

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI
MINYAK JARAK PAGAR DAN METHANOL
DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Kimia**



Oleh :

Nama : Lutfi Kurniawan Nama : Candra Pangesti Setiawan

No.Mahasiswa : 16521119 No.Mahasiswa : 16521238

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

2021

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK
JARAK PAGAR DAN METHANOL DENGAN PROSES
TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK



Nama : Lutfi Kurniawan Nama : Candra Pangesti Setiawan

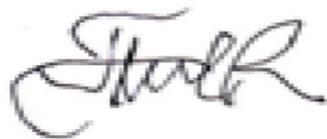
No.Mahasiswa : 16521119

No.Mahasiswa : 16521238

Yogyakarta, 2 Januari 2021

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Faisal. R. M., Ir Drs., MT., Phd.

Achmad Chafidz M. S., S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR DAN METHANOL DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Candra Pangesti Setiawan

NIM : 16521238

**Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri**

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 9 Juni 2021

Tim Penguji,

Ketua : Faisal. R. M., Ir Drs., MT., Phd.

Anggota 1 : Diana, Dr., S.T., M.Sc.

Anggota 2 : Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

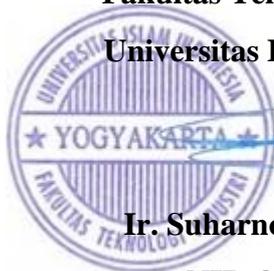


Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. Suharno Rusdi., Ph.D

NIP. 845210102

LEMBAR PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR DAN METHANOL DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lutfi Kurniawan Nama : Candra Pangesti Setiawan

No.Mahasiswa : 16521119 No.Mahasiswa : 16521238

Yogyakarta, 2 Januari 2021

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan karya sendiri, maka saya menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

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

Tanda Tangan



Lutfi Kurniawan

16521119

Tanda Tangan



Candra Pangesti Setiawan

16521238

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur Alhamdulillah atas rahmat, hidayah dan inayah-nya dari Allah SWT, akhirnya kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik Biodisel Dari Minyak Jarak Pagar dan Methanol Dengan Proses Transesterifikasi Kapasitas 30.000 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 terimakasih penulis dipersembahkan kepada:

1. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. Suharno Rusdi., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Faisal. R. M., Ir., Drs., MT., Phd. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang selalu memberikan bimbingan kepada kami dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Achmad Chafidz M. S., S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II kami, yang penuh kesabaran dan kebijaksanaan dalam membimbing sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kepada Kedua orang tua kami yang telah memberikan dorongan dan motivasi baik berupa materi maupun mental, serta tak lupa atas doanya yang tidak henti-hentinya diberikan kepada kami.
6. Seluruh teman-teman Teknik Kimia 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 kita semua.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 18 Maret 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR DAN METHANOL DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
ABSTRAK	xvi
BAB 1	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Potensi Minyak Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i>)	3
1.1.2 Kebutuhan Biodiesel	5
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	7
1.2.1 Kebutuhan Biodiesel dalam Negeri	8
1.2.2 Kapasitas Komersial	14
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	15
1.3 Tinjauan Proses	16
1.3.1 Minyak Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i>)	16
1.3.2 Biodiesel	21
1.3.3 Macam-macam Proses Pembuatan Biodiesel	31
1.3.4 Pemilihan Proses	36
BAB 2	46
2.1 Spesifikasi Produk	46
2.1.1 Biodiesel	46

2.1.2 Gliserol.....	47
2.2 Spesifikasi Bahan Baku	48
2.2.1 Minyak Jarak (Jarthropa Curcas).....	48
2.2.2 Metanol	49
2.2.3 Natrium Hidroksida	49
2.2.4 Hidrogen Klorida	50
2.3 Pengendalian Kualitas	51
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	51
2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk	52
2.3.3 Pengendalian Proses	53
2.3.4 Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan	54
BAB 3	57
3.1 Uraian Proses.....	57
3.1.1 Tahap persiapan Bahan Baku	57
3.1.2 Tahap Pembentukan Produk	58
3.1.3 Tahap Pemurnian Produk.....	59
3.2 Spesifikasi Alat.....	61
3.2.1 Spesifikasi Alat Proses.....	61
3.2.2 Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk	82
3.2.3 Pompa Alir	88
3.3 Perencanaan Produksi.....	96
3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku	96
3.3.2 Analisis Kebutuhan Alat Proses	97
BAB 4	98
4.1 Lokasi Pabrik.....	98
4.1.1 Faktor – Faktor Utama	98
4.1.2 Faktor – Faktor Khusus.....	101
4.2 Tata Letak Pabrik	107
4.3 Tata Letak Alat Proses.....	112
4.4 Alir Proses dan Material	115
4.4.1 Neraca Massa	115

4.4.2 Neraca Panas.....	120
4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas).....	127
4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	127
4.5.2 Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>)	137
4.5.3 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	138
4.5.4 Unit Penyedia Udara Instrumen (<i>Instrument Air System</i>)	142
4.5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	142
4.5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan	143
4.6 Spesifikasi Alat - Alat Utilitas.....	145
4.6.1 Pengolahan Air	145
4.6.2 Pengolahan Air Sanitasi (<i>Domestic Water</i>)	149
4.6.3 Pengolahan Air Pendingin	151
4.6.4 Pengolahan Air Steam (<i>Steam Water</i>)	153
4.6.5 Unit Penyedia Udara Bertekanan.....	159
4.6.6 Pompa Utilitas.....	160
4.7 Organisasi Perusahaan.....	175
4.7.1 Bentuk Hukum Badan Usaha.....	177
4.7.2 Struktur Organisasi Perusahaan.....	178
4.7.3 Tugas dan Wewenang.....	181
4.8 Laboratorium	188
4.8.1 Kegunaan Laboratorium	188
4.8.2 Program Kerja Laboratorium.....	190
4.8.3 Pembagian Jam Kerja	193
4.8.4 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji.....	195
4.9 Evaluasi Ekonomi.....	202
4.9.1 Harga Alat.....	203
4.9.2 Perhitungan Biaya.....	207
4.9.3 General Expense	208
4.9.4 Analisa Kelayakan	209
4.9.5 Hasil Perhitungan.....	213
BAB 5	221

5.1 Kesimpulan.....	221
5.2 Saran.....	223
DAFTAR PUSTAKA	225
LAMPIRAN A.....	229
LAMPIRAN B	265



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Produksi Biodiesel Indonesia (Kiloliter).....	9
Tabel 1.2 Data Konsumsi Bioiesel di Indonesia (Kiloliter)	10
Tabel 1.3 Data Ekspor Biodiesel Indonesia (Kiloliter).....	11
Tabel 1.4 Kapasitas Produksi Perusahaan.....	14
Tabel 1.5 Sumber potensial sebagai bahan baku Biodiesel di Indonesia	16
Tabel 1.6 Kandungan Asam Lemak Pada Minyak Jarak Pagar.....	18
Tabel 1.7 Parameter Fisis dan kimia Minyak Jarak Pagar.....	19
Tabel 1.8 Komposisi Bahan Kimia dari Biji, Kulit, dan Buah Jarak Pagar	19
Tabel 1.9 Parameter Fisis dan kimia Minyak Jarak Pagar.....	20
Tabel 1.10 Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dan Petrodiesel.....	25
Tabel 1.11 Penurunan Tingkat Polusi dengan Menggunakan Campuran Biodiesel.....	26
Tabel 1.12 Ciri-ciri Biodiesel.....	29
Tabel 1.13 Standarisasi Biodiesel SNI.....	30
Tabel 1.14 Standarisasi Biodiesel.....	31
Tabel 1.15 Perbandingan Kondisi Operasi.....	37

Tabel 1.16 Perbandingan proses esterifikasi dan transesterifikasi.....	38
Tabel 1.17 Parameter Kimia Dan Fisika Minyak Jarak Pagar, Metil Ester, dan Etil Ester.....	38
Tabel 1.18 Penelitian Biodiesel dari Beberapa Minyak Nabati.....	40
Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan Baku.....	97
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik.....	110
Tabel 4.2 Neraca massa pada Mixer.....	115
Tabel 4.3 Neraca Massa Pada Reaktor I Transesterifikasi.....	115
Tabel 4.4 Neraca Massa Pada Reaktor II Transesterifikasi.....	116
Tabel 4.5 Neraca Massa pada Reaktor III Transesterifikasi.....	116
Tabel 4.6 Neraca Massa Pada Netralizer.....	117
Tabel 4.7 Neraca Massa Pada Dekanter 1.....	117
Tabel 4.8 Neraca Massa Pada <i>Washing Tower</i>	118
Tabel 4.9 Neraca Massa Pada Dekanter II.....	118
Tabel 4.10 Neraca Massa Pada Evaporator I.....	119
Tabel 4.11 Neraca Massa Pada Evaporator II.....	119
Tabel 4.12 Neraca Panas Pada Mixer.....	120
Tabel 4.13 Neraca Panas Pada Reaktor Transesterifikasi.....	120

Tabel 4.14 Neraca Panas Pada Reaktor II.....	121
Tabel 4.15 Neraca Panas Pada Reaktor III.....	121
Tabel 4.16 Neraca Panas pada Netralizer.....	122
Tabel 4.17 Neraca Panas Pada Dekanter I.....	122
Tabel 4.18 Neraca panas pada <i>Washing Tower</i>	123
Tabel 4.19 Neraca panas pada Dekanter II.....	123
Tabel 4.20 Neraca panas pada Evaporator I.....	124
Tabel 4.21 Neraca panas pada Evaporator II.....	124
Tabel 4.22 Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i>	135
Tabel 4.23 Kebutuhan Air Pendingin.....	136
Tabel 4.24 Kebutuhan Air Proses.....	136
Tabel 4.25 Kebutuhan Listrik Alat Proses.....	140
Tabel 4.26 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	141
Tabel 4.27 Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i>	194
Tabel 4.28 Penggolongan Jabatan.....	195
Tabel 4.29 Perincian Jumlah Karyawan Setiap Divisi.....	196
Tabel 4.30 Penggolongan Gaji Berdasarkan Jabatan.....	198
Tabel 4.31 Indeks Harga Tiap Tahun.....	203

Tabel 4.32 Harga alat pada tahun 2019.....	206
Tabel 4.33 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....	213
Tabel 4.34 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC).....	213
Tabel 4.35 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	213
Tabel 4.36 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	214
Tabel 4.37 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	214
Tabel 4.38 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC).....	214
Tabel 4.39 <i>Total Manufacturing Cost</i> (TMC).....	215
Tabel 4.40 <i>Total Working Capital</i> (TWC)	215
Tabel 4.41 <i>General Expense</i> (GE).....	215
Tabel 4.42 <i>Total Producing Cost</i>	216
Tabel 4.43 <i>Fixed Cost</i>	216
Tabel 4.44 <i>Variable Cost</i> (Va).....	216
Tabel 4.45 <i>Regulated Cost</i> (Ra).....	217

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Produksi Bioiesel di Indonesia.....	10
Gambar 1.2. Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia.....	11
Gambar 1.3. Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia.....	12
Gambar 1.4. Reaksi Pembentukan Metil Ester.....	28
Gambar 1.5. Gugus Transesterifikasi.....	28
Gambar 1.6. Reaksi Esterifikasi.....	33
Gambar 1.7. Reaksi Transesterifikasi.....	34
Gambar 1.8. Bagan pemanfaatan tanaman jarak.....	39
Gambar 4.1. Lokasi Pembangunan Pabrik.....	105
Gambar 4.2. <i>Layout</i> pabrik	111
Gambar 4.3. Tata Letak Alat Pabrik Biodiesel Dari Minyak Jarak.....	114
Gambar 4.4. Alir Kualitatif Pabrik Biodiesel Proses Transesterifikasi.....	125
Gambar 4.5. Diagram Alir Kuantitatif Pabrik Biodiesel Proses Transesterifikasi.....	126
Gambar 4.6. Struktur Organisasi Perusahaan.....	180
Gambar 4.7. Grafik Tahun vs Indeks Harga.....	205
Gambar 4.8. Nilai SDP dan BEP.....	220

ABSTRAK

Indonesia telah menjadi salah satu importir minyak terbesar ketiga di Asia Tenggara. Selain itu kenaikan harga minyak mentah dunia memberikan dampak yang besar bagi perekonomian nasional. Solusi untuk menanggulangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil adalah dengan mencari bahan bakar alternatif. Minyak jarak pagar (*Jathropa curcas L*) merupakan salah satu minyak nabati yang dapat menghasilkan biodiesel dengan proses transesterifikasi didalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Tiga buah reaktor disusun seri dengan kondisi *isothermal* serta sifat reaksi eksotermis *reversible*. Pendirian pabrik direncanakan akan dibangun di daerah Sidoarjo, Jawa Timur dengan menggunakan bahan baku minyak jarak pagar sebanyak 29.970 ton/tahun dan methanol sebanyak 5.794,9031 ton/tahun. Perhitungan evaluasi ekonomi pabrik menghasilkan *Percent Return On Investment (ROI)* sebesar 17,82 % sebelum pajak dan 13,37 % setelah pajak. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak 3,9 tahun dan setelah pajak 4,7 tahun. *Break Event Point (BEP)* sebesar 50,72 % dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 20,31 % serta *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* sebesar 16,77%. Pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar (*Jathropa curcas L*) merupakan pabrik yang resiko rendah dengan kapasitas 30.000 ton/tahun beroperasi selama 330 hari tiap tahun dalam 24 jam. Dengan data-data yang diberikan tersebut, pendirian pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar kapasitas 30.000 ton/tahun menarik untuk dikaji lebih lanjut dan dari analisis kelayakan di atas dapat disimpulkan, bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata-kata kunci : Biodiesel, Minyak Jarak pagar, Proses Transesterifikasi

ABSTRACT

Indonesia has become one of the third largest oil importers in Southeast Asia. In addition, the increase in world crude oil prices has a major impact on the national economy. The solution to tackling dependence on fossil fuels is to find alternative fuels. *Jatropha curcas* oil (*Jathropa curcas L*) is a vegetable oil that can produce biodiesel by the transesterification process in a stirred tank flow reactor (RATB). Three reactors are arranged in series with isothermal conditions and reversible eksotermic reaction. The factory is planned to be built in Sidoarjo, East Java, using 29.970 tons / year of *jatropha* oil and 5.794,9031 tons / year of methanol. The calculation of the factory's economic evaluation resulted in an ROI of 17,82 % before tax and 13,37 % after tax. Pay Out Time (POT) before tax is 3,9 years and after tax is 4,7 years. Break Event Point (BEP) of 50,72 % and Shut Down Point (SDP) of 20,37 % and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of 16,37%. The biodiesel plant from *jatropha* oil (*Jathropa curcas L*) is the lowest factory with a capacity of 30.000 tons / year operating for 330 days per year in 24 hours. With the data provided, the establishment of a biodiesel plant from *jatropha* oil with a capacity of 30.000 tons / year is interesting for further study and from the above feasibility analysis it can be ignored, that this plant is profitable and feasible to build.

Key words : Biodiesel, *Jatropha* Oil, Transesterification Process

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran *mono-alkyl ester* dari rantai panjang asam lemak yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak sayur atau minyak hewan. Minyak nabati yang lazim digunakan dalam produksi biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam oleat dan asam linoleat. Lemak yang lazim digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam palmitat, asam stearat dan asam oleat (Zappi et al., 2003).

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 di 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 diatas 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. Produk sampingnya ialah gliserol yang banyak digunakan dalam industri cat, farmasi, pasta gigi, kosmetika dan lain – lain. 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, memberinilai 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 methanol 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 methanol didalam 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 mengemat 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 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 2014 – 2019 menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2019) disebutkan dalam Tabel 1.1.

1.2.1.1 Supply

- Produksi

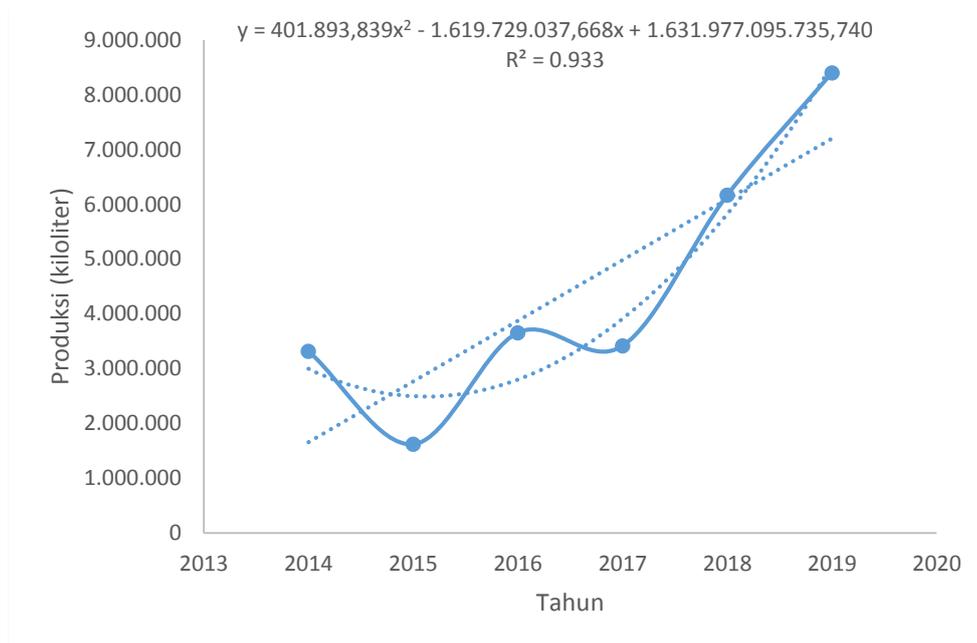
Produksi Biodiesel dalam negeri menurut data statistik Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data produksi Biodiesel di Indonesia pada tahun 2014 - 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Data Produksi Biodiesel di Indonesia

<i>Year</i>	<i>Production (Thousand KL)</i>
2014	3.961
2015	1.620
2016	3.656
2017	3.416
2018	6.168
2019	8.399

Sumber : *Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia*, ESDM 2019

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

- **Konsumsi**

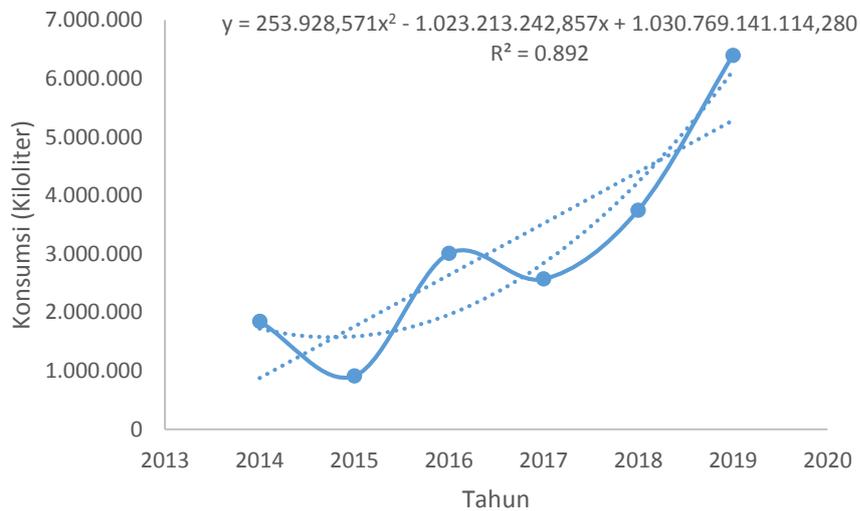
Biodiesel dalam negeri menurut data statistik Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Data konsumsi atau pemakaian Biodiesel di Indonesia pada tahun 2014-2019 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Konsumsi Biodiesel Indonesia

<i>Year</i>	Konsumsi (<i>Thousand KL</i>)
2014	1.845
2015	915
2016	3.008
2017	2.572
2018	3.750
2019	6.396

Sumber : *Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia*, ESDM 2019

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



Gambar 1.2 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

1.2.1.2 Demand

- Ekspor

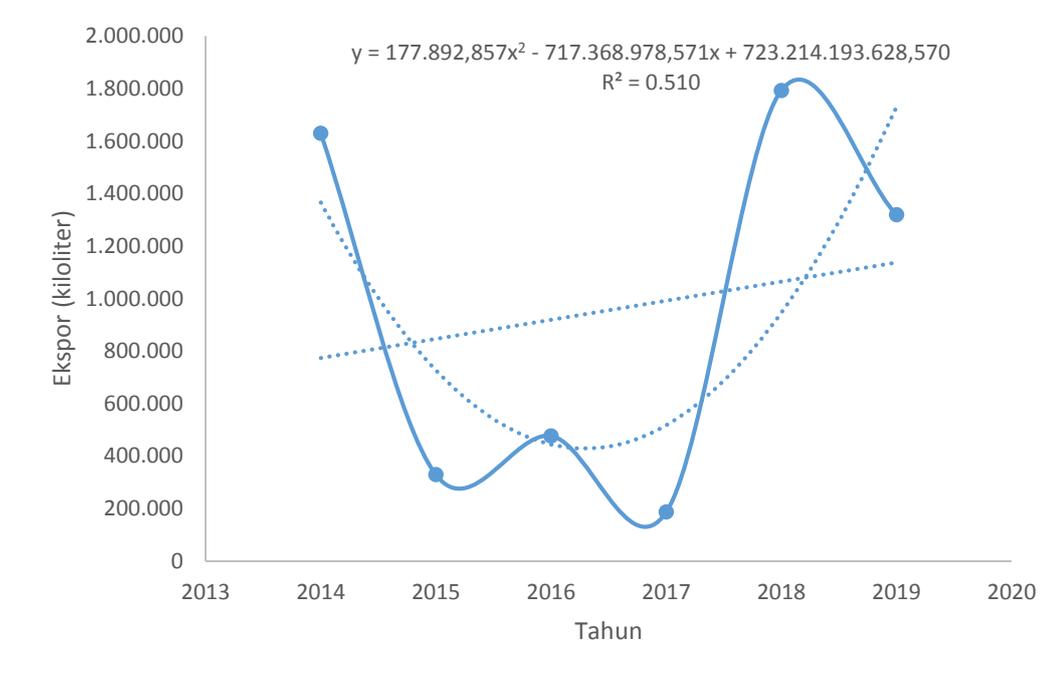
Data statistik terkait ekspor Biodiesel di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Data impor biodiesel di Indonesia pada tahun 2014-2019 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia (Kiloliter)

<i>Year</i>	<i>Export (Thousand KL)</i>
2014	1,629
2015	328
2016	477
2017	187
2018	1,803
2019	1,319

Sumber : *Handbook Of Energy and Economic Statistic of Indonesia*, ESDM 2019

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

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 2025, 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 2025

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

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

Berdasarkan pada tahun 2025, diperoleh nilai ekspor sebesar 13.908.758 kiloliter, produksi 41.718.007 kiloliter, dan konsumsi 28.170.786 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 361.536 kiloliter/tahun atau setara 127.675,2335 ton/tahun dengan asumsi diambil 24 %, nilai 24 % 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 30.642 ton/tahun atau diambil 30.000 ton/tahun dan akan didirikan pada tahun 2025.

1.2.2 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 1.4 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 30.000 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 30.000 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.

1.2.3 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 Methanol Industri, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi sebesar 660.000 ton/tahun dengan harga jual produknya Rp.2.800,- per kilogram. Bahan baku katalis Natrium Hidroksida (NaOH) dan bahan baku untuk penetral Asam Klorida (HCl) diperoleh dari PT. Bintang Semesta Raya, Malang Jawa Timur. Dimana kapasitas produksi NaOH sebesar 262.000 ton/tahun dengan harga jual produk Rp.5.000,- per kilogram dan kapasitas produksi HCl sebesar 131.000 ton/tahun dengan harga jual produk Rp.8.000,- per kilogram..

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

1.3 Tinjauan Proses

1.3.1 Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

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 1.5 Sumber potensial sebagai bahan baku Biodiesel di Indonesia

Nama Lokal	Nama Latin	Sumber Minyak	Isi % berat kering	P / NP
Jarak Pagar	<i>Jatropha Curacas</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 didistribusikan 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 diisi 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 32,09% dan 63,85 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 biodisel.

Tabel 1.6 Perbandingan Kandungan Minyak Beberapa Tanaman

Nama Tanaman		Kandungan Minyak Per Hektar		Setara Us Gallon/Acre
Inggris	Indonesia	Kilogram	Liter	
Olives	Zaitun	1019	1212	129
Castor Beans	Jarak Kepyar	1188	1413	151
Pecan Nuts	Kemiri	1505	1791	191
Jatropha	Jarak Pagar	1590	1892	202
Avocado	Alpukat	2217	2638	282
Coconuts	Kelapa	2260	2689	278
Palm Oil	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 antiradang, 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 1.7 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
Arachidic Acyd	0 – 0,3
Behedic Acyd	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

(Trabi,1998)

Tabel 1.8 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

(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 alifatis. 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 1.5 diatas merupakan komposisi asam lemak trigliserida didalam minyak jarak pagar, dimana diketahui perbandingan C : D disetiap jenisnya dengan diketahui setiap konsentrasinya.

Tabel 1.9 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
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). Menurut Syah (2006), minyak nabati mengandung beberapa komponen senyawa penyusun

yang terdiri dari 95% trigliserida-trigliserida asam lemak, asam lemak bebas (FFA), monogliserida, digliserida serta beberapa komponen lain seperti phosphoglycerides, vitamin, mineral (sulfur). Jika komponen trigliserida pada minyak nabati direaksikan dengan pelarut alkohol, seperti metanol atau etanol, maka akan diperoleh FAME dan gliserol. Biodiesel memiliki sifat fisik yang sama dengan minyak solar sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif kendaraan bermesin diesel (Ningtyas dkk., 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). Minyak lemak mentah yang diproses lanjut guna menghilangkan kadar fosfor (*degumming*) dan asam-asam lemak bebas (dengan netralisasi dan *steam refining*) disebut dengan *refined fatty oil* atau *straight vegetable oil* (SVO) (Soeradjaja, 2005).

SVO inilah yang kemudian dipakai sebagai bahan untuk memproduksi biodiesel atau metil ester asam lemak. Biodiesel terdiri dari metil ester minyak nabati, di mana rantai hidrokarbon trigliserida dari minyak nabati mentah diubah secara kimia menjadi ester asam lemak. Ini dihasilkan dari reaksi

transesterifikasi, yaitu reaksi antara alkohol dengan minyak untuk melepaskan tiga rantai ester dan gliserin dari tiap trilisierida. (Von Wedel, 1999).

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 methanol maka akan menghasilkan metil ester, apabila direaksikan dengan etanol maka akan menghasilkan etil ester. Methnol 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 basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga akan dihasilkan dua zat yang disebut alkil ester (umumnya *methyl* atau

ethyl ester) dan gliserin/glislerol. Katalis basa yang umum digunakan yaitu NaOH. Proses reaksi diatas biasa disebut dengan proses “transesterifikasi”. *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 1.10 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	0,05 max % mass	-
	D2622/129	-	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	-	0,05 max % mass
	D524	0,35 max % mass	
Temperature Destilasi	D1160	555K min	-
		611K max	-

Sumber : (Demirbas, 2009)

Minyak nabati mengambil lebih banyak karbon dioksida dari atmosfer selama produksinya daripada 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 1.11 Penurunan Tingkat Polusi dengan Menggunakan Campuran Biodiesel

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

(Widyanti ,2002)

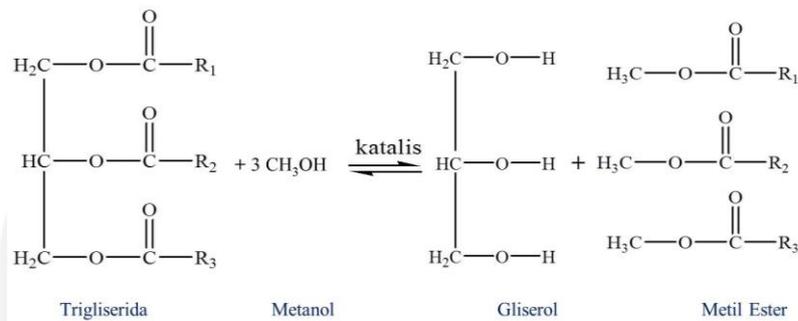
Sebanyak 0,4 - 5% biodiesel yang dicampur dengan bahan bakar diesel minyak bumi akan meningkatkan daya lumas bahan bakar (Nogroho, 2006).

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

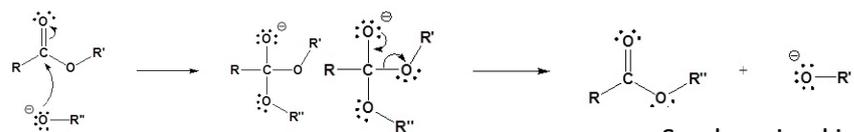
mengendarai sejauh lebih dari 1.25 juta Km (780.000 mil) dengan menggunakan biodiesel pada mesin aslinya (Ju et al., 2000).



Sumber : (Babcock, R.E. 2008)

Gambar 1.4 Reaksi pembentukan metil ester

Proses pembuatan biodiesel menggunakan proses transesterifikasi, pada dasarnya transesterifikasi adalah tahap mengkonversi minyak nabati (*trigliserida*) menjadi metil ester atau biodiesel, yang terjadi melalui reaksi alkohol dan akan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak-balik (*reversible*). Dalam reaksi ini menggunakan katalis, karena tanpa adanya katalis akan berjalan dengan lambat. Metil ester yang diproduksi harus sesuai dengan standar biodiesel. Ciri biodiesel secara umum meliputi massa jenis, viskositas kinematik, bilangan setana, residu karbon, titik nyala, kandungan sulfur, temperatur distilasi. Berikut reaksi transesterifikasi :



Sumber : imukimia.org

Gambar 1.5. Gugus Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi pertukaran gugus organik R¹ suatu ester dengan gugus organik R² suatu alkohol R adalah alkil. Reaksi ini sering dikatalisis dengan penambahan katalis asam atau basa. Asam kuat mengkatalisis reaksi dengan mendonasikan sebuah proton pada gugus karbonil, sehingga membuatnya elektrofil kuat. Sedangkan katalis basa mengkatalisis reaksi dengan melepas sebuah proton dari alkohol, sehingga menjadikan nukleofilik.

Tabel 1.12 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 Cetane	D613	47 min
Aromatisitas	DD1319	-
Residu Karbon	D4530	0,05 max %mass
	D524	-
Temperature Destilasi	D1160	-
		-

Sumber : Demirbas, 2009

Tabel 1.13 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 Cetana	-	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
7	Residu Karbon <ul style="list-style-type: none">Dalam Contoh Asli AtauDalam 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 %	°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

Mekanisme basa reaksi transesterifikasi, karbon karbonil dari ester awal (RCOOR^1) mengalami serangan nukleofilik oleh alkoksida (R^2O^-) untuk menghasilkan intermediet tetrahedral, yang bisa saja menjadi awal (reaktan) maupun produk reaksi (RCOOR^2). Berbagai spesies yang ada dalam

kesetimbangan, dan distribusi produk tergantung pada energi relatif dari reaktan dan produk.

Tabel 1.14 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 (°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 °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
Mono gliserida % (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
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

1.3.3.1 Mikroemulsifikasi

Mikroemulsifikasi merupakan pembentukan dispresi stabil secara termodinamis dari dua cairan yang tidak mudah larut. Proses ini berlangsung dengan satu atau lebih banyak 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.

