

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI
KAPASITAS 7.500 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

**Nama : Fajar Asri Nama : Hendrawan Dewantoro
No. Mahasiswa : 14521165 No. Mahasiswa : 14521215**

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

2018

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI
KAPASITAS 7.500 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Fajar Asri Nama : Hendrawan Dewantoro
No. Mahasiswa : 14521165 No. Mahasiswa : 14521215

Yogyakarta, November 2018

Pembimbing I

Ir., Asmanto Subagyo, M.Sc
NIP. 815210103

Pembimbing II

Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.
NIP. 105210101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN
PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 7.500 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Hendrawan Dewantoro
No. Mahasiswa : 14521215

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, 20 Desember 2018

Tim Penguji,

Ir. Asmanto Subagyo, M.Sc.
Ketua

Dra. Kamariah Anwar, M.S.
Anggota 1

Umi Rofiqah, S.T., M.T.
Anggota 2

[Handwritten signatures and dates]
..... 24/12
..... 21/12
.....

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



[Handwritten signature]
Ir. Suharno Rusdi, PhD.
NIK. 845210102

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN
PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 7.500 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Fajar Asri

No. Mahasiswa : 14521165

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, 20 Desember 2018

Tim Penguji,

Ir. Asmanto Subagyo, M.Sc.
Ketua

Dra. Kamariah Anwar, M.S.
Anggota 1

Umi Rofiqah, S.T., M.T.
Anggota 2

Asmanto Subagyo 21/12
.....
Dra. Kamariah Anwar 21/12
.....
Umi Rofiqah
.....

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ir. Suharno Rusdi, PhD.
NIK. 845210102

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 7.500 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fajar Asri Nama : Hendrawan Dewantoro
No. Mahasiswa : 14521165 No. Mahasiswa : 14521215

Yogyakarta, 21 Desember 2018

Menyatakan bahwa hasil Pra rancangan pabrik ini adalah hasil karya sendiri.
Apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan terkait dengan bagian dari karya ini
yang bukan hasil kami, maka kami siap menanggung resiko dan segala
konsekwensinya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana
mestinya.

Td. Tangan
METERAI
TEMPEL
527E1AFF569553166
6000
ENAM RIBURUPIAH
Hendrawan Dewantoro



Td. Tangan
METERAI
TEMPEL
36ECAAFF589553171
6000
ENAM RIBURUPIAH
Fajar Asri



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahilabbil'alamin...

Rasa syukur yang tak terhingga saya haturkan ke Hadirat Allah SWT karena telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menuntut ilmu dan menyelesaikannya pada waktu yang tepat di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Semoga ilmu yang saya dapatkan akan menjadi berkah dan manfaat untuk diri saya sendiri dan untuk orang lain.

Terimakasih berjuta-juta terimakasih untuk **Bapak, Ibu, Daris** yang selama ini sudah memberikan kasih sayangnnya kepada Hendra dan selalu tak pernah berhenti memberikan dukungan lahir dan batin. Terimakasih pak, bisa menjadi sosok bapak dan partner diskusi yang baik. Terimakasih bu, selalu support dan mendukung dalam suka maupun duka. Untuk Daris, terimakasih sudah menjadi penghibur disaat jenuh melanda, semangat kuliahnya.

Terimakasih untuk **Fajar Asri**, partner Tugas Akhir. Terimakasih sudah menjadi bagian dari Tugas Akhir ini, mencurahkan pikiran dan tenaganya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terimakasih Untuk **Aziz A.R, Alim, Z. Aziz, Ibad**, teman rasa saudara.

Terimakasih untuk menjadi penyemangat dan penghibur ketika jenuh selama kuliah dan menjadi Refresher. Semangat meraih impian gan.

Terimakasih untuk **Langoon Ulala**, terimakasih atas support kalian dalam perkuliahan, mengerjakan tugas, liburan bersama, dan teman tinggal selama di Yogyakarta. Selamat meraih impian masing-masing guys

Terimakasih untuk **Kelas D**, terimakasih atas berbagai acara kekeluargaannya,
semoga kita tetap keluarga hingga masing-masing dari kita berkeluarga.

Terimakasih untuk **Keluarga Teknik Kimia 2014 UII**, semua keluarga, sahabat
dan pihak yang tidak bisa saya tuliskan satu-satu disini.

Semoga yang saya peroleh selama ini selalu diridhoi Allah SWT, aamiin,

Hendrawan Dewantoro

Teknik Kimia UII 2014

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil'alamin...

Rasa syukur yang tak terhingga Kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat menuntut ilmu dan menyelesaikannya sesuai dengan target yang direncanakan di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Semoga ilmu yang saya dapatkan akan menjadi berkah dan manfaat untuk diri saya sendiri dan untuk orang lain.

Yang kedua, teruntuk kedua orang tuaku tercinta **Bapak Asri , dan Ibu Erni Bahar** yang selama ini memberikan kepercayaan penuh kepada saya dalam menyelesaikan studi. Terimakasih banyak sudah memberikan kasih sayang yang tulus dan ikhlas kepada **Fajar**. Terimakasih banyak atas segala pengorbanan baik itu pengorbanan materil maupun pengorbanan untuk rela hidup berjauhan dan menahan kerinduan selama beberapa tahun menuntut ilmu. Semoga segala sesuatu yang telah Ibu, Bapa Berikan ini, bisa membuat kalian tersenyum dengan hasil yang aku berikan.

Terimakasih untuk **Hendrawan**, partner Tugas Akhir. Terimakasih sudah menjadi bagian dari Tugas Akhir ini, mencurahkan pikiran dan tenaganya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terimakasih Untuk teman-temanku di **LPM PROFESI FTI UII**, teman rasa saudara. Terimakasih untuk menjadi penyemangat dan penghibur ketika rasa jenuh datang melanda.

Terimakasih untuk **Keluarga Teknik Kimia 2014 UII**, semua keluarga, sahabat

dan pihak yang tidak bisa saya tuliskan satu-satu disini.

Semoga yang saya peroleh selama ini selalu diridhoi Allah SWT, aamiin,

Fajar Asri

Teknik Kimia UII 2014

LEMBAR MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.” (QS. Al-Insyirah, 6-8)

Sifat orang yang berilmu tinggi adalah merendahkan hati kepada manusia dan takut kepada Tuhan. (Muhammad SAW)

*Amal itu tergantung niatnya, dan seseorang hanya mendapatkan sesuai niatnya.
(Muhammad SAW)*

*Ilmu pengetahuan tanpa agama lumpuh, agama tanpa ilmu pengetahuan buta.
(Albert Einstein)*

You can do it. (Coffee)

*Kesalahan orang-orang pandai telah menganggap yang lain bodoh, dan kesalahan orang-orang bodoh ialah menganggap yang lain pandai.
(Pramoedya Ananta Toer)*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena atas limpahan berkah, karunia dan rahmat-Nya penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Laporan Perancangan Pabrik dengan baik. Laporan Perancangan Pabrik ini merupakan persyaratan dalam memenuhi dan menyelesaikan mata kuliah tugas akhir Teknik Kimia yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa S1 Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan Perancangan Pabrik ini tidak lepas dari segala bantuan, bimbingan dan dukungan yang didapatkan dari berbagai pihak, sehingga berbagai kesulitan yang dihadapi dapat terselesaikan dengan semestinya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah dan inayah-Nya
2. Kedua Orangtua di rumah, atas dukungan dan bantuan materil maupun non materil
3. Bapak Ir. Suharno Rusdi, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan izin dan arahan untuk mata kuliah prarancangan pabrik teknik kimia.
4. Bapak Ir. Asmanto Subagyo, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan berbagai masukan demi kelancaran pelaksanaan maupun penyusunan laporan ini.

5. Ibu Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan berbagai masukan demi kelancaran pelaksanaan maupun penyusunan laporan ini,
6. Keluarga yang selalu memberikan semangat dan motivasi terlebih anggaran selama mengenyam pendidikan S1 Teknik Kimia di UII
7. Partner Tugas Akhir atas kerjasamanya selama ini.
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia dari semester satu sampai dengan sekarang, yang telah memberikan berbagai macam pembelajaran hingga sampai pada titik ini.
9. Seluruh teman-teman terutama Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Kimia FTI-UII yang telah membantu dan memberikan semangat.
10. Seluruh pihak yang ikut terlibat dalam proses pengerjaan, penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dari semua pihak yang ingin memberikan saran untuk mewujudkan perkembangan yang positif. Demikian laporan ini penulis susun, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
LEMBAR MOTTO.....	x
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
Abstract	xxii
Abstrak	xxiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tinjauan Pustaka	2
1.2.1. Minyak Jelantah	2
1.2.2. Biodiesel.....	3
1.2.3. Tinjauan Termodinamika	6
1.2.4. Pemilihan Proses Produksi	7
BAB II. PERANCANGAN PRODUK	22
2.1. Spesifikasi Produk.....	22

2.1.1.	Biodiesel.....	22
2.1.2.	Gliserol.....	22
2.2.	Spesifikasi Bahan	23
2.2.1.	Minyak Jelantah	23
2.2.2.	Metanol	24
2.2.3.	Asam Sulfat.....	24
2.2.4.	Kalium Hidroksida	25
2.3.	Pengendalian Kualitas	25
2.3.1.	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	25
2.3.2.	Pengendalian Kualitas Produk	26
2.3.3.	Pengendalian Kuantitas.....	29
2.3.4.	Pengendalian Waktu.....	29
2.3.5.	Pengendalian Bahan Proses.....	29
BAB III. PERANCANGAN PROSES.....		30
3.1.	Uraian Proses.....	30
3.1.1	Tahapan Penyiapan Bahan Baku.....	30
3.1.2	Tahap Reaksi.....	31
3.1.3	Tahap Pemurnian Produk.....	32
3.2.	Spesifikasi Alat Proses	33
3.2.1.	Reaktor 01 dan 02.....	33

3.2.2.	Reaktor RE-03.....	34
3.2.3.	Mixer M-01	36
3.2.4	Mixer M-02	37
3.2.5	Dekanter D-01	38
3.2.6.	Evaporator EV-01	39
3.2.7.	Tangki Methanol T-01	39
3.2.8.	Tangki H ₂ SO ₄ T-02	40
3.2.9.	Tangki Minyak Jelantah T-03	41
3.2.10.	Tangki KOH T-04	42
3.2.11.	Tangki Air Proses T-05	43
3.2.12.	Tangki Biodiesel T-06.....	44
3.2.13.	Heater HE-01	45
3.2.14.	Heater HE-02.....	46
3.2.15.	Heater HE-03.....	46
3.2.16.	Heater HE-04.....	48
3.2.17.	Cooler CL-01.....	48
3.2.17.	Cooler CL-02.....	50
3.2.17.	Pompa P-01	50
3.2.18.	Pompa P-02	51
3.2.19.	Pompa P-03	51

3.2.20.	Pompa P-04	52
3.2.21.	Pompa P-05	52
3.2.22.	Pompa P-06	53
3.2.23.	Pompa P-07	53
3.2.24.	Pompa P-08	54
3.2.25.	Pompa P-09	54
3.2.26.	Pompa P-10	55
3.2.27.	Pompa P-11	55
3.2.28.	Pompa P-12	56
3.2.29.	Pompa P-13	56
3.3.	Perencanaan Produksi.....	58
3.3.1.	Kapasitas Perancangan.....	58
3.3.2.	Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses.....	60
BAB IV. PERANCANGAN PABRIK		63
4.1.	Lokasi Pabrik.....	63
4.1.1.	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	64
4.1.2.	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	66
4.2.	Tata Letak Pabrik	68
4.3.	Tata Letak Alat Proses.....	72
4.4.	Alir Proses dan Material.....	76

4.4.1	Perhitungan Neraca Massa.....	76
4.4.2	Perhitungan Neraca Panas.....	80
4.5	Pelayanan Teknik (Utilitas).....	86
4.5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	86
4.5.2	Unit Pembangkit Steam.....	99
4.5.3	Unit Pembangkit Listrik.....	100
4.5.4	Unit Penyediaan Udara Tekan	103
4.5.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar	104
4.5.6	Unit Pengolahan Limbah.....	104
4.5.7	Spesifikasi Alat-alat Utilitas	105
4.6	Organisasi Perusahaan.....	116
4.6.1	Bentuk Perusahaan	116
4.6.2	Struktur Organisasi Perusahaan	118
4.6.3	Tugas dan Wewenang	122
4.6.4	Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	129
4.6.5	Pembagian Jam Kerja Karyawan	130
4.6.6	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	131
4.6.7	Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	135
4.7	Analisa Ekonomi	136
4.7.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	137

4.7.2	Dasar Perhitungan	140
4.7.3	Perhitungan Biaya	140
4.7.4	Analisa Kelayakan	141
4.7.5	Hasil Perhitungan	144
BAB V. PENUTUP.....		149
5.1	Kesimpulan.....	149
5.2	Saran.....	150
DAFTAR PUSTAKA		151

Gambar 4.1 Rencana Lokasi Pabrik dengan <i>Google Satelite</i>	67
Gambar 4.2 Rencana Lokasi Pabrik dengan Google Map	67
Gambar 4.3. Layout Tata Letak Pabrik	71
Gambar 4.4 Layout Alur Proses Produksi.....	76
Gambar 4.5 Diagram Kualitatif.....	84
Gambar 4.6 Diagram Kuantitatif.....	85
Gambar 4.7 Diagram Alir Pengolahan Air Sungai	90
Gambar 4.8 Struktur Organisasi Perusahaan	121

Tabel 1.1. Standarisasi Mutu Biodiesel di Indonesia (SNI 7182:2015).....	5
Tabel 1.2. Perbandingan Metode dalam Memproduksi Biodiesel	20
Tabel 3.1 Konsumsi Nasional Biodiesel Tiap Tahun:	58
Tabel 4.1 Luas Tanah dan Bangunan	69
Tabel 4.2 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi 01	76
Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi 02 (R-02).....	77
Tabel 4.4 Neraca Massa Mixer M-01	78
Tabel 4.5 Neraca Massa Reaktor Transesterifikasi R-03.....	78
Tabel 4.6 Neraca Massa Mixer M-02	79
Tabel 4.7 Neraca Massa Decanter D-01	79
Tabel 4.8 Neraca Massa Evaporator EV-01.....	80
Tabel 4.9 Neraca Panas Reaktor Esterifikasi R-01	80
Tabel 4.10 Neraca Panas Reaktor Esterifikasi R-02	81
Tabel 4.11 Neraca Panas Reaktor Transesterifikasi R-03.....	82
Tabel 4.12 Neraca Panas Evaporator EV-01.....	82
Tabel 4.13 Kebutuhan Air Steam.....	96
Tabel 4.14 Kebutuhan Air Pendingin.....	97
Tabel 4.15 Total Kebutuhan Air	98
Tabel 4.16 Kebutuhan Listrik Proses	100
Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	101
Tabel 4.18 Spesifikasi Pompa Utilitas	114
Tabel 4.19 Penggolongan Jabatan.....	131
Tabel 4.20 Perincian Penggolongan Gaji Berdasarkan Jabatan.....	133

Table 4.21 Indeks Harga Alat pada Berbagai Tahun	138
Tabel 4.22 Fixed Capital Investment	144
Tabel 4.23 Working Capital	144
Tabel 4.24 Manufacturing Cost.....	145
Tabel 4.25 General Expense	145

Abstract

Biodiesel is used for main mixture into diesel fuel made from fossil. Biodiesel made from the reaction of Triolein from waste cooking oil and Methanol with catalyst of H_2SO_4 and KOH which uses Esterification and Transesterification reaction. Reaction operate at temperature of $60^\circ C$ and atmospheric pressure with conversion of 90%. The plant was built to produce Biodiesel with capacity of 7,500 Kg/year. The raw material were 1100.0000 kg/h of Waste Cooking Oil and 290.0000 kg/h of Methanol. The utilities required are 19,294.2120 kg/h of water, 264.3699 kW of electricity, and 8.2918 kg/h of diesel oil. Location of the plant would be established in Semarang. It was planned to run of Perseroan Terbatas (PT) management with 162 employees. Total area is 19.275 m² with 5325 m² of building area. The final result of economic analysis done in this plant shows that fixed capital needed by factory is Rp 223.651.742.936 while working capital is Rp 49.750.252.032. Profit before tax will reach Rp 27.276.297.209 and Rp 13.638.148.605 after tax. Presentation of Return on Investment (ROI) before tax is 12,53% and after tax is 6,27%. Pay Out Time (POT) before tax is 4,9 years and after tax is 7,01 years, Break Event Value Point (BEP) is 58,96% and Shut Down Point (SDP) is equal to 26,20% with Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is 10,13%. Based on the economic analysis, this pre-designed Biodiesel Manufactory with a capacity of 7,500 kg/year is feasible to be established.

Keywords : Biodiesel, Waste Cooking Oil, Methanol, Transesterification

Abstrak

Biodiesel digunakan sebagai bahan campuran untuk solar yang berbahan baku minyak bumi. Biodiesel dibuat dari reaksi Minyak Jelantah dan Methanol dengan bantuan katalis H_2SO_4 dan KOH yang menggunakan reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi. Reaksi beroperasi pada suhu $60^\circ C$ dan tekanan atmosfer dengan konversi 90%. Pabrik ini dibangun untuk menghasilkan Biodiesel dengan kapasitas 7,500 ton/tahun. Bahan baku terdiri dari 1100 kg/jam Minyak Jelantah dan 289.2385 kg/jam methanol. Utilitas yang dibutuhkan adalah 19,294.2120 kg/jam air, 264.3699 kW listrik, 8.2918 kg/jam bahan bakar solar. Lokasi pabrik akan didirikan di Yogyakarta. Pabrik ini direncanakan perusahaan dalam bentuk manajelem Perseroan Terbatas (PT) dengan 162 karyawan. Luas tanah keseluruhan 19.275 m² dengan luas bangunan 5325 m². Dari hasil analisa terhadap aspek ekonomi yang telah dilakukan pada pabrik ini didapatkan hasil bahwa modal tetap dibutuhkan sebesar Rp 223.651.742.936 dan modal kerja sebesar Rp 49.750.252.032. keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 27.276.297.209 dan setelah pajak sebesar Rp 13.638.148.605. Presentasi *Return on Investmen* (ROI) sebelum pajak adalah 12,53% dan setelah pajak adalah 6,27%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 4.9 tahun, Nilai *Break Event Point* (BEP) adalah 58,96% dan *Shut Down Point* (SDP) adalah sebesar 26,20% dengan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) adalah 10,13%. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut, pra rancangan pabrik Biodiesel dengan kapasitas 7.500 kg/tahun ini layak didirikan.

Kata-kata Kunci : Biodiesel, Methanol, Minyak Jelantah, Esterifikasi, Transesterifikasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak goreng saat ini menjadi salah satu kebutuhan utama dalam kegiatan memasak masyarakat sehari-hari seperti menumis dan menggoreng. Berbagai gerai cepat saji turut menjadikan minyak goreng sebagai bahan utama dalam kegiatan bisnis mereka seperti *McD*, *KFC*, *CFC* dan lain-lain. Dalam penggunaannya, minyak goreng memiliki batasan pengolahan menimbang dari segi kesehatan, banyak penelitian telah menunjukkan bahwa minyak goreng yang aman untuk kesehatan maksimal tiga kali penggunaan dalam menggoreng. Oleh karena itu minyak goreng yang telah melewati tiga kali proses menggoreng sudah tidak dapat dipakai lagi karena senyawa organik penyusun minyak goreng telah berubah menjadi senyawa yang bersifat karsinogenik (senyawa yang dapat meningkatkan resiko kanker) yang sangat berbahaya bagi tubuh.

Minyak goreng yang telah masa habis pakai disebut minyak jelantah atau Waste Cooking Oil (WCO). Dalam realita dimasyarakat, tidak sedikit minyak goreng yang telah melewati tiga kali proses masak, tetap digunakan dalam proses masak selanjutnya dengan berbagai alasan, seperti merasa rugi jika minyak goreng yang telah menjadi minyak jelantah dengan volume yang masih banyak harus dibuang, ataupun dengan alasan penggunaan minyak jelantah dapat meningkatkan cita rasa

makanan yang lebih lezat. Atas alasan apapun penggunaan minyak jelantah tetap sangat berbahaya bagi kesehatan. Hal ini telah dibuktikan oleh banyak sekali penelitian tentang efek mengkonsumsi minyak jelantah oleh tubuh.

Gangguan kesehatan lain yang diakibatkan karena penggunaan minyak goreng berulang kali dipanaskan yaitu meningkatkan tekanan darah, penyebab terbentuknya plak aterosklerosis, toksik terhadap organ reproduksi dan organ lain seperti ginjal, paru, serta jantung (Ebong *et al*, 1999).

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Minyak Jelantah

Minyak Jelantah (*waste cooking oil*) merupakan golongan minyak nabati limbah yang berasal dari berbagai jenis minyak goreng, seperti minyak sayur, minyak jagung, minyak samin dan sebagainya. Minyak jelantah merupakan minyak bekas pemakaian rumah tangga atau telah diambil manfaatnya dari proses memasak, biasanya sudah berwarna coklat, mengental dan mengandung asam lemak bebas yang tinggi. Minyak jelantah mengandung berbagai senyawa karsinogenik yang berbahaya bagi tubuh (Syamsidar, 2010), oleh karena itu minyak jelantah sudah tidak dapat dimanfaatkan untuk proses memasak yang pada akhirnya menjadi limbah untuk dibuang.

1.2.2. Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar yang berupa ester mono alkil atau methyl ester yang diturunkan dari rantai panjang yang diturunkan dari minyak nabati atau lemak hewani. Ester mono alkil merupakan produk reaksi alkohol rantai lurus seperti metanol dan etanol, dengan asam lemak atau minyak (triolein) membentuk gliserol dan ester dari asam lemak rantai panjang. (Aziz, 2010). Biodiesel memiliki sifat fisis yang sama dengan minyak solar sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermesin diesel. Dibanding bahan bakar solar, biodiesel memiliki beberapa keunggulan, yaitu: (i) biodiesel diproduksi dari bahan pertanian, sehingga dapat diperbaharui, (ii) memiliki bilangan cetane yang tinggi, (iii) ramah lingkungan karena biodiesel tidak mengandung sulfur sehingga tidak ada emisi SO_x, (iv) aman dalam penyimpanan dan transportasi karena tidak mengandung racun. Biodiesel tidak mudah terbakar karena memiliki titik bakar yang relatif tinggi, (v) meningkatkan nilai produk pertanian Indonesia, (vi) memungkinkan diproduksi dalam skala kecil menengah sehingga bisa diproduksi di pedesaan, (vii) menurunkan ketergantungan suplai minyak dari negara asing dan (viii) biodegradable : jauh lebih mudah terurai oleh mikroorganisme dibandingkan minyak mineral (Puji, 2010). Selain itu, biodiesel memiliki sifat pelumasan yang sangat baik, lebih baik daripada bahan bakar diesel konvensional, sehingga dapat memperpanjang masa pakai mesin. Kekurangan dari biodiesel karena saat ini sebagian besar biodiesel

diproduksi dari jagung dan tumbuhan pokok lainnya yang berpotensi menyebabkan berkurangnya sumber pangan dan bahkan meningkatnya harga pangan.

