\$6,342
Total				\$5,239,370

Tabel 6.3 Harga alat utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY 2014	NX 2029	EY (\$) 2014	EX (\$) 2029
Saringan Awal	FU-01	1	576,1	727,923	\$ 18,800.0	\$ 22,930.0
Saringan Pasir	FU-02	1	576,1	727,923	\$ 13,100.0	\$ 15,977.8
Bak Pengendapan Awal	BU-01	1	576,1	727,923	\$ 25,400.0	\$ 30,979.9
Bak Pengendapan 2	BU-02	1	576,1	727,923	\$ 77,500.0	\$ 94,525.3
Bak Penampung Sementara	BU-03	1	576,1	727,923	\$ 25,400.0	\$ 30,979.9
Bak Air Pendingin	BU-04	1	576,1	727,923	\$ 4,900.0	\$ 5,976.4
Tangki <i>Flokulator</i>	TU-01	1	576,1	727,923	\$ 183,900.0	\$ 224,299.4
Tangki Larutan Tawas	TU-02	1	576,1	727,923	\$ 1,300.0	\$ 1,585.6
Tangki CaOH	TU-03	1	576,1	727,923	\$ 3,200.0	\$ 3,903.0
Tangki Air Bertekanan	TU-04	1	576,1	727,923	\$ 100.0	\$ 122.0
Tangki Kaporit	TU-05	1	576,1	727,923	\$ 26,900.0	\$ 32,809.4
Tangki Klorinasi	TU-06	1	576,1	727,923	\$ 68,900.0	\$ 84,036.0
Tangki Air Bersih	TU-07	1	576,1	727,923	\$ 10,100.0	\$ 12,318.8
Tangki H ₂ SO ₄	TU-08	1	576,1	727,923	\$ 31,900.0	\$ 38,907.8
Tangki NaOH	TU-09	1	576,1	727,923	\$ 9,400.0	\$ 11,465.0
Tangki kation	TU -10	1	576,1	727,923	\$ 1.900	\$ 2.317
Tangki anion	TU -11	1	576,1	727,923	\$ 1.700	\$ 2.073
Tangki umpan <i>boiler</i>	TU -12	1	576,1	727,923	\$ 100.000	\$ 121.968
Tangki N ₂ H ₄	TU-13	1	576,1	727,923	\$ 3,200.0	\$ 3,903.0
Clarifier	CU-01	1	576,1	727,923	\$ 2,600.0	\$ 3,171.2

Tabel 6.3 Harga alat utilitas (lanjutan)

Cooling tower	CT-01	1	576,1	727,923	\$ 4,200.0	\$ 5,122.7
Blower cooling tower	BL-01	1	576,1	727,923	\$ 2,000.0	\$ 2,439.4
Tangki dearator	De-01	1	576,1	727,923	\$ 147,900.0	\$ 180,390.9
<i>Boiler</i>	B-01	1	576,1	727,923	\$ 23,300.0	\$ 28,418.6
Pompa 1	PU-01	1	576,1	727,923	\$ 1,000.0	\$ 1,219.7
Pompa 2	PU-02	1	576,1	727,923	\$ 97.200	\$ 118.553
Pompa 3	PU-03	1	576,1	727,923	\$ 9,200.00	\$ 11,221.07
Pompa 4	PU-04	1	576,1	727,923	\$ 9,200.00	\$ 11,221.07
Pompa 5	PU-05	1	576,1	727,923	\$ 9,200.00	\$ 11,221.07
Pompa 6	PU-06	1	576,1	727,923	\$ 9,200.00	\$ 11,221.07
Pompa 7	PU-07	1	576,1	727,923	\$ 9,200.00	\$ 11,221.07
Pompa 8	PU-08	1	576,1	727,923	\$ 4,500.00	\$ 5,488.57
Pompa 9	PU-09	1	576,1	727,923	\$ 9,200.00	\$ 11,221.07
Pompa 10	PU-10	1	576,1	727,923	\$ 4,500.00	\$ 5,488.57
Pompa 11	PU-11	1	576,1	727,923	\$ 4,500.00	\$ 5,488.57
Pompa 12	PU-12	1	576,1	727,923	\$ 4,500.00	\$ 5,488.57
Pompa 13	PU-13	1	576,1	727,923	\$4,000.	\$ 4,878.73
Pompa 14	PU-14	1	576,1	727,923	\$ 3,400.	\$ 4,146.92
Pompa 15	PU-15	1	576,1	727,923	\$ 4,500.	\$ 5,488.57
Total		41				\$ 961,963.6

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	: 35.000 Ton / Tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 Tahun
Kurs mata uang	: 1 \$ = Rp 15.888,00 (Per April 2024) Tahun pabrik
didirikan	: 2029
UMR Kota Sidoarjo	: Rp 4.638.582,00 (tahun 2029)

6.3 Komponen Biaya

a. Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah total biaya untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan untuk mengoperasikan pabrik. *Capital investment* terdiri dari

1. *Fixed Capital Investment*

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

Tabel 6.4 *Physical plant cost (PPC)*

No.	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1	PPC Alat proses	\$11,607,824.1	Rp184,425,110,784.68
2	PPC Alat Utilitas	\$1,377,442.02	Rp21,884,798,809.96
3	Bangunan	\$3,252,314.65	Rp51,672,775,080.00
4	Tanah	\$1,185,297.08	Rp18,832,000,000.00
	Total	\$17,422,877.94	Rp276,814,684,674.64

Tabel 6.5 *Direct plant cost (DPC)*

No.	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1.	<i>Purchasing Equipment Cost</i>	5,501,338	87,405,265,775
2.	Instalasi	2,365,576	37,584,264,283
3.	Instrumentasi Dan Kontrol	825,201	13,110,789,866
4.	Pemipaan	1,650,402	26,221,579,732
5.	Instalasi Listrik	825,201	13,110,789,866
6.	Instalasi Isolasi	440,107	6,992,421,262
	Total	11,607,824	184,425,110,785

Tabel 6.6 *Fixed capital investment (FCI)*

No.	Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
1.	<i>Direct Plant Cost</i>	\$20,907,453.53	Rp332,177,621,610
2.	<i>Engineering and Construction</i>	\$20,907,453.53	Rp332,177,621,610
3.	<i>Contractor Fee</i>	\$418,149.07	Rp6,643,552,432
4.	<i>Contingency Cost</i>	\$2,090,745.35	Rp33,217,762,161
	Total	\$44,323,801.47	Rp704,216,557,812

2. Working Capital Investment

Working capital investment yaitu biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Ada beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu bisa dari pinjaman bank, uang pribadi, atau dari pihak investor. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam, beberapa ciri-ciri investasi yang baik yaitu :

- a) Bisa menghasilkan laba yang maksimum
- b) Investasi yang cepat kembali
- c) Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai, aman , dan lain-lain.