1.3.3.2 Pirolisis

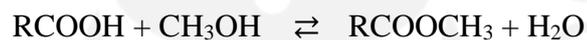
Pirolisis merupakan reaksi dekomposisi termal. Biasanya berlangsung tanpa oksigen. Pirolisis minyak nabati biasanya menggunakan garam logam sebagai katalis. Proses ini dapat menghasilkan biodiesel dengan *centane number* yang tinggi. Namun, menurut standar baku mutu biodiesel yang semakin ketat, viskositas 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).

1.3.3.3 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 (H₂SO₄) 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.

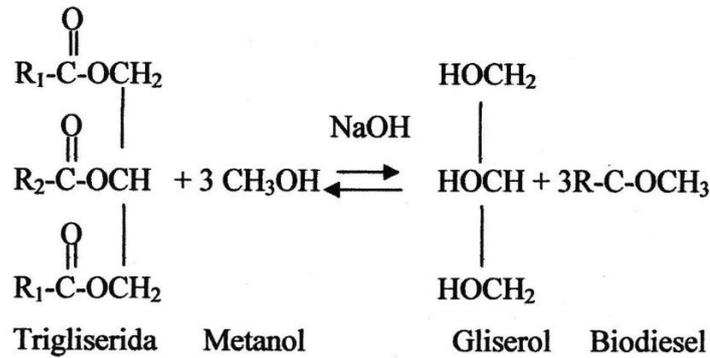
Reaksi esterifikasi dapat dilihat sebagai berikut (katalis asam) :



Gambar 1.6 Reaksi Esterifikasi

1.3.3.4 Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserid dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti methanol atau etanol yang menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters* /FAME) atau biodisel 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 methanol digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1.7 Reaksi Transesterifikasi

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

1.3.3.5 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).

1.3.3.6 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.

1.3.3.7 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*.

1.3.4 Pemilihan Proses

Berdasarkan beberapa perbandingan macam-macam proses dan kondisi operasi tersebut, maka dipilih kondisi 1 (Transesterifikasi) karena memiliki

suhu yang lebih rendah dan tekanan rendah sehingga lebih aman. Selain itu konversi yang digunakan juga lebih tinggi. Berdasarkan beberapa jurnal, perbandingan kondisi operasi dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 1.15 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 : methanol	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 1.16 Perbandingan proses esterifikasi dan transesterifikasi

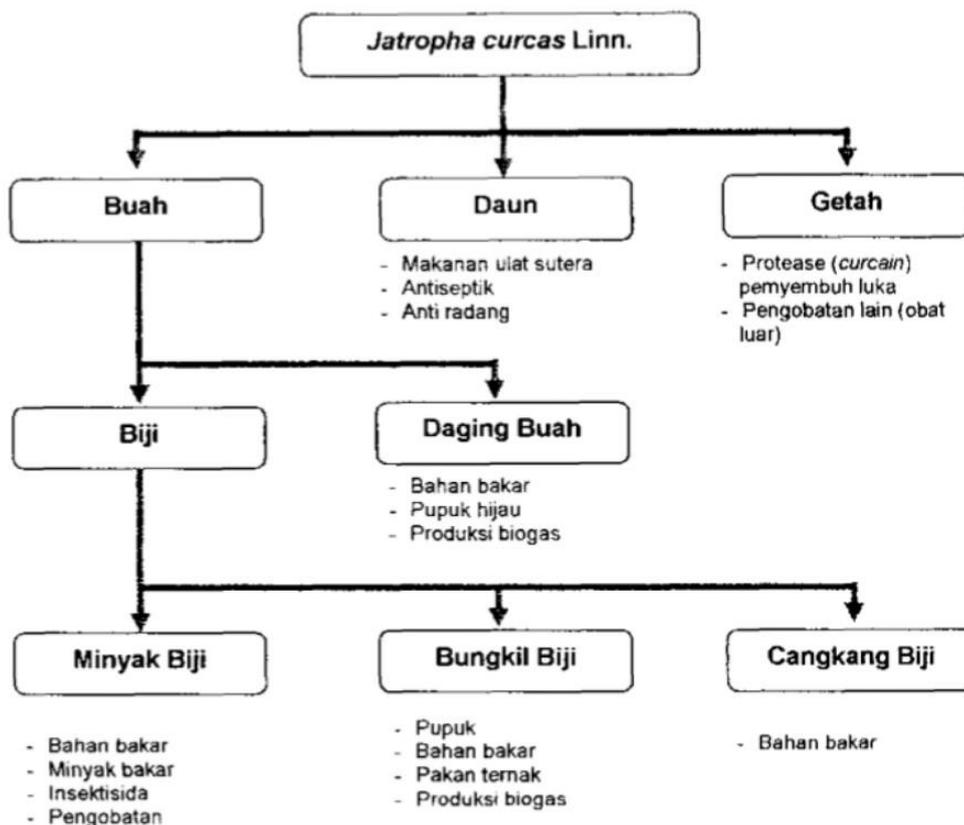
Variable perbandingan	Proses pembuatan biodiesel		Proses yang lebih menguntungkan	
	esterifikasi	transesterifikasi	esterifikasi	transesterifikasi
Katalis	Asam kuat	Basa kuat	X	V
Kemurnian	Tinggi	Tidak terlalu tinggi	V	X
Produk samping	Air	Air dan gliserol	X	V
Waktu reaksi	Lama (2 jam)	Relatif Pendek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

Tabel 1.17 Parameter Kimia Fisika Minyak Jarak Pagar, Metil Ester, Etil Ester

Parameter	Minyak Jarak	Metil Ester	Etil Ester	O-Norm dari FAME
Densitas pada 15°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	#
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 1.8 Bagan pemanfaatan tanaman jarak (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 1.18 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 transesterifikasi :

- 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 transesterifikasi untuk menghindari menguapnya methanol 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:

$$K = A \exp (-E/RT)$$

Keterangan :

- K = Konstanta kecepatan reaksi
- R = Konstanta gas A = Faktor frekuensi
- T =Temperatur absolut
- E = 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 transesterifikasi 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 transesterifikasi 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 fase yang sama dengan reaktan dan produk, sedangkan katalis heterogen adalah katalis yang fasenya 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).

Saat ini banyak industri menggunakan katalis heterogen yang mempunyai banyak keuntungan dan sifatnya yang ramah lingkungan, yaitu tidak bersifat korosif, mudah dipisahkan dari produk dengan cara filtrasi, serta dapat digunakan berulang kali dalam jangka waktu yang lama (Yadav dan

Thathagar, 2002). Selain itu katalis heterogen meningkatkan kemurnian hasil karena reaksi samping dapat dieliminasi (Altiokka dan Citak, 2003). Contoh-contoh dari katalis heterogen adalah zeolit, oksida logam, dan resin ion exchange. Katalis basa seperti KOH dan NaOH lebih efisien dibanding dengan katalis asam pada reaksi transesterifikasi. Transmetilasi terjadi kira-kira 4000x lebih cepat dengan adanya katalis basa dibanding katalis asam dengan jumlah yang sama. Untuk alasan ini dan dikarenakan katalis basa kurang korosif terhadap peralatan industri dibanding katalis asam, maka sebagian besar transesterifikasi untuk tujuan komersial dijalankan dengan katalis basa.

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 transesterifikasi, reaktan-reaktan awalnya membentuk sistem cairan dua fasa. Reaksi dikendalikan oleh difusi diantara fase-fase yang berlangsung lambat. Seiring dengan terbentuknya metil ester, ia bertindak sebagai pelarut tunggal yang dipakai bersama oleh reaktan-reaktan dan sistem dengan fase 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 transesterifikasi memerlukan 3 mol alkohol untuk setiap mol trigliserida untuk menghasilkan 3 mol ester asam dan 1 mol gliserol. Untuk mendorong reaksi transesterifikasi 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 4 : 1 (<http://www.journeytoforever.org/bioidesel>). Terlalu banyak alkohol yang dipakai menyebabkan biodiesel mempunyai viskositas yang terlalu rendah dibandingkan dengan minyak solar, juga akan menurunkan titik nyala biodiesel, karena pengaruh sifat alkohol yang mudah terbakar.

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 gliserin. 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 gliserol - metanol-air dapat dibebaskan dari sisa-sisa katalis dengan penetralan oleh asam sehingga membentuk garam yang mengendap dan dapat dipisahkan dengan penyaringan. Kemudian air dan metanol dievaporasikan untuk menghasilkan gliserol murni. Terakhir, larutan metanol-air didistilasi untuk mendapatkan metanol murni untuk didaur ulang.

BAB 2

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Biodiesel

Rumus molekul	: $C_{19}H_{36}O_2$
Fase	: 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 x 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 Gliserol

Rumus molekul	: $C_3H_8O_3$	
Fase	: Cair	
Warna	: Tidak Berwarna	
Berat molekul, g/gmol	: 92.09382 g/gmol	
Densitas	: 1,261 g/cm ³	
Viskositas (pada 20°C)	: 63,4 dyne/cm	
Titik didih	: 290 °C	
Tekanan	: 1 atm	
Tekanan Uap	: 0,33 Pa, pada 50°C	
Kelarutan	: Larut dalam air	
Densitas Uap	: 3,17 g/cm ³	
Titik Beku	: 20°F	
Titik Leleh	: 18,17 °C	
Heating Value	: 577.9 kJ.mol ⁻¹	
Titik Nyala	: 176°C	
Konduktifitas Termal	: 0,28 W/m.k	
Suhu (T)	: 30°C	Sumber : kem,1966

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Minyak Jarak (*Jarathropa Curcas*)

Rumus molekul	: $C_{57}H_{104}O_6$	
Fase	: Cair	
Warna	: Kuning keemasan	
Bilangan Penyabunan	: 96,7 mg/gr	
Densitas	: 0,9157 kg/m ³	
Viskositas (pada 40°C, cSt)	: 34,17 cP	
Titik didih, 1 atm, °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 %	
Trigliserida	: 97 %	Sumber : La Puppung, 1986

2.2.2 Metanol

Rumus molekul	: CH ₃ OH
Fase	: 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
Fase	: Padat
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	: Non Flameable	
Titik Beku	: -74°C	
Suhu (T)	: 30°C	Sumber : labchem.com

2.2.4 Hidrogen Klorida

Rumus molekul	: HCl
Fase	: 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	: 81,5 - 110°C pada 1 atm
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap	: 5,6 mmHg
Kelarutan	: Larut
Heating Value	: 427 kJ.mol ⁻¹
Titik Nyala	: Non Flameable Sumber : labchem.com

2.3 Pengendalian Kualitas

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk menjaga spesifikasi dan kualitas bahan baku yang digunakan agar sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam desain. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Selain pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

Adapun parameter yang akan diukur adalah :

- a. Kemurnian dari bahan baku Trigliserida, NaOH dan Methanol
- b. Kandungan di dalam Trigliserida, NaOH dan Methanol
- 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 atausetsemula 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 fisiknya, 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 Gliserol.

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 didalam tangki. *Level control* akan memberikan isyarat berupa suaran dan nyala lampu ketika ketinggian cairan didalam tangki tidak sesuai kondisi yang telah ditetapkan.
- b. *Flow Rate Control* berfungsi untuk mengatur aliran masuk dan keluar 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 dan Methanol mengacu pada bahan kimia yang digunakan, proses yang ada, kondisi operasi, alat, tata letak, dan juga limbah yang dihasilkan.

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

2.3.4.2 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).

2.3.4.3 Enviroment

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 3

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Proses pembuatan biodiesel menggunakan proses transesterifikasi, pada dasarnya transesterifikasi adalah tahap mengkonversi minyak nabati (*triglycerida*) menjadi metil ester atau biodiesel, yang terjadi melalui reaksi alkohol dan akan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak – balik (*reversible*). Pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi yaitu menggunakan katalis basa (NaOH) dengan minyak jarak (*Jatropha curcas*) dan methanol (CH₃OH) sebagai bahan baku utama. Proses berlangsung secara kontinyu pada temperatur 60°C pada tekanan 1 atm.

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

- Tahap persiapan bahan baku
- Tahap pembentukan produk
- Tahap pemurnian produk

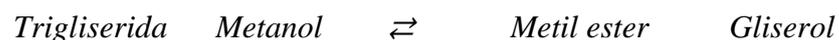
3.1.1 Tahap persiapan Bahan Baku

Natrium hidroksida cair (NaOH) dari tangki penyimpanan bahan baku (T-01) dan metanol (CH₃OH) dari tangki penyimpanan (T-02) yang disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dialirkan menuju *mixer* (M-01). Setelah campuran

metanol (CH₃OH) dan natrium hidroksida (NaOH) homogen dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* (H-01) hingga suhu 60°C. Campuran lalu dialirkan menuju reaktor alir tangki berpengaduk atau RATB (R-01). Minyak jarak yang disimpan pada temperatur 30°C dan tekanan didalam tangki penyimpanan (T-03) dipompa (P-03) juga menuju reaktor (R-01) yang sebelumnya juga telah dipanaskan dengan *heater* (HE-02) sampai suhu 60°C.

3.1.2 Tahap Pembentukan Produk

Campuran minyak jarak dengan metanol dan NaOH direaksikan pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm didalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang disusun seri sebanyak 3 buah dengan kondisi *isothermal* serta sifat reaksi eksotermis *reversible* 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 setiap reaktor adalah, reaktor-01 (R-01) dengan konversi 67%, reaktor-02 (R-02) dengan lanjutan konversi sampai dengan 87%, dan reaktor-03 (R-03) dengan lanjutan konversi sampai dengan 95%. Adapun reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah :



Gambar 3.1 Proses pembentukan Metil ester

Produk dari reaksi adalah biodiesel (*metil ester*) dan gliserol keluar dari reaktor pada suhu 60°C, tekanan 1 atm. Sebelum dialirkan menuju *Netralizer* (N-01) produk didinginkan terlebih dahulu menggunakan pendingin atau *cooler* (C-01). Asam klorida (HCl) 38% ditambahkan pada *netralizer* (N-01) untuk menghilangkan NaOH yang terkandung dalam larutan. Pada *netralizer* terjadi reaksi asam-basa antara natrium hidroksida (NaOH) dan asam klorida (HCl) membentuk garam (NaCl) dan air. Reaksi pada *netralizer* berlangsung pada suhu 30°C tekanan 1 atm dan pH 7–8.

3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Produk yang keluar dari *netralizer* (N-01) dialirkan menuju *dekanter* (DC-01) dengan menggunakan pompa (P-04). *Dekanter* berfungsi untuk memisahkan metanol, air, trigliserida, *free fatty acid* (FFA), NaCl, metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping. Penggunaan *dekanter* (DC-01) dikarenakan perbedaan densitas dan kelarutan dari campuran minyak.

Perbedaan densitas dan kelarutan dari kedua campuran menyebabkan terjadinya dua lapisan di dalam *dekanter*. Lapisan atas (*light stream*) merupakan campuran yang memiliki densitas lebih ringan berupa biodiesel. Lapisan bawah (*heavy stream*) merupakan campuran yang memiliki densitas lebih berat berupa campuran air. Hanya sedikit metanol, gliserol, air, NaCl, trigliserida dan FFA terpisah melalui bagian bawah *dekanter* (DC-01) sebagai fase berat atau *heavy stream* lalu di pompa masuk ke evaporator 2 (EV-02). Pada evaporator 2 (EV-02) hasil penguapan berupa metanol dan air kemudian dialirkan ke kondensor

(CD-01) sehingga berubah fasa menjadi cair. Sebelum disimpan pada tangki penyimpanan produk (T-06) untuk dijual atau di *recycle* kembali, metanol dan air dialirkan ke dalam *cooler* (C-03). Hasil bawah evaporator 2 (EV-02) berupa trigliserida, gliserol, air, FFA dan NaCl lalu dialirkan ke unit pembuangan limbah.

Light stream atau fase ringan dari *decanter* keluar melalui bagian atas *decanter* (DC-01) berupa metil ester, methanol, air, gliserol, NaCl, trigliserida 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 didalam metil ester (biodiesel) seperti methanol, FFA, gliserol, trigliserida dan NaCl. Setelah dilakukan pencucian di *washing tower* kemudian dialirkan ke dekanter 2 (D-02) untuk dipisahkan kembali antara biodiesel dengan komoponen pengotor.

Air yang mengandung methanol, trigliserida, FFA, NaCl dan gliserol pada dekanter 2 (D-02) akan terpisah dan keluar melalui bagian bawah dekanter sebagai fase berat atau *heavy stream* dan masuk unit pembuangan limbah. *Light stream* atau fase ringan yang keluar melalui bagian atas *decanter* berupa metil ester yang masih mengandung air akan dialirkan menuju evaporator 1 (EV-01) tujuannya yaitu untuk menghilangkan kandungan air yang masih ada banyak dalam biodiesel. Kemudian produk utama biodiesel akan disimpan pada tangki penyimpanan (T-05).

3.2 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 :

3.2.1 Spesifikasi Alat Proses

3.2.1.1 Mixer (M-01)

Fungsi : Mencampur NaOH dan methanol

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi : - Tekanan = 1atm

- Suhu = 30°C

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

Dimensi mixer :

- Diameter = 1.1848 m

- Tinggi = 1,6565 m

- Tebal *shell* = 0,1875 in

- Tebal *head* = 0,25 in

Pengaduk *mixer* :

- Jenis = *Six-blade turbine, vertical blades*

- Diameter pengaduk = 0,4530 m

- Jumlah pengaduk = 1 buah

- Lebar *baffle* = 0,1132 m

- Kecepatan putaran = 125 rpm

- *Power* = 0,5552 Hp

Harga : \$ 104.493,98

3.2.1.2 Reaktor (R)

Fungsi : Merekasikan minyak jarak dengan methanol menggunakan katalis NaOH

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Kondisi operasi : - Tekanan = 1atm

- Suhu = 60°C

Jumlah : 3 buah

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

Dimensi Reaktor : - Diameter reaktor = 1,5239 m

- Tinggi reaktor = 1,5239 m

- Tebal *shell* = 0,1875 in

- Tinggi cairan *shell* = 0,7878 m

- Tebal *head* = 0,2500 in
- Jenis *head* = *Torispherical dished head*

Pengaduk reaktor :

- Jenis = *Six-blade turbine, verticalblades*
- Diameter = 0,5048 m
- Tinggi = 0,1010 m
- Lebar = 0,1262 m
- Power = 1,3 Hp
- Kecepatan putar = 100 rpm
- Jumlah = 1 buah

Jaket pendingin (R-01) :

- Tinggi = 1,1288 m
- Diameter = 5,4688 ft
- Luas selimut = 157,0800 ft²
- Luas perpindahan panas = 16,3120 ft²

Jaket pendingin (R-02) :

- Tinggi = 1,1288 m
- Diameter = 5,4688 ft

- Luas selimut = 157,0800 ft²

- Luas perpindahan panas = 89,5144 ft²

Jaket pendingin (R-03) :

- Tinggi = 1,1288 m

- Diameter = 5,4688 ft

- Luas selimut = 157,0800 ft²

- Luas perpindahan panas = 32,9677 ft²

Harga : \$ 51.470,75

3.2.1.3 Netralizer (N-01)

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

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30°C

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

Dimensi netralizer :

- Volume = 5,1652 m³

- Diameter = 3,0479 m
- Tinggi = 3,0479 m
- Tebal *shell* = 0,2500 in
- Tinggi cairan dalam *shell* = 0,8500 m
- Tebal *head* = 0,3125 in
- Jenis *head* = *Torispherical*

Pengaduk *netralizer* :

- Jenis = *Six blade turbine, vertical blades*
- Diameter = 1,0160 m
- Jumlah pengaduk = 1 buah
- Lebar *baffle* = 0,0212 m
- Kecepatan putaran = 37 rpm
- *Power* = 1,3403 Hp

Harga : \$ 55.292,24

3.2.1.4 Dekanter (D-01)

Fungsi : Memisahkan komponen biodiesel dengan komponen gliserol

Jenis : *Horizontal Silinder*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1atm
- Suhu = 30°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Dimensi decanter :

- Diameter = 0,85589 m
- Panjang = 2.196199 m
- Tebal *shell* = 0,1875 in
- Tebal *head* = 0,1875 in
- Waktu tinggal = 10 menit

Harga : \$ 28.661,21

3.2.1.5 Dekanter (D-02)

Fungsi : Memisahkan biodiesel dari sisa campuran hasil pencucian

H₂O yang keluar dari *Washing Tower*

Jenis : *Horizontal Silinder*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1atm

- Suhu= 30°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Dimensi decander :

- Diameter = 0,856745 m

- Panjang = 2,17718 m

- Tebal *shell* = 0,1875 in

- Tebal *head* = 0,1875 in

- Waktu tinggal = 10 menit

Harga : \$ 28.661,21

3.2.1.6 Washing Tower (WT-01)

Fungsi : Mencuci biodiesel dari dekanter 1 menggunakan air
pencuci

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1atm

- Suhu = 30°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Dimensi *Washing Tower* :

- Volume = 5,0008 m³
- Diameter = 1,9699 m
- Tinggi = 4,3401 m
- Tebal *shell* = 0,2500 in
- Tebal *head* = 0,2500 in
- Waktu tinggal = 10 menit

Pengaduk *washing tower* :

- Jenis = *Six-blade turbine, vertical blades*
- Diameter pengaduk = 0,6562 m
- Lebar pengaduk = 0,1640 m
- Jumlah pengaduk = 1 buah
- Lebar *baffle* = 0,1640 m
- Daya motor = 3,8141 Hp

Harga : \$ 42.633,55

3.2.1.7 Evaporator 1 (EV-01)

Fungsi : Menguapkan air yang terkandung dalam biodiesel sehingga diperoleh biodiesel dengan kemurnian 98%

Jenis : *Long-tube vertical, natural circulation evaporator*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1 atm

- Suhu = 100,0146°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Dimensi evaporator :

- Tebal minimum tube = 0,1254 m

- Jenis tube = *Triangular pitch*

- Shell side = *Steam*

- IDs steam = 10,000 in

- Baffle space = 2,500 in

- Tubeside = *Aqueous solution more than 2 cp*

- Jumlah passed = 4

- Jumlah tube = 40

- Area per tube = 0,185 in²

- Dirt factor = 0,0042

- Pressure drop = 0,0721 psi

Harga : \$ 123.840,30

3.2.1.8 Evaporator 2 (EV-02)

Fungsi : Menguapkan air dan methanol yang terkandung dalam

gliserol

Jenis : *Long-tube vertical, natural circulation evaporator*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : *Carbon steel SA 283 grade C*

- Tekanan = 1atm
- Suhu = 100,0146°C

Bahan konstruksi :

Dimensi evaporator :

- Tebal minimum *tube* = 0,1254 m
- Jenis *tube* = *Triangular pitch*
- *Shell side* = *Steam*
- *IDs steam* = 8,000 in
- *Baffle space* = 2,000 in
- *Tubeside* = *Aqueus solution less than 2 cp*
- Jumlah *passed* = 6

- Jumlah *tube* = 24
- Area per *tube* = 0,185 in²
- *Dirt factor* = 0,00330
- *Pressure drop* = 0,1385 psi

Harga : \$ 67.473,26

3.2.1.9 Heater 1 (HE-01)

Fungsi : Memanaskan bahan baku methanol dan NaOH sebelum masuk reaktor

Jenis : *Double pipe*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kondisi Operasi :

- Fluida dingin =

- *t in* = 30°C

- *t out* = 60°C

- Fluida panas =

- *t in* = 110°C

- *t out* = 110°C

- Annulus =
- Fluida panas = *Steam*
- Kapasitas = 26,56857963 kg/jam
- ID = 2,067 in
- OD = 2,38 in
- *Pressure drop* = 0,0002 psi
- *Inner pipe*
- Fluida dingin = *Light stream*
- Kapasitas = 768,5726 kg/jam
- ID = 1,380 in
- OD = 1,66 in
- *Pressure drop* = 0,0245 psi
- *Drit factor* = 0,0031
- Luas tranfer panas = 3,2180 ft²
- Jumlah *hairpin* = 7

Harga : \$ 835,95

3.2.1.10 Heater 2 (HE-02)

Fungsi : Memanaskan bahan baku minyak jarak sebelum masuk

reaktor

Jenis : *Double pipe*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kondisi Operasi :

- Fluida dingin =

- *t in* = 30°C

- *t out* = 60°C

- Fluida panas =

- *t in* = 110°C

- *t out* = 110°C

- *Annulus* =

- Fluida panas = *Steam*

- Kapasitas = 93,60550938 kg/jam

- ID = 2,067 in

- OD = 2,3800 in

- *Pressure drop* = 0,0016 psi

- *Inner pipe* =

- Fluida dingin= *Aqueous solution more than 2.0cp*

- Kapasitas = 3787,8788 kg/jam

- ID = 1,380 in

- OD = 1,6600 in

- *Pressure drop* = 0,9001 psi

- Drit faktor = 0,0066

- Luas tranfer panas = 17,0063 ft²

- Jumlah hairpin = 11

Harga : \$ 1.313,64

3.2.1.11 Cooler 1 (CO-01)

Fungsi : Mendinginkan campuran hasil keluaran reaktor 3 (R-03)

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*

Kondisi Operasi :

- Fluida dingin =

- t_{in} = 25°C

- t_{out} = 45°C

- Fluida panas =

- t_{in} = 60°C

- t_{out} = 30°C

- Shell =

- ID = 10 in

- Pitch = 1 in triangular pitch

- Baffle = 5 in

- Pressure drop = 0,3036 psi

- Tube =

- ID = 0,6200 in

- OD = 0,7500 in

- BWG = 16

- L = 20 ft

- Nt = 66

- Pressure drop = 2,5627 psi

Luas tranfer panas = 258,4954 ft²

Uc = 634,8459 btu/jam.ft².F

Ud = 74,820 btu/jam.ft².F

Drit factor = 0,0120 jam.ft².F/btu

Harga : \$ 15.524,82

3.2.1.12 Cooler 2 (CO-02)

Fungsi : Mendinginkan campuran hasil keluaran evaporator 1 (EV-01) 100°C ke suhu 30°C untuk dialirkan ke tangki penyimpanan (T-05)

Jenis : *Shell and tube*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kondisi Operasi :

- Fluida dingin=

- *t in* = 25°C

- *t out* = 45°C

- Fluida panas =

- *t in* = 100°C

- $t_{out} = 30^{\circ}\text{C}$

- *Shell* =

- ID = 12 in

- *Pitch* = 1 in triangular pitch

- *Baffle* = 2,4 in

- *Pressure drop* = 3,8283 psi

- *Tube* =

- ID = 0,6200 in

- OD = 0,7500 in

- BWG = 16

- L = 16 ft

- Nt = 101

- *Pressure drop* = 2,5617 psi

Luas tranfer panas = 308,6537 ft²

Uc = 78,5612 btu/jam.ft².F

Ud = 49,643 btu/jam.ft².F

Drit factor = 0,0070 jam.ft².F/btu

Harga : \$ 19.704,58

3.2.1.13 Cooler 3 (CO-03)

Fungsi : Mendinginkan campuran hasil keluaran bawah evaporator
2 (EV-02) 100°C ke suhu 30°C untuk dialirkan ke dekanter
3 (D-03)

Jenis : *Shell and tube*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kondisi Operasi :

- Fluida dingin =
- *t in* = 25°C
- *t out* = 45°C
- Fluida panas =
- *t in* = 100°C

- *t out* = 30°C

- Annulus =

- Fluida Panas = *Light Organik*

- Kapasitas = 263,4130 kg/jam

- ID = 2,0670 in

- OD = 2,3800 in

- *Pressure drop* = 0,0442 psi

- *Inner Pipe* =

- Fluida Dingin = *Water*

- Kapasitas = 604,0657 kg/jam

- ID = 1,380 in

- OD = 1,66 in

- *Pressure drop* = 0,0091 psi

Luas tranfer panas = 25,6989 ft²

Drit factor = 0,0089 jam.ft².F/btu

Jumlah Hairpin = 4

Harga : \$ 13,494.65

3.2.1.14 Screw Conveyor (SC-01)

Fungsi : Mengangkut NaOH padat menuju alat mixer.

Jenis : *Horizontal Screw Conveyor*

Jumlah : 1 buah

Jarak Angkut : 10 m

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Suhu : 30 °C

Sudut : 60°

Tekanan : 1 atm

Daya : 1 Hp

Harga : \$ 8.359,52

3.2.1.15 Condensor (CD-01)

Fungsi : Mengkondensasikan uap methanol keluaran atas evaporator 2 (EV-02) 100°C ke suhu 30°C untuk dialirkan ke cooler 3 (CO-03)

Jenis : *Shell and tube*

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kondisi Operasi :

- Fluida dingin=

- t_{in} = 25°C

- t_{out} = 45°C

- Fluida panas =

- t_{in} = 100°C

- $t_{out} = 100^{\circ}\text{C}$

- *Shell* =

- ID = 10 in

- *Pitch* = 1 in triangular pitch

- *Baffle* = 2 in

- *Pressure drop* = 0,0005 psi

- *Tube* =

- ID = 0,6200 in

- OD = 0,7500 in

- BWG = 16

- L = 20 ft

- Nt = 90

- *Pressure drop* = 0,0319 psi

Luas tranfer panas = 399,6997 ft^2

Uc = 247,5768 $\text{btu}/\text{jam}.\text{ft}^2.\text{F}$

Ud = 99,812 $\text{btu}/\text{jam}.\text{ft}^2.\text{F}$

Drit factor = 0,0060 $\text{jam}.\text{ft}^2.\text{F}/\text{btu}$

Harga : \$ 44.303,14

3.2.2 Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

3.2.2.1 Tangki penyimpanan NaOH (T-01)

Fungsi	: Menyimpan bahan baku NaOH untuk kebutuhan produksi
Jenis	: Tangki <i>Silo</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	: - Tekanan = 1atm - Suhu = 30°C
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 167 grade 11 tipe 316</i>
Dimensi tangki	: - Volume = 4,9910 m ³ - Diameter = 3,0480 m - Tinggi = 3,6576 m - Tebal <i>shell</i> = 0,8750 in - Jumlah <i>course</i> = 2 - Tinggi <i>head</i> = 0,0405 m - Tebal <i>head</i> = 2,8125 in - Tinggi total = 3,6981 m

Harga : \$ 13.255,81

3.2.2.2 Tangki penyimpanan methanol (T-02)

Fungsi : Menyimpan bahan baku methanol untuk kebutuhan

produksi selama 10 hari

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

tutup bawah datar

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1atm

- Suhu = 30°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 167 grade 11 tipe 316'*

Dimensi tangki :

- Volume = 186,3593 m³

- Diameter = 9,1440 m

- Tinggi = 3,6576 m

- Tebal *shell* = 0,8750 in

- Jumlah *course* = 2

- Tinggi *head* = 0,3657 m

- Tebal *head* = 2,8125 in

- Tinggi total = 4,0233 m

Harga : \$ 84.192,30

3.2.2.3 Tangki penyimpanan produksi produk samping methanol (T-06)

Fungsi : Menyimpan produk methanol untuk kebutuhan produksi selama 7 hari.