Biodiesel secara nyata dapat mengurangi pencemaran. Kandungan belerang yang sangat rendah akan memungkinkan penggunaan katalis pada sistem gas buang. Jika dipergunakan bersama minyak solar, biodiesel dapat mengurangi atau menghilangkan kebutuhan belerang dalam minyak diesel. Biasanya belerang dibutuhkan lebih 500 ppm (per 1 juta bagian) atau 0,05% dalam minyak solar untuk menambah pelumasan. Pencampuran biodiesel dengan solar dapat mengurangi kadar belerang hingga 15 ppm atau 0,0015%. Pencampuran yang dilakukan dengan 1% biodiesel akan memperoleh 65% pelumasan. Untuk maksud pengurangan kadar belerang ini cukup hanya dengan menambahkan biodiesel kedalam solar sebanyak 0,4-0,5%. Biodiesel memiliki kandungan energi yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan diesel konvensional. Terdapat beberapa standar spesifikasi biodiesel yang menjadi acuan dalam penetapan standar mutu biodiesel di Indonesia seperti: Standar biodiesel Eropa EN 14214:2002(E), ASTM D130, ASTM D613, ASTM D1796, ASTM D4007, AOSC Cd 1d-92 dan AOCs Cd 6-38. Persyaratan mutu biodiesel Indonesia ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015, persyaratan biodiesel ini merupakan revisi dari SNI 7128:2012. Berikut tabel 1.1. Standar nasional mutu biodiesel Indonesia:

Tabel 1.1. Standarisasi Mutu Biodiesel di Indonesia (SNI 7182:2015)

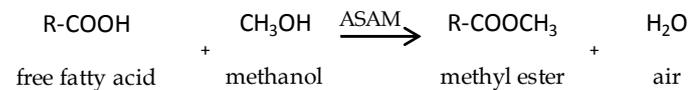
No.	Parameter	Satuan	Persyaratan
1	Berat Jenis (40°C)	Kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas (40°C)	mm ² /s (CSt)	2,3 – 6
3	Angka Cetana	-	51
4	Titik Nyala	°C	100
5	Titik Kabut	°C	18
6	Korosi Bilah Tembaga	-	51
7	Air dan Sedimen	%-volume	0,05
8	Temperatur Destilasi	°C	360
9	Abu	%-massa	0,02
10	Belerang	Ppm, mg/kg	50
11	Fosfor	Ppm, mg/kg	4
12	Angka asam	Mg-KOH/g	0,5
13	Gliserol bebas	%-massa	0,02
14	Gliserol total	%-massa	0,24
15	Kadar Biodiesel	%-massa, min	96,5
16	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100g),maks	115
17	Trigliserida	%-massa, maks	0,8

Diharapkan dengan pemakaian biodiesel, pengurangan pencemaran udara dari emisi kendaraan bermotor (khususnya dari mesin diesel) tidak

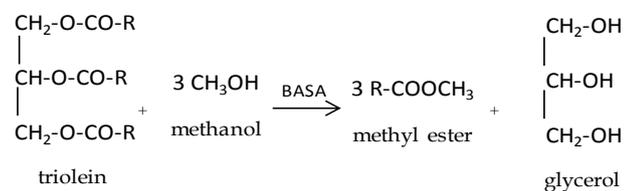
berbanding lurus dengan pengurangan kinerja tenaga mesin diesel itu sendiri. Maka dari itu, dengan memperhatikan parameter-parameter spesifikasi tersebut diharapkan biodiesel dapat selalu *on specification*, sehingga menjadikan biodiesel bagian dari solusi transformasi energi bersih dan ramah lingkungan di Indonesia.

1.2.3. Tinjauan Termodinamika

Reaksi esterifikasi antara asam lemak bebas dengan metanol akan menghasilkan biodiesel dengan air seperti pada reaksi dibawah ini. Melalui tinjauan termodinamika akan diketahui apakah reaksi tersebut bersifat eksotermis atau endotermis dengan perhitungan ΔH .



Pada reaksi transesterifikasi, terjadi reaksi antara triolein dengan metanol menghasilkan biodiesel dan gliserol seperti pada reaksi. Melalui tinjauan termodinamika akan diketahui apakah reaksi tersebut bersifat eksotermis atau endotermis dengan perhitungan ΔH .



1.2.4. Pemilihan Proses Produksi

Sampai saat ini telah dikenal berbagai macam proses pembuatan Biodiesel, diantaranya ada empat macam metode yang sudah dikembangkan dalam memproduksi biodiesel, yaitu:

- 1) Mikroemulsi
- 2) Pyrolysis (*thermal cracking*)
- 3) Transesterifikasi
- 4) Supercritical Methanol

1.2.4.1. Mikroemulsi

Mikroemulsi di definisikan sebagai suatu koloid yang terdispersi secara stabil dari fluida yang struktur mikronya secara optis isotropik memiliki ukuran antara 1-150 nm (Khan, 2002). Mikroemulsi terbentuk secara spontan dari 2 cairan yang tidak saling larut dan satu atau lebih komponennya lebih bersifat ionik/nonionik dari yang lain. Metode mikroemulsi dilakukan dengan mencampur minyak kedelai, metanol, 2-oktanol dan cetane improver dengan perbandingan 52,7 : 13,3 : 33,3 : 1 (Khan, 2002).

Suatu mikroemulsi umumnya dibentuk dari kombinasi oleh tiga sampai lima komponen, terdiri dari fase eksternal, fase internal, dan fase interfasial (Khan, 2002). Fase eksternal atau fase pendispersi umumnya merupakan bagian cairan dengan jumlah lebih banyak, sedangkan cairan yang kedua akan terdispersi dalam bentuk globul-globul halus. Dalam hal-hal tertentu mungkin dapat menjadi fase dalam atau sebaliknya.

Misalnya sistem mikroemulsi tersebut adalah M/A, akan dapat diubah menjadi A/M atau sebaliknya mikroemulsi A/M menjadi M/A, tergantung jumlah fase terdispersi dan pendispersi. Fase internal atau fase terdispersi terdiri dari globul-globul cairan yang terdispersi dalam fase luar. Fase interfisial terdiri dari surfaktan primer, terkadang dibantu dengan surfaktan sekunder (dapat disebut sebagai kosurfaktan). Peranan utama komponen interfisial ini adalah sebagai penstabil mikroemulsi.

Sistem mikroemulsi umumnya lebih sulit untuk diformulasi dibandingkan dengan emulsi biasa, karena pembentukan sistem ini merupakan proses yang sangat spesifik yang melibatkan interaksi spontan antara molekul-molekul penyusunnya. Struktur asosiasi yang dihasilkan dari komponen-komponen ini pada suhu tertentu tergantung tidak hanya dari struktur kimia komponen penyusun namun juga dari konsentrasi yang digunakan.

Tahap yang paling menentukan dalam pembuatan mikroemulsi adalah pemilihan surfaktan dan kosurfaktan yang sesuai dengan fase minyak yang digunakan. Surfaktan yang dipilih harus mampu menurunkan tegangan antarmuka kedua fase sampai nilai yang sangat rendah, sehingga memudahkan proses dispersi pada pembuatan mikroemulsi dan dapat membuat lapisan film tipis yang akan melapisi globul-globul yang terbentuk. Lapisan tipis dari surfaktan yang digunakan harus memiliki nilai hidrofilik-lipofilik yang sesuai pada daerah antarmuka supaya dihasilkan mikroemulsi tipe A/M ataupun M/A yang diinginkan (Swarbrick, 1995).

Penggunaan surfaktan tunggal terkadang tidak dapat menurunkan nilai tegangan antarmuka antara fase minyak-air sampai nilai yang mencukupi untuk dihasilkan mikroemulsi. Oleh sebab itu, dapat dilakukan penambahan kosurfaktan yang membantu menurunkan nilai tegangan antarmuka fase minyak dan fase air sehingga menjadi lebih rendah.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui mekanisme pembentukan mikroemulsi dan stabilitas yang dimiliki oleh sistem tersebut. Salah satu teori yang menjelaskan mekanisme pembentukan mikroemulsi adalah teori film campuran (mixed- film), yang menyatakan bahwa mikroemulsi dapat terbentuk karena adanya pembentukan lapisan film campuran pada daerah antar muka dan tegangan antar muka yang dihasilkan sangat rendah.

Namun ada juga teori yang menyatakan bahwa sistem mikroemulsi adalah sistem yang secara alami merupakan sistem fase tunggal (teori solubilisasi). Namun tidak semua teori tersebut dapat menjelaskan secara keseluruhan aspek struktur dan stabilitas mikroemulsi yang terbentuk (Swarbrick, 1995).

Teori film campuran mengatakan bahwa pembentukan spontan globul mikroemulsi terjadi karena pembentukan film kompleks pada antarmuka air-minyak oleh surfaktan dan kosurfaktan. Hal ini menyebabkan penurunan tegangan antarmuka air-minyak hingga nilai paling rendah (dari nol hingga negatif). Persamaan yang digunakan untuk menjelaskan teori tersebut adalah:

$$\gamma_i = \gamma_{o/w} - \pi_i$$

Dengan $\gamma_{o/w}$ adalah tegangan antar muka minyak-air tanpa adanya lapisan film. Ketika ada penambahan surfaktan dan kosurfaktan yang teradsorpsi kemudian terbentuk lapisan antar muka sehingga menyebabkan tekanan sebar (spreading pressure/ π_i) akan menjadi lebih besar dari $\gamma_{o/w}$, sehingga dihasilkan nilai tegangan antar muka yang negatif.

Energi yang dihasilkan karena pemanasan dan pengadukan terhadap sistem akan meningkatkan luas permukaan globul sehingga ukuran globul dapat semakin diperkecil. Nilai tegangan antar muka yang negatif dihasilkan karena adanya pengadukan, namun fenomena ini hanya terjadi dalam waktu yang singkat. Setelah kesetimbangan tercapai, nilai tegangan antar muka akan menjadi nol atau memiliki nilai positif yang sangat kecil. Penambahan alkohol yang berpartisipasi pada lapisan antarmuka dapat menyebabkan penurunan $\gamma_{o/w}$ secara signifikan dari besaran normalnya sekitar 50 mN m⁻¹ ke nilai ($\gamma_{o/w}$) sekitar 15 mN m⁻¹ (Swarbrick, 1995).

Teori lain yang menjelaskan teori pembentukan mikroemulsi adalah teori solubilisasi (Solubilization Theories) yang mengatakan bahwa mikroemulsi merupakan larutan monofasa dari misel-misel sferis dalam air (water-swollen (w/o)) atau dalam minyak (oil-swollen (o/w)) dan stabil secara termodinamik

Mikroemulsi dibuat menggunakan zat tambahan yang sesuai untuk formulasi obat yang kelarutannya sangat kecil atau tidak larut di dalam air. Mikroemulsi memiliki kemampuan untuk melarutkan lebih tinggi dibandingkan dengan solubilisasi miselar. Stabilitas termodinamika mikroemulsi lebih stabil bila dibandingkan dengan emulsi dan suspensi, karena mikroemulsi dapat dibuat dengan menggunakan input energi yang lebih kecil (seperti pemanasan atau pengadukan) namun memiliki usia simpan (*shelf life*) yang panjang.

Selain itu, sediaan dalam bentuk mikroemulsi umumnya lebih disukai karena sifatnya yang transparan sehingga lebih menarik minat dari konsumen (Swarbrick, 1995). Beberapa sediaan mikroemulsi yang sudah ada di pasaran yaitu mikroemulsi *Carnauba-Wax*, minyak pelumas, parfum, cairan pembersih, formula antiseptik, kosmetik dan toiletries, dan sediaan farmasi.

1.2.4.2. Pyrolysis (Thermal Cracking)

Pyrolysis didefinisikan sebagai konversi dari satu senyawa ke senyawa lain akibat pemanasan pada 450⁰C-850⁰C atau pemanasan disertai dengan penggunaan katalis (Khan 2002). Proses tersebut berlangsung dengan pemanasan tanpa adanya udara dan oksigen, sehingga terjadi pemutusan ikatan rantai dan dihasilkan molekul-molekul yang lebih kecil. Dengan demikian senyawa yang dihasilkan dari pyrolysis sangat bervariasi. Biasanya terdapat tiga produk dalam proses pirolisis yakni: gas, pyrolysis

oil, dan arang, yang mana proporsinya tergantung dari metode pirolisis, karakteristik biomassa dan parameter reaksi. Masing masing produk pirolisis merupakan bahan bakar yang dapat di konversi menjadi listrik melalui berbagai cara yang berbeda. Proses pirolisis merupakan tahap awal dari rangkaian proses yang terjadi dalam proses gasifikasi dan melibatkan proses kimia dan fisik yang kompleks dimana suatu perubahan dalam kondisi operasi berpengaruh pada proses secara keseluruhan. Pirolisis (juga disebut termalisis) dekomposisi termal (panas) dari bahan organik, seperti pada waktu batubara dipanaskan lebih dari 300 °C tanpa udara atmosfer. Pada reaksi kimia pirolisis biomasa, terdapat tiga faktor yang berpengaruh, yakni:

1. Bahan baku: komposisi kimia, kadar air.
2. Reaktor: *vertical shaft / batch reactor, rotating tubular / fluidized bed reactor*
3. Kondisi operasi: suhu pirolisis, waktu pirolisis (waktu tinggal).

Proses pirolisis dapat dibagi menjadi beberapa fase dimana menjadi pedoman kesuksesan prosesnya.

- 1) Fase pengeringan. Pada suhu 200 °C pengeringan fisik disertai produksi uap air, jika yang dimasukkan bahan biomasa yang basah maka perlu disertakan atau dimasukkan steam (uap air panas) ke dalam reactor

2) Fase pirolisis. Pirolisis terjadi pada suhu 200 – 500 °C. struktur makromolekul pecah menjadi gas, komponen organik cair, karbon padat.

3) Fase evolusi gas. Evolusi gas terjadi pada 500 – 1200 °C, produk hasil pirolisis diturunkan lebih lanjut, menjadi karbon padat dan produk organik cair menghasilkan gas yang stabil. Hidrokarbon besar molekul besar dipecah menjadi metana dan karbon padat. Metana direaksikan dengan uap air dikonversi menjadi karbon monoksida dan hidrogen. Karbon padat direaksikan dengan uap air atau karbon dioksida dikonversi menjadi karbon monoksida dan hidrogen.

Reaksi kimia peruraian selulosa pada biomasa.



Reaksi utama yang terjadi pada fase evolusi gas dijabarkan sebagai berikut.



Produk utama dari proses pirolisis adalah arang, gas atau produk minyak yang dapat digunakan sebagai feedstocks petrokimia, dan bahan karbon untuk berbagai aplikasi. Minyak dapat dipergunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik melalui mesin pembakaran dalam atau internal combustion engine seperti motor bensin maupun motor

diesel. Char atau arang merupakan sisa pirolisis yang dapat dipergunakan sebagai bahan bakar padat. Juga dapat dipergunakan sebagai bahan bakar pada proses pembakaran langsung melalui ataupun tanpa melalui proses densifikasi. Sedangkan syngas dapat menghasilkan energi listrik melalui turbin gas. Namun komposisi produk pirolisis dapat berbeda berdasarkan jenis limbah yang digunakan. Pirolisis dari limbah domestik (sampah kota) menghasilkan 35% produk arang dan kadar abu hingga 37%. Pirolisis dengan laju pemanasan yang lambat terhadap limbah ban akan menghasilkan arang hingga 50% dan kadar abu sekitar 10%.

Pirolisis menggunakan bahan baku berupa komponen organik yang didapatkan dari suatu limbah seperti limbah plastik dll, yang akan diubah oleh panas menjadi produk-produk halus/sempurna bernilai tinggi seperti nafta, minyak mentah (*crude oil*) atau *syngas*. Sebagai contoh, pada pembuatan bahan bakar (*fuel*) dari limbah plastik menggunakan bahan baku berupa limbah plastik PP yang diperoleh dari pemulung - pemulung dan katalis zeolit yang diperoleh dari alam. Pertama limbah plastik dicuci dengan air bersih, untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel. Kemudian dipotong dengan ukuran 3-5 mm.

Proses pirolisis dilakukan menggunakan reaktor semi batch stainless steel unstirred berkapasitas 3,5 dm³ operasi pada tekanan 1 atmosfer. Pertama menyiapkan sampel dari limbah plastik PP sebanyak 50 gram. Kemudian ditambahkan katalis 5 gram atau 10% w/w (berat zeolit alam per berat sampel limbah plastik). Sampel ditempatkan ke dalam

reaktor yang dialiri nitrogen. Kemudian, sampel dipanaskan sampai suhu 400, 450, atau 500 °C dengan waktu tinggal di dalam reaktor selama 30 menit. Pengambilan sampel dilakukan setelah percobaan selesai dilakukan, kemudian dianalisis pengaruh suhu pirolisis terhadap yield senyawa hidrokarbon yang dihasilkan.

Pada tahap kondensasi, uap hasil dari rektor pirolisis dialirkan ke rangkaian kondensor yang dialiri air pendingin, kemudian liquid hasil kondensasi dikumpulkan dalam erlenmeyer. Sedangkan uap yang tidak terkondensasi dikumpulkan di dalam penampung gas. Liquid hasil kondensasi dianalisa dengan Gas chromatography–mass spectrometry (GC - MS). Bahan baku yang digunakan dianalisa menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR).

1.2.4.3. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi antara minyak dan lemak dengan alkohol untuk menghasilkan ester. Alkohol yang digunakan yaitu metanol dan etanol karena pada umumnya alkohol dengan atom C lebih sedikit memiliki kereaktifan yang lebih tinggi daripada alkohol dengan atom C lebih banyak (Aziz, 2010).

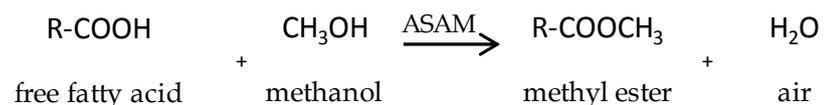
Penggunaan katalis pada transesterifikasi berfungsi untuk meningkatkan kecepatan reaksi dan *yield* yang dihasilkan (Aziz, 2010). Reaksi transesterifikasi asam lemak dan trigliserida dengan metanol disebut dengan reaksi Transesterifikasi yang akan menghasilkan produk

metil ester atau biodiesel. Reaksi transesterifikasi juga digunakan untuk memproduksi sejumlah oleokimia turunan lemak seperti alkohol-asam lemak, isopropyl ester, polyester sukrosa, dan lain-lain.

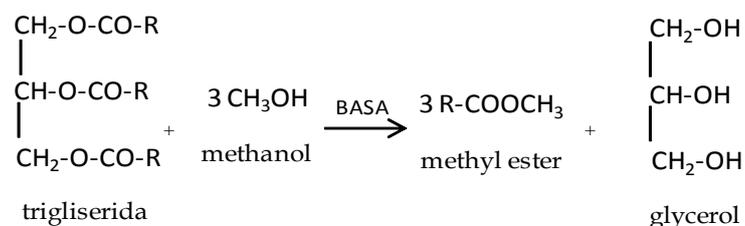
1. Esterifikasi Asam Lemak

Biodiesel dapat disintesis dengan proses esterifikasi antara bahan baku metanol dan asam lemak dalam bentuk *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas. Pada reaksi esterifikasi ini dibutuhkan katalis asam seperti asam sulfat pekat.

Reaksi ini dimulai dengan mencampur biodiesel yang mengandung FFA dengan metanol dan katalis asam sulfat 98% kemudian dipanaskan sampai suhu reaksi sehingga dihasilkan biodiesel dan air. Temperatur reaksi dan tekanan dibuat konstan 60°C pada tekanan 1 atm. Konversi reaksi esterifikasi hingga 95-99% (Puji, 2010). Reaksinya adalah sebagai berikut :



2. Transesterifikasi Trigliserida



Proses transesterifikasi mengkonversi asam-asam lemak dari trigliserida menjadi metil ester/biodiesel dengan bantuan senyawa alkohol yaitu metanol.

Penggunaan katalis pada proses transesterifikasi dapat menggunakan katalis heterogen atau katalis homogen.

1) Katalis Heterogen

Katalis heterogen yang digunakan pada transesterifikasi adalah CaCO_3 , CaO dan Ca(OH)_2 . CaO merupakan katalis yang efektif untuk transesterifikasi pada suhu 2000C-2200C waktu reaksi 1-4 jam (Khan, 2002). Sedangkan katalis CaCO_3 akan terdegradasi akibat suhu operasi yang tinggi ($>220^\circ\text{C}$). Penggunaan katalis heterogen pada transesterifikasi masih bermasalah, masalah yang timbul yaitu aktivitas katalis menurun setelah beberapa jam operasi, reaksi tidak sempurna dan kesulitan dalam pemisahan dengan produk.

2) Katalis Homogen

Proses transesterifikasi dapat dilakukan dengan bantuan katalis homogen, dimana katalis berupa asam atau basa yang larut dalam alkohol. Kemudian larutan ini ditambahkan ke dalam minyak atau lemak, biasanya tanpa pelarut tambahan.

a) Transesterifikasi Katalis Homogen Basa.

Transesterifikasi berkatalis basa umum digunakan pada proses produksi biodiesel secara komersial. Metode ini dapat mencapai konversi 99,5% [Tanaka, 1989] dengan waktu reaksi 32-60 menit pada suhu 70°C

dan tekanan atmosfer bila digunakan katalis basa kuat seperti NaOH dan KOH.

Kandungan asam lemak bebas dalam minyak diusahakan serendah mungkin ($<0,5\%$ w/w). Akan terjadi penurunan *yield* biodiesel jika reaktan yang digunakan tidak memenuhi persyaratan tersebut. Karena adanya kandungan asam lemak bebas dalam reaktan akan menyebabkan terbentuknya sabun, menurunkan *yield* dan mempersulit pemisahan biodiesel dan gliserol. Kandungan asam lemak bebas dalam minyak juga akan mengkonsumsi katalis sehingga menurunkan efisiensi katalis (Maddk., 1999). Transesterifikasi berkatalis basa akan efisien jika bahan baku minyak memiliki kemurnian tinggi sehingga proses ini tidak sesuai untuk minyak atau lemak berkandungan asam lemak bebas tinggi (Boocock, 2003).

Proses transesterifikasi dengan katalis alkali, seperti NaOH atau KOH memberikan keuntungan tambahan, yaitu prosesnya dapat dioperasikan pada kondisi temperatur rendah. Reaksi ini merupakan reaksi setimbang dengan kalor reaksi kecil. Penggeseran reaksi ke kanan biasanya dilakukan dengan menggunakan alkohol berlebih.

b) Transesterifikasi Katalis Homogen Asam.

Reaksi transesterifikasi dengan katalis asam berjalan lebih lambat namun metode ini lebih sesuai untuk minyak atau lemak yang memiliki kandungan asam lemak bebas relatif tinggi. Metode transesterifikasi katalis asam misalnya menggunakan H_2SO_4 (1% dari berat minyak)

berlangsung pada suhu kamar dengan lebih dari 300 menit reaksi dengan konversi 50% kecuali jika dilakukan pada suhu dan tekanan tinggi (Gerpen dkk., 2004). Reaksi ini tidak menghasilkan sabun karena tidak ada material alkali yang terlibat dalam reaksi.