Tabel 6.7 *Working capital investment (WCI)*

No.	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	789,235,706	49,674.96
2.	<i>In process inventory</i>	2,658,135,346	167,304.59
3.	<i>Product inventory</i>	14,767,418,589	929,469.95
4.	<i>Available cash</i>	14,767,418,589	929,469.95
5.	<i>Extended credit</i>	354,418,046,142	22,307,278.84
	Total	387,400,254,373	24,383,198.29

b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk melakukan produksi suatu produk, *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *Direct Cost*, *Indirect Cost*, *Fixed Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk. *Manufacturing Cost* antara lain :

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

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

Tabel 6.8 *Direct manufacturing cost (DMC)*

No.	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1.	Bahan Baku	9,472,151,424	596,182.74
2.	Bahan Utilitas	1,322,946	83.27
3.	Gaji Karyawan	14,622,000,000	920,317.22
4.	<i>Supervise</i>	2,367,707,119	149,024.87
5.	<i>Maintenance</i>	28,168,662,312	1,772,952.06
6.	<i>Plant supplies</i>	5,633,732,462	354,590.41
7.	<i>Royalties</i>	845,059,869	53,188.56
	Total	61,110,636,134	3,846,339.13

2. Indirect Manufacturing Cost (IMC)

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

Tabel 6.9 *Indirect manufacturing cost (IMC)*

No.	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1.	<i>Payoll Overhead</i>	2,924,400,000	184,063.44
2.	<i>Laboratory</i>	2,924,400,000	184,063.44
3.	<i>Plant Overhead</i>	14,622,000,000	920,317.22
4.	<i>Packaging and Shipping</i>	11,121,600,000	700,000.00
	Total	31,592,400,000	1,988,444.11

3. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

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

Tabel 6.10 *Fixed manufacturing cost (FMC)*

No.	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1.	<i>Depreciation</i>	70,421,655,781	4,432,380.15
2.	<i>Property tax</i>	7,042,165,578	443,238.01
3.	<i>Insurance</i>	7,042,165,578	443,238.01
	Total	84,505,986,937	5,318,856.18

Tabel 6.11 *Total manufacturing cost*

No.	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	61,110,636,134	3,846,339.13
2.	<i>Inderect Manufacturing Cost</i>	31,592,400,000	1,988,444.11
3.	<i>Fixed Manufacturing cost</i>	84,505,986,937	5,318,856.18
	Total	177,209,023,071	11,153,639.42

c. Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

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

Tabel 6.12 *General expense (GE)*

No.	Komponen	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
1.	Administrasi	32,748,504,366	2,061,209.99
2.	Sales	32,748,504,366	2,061,209.99
3.	Finance	87,329,344,975	5,496,559.98
4.	Research	87,329,344,975	5,496,559.98
	Total	240,155,698,681	15,115,539.95

Tabel 6.13 *Total production cost*

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Manufacturing Cost</i>	177,209,023,071	11,153,639.42
2.	General expense (GE)	240,155,698,681	15,115,539.95
	Total	417,364,721,752	26,269,179.37

6.4 Analisa Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 556,080,000,000

Total Production cost : Rp 417,364,721,752

Keuntungan : Total Penjualan – Total biaya produksi

: Rp 138,715,278,248

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak 25% dari keuntungan : Rp 138,715,278,248

Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak – Pajak
: Rp 104,036,458,686

6.5 Analisa Kelayakan

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

a. *Return on Investment (ROI)*

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang di dapat setiap tahun dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum ROI before tax sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum ROI before tax sebesar 44%. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

$$\%ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{FixedCapital Investment}} \times 100\% \quad (6.2)$$

1. ROI sebelum pajak (ROI b)

$$ROI \text{ b} = 19.698\%$$

2. ROI Setelah Pajak (ROI a)

$$ROI \text{ a} = 14.773\%$$

b. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk

mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan+Depresant}} \quad (6.3)$$

1. POT Sebelum Pajak (POTb)

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

POT b = 3.3 tahun

2. POT setelah pajak (POTa)

POT a = 4 tahun

c. *Break Even Point* (BEP)

Break even point merupakan titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya adalah sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapat keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia umumnya berada pada range 40-60%.

$$BEP = \frac{Fa+0,3Ra}{Sa-Va-0,7Ra} \times 100\% \quad (6.4)$$

Dimana :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum Annual

Tabel 6.14 Annual fixed manufacturing cost (Fa)

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Depreciation</i>	70,421,655,781	4,432,380.15
2.	<i>Property Taxes</i>	7,042,165,578	443,238.01
3.	<i>Insurances</i>	7,042,165,578	443,238.01
	Total	84,505,986,937	5,318,856.18

Tabel 6.15 Annual regulated expenses (Ra)

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	Gaji Karyawan	14,622,000,000	920,317.22
2.	<i>Payoll Overhead</i>	2,924,400,000	184,063.44
3.	<i>Plant Overhead</i>	14,622,000,000	920,317.22
4.	<i>Supervise</i>	2,367,707,119	149,024.87
5.	<i>Laboratory</i>	2,924,400,000	184,063.44
6.	<i>General Expenses</i>	240,155,698,681	15,115,539.95
7.	<i>Maintennace</i>	28,168,662,312	1,772,952.06
8.	<i>Plant Supplies</i>	5,633,732,462	354,590.41
	Total	311,418,600,575	19,600,868.62

Tabel 6.16 Annual variable value (Va)

No.	Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	Bahan Baku	9,472,151,424	596,182.74
2.	<i>Packaging and Shipping</i>	11,121,600,000	700,000.00
3.	Biaya Bahan Utilitas	1,322,946	83.27
4.	<i>Royalties And Patens</i>	845,059,869	53,188.56
	Total	21,440,134,239	1,349,454.57