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

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

- Tekanan = 1atm

- Suhu = 30°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 167 grade 11 tipe 316'*

Dimensi tangki :

- Volume = 59,7174 m³

- Diameter = 6,0960 m

- Tinggi = 3,6576 m

- Tebal *shell* = 0,8750 in

- Jumlah *course* = 2
- Tinggi *head* = 0,1622 m
- Tebal *head* = 2,8125 in
- Tinggi total = 3,8198 m

Harga : \$ 49.560,00

3.2.2.4 Tangki penyimpanan minyak jarak (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 datarJumlah: 1 buah

Kondisi operasi:

- Tekanan = 1atm
- Suhu = 30°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 167 grade 11 tipe 316'*

Dimensi tangki :

Volume = 834,5709 m³

Diameter = 13,7160 m

Tinggi = 5,4864 m

Tebal *shell* = 0,8750 in

Jumlah *course* = 3

Tinggi *head* = 0,8262 m

Tebal *head* = 2,8125 in

Tinggi total = 6,3126 m

Harga : \$ 55.889,35

3.2.2.5 Tangki penyimpanan HCl (T-04)

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

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

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30°C

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

Dimensi tangki :

- Volume = 8,4422 m³

- Diameter = 3,0480 m

- Tinggi = 3,6576 m

- Tebal *shell* = 0,8750 in

- Jumlah *course* = 2

- Tinggi *head* = 0,0405 m

- Tebal *head* = 2,8125 in

- Tinggi total = 3,6981 m

Harga : \$ 17.316,15

3.2.2.6 Tangki penyimpanan biodiesel (T-05)

Fungsi : Menyimpan produk 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 :

-Tekanan= 1atm

-Suhu= 30°C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 167 grade 11 tipe 316'*

Dimensi tangki :

Volume = 801,5833 m³

Diameter = 13,7160 m

Tinggi = 5,4864 m

Tebal shell = 0,8750 in

Jumlah *course* = 3

Tinggi *head* = 0,4983 m

Tebal *head* = 2,8125 in

Tinggi total = 6,3126 m

Harga : \$ 177,102.37

3.2.3 Pompa Alir

3.2.3.1 Pompa (P-01)

Fungsi : Mengalirkan umpan methanol dari tangki

penyimpanan bahan baku methanol (T-02) ke *mixer* (M-01)

Jenis : *Centrifugal pumps*

Jumlah : 2 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*

Kapasitas : 4,8849 gpm

Panjang total : 22,1615 m

Daya pompa : 0,12220 Hp
Daya motor : 0,1527 Hp
Harga : \$ 21,018.22

3.2.3.2 Pompa (P-02)

Fungsi : Mengalirkan umpan minyak jarak dari tangki penyimpanan bahan baku minyak jarak (T-03) ke reaktor (R-01)
Jenis : *Centrifugal pumps*
Jumlah : 2 buah
Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*
Kapasitas : 21,8738 gpm
Panjang total : 34,0487 m
Daya pompa : 0,30725 Hp
Daya motor : 0,3793 Hp
Harga : \$ 21.018,22

3.2.3.3 Pompa (P-03)

Fungsi : Mengalirkan umpan methanol dan NaOH dari *mixer* (M-01) ke reaktor (R-01)
Jenis : *Centrifugal pumps*

Jumlah : 2 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*

Kapasitas : 1,9661 gpm

Panjang total : 22,1615 m

Daya pompa : 0,1290 Hp

Daya motor : 0,1613 Hp

Harga : \$ 20.044,61

3.2.3.4 Pompa (P-04)

Fungsi : Mengalirkan umpan biodiesel dari reaktor (R-03) ke *netralizer* (N-01)

Jenis : *Centrifugal pumps*

Jumlah : 2 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*

Kapasitas : 23,8109 gpm

Panjang total : 32,5247 m

Daya pompa : 0,1420 Hp

Daya motor : 0,1774 Hp

Harga : \$ 21.018.22

3.2.3.5 Pompa (P-05)

Fungsi	: Mengalirkan umpan HCl dari tangki penyimpanan bahan baku HCl (T-04) ke netralizer (N-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 2 buah
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel 316 AISI</i>
Kapasitas	: 0,6217 gpm
Panjang total	: 22,1615 m
Daya pompa	: 0,0125 Hp
Daya motor	: 0,0157 Hp
Harga	: \$ 30.094,27

3.2.3.6 Pompa (P-06)

Fungsi	: Mengalirkan umpan biodiesel dari <i>netralizer</i> (N-01) ke decanter (D-01)
Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 2 buah
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel 316 AISI</i>
Kapasitas	: 24,2548 gpm

Panjang total : 32,5247 m
Daya pompa : 0,3791 Hp
Daya motor : 0,4739 Hp
Harga : \$ 21.018,22

3.2.3.7 Pompa (P-07)

Fungsi : Mengalirkan umpan atas biodiesel dari dekanter (D-01) ke *washing tower* (WT-01)
Jenis : *Centrifugal pumps*
Jumlah : 2 buah
Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*
Kapasitas : 20,8712 gpm
Panjang total : 32,5247 m
Daya pompa : 0,2857 Hp
Daya motor : 0,3571 Hp
Harga : \$ 30.094,27

3.2.3.8 Pompa (P-08)

Fungsi : Mengalirkan umpan biodiesel dari *washing tower* (WT-01) ke dekanter 2 (D-02)

Jenis : *Centrifugal pumps*

Jumlah : 2 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*

Kapasitas : 26,0634 gpm

Panjang total : 32,5247 m

Daya pompa : 0,3337 Hp

Daya motor : 0,4172 Hp

Harga : \$ 30.094,27

3.2.3.9 Pompa (P-09)

Fungsi : Mengalirkan umpan atas biodiesel dari dekanter 2 (D-02)
ke evaporator (EV-01)

Jenis : *Centrifugal pumps*

Jumlah : 2 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*

Kapasitas : 20,6903 gpm

Panjang total : 32,5247 m

Daya pompa : 0,4594 Hp

Daya motor : 0,5742 Hp

Harga : \$ 30.094,27

3.2.3.10 Pompa (P-10)

Fungsi : Mengalirkan umpan bawah biodiesel dari evaporator (EV-01) ketangki penyimpanan produk 5 (T-05)

Jenis : *Centrifugal pumps*

Jumlah : 2 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*

Kapasitas : 18,7841 gpm

Panjang total : 32,5247 m

Daya pompa : 0,4194 Hp

Daya motor : 0,5243 Hp

Harga : \$ 30.094,27

3.2.3.11 Pompa (P-11)

Fungsi : Mengalirkan umpan bawah gliserol dari *dekanter* 1 (D-01) ke evaporator 2 (EV-02)

Jenis : *Centrifugal pumps*

Jumlah : 2 buah

Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*

Kapasitas : 5,2302 gpm
Panjang total : 21,9786 m
Daya pompa : 0,1199 Hp
Daya motor : 0,1498 Hp
Harga : \$ 30.094,27

3.2.3.12 Pompa (P-12)

Fungsi : Mengalirkan umpan atas methanol dari evaporator 2 (EV-02) ke tangki penyimpanan produk 7 (T-06)
Jenis : *Centrifugal pumps*
Jumlah : 2 buah
Bahan konstruksi : *Carbon steel 316 AISI*
Kapasitas : 1,78904 gpm
Panjang total : 21,9786 m
Daya pompa : 0,0437 Hp
Daya motor : 0,0546 Hp
Harga : \$ 21.018,22

3.2.3.13 Pompa (P-13)

Fungsi : Mengalirkan air utilitas (H₂O) menuju ke *washing tower*.

Jenis	: <i>Centrifugal pumps</i>
Jumlah	: 2 buah
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel 316 AISI</i>
Kapasitas	: 4,5555 gpm
Panjang total	: 22,1615 m
Daya pompa	: 0,08967 Hp
Daya motor	: 0,1121 Hp
Harga	: \$ 21.018,22

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

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 methanol (CH_3OH) diperoleh dari PT Kaltim Methanol Industri, Bontang, Kaltim. Bahan baku katalis yaitu natrium hidroksida (NaOH) dan bahan baku untuk penetral yaitu asam klorida (HCl) diperoleh dari PT. Bintang Semesta Raya, Malang, Jawa Timur. Bahan baku pembuatan biodiesel dengan menggunakan proses transesterifikasi terdiri dari minyak jarak pagar, methanol (CH_3OH), natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl), dan air (H_2O).

Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan (ton/tahun)
Minyak Jarak Pagar	29970
Methanol (CH ₃ OH)	5794,903102
Natrium Hidroksida (NaOH)	265,06235
Asam Klorida (HCl)	980,55355
Air (H ₂ O)	6.226,4560

3.3.2 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan alat proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses, umur atau jam kerja dari peralatan, dan perawatannya. Analisis kebutuhan peralatan proses berfungsi untuk mengetahui anggaran biaya yang diperlukan untuk pembelian maupun perawatan peralatan proses.

BAB 4

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik adalah hal yang penting karena dapat mempengaruhi posisi dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup dari perusahaan. Untuk itu pemilihan lokasi yang tepat sangat diperlukan sejak tahap perancangan dengan memperhatikan berbagai macam pertimbangan. Pertimbangan utama yaitu lokasi yang dipilih harus memberikan biaya produksi dan distribusi yang minimum, dengan tetap memperhatikan ketersediaan tempat untuk pengembangan pabrik dan kondisi yang aman untuk operasi pabrik.

Pabrik Biodiesel dari minyak jarak dan metanol dengan proses transesterifikasi kapasitas 30.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Berikut adalah faktor – faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik :

4.1.1 Faktor – Faktor Utama

4.1.1.1 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

4.1.1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik, dengan lokasi pabrik yang berjarak cukup dekat dengan ibukota provinsi, sehingga dapat diperkirakan tenaga kerja 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

4.1.1.3 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

4.1.1.4 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 suatu komponen yang sangat penting pada suatu industri kimia. 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.

4.1.1.5 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.

4.1.1.6 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 dijadikan perluasan pabrik dimasa yang akan datang.

4.1.2 Faktor – Faktor Khusus

4.1.2.1 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.

4.1.2.2 Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik, dengan lokasi pabrik yang berjarak cukup dekat dengan ibukota propinsi, 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.

4.1.2.3 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.

4.1.2.4 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.

4.1.2.5 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 :

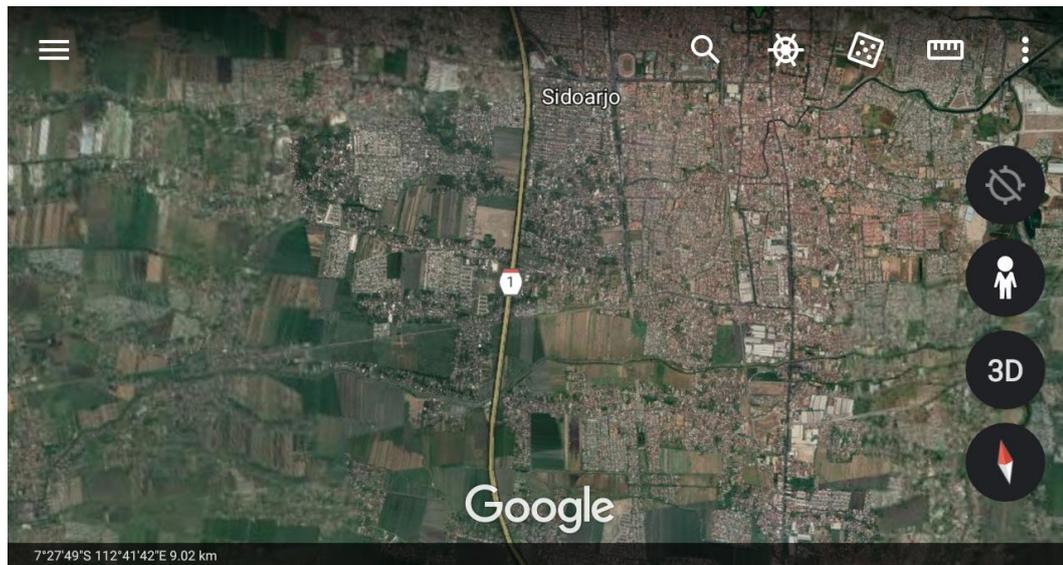
- Cara menangani limbah agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.
- Biaya yang diperlukan untuk menangani masalah polusi terhadap lingkungan.

4.1.2.6 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.

Berdasarkan faktor – faktor tersebut, maka Pabrik Pembuatan Biodiesel direncanakan berlokasi di daerah Sidoarjo, Jawa Timur.



Gambar 4.1 Lokasi pembangunan pabrik

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, provinsi 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 Malang, 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

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 seefisien 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 :

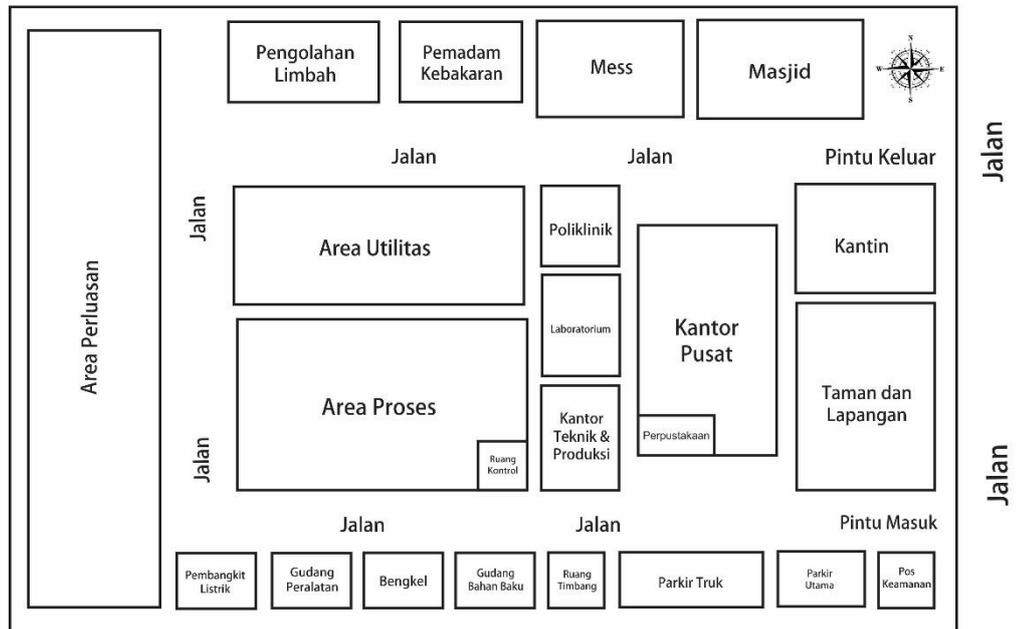
- Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada 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 26.845 m². Berikut adalah perincian luas tanah bangunan pabrik :

Tabel 4.1 Perincian luas tanah bangunan pabrik

No.	Lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
		m	m	m ²
1	Area Proses	120	80	9600
2	Area Utilitas	120	60	7200
3	Bengkel	25	15	375
4	Gudang Peralatan	20	15	1200
5	Kantin	25	15	375
6	Kantor Teknik dan Produksi	25	15	375
7	Kantor Pusat	35	25	875
8	Laboratorium	15	15	225
9	Parkir Utama	30	10	300
10	Parkir Truk	40	20	800
11	Perpustakaan	10	10	100
12	Poliklinik	20	15	300
13	Pos Keamanan	25	15	375
14	Ruang Kontrol	15	15	225
15	Ruang Timbang	15	15	225
16	Generator	25	20	500
17	Area Mess	60	40	2400
18	Masjid	25	25	625
19	Unit Pemadam Kebakaran	25	20	500
20	Unit Pengolahan Limbah	25	15	375
21	Daerah Perluasan	150	100	15000
22	Taman dan Lapangan	80	40	3200
23	Gudang Bahan baku	20	15	35
Luas Tanah				45150
Luas Bangunan				26950
Total		950	615	72100



Gambar 4.2 Layout pabrik skala 1:1000

Keterangan Gambar :

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. Pos Jaga | 13. Area Utilitas |
| 2. Parkir Truk | 14. Area Perluasan |
| 3. Rumah Timbangan | 15. Gudang Peralatan |
| 4. Bengkel | 16. Gudang Bahan Baku |
| 5. Pembangkit Listrik | 17. Kantin |
| 6. Kantor Pusat | 18. Poliklinik |
| 7. Laboratorium | 19. Perpustakaan |
| 8. Ruang Kontrol | 20. Masjid |

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| 9. Area Proses | 21. Taman Lapangan |
| 10 Pengolahan Limbah | 22. Parkir Umum |
| 11. Pemadam Kebakaran | 23. Kantor Teknik dan Produksi |
| 12. Mess | |

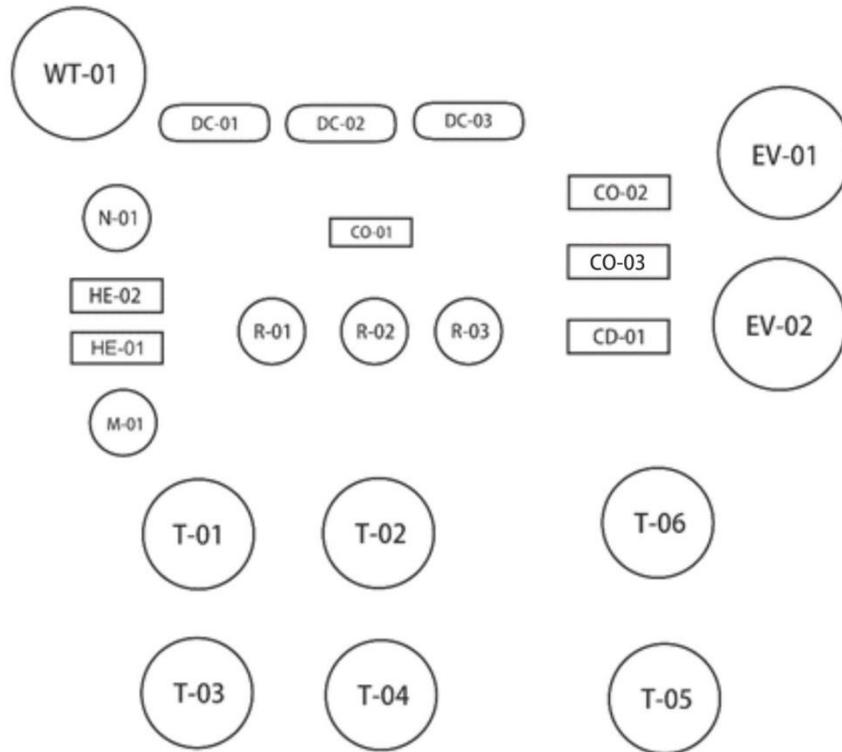
4.3 Tata Letak Alat Proses

Berikut adalah hal - hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan *process layout* :

- Aliran bahan baku dan produksi yang tepat akan 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
- 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 metanol yaitu disekitar mixer, reaktor, evaporator 1, dan evaporator 2. Kelancaran arah udara di dalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja.

- Penerangan yang memadai diseluruh area pabrik terutama area proses yang mengandung bahan berbahaya.
- Ruang gerak pekerja harus diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus ketika terdapat kerusakan peralatan dapat segera diatasi.
- Jarak antar alat proses diatur sedemikian rupa sehingga alat proses yang memiliki tekanan atau suhu tinggi terletak berjauhan dengan alat lainnya agar ketika terjadi ledakan atau kebakaran tidak cepat merambat pada alat proses lainnya.
- Jarak antar alat proses Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan pada alat-alat proses lainnya.
- 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.
- Aliran udara Kelancaran aliran udara di dalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya,

sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Disamping itu juga perlu diperhatikan arah hembusan angin



Gambar 4.3 Tata letak alat pabrik biodiesel dari minyak jarak

Keterangan :

T : Tangki

CL : Cooler

CD : Kondenser

HE : Heat Exchanger

WT : Washing Tower

N : Netralizer

D : Dekanter

R : Reaktor

EV : Evaporator

M : Mixer

4.4 Alir Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

4.4.1.1 Mixer

Tabel 4.2 Neraca massa pada *Mixer*

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
1	NaOH	36,856061		36,85606061
2	CH ₃ OH		731,63396	731,6339574
3	H ₂ O	0,0369	0,0457271	0,082583183
Total		36,8929	731,67968	768,5726012
		768,5726012		

4.4.1.2 Reaktor Transesterifikasi

a. Reaktor I Transesterifikasi

Tabel 4.3 Neraca Massa pada Reaktor I Transesterifikasi

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 3	Arus 4	Arus 5a
1	NaOH	36,85606061		36,85606061
2	CH ₃ OH	731,6339574		436,0447022
3	Trigliserida		3685,606061	1203,887939
4	FFA		98,48484848	98,48484848
5	H ₂ O	0,082583183	3,787878788	3,870461971
6	Methyl Ester			2494,034341
7	Gliserol			283,2730362
Total		768,5726012	3787,878788	4556,451389
		4556,451389		

b. Reaktor II Transesterifikasi

Tabel 4.4 Neraca Massa pada Reaktor II Transesterifikasi

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	
		Arus 5a	Arus 5b
1	NaOH	36,85606061	36,85606061
2	CH ₃ OH	436,0447022	348,7543349
3	Trigliserida	1203,887939	471,0125627
4	FFA	98,48484848	98,48484848
5	H ₂ O	3,870461971	3,870461971
6	Methyl Ester	2494,034341	3230,546816
7	Gliserol	283,2730362	366,926305
Total		4556,451389	4556,451389

c. Reaktor III Transesterifikasi

Tabel 4.5 Neraca Massa pada Reaktor III Transesterifikasi

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	
		Arus 5b	Arus 5c
1	NaOH	36,85606061	36,85606061
2	CH ₃ OH	348,7543349	314,6026017
3	Trigliserida	471,0125627	184,280303
4	FFA	98,48484848	98,48484848
5	H ₂ O	3,870461971	3,870461971
6	Methyl Ester	3230,546816	3518,702064
7	Gliserol	366,926305	399,6550493
Total		4556,451389	4556,451389

4.4.1.3 Netralizer

Tabel 4.6 Neraca massa pada Netralizer

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 5	Arus 6	Arus 7
1	NaOH	36,856061		
2	HCl		34,091856	
3	CH ₃ OH	314,6026		314,6026017
4	Trigliserida	184,2803		184,280303
5	FFA	98,484848		98,48484848
6	H ₂ O	3,870462	89,7154	110,1711
7	Methyl Ester	3518,7021		3518,702064
8	Gliserol	399,65505		399,6550493
9	NaCl			54,36268939
Total		4556,451	123,8073	4680,2587
		4680,2587		

4.4.1.4 Dekanter I

Tabel 4.7 Neraca massa pada Dekanter 1

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 7	Arus 8	Arus 9
1	CH ₃ OH	314,6026017	244,22856	70,37404128
2	Trigliserida	184,280303	175,68933	7,932472009
3	FFA	98,48484848	94,245501	4,239347836
4	H ₂ O	110,1711	108,41175	1,759351032
5	Methyl Ester	3518,702064	0	3518,702064
6	Gliserol	399,6550493	396,76971	2,885335693
7	NaCl	54,36268939	34,846484	19,51620549
Total		4680,2587	1054,8498	3625,408817
			4680,2587	

4.4.1.5 Washing Tower

Tabel 4.8 Neraca massa pada *Washing Tower*

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 9	Arus 10	Arus 11
1	CH ₃ OH	70,37404128		70,37404128
2	Trigliserida	7,932472009		7,932472009
3	FFA	4,239347836		4,239347836
4	H ₂ O	1,759351032	879,675516	881,4348670
5	Methyl Ester	3518,702064		3518,702064
6	Gliserol	2,885335693		2,885335693
7	NaCl	19,51620549		19,51620549
Total		3625,408817	879,675516	4505,0843
		4505,0843		

4.4.1.6 Dekanter II

Tabel 4.9 Neraca massa pada Dekanter II

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 11	Arus 12	Arus 13
1	CH ₃ OH	70,37404128		70,37404128
2	Trigliserida	7,932472009		7,932472009
3	FFA	4,239347836		4,239347836
4	H ₂ O	881,4348670	351,8702	529,5647
5	Methyl Ester	3518,702064	3518,702064	
6	Gliserol	2,885335693		2,885335693
7	NaCl	19,51620549		19,51620549
Total		4505,0843	3870,572	634,5121
			4505,0843	

4.4.1.7 Evaporator I

Tabel 4.10 Neraca massa pada Evaporator I

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 12	Arus 14	Arus 15
1	H ₂ O	351,8702	319,9139	31,9563
2	Methyl Ester	3518,702064		3518,7021
Total		3870,5723	319,9139	3550,6583
			3870,5723	

4.4.1.8 Evaporator II

Tabel 4.11 Neraca massa pada Evaporator II

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 8	Arus 16	Arus 17
1	CH ₃ OH	244,2285604	244,22856	
2	Trigliserida	175,6893311		175,6893311
3	FFA	93,8935788		94,2455006
4	H ₂ O	108,4117489	107,3276314	1,08411749
5	Methyl Ester	0		0
6	Gliserol	396,7697136		396,7697136
7	NaCl	34,8464839		34,8464839
Total		1054,8498384	351,5562	703,293647
			1054,8498384	

4.4.2 Neraca Panas

4.4.2.1 Mixer

Tabel 4.12 Neraca Panas pada Mixer

No	Komponen	Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
1	NaOH	401,340537		401,340537
2	CH ₃ OH		9161,7679	9161,767878
3	H ₂ O	0.772925609	0,9589648	1,731890384
Total		402,1134626	9162,7268	9564,840305
		9564,840305		

4.4.2.2 Reaktor Transesterifikasi

a. Reaktor I

Tabel 4.13 Neraca panas pada Reaktor Transesterifikasi

No	Komponen	Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)
		Arus 3	Arus 4	Arus 5a
1	NaOH	2807,948091		2807,948091
2	CH ₃ OH	65266,98303		38898,30686
3	Trigliserida		233186,3733	76169,36202
4	FFA		6764,890234	6764,890234
5	H ₂ O	0,055447431	116,6515027	566,4133768
6	Methyl Ester			213073,858
7	Gliserol			28120,69905
8	Reaksi Pembentukan	-2809,12187		
9	Pendingin			-61067,69793
Total		305333,7797		305333,7797

b. Reaktor II

Tabel 4.14 Neraca Panas pada Reaktor II

No	Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
		Arus 5a	Arus 5b
1	NaOH	2807,9481	2807,948091
2	CH ₃ OH	38898,3069	31111,38162
3	Trigliserida	76169,3620	29800,71919
4	FFA	6764,8902	6764,890234
5	H ₂ O	566,4134	566,4133768
6	Methyl Ester	213073,8580	275996,6301
7	Gliserol	28120,6990	36425,01359
8	Reaksi Pembentukan	-829,5609	
9	Pendingin		-17901,07947
Total		365571,9168	365571,9168

c. Reaktor III

Tabel 4.15 Neraca Panas pada Reaktor III

No	Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
		Arus 5b	Arus 5c
1	NaOH	2807,9481	2807,9481
2	CH ₃ OH	31111,3816	28064,8027
3	Trigliserida	29800,7192	11659,3187
4	FFA	6764,8902	6764,8902
5	H ₂ O	566,4134	566,4134
6	Methyl Ester	275996,6301	300614,7156
7	Gliserol	36425,0136	39674,0174
8	Reaksi Pembentukan	-324,5598	
9	Pendingin		-7003,6696
Total		383148,4365	383148,4365

4.4.2.3 Netralizer

Tabel 4.16 Neraca panas pada Netralizer

No	Komponen	Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)
		Arus 5c	Arus 6	Arus 7
1	NaOH	401,3405		
2	HCl		459,3435	
3	Methanol	3939,5602		3939,5602
4	TG	1665,6170		1665,6170
5	FFA	966,4129		966,4129
6	H ₂ O	81,1693	1881,463653	428,985784
7	M.E	42297,0024		42297,0024
8	Gliserol	5667,7168		5667,7168
9	NaCl			395,7824
10	Reaksi Pembentukan	1758,194203		
11	Pendingin			3756,7430
Total		59117,8204		59117,8204

4.4.2.4 Dekanter I

Tabel 4.17 Neraca panas pada Dekanter I

No	Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)	
		Arus 7	Arus 8	Arus 9
1	CH ₃ OH	3939,560188	3058,31264	881,247548
2	Trigliserida	1665,616952	1593,9193	71,6976
3	FFA	966,4128906	924,8130	41,59991
4	H ₂ O	2310,4494	2273,5533	36,8961697
5	Methyl Ester	42297,00239	0	42297,00239
6	Gliserol	5667,716769	5626,798318	40,9184508
7	NaCl	395,7824016	253,6965194	142,085882
Total		57242,5410	13731,09306	43511,4480
			57242,5410	

4.4.2.5 Washing Tower

Tabel 4.18 Neraca panas pada *Washing Tower*

No	Komponen	Masuk (kj/jam)		Keluar (kj/jam)
		Arus 9	Arus 10	Arus 11
1	CH ₃ OH	881,2475478		881,2475478
2	Trigliserida	71,6976		71,6976
3	FFA	41,59991		41,59991
4	H ₂ O	36,89616972	18448,0849	18484,9810
5	Methyl Ester	42297,0024		42297,0024
6	Gliserol	40,91845085		40,91845085
7	NaCl	142,0858822		142,0858822
Total		43511,4480	18448,0849	61959,5328
		61959,5328		

4.4.2.6 Dekanter II

Tabel 4.19 Neraca panas pada Dekanter II

No	Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)	
		Arus 11	Arus 12	Arus 13
1	CH ₃ OH	881,2475478		881,2475478
2	Trigliserida	71,6976		71,6976
3	FFA	41,59991		41,59991
4	H ₂ O	18484,9810	7379,2339	11105,7471
5	Methyl Ester	42297,0024	42297,0024	
6	Gliserol	40,91845085		40,91845085
7	NaCl	142,0858822		142,0858822
Total		61959,5328	49676,2363	12283,2965
			61959,5328	