Tabel 1.2. Perbandingan Metode dalam Memproduksi Biodiesel

Pembanding	Metode untuk memproduksi biodiesel		
	Mikroemulsi	Pyrolisis	Transesterifikasi
Bahan baku	minyak kedelai, metanol, 2-oktanol dan cetane improver	Minyak nabati, minyak bumi	Asam lemak & trigliserida
Kondisi operasi	Suhu ruangan 30 °C	Suhu 500 °C Tekanan atmosfer 1 atm Waktu reaksi 30 menit	Suhu 60 °C - 70°C Waktu reaksi 32-60 menit
Konversi		50 % arang, 30% syngas, 20 % minyak mentah	95 - 99,5 %
Katalis	tween 80, oleique plurol, Cremophor RH40, labrasol	Katalis : SiO ₂ , Al ₂ O ₃	Katalis: H ₂ SO ₄ , NaOH, KOH
Produk	Mikroemulsi Carnauba-Wax, minyak pelumas, parfum, cairan pembersih, formula antiseptik, kosmetik dan toiletries, dan sediaan farmasi.	<i>Gasoline</i>	Metal ester / Biodiesel

Seleksi proses pembuatan biodiesel dari Minyak Jelantah berdasarkan kandungan bahan baku yang terdapat dalam minyak. Kandungan terbesar dari Minyak Jelantah (% berat) adalah triolein yaitu

97.5%, sedangkan sisanya asam lemak bebas, serat, dan protein. Adanya sedikit kandungan asam lemak bebas akan menyebabkan terbentuknya sabun, menurunkan yield dan mempersulit pemisahan biodiesel dan gliserol. Oleh karena itu asam lemak bebas terlebih dahulu di konversi menjadi biodiesel dengan proses esterifikasi kemudian triolein di konversi menjadi biodiesel dengan proses transesterifikasi.

Proses yang digunakan dalam pra rancangan pabrik biodiesel ada dua yaitu : esterifikasi asam lemak bebas dengan katalis asam kuat H_2SO_4 dan transesterifikasi triolein dengan katalis basa kuat KOH.

Dan setelah bahan baku berhasil diproses, maka akan terbentuk produk yang harus sesuai dengan standar yang berlaku dipasar. Spesifikasi biodiesel yang layak beredar di Indonesia sendiri sudah diatur oleh Badan Standarisasi Nasional melalui Standar Nasional Indonesia.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Produk

2.1.1. Biodiesel

Rumus Molekul	: $C_{19}H_{36}O_2$
Fase	: Cair
Berat Molekul	: 296,50 Kg/Kmol
Viskositas	: 14,152 cP (pada 30°C)
Densitas	: 876,87 Kg/m ³
Titik Didih	: 343,85°C
Kapasitas Panas	: $1.84 \times 10^2 + 2.9T - 6.26 \times 10^{-3}T^2 + 5.70 \times 10^{-6}T^3$ J/mol.K dan T pada K
Kelarutan	: Tidak larut dalam air
Bilangan asam	: 1,13 mg KOH/g
Kemurnian	: 96,5%

2.1.2. Gliserol

Rumus Molekul	: $C_3H_8O_3$
Fase	: Cair
Titik Beku, 1 atm	: 17,9°C
Titik Didih, 1 atm	: 288,85 °C
Berat Molekul	: 92,09 Kg/Kmol
Spesifik Gravity	: 1,260

Densitas : 1260,78 Kg/m³

Viskositas : 34 cP

2.2. Spesifikasi Bahan

2.2.1. Minyak Jelantah

a. (Triolein)

Fasa : Cair

Rumus Molekul : C₅₇H₁₀₄O₆

Berat Molekul : 885,43 Kg/Kmol

Viskositas : 24,2 cP (pada 30°C)

Densitas : 915,95 Kg/m³

Titik Didih : 606,75 °C

Kapasitas Panas : $2.40 \times 10^2 + 2.31T - 5.07 \times 10^{-3}T^2 + 4.75 \times 10^{-6}T^3$
J/mol.K dan T pada K

Kelarutan : Tidak larut dalam air

Kadar Dalam : 97,5 % Triolein

Minyak Jelantah

b. Asam Lemak Bebas

Rumus Molekul : C₁₈H₃₄O₂

Fase : Cair

Berat Molekul : 282,46 Kg/Kmol

Viskositas : 24,2 cP (pada 30°C)

Densitas : 876,87 Kg/m³

Titik Didih	: 358,85°C
Kelarutan	: Tidak larut dalam air
Kadar Dalam	: 2,5 %
Minyak Jelantah	

2.2.2. Metanol

Rumus Molekul	: CH ₄ O
Fase	: Cair
Berat Molekul	: 32.04 Kg/Kmol
Viskositas	: 0.541 cP (pada 30°C)
Densitas	: 795.72 Kg/m ³
Titik Didih	: 64,64°C
Kelarutan	: Larut dalam air
Temperatur Kritis	: 514,58 K

2.2.3. Asam Sulfat

Rumus Molekul	: H ₂ SO ₄
Fase	: Cair
Berat Molekul	: 98,08 Kg/Kmol
Densitas	: 1850,81 Kg/m ³
Titik Didih	: 326,85°C
Kelarutan	: Larut dalam air
Kemurnian	: 98%

2.2.4. Kalium Hidroksida

Rumus Molekul	: KOH
Fase	: Padat
Berat Molekul	: 56,10 Kg/Kmol
Warna	: Putih atau kuning
Bau	: Tidak Berbau
pH	: 13,5 (0,1 M Larutan)
Titik Didih	: 2408°F
Titik Beku	: 680°F
Kelarutan	: Larut dalam air
SpGr	: 2,04

2.3. Pengendalian Kualitas

2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Ketika akan menjalankan proses produksi, dibutuhkan bahan baku yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan, untuk menjaga suplai bahan baku kualitas yang seragam, maka dibutuhkan pengujian kualitas bahan baku. Metode uji yang digunakan mirip dengan standar yang berlaku di Amerika, yaitu ASTM 1972.

Parameter yang diukur adalah :

1. Kemurnian dari bahan baku Minyak Jelantah, Methanol, H₂SO₄ dan KOH
2. Kandungan dari bahan baku Minyak Jelantah, Methanol, H₂SO₄ dan KOH

3. Kadar Air Kadar zat pengotor

2.3.2. Pengendalian Kualitas Produk

Untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan tetap sesuai standar, maka diperlukan pengendalian pada kualitas produk yang dihasilkan. Pengendalian ini harus dilakukan sejak masih berwujud bahan baku hingga menjadi produk akhir. Berbagai aspek dapat dilakukan untuk pengendalian kualitas seperti pengawasan mutu bahan baku, produk samping, produk setengah jadi dan produk utama.

Proses pengendalian dan pengawasan operasi dapat dilakukan dengan pengendalian terpusat yang berada di dalam *control room*, juga digunakan cara automatic control yang bekerja berdasarkan indikator yang diberikan oleh alat. Jika terjadi keabnormalan dari data yang diberikan oleh alat indikator dari data yang sudah di atur pada alat entah itu *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, maupun *temperature control*, dapat diketahui dari tanda atau sinyal yang diberikan berupa alarm, lampu peringatan, dll. Bila penyimpangan itu terjadi, maka harus dikembalikan pada kondisi yang diinginkan dengan melakukan penyesuaian pada lokasi keabnormalan data tersebut.

Beberapa alat control yang dijalankan yaitu, control terhadap operasi baik tekanan maupun temperatur. Alat kontrol yang harus disetel pada kondisi tertentu antara lain :

1. *Level Control*

Adalah alat yang berfungsi untuk mengukur level ketinggian dari cairan yang biasanya dipasang pada bagian atas pada suatu wadah/tangki. Jika ketinggian cairan tidak sesuai pada ukuran yang telah ditetapkan maka akan mengeluarkan isyarat berupa bunyi atau lampu.

2. *Flow Rate*

Adalah alat yang berfungsi untuk mengukur debit pada suatu aliran masuk atau keluar pada proses. Jika debit yang melaju tidak sesuai pada ukuran yang telah ditetapkan maka akan mengeluarkan isyarat berupa bunyi atau lampu.

3. *Temperature Control*

Adalah alat yang berfungsi untuk mengukur suhu dari suatu aliran atau alat. Jika suhu tidak sesuai pada ukuran yang telah ditetapkan maka akan mengeluarkan isyarat berupa bunyi atau lampu.

Jika didapatkan penyimpangan, maka penyimpangan tersebut patut diidentifikasi secara detail penyebabnya dan turut dilaksanakannya evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

Jika pengendalian proses dilaksanakan dengan sesuai dan terukur maka akan terbentuk produk dengan standar yang diharapkan. Namun tak lupa pengendalian mutu juga harus dilakukan untuk mengetahui apakah produk yang akan dipasarkan ataupun bahan baku yang akan digunakan untuk proses produksi sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

Kegiatan proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal.

Penyimpangan kualitas yang dapat terjadi umumnya dikarenakan mutu bahan baku yang kurang sesuai dengan standar, kesalahan dalam operasi dan juga kerusakan pada alat. Hal tersebut dapat diketahui secara dini melalui hasil dari *monitoring* alat juga melalui analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik biodiesel meliputi:

a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Yang dimaksud dari pengendalian kualitas bahan baku adalah untuk mengetahui sejauh mana kondisi kualitas bahan baku yang akan digunakan untuk proses produksi, apakah sesuai dan layak untuk digunakan atau tidak. Jika ternyata hasil pengukuran menunjukkan tidak layak maka bisa dilakukan beberapa treatment tambahan ataupun dikembalikan kepada supplier.

b. Pengendalian Kualitas Bahan Pembantu

Bahan-bahan pembantu yang dimaksud adalah bahan yang digunakan untuk membantu proses pembuatan biodiesel di pabrik berupa katalis yang akan digunakan. Bahan tersebut juga butuh dianalisa untuk mengetahui sifat fisisnya, apakah sesuai spesifikasinya untuk digunakan pada proses produksi.

c. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produk biodiesel (metil ester)

- d. Pengendalian Kualitas Produk pada Waktu Pemindahan (dari satu tempat ke tempat lainnya).

Pengendalian kualitas yang dimaksud disini adalah pengawasan pada produk utama yaitu biodiesel 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 Kuantitas

Penyimpangan kuantitas bisa saja terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat yang terlalu lama dan sebagainya.

2.3.4. Pengendalian Waktu

Untuk mencapai kuantitas produk yang diinginkan maka perlu adanya pengendalian waktu yang tetap dan sesuai.

2.3.5. Pengendalian Bahan Proses

Bila ingin dicapainya kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan yang akan digunakan pada proses tentunya harus stabil dan sesuai, dan juga mencukupi untuk proses. Karenanya diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadinya kekurangan bahan untuk proses yang akan dilakukan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Uraian Proses

Pada proses produksi biodiesel dengan menggunakan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi ini, digunakan bahan baku minyak jelantah/ *waste cooking oil* (WCO) yang direaksikan dengan metanol. Reaksi ini berlangsung pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm secara berkesinambungan. Secara garis besar, proses pembuatan biodiesel ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap proses reaksi (Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi)
3. Tahap pemurnian

3.1.1 Tahapan Penyiapan Bahan Baku

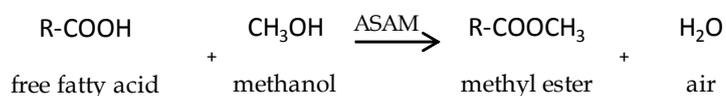
Methanol dari tangki penyimpanan bahan baku (T-01) dan H₂SO₄ cair dari tangki penyimpanan Bahan baku (T-02) yang diumpankan pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm dialirkan menggunakan mixer (M-01) kemudian setelah keduanya homogen campuran antara methanol dan H₂SO₄ dari mixer dialirkan menuju reaktor alir tangki berpengaduk (RE-01) yang sebelumnya dipanaskan dengan heater (H-01) sampai temperaturnya mencapai 60°C. Selanjutnya minyak jelantah yang disimpan di tangki penyimpanan (T-03) dialirkan ke reaktor alir tangki berpengaduk/RATB (R-01) yang terlebih dahulu dinaikkan suhunya dari

30°C menjadi 60°C. Dalam reaktor (R-01) minyak jelantah bereaksi dengan methanol dengan bantuan katalis H₂SO₄ sehingga menghasilkan minyak jelantah dengan kandungan Free Fatty Acid (FFA) dibawah 0.5%

3.1.2 Tahap Reaksi

3.1.2.1 Reaksi Esterifikasi

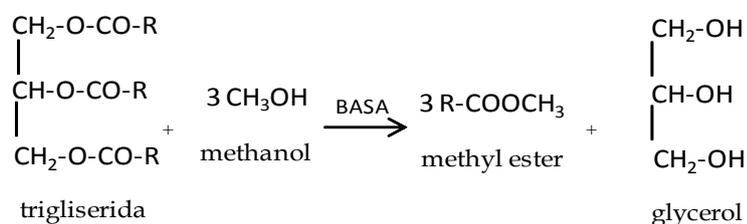
Minyak Jelantah masuk ke dalam Reaktor Esterifikasi (R-01) untuk direaksikan asam lemak bebasnya dengan metanol dari T-01 (30°C, 1 atm) dengan katalis H₂SO₄ dari T-02 (30°C, 1 atm). Metanol yang digunakan memiliki rasio mol 6:1 terhadap asam lemak bebas, sedangkan H₂SO₄ digunakan memiliki kemurnian 98% sejumlah 5% berat Minyak Jelantah. R-01 merupakan reaktor kontinyu berpengaduk yang beroperasi pada 60°C, 1 atm. Reaksi esterifikasi ini memerlukan 2 buah reaktor yang disusun seri dengan tipe reaktor Adiabatis atau tidak ada tambahan pemanas ataupun pendingin. Konversi reaksi esterifikasi masing-masing reaktor adalah sebesar 68,34%, 90%. Produk R-01 berupa biodiesel, H₂O, Triolein dan reaktan yang tidak terkonversi. Reaksi esterifikasi yang terjadi adalah:



Setelah keluar dari R-01 kemudian menuju Reaktor Esterifikasi ke 02. Selanjutnya dialirkan menuju Reaktor Transesterifikasi. Selanjutnya Biodiesel, H₂O, Triolein, Asam Sulfat dan sebagian kecil asam lemak bebas masuk reaktor R-03 untuk reaksi transesterifikasi.

3.1.2.2 Reaksi Transesterifikasi

Larutan KOH dari tangki penyimpanan (T-04) di alirkan menuju *Reactor* (R-03) berupa reaktor alir tangki berpengaduk yang berfungsi mereaksikan Minyak Jelantah dengan Methanol dan menggunakan KOH sebagai katalisnya. Namun sebelumnya larutan KOH dipanaskan hingga suhu 60°C dengan menggunakan HE-02 sebelum masuk kedalam reaktor transesterifikasi (R-03). Reaksi dilangsungkan pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm dengan perbandingan molar antar metanol dengan minyak sebesar 6:1 dan katalis KOH dengan kemurnian 50% yang digunakan adalah 5% berat minyak. Proses Transesterifikasi dilakukan dengan reaktor yang memiliki konversi sebesar 97%. Mekanisme reaksi yang terjadi adalah:



Proses Transesterifikasi ini melibatkan reaksi antara triolein dengan methanol membentuk *methyl ester* (biodiesel). Sebelum terjadinya proses Transesterifikasi terjadi reaksi netralisasi antara H₂SO₄ dan KOH menjadi K₂SO₄. Keluaran reaktor selanjutnya dialirkan ke dekanter (D-01).

3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

3.1.3.1 Pemisahan Biodiesel dan Gliserol

Untuk mempermudah pemurnian produk, biodiesel dan gliserol dipisahkan dengan dekanter D-01 berdasarkan kelarutannya. Pada lapisan biodiesel, akan terlarut 1% berat gliserol, 5% berat air dan 4% berat metanol. Sementara pada lapisan gliserol, akan terlarut 99,5% katalis KOH. Biodiesel tidak larut dalam gliserol. Kemudian dilakukan pemurnian lebih lanjut untuk masing-masing aliran produk.

3.1.3.2 Pemurnian Biodiesel

Pemisahan produk biodiesel dari sisa , air dan metanol dilakukan dengan menggunakan *Evaporator* EV-01. Hingga diperoleh Biodiesel dengan kemurnian 96.73%

3.2. Spesifikasi Alat Proses

3.2.1. Reaktor 01 dan 02

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi esterifikasi antara Asam Lemak Bebas (FFA) dan methanol dengan katalis H₂SO₄.

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Jumlah alat : 2 Unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kondisi Operasi

Suhu : 60 °C

Tekanan : 1 atm

Dimensi

Diameter reaktor	: 5,4864 m
Tinggi	: 5,4864 m
Tebal <i>head</i>	: 0,3125 in
Tebal <i>Shell</i>	: 0,3750 in

Pengaduk

Jenis	: <i>Six-Blade Turbin</i>
Diameter pengaduk	: 1,8256 m
Tinggi pengaduk	: 0,3651 m
Lebar pengaduk	: 0,4564 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,4564 m
Jarak pengaduk	: 1,8256 m
Kecepatan putar	: 37 rpm
Jumlah pengaduk	: 1 unit
Power pengaduk	: 26,1378 Hp

Jaket Pemanas

Diameter jaket	: 5,7912 m
Tebal jaket	: 0,3125 in
Tinggi Jaket	: 6,2014 m
Bahan isolasi	: <i>Polyisocyanurate</i>
Tebal isolasi	: 2 cm

Harga	: \$ 214,783
-------	--------------

3.2.2. Reaktor RE-03

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi transesterifikasi antara triolein, methanol dengan katalis KOH.

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Jumlah alat : 1 Unit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kondisi Operasi

Suhu : 60 °C

Tekanan : 1 atm

Dimensi

Diameter reaktor : 4,8768 m

Tinggi : 5,7655 m

Tebal *head* : 0,2500 in

Tebal *Shell* : 0,3750 in

Pengaduk

Jenis : *Six-Blade Turbin*

Diameter pengaduk : 1,6224 m

Tinggi pengaduk : 0,3245 m

Lebar pengaduk : 0,4056 m

Lebar *baffle* : 0,4056 m

Jarak pengaduk : 1,6224 m

Kecepatan putar : 45 rpm

Jumlah pengaduk : 1 unit

Power pengaduk : 35,3013Hp

Jaket Pendingin

Diameter jaket	: 5,1816 m
Tebal jaket	: 0,3125 in
Tinggi Jaket	: 6,2014 m
Bahan isolasi	: <i>Polyisocyanurate</i>
Tebal isolasi	: 2 cm
Harga	: \$ 182,546

3.2.3. Mixer M-01

Fungsi	: Mencampurkan Methanol dan H ₂ SO ₄ sebelum dialirkan ke Reaktor R-01
Jenis	: Tangki silinder
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Kondisi operasi	:
Suhu	: 30 C
Tekanan	: 1 atm
Dimensi	:
Diameter	: 0,4336 m
Tinggi	: 0,4681 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>Head</i>	: 0,1875 in
Pengaduk	:

Diameter pengaduk	: 0,1492 m
Tinggi pengaduk	: 0,0298 m
Lebar pengaduk	: 0,0373 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,0373 m
Jarak pengaduk	: 0,1492 m
Kecepatan putaran	: 320 rpm
Power pengaduk	: 0,0884 Hp
Harga	: \$ 46,178

3.2.4 Mixer M-02

Fungsi	: Mencampurkan Air dan Larutan Produk sebelum dialirkan ke Dekanter D-01
Jenis	: Tangki silinder
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Kondisi operasi	:
Suhu	: 30 C
Tekanan	: 1 atm
Dimensi	:
Diameter	: 0,7914 m
Tinggi	: 0,8903 m
Tebal <i>Shell</i>	: 0,1875 in
Tebal <i>Head</i>	: 0,1875 in

Pengaduk	:
Diameter pengaduk	: 0,2678 m
Tinggi pengaduk	: 0,0536 m
Lebar pengaduk	: 0,0669 m
Lebar <i>baffle</i>	: 0,0669 m
Jarak pengaduk	: 0,2678 m
Kecepatan putaran	: 155 rpm
Power pengaduk	: 0,1986 Hp
Harga	: \$ 22,552

3.2.5 Dekanter D-01

Fungsi	:	Memisahkan Biodiesel dari campurannya berdasarkan perbedaan kelarutannya.
Jenis	:	<i>Horizontal silinder</i>
Jumlah	:	1 unit
Bahan konstruksi	:	<i>carbon steel SA-283 grade C</i>
Kondisi operasi	:	
Suhu	:	49.5 C
Tekanan	:	1 atm
Dimensi	:	
Diameter	:	0,6281 m
Panjang	:	1,8844 m
Tebal <i>shell</i>	:	0,1875 in

Tebal <i>head</i>	: 0,1875 in
Harga	: \$ 23,143

3.2.6. Evaporator EV-01

Fungsi	: Menguapkan kandungan air yang tersisa dari produk
Jenis	: <i>Long Tube Vertical Evaporator, Single Effect</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel SA-283 grade C</i>
Tekanan Operasi	: 1 Atm
Suhu Operasi	: 105°C
Dimensi	
Tinggi	: 1,4063 m
Diameter	: 0,5609 m
Tebal	: 0,1875 m
Tipe Tutup	: Torispherical Dished Head
Pemanas	
Jenis	: Shell and Tube
Jumlah Tube	: 109
Panjang	: 12 ft

3.2.7. Tangki Methanol T-01

Fungsi	: Menyimpan bahan baku Methanol
--------	---------------------------------

Jenis	: Tangki <i>Silinder</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Waktu Penyimpanan	: 15 Hari
Volume Tangki	: 140.2866 m ²
Kondisi Operasi	
Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Diameter Tangki	: 7,8086 m
Tinggi Tangki	: 2,9282 m
Tebal <i>shell</i>	
<i>Course 1</i>	: 0,4375 in
Design Atap	
Jenis	: <i>Torispherical Dished Head</i>
Tebal <i>Head</i>	: 0,5384 in
Tinggi <i>Head</i>	: 1,4227 m
Harga	: \$ 68,731

3.2.8. Tangki H₂SO₄ T-02

Fungsi	: Menyimpan katalis Asam Sulfat
Jenis	: Tangki <i>Silinder</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel type 304</i>

Waktu Penyimpanan	: 15 Hari
Volume Tangki	: 13,9689 m ²
Kondisi Operasi	
Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Diameter Tangki	: 3,6193 m
Tinggi Tangki	: 1,3572 m
Tebal <i>shell</i>	
<i>Course 1</i>	: 0,2500 in
Design Atap	
Jenis	: <i>Torispherical Dished Head</i>
Tebal <i>Head</i>	: 0,3167 in
Tinggi <i>Head</i>	: 0,6832 m
Harga	: \$ 21,264

3.2.9. Tangki Minyak Jelantah T-03

Fungsi	: Menyimpan bahan baku Minyak
Jelantah	
Jenis	: Tangki <i>Silinder</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Waktu Penyimpanan	: 15 Hari
Volume Tangki	: 519,3442 m ²

Kondisi Operasi

Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Diameter Tangki	: 12,1104 m
Tinggi Tangki	: 4,5298 m
Tebal <i>shell</i>	
<i>Course 1</i>	: 0,5000 in
<i>Course 2</i>	: 0,6250 in

Design Atap

Jenis	: <i>Torispherical Dished Head</i>
Tebal <i>Head</i>	: 0,7644 in
Tinggi <i>Head</i>	: 2,1634 m
Harga	: \$ 134,239

3.2.10. Tangki KOH T-04

Fungsi	: Menyimpan katalis KOH
Jenis	: Tangki <i>Silinder</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel type 304</i>
Waktu Penyimpanan	: 15 Hari
Volume Tangki	: 59,7495 m ²
Kondisi Operasi	

Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Diameter Tangki	: 5,8751 m
Tinggi Tangki	: 3,2834 m
Tebal <i>shell</i>	
<i>Course 1</i>	: 0,3750 in
Design Atap	
Jenis	: <i>Torispherical Dished Head</i>
Tebal <i>Head</i>	: 0,4362 in
Tinggi <i>Head</i>	: 1,0803 m
Harga	: \$ 42,957

3.2.11. Tangki Air Proses T-05

Fungsi	: Menyimpan bahan air proses
Jenis	: Tangki <i>Silinder</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Waktu Penyimpanan	: 15 Hari
Volume Tangki	: 169,7537 m ²
Kondisi Operasi	
Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Diameter Tangki	: 8,3210 m