Tabel 6.17 Annual sales value (Sa)

No.	Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1.	<i>Annual Sales Value</i>	556,080,000,000	35,000,000
	Total	556,080,000,000	35,000,000

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

$$\text{BEP} = 56.19 \%$$

d. *Shut Down Point (SDP)*

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

$$SDP = \frac{0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\% \quad (6.5)$$

Didapatkan SDP = 32 %

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted cash flow rate of return adalah besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Batasan DCFR sendiri adalah 1,5 kali bunga bank.

$$\frac{(WC+FCI) \times (1+i)^{10}}{CF} = ((1+i)^9 + 1+i)^8 + \dots + (1+i)1) \frac{WC+SV}{CV} \quad (6.6)$$

Dimana :

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut :

FCI = Rp 704,216,557,812

WCI = Rp. 387,400,254,373

SV = Rp 70,421,655,781

n = 10 tahun

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai DCFR adalah

DCFR = 12,69 %

Bunga bank Indonesia pada 2027 = 5,70 %

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

6.6 Analisis Resiko Pabrik

Analisis resiko pabrik dilakukan untuk menentukan besar kecilnya resiko sebuah pabrik (*high risk* atau *low risk*) dengan mempertimbangkan kemungkinan yang terjadi kemudian mencari solusi atas setiap resiko tersebut. Berdasarkan analisa resiko yang dilakukan, diketahui bahwa pabrik biodiesel termasuk kategori resiko rendah (*low risk*) dengan pertimbangan sebagai berikut :

a. Kondisi Operasi

Prarancangan pabrik biodiesel beroperasi dengan suhu berkisar antara 30 °C hingga 77 °C dengan tekanan operasi antara 1 atm Sehingga, prarancangan pabrik terhitung cukup aman berdasarkan kondisi operasinya yang relatif cukup rendah.

b. Bahan Baku dan Produk

Bahan baku dan produk dari pra rancangan pabrik biodiesel memiliki sifat kimia yang tidak mudah terbakar dan memiliki toksisitas rendah. Selain itu tidak ada sisa dari proses reaksi yang terbuang ke lingkungan, sehingga terhitung cukup aman untuk lingkungan.

c. Identifikasi Hazard

Seperti yang sudah ada pada bab sebelumnya, terdapat Tabel 6.18 yang berisi identifikasi hazard untuk mengidentifikasi faktor resiko dari berbagai bahan yang digunakan pada perancangan pabrik ini.

Tabel 6.18 Identifikasi Hazard

Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	explosive	flammable	toxic	corrosive	irritant	oxidizing	radioactive		
Bahan Baku									
Minyak Jarak								Produk ini dianggap tidak berbahaya	Jauhkan dari oksidator kuat, sumber api dan simpan ditempat sejuk dan kering dalam wadah tertutup

Metanol	√	√	√		√			Uap dapat membentuk campuran yang mudah meledak dengan udara, air tidak efektif jika terjadi kebakaran	Simpan dalam lemari asam kimia, simpan dilokasi yang sejuk, hindari dari sumber api dan pastikan wadah tertutup rapat
Bahan Pembantu									
Natrium Hidroksida			√	√	√			Bereaksi hebat dengan beberapa senyawa seperti aseton. Beresiko meledak dengan beberapa senyawa	Tidak diperkenankan disimpan dalam wadah yang mengandung logam, pastikan tertutup rapat dan kering

								terutama senyawa logam	
Asam Sulfat				√	√			Melepas hidrogen jika bereaksi dengan logam	Tidak diperkenankan disimpan dalam wadah yang mengandung logam, pastikan tertutup rapat
Produk									
Biodiesel		√						Harus menghindari asam kuat, basa, dan oksidator kuat, serta kondisi yang dapat membentuk listrik statis	Tempat penyimpanan harus di <i>grounding</i> dan <i>bonding</i> serta dilengkapi dengan <i>pressure vacuum valve</i>

									dan <i>flame</i> <i>arrester</i>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------------------

d. Bahan Baku

Berdasarkan data yang didapatkan dari Tabel 6.18 di atas mengenai identifikasi hazard, didapatkan beberapa informasi yaitu sebagai berikut:

1. Minyak jarak sebagai bahan baku utama dianggap tidak berbahaya, dengan tindakan pencegahan yang tepat, seperti menjauhkan dari oksidator kuat, sumber api, dan penyimpanan dalam wadah tertutup dengan kondisi lingkungan yang sejuk serta kering, risiko dari minyak jarak dapat diminimalkan. Oleh karena itu, minyak jarak memiliki kontribusi rendah terhadap risiko pabrik secara keseluruhan.
2. Metanol memiliki beberapa risiko, yaitu dapat membentuk campuran dengan udara sehingga mudah meledak. Oleh karena itu, perlu pengelolaan dan penyimpanan yang baik untuk mengurangi risiko ini.

e. Bahan Pembantu

Berdasarkan data yang didapatkan dari Tabel 6.18 di atas mengenai identifikasi hazard, didapatkan beberapa informasi yaitu natrium hidroksida dan asam klorida sebagai bahan pembantu memiliki risiko cukup signifikan, terutama karena reaktif jika berkaitan dengan senyawa lain. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan adalah penyimpanan yang baik, terutama di tempat yang tidak mengandung logam sehingga risiko dapat dikurangi.