4.4.2.7 Evaporator I

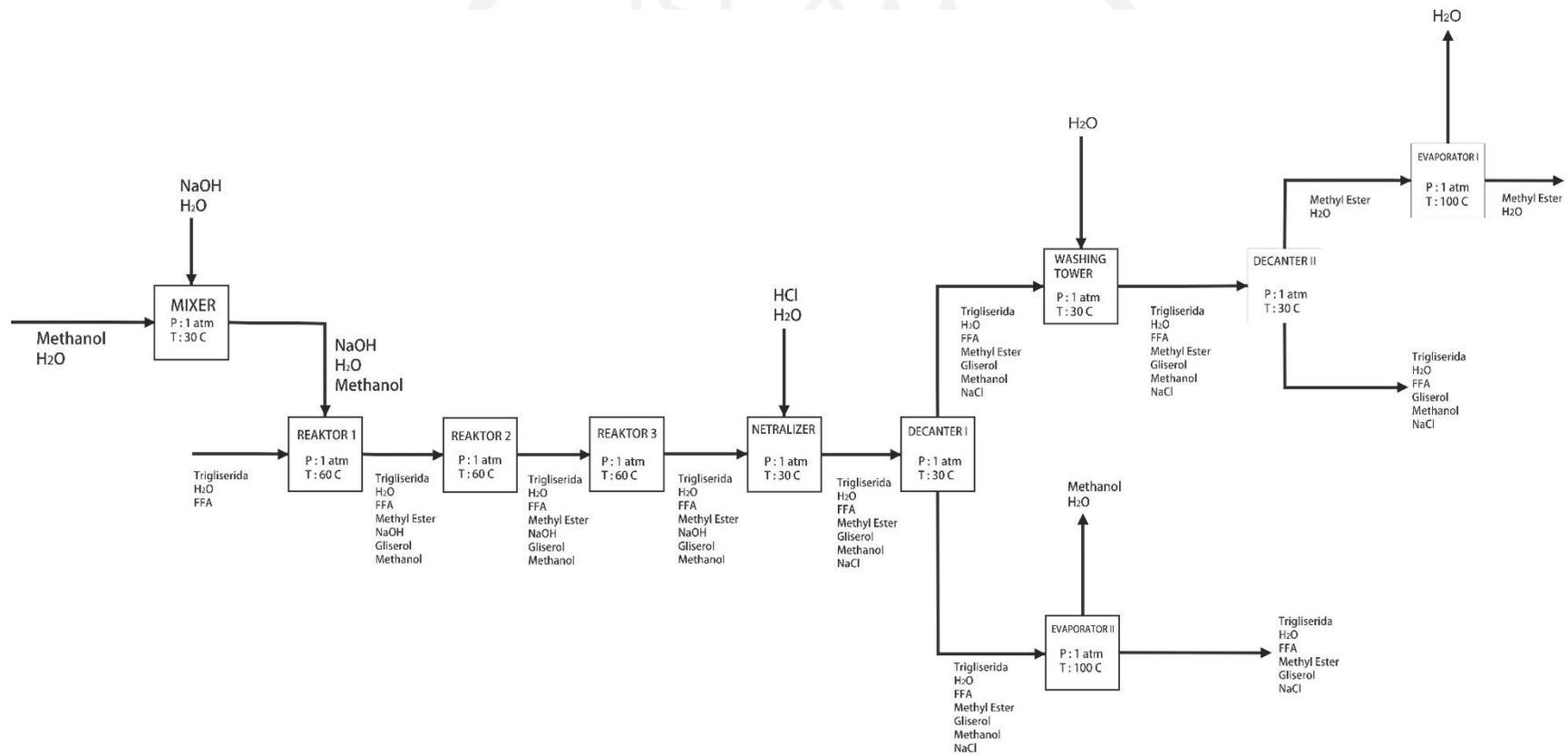
Tabel 4.20 Neraca panas pada Evaporator I

No	Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)	
		Arus 12	Arus 14	Arus 15
1	H ₂ O	7379,2339	42147,83735	10020,3180
2	Methyl Ester	42297,0024		656655,8114
3	<i>Steam</i>	886617,3833		
4	<i>Vapor</i>		227469,6529	
Total		936293,6196	269617,4902	666676,1294
			936293,6196	

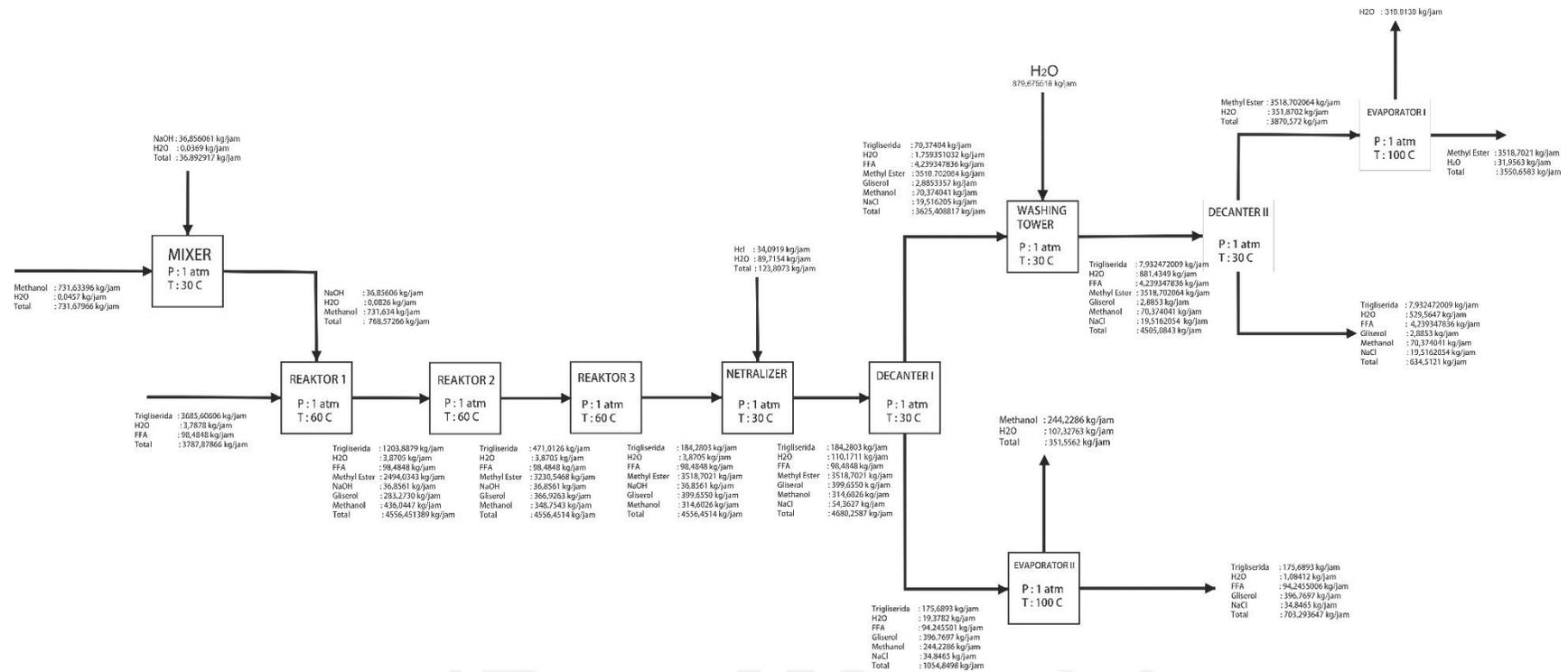
4.4.2.8 Evaporator II

Tabel 4.21 Neraca panas pada Evaporator II

No	Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)	
		Arus 8	Arus 16	Arus 17
1	CH ₃ OH	3058,31264	403,6603542	
2	Trigliserida	1593,9193		23913,4430
3	FFA	924,8130		13874,8945
4	H ₂ O	2273,5533	14140,13938	339,9395
5	Methyl Ester	0		0
6	Gliserol	5626,798318		84418,40079
7	NaCl	253,6965194		3761,670403
8	<i>Steam</i>	474284,1141		
9	<i>Vapor</i>		347163,0592	
Total		488015,2071	361706,8589	126308,3482
			488015,2071	



Gambar 4.4 Alir Kualitatif Pabrik Biodiesel Proses Transesterifikasi



Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif Pabrik Biodiesel Proses Transesterifikasi

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik adalah penyediaan utilitas. Sarana penunjang merupakan sarana dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Unit utilitas adalah salah satu bagian yang sangat penting dalam menunjang jalannya proses produksi pada suatu industri kimia. Suatu proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan dengan baik jika tidak terdapat utilitas. Karena itu utilitas memegang peranan penting dalam pabrik. Perancangan diperlukan agar dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik. Utilitas pada pabrik biodiesel dari biji jarak pagar berdasarkan kebutuhannya adalah sebagai berikut :

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Waste 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 Penyedia Bahan Bakar
- f. Unit Pengolahan Limbah atau Air Buang

4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

4.5.1.1 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 dilingkungan pabrik sebagai :

a. Air Umpan Boiler

Uap atau steam dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Air umpan boiler disediakan dengan *excess* 20%. *Excess* merupakan pengganti *steam* yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler yang diperoleh dari perhitungan adalah sebanyak 1257,4991 kg/jam. Air yang digunakan untuk boiler harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak boiler.

Berikut adalah persyaratan air umpan boiler sebagai berikut adalah prasyarat air umpan boiler :

1) Tidak membuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya *solid matter*, *suspended matter*, dan kebasaaan yang tinggi. Berikut adalah kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan dalam pembacaan tinggi *liquid* dalam boiler. Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler

karena adanya zat - zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat dan dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut. Untuk mengatasi hal – hal berikut maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan boiler.

2) Tidak membentuk kerak dalam boiler

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

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan hal – hal berikut :

- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran.

3) Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak dan lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas – gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 , yang terlarut dalam air. Reaksi elektro kimia antar besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja. Jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dan membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut maka terjadi korosi.

Bikarbonat dalam air akan membentuk CO₂ yang bereaksi dengan air karena pemanasan dan tekanan. Reaksi tersebut menghasilkan asam karbonat yang dapat bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Adanya pemanasan garam bikarbonat menyebabkan pembentukan CO₂ kembali.

Air yang berasal dari PDAM terkadang belum memenuhi syarat sebagai umpan. Oleh karena itu, apabila air yang akan digunakan sebagai umpan boiler belum memenuhi persyaratan maka harus dilakukan pengolahan air terlebih dahulu. Pengolahan air dapat dilakukan dengan :

- Deaerasi, yaitu proses pengambilan oksigen .
- Bak Clarifier (flokulasi, koagulasi dan sedimentasi).
- Demineralisasi, yaitu menghilangkan ion-ion pada filtered water.
- Penyaringan , yaitu pemisahan padatan yang terbawa air.

Untuk lebih lengkapnya akan dibahas pada point unit pengolahan air.

b. Air Sanitasi

Air sanitasi pada pabrik digunakan sebagai keperluan sanitasi, laboratorium, kantor, konsumsi, mandi, mencuci, taman dan lainnya. Berikut adalah persyaratan yang harus dipenuhi dalam penggunaan sebagai air sanitasi yaitu :

1) Syarat Fisika

- Warna jernih
- Tidak berbusa.
- Rasa tidak berasa
- Kekeruhan SiO₂ < dari 1 ppm.
- Tidak berwarna dan berbau.
- pH netral.

- Suhu dibawah suhu udara
- Tidak mengandung bahan beracun.

2) Syarat Kimia

- Tidak mengandung zat – zat organik maupun anorganik yang tidak larut dalam air seperti PO_{43-} , Hg, Cu, dan sebagainya.
- Tidak mengandung bakteri, terutama bakteri yang patogen.

3) Syarat Bakteriologis

Tidak mengandung bakteri terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisis air.

c. Air Pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor – faktor. Air pendingin berfungsi sebagai fluida pendingin pada alat penukar panas atau *heat exchanger*. Air sebagai fluida pendingin berdasarkan faktor berikut :

- Air merupakan bahan yang mudah didapatkan.
- Air mudah dikendalikan dan dikerjakan.
- Dapat menyerap panas.
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan.
- Tidak mudah terkondensasi.

d. Air Proses

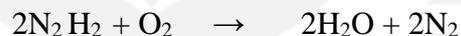
Air panas pada proses berfungsi sebagai media pencuci pada kolom pencuci metil ester atau *washing tower*. Air dengan suhu 40 °C digunakan untuk menghilangkan impuritis produk.

4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Berikut adalah tahapan pengolahan air :

a. Deaerasi

Deaerasi adalah proses pengambilan oksigen (O_2) dari air umpan *boiler*. Air yang telah dimineralisasi dialirkan menuju *deaerator* dan diinjeksikan hidrazina (N_2H_4) untuk diikat oksigen (O_2) yang terkandung dalam air tersebut. Air yang keluar dari *deaerator* akan dipompa menuju boiler sebagai air umpan (*boiler feed water*). Pengikatan oksigen pada air umpan boiler bertujuan untuk mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*. Berikut adalah reaksi yang terjadi didalam aerator :



Air yang keluar dari *deaerator* ini di dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*).

b. Bak Koagulasi, Sedimentasi dan Flokulasi (*Clarifier*)

Kebutuhan air dari suatu pabrik diperoleh dari sumber air yang berada disekitar pabrik dengan cara mengolah air terlebih dahulu agar dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan secara fisika, kimia, penambahan desinfektan, dan penggunaan ion *exchanger*.

Raw water diumpankan ke tangki terlebih dahulu dan kemudian diaduk dengan kecepatan tinggi serta ditambahkan bahan – bahan kimia selama pengadukan tersebut. Bahan – bahan kimia yang digunakan adalah :

- 1) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{18}\text{H}_2\text{O}$ yang berfungsi sebagai *flokulan*.
- 2) Na_2CO_3 yang berfungsi sebagai *flokulan*.

Pada *clarifier* lumpur dan partikel padat lain diendapkan dengan diinjeksi alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{18}\text{H}_2\text{O}$) sebagai flokulan yang membentuk flok. Selain itu ditambahkan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku dialirkan ke bagian tengah *clarifier* untuk diaduk.

Selanjutnya air bersih akan keluar melalui pinggiran *clarifier* sebagai *overflow*, sedangkan flok yang terbentuk atau *sludge* akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dengan waktu yang telah ditentukan. Air baku yang belum di proses memiliki *turbidity* sekitar 42 ppm. Setelah keluar *clarifier* kadar *turbidity* akan turun menjadi kurang dari 10 ppm.

c. Demineralisasi

Air umpan boiler harus bebas dari garam yang terlarut, maka proses demineralisasi berfungsi untuk menghilangkan ion – ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga memiliki konduktivitas dibawah 0,3 Ohm dengan kadar silika kurang dari 0,02 ppm. Berikut tahapan pengolahan air umpan boiler :

1) *Cation Exchanger*

Resin yang berada didalam *cation exchanger* berupa H^+ berfungsi sebagai pengganti kation yang dikandung dalam air. Air yang keluar dari *cation exchanger* akan mengandung anion dan ion H^+ . Berikut adalah reaksi yang terjadi didalam *cation exchanger* :



Kation resin akan jenuh dalam jangka waktu tertentu, sehingga diregenerasi menggunakan asam sulfat dengan reaksi sebagai berikut:

2) *Anion Exchanger*

Anion Exchanger memiliki fungsi mengikat ion-ion negatif (*anion*) yang terlarut dalam air menggunakan resin bersifat basa. Berikut adalah reaksi yang terjadi didalam *cation exchanger* :



Kation resin akan jenuh dalam jangka waktu tertentu, sehingga diregenerasi menggunakan NaOH dengan reaksi sebagai berikut:



d. Penyaringan

Air hasil dari *clarifier* dialirkan menuju *sand filter* untuk memisahkan dengan partikel – partikel padatan yang terbawa. Air yang mengalir keluar dari sand filter akan memiliki kadar *turbidity* sekitar 2 ppm. Air tersebut dialirkan menuju tangki penampung (*filter water reservoir*) yang kemudian didistribusikan menuju

menara air dan unit demineralisasi. *Back washing* pada *sand filter* dilakukan secara berkala dengan tujuan menjaga kemampuan penyaringan alat.

4.5.1.3 Kebutuhan Air

Air yang telah digunakan pada *cooler*, temperaturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada *cooling tower*. Air yang didinginkan pada *cooling tower* adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit - unit pendingin di pabrik. Kebutuhan air dapat dibagi menjadi:

- a. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 4.22 Kebutuhan air pembangkit *steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Evaporator	EV-01	395,8113
	EV-02	211,7340
Heater	HE-01	26,5686
	HE-02	93,6055
Total		727,7194

Air pembangkit *steam* sebanyak 80% digunakan kembali, maka *make up* yang diperlukan adalah sebanyak 20%. Sehingga *make up steam* adalah sebesar 166,8495 kg/jam. *Steam Trap* adalah 5% dari kebutuhan *steam* adalah sebesar 41,7124 kg/jam. *Blowdown* pada reboiler adalah 15% dari kebutuhan *steam* adalah

sebesar 125,1371 kg/jam. Perancangan dibuat *overdesign* 20% sehingga kebutuhan *steam* adalah sebesar 834,2476 kg/jam.

b. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.23 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor Transesterifikasi	R-01	3.053,3849
	R-02	895,0540
	R-03	350,1835
<i>Netralizer</i>	N-01	187,8371
<i>Cooler</i>	CL-01	4004,9389
	CL-02	7453,5009
	CL-03	912,2636
<i>Condenser</i>	CD-01	3.578,1461
Total		20.059,6348

c. Kebutuhan Air Proses

Tabel 4.24 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
<i>Washing Tower</i>	WT-01	879,6755
Total		879,6755

4.5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit pembangkit *steam* berfungsi untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi dengan cara menyediakan *steam* untuk *boiler* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kapasitas	: 1085,8427 kg/jam
Tekanan	: 5 atm
Jenis	: <i>Water Tube Boiler</i>
Jumlah	: 1 buah

Kebutuhan *steam* pada pabrik biodiesel digunakan untuk alat-alat penukar panas. Untuk memenuhi kebutuhan ini digunakan Boiler dengan jenis *boiling feed water boiler* pipa api (*fire tube boiler*), karena memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Air umpan tidak perlu terlalu bersih karena berada di luar pipa.
- Tidak memerlukan flate tebal untuk shell, sehingga harganya lebih murah.
- Tidak memerlukan tembok dan batu tahan api.
- Pemasangannya murah.
- Memerlukan ruang dengan ketinggian yang rendah.
- Beroperasi dengan baik pada beban yang naik-turun.

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Sebelum air dari *water treatment plat* digunakan sebagai umpan boiler, mula-mula di atur terlebih dahulu kadar silika, oksigen, Ca dan Mg yang terlarut

dengan cara menambahkan bahan kimia kedalam boiler *feed water tank*. Selain pengaturan kadar bahan terlarut, diatur pula pH dari air yaitu sekitar 10,5 – 11,5 untuk mengurangi kadar korosivitas. Air dialirkan ke dalam *economizer* sebelum dialirkan masuk ke dalam boiler yaitu suatu alat penukar panas dengan tujuan pemanfaatan panas dari gas sisa pembakaran residu dari boiler.

Pada *ecomizer* air dipanaskan hingga suhu 100 °C sebelum dialirkan menuju boiler. Api yang keluar dari *burner* berfungsi untuk memanaskan lorong api dari pipa – pipa api. Gas dari sisa pembakaran tersebut dialirkan menuju *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap. Setelah uap air yang terkumpul mencapai tekanan 10 bar, lalu dialirkan menuju *steam header* untuk didistribusikan menuju alat – alat proses.

4.5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik pembuatan biodiesel diperoleh melalui dua sumber yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator diesel. Generator diesel berfungsi sebagai tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan yang mana mengakibatkan tidak ada sumber listrik dan untuk menggerakkan alat – alat seperti boiler, pengaduk reaktor, dan sejumlah pompa.

Generator diesel menggunakan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik. Listrik tersebut didistribusi menggunakan panel.

Tenaga listrik digunakan sebagai penerangan, sementara itu listrik dari generator diesel digunakan untuk menggerakkan alat proses. Energi listrik dari generator diesel digunakan sebagai sumber energi listrik utama untuk penerangan dan menggerakkan alat proses ketika listrik padam. Berikut adalah spesifikasi generator diesel yang digunakan :

Kapasitas : 78,3089 kW
Jenis : *Water Tube Boiler*
Jumlah : 1 buah

Prinsip kerja dari generator diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik.

Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan tenaga listrik untuk penerangan dan diesel untuk penggerak alat proses. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100 %.

a. Kebutuhan listrik proses

1) Peralatan Proses

Tabel 4.25 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Mixer</i>	M-01	0,5552	413,9946
Reaktor 01	R-01	1,2985	968,2822
Reaktor 02	R-02	1,2985	968,2822
Reaktor 03	R-03	1,2985	968,2822
<i>Netralizer</i>	N-01	1,3403	968,6935
<i>Washing Tower</i>	WT-01	3,8141	2.762,3853
<i>Screw Coveyor</i>	SC	0,3106	231,6233
Pompa 01	P-01	0,1527	113,9043
Pompa 02	P-02	0,3793	282,8573
Pompa 03	P-03	0,1613	120,279
Pompa 04	P-04	0,1774	132,3207
Pompa 05	P-05	0,1774	132,3207
Pompa 06	P-06	0,1774	132,3207
Pompa 07	P-07	0,0157	11.6962
Pompa 08	P-08	0,4739	353.3919
Pompa 9	P-09	0,3571	266.3080
Pompa 10	P-10	0,4172	311.1115
Pompa 11	P-11	0,5742	428.2083
Pompa 12	P-12	0,5243	390.9717
Pompa 13	P-13	0,1498	111.7238
Pompa 14	P-14	0,0546	40.7121
Pompa 15	P-15	0,1121	83.5818
Total	-	13,4655	10041,1873

2) Peralatan Utilitas

Tabel 4.26 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2	1491,4
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	0,73	546,4281
Udara Tekan	UT-01	3	2.237,1
Pompa 1	P-01	0,8640	644,3181
Pompa 2	P-02	1,6048	1196,7024
Pompa 3	P-03	2,8417	2119,0711
Pompa 4	P-04	1,5921	1187,2146
Pompa 5	P-05	0,3648	272,0365
Pompa 6	P-06	0,7187	535,9623
Pompa 7	P-07	0,7200	536,9347
Pompa 8	P-08	0,7200	536,9347
Pompa 9	P-09	0,5880	438,4747
Pompa 10	P-10	0,5880	438,4747
Pompa 11	P-11	0,5880	438,4747
Pompa 12	P-12	0,0275	20,4879
Pompa 13	P-13	0,0275	20,4879
Pompa 14	P-14	0,0275	20,4879
Pompa 15	P-15	0,0365	27,2102
Pompa 16	P-16	0,0365	27,2102
Pompa 17	P-17	0,0365	27,2102
Pompa 18	P-18	0,0655	48,8359
Total		17,18044314	12811,45645

Total kebutuhan listrik untuk alat proses alat sebesar 10041,1873 Watt atau 10,0412 kW. Total kebutuhan listrik untuk alat utilitas adalah sebesar 12811,45645 Watt atau 12,81145645 kW. Dan Total kebutuhan listrik proses dan utilitas adalah sebesar 22852,6438 Watt atau 22,8526438 kW.

b. Kebutuhan listrik alat kontrol dan penerangan

- 1) Kebutuhan listrik alat kontrol adalah 5% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar 1,1426 kW
- 2) Kebutuhan listrik untuk penerangan adalah 15% dari kebutuhan untuk menggerakkan motor penggerak yaitu sebesar 3,4279 kW
- 3) Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor seperti AC, Komputer dan lain-lain adalah 15% dari kebutuhan untuk menggerakkan motor penggerak yaitu sebesar 3,4279 kW
- 4) Kebutuhan listrik untuk peralatan bengkel dan laboratorium adalah 15% dari kebutuhan untuk menggerakkan motor penggerak yaitu sebesar 3,4279 kW
- 5) Kebutuhan listrik rumah tangga dan kantor adalah 25% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar 51.000 Watt atau 51 kW.

Total kebutuhan listrik pabrik biodiesel adalah sebesar 95,3202 kW. Beban listrik dari generator diesel adalah sebesar 119,1501913 kW dengan faktor daya 80%.

4.5.4 Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)

Udara tekan digunakan untuk alat *pneumatic control*. Kebutuhan udara tekan total adalah sebesar 35,51328 m³/jam.

4.5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Pada boiler digunakan bahan bakar fuel oil sebanyak 66,1494 kg/jam.

4.5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Minyak Jarak dengan Proses Transesterifikasi adalah berupa limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Ketiga limbah tersebut diproses menggunakan metode yang berbeda – beda. Berikut adalah proses yang digunakan untuk memproses limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

a. Limbah Padat

Bahan buangan padat berupa lumpur dari proses pengolahan air. 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. Limbah padat yang dihasilkan berupa senyawa kimia CaCl_2 dan karbon aktif. Kedua campuran limbah tersebut dapat dihilangkan dengan cara diendapkan secara gravitasi di dalam bak pengendapan. Limbah yang telah diendapkan kemudian dipanaskan pada suhu tinggi hingga kering kemudian dipisahkan. Zat CaCl_2 dan karbon aktif merupakan adsorben yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi limbah cair yang mengandung zat kimia yang berbahaya.

b. Limbah Cair

Air buangan domestik berasal dari toilet disekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi gas klorin. Sedangkan limbah cair yang dihasilkan pabrik biodiesel berupa cairan yang terdiri dari campuran air dan minyak. Cairan tersebut mengandung senyawa metil ester, gliserin, HCl, methanol, dan NaCl yang

larut. Sebelum limbah cair dibuang, dilakukan beberapa *treatment*. Berikut adalah uraian dari *treatment* yang digunakan :

1) *Pre-Treatment*

Pre-treatment yang dilakukan adalah pengendapan menggunakan bak pengendapan untuk menghilangkan padatan besar menggunakan gaya gravitasi.

2) *Treatment Pertama*

Treatment pertama berfungsi untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair. Pada *treatment* ini digunakan lumpur aktif organik yang dapat meningkatkan jumlah bakteri pengurai limbah organik. Proses aerasi dilakukan hingga nilai BOD, COD, dan DO standar diperoleh.

3) *Treatment Kedua*

Treatment kedua dilakukan jika limbah cair memiliki pH tidak netral. Proses penetralan dilakukan dengan cara menambahkan senyawa kimia yang dapat menetralkan atau dengan menambahkan air pada limbah cair tersebut.

4) *Treatment Ketiga*

Treatment ketiga berfungsi untuk membunuh mikroorganisme patogen yang terkandung didalam air limbah. *Desinfeksi mikroorganisme patogen* dilakukan dengan cara menijeksi gas Cl_2 pada limbah cair. Pengawasan yang ketat pada tiap *treatment* limbah cair berupa pengujian di lab sangat

diperlukan agar limbah cair tidak merusak lingkungan disekitar lokasi pabrik.

c. Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan oleh Pabrik Biodiesel berupa uap air dan gas methanol. Uap air yang dihasilkan dari alat reaktor dan evaporator bukan merupakan gas yang berbahaya. Dalam proses evaporasi methanol pada evaporator 2 dibutuhkan pengawasan yang ketat agar gas terkondensasi secara sempurna. Kondensasi yang sempurna bertujuan agar gas methanol berubah fasa menjadi cairan methanol.

4.6 Spesifikasi Alat - Alat Utilitas

4.6.1 Pengolahan Air

4.6.1.1 Bak koagulasi dan flokulasi (BU-01)

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.

Waktu pengendapan : 20 – 60 menit

Kapasitas : 670,5882 m³

Tenaga : 2 Hp

Jumlah Impeller : 1 buah

Diameter Impeller : 3,1628 m

Jarak cairan dengan impeller : 8,5396 m

Jarak tangki dengan impeller : 2,3721 m

Jumlah *baffle* : 4 buah

Harga : \$ 50,091

Harga : \$ 1,791

4.6.1.2 Bak Pengendap 1 (BU-02)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi

Alat : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselen.

Kapasitas : 429,0108 m³

Asumsi *turbidity raw water* = 850 ppm

Dimensi :

a. Tinggi = 4,7512 m

b. Lebar = 9,5024 m

c. Panjang = 9,5024 m

Harga : \$ 1,791

4.6.1.3 Screening/ Saringan (FU-01)

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, seperti daun dll

Kapasitas : 6,75 m³

Ukuran Lubang : 1 cm

Dimensi :

a. Panjang = 10 ft / 3,048 m

b. Lebar = 8 ft / 2,4384 m

Bahan : Alumunium

Harga : \$ 28,781

4.6.1.4 Tangki Larutan Alum (TU-01)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi.

Jenis alat : Tangki silinder tegak

Kapasitas : 5,7456 m³

Konsentrasi alum dalam air : 425 ppm

Densitas : 1 kg/m³

Dimensi : 1,5410 m

Harga : \$ 8.837

4.6.1.5 Sand Filter (SF)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.

Ukuran pasir rata-rata : 28 mesh

Kecepatan penyaringan (V) : 4 gpm/ft²

Kapasitas : 3,7306 m³

Dimensi :

a. Tinggi = 0,9770 m

b. Lebar = 1,9540 m

c. Panjang = 1,9540 m

Harga : \$ 8.240

4.6.1.6 Bak Penampung Sementara (BU-03)

Fungsi : Menampung sementara *raw water* setelah disaring di *sand filter*.

Alat : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselin.

Kapasitas : 29094,6023 kg/jam

Volume Bak : 34,9135 m³

Dimensi :

a. Tinggi = 2,0589 m

b. Lebar = 4,1179 m

c. Panjang = 4,1179 m

Harga : \$ 1,791

4.6.1.7 Reservoir/Sedimentasi (R-01)

Fungsi : Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi

Alat : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselin.

Kapasitas : 42,9011 m³/jam

Suspensi solid (ws) : 30,3625 kg/jam

Dimensi Bak : 429,010 m³

Dimensi :

a. Tinggi = 4,7512 m

b. Lebar = 9,5024 m

c. Panjang = 9,5024 m

Harga : \$ 1.791

4.6.2 Pengolahan Air Sanitasi (*Domestic Water*)

4.6.2.1 Tangki klorinasi (TU-02)

Fungsi : Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk

kebutuhan rumah tangga.

Jenis : Berbentuk Tangki silinder berpengaduk

Kapasitas : 2,5542 m³/jam

Densitas : 1000 kg/m³

Dimensi :

a. Tinggi = 1,5747 m

b. Diameter = 1,5747 m

Power pengaduk : 2,2939 Hp

Harga : \$ 12.778

4.6.2.2 Tangki Kaporit (TU-03)

Fungsi : Menampung kebutuhan kaporit selama 1 bulan yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-01)

Jenis alat : Bak persegi yang di porselen.

Kapasitas : 0,0068 m³

Kebutuhan larutan selama 1 bulan : 13,2216 kg

Dimensi : 0, 2049 m

Tinggi : 0, 2049 m

Harga : \$ 836

4.6.2.3 Tangki Keperluan Umum (TU-04)

Fungsi : Menampung air keluaran tangki klorinasi

Jenis alat : Berbentuk Tangki silinder

Kapasitas : 29,0946 m³/jam

Volume tangki : 145,4730 m³

Densitas : 1000 kg/m³

Dimensi : 5,7013 m

Tinggi : 5,7013 m

Harga : \$ \$ 4,659

4.6.3 Pengolahan Air Pendingin

4.6.3.1 Bak Penampungan Air Dingin (BU-04)

Fungsi : Menampung sementara air pendingin yang disirkulasi sebelum *direcovery* di *cooling tower*.

Jenis alat : Bak persegi panjang yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselen.

Kapasitas : 24,0716 m³/jam

Volume Bak : 28,8859 m³

Dimensi :

a. Tinggi = 1,9329 m

b. Lebar = 3,8658 m

c. Panjang = 3,8658 m

Harga : \$ 11.584

4.6.3.2 Cooling tower (CL-01)

Fungsi : Mendinginkan kembali air pendingin yang telah digunakan oleh alat-alat proses dengan media pendingin udara.

Jenis alat : *Induced Draft Cooling Tower* dengan Bahan Isian Berl
Saddle 1 in.

Sistem : Kontak langsung dengan udara didalam *cooling tower (fan)*

Make Up Cooling Tower : 409,2165 kg/jam

Power : 0,73 Hp

Suhu rata-rata udara keluar : 35 °C

Dimensi :

- Tinggi = 11 m

Harga : \$ 11.584

4.6.3.3 Bak Penampungan Air Panas (BU-05)

Fungsi : Menampung air keluaran proses

Jenis alat : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselen.

Kapasitas : 24,0716 m³/jam

Volume Bak : 28,8859 m³

Dimensi :

a. Tinggi = 1,9329 m

b. Lebar = 3,8658 m

c. Panjang = 3,8658 m

Harga : \$ 11.584

4.6.4 Pengolahan Air Steam (*Steam Water*)

4.6.4.1 Kation exchanger (KE-01)

Fungsi : Menurunkan kesadahan air umpan boiler yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg

Alat : *Down Flow Cation Exchanger*

Resin : *Natural Greensand Zeolit*

Kapasitas : 1,0479 m³/jam

Kecepatan alir : 7,3334 m³/jam.m²

Densitas : 1000 kg/m³

Ukuran :

Diameter : 0,4267 m

Tinggi kolom : 1,5682 m

Volume *bed zeolit* : 5,3906 ft³

Tinggi *bed zeolit* : 1,0682 m

Harga : \$ 23.884

4.6.4.2 Anion exchanger (AEU)

Fungsi : Menurunkan kesadahan air umpan boiler yang disebabkan oleh anion-anion seperti Cl, SO₄, dan NO₃.