Tinggi Tangki	: 4,6305 m
Tebal <i>shell</i>	
<i>Course 1</i>	: 0,4375 in
Design Atap	
Jenis	: <i>Torispherical Dished Head</i>
Tebal <i>Head</i>	: 0,5655 in
Tinggi <i>Head</i>	: 1,5101 m
Harga	: \$ 74,100

3.2.12. Tangki Biodiesel T-06

Fungsi	: Menyimpan Produk Biodiesel
Jenis	: Tangki <i>Silinder</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Waktu Penyimpanan	: 15 Hari
Volume Tangki	: 553,5866 m ²
Kondisi Operasi	
Suhu	: 30 °C
Tekanan	: 1 atm
Diameter Tangki	: 12,3395 m
Tinggi Tangki	: 6,8351 m
Tebal <i>shell</i>	
<i>Course 1</i>	: 0,5000 in

Course 2 : 0,6250 in

Design Atap

Jenis : *Torispherical Dished Head*

Tebal *Head* : 0,7781 in

Tinggi *Head* : 2,2078 m

Harga : \$ 136,387

3.2.13. Heater HE-01

Fungsi : Memanaskan Minyak Jelantah

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : Carbon steel SA 283 grade C

Dimensi *Heater*

a. Inner pipe (Hot Fluid)

Diamter dalam (ID) : 1,3800 in

Diameter luar (OD) : 1,6600 in

b. Annulus (Cold Fluid)

Diameter (ID) : 2,0700 in

Diameter (OD) : 2,3800 in

Jumlah *Hairpin* : 3

Panjang : 29 ft

Luas transfer panas : 12,5050 ft²

Harga : \$ 1,181

3.2.14. Heater HE-02

Fungsi : Memanaskan Minyak Jelantah

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : Carbon steel SA 283 grade C

Dimensi *Heater*

1. *Inner pipe (Hot Fluid)*

Diamter dalam (ID) : 1,3800 in

Diameter luar (OD) : 1,6600 in

2. *Annulus (Cold Fluid)*

Diameter (ID) : 2,0700 in

Diameter (OD) : 2,3800 in

Jumlah *Hairpin* : 2

Panjang : 15 ft

Luas transfer panas : 6,6792 ft²

Harga : \$ 967

3.2.15. Heater HE-03

Fungsi : Memanaskan aliran biodiesel sebelum
menuju evaporator

Jenis : *Shell and tube heat exchanger*

Jumlah	: 1 unit	
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>	
Dimensi <i>Heater</i>	:	
<i>a. Shell</i>		
Diameter (ID)	: 13,2500 in	
<i>Baffle spacing</i>	: 6,6250 in	
<i>Pass</i>	: 1	
Fluida	: Umpan	
<i>b. Tube</i>		
Jumlah <i>Tube</i>	: 109	
Panjang <i>Tube</i>	: 12,000 ft	
Diamater (OD)	: 0,7500 in	
BWG	: 18	
<i>Pitch</i>	: 1,0000 in (<i>triangular pitch</i>)	
<i>Pass</i>	: 2	
Fluida	: <i>Steam</i>	
Luas transfer panas	: 199.3481 ft ²	
Koefisien transfer panas bersih (<i>Uc</i>)	: 13,7058	Btu/hr.ft ² F
Koefisien transfer panas kotor (<i>Ud</i>)	: 3,8881	Btu/hr.ft ² F
Faktor kotor (<i>Rd</i>)	: 0,1846	
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>	
Harga	: \$ 11,276	

3.2.16. Heater HE-04

Fungsi : Memanaskan aliran biodiesel sebelum menuju evaporator

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi : Carbon steel SA 283 grade C

Dimensi *Heater*

c. Inner pipe (Hot Fluid)

Diamter dalam (ID) : 1,3800 in

Diameter luar (OD) : 1,6600 in

d. Annulus (Cold Fluid)

Diameter (ID) : 2,0700 in

Diameter (OD) : 2,3800 in

Jumlah *Hairpin* : 5

Panjang : 59 ft

Luas transfer panas : 25,5769 ft²

Harga : \$ 1,369

3.2.17. Cooler CL-01

Fungsi : Memanaskan aliran limbah sebelum menuju unit pengolahan limbah

Jenis : *Shell and tube heat exchanger*

Jumlah : 1 unit

Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>	
Dimensi <i>Heater</i>	:	
<i>1. Shell</i>		
Diameter (ID)	: 12,0000 in	
<i>Baffle spacing</i>	: 6,0000 in	
<i>Pass</i>	: 1	
Fluida	: Air Pendingin	
<i>2. Tube</i>		
Jumlah <i>Tube</i>	: 92	
Panjang <i>Tube</i>	: 12 ft	
Diamater (OD)	: 0,7500 in	
BWG	: 18	
<i>Pitch</i>	: 1,0000 in (<i>triangular pitch</i>)	
<i>Pass</i>	: 2	
Fluida	: Umpan	
Luas transfer panas	: 204,1892 ft ²	
Koefisien transfer panas bersih (<i>Uc</i>)	: 61,2816	Btu/hr.ft ² F
Koefisien transfer panas kotor (<i>Ud</i>)	: 54,6476	Btu/hr.ft ² F
Faktor kotor (<i>Rd</i>)	: 0,00981	
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>	
Harga	: \$ 12,457	

3.2.17. Cooler CL-02

Fungsi	: Mendinginkan aliran produk biodiesel
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Jumlah	: 1 unit
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA 283 grade C
Dimensi <i>Heater</i>	

1. Inner pipe (Hot Fluid)

Diamter dalam (ID)	: 1,3800 in
Diameter luar (OD)	: 1,6600 in

2. Annulus (Cold Fluid)

Diameter (ID)	: 2,0700 in
Diameter (OD)	: 2,3800 in

Jumlah <i>Hairpin</i>	: 18
Panjang	: 128 ft
Luas transfer panas	: 117,0602 ft ²
Harga	: \$ 1,933

3.2.17. Pompa P-01

Fungsi	: Memompa aliran Methanol menuju M-01
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 4,8626 m

Kapasitas	: 1,7108 Galon/menit
Daya motor	: 0,05 Hp
Harga	: \$ 3.651

3.2.18. Pompa P-02

Fungsi	: Memompa aliran Asam Sulfat menuju M-01
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 5,1167 m
Kapasitas	: 1,7108 Galon/menit
Daya motor	: 0,05 Hp
Harga	: \$ 3,651

3.2.19. Pompa P-03

Fungsi	: Memompa aliran Minyak Jelantah menuju R-01
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 4,8048 m
Kapasitas	: 6,3555 Galon/menit

Daya motor	: 0,125 Hp
Harga	: \$ 5,155

3.2.20. Pompa P-04

Fungsi	: Memompa aliran KOH menuju R-02
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 4,8274 m
Kapasitas	: 0,5540 Galon/menit
Daya motor	: 0,05 Hp
Harga	: \$ 3,651

3.2.21. Pompa P-05

Fungsi	: Memompa aliran Mixer M-01 menuju R-01
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 5,2403 m
Kapasitas	: 1,6917 Galon/menit
Daya motor	: 0,05 Hp
Harga	: \$ 3,651

3.2.22. Pompa P-06

Fungsi	: Memompa aliran Reaktor R-01 menuju R-02
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 4,6761 m
Kapasitas	: 8,1044 Galon/menit
Daya motor	: 0,25 Hp
Harga	: \$ 5,355

3.2.23. Pompa P-07

Fungsi	: Memompa aliran Reaktor R-02 menuju R-03
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 4,9764 m
Kapasitas	: 8,1049 Galon/menit
Daya motor	: 0,25 Hp
Harga	: \$ 5,355

3.2.24. Pompa P-08

Fungsi	: Memompa aliran Reaktor R-03 menuju M-02
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 5,0451 m
Kapasitas	: 8,8146 Galon/menit
Daya motor	: 0.25 Hp
Harga	: \$ 5,355

3.2.25. Pompa P-09

Fungsi	: Memompa air proses dari T-04 menuju M-02
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 5,1722 m
Kapasitas	: 2,1350 Galon/menit
Daya motor	: 0,125 Hp
Harga	: \$ 5,155

3.2.26. Pompa P-10

Fungsi	: Memompa air proses dari T-04 menuju M-02
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 5,4164 m
Kapasitas	: 12,0302 Galon/menit
Daya motor	: 0.5 Hp
Harga	: \$ 5,799

3.2.27. Pompa P-11

Fungsi	: Memompa Aliran Produk dari D-01 menuju EV-01
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 5,2433 m
Kapasitas	: 7,0535 Galon/menit
Daya motor	: 0,25 Hp
Harga	: \$ 5,355

3.2.28. Pompa P-12

Fungsi	: Memompa Aliran Produk dari D-01
menuju	EV-01
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 6,2210 m
Kapasitas	: 4,9989 Galon/menit
Daya motor	: 0,25 Hp
Harga	: \$ 5,355

3.2.29. Pompa P-13

Fungsi	: Memompa Aliran Produk dari D-01
menuju	EV-01
Jumlah	: 2 Unit
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Bahan konstruksi	: <i>Commercial Steel</i>
Head pompa	: 5,2252 m
Kapasitas	: 6,9517 Galon/menit
Daya motor	: 0,25 Hp
Harga	: \$ 5,355

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan berdasarkan pada kebutuhan biodiesel di Indonesia, tersedianya bahan baku serta produksi biodiesel di Indonesia. Kebutuhan nasional biodiesel dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri di Indonesia, sejalan dengan berkembangnya industri-industri yang menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar pengganti solar. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 7.500 ton/tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu:.

a. Proyeksi kebutuhan biodiesel

Konsumsi energi semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, berkembangnya sektor industri dan transportasi, maka diperkirakan kebutuhan biodiesel akan semakin meningkat. Berikut ini data statistik konsumsi biodiesel dalam nasional tiap tahun yang diterbitkan oleh Ditjen EBTKE:

Tabel 3.1 Konsumsi Nasional Biodiesel Tiap Tahun:

Tahun	Konsumsi (Ton/tahun)
2010	243000
2011	1812000

2012	2221000
2013	2805000
2014	3834000
2015	1863000
2016	5864000

Sumber : Statistik Ditjen EBTKE 2017

Kebutuhan biodiesel dari tahun ketahun mengalami peningkatan. Diperkirakan kebutuhan biodiesel mendatang akan terus meningkat. Sehingga untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan sebesar 7.500 ton/tahun.

b. Ketersediaan bahan baku

Untuk menghasilkan produk biodiesel dengan kapasitas 7.500 ton/tahun akan membutuhkan bahan baku minyak jelantah, methanol, asam sulfat dan potassium hidroksida. Bahan baku minyak jelantah didapatkan dari kerjasama dengan fast food terkemuka di Indonesia seperti McDonald (McD), Kentucky Fried Chicken (KFC) dan California Fried Chicken (CFC) yang gerainya di Pulau Jawa dapat menghasilkan minyak jelantah dengan jumlah yang cukup untuk memenuhi produksi biodiesel sebesar 7.500 ton/. Untuk metanol dipenuhi dari PT. Kaltim Metanol Industri, Bontang, sedangkan untuk kebutuhan lain diperoleh dari PT. Pancasakti Putra Kencana. PT. Pancasakti Putra Kencana adalah

perusahaan yang menyediakan kebutuhan industri dan perdagangan kimia yang berlokasi di Tangerang-Banten.

c. Kapasitas Produksi Biodiesel

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi tahun 2017 (Ditjen EBTKE). Produksi biodiesel di Indonesia mencapai 5.785.000 ton/tahun. Sedangkan berdasarkan data statistik jumlah konsumsi biodiesel nasional terus meningkat, sehingga perlu mengimpor biodiesel.

Dengan memperhatikan faktor-faktor di atas maka dalam perancangan pabrik biodiesel ini ditentukan kapasitas 7.500 ton/tahun dengan pertimbangan antara lain:

- 4 Dari segi bahan baku, kebutuhan Minyak Jelantah, n-hexane, Methanol, KOH, H₂SO₄ dapat tercukupi.
- 5 Dari segi pemasaran, dengan produksi biodiesel 7.500 ton/tahun dapat memenuhi kebutuhan biodiesel nasional.

3.3.2. Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

5.4 Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu:

- ◆ Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- ◆ Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya:
 - Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
 - Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
 - Mencari daerah pemasaran.

5.5 Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

- ◆ Material (bahan baku), dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.
- ◆ Manusia (tenaga kerja), kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.
- ◆ Mesin (peralatan), ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan

mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat menentukan kelayakan ekonomis pabrik setelah beroperasi. 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, disamping beberapa faktor lain yang harus dipertimbangkan misalnya pengadaan bahan baku, utilitas dan dengan tetap memperhatikan ketersediaan tempat untuk pengembangan pabrik dan kondisi yang aman untuk operasi pabrik (Peters and Timmerhaus, 2003). Kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa depan merupakan faktor-faktor yang perlu mendapat perhatian dalam penetapan lokasi suatu pabrik. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan distribusi dari produk yang dihasilkan.

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka ditentukan rencana pendirian pabrik Biodiesel dari minyak jelantah dan metanol dengan kapasitas 7.500 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Faktor penentuan lokasi pabrik dibagi menjadi 2 faktor, yaitu faktor primer dan faktor sekunder.

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah:

1 Ketersediaan Bahan Baku (*raw material oriented*).

Bahan baku berupa minyak jelantah diperoleh dari gerai fast food di pulau jawa. Pabrik biodiesel ini terletak di provinsi Jawa Tengah. Untuk bahan baku metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri di Bontang, Kalimantan Timur. Faktor lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku yaitu sejumlah gerai fast food terkemuka, maka akan menekan seminimal mungkin biaya pengangkutan dan transportasi bahan baku menuju tempat pengolahan. Serta dengan semakin dekat dengan sumber bahan baku pada proses maka ketersediaan bahan baku akan semakin terjaga dan terjamin sehingga kemungkinan terjadinya defisit bahan baku akan dapat terkontrol. Sedangkan bahan baku lainnya dipenuhi dari PT. Pancasakti Anugrah Kencana, Banten.

2 Pemasaran (*market oriented*).

Biodiesel langsung dapat dipasarkan ke masyarakat berupa biodiesel murni B-100 maupun dijual ke produsen lain untuk dijual kemudian sebagai produk campuran minyak solar dan biodiesel dengan perbandingan tertentu.

3 Ketersediaan Tenaga Kerja.

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Selain itu, faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja sehingga diperoleh tenaga kerja yang berkualitas. Ketersedian tenaga kerja yang melimpah di Indonesia membuat produksi biodiesel akan berjalan lancar, serta perekrutan tenaga kerja menurut kualifikasi tertentu merupakan pertimbangan yang penting demi kemajuan suatu pabrik

4 Tersedianya Lahan yang Luas dan Sumber Air yang Mencukupi.

Lokasi yang dipilih merupakan kawasan yang cukup jauh dari kepadatan penduduk sehingga masih tersedia lahan yang cukup luas. Selain itu, terdapat juga sumber air yang cukup banyak serta sarana dan prasarana transportasi dan listrik.

5 Transportasi

Lokasi pabrik harus mudah dicapai sehingga mudah dalam pengiriman bahan baku dan penyaluran produk, terdapat transportasi yang lancar baik darat dan laut.

4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi:

1. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah hiburan, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup. Daerah Semarang adalah daerah yang strategis, memiliki kekayaan alam yang berlimpah. Letak daerahnya juga dekat dengan pantai yang telah difasilitasi dengan pelabuhan yang memadai. Sehingga proses transportasi untuk pengiriman produk maupun untuk penerimaan bahan baku dapat terhubung dengan mudah. Selain itu daerah Semarang juga memiliki kondisi geografis kawasan industri dengan kelengkapan infrastruktur yang memadai.

2. Jaringan Jalan Raya

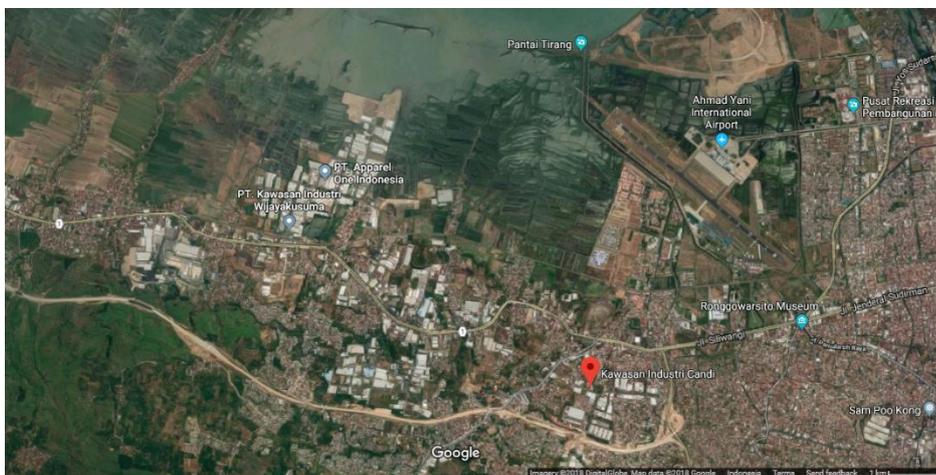
Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka diantara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya.

3. Perluasan Areal Pabrik

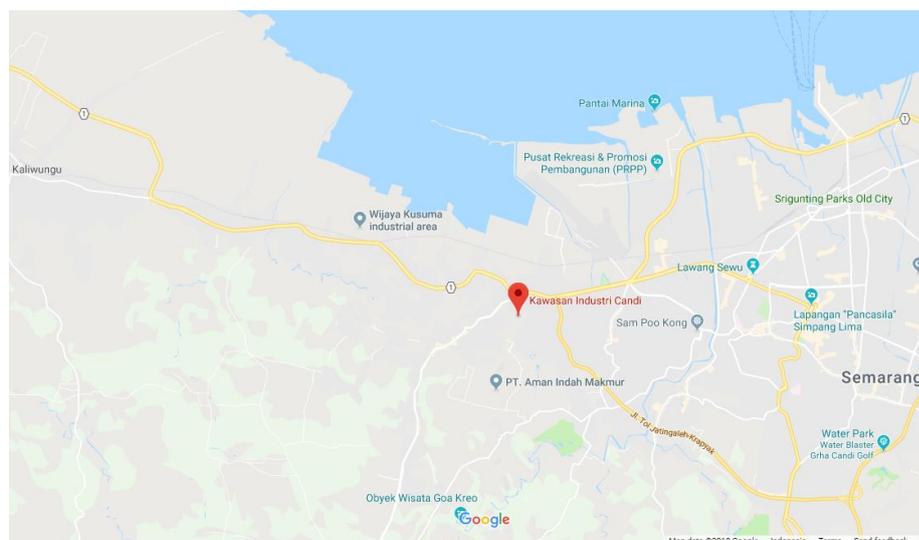
Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan industri, sehingga memungkinkan adanya perluasan areal pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

4. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.



Gambar 4.1 Rencana Lokasi Pabrik dengan *Google Satellite*



Gambar 4.2 Rencana Lokasi Pabrik dengan *Google Map*

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian - bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan dan tempat penyimpanan bahan baku dan produk. Secara garis besar tujuan utama dari tata letak pabrik ialah mengatur area kerja dan segala fasilitas produksi yang paling ekonomis untuk beroperasi produksi aman, dan nyaman sehingga akan dapat menaikkan moral kerja dan *performance* dari operator.

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 sehingga dapat memberikan kenyamanan proses produksi.

Secara garis besar *lay out* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

4 Daerah Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium

Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium sebagai pusat pengendalian

kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.

5 Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan tempat berlangsungnya proses produksi. Ruang *control* sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

6 Daerah Pergudangan, Umum, Bengkel dan Garasi

Daerah tempat menyimpan baik itu dari proses pabrik maupun yang bukan langsung dari proses pabrik dan juga tempat untuk pemeliharaan alat.

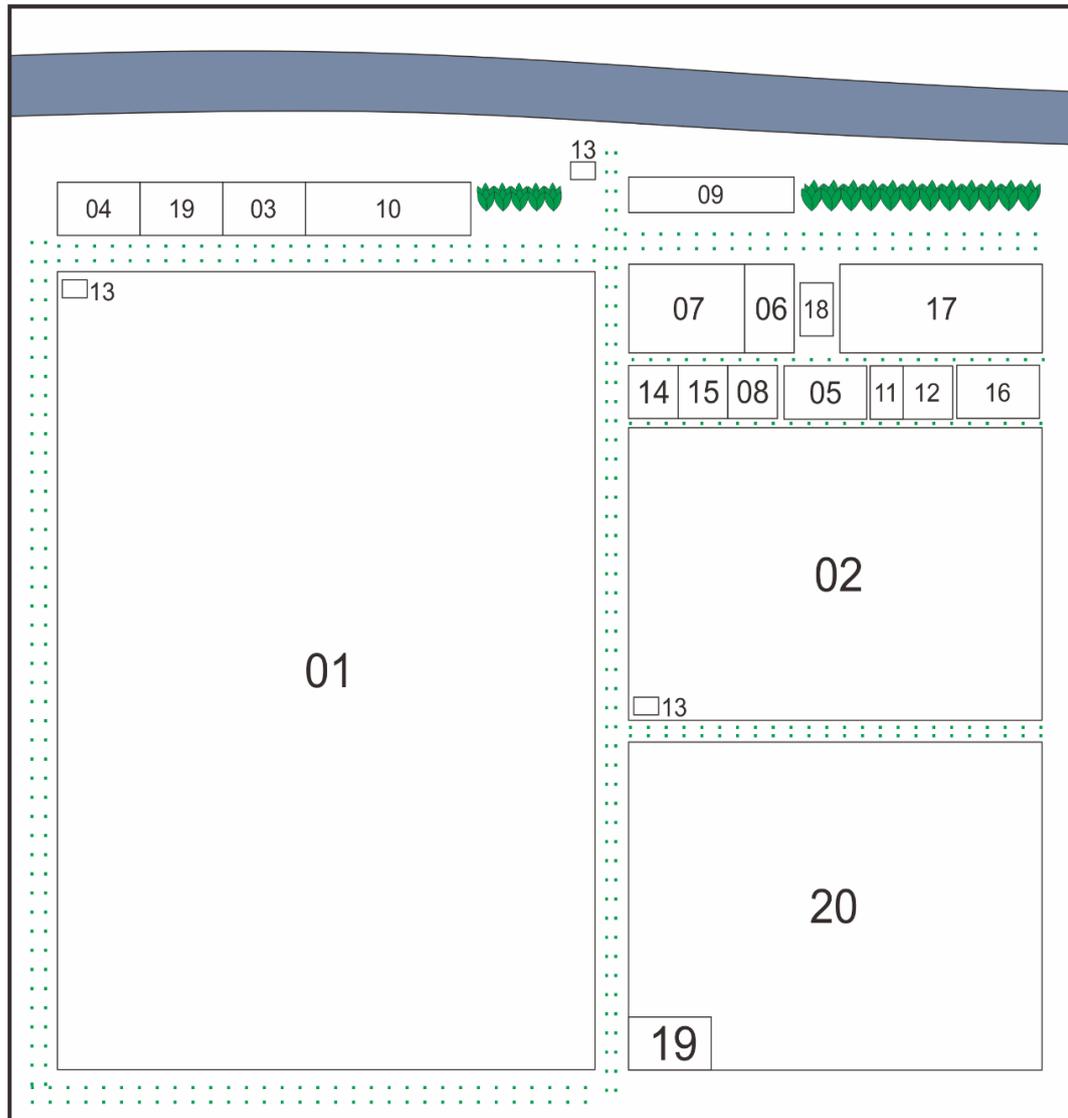
7 Daerah Utilitas dan *Power Station*

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan air dan tenaga listrik dipusatkan. Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 4.1 Luas Tanah dan Bangunan

No.	Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Area Proses	40	30	1.200
2.	Area Utilitas	30	15	450
3.	Bengkel	10	10	100
4.	Gudang Peralatan	10	10	100
5.	Kantin	5	15	75
6.	Kantor Utama	35	25	875

7.	Laboratorium	20	15	300
8.	Parkir Utama	20	5	100
9.	Parkir Truk	30	10	300
10.	Perpustakaan	15	10	150
11.	Poliklinik	5	10	50
12.	Pos Keamanan	5	10	50
13.	<i>Control Room</i>	15	10	150
14.	<i>Control Utilitas</i>	15	10	150
15.	Generator	15	5	75
16.	Area Mess	15	10	150
17.	Masjid	15	25	375
18.	Unit Pemadam Kebakaran	20	15	300
19.	Unit Pengolahan Limbah	25	15	375
20.	Daerah Perluasan	75	75	5.625
21.	Jalan dan Taman	90	20	1.800
	Luas Tanah			13.950
	Luas Bangunan			5.325
	Total	470	325	19.275



Skala : 1 : 3500

Gambar 4.3. Layout Tata Letak Pabrik

Keterangan :

01	Area Proses	07	Kantor Pusat
02	Area Utilitas	08	Laboratorium
03	Bengkel	09	Parkir Utama

04	Gudang Peralatan	10	Parkir Truk
05	Kantin	11	Perpustakaan
06	Kantor Teknik dan Produksi	12	Poliklinik
13	Pos Keamanan	18	Masjid
14	<i>Control Room</i>	19	Unit Pemadam Kebakaran
15	Control Utilitas	20	Unit Pengolahan Limbah
16	Generator	21	Daerah Perluasan
17	Area Mess		

4.3. Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu 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.