f. Produk

Berdasarkan data yang didapatkan dari Tabel 6.18 di atas mengenai identifikasi hazard, didapatkan beberapa informasi yaitu biodiesel sebagai produk utama dan air sebagai produk samping memiliki risiko rendah. Namun, perlu diperhatikan bahwa biodiesel harus terhindar dari asam kuat, basa, oksidator kuat, dan kondisi yang dapat membentuk listrik statis

g. Identifikasi limbah proses

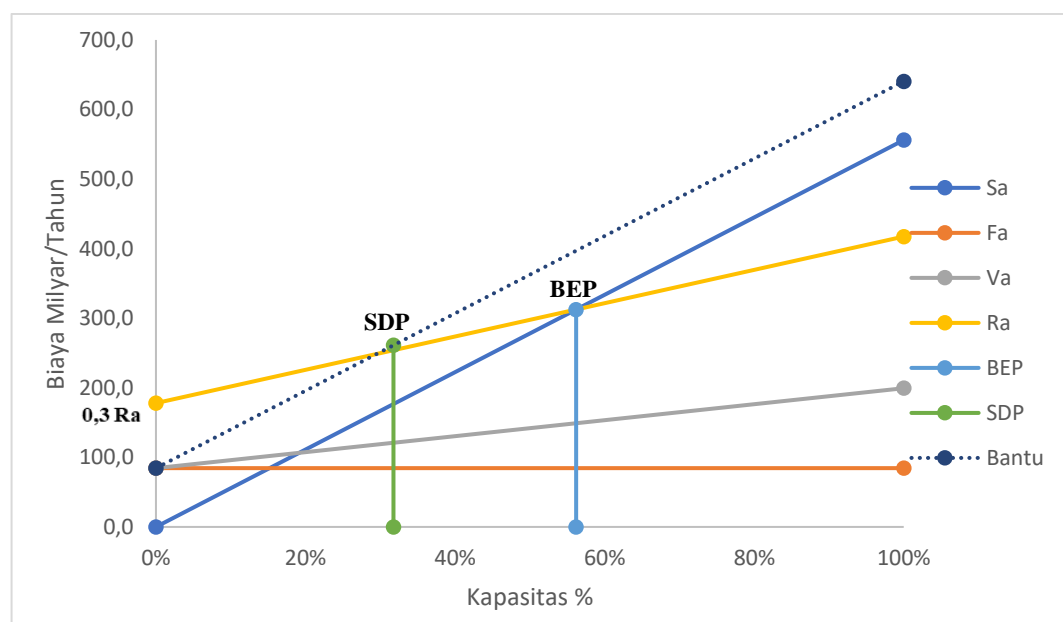
Pabrik biodiesel dari minyak jarak memiliki beberapa resiko terkait limbah yang dihasilkan selama proses produksi, diantaranya sebagai berikut.

- Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh gliserol dan metanol yang akan mencemari air tanah dan permukaan jika tidak dikelola dengan baik, serta residu katalis (NaOH) yang jika tidak dihilangkan dengan benar akan menciptakan pencemaran sumber air atau tanah.
- Bahaya kesehatan yang dapat disebabkan oleh residu metanol yaitu dapat menyebabkan kerusakan pada sistem saraf dan organ tubuh. Selain itu, proses esterifikasi dan pemurnian biodiesel dapat menghasilkan asap dan gas.
- Keamanan pabrik perlu diperhatikan terkait ketidakstabilan bahan kimia, seperti metanol yang mudah terbakar dan potensi bahaya yang dihasilkan selama proses esterifikasi dapat berbahaya jika terjadi kebocoran.
- Penanganan dan pembuangan limbah perlu diperhatikan karena kesalahan dalam manajemen limbah seperti katalis dapat menyebabkan masalah

pencemaran dan memerlukan biaya tambahan untuk pemrosesan dan pembuangan yang aman dan sesuai peraturan.

Berdasarkan analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dari minyak jarak dengan kapasitas 35.000 ton/tahun memiliki kondisi operasi dengan tekanan atmosfer dan suhu yang rendah, selain itu dari analisis *hazard* dan limbah pabrik ini memiliki risiko yang dapat dikelola dengan baik dengan implementasi praktik-praktik keamanan yang ketat. Dengan memperhatikan tindakan pencegahan yang disarankan, pabrik ini cenderung memiliki tingkat risiko yang rendah hingga sedang, tergantung pada kepatuhan terhadap prosedur keamanan dan regulasi.

Dengan beberapa analisa ekonomi didapatkan grafik evaluasi ekonomi sebagai berikut:



Gambar 6.2 Grafik evaluasi ekonomi

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik biodiesel melalui proses esterifikasi, dengan kapasitas 35.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Pendirian pabrik Biodiesel dengan kapasitas 35.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan biodiesel dalam negeri dan mengurangi ketergantungan impor serta membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi
- b. Pabrik biodiesel berbentuk Perseroan Terbatas (PT) didirikan di daerah di Sidoarjo, Jawa Timur dengan luas tanah keseluruhan 70000 m² dan jumlah karyawan 152 orang.
- c. Dari segi evaluasi ekonomi serta analisis kelayakan, pabrik ini cukup menarik dan layak untuk didirikan dengan beberapa parameter kelayakan sebagai berikut:
 1. *Return On Investment* (ROI)
 - a) ROI sebelum pajak = 19.698 %
 - b) ROI setelah pajak 14.773 %
 2. *Pay Out Time* (POT)
 - a) POT sebelum pajak = 3.36 tahun
 - b) POT setelah pajak = 4 tahun

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

3. *Break Event Point* (BEP) = 56.19%

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

4. *Shut Down Point* (SDP) = 32%

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) = 12,69 %

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

Dengan pertimbangan hasil diatas, maka pabrik biodiesel dari minyak jarak menggunakan proses esterifikasi dengan kapasitas 35.000 ton/tahun layak dari aspek teknis dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

- d. Hasil dari keseluruhan tinjauan yang dilakukan mulai dari tersedianya bahan baku, kondisi operasi proses dan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa Pabrik Biodiesel dengan kapasitas 35.000 ton/tahun layak untuk didirikan

7.2 Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- Yang, X., Liu, W., Zhao, R., & Raise, A. (2023). Enhanced conversion of non-edible Jatropha oil to biodiesel utilizing highly reusable Mg decorated CoFe₂O₄ nanocatalyst: Optimization by RSM. *Industrial Crops and Products*, 204, 117319.
- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill Handbook, Co., Inc., New York
- Brown, G.G. 1978. *Unit Operations*. John Wiley and Sons Inc. New York
- Brownell, L.E and Young. E.H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Coulson, J.M and Richardson, J.F. 1983. *Chemical Engineering, 1st edition, Volume 6*. Pergason Press.Oxford
- Fogler, H. Scott.1992. *Element of Chemical Reactions Engineering 3 rd ed*. India : Prentice-Hall
- Kern, D.Q.1950. *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Geankoplis, C.J., 1983, *Transport Processes and Unit Operations*, 2 nd ed., Allyn and Bacon Inc., Boston
- Kirk, R. E., and Othmer D.F.1998 *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed. The Interscience Encyclopedia Inc. New York.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, Perry's *Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