Alat : *Down Flow Anlion Exchanger*

Resin : *Weakly Basic Anion Exchanger*

Kapasitas : 1,0479 m³/jam

Kecepatan Air : 12,2224 m³/jam.m²

Densitas : 1000 kg/m³

Ukuran :

Diameter : 0,3305 m

Tinggi kolom : 1,201 m

Tinggi *bed zeolite* : 0,7010 m

Harga : \$ 23.884

4.6.4.3 Deaerator (DAU)

Fungsi : Menghilangkan kandungan gas dalam air terutama O₂, CO₂, NH₃, dan H₂S.

Alat : *Cold Water Vacuum Deaerator*

Kapasitas : 1,0011 m³/jam

Tinggi : 1,2223 m

Volume *packing* : 0,5240 m³

Tinggi kolom total : 1,7223 m

Diameter : 0,7223 m

Jumlah : 1

Volume : 0,7053 m³

Harga : \$ 11,649

4.6.4.4 Boiler (B-01)

Fungsi : Membuat *steam* jenuh pada tekanan 10,4138 atm

Alat : *Water Tube Boiler*

Kapasitas : 1257,4991 kg/jam

Densitas : 1000 kg/m³

Diameter : 0,7390 m
Volume packing : 0,5240 m³
Tinggi packing : 1,2223 m
Panas Sensibel : 103.961,6809 btu/jam
Kebutuhan bahan bakar : 66,1494 kg/jam
Harga : \$ 3.941

4.6.4.5 Tangki Bahan Bakar (TU-06)

Fungsi : Menampung bahan bakar boiler untuk persediaan 7 hari
Alat : Tangki silinder tegak
Kebutuhan bahan bakar : 160.984,8485 kg/jam
Tinggi : 34,9310 m
Volume : 33458,2943 m³
Densitas : 0,97 kg/lt
Diameter : 34,9310 m
Tinggi : 34,9310 m
Harga : \$ 20.421

4.6.4.6 Tangki NaCl (TU-07)

Fungsi : Menyimpan Larutan NaCl untuk regenerasi kation

Alat : Silinder tegak dengan alas dan tutup datar

Bahan Konstruksi : *Low alloy steal SA-203 grade C*

Densitas NaCl : 2160 kg/m³

Volume Tangki : 0,1902 m³

Laju massa NaCl : 0,1426 kg/jam

Temperatur : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Tinggi : 1,1775 m

Tebal *shell* tangki : 0,1379 in

Diameter : 0,5446 m

Jumlah : 1

Harga : \$ 4.777

4.6.4.7 Tangki NaOH (TU-08)

Fungsi : Menghilangkan kandungan gas dalam air terutama O₂, CO₂, NH₃, dan H₂S.

Alat : *Cold Water Vacuum Deaerator*

Volume : 0.6509 m³

Diameter : 0,8207 m

Tebal shell tangki : 0,1459 in
Jumlah : 1
Tekanan operasi : 101,325 kPa
Tekanan hidrostatik : 25,6968 kPa
Harga : \$ 4.777

4.6.4.8 Tangki Denim Water (TU-05)

Fungsi : Menampung air keluaran *Anion exchanger*
Alat : Berbentuk Tangki silinder
Jumlah Air Kebutuhan Umum : 831 kg/jam
Volume : 4,3663 m³
Densitas : 1000 kg/m³
Diameter : 1,7718 m
Kapasitas tangki klorinasi : 0,8733 m³/jam
Tinggi : 1,7718 m
Jumlah : 1
Harga : \$ 16,838

4.6.4.9 Tangki N₂H₄ (TU-10)

Fungsi : Menyimpan larutan N₂H₄

Jenis	: Silinder tegak
Kebutuhan N_2H_4	: 0,0262 kg/jam
Volume tangki	: 1,0652 m ³
Densitas N_2H_4	: 1700 kg/m ³
Diameter	: 1,1071 m
Tinggi	: 1,1071 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2,963,31

4.6.5 Unit Penyedia Udara Bertekanan

4.6.5.1 Perancangan Kompresor (KU-01)

Fungsi	: Mengompres udara menjadi udara bertekanan.
<i>Adiabatic Exponen</i>	: 1,19 Cp
Tekanan Keluar	: 54,7 psi
<i>Capacity Actual</i>	: 1254,132853 ft ³ /jam
<i>Suction Pressure</i>	: 14,7 psi
Berat Molekul	: 28,84
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm

Overall Eficiency : 85 %

P udara tekan : 54,7 psi

Daya : 2,30618 Hp

Harga : \$ 6,568

4.6.5.2 Perancangan Tangki *Silica gel* (TU-08)

Fungsi : Memproduksi steam pada tekanan 5 atm dan suhu 115 °C

Volume *silica gel* : 0,00047 m³/jam

Kebutuhan Udara : 19 m³/jam

Massa jenis *silica gel* : 2330 kg/m³

Diameter : 0.2130 m

Tinggi : 0.42602 m

Kandungan air dalam udara : 0,475 kg/jam

Harga : \$ 4.777

4.6.6 Pompa Utilitas

4.6.6.1 Pompa Utilitas - 01 (PU-01)

Fungsi : Mengalirkan air dari sungai menuju *screening*.

Jenis : *Centrifugal pump*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Potential Head : 9,8425 ft

Tenaga motor : 0,8640 Hp

Daya pompa : 0,6999 Hp

Kecepatan Inier : 1,71435 ft/s

Laju Volume Metrik : 156,9188 gpm

Panjang pipa total : 100,8304 m

Harga : \$ 54.456

4.6.6.2 Pompa Utilitas - 02 (PU-02)

Fungsi : Mengalirkan air sungai dari *screening* ke
Reservoir/Sedimentasi (R-01)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Axial Flow Impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Laju Volume Metrik : 149,0729 gpm

Panjang pipa total : 100,8304 m

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan linier : 1,6563 ft/s

Potential Head : 19,6850 ft

Tenaga motor : 1,6048 Hp

Daya Pompa : 1,3320 Hp

Diameter : 4,1623 in

Harga : \$ 54.456

4.6.6.3 Pompa Utilitas - 03 (PU-03)

Fungsi : Mengalirkan air dari Bak Reservoir (R-01) menuju Bak
Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Axial Flow Impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Laju Volume Metrik : 141,6192 gpm

Laju massa (m) : 28.343,5958 kg/jam

Kecepatan linier : 1,5735 ft/s

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Potential Head : 18,0446 ft

Daya Pompa : 2,3870 Hp

Tenaga motor : 2,8417 Hp

Harga : \$ 54.456

4.6.6.4 Pompa Utilitas - 04 (PU-04)

Fungsi : Mengalirkan air dari Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01) menuju ke Bak Pengendap I (BU-02)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Axial Flow Impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan Inier : 1,5492 ft/s

Potential Head : 19,6850 ft

Laju Volume Metrik : 141,6192 gpm

Tenaga motor : 1,5921 Hp

Daya Pompa : 1,3055 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 54.456

4.6.6.5 Pompa Utilitas - 05 (PU-05)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak pengendap I (BU-02) menuju ke
sand filter (F-01)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Axialflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Laju Volume Metrik : 127,8113 gpm

Panjang pipa total : 100,8304 m

Kecepatan Linier : 1,4201 ft/s

Potential Head : 4,9213 ft

Daya pompa : 0,2918 Hp

Tenaga motor : 0,3648 Hp

Putaran standar : 3500 rpm

Putaran spesifik : 11.500,19 rpm

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 54.456

4.6.6.6 Pompa Utilitas - 06 (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan air dari sand filter (F-01) menuju ke bak
Penampung Sementara (BU-03)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Radialflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Laju Volume Metrik : 121,4208 gpm

Kecepatan Linier : 1,3491 ft/s

Potential Head : 9,8425 ft

Tenaga motor : 0,7187 Hp

Daya Pompa : 0,5750 Hp

Harga : \$ 54.456

4.6.6.7 Pompa Utilitas - 07 (PU-07)

Fungsi : Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-04)
menuju tangki klorinasi (TU-02)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Axialflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan linier : 1,3491 ft/s

Laju Volume Metrik : 121,4208 gpm

Potential Head : 9,8425 ft

Panjang pipa total : 100,8304 m

Tenaga motor : 0,7200 Hp

Daya pompa : 0,5760 Hp

Harga : \$ 54.456

4.6.6.8 Pompa Utilitas - 08 (PU-08)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki klorinasi (TU-02) ke tangki air bersih (TU-04)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Axialflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C
Kecepatan linier : 1,3491 ft/s
Laju Volume Metrik : 121,4208 gpm

Panjang pipa total : 100,8304 m

Potential Head : 9,8425 ft

Tenaga motor : 0,7200 Hp

Daya Pompa : 0,5760 Hp

Harga : \$ 54.456

4.6.6.9 Pompa Utilitas - 09 (PU-09)

Fungsi : Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-03)
ke Bak Penampungan Air Dingin (BU-04)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Laju Volume Metrik : 100,4581 gpm

Kecepatan linier : 1,1162 ft/s

Potential Head : 9,8425 ft
Tenaga motor : 0,4704 Hp
Daya Pompa : 0,5880 Hp
Harga : \$ 54.456

4.6.6.10 Pompa Utilitas- 10 (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan air dari Bak Penampungan Air Panas (BU-05)
ke *Cooling Tower* (CL-01)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan Inier : 1,1162 ft/s

Laju Volume Metrik : 100,4581 gpm

Potential Head : 9,8425 ft

Tenaga motor : 0,5880 Hp

Daya Pompa : 0,4704 Hp

Harga : \$ 54.456

4.6.6.11 Pompa Utilitas - 11 (PU-11)

Fungsi : Mengalirkan air dari *Cooling Tower* (CL-01) ke *recycle*
dari bak air dingin (BU-05)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan Inier : 1,1162 ft/s

Laju Volume Metrik : 100,4581 gpm

Potential Head : 9,8425 ft

Daya Pompa : 0,4704 Hp

Tenaga motor : 0,5880 Hp

Harga : \$ 21.018

4.6.6.12 Pompa Utilitas - 12 (PU-12)

Fungsi : Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-03)
ke *Kation Exchanger* (KE-01)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan Inier : 1,3536 ft/s

Laju Volume Metrik : 3,6444 gpm

Potential Head : 9,8425 ft

Tenaga motor : 0,0275 Hp

Daya Pompa : 0,0220 Hp

Harga : \$ 21.018

4.6.6.13 Pompa Utilitas - 13 (PU-13)

Fungsi : Mengalirkan air dari *Kation Exchanger* (KE-01) ke *Anion Exchanger* (AE-01)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixed flow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan linier : 1,3536 ft/s

Panjang pipa total : 100,8304 m

Laju Volume Metrik : 3,6444 gpm

Potential Head : 9.8425 ft

Tenaga motor : 0,0275 Hp

Daya Pompa : 0,0220 Hp

Harga : \$ 21.018

4.6.6.14 Pompa Utilitas - 14 (PU-14)

Fungsi : Mengalirkan air dari Anion Exchanger (AE-01) ke Tangki

Denim Water (TU-05)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan linier : 1,3536 ft/s

Panjang pipa total : 100,8304 m

Laju Volume Metrik : 3,6444 gpm

Potential Head : 9,8425 ft
Tenaga motor : 0.0257 Hp
Daya Pompa : 0,0220 Hp
Harga : \$ 21.018

4.6.6.15 Pompa Utilitas - 15 (PU-15)

Fungsi : Mengalirkan air dari Tangki Denim Water (TU-05) ke
Dearator (DE-01)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan Inier : 1,6243 ft/s

Laju Volume Metrik : 4,3733 gpm

Potential Head : 9,8425 ft

Tenaga motor : 0,0365 Hp

Daya pompa : 0,0292 Hp

Harga : \$ 21.018

4.6.6.16 Pompa Utilitas - 16 (PU-16)

Fungsi : Mengalirkan air dari Dearator (DE-01) ke Boiler (B-01).

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan linier : 1,6243 ft/s

Panjang pipa total : 100,8304 m

Laju Volume Metrik : 4,1779 gpm

Potential Head : 9,8425 ft

Tenaga motor : 0,0365 Hp

Daya pompa : 0,0292 Hp

Harga : \$ 21.018

4.6.6.17 Pompa Utilitas - 17 (PU-17)

Fungsi : Mengalirkan air dari Proses ke Dearator (DE-01)

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan Inier : 1,6243 ft/s

Panjang pipa total : 100,8304 m

Laju Volume Metrik : 4,3733 gpm

Potential Head : 9,8425 ft

Tenaga motor : 0,0365 Hp

Daya pompa : 0,0292 Hp

Harga : \$ 21.018

4.6.6.18 Pompa Utilitas - 18 (PU-18)

Fungsi : Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-03)
ke Proses

Jenis : *Centrifugal pump single stage*

Tipe : *Mixedflow impeller*

Bahan : *Commercial steel*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Kecepatan linier : 1,3635 ft/s

Panjang pipa total : 100,8304 m

Laju Volume Metrik : 3,6712 gpm

Potential Head : 9,8425 ft

Tenaga motor : 0,0655 Hp

Daya pompa : 0,0524 Hp

Harga : \$ 21.018

4.7 Organisasi Perusahaan

Organisasi perusahaan merupakan hal yang penting karena berhubungan dengan efektifitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang telah dihasilkan. Dengan adanya pengaturan organisasi perusahaan yang teratur dan baik maka akan tercipta sumber daya manusia yang baik pula. Tujuan yang ingin dicapai adalah sebuah kondisi yang lebih baik dari sebelumnya. Faktor yang berpengaruh terhadap tercapainya tujuan yang diinginkan adalah kemampuan manajemen dan sifat-sifat dari tujuan itu sendiri.

Faktor-faktor yang mendasari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah :

- a. Modal mudah didapat, yaitu dari penjualan saham perusahaan kepada masyarakat.

- b. Dari segi hukum, kekayaan perusahaan jelas terpisah dari kekayaan pribadi pemegang saham.
- c. Kontinuitas perusahaan lebih terjamin karena perusahaan tidak tergantung pada satu pihak sebab kepemilikan dapat berganti.
- d. Efisiensi Manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan direksi yang cakap dan berpengalaman.
- e. Pemegang saham menanggung resiko perusahaan hanya sebatas sebesar dana yang disertakan di perusahaan.
- f. Lapangan usaha lebih luas. Dengan adanya penjualan saham, usaha dapat dikembangkan lebih luas.

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.

4.7.1 Bentuk Hukum Badan Usaha

Dalam mendirikan suatu perusahaan yang dapat mencapai tujuan dari perusahaan itu secara terus – menerus, maka harus dipilih bentuk perusahaan apa yang harus didirikan agar tujuan itu tercapai. Bentuk – bentuk badan usaha yang ada dalam praktek di Indonesia, antara lain adalah :

- a. Perusahaan Perorangan
- b. Persekutuan dengan Firma
- c. Persekutuan Komanditer
- d. Perseroan Terbatas
- e. Koperasi
- f. Perusahaan Negara
- g. Perusahaan Daerah

(Sutarto, 2002).

Bentuk badan usaha yang digunakan dalam Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham, dan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dalam UU No. 1 tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT) dalam peraturan pelaksanaannya.

Berikut adalah syarat – syarat pendirian Perseroan Terbatas (PT) :

- a. Didirikan oleh dua perseorangan (badan hukum) atau lebih.
- b. Didirikan dengan akta otentik yaitu di hadapan notaris.

- c. Modal dasar perseroan terendah adalah Rp 20.000.000,- atau 25% dari modal dasar.

Pemilihan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) berdasarkan pertimbangan-pertimbangan berikut :

- a. Kedudukan antar pemimpin perusahaan dengan pemegang saham terpisah satu sama lain.
- b. Tanggung jawab para pemegang saham terbatas karena segala sesuatu mengenai perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- c. Modal lebih mudah didapatkan selain dari bank juga diperoleh dari penjualan saham.
- d. Kelangsungan kehidupan PT lebih terjamin karena tidak dipengaruhi oleh berhetinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan.

4.7.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Menurut pendapat ahli, arti kata organisasi adalah kelompok orang yang secara sadar bekerjasama untuk mencapai tujuan bersama dengan menekankan wewenang dan tanggung jawab masing – masing. Berikut adalah tiga unsur utama dalam organisasi :

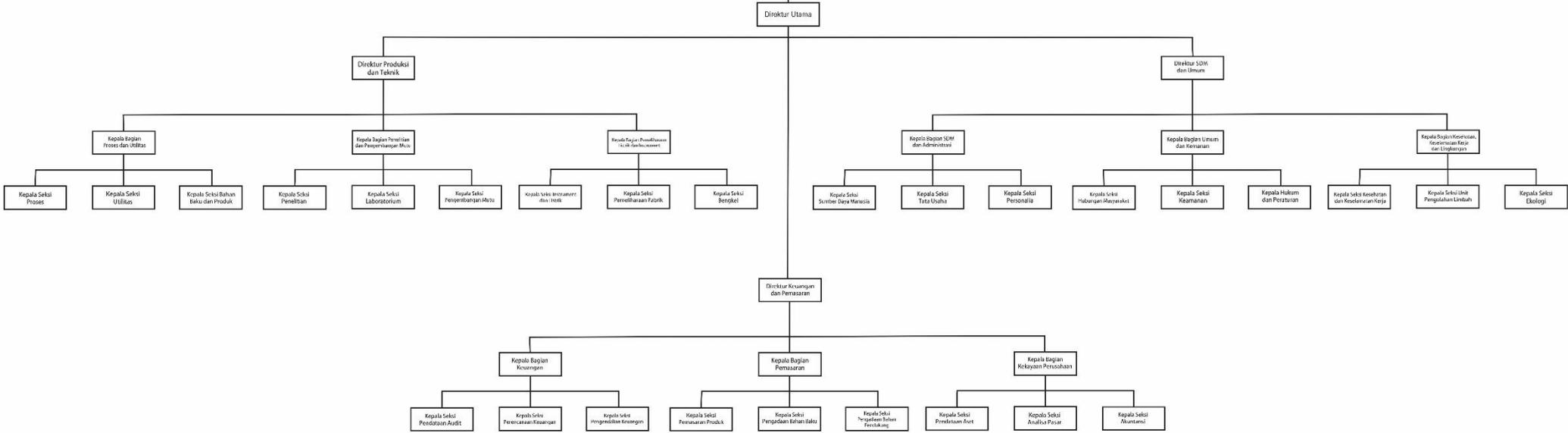
- a. Adanya sekelompok orang.
- b. Adanya hubungan dan pembagian tugas.
- c. Adanya tujuan yang ingin dicapai.

Menurut pola hubungan kerja, serta lalu lintas wewenang dan tanggung jawab, maka bentuk – bentuk organisasi dapat dibedakan menjadi:

1. Bentuk organisasi garis
2. Bentuk organisasi fungsional
3. Bentuk organisasi garis dan staff
4. Bentuk organisasi fungsional dan staff

Struktur organisasi yang digunakan pada perusahaan adalah sistem organisasi garis dan staf dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Dapat digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi terus menerus dan secara masal.
- b. Disiplin kerja lebih baik karena terdapat satu kesatuan pimpinan dan perintah
- c. Tiap kepala bagian secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan agar tujuan tercapai.
- d. Direktur memegang pimpinan tertinggi yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan perwakilan dari pemegang saham yang dilengkapi dengan staff ahli yang memiliki tugas memberikan saran kepada Direktur.
- e. Staff ahli memudahkan pengambilan keputusan.
- f. Perwujudan “*The Right Man in The Right Place*” dapat dengan mudah dilaksanakan.



Gambar 4.6. Struktur Organisasi Perusahaan



4.7.3 Tugas dan Wewenang

4.7.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan pemilik perusahaan yang terdiri dari beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas terletak pada rapat umum pemegang saham. Berikut adalah tujuan dari rapat umum pemegang saham :

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.7.3.2 Direktur Utama

Direktur utama adalah pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam perkembangan perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang dilakukan sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Berikut adalah direktur – direktur yang membawahi direktur utama :

- a. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas Direktur Teknik dan Produksi memiliki tugas dalam memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan

operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium

b. Direktur Keuangan dan Umum

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

1) Tugas Direktur SDM dan Umum

- Mengkoordinasikan semua kegiatan yang berhubungan dengan keselamatan kerja, administrasi, pengelolaan sumber daya manusia, serta hubungan luar perusahaan.
- Mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan kepala bagian yang dibawahinya.

2) Tugas Direktur Utama antara lain :

- Melakukan kebijaksanaan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada rapat umum pemegang saham.
- Menjaga kestabilan manajemen perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan dan karyawan.
- Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat untuk pemegang saham.

- Mengkoordinasi kerja sama dengan Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran, serta SDM dan Umum.

4.7.3.3 Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur bersama-sama dengan staff. Kepala bagian ini bertanggungjawab kepada direktur masing-masing.

Kepala bagian memiliki tugas mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai kebijakan pimpinan perusahaan. Kepala bagian juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi atau direktur. Berikut adalah perincian kepala bagian dan tugasnya:

a. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Kepala bagian proses dan utilitas memiliki tugas mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku, dan utilitas.

b. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrument

Kepala bagian pemeliharaan, listrik, dan instrument memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi

c. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu

Kepala bagian penelitian, pengembangan, dan pengendalian mutu bertugas untuk mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

d. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Kepala bagian keuangan dan pemasaran bertugas untuk mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

e. Kepala Bagian Administrasi

Kepala bagian administrasi memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

f. Kepala Bagian Humas dan Keamanan

Kepala bagian humas dan keamanan memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antar perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

g. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

Kepala bagian kesehatan keselamatan kerja dan lingkungan memiliki tanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

4.7.3.4 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing supaya diperoleh hasil

yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggungjawab kepada kepala bagian sesuai dengan seksinya masing-masing. Kepala seksi memiliki tugas melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan peraturan Kepala Bagian masing-masing. Berikut adalah perincian kepala bagian dan tugasnya :

a. Kepala Seksi Proses

- 1) Kepala seksi proses bertugas memimpin secara langsung dan memantau kelancaran proses produksi.
- 2) Mengawasi jalannya proses dan produksi
- 3) Menjalankan tindakan sepenuhnya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.

b. Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk

Kepala seksi bahan baku dan produk memiliki tanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku, menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.

c. Kepala Seksi Utilitas

Kepala seksi utilitas memiliki tanggung jawab terhadap penyediaan air, bahan bakar, *steam*, udara tekan untuk proses dan instrumentasi.

d. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

- 1) Kepala seksi pemeliharaan dan bengkel bertanggung jawab atas kegiatan perawatan, penggantian alat- alat serta fasilitas pendukungnya.

- 2) Merencanakan dan melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik serta memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.
 - 3) Pemeliharaan peralatan., inspeksi dan keselamatan proses dan lingkungan, ikut memberikan bantuan teknik kepada seksi operasi.
- e. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi
- Kepala seksi listrik dan instrumentasi memiliki tanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.
- f. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan
- Kepala seksi penelitian dan pengembangan bertugas untuk mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi seluruh proses. Serta melakukan riset guna mempertinggi mutu suatu produk yang dihasilkan oleh pabrik perusahaan.
- g. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu
- 1) Kepala seksi laboratorium dan pengendalian mutu memiliki tugas melakukan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.
 - 2) Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
 - 3) Mengawasi dan menganalisa mutu produksi.
 - 4) Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik.
 - 5) Membuat laporan berkala kepada Kepala Bagian Produksi.
- h. Kepala Seksi Keuangan

- 1) Kepala seksi keuangan memiliki tanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.
 - 2) Menghitung penggunaan uang perusahaan.
 - 3) Mengamankan uang dan meramalkan tentang keuangan masa depan.
 - 4) Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan.
- i. Kepala Seksi Pemasaran/Penjualan
- Kepala seksi pemasaran mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik serta merencanakan strategi penjualan hasil produksi dan mengatur distribusi hasil produksi dari gudang.
- j. Kepala Seksi Tata Usaha
- Kepala seksi tata usaha memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan dan tata usaha kantor.
- k. Kepala Seksi Personalia
- Kepala seksi personalia memiliki tugas mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.
- l. Kepala Seksi Humas
- Kepala seksi humas bertugas mengadakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.
- m. Kepala Seksi Keamanan

- 1) Kepala seksi keamanan memiliki tugas mengawasi masalah keamanan perusahaan.
- 2) Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan.
- 3) Mengawasi keluar masuknya orang baik karyawan atau bukan di lingkungan pabrik.
- 4) Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

n. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kepala seksi kesehatan dan keselamatan kerja memiliki tugas mengatur dan mengawasi kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

o. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Kepala seksi unit pengolahan limbah bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah dan standar pengolahan limbah yang sudah ditentukan oleh pemerintah.

4.8 Laboratorium

4.8.1 Kegunaan Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Sedangkan fungsinya yang lain adalah untuk pengendalian terhadap pencemaran lingkungan baik pencemaran

udara maupun pencemaran air. Laboratorium kimia merupakan sarana untuk mengadakan penelitian mengenai bahan baku, proses maupun produksi.

Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas mutu produksi perusahaan. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku dan bahan pembantu, analisa proses dan analisa kualitas produk.

Tugas laboratorium antara lain :

- Memeriksa bahan baku dan bahan pembantu yang akan digunakan
- Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan
- Melakukan percobaan yang ada kaitannya dengan proses produksi
- Memeriksa kadar zat-zat pada buangan pabrik yang dapat menyebabkan pencemaran agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

Laboratorium melaksanakan kerja selama 24 jam sehari dibagi dalam kelompok kerja *shift* dan *non shift*.

a. Kelompok kerja *Non shift*

Kelompok ini mempunyai tugas melaksanakan analisa khusus yaitu analisa kimia yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang dibutuhkan laboratorium unit dalam rangka membantu pekerjaan kelompok *shift*. Kelompok tersebut melakukan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas antara lain:

- 1) Menyiapkan *reagen* untuk analisa laboratorium unit.
- 2) Menganalisa bahan buangan penyebab polusi tangki.
- 3) Melakukan penelitian atau pekerjaan untuk membantu kelancaran produksi.

b. Kelompok *shift*.

Kelompok kerja ini mengadakan tugas pemantauan dan analisa- analisa rutin terhadap proses produksi. Dalam melakukan tugasnya kelompok ini menggunakan sistem bergilir, yaitu kerja shift selama 24 jam dengan masing-masing *shift* bekerja selama 8 jam.

4.8.2 Program Kerja Laboratorium

Dalam upaya pengendalian mutu produk, pabrik biodiesel ini mengoptimalkan aktivitas laboratorium untuk pengujian mutu. Analisa pada proses pembuatan biodiesel ini dilakukan terhadap :

- a. Bahan baku trigliserida , yang dianalisa adalah kemurnian , densitas , kadar *impuritis/inert*, warna, viskositas, kelarutan dalam metanol, *specific gravity*, dan *indeks bias*.
- b. Bahan baku metanol, NaOH, HCl, yang dianalisa adalah kemurnian, kadar air, densitas, viskositas, kelarutan dalam metanol, *specific gravity*, kadar.
- c. Produk Biodiesel yang dianalisa sesuai setandar ASTM
- d. Produk samping gliserol yang diperiksa adalah densitas, kemurnian, viskositas.

Analisa untuk unit utilitas, meliputi :

- a. Air lunak proses kapur dan air proses untuk penjerihan, yang dianalisa pH, silikat sebagai SiO_2 , Ca sebagai CaCO_3 , Sulfur sebagai SiO_2 , Ca sebagai Cl_2 dan zat padat terlarut.

- b. Penukar ion, yang dianalisa kesadahan CaCO_3 , silikat sebagai SiO_2
- c. Air bebas mineral, analisa sama dengan penukar ion.
- d. Air umpan boiler, yang dianalisa meliputi pH, kesadahan, jumlah O_2 terlarut dalam Fe.
- e. Air dalam boiler, yang dianalisa meliputi pH, jumlah zat padat terlarut, kadar Fe, Kadar CaCO_3 , SO_3 , P_2O_4 , SiO_2 .
- f. Air minum, yang dianalisa meliputi pH, chlor sisa dan kekeruhan.

Dalam menganalisa harus diperhatikan juga mengenai sample yang akan diambil dan bahaya-bahaya pada pengambilan sample. Sampel yang diperiksa untuk analisa terbagi menjadi tiga (3) bentuk, yaitu:

a. Gas

Cara penanganan/analisa dalam bentuk gas dapat dilaksanakan langsung ditempat atau di unit proses atau bisa dilakukan dengan pengambilan sampel dengan botol gas sampel yang selanjutnya dibawa ke-laboratorium induk untuk dianalisa. Pengambilan sampel dalam bentuk gas harus diperhatikan segi keamanan, terlebih gas yang dianalisa berbahaya. Alat pelindung diri harus disesuaikan dengan sampel yang akan diambil. Arah angin juga harus diperhatikan, yaitu kita harus membelakangi angin.

b. Cairan

Untuk melakukan analisa pada bentuk cairan, terlebih dulu contoh harus didinginkan bila contoh yang akan dianalisa panas. Untuk contoh yang

berbahaya pengambilan cuplikan contoh dilakukan dengan pipet atau alat lainnya dan diupayakan tidak tertelan atau masuk mulut.

c. Padatan

Untuk mengambil sampel dalam bentuk padatan, dilakukan secara acak dan disimpan dalam tempat/botol yang tertutup. Sampel padatan disimpan dalam bentuk *container*/karung. Jumlah sampel yang harus diambil adalah akar dari jumlah *container*/karung yang ada. Sedangkan pengambilan sampel padatan dalam *conveyor* yang berjalan dengan titik pengambilan, yaitu dua titik dipinggir dan satu titik ditengah.

Untuk memnermudah nelaksanaan program kerja laboratorium. Maka laboratorium di pabrik ini dibagi menjadi 3 bagian :

1. Laboratorium Pengamatan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika terhadap semua arus yang berasal dari proses proses produksi maupun tangki serta mengeluarkan "*Certificate of Quality*" untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan. Jadi pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan produk akhir.

2. Laboratorium Analisa/Analitik

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku, produk akhir, kadar air, dan bahan kimia yang digunakan (*additive*, bahan-bahan injeksi, dan Iain-lain)

3. Laboratorium Penelitian, Pengembangan dan Perlindungan Lingkungan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap kualitas material terkait dalam proses yang digunakan untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan. Termasuk didalamnya adalah kemungkinan penggantian, penambahan, dan pengurangan alat proses.