2. 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.

3. Cahaya

Penerangan selumh pabrik harus memadai pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.

4. Lalu lintas Manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat menjangkau sejumlah alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu, faktor keamanan pekerja dalam menjalankan tugasnya perlu diperhatikan.

5. Tata Letak Alat Proses

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

6. 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.

7. *Maintenance*

Maintenance berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan.

Perawatan *preventif* dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat.

Perawatan tiap alat meliputi:

➤ Over head 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *leveling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang rusak, kemudian dikembalikan seperti kondisi semula.

➤ Repairing

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat yang rusak. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance* adalah:

◆ Umur alat

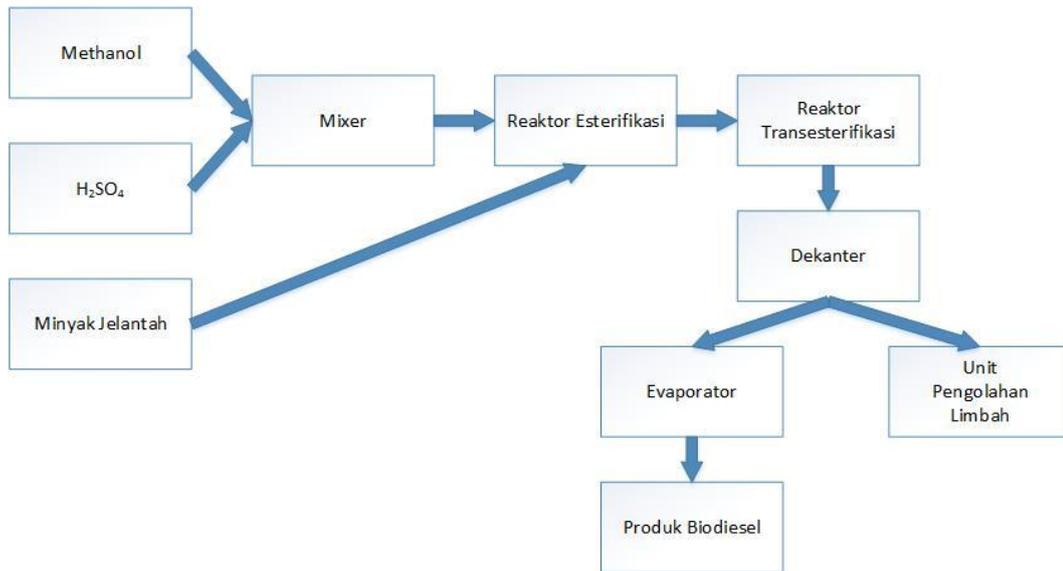
Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

◆ Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b. Dapat mengefektifkan penggunaan ruangan.
- c. Biaya material dikendalikan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi biaya kapital yang tidak penting.
- d. Jika tata letak peralatan proses sudah benar dan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal.
- e. Karyawan mendapatkan kepuasan kerja.



Gambar 4.4 Layout Alur Proses Produksi

4.4 Alir Proses dan Material

Berdasarkan kapasitas yang ada maka diperoleh neraca massa dan neraca panas baik produk maupun bahan baku untuk menentukan alat-alat apa saja yang akan digunakan dalam pendirian pabrik, selain dari sifat-sifat kimia dan fisik produk dan bahan baku. Hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas sebagai berikut:

4.4.1 Perhitungan Neraca Massa

a. Neraca Massa Reaktor Esterifikasi 01 (R-01)

Tabel 4.2 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi 01

Komponen	BM	Masuk (arus 4)		Masuk (arus 3)		Keluar (arus 5)	
		kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)
H ₂ O	18	0,0000	0,0000	0,2069	3,7236	0,2735	4,9232
CH ₄ O	32	0,0000	0,0000	7,8645	251,6646	7,7979	249,5319

KOH	56	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
C ₃ H ₈ O ₃	92	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H ₂ SO ₄	98	0,0000	0,0000	0,5908	57,8947	0,5908	57,8947
K ₂ SO ₄	174	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	0,0975	27,5000	0,0000	0,0000	0,0309	8,7059
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0666	19,7271
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	884	1,2132	1072,5000	0,0000	0,0000	1,2132	1072,5000
Σ	1932	1,3108	1100,0000	8,6621	313,2829	9,9729	1413,2829
		kmol/jam	9,9729				
		kg/jam	1413,2829				

b. Neraca Massa Reaktor Esterifikasi 02 (R-02)

Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi 02 (R-02)

Komponen	BM	Masuk (arus 5)		Keluar (arus 6)	
		kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)
H ₂ O	18	0,2735	4,9232	0,2946	5,3030
CH ₄ O	32	7,7979	249,5319	7,7768	248,8568
KOH	56	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
C ₃ H ₈ O ₃	92	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H ₂ SO ₄	98	0,5908	57,8947	0,5908	57,8947
K ₂ SO ₄	174	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	0,0309	8,7059	0,0098	2,7561
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	0,0666	19,7271	0,0877	25,9723
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	884	1,2132	1072,5000	1,2132	1072,5000
Σ	1932	9,9729	1413,2829	9,9729	1413,2829

c. Neraca Massa *Mixer* 01 (M-01)Tabel 4.4 Neraca Massa *Mixer* M-01

Komponen	BM	Masuk (arus 1)		Masuk (arus 2)		Keluar (arus 3)		
		mol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	mol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	mol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	
CH ₄ O	56	4,4940	251,6646	0,0000	0,0000	4,4940	251,6646	
H ₂ O	18	0,1412	2,5421	0,0656	1,1815	0,2069	3,7236	
H ₂ SO ₄	174	0,0000	0,0000	0,3327	57,8947	0,3327	57,8947	
Σ	248	4,6352	254,2066	0,3984	59,0763	5,0336	313,2829	
		kmol/jam	5,0336					
		kg/jam	313,2829					

d. Neraca Massa Reaktor Transesterifikasi (R-03)

Tabel 4.5 Neraca Massa Reaktor Transesterifikasi R-03

Komponen	BM	Masuk (6)		Masuk (7)		Keluar (8)		Fraksi Massa (%)	
		kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)		
H ₂ O	18	0,2946	5,3030	4,1607	74,8925	5,6368	101,4629	6,3100	
CH ₄ O	32	7,7768	248,8568	0,0000	0,0000	4,2463	135,8803	8,4504	
KOH	56	0,0000	0,0000	1,3374	74,8925	0,9576	53,6250	3,3350	
C ₃ H ₈ O ₃	92	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,1768	108,2691	6,7333	
H ₂ SO ₄	98	0,5908	57,8947	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
K ₂ SO ₄	174	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5908	102,7927	6,3927	
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	0,0098	2,7561	0,0000	0,0000	0,0098	2,7561	0,1714	
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	0,0877	25,9723	0,0000	0,0000	3,6183	1071,0046	66,6062	
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	884	1,2132	1072,5000	0,0000	0,0000	0,0364	32,1750	2,0010	
Σ	1932	9,9729	1413,2829	5,4981	149,7849	16,2727	1607,9658	100,0000	
		Total kmol/jam	15,4710						
		Total kg/jam	1563,0678						

e. Neraca Massa *Mixer* M-02

Tabel 4.6 Neraca Massa Mixer M-02

Komponen	BM	Masuk (arus 8)		Masuk (arus 9)		Keluar (arus 10)	
		kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)
H ₂ O	18	5,6368	101,4629	22,3329	401,9914	27,9697	503,4543
CH ₄ O	32	4,2463	135,8803	0,0000	0,0000	4,2463	135,8803
KOH	56	0,9576	53,6250	0,0000	0,0000	0,9576	53,6250
C ₃ H ₈ O ₃	92	1,1768	108,2691	0,0000	0,0000	1,1768	108,2691
H ₂ SO ₄	98	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
K ₂ SO ₄	174	0,5908	102,7927	0,0000	0,0000	0,5908	102,7927
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	0,0098	2,7561	0,0000	0,0000	0,0098	2,7561
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	3,6183	1071,0046	0,0000	0,0000	3,6183	1071,0046
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	884	0,0364	32,1750	0,0000	0,0000	0,0364	32,1750
Σ	1932	16,2727	1607,9658	22,3329	401,9914	38,6056	2009,9572
		Total kmol/jam	38,6056				
		Total Kg/jam	2009,9572				

f. Neraca Massa Decanter D-01

Tabel 4.7 Neraca Massa Decanter D-01

Komponen	BM	Masuk (arus 10)		Keluar (arus 11) atas		Keluar (arus 12) bawah	
		kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)
H ₂ O	18	27,9697	503,4543	1,1188	20,1382	26,8509	483,3162
CH ₄ O	32	4,2463	135,8803	0,1699	5,4352	4,0764	130,4451
KOH	56	0,9576	53,6250	0,0048	0,2681	0,9528	53,3569
C ₃ H ₈ O ₃	92	1,1768	108,2691	0,0118	1,0827	1,1651	107,1864
H ₂ SO ₄	98	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
K ₂ SO ₄	174	0,5908	102,7927	0,0059	1,0279	0,5849	101,7648
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	0,0098	2,7561	0,0098	2,7561	0,0000	0,0000
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	3,6183	1071,0046	3,6183	1071,0046	0,0000	0,0000
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	884	0,0364	32,1750	0,0364	32,1750	0,0000	0,0000
Σ	1932			4,9755	1133,8879	33,6300	876,0693
		38,6056	2009,9572	Total kmol/jam		38,6056	
				Total Kg/jam		2009,9572	

g. Neraca Massa Evaporator EV-01

Tabel 4.8 Neraca Massa Evaporator EV-01

Komponen	BM	Masuk (arus 11)		Keluar (arus 13)		Keluar (arus 14)		Fraksi Massa
		kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	kmol/jam	Alir Massa (Kg/Jam)	
H ₂ O	18	1,1188	20,1382	0,8055	14,4995	0,3133	5,6387	0,51%
CH ₄ O	32	0,1699	5,4352	0,1223	3,9134	0,0476	1,5219	0,14%
KOH	56	0,0048	0,2681	0,0000	0,0000	0,0048	0,2681	0,02%
C ₃ H ₈ O ₃	92	0,0118	1,0827	0,0000	0,0000	0,0118	1,0827	0,10%
H ₂ SO ₄	98	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00%
K ₂ SO ₄	174	0,0059	1,0279	0,0000	0,0000	0,0059	1,0279	0,09%
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	0,0098	2,7561	0,0000	0,0000	0,0098	2,7561	0,25%
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	3,6183	1071,0046	0,0000	0,0000	3,6183	1071,0046	96,01%
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	884	0,0364	32,1750	0,0000	0,0000	0,0364	32,1750	2,88%
Σ	1932	4,9755	1133,8879	0,9278	18,4128	4,0477	1115,4751	100,00%
				Total kmol/jam		4,9755		
				Total Kg/jam		1133,8879		

4.4.2 Perhitungan Neraca Panas

a. Neraca Panas Reaktor Esterifikasi R-01

Tabel 4.9 Neraca Panas Reaktor Esterifikasi R-01

Komponen	Panas Masuk (Kcal/jam)		Panas Keluar (Kcal/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
H ₂ O	50,9953		2292,4276
Metanol	753,2104		5320,2813
KOH			
C ₃ H ₈ O ₃			
H ₂ SO ₄	99,0712		703,9792
K ₂ SO ₄			
C ₁₈ H ₃₄ O ₂		1027,1191	178,8922

$C_{19}H_{36}O_2$		365,1976
$C_{57}H_{104}O_6$	11327,2129	6229,8601
Panas Reaksi	4787,6435	
Pemanas		2954,6144
Total	18045,25	18045,25

b. Neraca Panas Reaktor Esterifikasi R-02

Tabel 4.10 Neraca Panas Reaktor Esterifikasi R-02

Komponen	Panas Masuk (Kcal/jam)	Panas Keluar (Kcal/jam)
	Arus 5	Arus 6
H_2O	519,53	559,6090
Metanol	5320,28	5305,8863
KOH		
$C_3H_8O_3$		
H_2SO_4	703,98	703,98
K_2SO_4		
$C_{18}H_{34}O_2$	178,89	56,6336
$C_{19}H_{36}O_2$	365,20	480,8117
$C_{57}H_{104}O_6$	6229,86	6229,86
Panas Reaksi	1515,67	
Pemanas		1496,6333
Total	14833,41	14833,41

c. Neraca Panas Reaktor Transesterifikasi R-03

Tabel 4.11 Neraca Panas Reaktor Transesterifikasi R-03

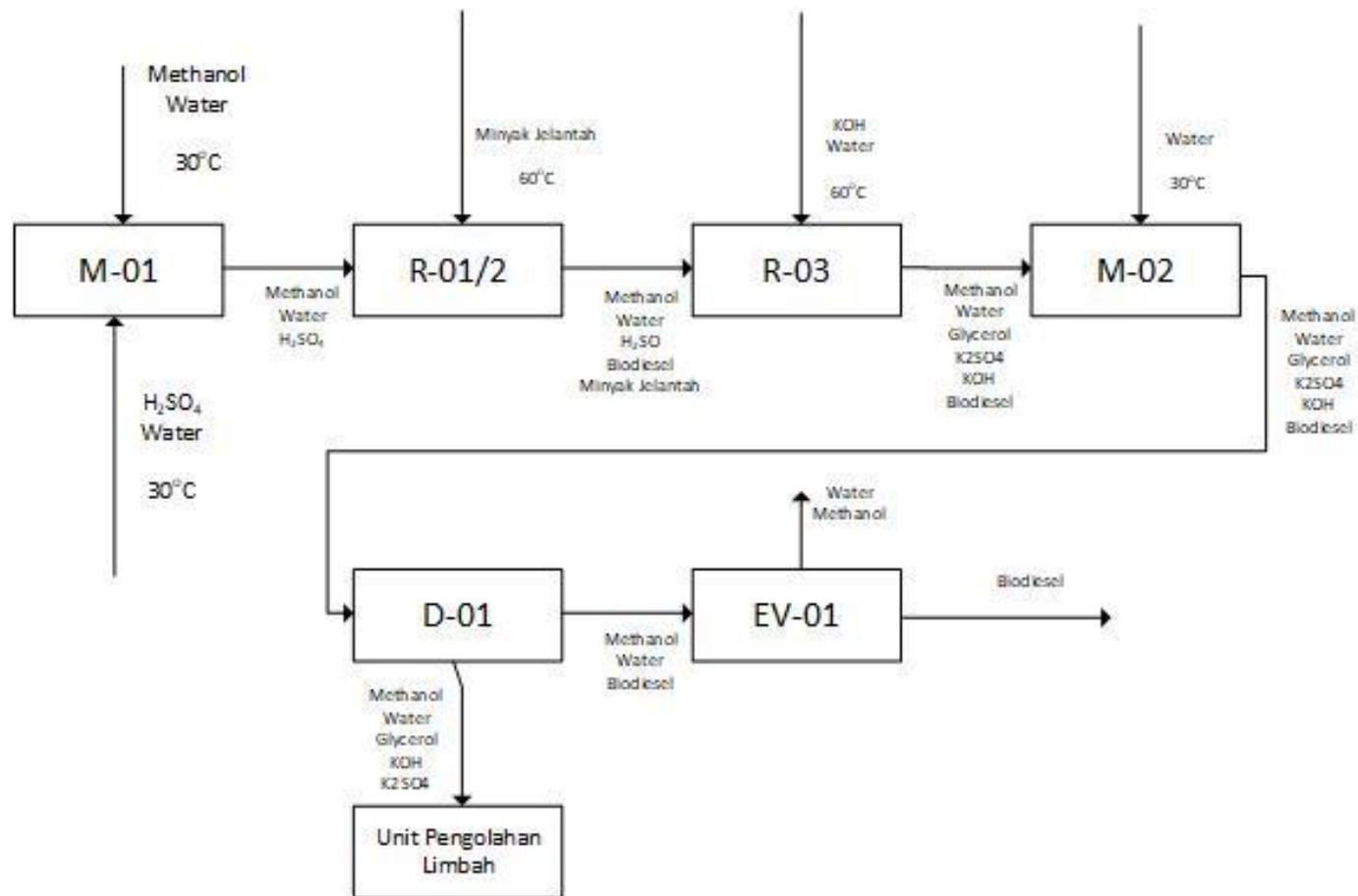
Komponen	Panas Masuk (Kcal/jam)		Panas Keluar (Kcal/jam)
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
H ₂ O	559,6090	7903,1835	10707,0852
Metanol	5305,8863		2897,1099
KOH		900,59	644,8465
C ₃ H ₈ O ₃			2595,9301
H ₂ SO ₄	703,9792		
K ₂ SO ₄			685,6240
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	56,6336		56,6336
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	480,8117		19826,9573
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	6229,8601		186,8958
Panas Reaksi			76429,4288
Pemanas	91889,9577		
Total	114030,51		114030,51

d. Neraca Panas Evaporator EV-01

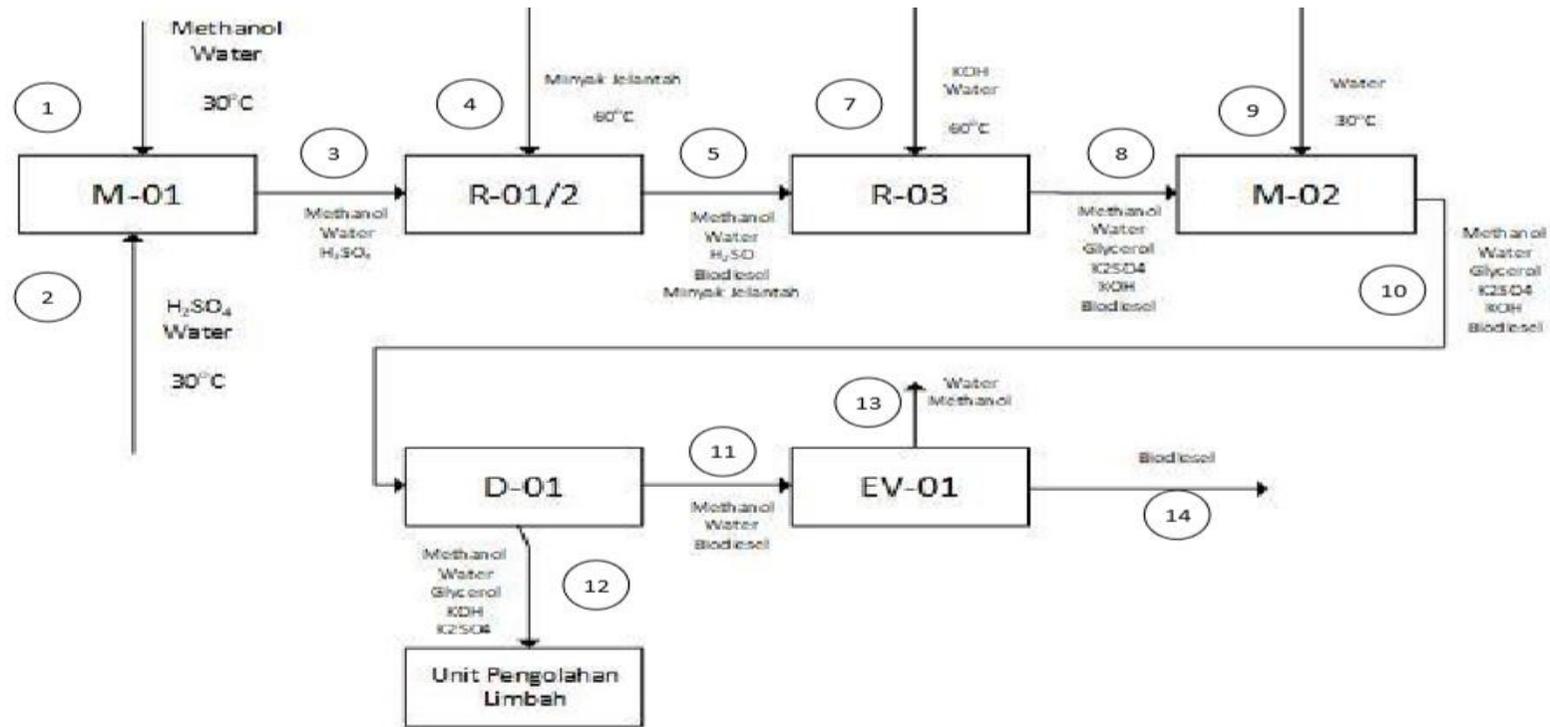
Tabel 4.12 Neraca Panas Evaporator EV-01

Komponen	Panas Masuk (Kcal/jam)	Panas Keluar (Kcal/jam)	
	Arus 11	Arus 13	Arus 14
H ₂ O	4775,3440	4087,8120	1580,8929
Metanol	237,3250	197,6731	76,5174
KOH	6,4708		7,4021
C ₃ H ₈ O ₃	52,4257		60,0770
H ₂ SO ₄			
K ₂ SO ₄			15,7114

$C_{18}H_{34}O_2$			131,8111
$C_{19}H_{36}O_2$			46300,3086
$C_{57}H_{104}O_6$			435,2260
Pemanas	18979,0699		
Penguapan			11989,6198
Total	64883,05		64883,05



Gambar 4.5 Diagram Kualitatif



Komponen	Nomor Alir																					
	1	2	3	4a	4b	5	6	7a	7b	8	9	10	11a	11b	11c	12a	12b	13	14a	14b	14c	
Suhu (°C)	30	30	30	30	60	60	30	60	60	60	30	49.5	49.5	71.5	95	49.5	30	105	105	80	30	
Tekanan (atm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Flow Rate (kg/jam)																						
H ₂ O	2.5421	1.1815	3.7236	-	-	4.9232	5.3030	74.8925	74.8925	101.4629	401.9914	503.4543	20.1382	20.1382	20.1382	483.3162	43.3162	14.4995	5.6387	5.6387	5.6387	
CH ₃ O	251.6646	-	251.6646	-	-	249.5319	248.8568	-	-	135.8803	-	135.8803	5.4352	5.4352	5.4352	130.4451	130.4451	1.9134	1.5219	1.5219	1.5219	
KOH	-	-	-	-	-	-	-	74.8925	74.8925	53.6250	-	53.6250	0.2681	0.2681	0.2681	53.3569	53.3569	-	0.2681	0.2681	0.2681	
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108.2691	-	108.2691	1.0827	1.0827	1.0827	107.1864	107.1864	-	1.0827	1.0827	1.0827	
H ₂ SO ₄	-	57.8947	57.8947	-	-	57.8947	57.8947	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	-	-	-	27.5000	27.5000	8.7058	2.7561	-	-	102.7927	-	102.7927	1.0279	1.0279	1.0279	101.7648	101.7648	-	1.0279	1.0279	1.0279
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	-	-	-	-	19.7271	25.9723	-	-	1071.0046	-	1071.0046	1071.0046	1071.0046	1071.0046	-	-	-	1071.0046	1071.0046	1071.0046	
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	-	-	-	1072.5000	1072.5000	1072.5000	1072.5000	-	-	32.1750	-	32.1750	32.1750	32.1750	32.1750	-	-	-	32.1750	32.1750	32.1750
Total	254.2066	59.0763	313.2829	1100.0000	1100.0000	1413.2829	1413.2829	149.7849	149.7849	1607.9658	401.9914	2009.9572	1133.2444	1133.2444	1133.2444	876.0693	876.0693	18.4128	1115.4751	1115.4751	1115.4751	

Gambar 4.6 Diagram Kuantitatif

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi:

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*water treatment system*)
2. Unit pembangkit steam (*steam generation system*)
3. Unit pembangkit listrik (*power plant system*)
4. Unit penyedia udara instrumen (*instrument air system*)
5. Unit penyediaan bahan bakar

4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

4.5.1.1 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik Biodiesel ini, sumber air yang digunakan berasal air sungai yang terdekat dengan pabrik, Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah:

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
- c. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
- d. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Air yang diperlukan untuk kebutuhan pabrik adalah:

1) Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut:

- a) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi.