- Peters, M., Timmerhause, K., and West, R. 2003. *Plant Design and Economics For Chemical Engineers*. Mc Graw Hill Companies Inc.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., & Abbot, M.M., 1987, *Introduction to Chemical Enigineering Thermodynamics*, 5 th ed, Mc Graw Hill Book Company Inc., New York
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Handbooks. New York.
- Wallas, S.M *Chemical Process Equipment*. Mc.Graw Hill Koagakusha Company. Tokyo
- Hambali, E., A.Suryani, Dadang, Hariyadi, H. Hanafie, I. K. Reksowardjojo, M.Rivai, M. Ihsanur, P. Suryadarma, T. Prawitasari, T. Prakoso, W.Purnama. 2006. *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*. Penebar Swadaya. Jakarta. 132 hal
- Matche. 2024. *equipment cost*. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 17 Januari 2024 pukul 21.45 WIB
- R.K.Sinnot. 1983. *An Introduction to Chemical Engineering Design*. Pergamon Press. Oxford.
- LabChem. (2023). Beranda. Diakses 11 Oktober 2023, dari www.labchem.com
- Knothe, Gerhard, Robert. O. Dunn, Marvin. O. Bagby. 2002. *Biodiesel: The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels*. National Center for Agricultural Utilization Research. Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture, Peoria.

- Legowo, A.M., Yap, S.S., & Kusumo, F. (2001). Karakteristik biodiesel secara umum. *Jurnal Teknologi Bahan Bakar*, 10(2), 45-56.
- Badan Standardisasi Nasional, B. (2006). SNI 04-7182-2006. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Susilo, Bambang. (2006). "*Biodiesel; Pemanfaatan Biji Jarak Pagar Sebagai Alternatif Bahan Bakar*". Trubus Agrsarana, Surabaya.
- Syah. (2006). "*Biodiesel Jarak Pagak; Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan*". Argomedia Pustaka, Jakarta.
- Zhang, Y., Dubé, M.A., McLean, D.D., & Kates, M., 2003, *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: 1. Process Design and Technological Assessment*, *Bioresource Technology*, 89, 1-16.
- Van Gerpen, J., 2005, *Biodiesel Processing and Production*, *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1097-1107.
- Demirbas, A., 2009, *Progress and Recent Trends in Biodiesel Fuels, Energy Conversion and Management*, 50(1), 14-34.
- FOGLER, S, 1992, *Element of Chemical Reaction Engineering*, 3 ed., John Wiley and Sons, New York.
- Legowo, E,H. (2008). Kebijakan dan Program Pengembangan Bahan Bakar Nabati. *Workshop on Dissemination Biofuels Development*. Kementerian ESDM.
- Alamsyah, Andi Nur. 2006. Biodiesel Jarak Pagar. Bogor: PT. Agromedia Pustaka.

- Berchmans, H.J. and Hirata, S., (2008), “*Biodiesel Production from Crude Jatropha Curcas L. Seed Oil With A High Content Of Free Fatty Acids*”, Bioresour.Technol., 99,hal. 1716–1721.
- Tiwari, A.K., Kumar, A., and Raheman, H., (2007), “*Biodiesel Production from Jatropha Oil(Jatropha curcas) with High Free Fatty Acids: An Optimized Process*”, Biomass and Bioenergy, 31, hal. 569–575.
- Demirbas A., (2003), “*Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey*”, Energy Convers. Manage., 44, hal. 2093–109.
- Ristek.go.id. (2005). Diakses pada tahun 2005, dari <http://www.ristek.go.id>
- ESDM. (2023). Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Laksono, T. 2013. Pengaruh Jenis Katalis Naoh Dan Koh Serta Rasio Lemak Dengan Metanol Terhadap Kualitas Biodiesel. Skripsi. Program Studi Teknologi Hasil Ternak Jurusan Produksi Ternak Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Departemen Teknologi Pertanian USU. 2005. Proses Pembuatan Minyak Jarak Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Kerjasama Antara Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian USU dengan Balai Penelitian dan Pengembangan Propinsi Sumatera Utara Medan
- Libetyvegetableoil.com. (2023). Diakses dari <https://www.libetyvegetableoil.com>

- Georgogianni KG, Kontominas MG, Pomonis PJ, Avlonitis D, Gergis V. 2008. Conventional and in situ transesterification of sunflower seed oil for the production of biodiesel. *Fuel Processing Technology* 89: 503-509.
- Gubitz GM, Mittelbach M, Trabi M. 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology* 67: 73-82.
- Ketaren S. 2008. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta : UI Press.
- Knothe, G. 2006. Analyzing biodiesel: standards and other methods. *J Am Oil Chem Soc* 83: 823-833.
- Darmawan, F. I. (2013). Proses produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan metode pencucian dry-wash sistem. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(01).

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

Reaktor-01

Fungsi : Tempat Berlangsungnya reaksi antara minyak jarak dan metanol dengan katalis Asam Sulfat (H_2SO_4).

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

Bahan : *Stainless Steel tipe 316*

Bentuk : Tangki Silinder

Kondisi Operasi : *Isothermal*

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

$$P = 1 \text{ atm}$$

Konversi : 87%

A. Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM	mol (kmol/jam)	massa (kg/jam)
$C_{16}H_{32}O_2$	256	2.0939	536.0480
$C_{18}H_{34}O_2$	282	7.9154	2232.1338
$C_{18}H_{32}O_2$	280	4.5849	1283.7753
$C_{18}H_{30}O_2$	278	0.6740	187.3737
CH_3OH	32	202.0841	6466.6899
H_2O	18	11.9229	214.6117
H_2SO_4	98	1.1273	110.4798
Total		382.5660	13770.0548

B. Densitas

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

Komponen	Densitas Aspen kg/m ³	kg/jam	fraksi massa	ρL campuran (kg/m ³)
CH ₃ OH	754.568	6,467	0.5862	442.3450
H ₂ SO ₄	1795.06	110	0.0100	17.9780
H ₂ O	979.681	215	0.0195	19.0598
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	855.286	536	0.0486	41.5619
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	860.898	2,232	0.2023	174.2018
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	877.882	1,284	0.1164	102.1659
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	888.402	187	0.0170	15.0903
Σ		11,031	1	812.403