4.8.3 Pembagian Jam Kerja

Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu :

- a. Pegawai non shift yang bekerja selama 8 jam dalam seminggu dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai *non shift termasuk* karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi di bawah tanggung jawan non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinyu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *non shift* :

Senin- Kamis = 07.00 - 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Jum'at = 07:00 – 16:00 (istirahat 11:00 – 13:00)

Sabtu = 07:00 - 12:00

Minggu = Libur, termasuk hari libur nasional

b. Jadwal kerja ini diberlakukan kepada karyawan yang berhubungan langsung dengan proses produksi. Pegawai *shift* bekerja 24 jam perhari yang terbagi dalam 3 *shift*. Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala shift, operator, karyawan-karyawan *shift*, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

Shift I = 08.00 - 16.00

Shift II = 16.00 - 24.00

Shift III = 24.00- 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift* :

Tabel 4.27 Jadwal kerja karyawan *shift*

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	-	I	I	I	-	II	II	II	-	III	III	III
B	I	-	II	II	II	-	III	III	III	-	I	I
C	II	II	-	III	III	III	-	I	I	I	-	II
D	III	III	III	-	I	I	I	-	II	II	II	-

4.8.4 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

4.8.4.1 Penggolongan Jabatan

Tabel 4.28 Penggolongan Jabatan

No.	Jabatan	Jenjang Pendidikan
1	Direktur Utama	Sarjana Teknik/Ekonomi/Hukum
2	Direktur Produksi dan Teknik	Sarjana Teknik
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
4	Direktur SDM dan Umum	Sarjana Teknik
5	Kepala Bagian Penelitian, Mutu, dan Pengembangan	Sarjana Kimia
6	Kepala Bagian Proses dan Utilitas	Sarjana Teknik Kimia
7	Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrument	Sarjana Teknik Mesin/Elektro
8	Kepala Bagian Keuangan	Sarjana Ekonomi
9	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Ekonomi
10	Kepala Bagian Kekayaan Perusahaan	Sarjana Ekonomi
11	Kepala Bagian SDM dan Administrasi	Sarjana Ekonomi
12	Kepala Bagian Umum dan Keamanan	Sarjana Hukum
13	Kepala Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan	Sarjana Teknik Lingkungan/Teknik Kimia
14	Kepala Seksi	Sarjana/Ahli Madya
15	Operator	STM/SLTA/Sederajat
16	Sekretaris	Sarjana Ekonomi
17	Karyawan	Ahli Madya/Sarjana
18	Medis	Sarjana Kedokteran
19	Paramedis	Akademisi Perawat
20	Lain-lain	STLA/Sederajat

4.8.4.2 Perincian Jumlah Karyawan

Tabel 4.29 Perincian Jumlah Karyawan Setiap Divisi

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Operasi	1
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1
4	Direktur SDM dan Umum	1
5	Kepala Bagian Produksi dan Utilitas	1
6	Kepala Bagian Listrik dan Instrumentasi	1
7	Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, Pengendalian Mutu	1
8	Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran	1
9	Kepala Bagian Administrasi	1
10	Kepala Bagian Humas dan Keamanan	1
11	Kepala Bagian K3 dan Lingkungan	1
12	Kepala Seksi Proses	1
13	Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk	1
14	Kepala Seksi Utilitas	1
15	Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel	1
16	Kepala Seksi Listrik dan Instrument	1
17	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	1
18	Kepala Seksi Laboratorium dan Pengembangan Mutu	1
19	Kepala Seksi Keuangan	1
20	Kepala Seksi Pemasaran	1
21	Kepala Seksi Tata Usaha	1
22	Kepala Seksi Personalia	1
23	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1
24	Kepala Seksi Keamanan	1
25	Kepala Seksi K3	1
26	Kepala Seksi Lingkungan	1
27	Karyawan Produksi	4
28	Karyawan Utilitas	4
29	Karyawan Bahan Baku dan Produk	6
30	Karyawan Listrik, Instrumentasi dan Pemeliharaan	6
31	Karyawan Litbang	4
32	Karyawan K3 dan Pengolahan Limbah	6
33	Karyawan Kas/Anggaran	4
34	Karyawan Pemasaran/Penjualan	4

Tabel 4.29 Perincian Jumlah Karyawan Setiap Divisi (Lanjutan)

35	Karyawan Humas dan Keamanan	8
36	Karyawan Administrasi	6
37	Operator Produksi	30
38	Operator Utilitas	15
39	Sekretaris	4
40	Dokter	2
41	Perawat	4
42	Supir	6
43	<i>Cleaning Service</i>	10
44	<i>Security</i>	9
45	Kepala Seksi Pendataan Audit	1
46	Kepala Seksi Perencanaan Keuangan	1
47	Kepala Seksi Pengendalian Keuangan	1
48	Kepala Seksi Pengadaan Bahan Baku	1
49	Kepala Seksi Pengadaan Bahan Pendukung	1
50	Kepala Seksi Akuntansi	1
Total		164

4.8.4.3 Sistem Gaji Pegawai

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

a. Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

b. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c. Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan

Tabel 4.30 Penggolongan gaji berdasarkan jabatan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Gaji/Tahun
1	Direktur Utama	1	Rp 45.000.000	Rp 540.000.000
2	Direktur Teknik dan Operasi	1	Rp 30.000.000	Rp 360.000.000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp 30.000.000	Rp 360.000.000
4	Direktur SDM dan Umum	1	Rp 30.000.000	Rp 360.000.000
5	Kepala Bagian Produksi dan Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
6	Kepala Bagian Listrik dan Instrumentasi	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
7	Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, Pengendalian Mutu	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
9	Kepala Bagian Administrasi	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
10	Kepala Bagian Humas dan Keamanan	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
11	Kepala Bagian K3 dan Lingkungan	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
12	Kepala Seksi Proses	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
13	Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
14	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
15	Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
16	Kepala Seksi Listrik dan Instrument	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000

Tabel 4.30 Penggolongan gaji berdasarkan jabatan (Lanjutan)

17	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
18	Kepala Seksi Laboratorium dan Pengembangan Mutu	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
19	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
20	Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
21	Kepala Seksi Tata Usaha	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
22	Kepala Seksi Personalia	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
23	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
24	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
25	Kepala Seksi K3	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
26	Kepala Seksi Lingkungan	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
27	Karyawan Produksi	4	Rp 6.000.000	Rp 288.000.000
28	Karyawan Utilitas	4	Rp 6.000.000	Rp 288.000.000
29	Karyawan Bahan Baku dan Produk	6	Rp 6.000.000	Rp 432.000.000
30	Karyawan Listrik, Instrumentasi dan Pemeliharaan	6	Rp 6.000.000	Rp 432.000.000
31	Karyawan Litbang	4	Rp 6.000.000	Rp 288.000.000
32	Karyawan K3 dan Pengolahan Limbah	6	Rp 6.000.000	Rp 432.000.000
33	Karyawan Kas/Anggaran	4	Rp 5.000.000	Rp 240.000.000
34	Karyawan Pemasaran/Penjualan	4	Rp 5.000.000	Rp 240.000.000
35	Karyawan Humas dan Keamanan	8	Rp 5.000.000	Rp 480.000.000
36	Karyawan Administrasi	6	Rp 5.000.000	Rp 360.000.000
37	Operator Produksi	30	Rp 7.000.000	Rp 2.520.000.000
38	Operator Utilitas	15	Rp 7.000.000	Rp 1.260.000.000
39	Sekretaris	4	Rp 6.500.000	Rp 312.000.000
40	Dokter	2	Rp 10.000.000	Rp 240.000.000

Tabel 4.30 Penggolongan gaji berdasarkan jabatan (Lanjutan)

41	Perawat	4	Rp 5.000.000	Rp 240.000.000
42	Supir	6	Rp 3.900.000	Rp 280.800.000
43	<i>Cleaning Service</i>	10	Rp 3.900.000	Rp 468.000.000
44	<i>Security</i>	9	Rp 3.900.000	Rp 421.200.000
45	Kepala Seksi Pendataan Audit	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
46	Kepala Seksi Perencanaan Keuangan	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
47	Kepala Seksi Pengendalian Keuangan	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
48	Kepala Seksi Pengadaan Bahan Baku	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
49	Kepsi Seksi Pengadaan Bahan Pendukung	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
50	Kepala Seksi Akuntansi	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
Total		164	Rp 553.200.000	Rp 14.622.000.000

4.8.4.4 Kesejahteraan Karyawan

Peningkatan efektifitas kerja pada perusahaan dilakukan dengan cara pemberian fasilitas untuk kesejahteraan karyawan. Upaya yang dilakukan selain memberikan upah resmi adalah memberikan beberapa fasilitas lain kepada setiap tenaga kerja berupa :

1. Cuti hamil bagi karyawan wanita
2. Fasilitas cuti tahunan selama 12 hari.
3. Fasilitas cuti sakit berdasarkan surat keterangan dokter.
4. Tunjangan hari raya dan bonus berdasarkan jabatan.
5. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja lebih dari jumlah jam kerja pokok.

6. Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
7. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.
8. Fasilitas asuransi tenaga kerja, meliputi tunjangan kecelakaan kerja dan tunjangan kematian, yang diberikan kepada keluarga tenaga kerja yang meninggal dunia baik karena kecelakaan sewaktu bekerja.
9. Pelayanan kesehatan berupa biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit akibat kecelakaan kerja.
10. Penyediaan kantin, tempat ibadah dan sarana olah raga.
11. Penyediaan seragam dan alat-alat pengaman (sepatu dan sarung tangan).
12. *Family Gathering Party* (acara berkumpul semua karyawan dan keluarga) setiap satu tahun sekali.
13. Pakaian kerja diberikan pada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.
14. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

4.9 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak. Untuk itu pada perancangan pabrik Biodiesel ini dibuat evaluasi atau penilaian investasi yang ditinjau dengan beberapa metode yang ditinjau terlebih dahulu. Dalam penentuan kelayakan dari suatu rancangan pabrik kimia diperlukan estimasi profitabilitas. Estimasi profitabilitas meliputi beberapa faktor yang ditinjau yaitu :

1. *Return On Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Break Even Point* (BEP)
4. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)
5. *Shut Down Point* (SDP)

Terdapat beberapa analisa yang perlu dilakukan sebelum melakukan estimasi profitabilitas dari suatu rancangan pabrik kimia. Analisa tersebut terdiri dari penentuan modal industri (*Capital Investment*) dan pendapatan modal. Penentuan modal industri terdiri dari :

1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
2. Modal Kerja
3. Biaya Produksi Total
 - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)

b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Analisa pendapatan modal berfungsi untuk mengetahui titik impas atau *Break Even Point* dari suatu rancangan pabrik. Analisa pendapatan modal terdiri dari :

a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost*)

4.9.1 Harga Alat

Harga dari suatu alat industriakan berubah seiring dengan perubahan ekonomi. Maka diperlukan perhitungan konversi harga alat sekarang terhadap harga alat beberapa tahun lalu.

Tabel 4.31 Indeks harga tiap tahun

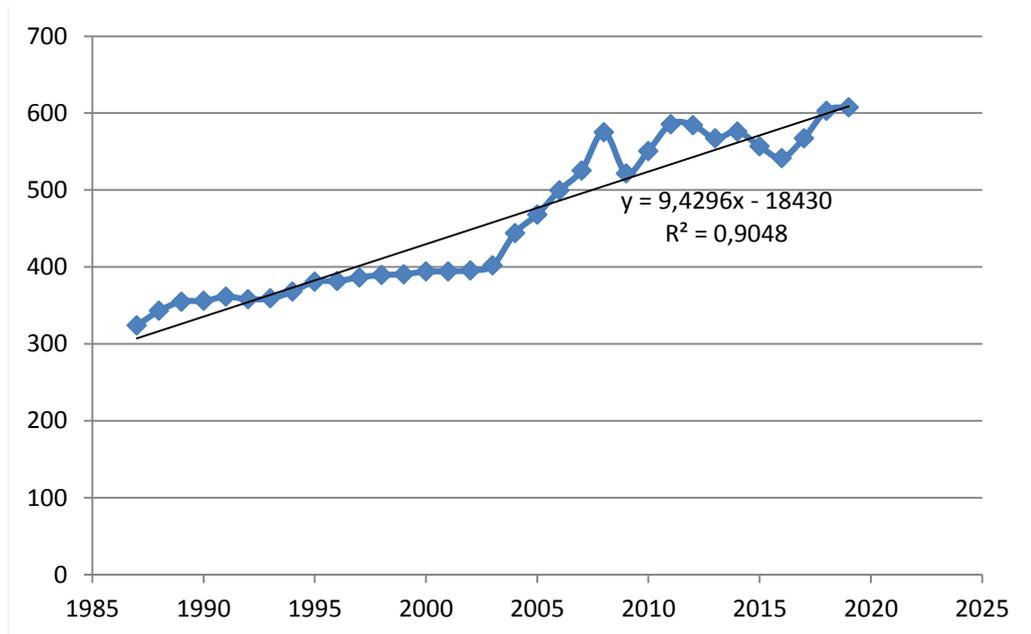
No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	356
5	1991	361,3
6	1992	358,2
7	1993	359,2
8	1994	368,1
9	1995	381,1
10	1996	381,7
11	1997	386,5
12	1998	389,5
13	1999	390,6
14	2000	394,1
15	2001	394,3
16	2002	395,6

Tabel 4.31 Indeks harga tiap tahun (Lanjutan)

17	2003	402
18	2004	444,2
19	2005	468,2
20	2006	499,6
21	2007	525,4
22	2008	575,4
23	2009	521,9
24	2010	550,8
25	2011	585,7
26	2012	584,6
27	2013	567,3
28	2014	576,1
29	2015	556,8
30	2016	541,7
31	2017	567,5
32	2018	603,1
33	2019	607,5

Sumber : *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)* (www.che.com)

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi linier yang diperoleh adalah $y = 9,4296 x - 18.430$. Pabrik biodiesel dari minyak jarak kapasitas 30.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2025, maka dari persamaan regresi linier diperoleh indeks sebesar 664,94. Berikut adalah grafik hasil *plotting* data.



Gambar 4.7 Grafik tahun vs indeks harga

Harga alat diperoleh dari situs *matches* (www.matches.com) dan buku karangan Peters & Timmerhaus. Perhitungan alat pada tahun pabrik dibangun diperoleh dengan rumus berikut (Aries & Newton, 1955)

Keterangan =

Ex : Harga pembelian alat pada tahun 2019

Ey : Harga pembelian alat pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun 2019

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan rumus tersebut.

Tabel 4.32 Harga alat pada tahun 2019

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
			2015	2025	2015	2025
Tangki NaOH	T-01	1	556,8	664,94	\$ 11.100	\$ 13.255,81
Tangki Methanol	T-02	1	556,8	664,94	\$ 70.500	\$ 84.192,30
Tangki Methanol	T-06	1	556,8	664,94	\$ 41.500	\$ 49.560,00
Tangki Minyak Jarak	T-03	1	556,8	664,94	\$ 46.800	\$ 55.889,35
Tangki HCl	T-04	1	556,8	664,94	\$ 14.500	\$ 17.316,15
Tangki Biodiesel	T-05	1	556,8	664,94	\$ 148.300	\$ 177.102,37
<i>Screw Conveyor</i>	SC	1	556,8	664,94	\$ 7.000	\$ 8.359,52
<i>Mixer</i>	M-01	1	556,8	664,94	\$ 87.500	\$ 104.493,98
Reaktor 1 Transeseterifikasi	R-01	1	556,8	664,94	\$ 43.100	\$ 51.470,75
Reaktor 2 Transeseterifikasi	R-02	1	556,8	664,94	\$ 43.100	\$ 51.470,75
Reaktor 3 Transeseterifikasi	R-03	1	556,8	664,94	\$ 43.100	\$ 51.470,75
<i>Netralizer</i>	N-01	1	556,8	664,94	\$ 46.300	\$ 55.292,24
Dekanter 1	D-01	1	556,8	664,94	\$ 24.000	\$ 28.661,21
Dekanter 2	D-02	1	556,8	664,94	\$ 24.000	\$ 28.661,21
<i>Washing Tower</i>	WT-01	1	556,8	664,94	\$ 35.700	\$ 42.633,55
Evaporator 1	EV-01	1	556,8	664,94	\$ 103.700	\$ 123.840,30
Evaporator 2	EV-02	1	556,8	664,94	\$ 56.500	\$ 67.473,26
<i>Heater 1</i>	HE-01	1	556,8	664,94	\$ 700	\$ 835,95
<i>Heater 2</i>	HE-02	1	556,8	664,94	\$ 1.100	\$ 1.313,64
<i>Cooler 1</i>	CO-01	1	556,8	664,94	\$ 13.000	\$ 15.524,82
<i>Cooler 2</i>	CO-02	1	556,8	664,94	\$ 16.500	\$ 19.704,58
<i>Cooler 3</i>	CO-03	1	556,8	664,94	\$ 11.300	\$ 13.494,65
<i>Condensor</i>	CD-01	1	556,8	664,94	\$ 38.900	\$ 46.455,04
Pompa 1	P-01	2	556,8	664,94	\$ 8.800	\$ 21.018,22
Pompa 2	P-02	2	556,8	664,94	\$ 8.800	\$ 21.018,22

Tabel 4.32 Harga alat pada tahun 2019 (Lanjutan)

Pompa 3	P-03	2	556,8	664,94	\$ 12.600	\$ 30.094,27
Pompa 4	P-04	2	556,8	664,94	\$ 8.800	\$ 21.018,22
Pompa 5	P-05	2	556,8	664,94	\$ 12.600	\$ 30.094,27
Pompa 6	P-06	2	556,8	664,94	\$ 8.800	\$ 21.018,22
Pompa 7	P-07	2	556,8	664,94	\$ 12.600	\$ 30.094,27
Pompa 8	P-08	2	556,8	664,94	\$ 12.600	\$ 30.094,27
Pompa 9	P-09	2	556,8	664,94	\$ 12.600	\$ 30.094,27
Pompa 10	P-10	2	556,8	664,94	\$ 12.600	\$ 30.094,27
Pompa 11	P-11	2	556,8	664,94	\$ 12.600	\$ 30.094,27
Pompa 12	P-12	2	556,8	664,94	\$ 8.800	\$ 21.018,22
Pompa 13	P-13	2	556,8	664,94	\$ 8.800	\$ 21.018,22
Total		49				\$ 1.445.241,36

4.9.2 Perhitungan Biaya

4.9.2.1 Capital Invesment

Capital Investment merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. Capital Investment terdiri dari:

1. *Fixed Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

2. *Working Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

4.9.2.2 Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct Manufacturing Cost*, *Indirect Manufacturing Cost* dan *Fixed Manufacturing Cost*, atau biaya – biaya yang bersangkutan dalam pembuatan produk. *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Cost Direct Cost*

Pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost Indirect Cost*

Pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

Biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4.9.3 General Expense

General Expanses atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

4.9.4 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan. Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut adalah perhitungan – perhitungan yang digunakan dalam analisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

4.9.4.1 Percent Return On Investment (ROI)

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit (Keuntungan)}}{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$

4.9.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) adalah jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan sebuah penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

2. Waktu minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$\text{Pay Out Time (POT)} = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Deprisasi})}$$

4.9.4.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah titik impas (kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian). Kapasitas pabrik pada saat *sales value* sama dengan total *cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan untung jika beroperasi di atasnya.

1. Titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
3. Kapasitas produksi pada saat sales sama dengan total *cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.

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

Keterangan:

- 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

4.9.4.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).
2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.

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

4.9.4.5 Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) merupakan Evaluasi keuntungan dengan cara *discounted cash flow* uang tiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik (*present value*).

1. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
2. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
3. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan DCFR

Keterangan :

$$(FC + WC) (1 + t)^N = C \sum_{n=3}^{n=N-1} \frac{1}{(1 + i)^n} + WC + SV$$

- FC : *Fixed capital*

- i : Nilai DCFR

- WC : *Working capital*

- n : *Umur Pabrik = 10 Tahun*

- SV : *Salvage value*

- C : *Cash flow (profit after taxes + depresiasi + finance)*

4.9.5 Hasil Perhitungan

4.9.5.1 Penentuan Fixed Capital Investment (FCI)

Tabel 4.33 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 19.580362.071	\$ 1.375.750
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 4.895.090.518	\$ 343.938
3	Instalasi cost	Rp 8.191.352.998	\$ 575.539
4	Pemipaan	Rp 22.237.373.321	\$ 1.562.436
5	Instrumentasi	Rp 9.816.515.278	\$ 689.725
6	Insulasi	Rp 1.730.726.622	\$ 121.604
7	Listrik	Rp 3.518.655.343	\$ 247.227
8	Bangunan	Rp 26.950.000.000	\$ 1.893.553
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 135.450.000.000	\$ 9.516.951
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp 232.370.076.150	\$ 16.326.722

Tabel 4.34 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 48.758.405.339	\$ 3.425.850
<i>Total (DPC + PPC)</i>		Rp 281.128.481.489	\$ 19.752.572

Tabel 4.35 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 281.128.481.489	\$ 19.752.572
2	Kontraktor	Rp 271.327.293	\$ 19.064
3	Biaya tak terduga	Rp 678.318.233	\$ 47.660
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp 282.078.127.016	\$ 19.819.296

4.9.5.2 Penentuan Total Production Cost (TPC)

Tabel 4.36 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 102.079.661.156	\$ 7.172.293
2	<i>Labor</i>	Rp 19.302.000.000	\$ 1.356.192
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.930.200.000	\$ 135.619
4	<i>Maintenance</i>	Rp 5.870.001.551	\$ 412.436
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 880.500.233	\$ 61.865
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 2.811.117.810	\$ 197.514
7	<i>Utilities</i>	Rp 5.696.019.011	\$ 400.212
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp 138.569.499.761	\$ 9.736.132

Tabel 4.37 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.895.300.000	\$ 203.429
2	<i>Laboratory</i>	Rp 1.930.200.000	\$ 135.619
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 9.651.000.000	\$ 678.096
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 14.055.589.052	\$ 987.570
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp 28.532.089.052	\$ 2.004.714

Tabel 4.38 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 23.480.006.205	\$ 1.649.746
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 5.870.001.551	\$ 412.436
3	<i>Insurance</i>	Rp 2.935.000.776	\$ 206.218
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp 32.285.008.532	\$ 2.268.400

Tabel 4.39 Total Manufacturing Cost (TMC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 138.569.499.761	\$ 9.736.132
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 28.532.089.052	\$ 2.004.714
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 32.285.008.532	\$ 2.268.400
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp 199.386.597.345	\$ 14.009.246

Tabel 4.40 Total Working Capital (TWC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 2.165.326.146	\$ 152.140
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 302.100.905	\$ 21.226
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 4.229.412.671	\$ 297.166
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 5.962.977.174	\$ 418.969
5	<i>Available Cash</i>	Rp 18.126.054.304	\$ 1.273.568
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp 30.785.871.200	\$ 2.163.068

Tabel 4.41 General Expense (GE)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 5.981.597.920	\$ 420.277
2	<i>Sales expense</i>	Rp 9.969.329.867	\$ 700.462
3	<i>Research</i>	Rp 6.978.530.907	\$ 490.324
4	<i>Finance</i>	Rp 6.485.718.975	\$ 455.698
<i>General Expense (GE)</i>		Rp 29.415.177.670	\$ 2.066.761

Tabel 4.42 Total Production Cost (TPC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Manufacturing Cost (MC)	Rp 199.386.597.345	\$ 14.009.246
2	General Expense (GE)	Rp 29.415.177.670	\$ 2.066.761
Total Production Cost (TPC)		Rp 228.801.775.015	\$ 16.076.007

4.9.5.3 Penentuan Fixed Cost (Fa)

Tabel 4.43 Fixed Cost (Fa)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	Rp 23.480.006.205	\$1.649.746
2	Property taxes	Rp 5.870.001.551	\$ 412.436
3	Insurance	Rp 2.935.000.776	\$ 206.218
Fixed Cost (Fa)		Rp 32.285.008.532	\$ 2.268.400

4.9.5.4 Penentuan Variable Cost (Va)

Tabel 4.44 Variable Cost (Va)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	Rp 102.079.661.156	\$ 7.172.293
2	Packaging & shipping	Rp 14.055.589.052	\$ 987.570
3	Utilities	Rp 5.696.019.011	\$ 400.212
4	Royalties and Patents	Rp 2.811.117.810	\$ 197.514
Variable Cost (Va)		Rp 124.642.387.030	\$ 8.757.589

4.9.5.5 Penentuan Regulated Cost (Ra)

Tabel 4.45 *Regulated Cost (Ra)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	Rp 19.302.000.000	\$ 1.356.192
2	Plant overhead	Rp 9.651.000.000	\$ 678.096
3	Payroll overhead	Rp 2.895.300.000	\$ 203.429
4	Supervision	Rp 1.930.200.000	\$ 135.619
5	Laboratory	Rp 1.930.200.000	\$ 135.619
6	Administration	Rp 5.981.597.920	\$ 420.277
7	Finance	Rp 6.485.718.975	\$ 455.698
8	Sales expense	Rp 9.969.329.867	\$ 700.462
9	Research	Rp 6.978.530.907	\$ 490.324
10	Maintenance	Rp 5.870.001.551	\$ 412.436
11	Plant supplies	Rp 880.500.233	\$ 61.865
	Regulated Cost (Ra)	Rp 71.874.379.454	\$ 5.050.018

4.9.5.6 Analisa Keuntungan

Annual Sales (AS) = Rp 281.111.781.045

Total Production Cost = Rp 228.801.775.015

Keuntungan Sebelum Pajak = Rp 52.310.006.030

Keuntungan Setelah Pajak = Rp 39.232.504.523

Harga Jual Biodiesel = Rp 6.941

4.9.5.7 Percent Return On Investment (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 17,82 %

ROI setelah pajak = 13,37 %

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% dan syarat ROI sebelum pajak maksimum adalah 44% (Aries & Newton, 1955).

4.9.5.8 Pay Out Time (POT)

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

POT sebelum pajak = 3,9 tahun

POT setelah pajak = 4,7 tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun dan syarat POT setelah pajak maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

4.9.5.9 Break Even Point (BEP)

$$BEP = \frac{(Fa + 0.3Ra)}{(Sa - Va - 0.7Ra)} \times 100\%$$

BEP = 50,72 %

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% – 60 %.

4.9.5.10 Shut Down Point

$$SDP = \frac{0.3Ra}{(Sa - Va - 0.7Ra)} \times 100\%$$

$$\text{SDP} = 20,31 \%$$

4.9.5.11 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

$$(\text{FC} + \text{WC}) (1 + t)^N = C (x + a)^n = \sum_{n=3}^{n=N-1} (1 + i)^N + \text{WC} + \text{SV} \cdot$$

$$\text{Umur pabrik} = 10$$

$$\text{Fixed Capital Cost} = \text{Rp } 32.285.008.532$$

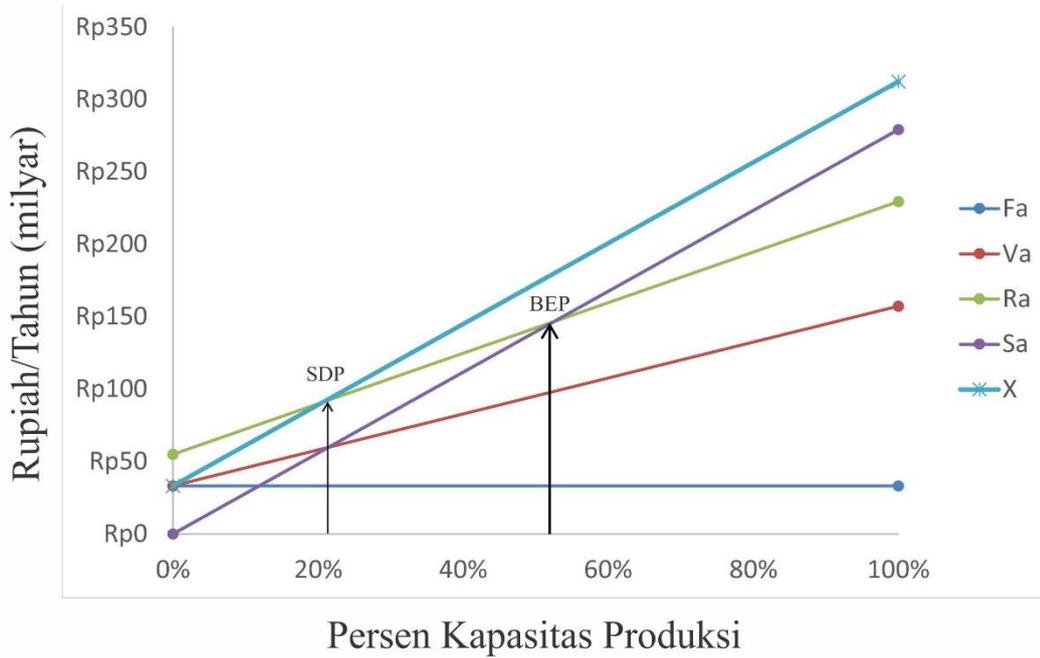
$$\text{Working Capital} = \text{Rp } 30.785.871.200$$

$$\text{Salvage Value (SV)} = \text{Rp } 23.480.006.205$$

$$\text{Cash flow (CF)} = \text{Annual profit} + \text{depresiasi} + \text{finance}$$

$$= \text{Rp } 55.074.528.074$$

Dengan *trial and error* diperoleh nilai i sebesar 16,37%. Dengan suku bunga deposito acuan Bank Mandiri pada tanggal 1 bulan oktober tahun 2020 adalah sebesar 3,5 % x 1,5 yaitu sebesar 5,25% (Minimum), maka nilai DCFR yang didapat melebihi nilai minimum.



Gambar 4.8 Nilai SDP dan BEP

- = Garis *Fixed Cost* (Fa)
- = Garis *Variable Cost* (Va)
- = Garis *Regulated Cost* (Ra)
- = Garis *Sales* (Sa)
- = Garis *Bantu*

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pabrik Biodiesel dari minyak jarak dan methanol dengan proses transesterifikasi ini digolongkan pabrik beresiko rendah karena dijalankan pada variabel suhu dan tekanan operasi rendah, bahan baku dan produk tidak beracun. Dari hasil perhitungan prarancangan pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar ini membutuhkan bahan baku berupa minyak jakar pagar dan methanol (CH_3OH), dimana kebutuhan minyak jarak adalah sebesar 29.970 ton/tahun dan sedangkan untuk methanol (CH_3OH) sebanyak 5.794,9031 ton/tahun. Pabrik biodiesel ini tergolong sebagai pabrik yang beresiko rendah karena :

1. Berdasarkan hasil analisis ekonomi sebagai berikut :

a. Keuntungan yang diperoleh :

- Keuntungan sebelum pajak : Rp 52.310.006.030

- Keuntungan setelah pajak : Rp 39.232.504.523

b. *Return On investment* (ROI) :

- Persen ROI sebelum pajak sebesar 17,82 %

- Persen ROI setelah pajak sebesar 13,37 %

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% dan untuk ROI setelah pajak maksimum adalah 44 % (Aries & Newton, 1955).

c. *Pay Out Time (POT)*

POT sebelum pajak selama 3,9 tahun dan POT setelah pajak selama 4,7 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun dan syarat POT setelah pajak maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

d. *Break Even Point (BEP)*

Break Event Point yang diperoleh sebesar 50,72 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% - 60%.

e. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point yang diperoleh sebesar 20,31 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 20% - 30%.

f. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate diperoleh sebesar 16,37 %. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu dengan suku bunga acuan Bank Mandiri pada tanggal 1 bulan oktober tahun 2020 sebesar 3,5 % x 1,5 yaitu sebesar 5,25 % (Minimum), maka nilai DCFR yang didapat melebihi nilai minimum.