2) Air umpan boiler (*boiler feed water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut:

- a) Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 , O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

b) Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*)

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

c) Zat yang menyebabkan *foaming*

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.

3) Air Domestik

Air domestik adalah air yang akan digunakan untuk keperluan domestik. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid. Air domestik harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a) Syarat fisika, meliputi:

Suhu : Di bawah suhu udara

Warna : Jernih

Rasa : Tidak berasa

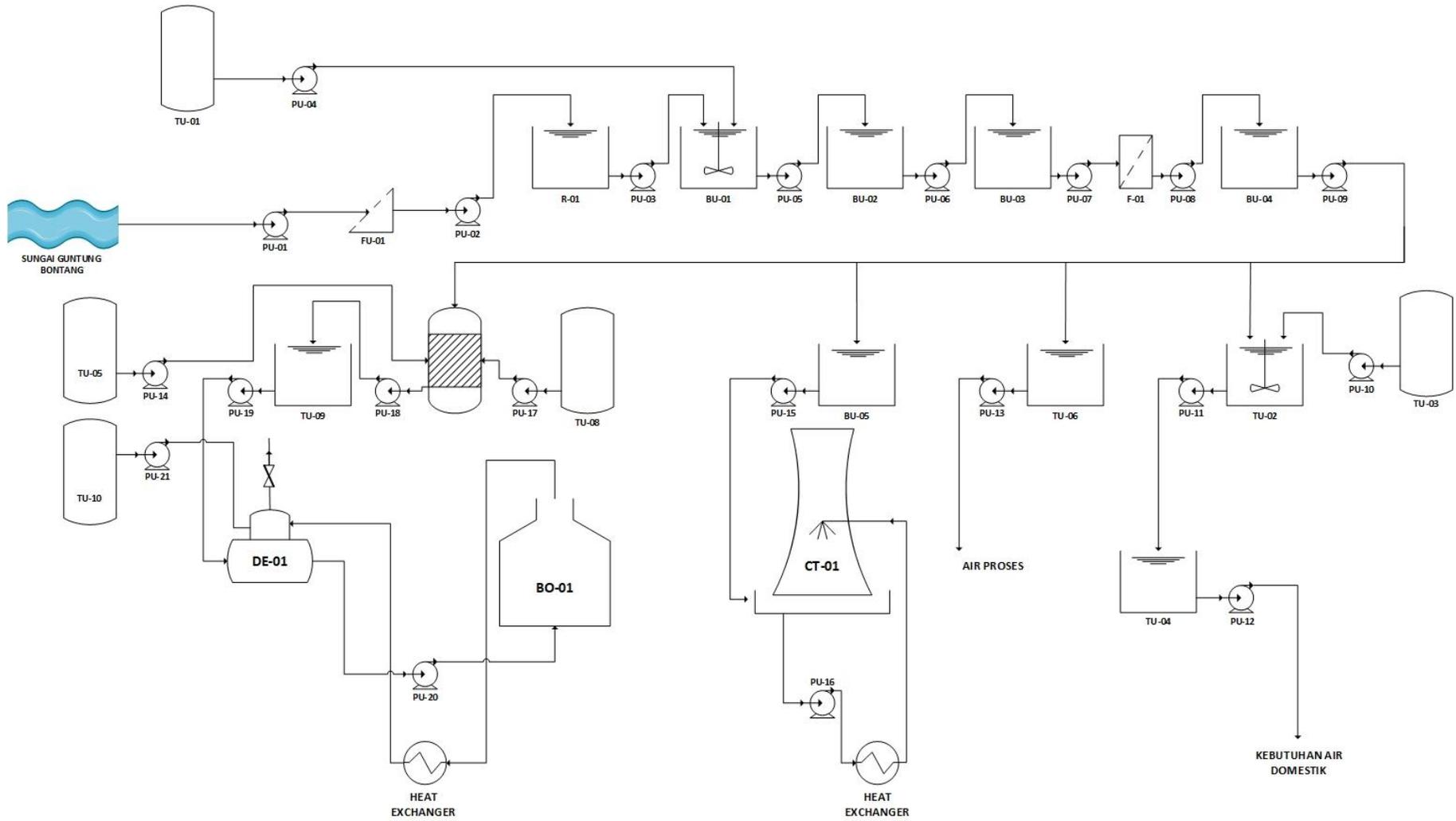
Bau : Tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi:

Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air serta tidak mengandung bakteri terutama bakteri yang bersifat patogen

4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik Biodiesel ini, kebutuhan air diambil dari air sungai yang terdekat dengan pabrik. Berikut ini merupakan diagram alir pengolahan air:



Gambar 4.7 Diagram Alir Pengolahan Air Sungai

Adapun tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi:

1) Penghisapan

Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan cara pemompaan yang kemudian dialirkan ke penyaringan (*screening*) dan langsung dimasukkan ke dalam reservoir.

2) Penyaringan (*screening*)

Pada *screening*, partikel-partikel padat yang besar akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia. Sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan terikut bersama air menuju unit pengolahan selanjutnya. Penyaringan dilakukan agar kotoran-kotoran bersifat kasar atau besar tidak terikut ke sistem pengolahan air, maka sisi isap pompa di pasang saringan (*screen*) yang dilengkapi dengan fasilitas pembilas apabila *screen* kotor.

3) Penampungan (*reservoir*)

Air dalam penampungan di *reservoir*, kotorannya seperti lumpur akan mengendap.

4) Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan biasanya adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi

dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur ke dalam air. Selain itu kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan.

5) Bak Pengendap I dan II

Flok dan endapan dari proses koagulasi diendapkan dalam bak pengendap I dan II.

6) Proses Filtrasi

Air yang keluar dari bak pengendap II yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya dilewatkan filter untuk difiltrasi.

7) Bak Penampung Air Bersih

Air dari proses filtrasi merupakan air bersih, ditampung di dalam bak penampung air bersih. Air bersih tersebut kemudian digunakan secara langsung untuk air pendingin dan air layanan (*service water*). Air bersih kemudian digunakan juga untuk air domestik yang terlebih dahulu di desinfektanisasi, dan umpan boiler terlebih dahulu di demineralisasi.

8) Demineralisasi

Air untuk umpan ketel (*boiler*) pada reaktor harus murni dan bebas dari garam-garam terlarut yang terdapat didalamnya, Untuk itu perlu dilakukan proses demineralisasi. Alat demineralisasi terdiri atas penukar kation (*cation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*). Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan

ion - ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm. Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan *boiler*.

Proses *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* berlangsung pada Resin *Mixed-Bed*. Resin *Mixed-Bed* adalah kolom resin campuran antara resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion bila dilewatkan ke Resin *Mixed-Bed* tersebut, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin anion. Saat resin kation dan anion telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar kation dan anion akan diregenerasi kembali.

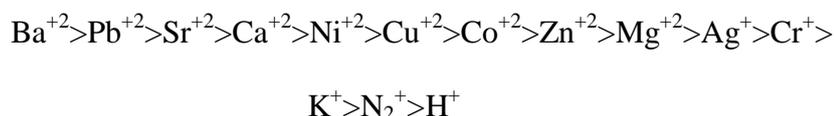
Adapun tahap - tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

a. *Cation Exchanger*

Cation Exchanger ini berisi resin penukar kation dengan formula RSO_3H , dimana pengganti kation – kation yang dikandung dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ . Reaksi penukar kation:



Ion Mg^{+2} dapat menggantikan ion H^+ yang ada dalam resin karena selektivitas Mg^{+2} lebih besar dari selektivitas H^+ . Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut:



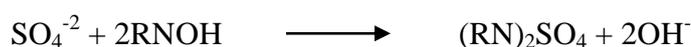
Saat resin kation jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan untuk meregenerasi yang digunakan adalah H_2SO_4 . Reaksi Regenerasi :



b. *Anion Exchanger*

Anion Exchanger berfungsi untuk mengikat ion -ion negatif (anion) yang larut dalam air dengan resin yang bersifat basa, yang mempunyai formula RNOH , sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi Penukar Anion:

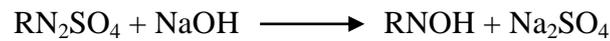


Ion SO_4^{-2} dapat menggantikan ion OH^- yang ada dalam resin karena selektivitas SO_4^{-2} lebih besar dari selektivitas OH^- .

Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut:



Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan untuk meregenerasi yang digunakan adalah NaOH . Reaksi Regenerasi:



9) *Deaerator*

Air yang telah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama O₂ dan CO₂. Gas tersebut dihilangkan lebih dahulu, karena dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa *Hydrazine* (N₂H₄) yang berfungsi menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi.

Deaerator berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari alat penukar ion (*ion exchanger*) dan kondensat bekas sebelum dikirim sebagai air umpan ketel. Pada deaerator ini, air dipanaskan hingga 90°C supaya gas-gas yang terlarut dalam air, seperti O₂ dan CO₂ dapat dihilangkan. Karena gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan menutupi permukaan pipa-pipa dan hal ini akan menyebabkan korosi pada pipa-pipa ketel. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan koil pemanas di dalam deaerator.

4.5.1.3 Kebutuhan Air

5.5.1 Kebutuhan Air Proses

Kebutuhan air yang digunakan pada unit proses yaitu air umpan pada filter yang membutuhkan air sebanyak 8223.2846 kg/jam

5.5.2 Air Utilitas

5.5.2.1 Kebutuhan Air Steam

Tabel 4.13 Kebutuhan Air Steam

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater	HE-01	21.94
	HE-02	14.73
	HE-03	30.66
Reaktor Esterifikasi	R-01	106.19
	R-02	25.14
Evaporator	EV-01	36.5333
Total		235.1835

Kebutuhan steam perancangan dibuat over design sebesar 20%

$$\text{Kebutuhan steam} = 1,2 \times 235.1835 \text{ kg/jam}$$

$$= 282.2202 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Blowdown} = 15\% \times \text{kebutuhan steam}$$

$$= 42.3330 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Steam Trap} = 5\% \times \text{kebutuhan steam}$$

$$= 14.1110 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan air *make up* untuk steam

$$\text{Make Up} = \text{Blowdown} + \text{Steam Trap}$$

$$= 56.4440 \text{ kg/jam}$$

5.5.2.2 Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.14 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Cooler 1	CL-01	3063.57
Cooler 2	CL-02	103.85
Reaktor Transesterifikasi	R-03	9189.00
Total		12356.42

Kebutuhan air pendingin perancangan dibuat over design sebesar 20%, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin} &= 20\% \times 12356.42 \text{ kg/jam} \\ &= 14827.7054 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Make up air pendingin} = 252.0710$$

5.5.2.3 Kebutuhan Air Domestik

Penyediaan Keperluan Air Domestik Meliputi:

- Air Kantor

$$\text{Jumlah karyawan} = 123 \text{ Orang}$$

$$\text{Kebutuhan air per karyawan} = 100 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Total Kebutuhan Air Karyawan} = 524 \text{ kg/jam}$$

- Air Layanan Umum

Diperkirakan kebutuhan air untuk:

$$\text{Bengkel} = 200 \text{ kg/hari}$$

Poliklinik	= 300 kg/hari
Laboratorium	= 500 kg/hari
Pemadam kebakaran	= 1.000 kg/hari
Kantin, mushola, kebun dan lain-lain	= 2.000 kg/hari
Total kebutuhan air <i>Service</i>	= 4.000 kg/hari

- Air Rumah Tangga

Diperkirakan perumahan dengan jumlah 35 rumah dan masing-masing rumah rata-rata dihuni 3 orang, maka kebutuhan air di perumahan tersebut sekitar:

Jumlah rumah	= 3 rumah
Kapasitas tiap rumah	= 4 orang
Kebutuhan air tiap orang	= 200 kg/hari
Total Kebutuhan Air Rumah Tangga	= 2400 kg/hari

Sehingga Kebutuhan Air Domestik = 18976 kg/hari
= 790 kg/jam

Tabel 4.15 Total Kebutuhan Air

No.	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	3307.5613
2	Air Pendingin	15079.7764
3	<i>Steam Water</i>	338.6642
4	Air Proses	402
Total		19127.9934

4.5.2 Unit Pembangkit Steam

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

Kapasitas : 125 kg/jam

Jenis : *Fire Tube Boiler*

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 *flange* tebal untuk *shell*, sehingga harganya lebih murah.
- Tidak memerlukan tembok dan batu tahanan 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. Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler*

feed water tank. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5–11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 130⁰C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 39 psi, baru kemudian dialirkan ke steam *header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.5.3 Unit Pembangkit Listrik

a. Kebutuhan Listrik untuk Proses

Tabel 4.16 Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Mixer	M-01	0,1250	93,2125
Mixer	M-02	0,2500	186,4250
Reaktor	R-01	27,0000	20133,9000
Reaktor	R-02	27,0000	20133,9000
Reaktor	R-03	36,0000	26845,2000
Pompa-01	P-01	0,0500	37,2850
Pompa-02	P-02	0,0500	37,2850
Pompa-03	P-03	0,1250	93,2125

Pompa-04	P-04	0,0500	37,2850
Pompa-05	P-05	0,0500	37,2850
Pompa-06	P-06	0,2500	186,4250
Pompa-07	P-07	0,2500	186,4250
Pompa-08	P-08	0,2500	186,4250
Pompa-09	P-09	0,1250	93,2125
Pompa-10	P-10	0,5000	372,8500
Pompa-11	P-11	0,2500	186,4250
Pompa-12	P-12	0,2500	186,4250
Pompa-13	P-13	0,2500	186,4250
Total		92,8250	69,219,6025

b. Kebutuhan Listrik Untuk Utilitas

Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2,0000	1491,4000
Blower Cooling Tower	BL-01	1,0000	745,7000
Pompa-01	PU-01	1,5000	1118,5500
Pompa-02	PU-02	1,0000	745,7000
Pompa-03	PU-03	0,5000	372,8500
Pompa-04	PU-04	0,0500	37,2850
Pompa-05	PU-05	0,5000	372,8500
Pompa-06	PU-06	0,5000	372,8500
Pompa-07	PU-07	0,5000	372,8500
Pompa-08	PU-08	0,5000	372,8500
Pompa-09	PU-09	0,5000	372,8500
Pompa-10	PU-10	0,0500	37,2850
Pompa-11	PU-11	0,1250	93,2125
Pompa-12	PU-12	0,1250	93,2125
Pompa-13	PU-13	0,1250	93,2125

Pompa-14	PU-14	0,1250	93,2125
Pompa-15	PU-15	18,0000	13422,6000
Pompa-16	PU-16	18,0000	13422,6000
Pompa-17	PU-17	0,0500	37,2850
Pompa-18	PU-18	0,0500	37,2850
Pompa-19	PU-19	0,0500	37,2850
Pompa-20	PU-20	0,0500	37,2850
Pompa-21	PU-21	0,0500	37,2850
Pompa-22	PU-22	0,0500	37,2850
Total		45,4000	33,854,7800

c. Kebutuhan listrik untuk alat kontrol, kantor dan penerangan

1. Untuk alat kontrol diperkirakan 25% dari kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor = 17.3049 Kw.
2. Untuk penerangan diperkirakan 15% dari kbutuhan listrik untuk menggerakkan motor = 10.3829 Kw
3. Untuk peralatan kantor seperti AC, komputer dan lain lain diperkirakan 15% dari kebutuhan motor penggerak = 10.3829 Kw
4. Untuk peralatan Bengkel, Laboratorium diperkirakan 15% dari kebutuhan motor penggerak = 10.3829Kw

d. Kebutuhan listrik untuk perumahan

Setiap rumah diperkirakan memerlukan listrik = 1000 watt

Jumlah rumah = 3 rumah

Kebutuhan listrik perumahan = 3 x 1000 watt

= 3.000 watt

= 3 Kw

No	Keperluan	Kebutuhan
----	-----------	-----------

		(Kw)
1	Kebutuhan Plant	
	a, Proses	66,7681
	b, Utilitas	32,5535
2	a, Listrik Ac	10,3
	b, Listrik Penerangan	10,3
3	Laboratorium dan Bengkel	10,3
4	Instrumentasi	17,3
Total		150

Jumlah kebutuhan listrik total = 150 kW

Efisiensi Daya diperkirakan 80% = 187 kW

Kebutuahn listrik keseluruhan diperoleh dari PLN, namun disediakan generator sebagai cadangan berkekuatan 200kW jika sewaktu-waktu padam atau pasokan listrik kurang.

Spesifikasi Generator:

Daya yang dibangkitkan, P = 200 kW

= 200 kW x 3.600 Kj/jam kW

= 720.000 Kj/Jam

4.5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk penggerak alat-alat kontrol yang bekerja secara *pneumatic*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 18,6912 m³/jam.

4.5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada *generator* dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan untuk *generator* adalah solar (*Industrial Diesel Oil*) sebanyak 4.4627 kg/jam yang diperoleh sebagian dari PT. Pertamina Sedangkan bahan bakar yang dipakai pada boiler adalah *fuel oil* sebanyak 8,2918 kg/jam yang juga diperoleh dari PT. Pertamina.

4.5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik *biodiesel* dapat diklasifikasikan menjadi dua:

1 Bahan buangan cair.

Buangan cairan dapat berupa:

- a. Air buangan yang mengandung zat organik
- b. Buangan air domestik.
- c. *Back washfilter*, air berminyak dari pompa
- d. *Blowdown cooling water*

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

2 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.

4.5.7 Spesifikasi Alat-alat Utilitas

4.5.7.1 *Screening* / Saringan (FU-01)

Fungsi	: Menyaring kotoran - kotoran yang berukuran besar (misalnya: daun ranting atau sampah lainnya)
Bahan Konstruksi	: Alumunium
Jumlah Air yang diolah	: 24720,1662 kg/jm
Dimensi	:
Diameter saringan	: 1 cm
Panjang	: 3,0480 m
Lebar	: 2,4384 m

4.5.7.2 *Reservoir* / Sedimentasi (R-01)

Fungsi	: Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa air sungai dengan cara sedimentasi.
Jenis	: Bak Pengendapan dengan Beton

Jumlah air yang diolah	: 243.484 kg/jam
Dimensi	:
Tinggi	: 3,4845 m
Panjang	: 6,9690 m
Lebar	: 6,9690 m

4.5.7.3 Bak Koagulasi dan Flukolasi (BU-01)

Fungsi	: Mengendapkan kotoran yang terdispersi dalam air dengan menambahkan koagulan untuk mengendapkan kotoran.
Jumlah air yang diolah	: 22309,95 kg/jam
Dimensi	:
Diameter	: 3,2429 m
Tinggi	: 3,2429 m
Pengaduk	:
Jenis	: <i>impeller propeller 3 blade</i>
Diameter	: 1,0810 m
Lebar <i>Baffle</i>	: 0,1081 m
Power motor	: 2 Hp

4.5.7.4 Tangki Larutan Alum (TU-01)

Fungsi	: Menyimpan larutan alum 5% untuk
--------	-----------------------------------

persediaan 2 minggu operasi.

Jenis : Tangki *Silinder* Tegak

Kebutuhan alum : 0,0719 kg

Dimensi :

Diameter : 0,9738 m

Tinggi : 1,9477 m

4.5.7.5 Bak Pengendap 1 (BU-02)

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

Jumlah air yang diolah : 22.310 kg/jam

Dimensi :

Tinggi : 2.9924 m

Panjang : 5.9848 m

Lebar : 5.9848 m

4.5.7.6 Bak Pengendapan 2 (BU-03)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa air sungai dengan proses flokulasi ke 2

Jumlah air yang diolah : 21.194,4525 kg/jam

Dimensi :

Tinggi : 2,9416 m

Panjang : 5,8833 m

Lebar : 5,8833 m

4.5.7.7 Sand Filter (F-01)

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

Bahan material : *Spheres*

Jumlah air yang diolah : 20.135 kg/jam

Ukuran *mesh* : 28

Diameter *mesh* : 0,1001 cm

Dimensi Bak Penyaringan :

Tinggi : 0,8777 m

Panjang : 1,7553 m

Lebar : 1,7553 m

4.5.7.8 Bak Penampung Sementara (BU-04)

Fungsi : Menampung sementara raw wather setelah disaring sand filter

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

Jumlah air yang diolah : 19.128 kg/jam

Dimensi :

Tinggi : 1,7903 m

Panjang : 3,5806 m

Lebar : 3,5806 m

4.5.7.9 Tangki Klorinasi (TU-02)

Fungsi	: Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Jenis	: Tangki <i>Silinder</i> Berpengaduk
Jumlah air yang diolah	: 2607,5613 kg/jam
Dimensi Tangki	:
Diameter	: 1,5856 m
Tinggi	: 1,5856 m

4.5.7.10 Bak Air Bersih (TU-04)

Fungsi	: Menampung air untuk keperluan air domestik.
Jenis	: Bak Persegi
Jumlah air yang disimpan	: 2607,5613 kg/jam
Dimensi	:
Panjang	: 4,5735 m
Lebar	: 4,5735 m
Tinggi	: 4,5735 m

4.5.7.11 Tangki H₂SO₄ (TU-05)

Fungsi	: Menampung H ₂ SO ₄ yang akan digunakan untuk regenerasi <i>anion exchanger</i>
Jenis	: Tangki silinder tegak

Dimensi	:
Diameter	: 2,3714 m
Tinggi	: 2,3714 m

4.5.7.12 Bak Air Proses (TU-06)

Fungsi	: Menampung air untuk keperluan proses
Jenis	: Bak Persegi
Jumlah air yang disimpan	: 3.090,8708 kg/jam
Dimensi	:
Panjang	: 4,8403 m
Lebar	: 4,8403 m
Tinggi	: 2,4201 m

4.5.7.13 Bak Air Pendingin (BU-05)

Fungsi	: Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	: Bak Persegi
Jumlah air yang disimpan	: 329.179,1952 kg/jam
Dimensi	:
Tinggi	: 4,6222 m
Diameter	: 9,2445 m
Lebar	: 9,2445 m

4.5.7.14 Mixed Bed (TU-07)

Fungsi	: Menghilangkan kesadahan air yang
--------	------------------------------------

disebabkan oleh kation Ca, Mg dan anion seperti Cl, SO₄ dan NO₃.