C. Viskositas

Komponen	Massa(kg/jam)	Fraksi Massa(xi)	μ	ln μ	ln μ * xi
CH ₃ OH	6,467	0.5862	0.360	-1.021	-0.598365
H ₂ SO ₄	110	0.0100	8.799	2.175	0.021779
H ₂ O	215	0.0195	0.474	-0.746	-0.014516
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	536	0.0486	9.590	2.261	0.109859
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	2,232	0.2023	10.32	2.334	0.472299
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	1,284	0.1164	7.87	2.064	0.240156
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	187	0.0170	6.40	1.856	0.031534
Total	13,770	1	43.819	8.923	0.262747

Reaksi :

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

Persamaan :



Dan persamaan kecepatan reaksinya :

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

Kalau metanol yang dipakai berlebihan, maka persamaan (2) dapat ditulis dengan:

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

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

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

Bila grafik hubungan $-\ln(1 - X_A)$ dengan waktu membentuk garis lurus, maka alkoholisis minyak jarak dapat dianggap berorde satu semu terhadap asam, nilai k dihitung Berdasarkan tangen arah

Reaksi Asam :



	Asam Palmitat	Metanol	Metil Palmitat	H ₂ O
mula-mula	2.09394	202.084		11.92
reaksi	1.83073	1.8489	1.83073	1.830729487
setimbang	0.26321	200.235	1.83073	13.75



	Asam Oleat	Metanol	Metil Oleat	H ₂ O
mula-mula	7.91537	200.235		13.75
reaksi	6.98927	6.98927	6.9892	6.92041
setimbang	0.92610	193.245	6.9892	20.67



	Asam Linoleat	Metanol	Metil Linoleat	H2O
mula-mula	4.58491	193.33292		20.67
reaksi	4.00859	4.00859	4.00859	4.00859
setimbang	0.57632	189.32434	4.00859	24.68



	Asam Linolenic	Metanol	Metil Linolenic	H2O
mula-mula	0.67401	189.32434		24.68
reaksi	0.58928	0.58928	0.58928	0.58928
setimbang	0.08472	188.73505	0.58928	25.27

D. Design Equation

1. Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

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

$$= 13.5784 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 13,578 \text{ liter/jam}$$

2. Menghitung Konsentrasi

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

$$\text{Total Umpan Mula- mula } C_{ao} = 1.1245 \text{ mol/m}^3$$

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

$$\text{Total Umpan Mula - mula } C_{bo} = 57.8121 \text{ mol/m}^3$$

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

$$\text{Total Umpan Konsentrasi } C_a = 0.14134 \text{ mol/m}^3$$

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

$$\text{Total Umpan Konsentrasi } C_b = 56.8290 \text{ mol/m}^3$$

3. Menghitung Waktu Tinggal

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

$$r = 5364.0998 \text{ detik}$$

4. Menentukan Volume Reaktor

$$F_v \cdot r = 20,232.160 \text{ liter}$$

$$= 20.2322 \text{ m}^3$$

5. Menghitung Dimensi Reaktor

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

$$\text{Volume reaktor} = 1,2 \times 20.232 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume reaktor} = 24.28 \text{ m}^3$$

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

$$\text{Ditetapkan: } D = H$$

Dimana:

D = Diameter reaktor

H = Tinggi Reaktor

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

D : H = 1 : 1 Sehingga:

V reaktor total = Volume silinder + 2 Volume Head

Volume Head = 2.7749 m³

V reaktor total = 25.7821 m³

6. Menghitung Ketinggian Cairan dalam Reaktor

$V_{\text{cairan di shell}} = V_{\text{Shell}} - V_{\text{Bottom}}$

A total = 8.04 m

V Shell = 20.232 m³

V bottom = 2.775 m

V cairan di shell = 17.457 m

h cairan (h shell) = 2.172 m

7. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

t_s = Tebal shell (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = Allowable stress (18.750 psi)

r_i = Jari-jari dalam storage (in)

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

C = Faktor korosi (0,125 in)

Dari hasil perhitungan diperoleh tebal shell adalah 0,126 in, sehingga tebal

shell standar = 0,1875 in.

8. Perancangan Dimensi Head

t = tebal head, in

icr = inside corner radius, in

r = radius of dish, in

OD = outside diameter, in

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

OA = overall dimension, in

sf = straight flange

Menghitung Tebal Head :

t_s = 0,1875 in

icr = 4.375 in

r = 72 in

OD = 72 in

ID = 71.9 in

P = 17.64 psi

w = 1.74 in

t_h = 0.273 in

sf = 3 in

b = 22.213 in

Diperoleh dari persamaan persamaan 13.10 Brownell and Young, 1959 Diperoleh nilai tebal head dan bottom dari perhitungan sebesar 0,131 in, sehingga tebal head standar = 0,1875 in. Dari tabel 5.8 Brownell dengan tebal head 0,1875 in didapatkan $sf = 1,5 - 4,5$ in, digunakan nilai

sf 1.5 in. Sehingga tinggi head yang diperoleh adalah $H_{\text{head}} = sf + b + th = 13.85$ in, tinggi total reaktor = $2.H_{\text{head}} + H_{\text{shell}} = 2.525$ m

9. Menghitung Dimensi Pengaduk

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

Dt	= 1.829 m
Diameter Propeller (D_a)	= $D_t/3 = 0.293$ m
Panjang Propeller dari Dasar (E)	= $D_t/3 = 0.293$ m
Lebar Propeller (L)	= $D_a/4 = 0.059$ m
Lebar Baffle (L)	= $D_t/12 = 0.073$ m
Tinggi Propeller (W)	= $D_a/5 = 0.047$ m
Tinggi Cairan (H)	= 0.7837 m
Jumlah Baffle	= 4 buah
Jumlah Pengaduk	= 1 buah