Dari perhitungan utilitas terhadap kebutuhan air, listrik dan *steam*, didapat bahwa kebutuhan air pabrik secara keseluruhan sebesar 29.094,6023 kg/jam atau 230.429.250,1 kg/tahun, dengan masing-masing terdiri dari kebutuhan air untuk air pendingin sebanyak 24.071,5617 kg/jam, air untuk *steam* sebanyak 873,2633 kg/jam, untuk kebutuhan air domestik sebanyak 2554,1667 kg/jam, dan untuk kebutuhan *service water* sebanyak 540 kg/jam. Sedangkan untuk kebutuhan listrik total baik untuk alat proses maupun untuk proses lainnya sebesar 95,3202 kW.

Pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar (*Jathropa curcas L*) merupakan pabrik yang resiko rendah dengan kapasitas 30.000 ton/tahun beroperasi selama 330 hari tiap tahun dalam 24 jam. Selain perhitungan secara teknis dilakukan juga perhitungan secara ekonomis dan berdasarkan perhitungan tersebut, pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar dengan proses transesterifikasi kapasitas produksi 30.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman terhadap konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemeliharaan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan, sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.

2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang ramah lingkungan.

Produk biodiesel dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan energi campuran dari bahan bakar minyak di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat. Produk biodiesel untuk memenuhi kebutuhan energi campuran dari bahan bakar minyak dimasa mendatang.



DAFTAR PUSTAKA

- 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. 2020. *equipment cost*. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 17 Oktober 2020 pukul 21.45 WIB
- Peters, M., Timmerhause, K., dan West, R. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical engineers*. McGraw Hill. New York.
- Perry, R. H., and Green, D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineers, 7th ed.* McGraw Hill Companies Inc. USA.
- R.K.Sinnot. 1983. *An Introduction to Chemical Engineering Design*. Pergamon Press. Oxford.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Handbooks. New York.
- Wallas, S.M. *Chemical Process Equipment*. Mc. Graw Hill Book Koagakusha Company. Tokyo
- Aries, R.S., and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc Graw Hill Handbook Co. Inc., New York

Austin, G.T. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries*, 5th ed. Mc Graw Hill

Book Co., Inc. New York

Badan Pusat Statistik. 2020. Statistic Indonesia. www.bps.go.id. Diakses pada

Tanggal 06 Agustus 2020 pukul 09.00 WIB

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.

Coulson, J.J and Richardson, J.F, 1983, "*Chemical Equiment Design*", John Wiley

and Sons.Inc, New York.

Kirk, R. E., and Othmer D. F. 1998. *Encyclopedia of Chemical Technology, 4th ed.*

The Interscience Encyclopedia Inc. New York.

Kern, D.Q., 1983, *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New

York

Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, *Unit Operation of Chemical*

Engineering, 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Rase, H.F., and Barrow, M.H., 1957, *Project Engineering of Process Plants*,

Wiley, Inc., New York

Treyball, R.E., 1981, "Mass Transfer Operation", 3 ed., Mc. Graw Hill Book Company, Inc., Singapore.

www.labchem.com diakses pada 11 Agustus 2020

Knothe, 2002. Standar SNI biodiesel.

Legowo et al, 2001. Karakteristik biodiesel secara umum.

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.

LAMPIRAN A

REAKTOR

Fungsi : Tempat Berlangsungnya reaksi antara minyak jarak dan metanol dengan katalis Natrium Hidroksida (NaOH).

Jenis : Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (RATB) dengan jaket Pendingin.

Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Bentuk : Tangki Silinder

Kondisi Operasi : *Isothermal*

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

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

Neraca Panas

Cp Trigliserida ($\text{CH}_2\text{-OOC-R-CH-OOC-R-CH}_2\text{-OOC-R}$)

$$= \text{CH}_2\text{-OOC-(CH}_2\text{)}_{14}\text{CH}_3\text{-CH-OOC-(CH}_2\text{)}_{14}\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-OOC-(CH}_2\text{)}_{14}\text{CH}_3$$

$$= 44(-\text{CH}_2\text{-}) + 3(-\text{COO=}) + 3(-\text{CH}_3\text{-}) + 1(-\text{CH=})$$

$$= 348 \text{ kal/molC}$$

$$= 1457.005704 \text{ J/molC}$$

$$= 1.457005704 \text{ KJ/molK}$$

Cp FFA

$$= (1(-\text{CH}_3-)) + 14(\text{CH}_2) + 1(\text{CH}) + 1(\text{COOH})$$

$$= 120 \text{ kal/molC}$$

$$= 502.41576 \text{ J/molC}$$

$$= 0.50241576 \text{ KJ/molK}$$

Kapasitas panas

(Cp, J/molK)

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3$$

Sumber : Yaws

Komponen	A	B	C	D	E	Cp @ 25 C
H2O (l)	9.E+01	-4.E-02	-2.E-04	5.E-07		75.55
H2O (g)	3.E+01	-8.E-03	3.E-05	-2.E-08	4.E-12	
NaOH	9.E+01	-5.E-04	-5.E-06	1.E-09		-
Methanol (l)	4.E+01	3.E-01	-1.E-03	1.E-06		79.73
Methanol (g)	4.E+01	-4.E-02	2.E-04	-2.E-07	6.E-07	
Glycerol	1.E+02	9.E-01	-2.E-01	2.E-06		260.94
HCl	7.E+01	-1.E-01	-8.E-05	3.E-06		98.37
NaCl	1.E+02	-3.E-02	1.E-06	6.E-09		-
TG						
FFA						
M.E	2.E+02	3.E+00	-6.E-03	6.E-06		643.39

Harga Cp setiap gugusan

Gugus	Harga
-CH3	8.8
-CH2-	6.2
-CH	5.3
-C-	2.9
=C-	2.9
-COO-	14.5
-COOH	19.1

Lyman, 1980 dan Reid

Data ΔH_f 298K

untuk estimasi

Gugus	Harga ΔH_f 298K
-CH ₃	-76.45
-CH ₂ -	-20.64
-CH	29.89
-C-	82.23
=CH ₂	-9.63
CH	37.97
=C-	83.99
-COO-	-337.92
-COOH	-426.72

Perry (1997)

Senyawa	Harga ΔH_f 298K (kkal/mol)	
	kkal/mol	KJ/mol
NaOH	-101.96	-426.601
Methanol	-48.08	-201.167
H ₂ O	-68.3174	-285.84
Glyserol	-139.8	-584.923
NaCl	-98.321	-411.375
HCl	-97.324	-407.204

Reklaitis (1983) dan Perry (1997)

$$\text{Rumus : } \Delta H_f 298K = 68,29 + \sum N_i \Delta H_i \quad (\text{Perry, 1997})$$

$$\Delta H_f 298K \text{ TG} = 68,29 + \sum N_i \Delta H_i$$

Densitas	$A \cdot B^{-(1-T/T_c)^n}$				(g/ml)
Komponen	A	B	n	T _c	density @25C
H ₂ O (l)	0.3471	0.274	0.28571	647.13	1.027
NaOH	0.19975	0.09793	0.25382	2620	-
Methanol (l)	0.27197	0.27192	0.2331	512.58	0.787
Glyserol	0.34908	0.24902	0.1541	723	1.257
HCl	0.44134	0.26957	0.3167	324.65	0.796
NaCl	0.22127	0.10591	0.37527	3400	-
TG	0.2583	0.23756	0.286	775	
FFA	0.28245	0.26812	0.2897	781	
M.E	0.27971	0.2624	0.33247	764	

Data Vapor Pressure

$$\log P = A + B/T + C \log T + DT + E T^2 \quad (P \text{ dalam mmHg, } T \text{ dalam K})$$

Komponen	A	B	C	D	E	T _{min}	T _{max}
Methanol	45.6171	3.24E+03	1.40E+01	6.64E-03	-1.05E-13	175.47	512.58
H ₂ O	29.8605	3.15E+03	7.30E+00	2.42E-09	1.81E-06	273.16	647.13
TG	236.0919	-3.E+04	-7.E+01	1.E-10	7.9734.E-06		
FFA	78.6973	-9.E+03	-2.E+01	5.E-11	2.6578.E-06		
Gliserol	-62.7929	-4.E+03	3.E+01	-5.E-02	2.8300.E-05		

Kapasitas Panas (Cp) Sumber : Yaws**Satuan : Joule/molK**

Suhu referensi = 25 / 298.15 K

1. Mixer**Panas Masuk****F1**

T	30	303.15	K
komponen	kmol/jam	Cp dt (kJ/kmol)	$\Delta H1$
NaOH	0,9214	435,5762	401,3405
H2O	0,0020	377,4864	0,7729
Total			402,1135

F2

T 30 303.15 K

komponen	kmol/jam	Cp dt (kJ/kmol)	$\Delta H1$
Methanol	22,8636	400,7148	9161,7679
H2O	0,0025	377,4864	0,9590
Total			9162,7268

Panas Keluar**F3**

T 30 303.15 K

komponen	kmol/jam	Cp dt (kJ/kmol)	$\Delta H2$
NaOH	0,9214	435,5762	401,340537
Methanol	22,8636	400,7148	9161,7679
H2O	0,0046	377,4864	1,7319
Total			9564,8403

Panas Masuk = Panas Keluar

Panas Masuk = 9564,8403

Panas Keluar = 9564,8403

**Thermal
Conductivity**

$$\log k = A+B ((1-T/C)^{(2/7)})$$

Komponen	A	B	C	Tmin	Tmax	k @25C
NaOH	-3.2252	4.0.E-03	5.1.E-06			
Methanol	-1.1793	0.6191	512.58	175	487	0.2011
TG	-1.7073	0.9823	775			
FFA	-2.9905	2.6266	781			
H2O	-0.2758	4.61E-03	-5.54E-06	273	633	0.607
M.E	-2.9905	2.6266	781			
Gliserol	-0.355	-0.2097	723			
NaCl	51.6119	-2.96E-01	4.71E-04	80	380	5.157

Enthalpy Of Vaporization

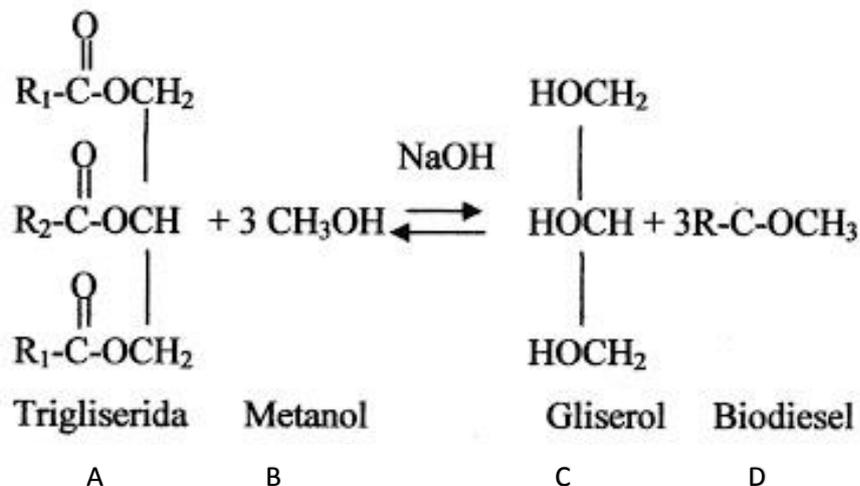
Panas latent (Hv1)

$$H_{vap} = A (1-T/T_c)^n, \text{kJoule/mol}$$

Komponen	A	Tc	n	Tb	HvAP @Tb
Methanol	52.723	512.58	0.377	337.85	35.14
H2O	52.053	647.13	0.321	373.15	39.5

A. Menghitung Kecepatan Volumetris Umpan

Persamaan reaksi :



Komponen	kg/jam	BM	kmol/jam	fr berat
NaOH	36.856	40.00	0.9214	0.0081
Methanol	731.634	32.00	22.8636	0.1606
TG	3685.606	806.00	4.5727	0.8089
FFA	98.485	256.00	0.3847	0.0216
H2O	3.870	18.00	0.2150	0.0008
Total	4556.451	1152.000	28.957	1.000

Densitas

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

Komponen	$(1-T/T_c)^n$	Densitas	Campuran
NaOH	0.9661	1.8851	0.0152
Methanol	0.7830	0.7539	0.1211
TG	0.8515	0.8784	0.7105
FFA	0.8512	0.8661	0.0187
H2O	0.8133	0.9948	0.0008

Viskositas

Komponen	$\log \mu$	μ (cP)
NaOH	2.8257	669.397
Methanol	-0.4471	0.357
TG	1.0237	10.562
FFA	1.0237	10.562
H2O	-0.3305	0.467

Densitas Umpan

Komponen	Massa (kg/jam)	Densitas (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)	Viskositas	Viskositas Camp
NaOH	36.8561	1885.0919	0.0196	669.397	1.20837E-05
Methanol	731.6340	753.9262	0.9704	0.357	0.4495
TG	3685.6061	878.3799	4.1959	10.562	0.0766
FFA	98.4848	866.0606	0.1137	10.562	0.0020
H2O	3.8705	994.8173	0.0039	0.467	0.0018
jumlah	4556.4514	5378.2760	5.3035	691.3451	0.5300

Reaksi :



A = Triglicerida B = Methanol C = Gliserol D = Biodiesel

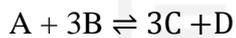
	TG	3Methanol	3M.E	Gliserol
mula-mula	4,5727	22,8636		
reaksi	4,3441	13,0322	13,0322	
setimbang	0,2286	9,8313	13,0322	

$$D = M.E = 3518,7021 \text{ kg/jam}$$

$$C = \text{Gliserol} = 399,6550 \text{ kg/jam}$$

$$B = \text{Methanol sisa} = 314,6026 \text{ kg/jam}$$

$$A = \text{TG sisa} = 184,2803 \text{ kg/jam}$$



Menghitung Konsentrasi

$$\text{Konsentrasi Cao} = 0.862206 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Konsentrasi Cbo} = 4.3110 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Ratio Mol (M)} = 5$$

$$\text{waktu (t)} = 1 \text{ jam}$$

$$X_a = 0.95$$

Diketahui :

	mula-mula	RX	sisanya
A	FAO	FA X	FA = FAO - FAO X
B	FBO	3 FAO X	FB = FBO - 3 FAO X
C		3 FAO X	FC = 3 FAO X
D		FAO X	FD = FAO X
	FTO = FAO + FBO		FT = FTO

Desain Equation NM

Rate of input – Rate of output – Rate of disappearance = Rate of accumulation

$$FA_0 - FA - (-r_A).V = \frac{dn_A}{dt}$$

Karena kondisinya diinginkan steady state maka Rate = 0 , sehingga

$$FA_0 - FA - (-r_A).V = 0$$

$$FA_0 - FA = (-r_A).V$$

$$\text{Sehingga Volume Reaktor} = V = \frac{FA_0 - FA}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{FA_0 \cdot X}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{FA_0 \cdot X}{k \cdot CA \cdot CB^3 - \frac{CC^3 \cdot CD}{K}}$$

$$V = \frac{FA_0 \cdot \alpha}{k \cdot \frac{FA}{FV} \cdot \left(\frac{FB}{FV}\right)^3 - \frac{CC^3 \cdot CD}{K}}$$

$$V = \frac{FA_0 \cdot x}{k \left(\frac{FBO - FAOX}{FV}\right)^3 - \frac{Fc \cdot Fd}{K}}$$

$$V = \frac{FAO \cdot X \cdot FV^4}{k (FAO(1-X)(FBO-FAOX))^3 - \frac{3FAOX}{FV} \cdot \frac{FAOX}{FV}}$$

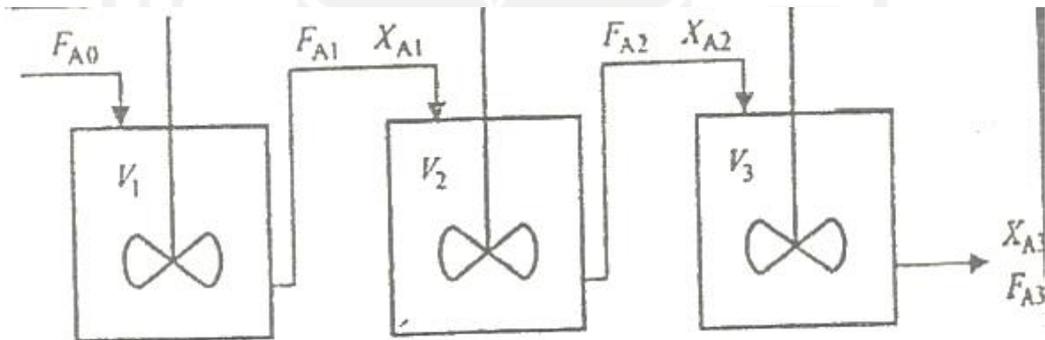
Kecepatan reaksi (-rA)

$$FAO - FA = (-rA) \cdot V$$

$$(-rA) = \frac{FAO - FA}{V} \text{ dengan } FA = FAO - FAOX$$

$$(-rA) = \frac{FAOX}{V}$$

Reaktor Seri



Jika $FAO = FV_1 = FV_2 = FV_3 = FV$

$V_1 = V_2 = V_3 = V$, maka :

$$\text{Sehingga Reaktor 1} = CA_1 = \frac{CAO}{1+TK}$$

$$\text{Reaktor 2} = CA_2 = \frac{CAO}{(1+TK)(1+TK)} = \frac{CAO}{(1+TK)^2}$$

$$\text{Reaktor 3} = CA_3 = \frac{CAO}{(1+TK)(1+TK)(1+TK)} = \frac{CAO}{(1+TK)^3}$$

$$\text{Reaktor } n = CA_n = \frac{CAO}{(1+TK)^n} = \frac{CAO}{(1+Da)^n}$$

FVO = FV1 = FV2 = FV3 =

FAO, CAO FA1, CA1 FA2, CA2 FA3, CA3

FBO, CBO FB1, CB1 FB2, CB2 FB3, CB 3

FCO, CCO FC1, CC1 FC2, CC2 FC3, CC3

FDO, CDO FD1, CD1 FD3, CD2 FD3, CD3

Mencari Laju Alir Volumetrik (Fv)

Komponen	Massa (kg/jam)	Densitas (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)	Viskositas	Viskositas Camp
NaOH	36.8561	1885.0919	0.0196	669.397	1.20837E-05
Methanol	731.6340	753.9262	0.9704	0.357	0.4495
TG	3685.6061	878.3799	4.1959	10.562	0.0766
FFA	98.4848	866.0606	0.1137	10.562	0.0020
H ₂ O	3.8705	994.8173	0.0039	0.467	0.0018
jumlah	4556.4514	5378.2760	5.3035	691.3451	0.5300

Konstanta Kecepatan Reaksi

Nilai k didapatkan dengan persamaan $k = \frac{Fv \cdot Xa}{(t \cdot Fv \cdot (1 \cdot Ca_0))}$

OPTIMASI REAKTOR

n	Xa	Xb	Xc	Xd	V (m ³)	Waktu Tinggal (jam)
1	0.95				14,6158	2,755879613
2	0.79251	0.95			2,42298	0,456863385
3	0.67335	0.8722	0.95		1,19693	0,225685824
4	0.95	0.95	0.95	0.95	13,2588	2,500000576

OPTIMASI REAKTOR

Dengan cara Trial konversi masing-masing reaktor untuk mendapatkan volume reaktor paralel diperoleh dengan menggunakan excel. Mencari nilai τ dan volume pada masing-masing jumlah reaktor :

- Untuk 1 buah reaktor

$$\begin{aligned} V &= \frac{(Fv1 (Xa - Xo))}{k(1 - Xa)} \\ &= \frac{(5,3035 (0,95 - 0))}{6,8943(1 - 0,95)} \\ &= 14.6158 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$Xa = 0,95$$

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = 2,755879613 \text{ jam}$$

$$\text{Diameter} = 2.8165 \text{ m}$$

$$V \text{ shell (m}^3\text{)} = 17.5390 \text{ m}^3$$

- Untuk 2 buah reaktor

$$\begin{aligned} V1 &= \frac{(Fv1 (Xa - Xo))}{k(1 - Xa)} \\ &= \frac{(5,3035(0,79 - 0,1))}{6,8943(1 - 0,79)} \\ &= 2,422976346 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$Xa = 0,79$$

$$\begin{aligned}
 V_2 &= \frac{(Fv_1 (X_b - X_a))}{k(1 - X_b)} \\
 &= \frac{(5,3035(0,95 - 0,79))}{6,8943(1 - 0,95)} \\
 &= 2,422976346 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$X_b = 0,95$$

$$\text{Total Volume} = 4,8459 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = 0,456863385 \text{ jam}$$

$$\text{Diameter} = 1,5472 \text{ m}$$

$$V_{\text{shell}} (\text{m}^3) = 2,9076 \text{ m}^3$$

- Untuk 3 buah reaktor

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{(Fv_1 (X_a - X_o))}{k(1 - X_a)} \\
 &= \frac{(5,3035(0,67 - 0))}{6,8943(1 - 0,67)} \\
 &= 1,196925451 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$X_a = 0,67$$

$$\begin{aligned}
 V_2 &= \frac{(Fv_1 (X_b - X_a))}{k(1 - X_b)} \\
 &= \frac{(5,3035(0,87 - 0,67))}{6,8943(1 - 0,87)} \\
 &= 1,196925451 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$X_b = 0,87$$

$$\begin{aligned}
 V_3 &= \frac{(Fv_1 (X_c - X_b))}{k(1 - X_c)} \\
 &= \frac{(5,3035(0,95 - 0,87))}{6,8943(1 - 0,95)} \\
 &= 1,196925451 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$X_c = 0,95$$

$$\text{Total Volume} = 3,5907 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = 0,225685824 \text{ jam}$$

$$\text{Diameter} = 1,2231 \text{ m}$$

$$V \text{ shell (m}^3) = 1,4363 \text{ m}^3$$

- Untuk 4 buah reaktor

$$V = 13,25876062 \text{ m}^3$$

$$X_a = 0,95$$

$$\text{Waktu Tinggal (jam)} = 2,500000576 \text{ jam}$$

$$\text{Diameter} = 2,7265 \text{ m}$$

$$V \text{ shell (m}^3) = 15,9105 \text{ m}^3$$

Menghitung Dimensi Tangki

$$D : H = 1 \quad (\text{Brownell, 1959})$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= \frac{\pi}{4} D^2 H \\ &= \frac{\pi}{4} D^3 \end{aligned}$$

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

Metode *Six-Tenth Factor*

$$\text{Cost}A = \text{Cost}B \left(\frac{\text{Size}A}{\text{Size}B} \right)$$

Kondisi Operasi

- Tekanan operasi : 1 atm = 14,7 lb/in²

Dipilih Bahan : *Carbon Steel, 50 lb/in² (Timmerhaus, page 538-731) Plant Design - Mc-Graw*

Di dapat : Basis Harga pada volume 1000 gallon = \$ 11000

Menghitung Harga Reaktor

Kondisi Operasi : T = 60 °C

P = 1 atm

Bahan konstruksi reaktor dipilih “Carbon Steel SA-283 Grade C” 50 lb/in², maka Basis Harga pada volume 1000 gallon = \$ 11000 (Timmerhaus, Fig. 16-35,

$$E_b = E_a x \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0.6}$$

P.731) *Plant Design - Mc-Graw.*

Dimana :

Ea : Harga reaktor basis

Eb : Harga reaktor perancangan

Ca : Kapasitas reaktor basis

Cb : Kapasitas reaktor perancangan

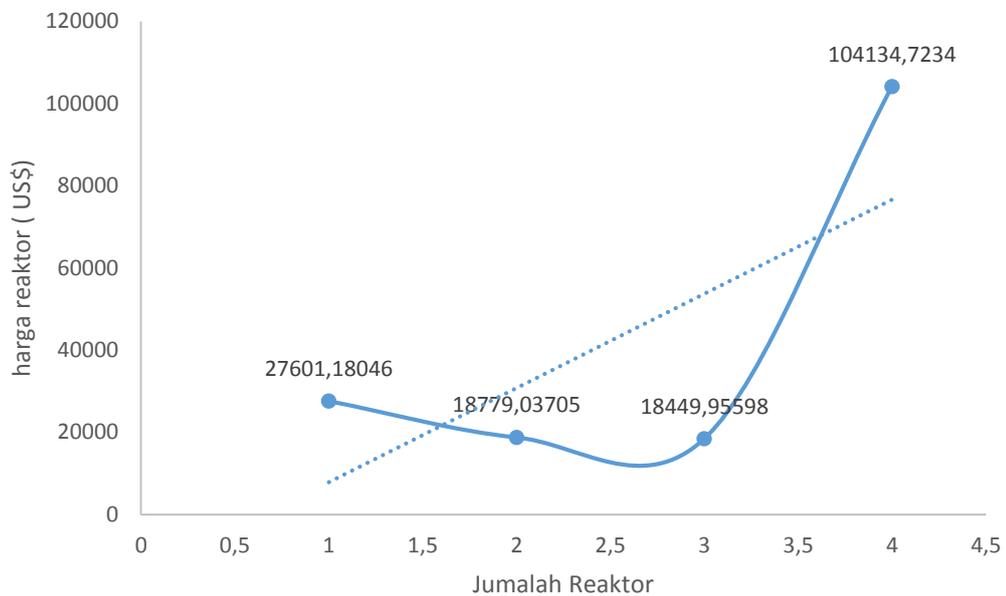
Metode Six-Tenth Factor

Penentuan Jumlah Reaktor yang Optimum

Vshell (ft ³)	Vshell (Gallon)	Jumlah Reaktor	Biaya (USD)
619,3838	4633,3128	1	27601,1805
102,6800	768,0999	2	18779,0371
50,7229	379,4335	3	18449,9560
561,8750	4203,1171	4	104134,7234

Menghitung Dimensi Tangki + over design 20%

n	V shell (m ³)	V shell (in ³)	Vshell (ft ³)	D (m)	D (in)	D (ft)	V shell (bbl)
1	17,5390	1070293,3956	619,3838	2,8165	110,886345	9,2405	147,0893
2	2,9076	177430,7780	102,6800	1,5472	60,9144	5,0762	24,3841
3	1,4363	87648,9836	50,7229	1,2231	48,1533	4,0128	12,0455
4	15,9105	970918,3569	561,8750	2,7265	107,342414	8,9452	133,4323



Maka jumlah reaktor yang optimum sebanyak 3 buah untuk mendapatkan harga perancangan reaktor yang minimum.

PERANCANGAN REAKTOR

Jenis = Reaktor alir tangki Berpengaduk (RATB)

Fase = Cair –Cair

Bentuk = Tangki Silinder

Bahan = Carbon Steel SA 283 Grade C

Suhu Operasi = 60°C

Tekanan = 1 atm

Waktu Tinggal (θ) = 0,225685824 jam

Dipilih RATB berbentuk silinder tegak dengan perbandingan D : H = 2 : 3 (Brownell & Young, table 3.3, P.43)

V shell = 87648.9836 in³

D shell = 48.1533 in

H shell = 48.1533 in

Menentukan Tebal Dinding (*Shell*) Reaktor Digunakan persamaan :

Digunakan persamaan;

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.6P} + C \quad (\text{Eq.13-12, P.25 Brownell \& Young})$$

Dimana :

t_s = tebal dinding shell, in

P = tekanan design (Poperasi x 1,2) = 17.64 psi

r_i = jari-jari reaktor = 24,07665 in

E = efisiensi sambungan las = 0,85

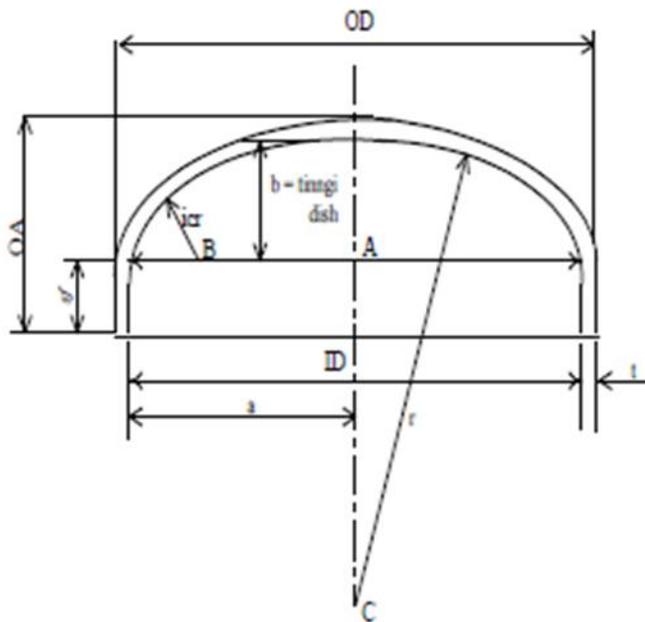
f = tekanan maksimal yang diizinkan = 12650 psi

C = korosi yang diizinkan = 0,125 in

Maka, $t_s = 0,1645$ in

Tebal standar = 0,1875 in (Brownell, Tabel 5.6 hal 88)

Desain Atap Tangki



1. Menentukan Tebal Head

a. Menghitung tebal head minimum :

$$w = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{irc}} \right)$$

diketahui ukuran tangki standar

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

$$irc = 3,6 \text{ in (Brownell and Young, 1959. hal. 258)}$$

$$w = 1,7706 \text{ in}$$

b. Tebal head dihitung dengan persamaan berikut :

$$t = \frac{P.d}{f.E-0.1P} + C \quad (\text{Eq.13-12 , P.25 Brownell\&Young})$$

Dimana : d = Diameter Reaktor

Maka :

$$\begin{aligned} t_h &= 0,2122 \quad \text{in} \\ &= 0,25 \quad \text{in} \quad \text{tebal standar} \end{aligned}$$

Untuk $t_h = 0,2122 \text{ in}$, dari Tabel 5.8 hal 93 (Brownell and Young, 1959)

Direkomendasikan nilai $sf = 2 \text{ in}$

c. Depth of dish (b)

$$b = rc - \sqrt{(rc - \bar{r}c)^2 - \left(\frac{D}{2} - \bar{r}c\right)^2} \quad (\text{Brownell and Young, 1959.hal.87})$$

$$b = 10,1603 \text{ in} \text{ atau } 0,846654201 \text{ ft} \text{ atau } 0,2580602 \text{ m}$$

d. Tinggi Head (OA)

$$OA = t_h + b + sf \quad (\text{Brownell and Young, 1959.hal.87})$$

$$OA = 12,4103 \text{ in} \text{ atau } 1,0341 \text{ ft} \text{ atau } 0,3152 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Total Tangki

$$H_{\text{total}} = H_{\text{shell}} + H_{\text{head}}$$

$$H_{\text{total}} = 7.0681 \text{ ft} \text{ atau } 84.8205 \text{ in} \text{ atau } 2.154441047 \text{ m}$$

Volume Reaktor

$$V_{sf} = \frac{\pi D^2}{4} \frac{sf}{144}$$

$$V_{head} = 2 (V_{dish} + V_{sf})$$

$$\text{Volume } dish = 0,000049 D_s^3$$

Dimana:

D_s = diameter shell, in

$$V_{shell\ design} = 169.560 \text{ in}^3$$

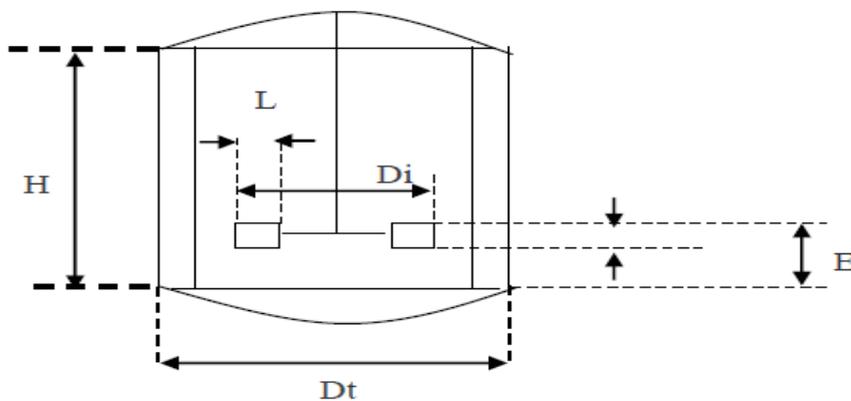
$$V_{dish} = 10.5840 \text{ in}^3$$

$$V_{sf} = 58.8750 \text{ in}^3$$

$$V_{head} = 138.9180 \text{ in}^3$$

$$\text{Vol Reaktor} = 169698.918 \text{ in}^3 \text{ atau } 2.7809 \text{ m}^3$$

Menghitung Ukuran dan Lebar Pengaduk



Data pengaduk dari Brown "Unit Operation" p.507

Ukuran pengaduk

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} = \text{ID}/3 = 0.5048 \text{ m atau } 19,8750 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} = \text{Di}/5 = 0.1010 \text{ m atau } 3,9750 \text{ in}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} = \text{Di}/4 = 0.1262 \text{ m atau } 4.9688 \text{ in}$$

$$\text{Lebar baffle (B)} = \text{ID}/12 = 0.1262 \text{ m atau } 4.9688 \text{ in}$$

$$\text{Jarak pengaduk dengan dasar tangki (E)} = \text{Di} (0.75-1.3)$$

$$\text{dipilih 1} = 0,5048 \text{ m atau } 19,8750 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi Cairan (ZL)} = 0,7878 \text{ m atau } 31,0177 \text{ in}$$

Kecepatan putar pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi \text{Di}} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2\text{Di}}}, \text{WELH} = Z_L \times Sg$$

Eq. 8-8, P345 Rase, 1977

WELH (*Water Equivalent Liquid Height*)

$$\text{SG (Specific Gravity)} = 0,8591 \text{ kg/m}^3 \text{ atau } 0,6769 \text{ m}$$

$$\rho \text{ cairan/pair} = 859,1400 \text{ kg/m}^3 \text{ atau } 53,6338 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{WELH} = 0,6769 \text{ m atau } 2,2207 \text{ ft}$$

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

$$= 0.1362 \text{ atau } 1 \text{ buah}$$

$$N = 94,4171 \text{ rpm atau } 100 \text{ rpm}$$

$$= 1,5736 \text{ rps atau } 1,6 \text{ rps}$$

Menghitung power pengaduk (P) =

$$P = \frac{N_p \rho N^3 D i^5}{g_c} \quad g_c = 32.1784 \text{ ft./s}^2$$

Viskositas campuran (μ campuran) =

$$\mu \text{ campuran} = 1,8868 \text{ cP atau } 0,0013 \text{ lb/s.ft}$$

Pemilihan Curve

$$- Da/dt (S1) = 0,3333$$

$$- E/Dt (S2) = 0,3333$$

$$- L/Da (S3) = 0,25$$

$$- w/Da (S4) = 0,2$$

$$- H/Dt (S6) = 1$$

$$N_{Re} = \frac{NDi^2\rho}{\mu} \quad \text{Geankoplis, Pers 3.41, 1978}$$

$$N_{re} = 193391.14$$

$$N_p = 6 \text{ (Fig 9.12 McCabe p.250 Curved (six-blade turbine, vertical blades)}$$

$$P = 485.6829 \text{ ft.lb/s (Fig 477, Brown Hal 507)}$$

$$= 0.882971561 \text{ Hp atau } 1.0388 \text{ Hp (Efisiensi)}$$

$$= 0.7746 \text{ kW}$$

$$= 1.2985 \text{ Hp}$$

Maka dipilih Power Motor Standar 2 HP

Kebutuhan Pendingin

$$Q_{\text{steam}} = -61067,6979 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Pendingin masuk} = 25 \text{ C (Suhu air Cooler)}$$

$$\text{Pendingin Keluar} = 45 \text{ C (Asumsi)}$$

$$C_p \text{ air} = 1 \text{ kJ/kg K}$$

Diketahui Air

$$Q = 3053,384896 \text{ kJ/Jam}$$

$$T_{in} = 25 \text{ }^\circ\text{C atau } 298,15 \text{ K}$$

$$T_{out} = 45 \text{ }^\circ\text{C atau } 318.15 \text{ K}$$

$$m_{\text{pendingin}} = \frac{Q}{C_p \cdot (T_{out} - T_{in})}$$

$$M \text{ pendingin Reaktor 1} = 36,51238725 \text{ kg}$$

$$M \text{ pendingin Reaktor 2} = 10,70305854 \text{ kg}$$

$$M \text{ pendingin Reaktor 3} = 4,187495256 \text{ kg}$$

Merancang Jacket Pendingin

Reaktor 1 OD = 60 in

$$= 1,5240 \text{ m}$$

$$= 5,0 \text{ ft}$$

ID = 59,6 in

$$= 1,5145 \text{ m}$$

$$= 4,9688 \text{ ft}$$

H = 120 in

$$= 3,0480 \text{ m}$$

$$= 10,0 \text{ ft}$$

Luas Selimut (L) = $\pi \cdot OD \cdot H$

$$= 157.0800 \text{ ft}^2$$

Perbedaan temperatur logaritmik rata-rata adalah

Suhu fluida panas reaktor = 60 °C

$$= 140 \text{ F}$$

Suhu fluida dingin masuk = 25 °C

$$= 77 \text{ F}$$

Suhu fluida dingin keluar = 45 °C

= 113 F

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

$$DT1 = 27$$

$$DT2 = 63$$

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

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

Menghitung luas transfer panas

Untuk fluida panas *Heavy Organic* dan fluida dingin *Water*

$$U_d = 5-75 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam} \text{ diambil } 75 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$$

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

$$Q_{\text{pendingin}} = 61067.6979 \text{ kJ/jam}$$

$$A = 19.1639 \text{ ft}^2$$

Luas selimut > A (luas transfer panas) terhitung , sehingga luas selimut mencukupi sebagai luas transfer panas, maka dapat digunakan jaket pendingin

Menghitung Diameter Jacket

$$\text{ID jacket} = \text{OD Shell} + 2 \cdot \text{TJ}$$

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

$$\text{ID Jacket} = 64 \text{ in}$$

Jarak antara dinding luar tangki dan dinding bagian dalam jacket (TJ) diambil 2 in
(Referensi TA)

Menghitung Tebal Jacket

$$\text{- P operasi} = 1 \text{ atm atau } 14.7 \text{ Psi}$$

$$\text{- P Design} = 17.64 \text{ psi}$$

Digunakan persamaan;

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.6P} + C \quad (\text{Eq. 13-12, P.25 Brownell \& Young})$$

$$\text{- Tebal dinding shell, in (ts)}$$

$$\text{- Tekanan Design (P)} = 17.64 \text{ psi}$$

$$\text{- Jari-jari, in (ri)} = 32 \text{ in}$$

$$\text{- Efisiensi Pengelasan (E)} = 0,85$$

$$\text{- Tekanan maksimum yang dizinkan (f)} = 12650 \text{ psi}$$

$$\text{- Faktor korosi (C)} = 0.125 \text{ in}$$

$$\text{- Maka, ts} = 0,177549285 \text{ in}$$

- Tebal Standar = 0.1875 in (Brownell, Tabel 5.6)
- OD jaket = 64,375 in
- OD jaket standar = 66 in
- ID jaket standar = 65,625 in atau 5,46875 ft

Design Head Jacket

Menghitung tebal head minimum

$$w = \frac{1}{4} x \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{irc}} \right)$$

Diketahui ukuran tangki standar

rc = 66 in (Brownell and Young, 1959.hal.258)

irc = 3,96 in

w = 1,7706 in

Menentukan tebal head

$$t_h = \frac{Pr_c \cdot w}{2fE - 0,2P} + C$$

(Brownell and Young, 1959,hal. 258)

th = 0,2209 in (0,25 in standar)

Untuk th = 0,2209 in, dari Tabel 5.8 (Brownell and Young, 1959 hal.93)

Direkomendasikan nilai sf = 2 in

Depth of dish

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

$$b = 11,1763 \text{ in atau } 0.931319621 \text{ ft atau } 0,283866221 \text{ m}$$

Tinggi Head (OA)

$$OA = th + b + sf \quad (\text{Brownell and Young, 1959.hal.87})$$

$$OA = 13,4263 \text{ in atau } 1,1188 \text{ f atau } 0,3410 \text{ m}$$

Menentukan Tinggi Total Jacket

$$H \text{ total} = H \text{ Cairan} + H \text{ head}$$

$$H \text{ cairan (ZL)} = 31.0177 \text{ in}$$

$$H \text{ total} = 3,7035 \text{ ft atau } 44,4440 \text{ in atau } 1,28877932 \text{ m}$$

Menghitung Luas Permukaan Transfer Panas Jacket

Volume Pemanas = Luas Selimut x tebal jacket (Brownell & Young, Pers 5.12, P88)

$$De = OD + \frac{OD}{42} + 2 \cdot sf + \frac{2}{3} \cdot icr$$

$$- OD = 66 \text{ in}$$

$$- sf = 2 \text{ in}$$

$$- icr = 3,96 \text{ in}$$

$$- De = 74.21142857 \text{ in atau } 1.884970286 \text{ m}$$

- A total Jacket = A Shell+ Ahead

- A shell = 9210.577269 in²

- A head = 8646.517725 in²

- A total Jacket = 17857.09499 in²

- Luas yang di aliri *Hot/cold fluida* = 26.1664127 in²

Mengitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dan Jacket

$$\frac{h_{i,D_i}}{k} = 0,36 \left(\frac{L^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Pers 20.1 Kern 1965

- Diameter (Reaktor, ft) = 4.9998 ft

Koefisien perpindahan panas, Btu/jam ft² F

- Densitas campuran, lb/ft³ = 0.8664 gr/ml

- Kapasitas panas larutan, Btu/lb F = 6,228172509 Btu/lb F

- Diameter pengaduk = 19,8750 in

- Kecepatan pengaduk, rph = 100 rpm

- Konduktivitas larutan, Btu/jam ft F = .,0955 Btu/jam ft F

- Viskositas larutan, lb/ft jam = 0,0311 lb/ft jam

- Viskositas campuran, lb/ft jam = 1,8868 cP

- h_i = 772,0246609 Btu/jam ft² F

Menghitung Hio

$$hi_o = hi \frac{ID}{OD}$$

Persamaan 6.5 Kern, Page: 105

ID = D1 = diameter dalam reaktor (ID shell) = 60 in atau 4,99999 ft

OD = D2 = diameter dalam jaket pemanas = 65.625 in atau 5.468747813 ft

Hio = 705,8511185 Btu/jam ft² F

Menghitung ho

ho = 300 Btu/jam ft² F untuk steam, dari referensi TA (Perry, Table 11.7)

Menghitung *clean overall coefficient* (Uc) dan *designed overall coefficient* (Ud)

$$U_c = \frac{hi_o h_o}{hi_o + h_o}$$

Persamaan 6.38 Kern, page 121

Uc = 210,5235374 Btu / jam ft² F

Ud = 6 – 60 (*hot fluid: steam*)

$$R_d = \frac{1}{U_D} - \frac{1}{U_C}$$

Rd = 0,01630256889 (Memenuhi Rd Minimum)

Dari tabel 12 hal 845; Kern : Fouling factor Rd = 0.001

Menghitung tebal isolasi

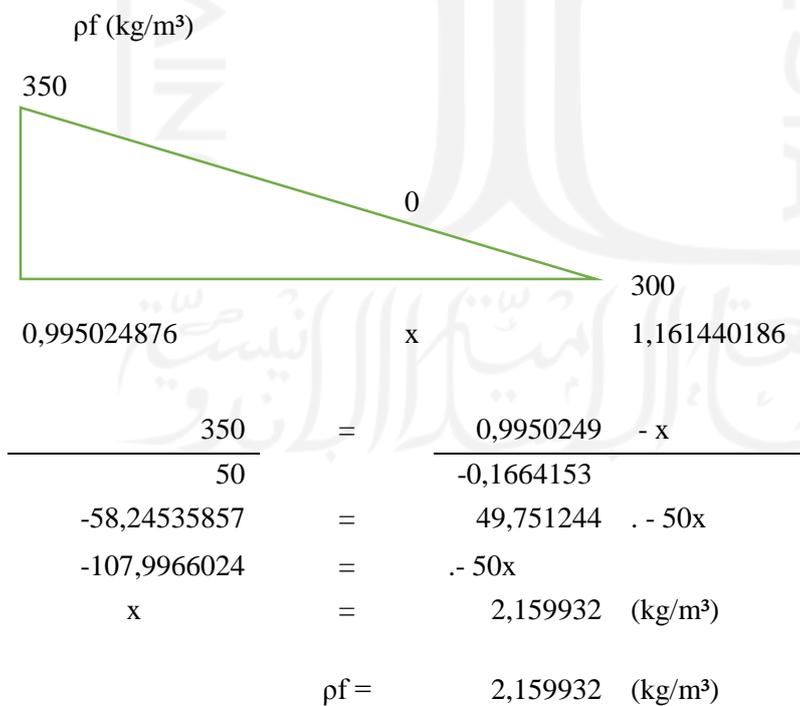
Dari fig. 11.42 Perry, 1984 untuk range suhu 0°F- 300°F digunakan isolasi *polyisocyanurate*.

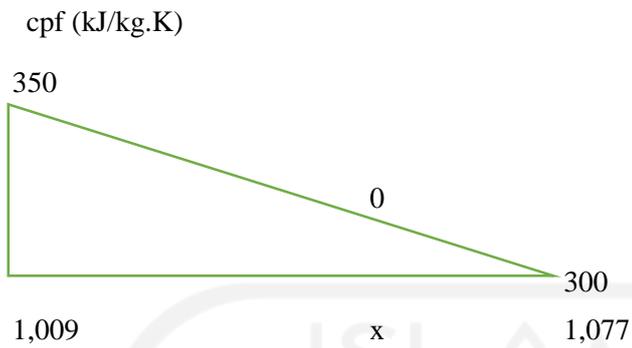
Pertimbangan lain digunakannya isolasi *polyisocyanurate*.

1. Bahan ini dapat digunakan untuk range suhu 0° - 900° F.
2. *Thermal conductivity* relatif tetap pada suhu 0° - 900° F.
3. Mudah didapat

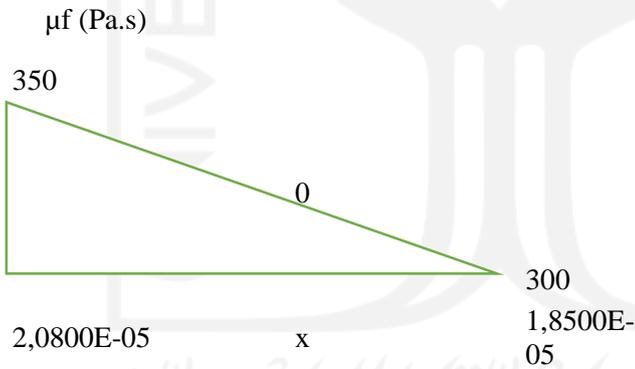
Data Sifat-sifat udara pada Tf = 313 K (tabel 2-229, Perry, 1984)

Suhu (K)	ρ_f (kg/m ³)	cpf (kJ/kg.K)	μ_f (Pa.s)	kf (W/m.K)
300	1,1614402	1,077	1,8500E-05	0,0263
350	0,9950249	1,009	2,0800E-05	0,0301



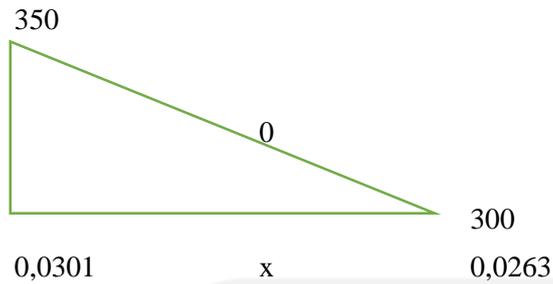


$$\begin{aligned} \frac{350}{50} &= \frac{1,009 - x}{-0,068} \\ -23,8 &= \frac{50,45 - 50x}{-50x} \\ -74,25 &= \frac{-50x}{-50x} \\ x &= 1,485 \text{ kJ/kg.K} \\ \text{cpf} &= 1,485 \text{ kJ/kg.K} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \frac{350}{50} &= \frac{2,0800E-05 - x}{2,3000E-06} \\ 8,0500E-04 &= \frac{1,0400E-03 - 50x}{-50x} \\ -0,000235 &= \frac{-50x}{-50x} \\ x &= 4,7E-06 \text{ Pa.s} \\ \mu_f &= 4,7E-06 \text{ Pa.s} \end{aligned}$$

kf
(W/m.K)



$$\frac{350}{50} = \frac{0,0301 - x}{0,0038}$$

$$1,33 = \frac{1,505 - 50x}{0,0038}$$

$$-0,175 = -50x$$

$$x = 0,0035 \text{ W/m.K}$$

$$kf = 0,0035 \text{ W/m.K}$$

Diinginkan suhu isolator 35C

Data-data Fisis :

k isolasi =

- $T_s = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ atau $95 \text{ }^\circ\text{F}$

- $T_{ud} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ atau $86 \text{ }^\circ\text{F}$

- $T_f = (T_s + T_{ud})/2 = 90,5 \text{ }^\circ\text{F}$

- $\delta f = T_s - T_f = 4,5 \text{ }^\circ\text{F}$

- $\beta = 1 / T_f = 0,011049724 \text{ }^\circ\text{F}$

dengan : $T_f =$ suhu film, $^\circ\text{F}$

$\beta =$ koefisien muai volume, $/^\circ\text{F}$

Sifat-sifat udara pada $T_f = 90,5 \text{ F}$ (tabel 2-229, Perry, 1984)

- $\rho_f = 2.159932047 \text{ kg/m}^3$ atau $0.134840144 \text{ lb/ft}^3$

- $c_{pf} = 1.485$ atau Kj/Kg K $0.354915 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$

- $\mu_f = 4.7000000\text{E-}06$ atau P.a.s $0,011369715 \text{ lb/ft.hr}$

- $k_f = 0.0035 \text{ W/m K}$ atau $0.002022265 \text{ Btu/hr.ft}^\circ\text{F}$

- $g_c = 9,8 \text{ m/s}^2$ atau $416692913.4 \text{ ft/hr}^2$

$$Gr = \frac{\ell^3 \cdot \rho_f^2 \cdot \beta \cdot g_c \cdot \Delta\Delta}{\mu_f^2}$$

- $Gr =$ bilangan Grashoff

- $Pr =$ bilangan Prandtl

- $Ra =$ bilangan Rayleigh

$$Pr = \frac{c_{pf} \mu_f}{k_f} \quad (\text{Holmann, 1986})$$

Dimana hc adalah koefisien perpindahan panas konveksi.

$$\ell = L = ZL + 2 (b + sf) = 57.37029558 \text{ in} \text{ atau } 1.4572 \text{ m} \text{ atau } 4.7796 \text{ ft}$$

Sehingga, $hc = 0,19 (\Delta t)^{1/3} hc$

Perpindahan panas konveksi :

$$q \text{ konveksi} = hc \cdot \pi \cdot (\text{OD}+2 \cdot X \text{ isolasi}) \cdot L \cdot \Delta t$$

$$hc \cdot \pi \cdot \text{OD} \cdot L \cdot \Delta t = 116,5173516$$

$$hc \cdot \pi \cdot 2 \cdot L \cdot \Delta t = 42,36994603$$

$$q \text{ konveksi} = 116.5173516 + 42.36994603 \cdot X \text{ isolasi} = 0,313683089 \text{ Btu/ft}^2 \text{ hr F}$$

$$\frac{35}{\text{Gr}^{1/4}} = \frac{\text{ID}}{L}$$

cek ℓ maka asumsi $\ell = L$ dapat digunakan (Holman,1986)

Perpindahan panas konduksi melalui dinding reaktor dan isolasi :

$$q_k = \frac{2\pi(T_1 - t_s)}{\frac{1}{kL} \ln\left(\frac{OD}{ID}\right) + \frac{1}{k_B L} \ln\left(\frac{OD + 2Xis}{OD}\right)}$$

Dinding jaket berupa *Stainless Steel*, diperoleh $k = 26 \text{ Btu/J ft F}$. Perpindahan panas konduksi sama dengan perpindahan panas konveksi, Sehingga dapat dituliskan persamaan (1) sama dengan persamaan (2). Dari kedua persamaan tersebut didapatkan nilai X isolasi, q konveksi, dan q konduksi. Dengan trial 'n error didapatkan hasil sebagai berikut :

- X isolasi = 0.006433474 ft
- q konduksi = 116.7900893 Btu/jam
- q konveksi = 116.7899375 Btu/jam
- Tebal isolasi agar dinding isolasi 35°C = 0.196092294 cm
- Panas yang hilang setelah diisolasi = 116.7899375 btu/jam

Menentukan Tinggi Total Jacket

- H total = H Cairan + H *head*

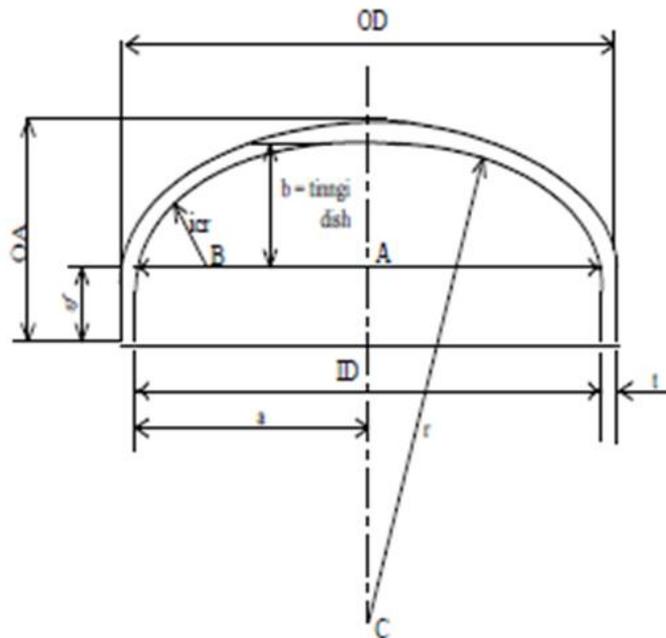
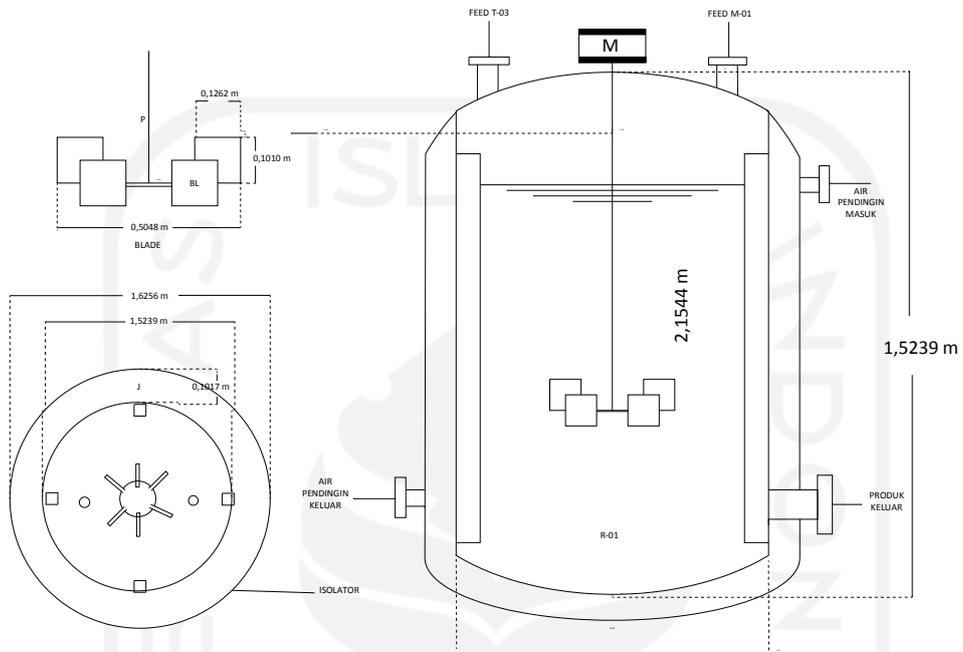
- H cairan (ZL) = 31,0177 in

- H total = 3,7035 ft atau 44,4440 in atau 1,28877932 m

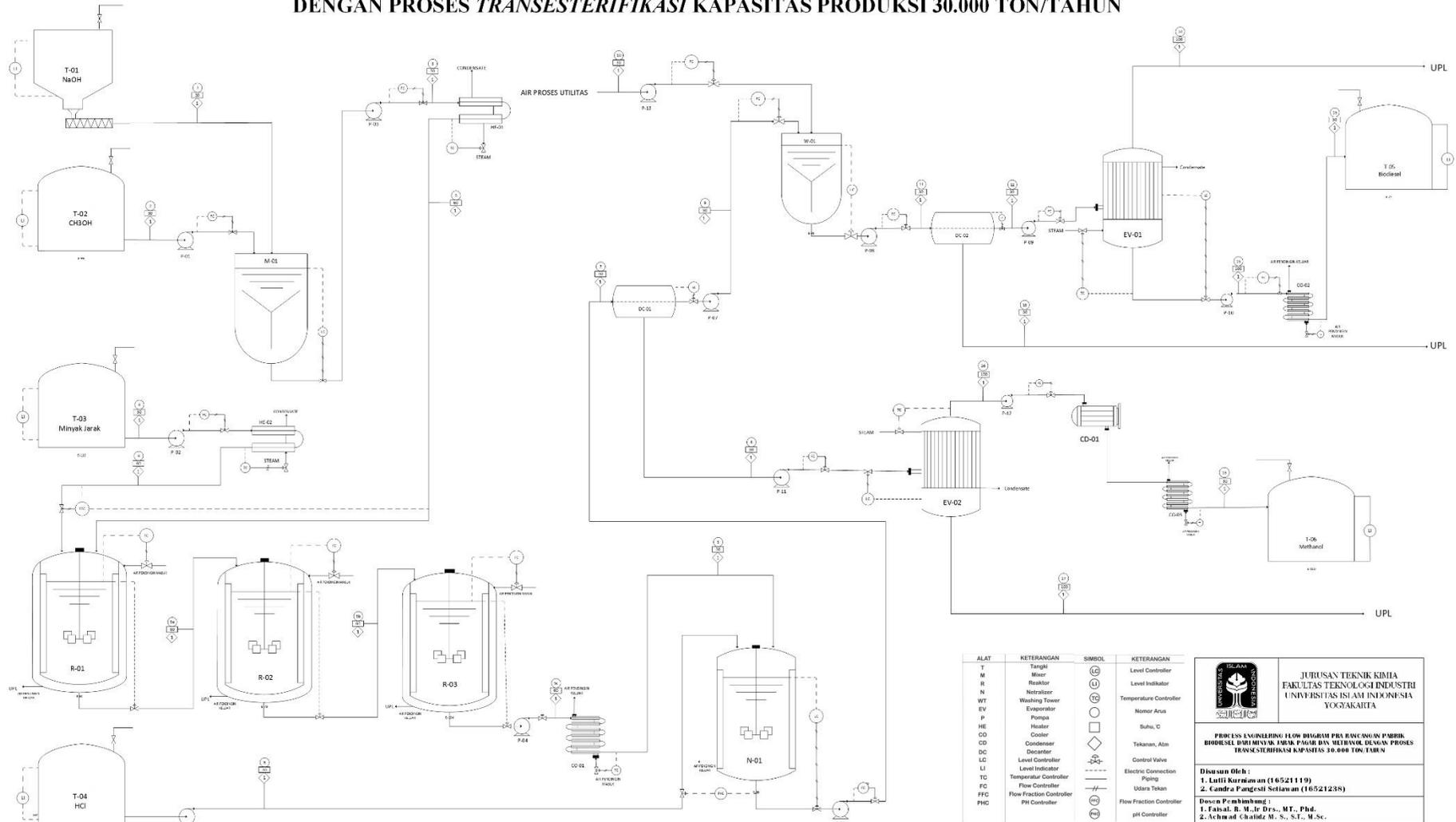


LAMPIRAN B

REAKTOR RATB



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR DAN METHANOL
DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS PRODUKSI 30.000 TON/TAHUN



ALAT	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
T	Tangki	(Cylinder)	Level Controller
M	Mixer	(Circle with M)	Level Indicator
R	Reaktor	(Circle with R)	Temperature Controller
N	Neutralizer	(Circle with N)	Nomor Arus
WT	Washing Tower	(Circle with WT)	Suhu, C
EV	Evaporator	(Circle with EV)	Heater
P	Pompa	(Circle with P)	Cooler
HE	Heater	(Circle with HE)	Condenser
CO	Cooler	(Circle with CO)	Decanter
DC	Distillation Column	(Circle with DC)	Control Valve
LC	Level Controller	(Circle with LC)	Electric Connection
LI	Level Indicator	(Circle with LI)	Piping
TC	Temperature Controller	(Circle with TC)	Udara Tekan
FC	Flow Controller	(Circle with FC)	Flow Fraction Controller
FFC	Flow Fraction Controller	(Circle with FFC)	pH Controller
PHC	pH Controller	(Circle with PHC)	

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR DAN METHANOL DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS PRODUKSI 30.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
1. Lutfi Kurniawan (16521119)
2. Candra Pangesti Soltawan (16521238)

Dosen Pembimbing :
1. Fauzal R. M. Ds., M.T., Ph.D.
2. Achmad Cahidz M. S., S.T., M.Sc.

Komponen	Flow Rate (kg/jam)																		
	1	2	3	4	5a	5b	5c	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Biodiesel	-	-	-	-	2494.034	3230.547	3518.702	-	3518.702	-	3518.702	-	3518.702	3518.702	-	-	3518.702	-	-
Methanol	-	731.634	731.634	-	436.045	348.754	314.603	-	314.603	244.228	70.374	-	70.374	-	70.374	-	-	-	244.229
NaOH	36.856	-	36.856	-	36.856	36.856	36.856	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trigliserida	-	-	-	3685.606	1703.388	471.013	184.280	-	184.280	175.689	7.932	-	7.932	-	7.932	-	-	-	175.689
Glycerol	-	-	-	283.273	366.526	399.655	-	399.655	396.749	2.885	-	-	2.885	-	2.885	-	-	-	396.770
FFA	-	-	-	98.485	98.485	98.485	98.485	-	98.485	98.485	4.239	-	4.239	-	4.239	-	-	-	94.246
HCl	-	-	-	-	-	-	-	34.092	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O	0.037	0.046	0.083	3.788	3.870	3.870	3.870	89.715	110.171	108.411	1.759	879.676000	881.435	351.870	529.565	319.914	31.956	107.328	1.084
NaCl	-	-	-	-	-	-	-	54.363	34.846	34.846	19.516	-	19.516	-	19.516	-	-	-	34.846
Total	36.893	731.680	768.573	3787.879	4556.451	4556.451	4556.451	123.807	4680.261	1054.850	3625.409	879.676	4505.083	3870.572	634.511	319.914	3550.658	351.556	703.294