Jenis	: Tangki <i>silinder</i> tegak
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel</i>
Jumlah air yang diolah	: 22248,3535 kg/jam
Dimensi	:
Tinggi bed	: 1,0160 m
Tinggi tangki	: 1,2192 m
Diameter	: 1,5195 m
Tebal tangki	: 0,25 in

4.5.7.15 Tangki NaOH (TU-08)

Fungsi	: Menampung NaOH yang akan digunakan untuk regenerasi <i>kation exchanger</i>
Jenis	: Tangki silinder tegak
Dimensi	:
Diameter	: 2,3638 m
Tinggi	: 2,3638 m

4.5.7.16 Daerator (De-01)

Fungsi	: Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat didalam feed water dan air yang mengakibatkan kerak dalam Reboiler
Jenis	: Tangki <i>silinder Horizontal</i>

Jumlah air yang diolah	: 22.153,8661 kg/jam
Dimensi	:
Diameter	: 3,2352 m
Tinggi	: 3,2353 m

4.5.7.17 Tangki N₂H₄ (TU-10)

Fungsi	: Menyimpan cairan N ₂ H ₄ (<i>Hydrazine</i>)
Jenis	: Tangki <i>silinder</i> tegak
Jumlah air yang diolah	: 22.153,8661 kg/jam
Kebutuhan	: 0,6646 kg/jam
Dimensi	:
Diameter	: 3,2530 m
Tinggi	: 3,2530 m

4.5.7.18 Cooling Tower (CT-01)

Fungsi	: Mendinginkan kembali air pendingin yang telah digunakan oleh alat-alat proses dengan media pendingin udara.
Jenis	: <i>Inducted draft cooling tower</i>
Jumlah air yang diolah	: 15.079,7764 kg/jam
<i>Fan horse power</i>	: 0,04 Hp/ft ²
Dimensi	:

Tinggi tower	: 4,8837 m
Panjang tower	: 3,9117 m
Lebar tower	: 1,1923 m

4.5.7.19 Boiler (BO-01)

Fungsi	: Membuat \saturated steam
Jenis	: <i>fire tube boiler</i>
Jumlah air yang diolah	: 103.85 kg/jam
Dimensi	:
Diameter	: 6,2216 m
Panjang	: 12,4432 m

4.5.7.20 Bak Air Denim (TU-09)

Fungsi	: Menampung air untuk keperluan Boiler
Jenis	: Bak Persegi
Jumlah air yang diolah	: 22.153,8661 kg/jam
Dimensi	:
Panjang	: 9,3323 m
Lebar	: 9,3323 m
Tinggi	: 4,6661 m

4.5.7.21 Pompa Utilitas (PU)

Tabel 4.18 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode Alat	Fungsi	Jenis	Bahan	Daya (Hp)
PU-01	Mengalirkan air sungai ke <i>Screening</i> (FU-01)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	1,3334
PU-02	Mengalirkan dari <i>Screening</i> ke <i>Reservoir</i> (R-01)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,5162
PU-03	Mengalirkan dari Bak <i>Reservoir</i> menuju Bak Koagulasi dan Flokualasi	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,4948
PU-04	Mengalirkan dari Tangki Alum (TU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-01)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,0002
PU-05	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi (BU-01) menuju Bak Pengendap I (BU-02)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,4948
PU-06	Mengalirkan air dari Bak Pengendap I (BU-02) menuju Bak Pengendap II (BU-03)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,4683
PU-07	Mengalirkan air dari Bak Pengendap II (BU-03) menuju <i>sand filter</i> (F-01)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,4493
PU-08	Mengalirkan air dari	<i>Centrifugal</i>	<i>Comercial</i>	0,4256

	<i>sand filter</i> (F-01) menuju Bak Penampung Sementara (BU-04)	<i>Pump</i>	<i>Steel</i>	
PU-09	Mengalirakn air dari Bak Penampung Sementara (BU-04) menuju ke area kebutuhan air	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,4256
PU-10	Mengalirakan Kaporit dari tangki kaporit (TU- 03) menuju tangki Klorinasi (TU-02)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,05
PU-11	Mengalirkan air dari tangki Klorinasi (TU- 02) ke bak air bersih (TU-04)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,0614
PU-12	Mengalirkan air dari bak air bersih (TU-04) menuju area domestik	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,0614
PU-13	Mengalirkan dari Bak air proses (TU-06) menuju air proses	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,0517
PU-14	Mengalirkan H ₂ SO ₄ dari tangki penampung H ₂ SO ₄ (TU-05) menuju <i>mixed bed</i> (TU-07)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,0517
PU-15	Mengalirkan air dari bak air pendingin (BU- 05) menuju <i>Cooling tower</i> (CT-01)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	17,8904

PU-16	Mengalirkan air dari <i>Cooling tower</i> (CT-01) menuju alat proses	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	17,8904
PU-17	Mengalirkan NaOH dari tangki penampung NaOH (TU-08) menuju <i>mixed bed</i> (TU-07)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,0001
PU-18	Mengalirkan komponen dari <i>mixed bed</i> (TU-07) menuju ke bak air denim (TU-09)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,0094
PU-19	Mengalirkan dari bak air denim (TU-09) menuju tangki <i>Deaerator</i> (De-01)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,0094
PU-20	Mengalirkan air dari <i>Deaerator</i> (De-01) menuju <i>Boiler</i> (BO-01)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,05
PU-21	Mengalirkan N ₂ H ₄ (TU-10) menuju tangki <i>Deaerator</i> (De-01)	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Comercial Steel</i>	0,0048

4.6 Organisasi Perusahaan

4.6.1 Bentuk Perusahaan

Setiap organisasi perusahaan didirikan dengan tujuan untuk mempersatukan arah dan kepentingan semua unsur yang berkaitan dengan kepentingan perusahaan. 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. Pabrik Biodiesel ini direncanakan didirikan pada tahun 2023 dengan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Faktor-faktor yang mendasari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah:

- ◆ Modal mudah didapat, yaitu dari penjualan saham perusahaan kepada masyarakat.
- ◆ Dari segi hukum, kekayaan perusahaan jelas terpisah dari kekayaan pribadi pemegang saham.
- ◆ Kontinuitas perusahaan lebih terjamin karena perusahaan tidak tergantung pada satu pihak sebab kepemilikan dapat berganti.
- ◆ Efisiensi Manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan direksi yang cakap dan berpengalaman.
- ◆ Pemegang saham menanggung resiko perusahaan hanya sebatas sebesar dana yang disertakan di perusahaan.
- ◆ Lapangan usaha lebih luas. Adanya penjualan saham, usaha dapat dikembangkan lebih luas.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas yaitu Perseroan Terbatas antara lain:

- ◆ Didirikan dengan akta notaris berdasarkan Kitab Undang-Undang Hukum dagang
- ◆ Besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham
- ◆ Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham.

- ◆ Pabrik dipimpin oleh seorang Direktur yang dipilih oleh para pemegang saham.
- ◆ Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada Direktur dengan memperhatikan hukum - hukum perburuhan.

4.6.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi merupakan susunan yang terdiri dari fungsi-fungsi dan hubungan-hubungan yang menyatakan seluruh kegiatan untuk mencapai suatu sasaran. Secara fisik, struktur organisasi dapat dinyatakan dalam bentuk grafik yang memperlihatkan hubungan unit-unit organisasi dan garis-garis wewenang yang ada. Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan adalah struktur organisasi yang terdapat dan dipergunakan dalam perusahaan tersebut, karena hal ini berhubungan dengan komunikasi yang terjadi di dalam perusahaan, demi tercapainya hubungan kerja yang baik antar karyawan. Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa asas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain perumusan tugas perusahaan dengan jelas, pendelegasian wewenang, pembagian tugas kerja yang jelas, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan, dan organisasi perusahaan yang fleksibel.

Sistem struktur organisasi perusahaan ada tiga yaitu line, line dan staff serta sistem fungsional. Dengan berpedoman terhadap asas-asas tersebut maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu sistem

line/lini dan staff. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi, maka perlu dibentuk staff ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli di bidangnya. Bantuan pikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan pemsahaan.

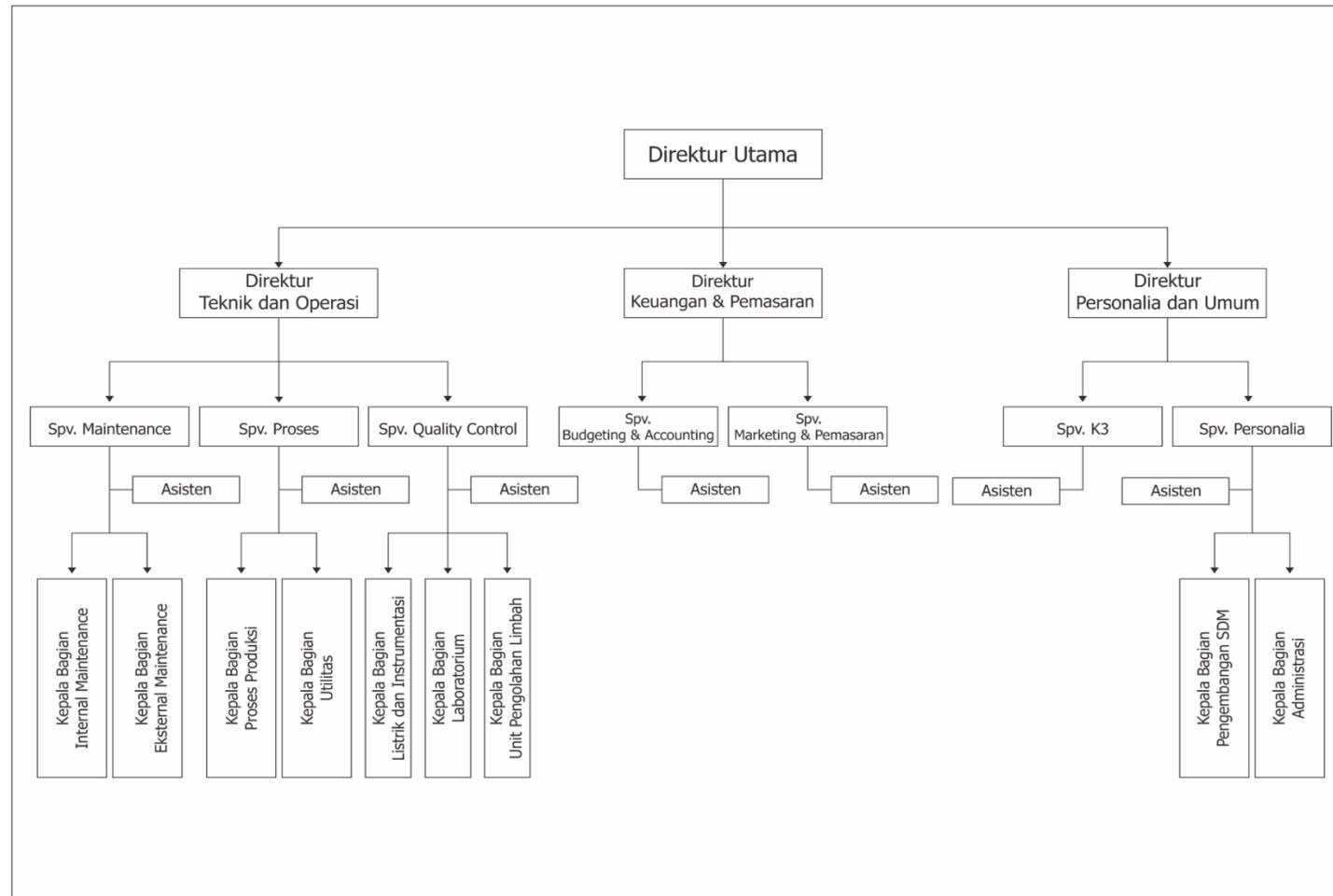
Ada dua kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi line/lini dan staf, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan yang disebut lini dan orang-orang yang menjalankan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional dan disebut staf.

Pemegang saham sebagai pemilik pemsahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh Dewan Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur yang dibantu oleh Kepala Bidang Produksi serta Kepala Bidang Keuangan dan Umum. Kepala Bidang membawahi beberapa Kepala Seksi, yang akan bertanggung jawab membawahi seksi-seksi dalam pemsahaan, sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Kepala Bidang Produksi membawahi Seksi Operasi dan Seksi Teknik. Sedangkan Kepala Bidang Keuangan dan Umum yang membidangi kelancaran pelayanan dan

pemasaran, membawahi Seksi Umum, Seksi Pemasaran, dan Seksi Keuangan & Administrasi. Masing-masing Kepala Seksi akan membawahi Koordinator Unit atau langsung membawahi karyawan. Unit koordinator untuk mengkoordinasi dan mengawasi karyawan yang ada di unitnya.

Dengan adanya struktur organisasi pada perusahaan maka akan diperoleh beberapa keuntungan, antara lain:

- ◆ Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembagian tugas, tanggungjawab, wewenang, dan lain-lain.
- ◆ Penempatan pegawai yang lebih tepat
- ◆ Penyusunan program pengembangan manajemen perusahaan akan lebih terarah
- ◆ Ikut menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada
- ◆ Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
- ◆ Dapat mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



Gambar 4.8 Struktur Organisasi Perusahaan

4.6.3 Tugas dan Wewenang

4.6.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang berbentuk PT adalah rapat umum pemegang saham (RUPS). Pada rapat umum tersebut para pemegang saham bertugas untuk:

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

4.6.3.2 Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana dari pemilik saham dan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas Dewan Komisaris meliputi:

- a. Menilai dan menyetujui Direksi tentang kebijakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya.
- b. Mengawasi tugas direksi
- c. Membantu direksi dalam hal yang penting

4.6.3.3 Dewan Direksi

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundunya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran serta Direktur Personalia dan Umum. Tugas Direktur Utama antara lain:

- 1) Melakukan kebijaksanaan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada rapat umum pemegang saham.
- 2) Menjaga kestabilan manajemen perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan dan karyawan.
- 3) Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat untuk pemegang saham.
- 4) Mengkoordinasi kerja sama dengan Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Pemasaran, serta Personalia dan Umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain:

- 1) Bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik.
- 2) Mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan *Supervisor* yang dibawahinya.

Tugas Direktur Keuangan dan pemasaran antara lain:

- 1) Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang keuangan dan pemasaran
- 2) Mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan *Supervisor* yang dibawahinya.

Tugas Direktur Personalia dan umum antara lain:

- 1) Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang pelayanan umum, K3 dan administrasi.
- 2) Mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan *Supervisor* yang dibawahinya.

4.6.3.4 Supervisor

Secara umum tugas *supervisor* adalah mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. *Supervisor* dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing.

a. Supervisor Maintenance

Bertanggungjawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang perbaikan baik secara *internal* maupun *external*. *Supervisor Maintenance* membawahi:

- Kepala Bidang *Internal Maintenance*
- Kepala Bidang *External Maintenance*

b. Supervisor Proses

Bertanggungjawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang peralatan proses dan utilitas serta mengkoordinasi kepala-kepala bagian yang dibawahinya. *Supervisor Proses* membawahi:

- Kepala bagian proses produksi
- Kepala bagian utilitas

c. Supervisor Quality Control

Bertanggungjawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidanga pengendalian kualitas. *Supervisor Quality Control* membawahi:

- Kepala Bagian Listrik dan Instrumentasi
- Kepala Bagian Laboratorium
- Kepala Bagian Pengolahan Limbah

d. Supervisor Marketing dan Pemasaran

Bertanggungjawab kepada Direktur Keuangan dan pemasaran dalam bidang pemasaran hasil produksi.

d. Supervisor Budgetingn dan Accounting

Bertanggungjawab kepada Direktur Keuangan dan Pemasaran dalam bidang administrasi dan keuangan.

e. Supervisor K3

Bertanggungjawab kepada Direktur Personalia dan Umum dalam bidang pelatihan dan pengawasan K3 dalam industri pabrik.

f. *Supervisor* Personalia

Bertanggungjawab kepada Direktur Personalia dan Umum dalam bidang pengembangan sumber daya manusia serta administrasi.

Supervisor Personalia membawahi

- Kepala Bagian Pengembangan SDM
- Kepala Bagian Administrasi

4.6.3.5 Kepala Bagian

Kepala bagian adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai rencana yang telah diatur oleh *Supervisor* masing-masing supaya diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala bagian bertanggungjawab kepada *Supervisor* sesuai dengan bagiannya masing-masing.

a. Kepala Bagian Proses

Tugas Kepala bagian Proses bertanggung jawab kepada *Supervisor* Proses dalam bidang mutu dan kelancaran proses produksi.

Tugas seksi proses antara lain:

- Mengawasi jalannya proses dan produksi dan
- Menjalankan tindakan sepenuhnya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh bagian yang berwenang.

b. Kepala Bagian Laboratorium

Tugas Kepala bagian laboratorium bertanggung jawab kepada *Supervisor Quality Control* dalam hal pengawasan dan analisa produksi.

Tugas seksi Laboratorium antara lain:

- ◆ Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu,
- ◆ Mengawasi dan menganalisa mutu produksi,
- ◆ Melakukan riset guna mempertinggi mutu suatu produk
- ◆ Membuat laporan berkala kepada *Supervisor Proses*.

c. Kepala Bagian Pengolahan Limbah

Tugas Kepala bagian laboratorium bertanggung jawab kepada *Supervisor Quality Control* dalam hal pengolahan limbah sisa-sisa buangan dari proses produksi.

d. Kepala Bagian *Inetrnal Maintenance*

Tugas Kepala bagian *Internal Maintenance* bertanggungjawab kepada *supervisor maintenance* dalam bidang pemeliharaan peralatan, inspeksi dan keselamatan proses dan lingkungan pabrik, ikut memberikan bantuan teknik kepada bagian produksi dan utilitas.

Tugas bagian *Internal Maintenance* merencanakan dan melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik serta memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

e. Kepala Bagian *External Maintenance*

Tugas kepala bagian *external maintenance* bertanggungjawab kepada *supervisor maintenance* dalam bidang pemeliharaan, inspeksi dan keselamatan kendaraan operasional

Tugas bagian *external maintenance* merencanakan dan melaksanakan pemeliharaan fasilitas kendaraan operasional serta memperbaiki kerusakan fasilitas kendaraan operasional

f. Kepala Bagian Utilitas

Tugas kepala bagian utilitas adalah bertanggungjawab kepada *Supervisor Proses* dalam hal utilitas.

Tugas bagian Utilitas adalah melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga kerja.

g. Kepala Bagian Pengembangan SDM

Tugas Kepala bagian pengembangan SDM bertanggung jawab kepada *Supervisor Personalia* dalam hal sumber daya manusia.

Tugas bagian pengembangan SDM antara lain:

- ◆ Mengelola sumber daya manusia dan manajemen.
- ◆ Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya
- ◆ Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis, serta

- ◆ Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

h. Kepala Bagian Administrasi

Tugas Kepala bagian administrasi bertanggung jawab kepada *Supervisor* Personalia dalam hal hubungan administrasi pabrik

Tugas bagian administrasi adalah mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan serta mengatur masalah kepegawaian.

4.6.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Pada pabrik Biodiesel ini sistem gaji karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggungjawab dan keahlian. Pembagian karyawan pabrik ini dapat dibagi menjadi tiga golongan antara lain:

1) Karyawan Tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2) Karyawan Harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap-tiap akhir pekan.

3) Karyawan Borongan

Yaitu karyawan yang dikaryakan oleh pabrik bila diperlukan saja.

Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.6.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Jadwal kerja di perusahaan ini di bagi menjadi dua bagian, yaitu jadwal kerja kantor (jadwal non shift) dan jadwal kerja pabrik (jadwal shift).

4.6.5.1 Jadwal Non Shift

Jadwal ini berlaku untuk karyawan kantor (*office*), dalam satu minggu jam kerja kantor adalah 40 jam dengan perincian sebagai berikut:

- ◆ Senin-Jum'at : 08.00 - 16.00 WIB
- ◆ Istirahat : 12.00 - 13.00 WIB
- ◆ Sabtu : 08.00 - 14.00 WIB
- ◆ Istirahat Sabtu : 12.00 - 13.00 WIB

4.6.5.2 Jadwal Shift

Jadwal kerja ini diberlakukan kepada karyawan yang berhubungan langsung dengan proses produksi, misalnya bagian produksi, mekanik, laboratorium, generator dan elektrik, dan instrumentasi. Jadwal kerja pabrik ini dibagi dalam 3 shift, yaitu:

- ◆ Shift I : 07.00 - 15.00 WIB
- ◆ Shift II : 15.00 - 23.00 WIB
- ◆ Shift III : 23.00 - 07.00 WIB
- ◆ Shift IV : Libur

Setelah dua hari masuk shift II, dua hari shift III, dan dua hari shift I, maka karyawan shift IV yaitu mendapat libur selama dua hari.