10. Menghitung Power Pengaduk

a. *Specific Gravity*

$$sg = 0.863$$

$$WELH = 1.3889 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah putaran (N)} = 1,032 \text{ rpm} = 17.20 \text{ rps.}$$

b. Menghitung Power Pengaduk

$$\text{Power Number (Np)} = 6$$

$$\rho = 846.000 \text{ kg/m}^3 = 0.8460 \text{ g/cm}^3$$

$$N_i = 13.27 \text{ rps}$$

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

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

$$P_a = 907,260 \text{ g.cm}^2/\text{s}^3$$

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

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

$$P \text{ Standar} = 15 \text{ Hp}$$

11. Jaket Pendingin

Neraca Total Panas Reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	ΔH in (Kj/ jam)	ΔH out (Kj/ jam)
CH ₃ OH	547,738.54	511,556.73
H ₂ SO ₄	3,172.42	3,172.42
H ₂ O	30,408.49	64,454.23
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	38,144.62	4,794.78
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	151,779.64	19,078.70
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	82,448.54	10,363.78
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	11,853.71	1,490.01
C ₁₇ H ₃₄ O ₂		8703.3795
C ₁₉ H ₃₆ O ₂		145040.0580
C ₁₉ H ₃₄ O ₂		70200.5216
C ₁₉ H ₃₂ O ₂		10025.0351
ΔH Reaksi	137.54	
Q terserap		16,803.85
Total	865683.50	865683.50

$Q_{in} > Q_{out}$ Reaktor sehingga diperlukan pendingin. Kebutuhan pendingin yang digunakan berupa water

$$T1 = 25^{\circ}\text{C} = 77^{\circ}\text{F} = 298,15 \text{ K}$$

$$T2 = 45^{\circ}\text{C} = 113^{\circ}\text{F} = 318,15 \text{ K}$$

a. Sifat fisis air

$$C_p \text{ (Kapasitas Panas Larutan)} = 2,07 \text{ Btu/lb.}^{\circ}\text{F}$$

$$\rho \text{ (Densitas)} = 1018,27 \text{ kg/m}^3 = 63,54 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ (Viskositas)} = 51,20 \text{ cP} = 12,38 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k \text{ (Konduktivitas)} = 5,19 \text{ Btu/jam.ft.}^{\circ}\text{F}$$

b. Kebutuhan air pendingin

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

$$m = \frac{16,803.85 \text{ Btu/jam}}{2.07 \text{ btu} \cdot \text{F} \times (113 \text{ F} - 77 \text{ F})}$$

$$m = 200.046 \text{ lb/jam}$$

c. Menghitung LMTD

Perbedaan temperatur logaritmik rata-rata adalah

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

$$\text{Suhu fluida dingin masuk} = 25^{\circ}\text{C} = 77 \text{ F}$$

$$\text{Suhu fluida dingin keluar} = 45^{\circ}\text{C} = 113 \text{ F}$$

Fluida Panas	Temperature (F)	Fluida Dingin	Selisih
147.80	High	113	27
140	Low	77	63

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

$$\Delta T_{LMTD} = 43.83 \text{ F}$$

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

Ud for Gas-Water : 5 sampai 75 Btu/hr.ft².F

Ud trial : 75 Btu/hr.ft².F

d. Heat Transfer Area

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

$$= 4.845 \text{ ft}^2$$

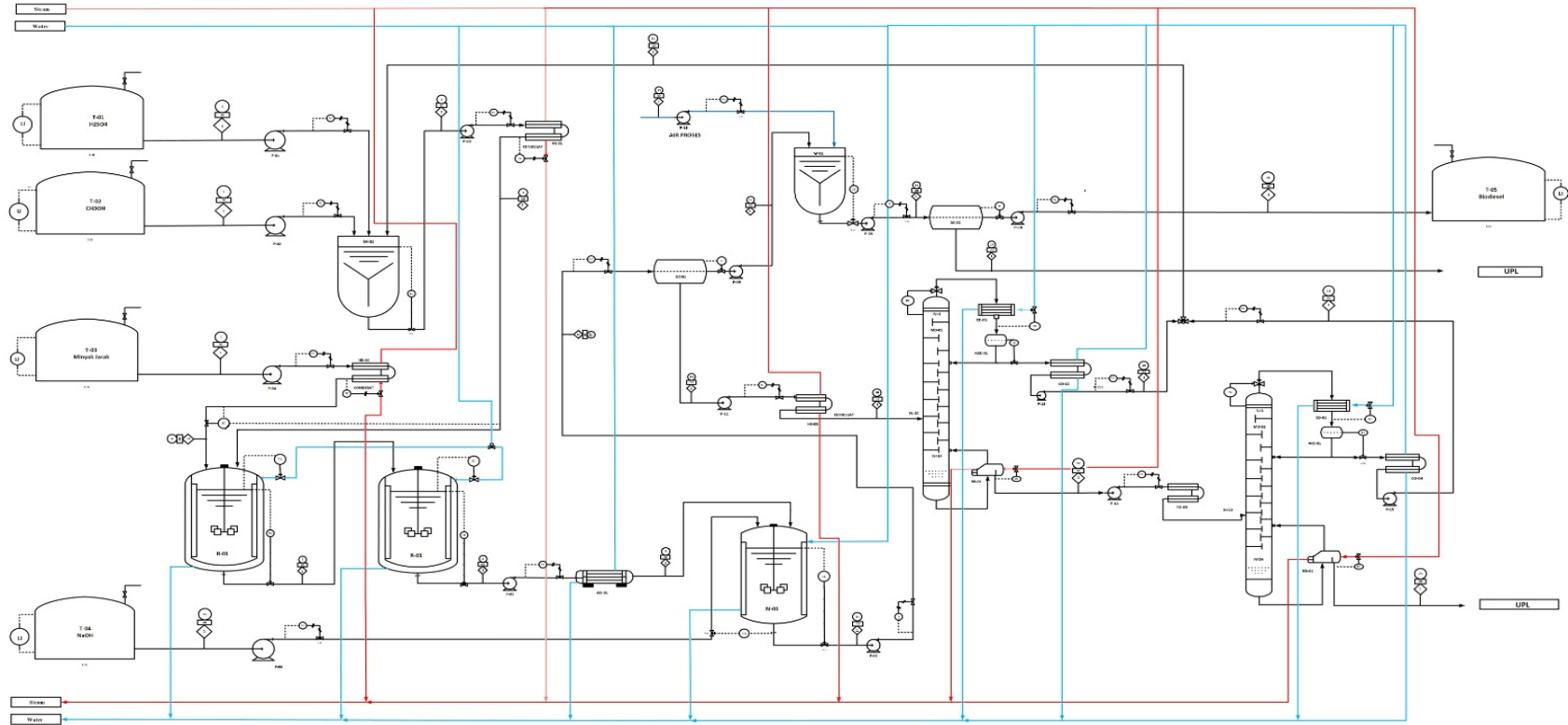
e. Jaket Pendingin

REAKTOR 1					
Jaket Pendingin :	Tinggi :	56.5	in	1.434138574	m
	Diameter :	130	in	3.302006604	m
	Luas Selimut :	318.3842	ft ²		

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PFD)

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS PRODUKSI 35.000 TON/TAHUN**



Komponen	Nomor Arus (Kapas)																							ALAT	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
CH ₃ OH	646,656	646,656	646,656	646,656		615,311	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255	600,255				
H ₂ O	118,479798	118,479798	118,479798	118,479798		118,480	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798	118,4798				
B.J.O	2,2847	32,4059203	34,7560105	34,7560105		179,8611111	206,325	476,810	37,7652	476,9610	615,2386	435634	600,4323	68,7070		1,4709	72,072470	618,4322	18,3120	502,0193	0,0007	18,314	502,0187				
C ₁₈ H ₃₄ O ₂						193,3222	193,3222	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006	24,3006			
C ₁₈ H ₃₂ O ₂						805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044	805,0044			
C ₁₈ H ₃₀ O ₂						462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851	462,9851			
C ₁₈ H ₂₈ O ₂						67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758	67,3758			
NaOH										90,1875																	
Na ₂ SO ₄																											
C ₁₈ H ₃₄ O						361,469	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336	539,7336			
C ₁₈ H ₃₂ O						1097,989	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364	2236,7364			
C ₁₈ H ₃₀ O						1611,30	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569	1286,8569			
C ₁₈ H ₂₈ O						125,632	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870	187,8870			
TOTAL	112,73	609,19	661,92	661,92	1708,75	1708,75	11031,11	11031,11	187,89	11031,11	11219,00	4528,37	6698,24	68,71	4091,63	446,32	143,15	6698,24	4760,49	1937,75	100,00	5860,49	837,75				

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

1. Nama Mahasiswa : Zhafran Qashid Rahmatullah
NIM : 20521036
2. Nama Mahasiswa : Iman Alfian
NIM : 20521203

Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dengan Proses Esterifikasi Kapasitas Produksi 35.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 14 September 2023

Batas Akhir Bimbingan : 13 Maret 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	27-09-2023	Perkenalan dan diskusi tentang prarancangan pabrik	<i>[Signature]</i>
2	02-10-2023	Diskusi spesifikasi bahan dan produk, dan diagram alir	<i>[Signature]</i>
3	03-10-2023	Konsultasi spesifikasi bahan dan produk, diagram alir, penentuan kapasitas	<i>[Signature]</i>
4	10-10-2023	Penetapan kapasitas	<i>[Signature]</i>
5	11-10-2023	Diskusi mengenai neraca massa, kinetika, dan termodinamika	<i>[Signature]</i>
6	16-10-2023	Konsultasi diagram alir	<i>[Signature]</i>
7	18-10-2023	Konsultasi diagram alir dan neraca massa	<i>[Signature]</i>
8	20-10-2023	Konsultasi diagram alir dan neraca massa	<i>[Signature]</i>
9	31-10-2023	Penetapan diagram alir	<i>[Signature]</i>
10	01-11-2023	Perhitungan neraca massa	<i>[Signature]</i>
11	07-11-2023	Perbaikan neraca massa	<i>[Signature]</i>
12	09-11-2023	Penetapan neraca massa dan diskusi terkait perhitungan reaktor	<i>[Signature]</i>
13	10-11-2023	Revisi neraca massa dan fraksi massa	<i>[Signature]</i>

14	14-11-2023	Revisi neraca massa bagian recycle MD	<i>Ha.</i>
15	16-11-2023	Pembahasan mengenai neraca panas	<i>Ha.</i>
16	23-11-2023	Pembahasan mengenai neraca panas	<i>Ha.</i>
17	26-11-2023	Konsultasi dan penetapan neraca panas	<i>Ha.</i>
18	28-11-2023	Pembahasan mengenai reaktor	<i>Ha.</i>
19	05-12-2023	Mencari volume reaktor	<i>Ha.</i>
20	06-12-2023	Konsultasi mengenai kinetika reaksi	<i>Ha.</i>
21	08-12-2023	Konsultasi volume reaktor	<i>Ha.</i>
22	20-12-2023	Konsultasi panjang dan diameter reaktor	<i>Ha.</i>
23	03-01-2024	Mechanical Desain Reaktor	<i>Ha.</i>
24	12-01-2024	Konsultasi Aspen Plus	<i>Ha.</i>
25	16-01-2024	Konsultasi Mechanical Desain Reaktor	<i>Ha.</i>
26	18-01-2024	Lampiran Reaktor	<i>Ha.</i>
27	05-02-2024	Pengendalian Proses	<i>Ha.</i>
28	13-03-2024	Pembahasan mengenai Netralizer dan Decanter	<i>Ha.</i>

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 13 Mei 2024

Pembimbing,

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

3. Nama Mahasiswa : Zhafran Qashid Rahmatullah
NIM : 20521036
4. Nama Mahasiswa : Iman Alfian
NIM : 20521203
- Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dengan Proses Esterifikasi Kapasitas Produksi 35.000 Ton/Tahun
- Mulai Masa Bimbingan : 14 Maret 2024
Batas Akhir Bimbingan : 13 September 2024

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	19-03-2024	Konsultasi mengenai Netralizer dan Decanter	<i>[Signature]</i>
2	26-03-2024	Pembahasan mengenai MD	<i>[Signature]</i>
3	28-03-2024	Membuat PEFD	<i>[Signature]</i>
4	01-04-2024	Pembahasan alat penyimpanan bahan, transportasi bahan, dan penukar panas	<i>[Signature]</i>
5	22-04-2024	Pembahasan organisasi perusahaan	<i>[Signature]</i>
6	23-04-2024	Pembahasan Utilitas	<i>[Signature]</i>
7	26-04-2024	Pembahasan Evaluasi Ekonomi	<i>[Signature]</i>
8	06-05-2024	Revisi naskah	<i>[Signature]</i>

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 13 Mei 2024

Pembimbing,

[Signature]
Dr. Anif Hidayat, S.T., M.T.