Tabel 4.38 Jadwal Pembagian Kerja Karyawan Shift

Hari/Karyawan	1	2	3	4	5	6	7	8
Karuawan 1	I	I	IV	IV	III	III	II	II
Karyawan 2	II	II	I	I	IV	IV	III	III
Karyawan 3	III	III	II	II	I	I	IV	IV

4.6.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

4.6.6.1 Penggolongan Jabatan

Tabel 4.19 Penggolongan Jabatan

No	Jabatan	Kualifikasi Pendidikan
1	Direktur Utama	S-1 (Teknik Kimia)
2	Direktur Teknik dan Operasi	S-1 (Teknik Kimia/Teknik Mesin/Teknik Elektro)
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	S-1 Ekonomi
4	Direktur Personalia dan Umum	S-1 (Ekonomi/Hukum)
5	Spv. Maintenance	S-1 (Teknik Mesin/Teknik Kimia)
6	Spv. Proses	S-1 (Teknik Mesin/Teknik Kimia)
7	Spv. Quality Control	S-1 (Teknik Kimia)
8	Spv. Budgeting dan Accounting	S-1 Ekonomi
9	Spv. Marketing dan Pemasaran	S-1 Ekonomi
10	Spv. K3	S-1 (Teknik Mesin/Teknik Kimia)
11	Spv. Personalia	S-1 (Teknik Mesin/Teknik Kimia/Ekonomi/Hukum)
12	Asisten Spv. Maintenance	S-1 (Teknik Mesin/Teknik Kimia)
13	Asisten Spv. Proses	S-1 (Teknik Mesin/Teknik Kimia)
14	Asisten Spv. Quality Control	S-1 Teknik Kimia
15	Asisten Spv. Budgeting dan Accounting	S-1 Ekonomi
16	Asisten Spv. Marketing dan	S-1 Ekonomi

	Pemasaran	
17	Asisten Spv. K3	A-1(Teknik Mesin/Teknik Kimia)
18	Asisten Spv. Personalia	S-1 (Ekonomi/ Hukum/ T.Mesin/ T.Kimia)
19	Ka. Bag. Internal Maintenance	S-1 (Teknik Mesin/Teknik Kimia)
20	Ka. Bag. Eksternal Maintenance	S-1 (Teknik Mesin/Teknik Kimia)
21	Ka. Bag. Produksi	S-1 (Teknik Mesin/Teknik Kimia)
22	Ka. Bag. Utilitas	S-1/D3 (Teknik Mesin/Teknik Kimia)
23	Ka. Bag. Listrik dan Instrumentasi	S-1 (Teknik Elektro)
24	Ka. Bag. Laboratorium	S-1/D3 (Teknik Kimia/Ilmu Kimia/Analisis Kimia/Farmasi)
25	Ka. Bag. UPL	S-1 (Teknik Kimia/Teknik Lingkungan/Teknik Sipil)
26	Ka. Bag. Pengembangan SDM	S-1 (Ekonomi/Hukum/Psikologi)
27	Ka. Bag. Administrasi	S-1 (Ekonomi)
28	Karyawan Maintenance	S-1/D3(Teknik Mesin/Teknik Kimia/Teknik Elektro)
29	Karyawan Produksi	S-1/D3(Teknik Mesin/Teknik Kimia)
30	Karyawan Utilitas	S-1/D3(Teknik Mesin/Teknik Kimia)
31	Karyawan Listrik dan Instrumentasi	S-1 Teknik Elektro
32	Karyawan Litbang	S-1(Teknik Kimia/Kimia/Teknik Perminyakan)
33	Karyawan Pengolahan Limbah	S-1/D3 (Teknik Kimia/Teknik Lingkungan/Biologi/Ilmu Kimia)
34	Karyawan Kas/Anggaran	S-1/D3 (Ekonomi)
35	Karyawan Pemasaran/Penjualan	S-1/ D3(Ekonomi)
36	Karyawan SDM	S-1/D3(Teknik Mesin/Teknik Kimia/Ekonomi)
37	Karyawan Administrasi	S-1/D3 (Ekonomi)
38	Sekretaris	S-1
39	Dokter	S1 Pendidikan Dokter

40	Perawat	S-1/D3 Keperawatan
41	Supir	STM/SMA Sedrajat
42	Cleaning Service	STM/SMA Sedrajat

4.6.6.2 Sistem Gaji Pegawai

Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi 3 golongan yaitu:

1) Gaji Bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

2) Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3) Gaji Lembur

Tabel 4.20 Perincian Penggolongan Gaji Berdasarkan Jabatan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
1	Direktur Utama	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
3	Direktur administrasi, Keuangan dan Umum	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
4	Staff Ahli	2	Rp 18.000.000	Rp 36.000.000
5	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
6	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
7	Ka. Bag. Penelitian dan laboratorium	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
8	Ka. Bag. K3 dan lingkungan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
9	Ka. Bag. Keuangan dan pemasaran	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
10	Ka. Bag. Administrasi dan SDM	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
11	Ka. Bag. Umum dan keamanan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
12	Ka. Sek. Produksi	1	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
13	Ka. Sek. Bahan Baku dan Produk	1	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000

14	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
15	Ka. Sek. Pemeliharaan peralatan & maintenance	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
16	Ka. Sek. Bengkel	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
17	Ka. Sek. Penelitian dan pengembangan	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
18	Ka. Sek. Laboratorium dan pengendalian mutu	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
19	Ka. Sek. K3	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
20	Ka. Sek. Pengolahan Limbah	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
21	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
22	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
23	Ka. Sek. Tata Usaha	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
24	Ka. Sek. Personalia	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
25	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
26	Ka. Sek. Humas	1	Rp	8.000.000	Rp	8.000.000
27	Operator Proses	26	Rp	5.000.000	Rp	130.000.000
28	Operator Utilitas	13	Rp	5.000.000	Rp	65.000.000
29	Karyawan Produksi	2	Rp	5.000.000	Rp	10.000.000
30	Karyawan bahan baku dan produk	2	Rp	5.000.000	Rp	10.000.000
31	Karyawan utilitas	2	Rp	5.000.000	Rp	10.000.000
32	Karyawan pemeliharaan peralatan & maintenance	2	Rp	5.000.000	Rp	10.000.000
33	Karyawan bengkel	5	Rp	5.000.000	Rp	25.000.000
34	Karyawan litbang	3	Rp	5.000.000	Rp	15.000.000
35	Karyawan lab dan pengendalian mutu	3	Rp	5.000.000	Rp	15.000.000
36	Karyawan K3	3	Rp	5.000.000	Rp	15.000.000
37	Karyawan limbah	6	Rp	5.000.000	Rp	30.000.000
38	Karyawan keuangan	6	Rp	5.000.000	Rp	30.000.000
39	Karyawan pemasaran	6	Rp	5.000.000	Rp	30.000.000
40	Karyawan Tata usaha	6	Rp	5.000.000	Rp	30.000.000
41	Karyawan personalia	6	Rp	5.000.000	Rp	30.000.000
42	Karyawan keamanan	8	Rp	5.000.000	Rp	40.000.000
43	Karyawan humas	9	Rp	5.000.000	Rp	45.000.000
44	Sekretaris	5	Rp	4.500.000	Rp	22.500.000
45	Dokter	2	Rp	7.000.000	Rp	14.000.000
46	Perawat	4	Rp	4.000.000	Rp	16.000.000
47	Supir	10	Rp	4.000.000	Rp	40.000.000

48	Cleaning Service	6	Rp	3.000.000	Rp	18.000.000
	Total	162	Rp	380.500.000	Rp	941.500.000

4.6.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Semua karyawan dan staff di perusahaan ini akan mendapat:

1. Salary
 - a. Salary/bulan
 - b. Bonus per tahun untuk staff, min 2 kali basic salary
 - c. THR per tahun untuk semua staff, 1 kali basic salary
 - d. Natal per tahun untuk semua staff, 1 kali basic salary
 - e. Jasa per tahun untuk semua staff, 1 kali basic salary
2. Jaminan Sosial dan Pajak Pendapatan
 - a. Pajak pendapatan semua karyawan menjadi tanggungan perusahaan
 - b. Jamsostek :
 - 3,5 % kali basic salary
 - 1,5% tanggungan perusahaan
 - 2 % tanggungan karyawan
3. *Medical*
 - a. Emergency: tersedia poliklinik pengobatan gratis
 - b. Tahunan: pengobatan untuk staff dan keluarganya bebas, ditanggung perusahaan.
4. Perumahan

Untuk staff disediakan mess

5. Rekreasi dan olahraga
 - a. Rekreasi: Setiap 1 tahun sekali karyawan + keluarga bersama-sama mengadakan tour atas biaya perusahaan
 - b. Olahraga: tersedia lapangan tennis dan bulu tangkis
6. Kenaikan gaji dan promosi
 - A. Kenaikan gaji dilakukan setiap akhir tahun dengan memperhatikan besarnya inflasi, prestasi kerja dan lain-lain.
 - B. Promosi dilakukan setiap akhir tahun dengan memperhatikan pendidikan, prestasi kerja, dan lain-lain.
7. Hak cuti dan ijin
 - 4 Cuti tahunan: setiap karyawan mendapatkan cuti setiap tahun selama 12 hari setelah tahun kelima mendapat tambahan 2 hari (total 14 hari)
 - 5 Ijin tidak masuk kerja diatur dalam KKB yang ada.
 - 6 Pakaian kerja dan sepatu. Setiap tahun mendapat jatah 2 *stell*.

4.7 Analisa Ekonomi

Analisa 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 metode:

1. *Return Of Investment*
2. *Pay Out Time*

3. *Discounted Cash Flow rate OfReturn*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

Untuk meninjau faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

6.4.1.1 Penaksiran Modal Industri (*Total Capital Investment*) yang terdiri

atas:

- i. Modal Tetap (Fixed Capital)
- b. Modal Kerja (Working Capital)

6.4.1.2 Penentuan Biaya Produksi Total (*Production Investment*) terdiri

atas:

6.4.1.2.1 Biaya Pembuatan (Manufacturing Cost)

6.5 Biaya Pengeluaran Umum (GeneralExpense)

3. Total Pendapatan.

4.7.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun lalu berdasarkan indeks harga. Persamaan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan harga peralatan pada saat seakrang adalah:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries \& Newton P.16, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

E_x = harga alat pada tahun X

E_y = harga alat pada tahun Y

N_x = nilai indeks tahun X

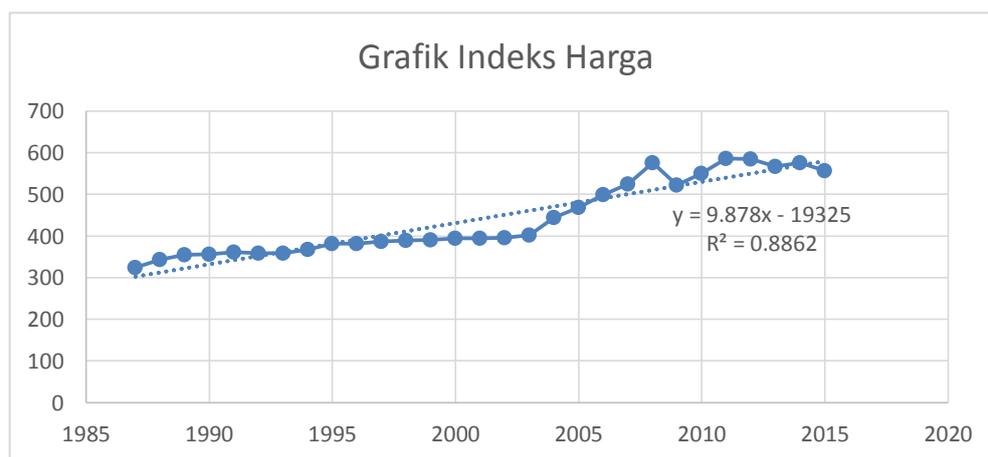
N_y = nilai indeks tahun Y

Jenis indeks yang digunakan adalah *Chemical Engineering Plant Cost Index* dari Majalah "*Chemical Engineering*".

Table 4.21 Indeks Harga Alat pada Berbagai Tahun

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324,0
2	1988	343,0
3	1989	355,0
4	1990	356,0
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
17	2003	402,0
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
www.chemengonline.com/pci		



Gambar 4.9 Grafik Indeks Harga

Untuk jenis alat yang sama tapi kapasitas berbeda, harga suatu alat dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan pendekatan sebagai berikut:

$$Eb = Ea \left(\frac{Cb}{Ca} \right)^x$$

Dimana:

Ea = Harga alat dengan kapasitas diketahui.

Eb = Harga alat dengan kapasitas dicari.

Ca = Kapasitas alat A.

Cb = Kapasitas alat B.

x = Eksponen.

Besarnya harga eksponen bermacam-macam, tergantung dari jenis alat yang akan dicari harganya. Harga eksponen untuk bermacam-macam jenis alat dapat dilihat pada Peter & Timmerhause 2th edition, halaman 170.

4.7.2 Dasar Perhitungan

Dalam perhitungan evaluasi ekonomi, digunakan standar perhitungan yang didasarkan pada berikut ini:

Kapasitas Produksi	= 7.500 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Tahun pabrik didirikan	= 2023
Jumlah tenaga kerja asing	= 5%
Jumlah tenaga kerja Indonesia	= 95%
Kurs mata uang 1 USS	= Rp 15000

4.7.3 Perhitungan Biaya

4.7.3.1 Capital Investment

Capital investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produksi dan untuk menjalankannya. *Capital investment* meliputi:

- a. *Fixed Capital Investment* adalah investasi untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembuatannya.

- b. *Working Capital* adalah investasi yang diperlukan untuk menjalankan usaha/modal dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

4.7.3.2 Manufacturing Cost

Manufacturing cost adalah biaya yang diperlukan untuk produksi suatu bahan, merupakan jumlah *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan produk.

- a. *Direct Cost* adalah adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.
- b. *Indirect Cost* adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.
- c. *Fixed Cost* merupakan harga yang berkaitan dengan *fixed capital* dan pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi.

4.7.3.3 General Expense

General expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk manufacturing cost.

4.7.4 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.

4.7.4.1 Percent Return of Investment (ROI)

Return on investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan.

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

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% dan resiko tinggi maksimum adalah 44%.

(Aries & Newton, 1955)

4.7.4.2 Pay out Time (POT)

Pay out time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai.

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

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)

4.7.4.3 Break Even Point (BEP)

Break even point adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan.

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

Dimana:

Fa : *Fixed Capital* pada produksi maksimum per tahun

Ra : *Regulated Expense* pada produksi maksimum

Sa : Penjualan maksimum per tahun

Va : *Variable Expense* pada produksi maksimum pertahun

4.7.4.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

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

4.7.4.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)

Discounted cash flow rate of return adalah laju bunga maksimum dimana pabrik dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFRR dibuat dengan mempertimbangkan nilai uang yang berubah dan didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik (10 Tahun).

4.7.5 Hasil Perhitungan

4.7.5.1 Penentuan Total *Capital Investment* (TCI)

a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Tabel 4.22 Fixed Capital Investment

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Purchased Equipment cost	Rp. 0	\$ 2,983,269
2	Delivered Equipment Cost	Rp. 0	\$ 745,817
3	Instalasi cost	Rp. 2.291.150.901	\$ 710,018
4	Pemipaan	Rp. 2.004.757.308	\$ 572,788
5	Instrumentasi	Rp. 2.004.757.308	\$ 393,792
6	Insulasi	Rp. 477.323.104	\$ 119,331
7	Listrik	Rp. 0	\$ 298,327
8	Bangunan	Rp. 37.275.000.000	\$ 0
9	Land & Yard Improvement	Rp. 32.085.000.000	\$ 0
10	Teknik dan Konstruksi	Rp. 0	\$ 2,179,841
11	Kontraktor	Rp. 0	\$ 320,127
12	Biaya tak terduga	Rp. 0	\$ 800,314
	Total	Rp. 76.137.988.621	\$ 9,203,624

b. Modal Kerja (*Working Capital*)

Tabel 4.23 Working Capital

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp. 8.640.518.148	\$ 0
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp. 10.475.095.573	\$ 0
3	<i>Product Inventory</i>	Rp. 1.629.459.311	\$ 0
4	<i>Extended Credit</i>	Rp. 2.257.344.033	\$ 0
5	<i>Available Cash</i>	Rp. 20.950.191.147	\$ 0
	<i>Working Capital (WC)</i>	Rp. 43.952.608.212	\$ 0

4.7.5.2 Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

a. *Manufacturing Cost*

Tabel 4.24 Manufacturing Cost

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw Material	Rp. 31.681.899.875	\$ 0
2	Labor	Rp. 11.298.000.000	\$ 0
3	Supervision	Rp. 1.129.800.000	\$ 0
4	Maintenance	Rp. 0	\$ 182,473
5	Plant Supplies	Rp. 0	\$ 27,371
6	Royalty and Patents	Rp. 1.064.176.473	\$ 0
7	Utilities	Rp. 1.016.013.134	\$ 0
	Direct Manufacturing Cost (DMC)	Rp. 46.189.889.482	\$ 209,843
No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp. 1.694.700.000	\$ 0
2	<i>Laboratory</i>	Rp. 1.129.800.000	\$ 0
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp. 5.649.000.000	\$ 0
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp. 5.320.882.364	\$ 0
	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	Rp. 13.794.382.364	\$ 0
No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp. 0	\$ 729,890
2	<i>Property taxes</i>	Rp. 0	\$ 91,236
3	<i>Insurance</i>	Rp. 0	\$ 91,236
	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	Rp. 0	\$ 912,362
	Total Manufacturing Cost	Rp. 59.984.271.745	\$ 1,122,206

b. *General Expense*

Tabel 4.25 General Expense

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp. 2.304.521.026	\$ 0
2	<i>Sales Expense</i>	Rp. 3.840.868.376	\$ 0
3	<i>Research</i>	Rp. 2.688.607.863	\$ 0
4	<i>Finance</i>	Rp. 3.616.140.894	\$ 0
	General Expenses(GE)	Rp. 12.450.138.162	\$ 0

$$\begin{aligned}\text{Total biaya produksi} &= \text{Manufacturing cost} + \text{Genera Expense} \\ &= \text{Rp } 72.434.410.007 + \$ 1,122,206\end{aligned}$$

1.7.5.3 Keuntungan (*Profit*)

Keuntungan	: Total penjualan – total biaya produksi
Total penjualan	: Rp 106.417.647.276
Total biaya produksi	: Rp 89.267.505.699
Keuntungan Sebelum Pajak	: Rp 17.150.141. 577
Pajak keuntungan sebesar 50%	
Keuntungan Setelah Pajak	: Rp 8.575.170.788

1.7.5.4 Analisa Kelayakan

1. *Persent Return of Investment (ROI)*

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit}}{\text{FCI}} \times 100\%$$

◆ ROI sebelum Pajak = 12,53 %

◆ ROI setelah Pajak = 6,27 %

2. *Pay Out Time (POT)*

$$\text{POT} = \frac{\text{FCI}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\%$$

• POT sebelum Pajak = 4,9 tahun

• POT setelah Pajak = 7,01 tahun

3. *Break Even Point (BEP)*

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

BEP = 58,96 %

4. Shut Down Point (SDP)

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

$$\text{SDP} = 26,20 \%$$

5. Discounted Cash Flow (DCF)

Umur Pabrik = 10 tahun

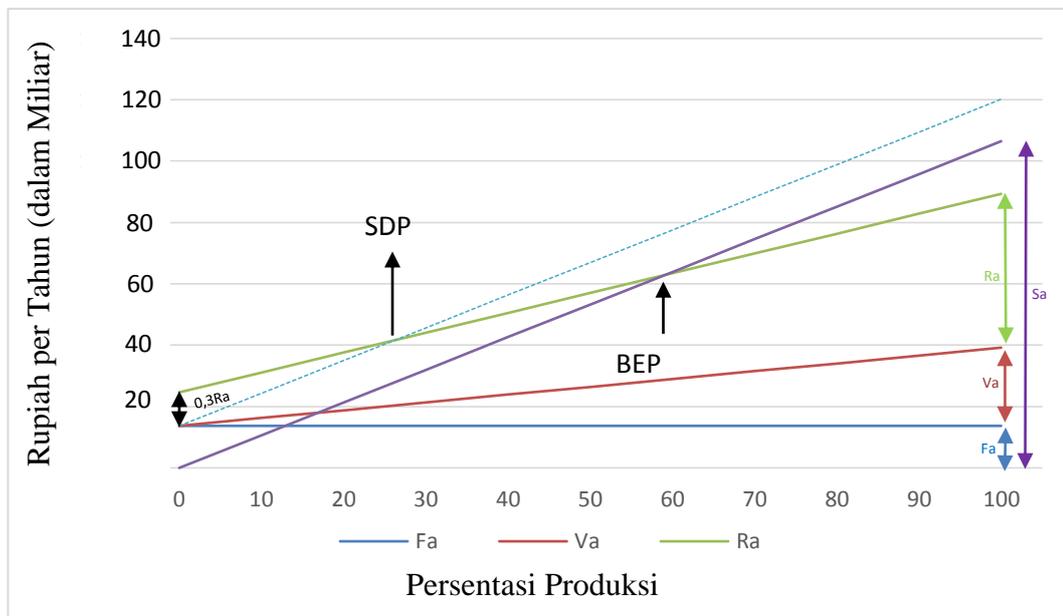
Fixed Capital (FC) = Rp. 163.488.116.182

Working Capital (WC) = Rp. 43.952.608.212

Cash Flow (CF) = Rp. 23.139.566.605

Salvage Value (SV) = Rp. 10.948.354.922

DCFR = 10,13 %



Keterangan :

F_a = Annual Fixed Cost

V_a = Annual Variable Cost

R_a = Annual Regulated Cost

S_a = Annual Sales Cost (S_a)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik *Biodiesel* dari minyak jelantah dan metanol ini digolongkan pabrik beresiko rendah (*low risk*) karena selain bahan baku maupun produknya tidak beracun dan tidak berbahaya selain itu dijalankan pada variabel suhu dan tekanan operasi rendah (kondisi atmosferis).

Berdasarkan pada hasil perhitungan analisis ekonomi dan beberapa persyaratan kelayakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Percent *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 12,53 % dan setelah pajak 6,27 % dinilai cukup baik, karena memenuhi batas minimum ROI sebelum pajak 11%-44%.
2. Pay Out Time sebelum pajak 4,9 tahun dan setelah pajak 7,01 tahun dinilai cukup baik, karena memenuhi batas maksimum POT sebelum pajak <5 tahun
3. Discounted Cash Flow sebesar 10,13 %. Suku bunga perbankan sebesar minimal 7,13%.
4. Break Even Point sebesar 58,96%, memenuhi syarat peminjaman modal pada Bank untuk pendirian pabrik karena syarat BEP adalah 40% - 60%.
5. Shut Down Point sebesar 26,20 %.

Berdasarkan Evaluasi ekonomi yang telah dilakukan, maka pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan kapasitas 7.500 kg/tahun ini layak untuk didirikan.

5.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan 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 lebih ramah lingkungan. Produk biodiesel dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan energi campuran dari bahan bakar minyak di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz I. 2010. Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. Jakarta
- Aziz I., Siti. N., Badrul U., 2010. Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari Minyak Goreng Bekas. Jakarta
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Ebong P. E., Owu, D.U., and Isong E.U. 1999. Influence of Palm Oil (*Elaeis guineensis*) on Health. *Plant Foods for Human Nutrition* Volume 53, Number 3, 209-222.
- Geankoplis, J.Christie., 1978, "*Transport Process and Unit Operation*", Prentice Hall International
- Kern, D.Q., 1983 *Process Heat Transfer*, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Khan, Z. I., 2002 *Microemulsion: A Novel Approach to Enhanced Drug Delivery*, Bentham Science Publisher, New York
- Ma H., Ma F., 1999. *Biodiesel Production: A Review*. New York
- McCabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1980, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Puji A. I., Indah D., Rifana I., 2010. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah.

Indramayu

Saraswati P. K., 2010. Kajian Strategi Pengembangan Industri Biodiesel Berbasis

Minyak Jelantah di Indonesia. Bogor

Swarbrick J., 1995. *Oral Composition of H₂-Antagonists*. New York

Syamsidar H. S., 2010. Pembuatan dan Uji Kualitas Biodiesel dari Minyak

Jelantah. Indramayu

Tanaka H., Suzuki T., Nishi T., 1989. *Miscibility and Transesterification in*

Bisphenol A polycarbonate/poly (ethylene terephthalate) Blends. Tokyo

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

Company, Inc., Singapore.

Walas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3rd ed., Butterworths series in

chemical engineering, USA

Yaws, C.L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill Companies

Inc., USA

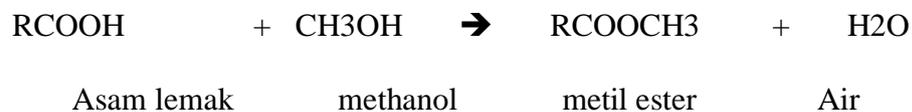
LAMPIRAN A

REAKTOR ESTERIFIKASI

Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi antara Asam Lemak Bebas (FFA) dan Methanol dengan katalis Asam Sulfat H_2SO_4
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan Jacket Pendingin
Kondisi Operasi	: Isothermal T = 60°C P = 1 atm

A. Menghitung Kecepatan Volumetris Umpan

Persamaan Reaksi



Diketahui :

Komponen	C, kmol/jam	m, Kg/jam	Densitas (ρ) (Kg/m ³)	Fv (L/jam)
Air	0.2069	3.7236	994.9603	0.0037
Metanol	7.8645	251.6646	754.0760	0.3337
Asam Sulfat	0.5908	57.8947	1789.7904	0.0323
FFA	0.0975	27.5000	878.4843	0.0313
Triolein	1.2132	1072.5000	915.0000	1.1721
Total	9.9729	1413.2829		1.5733

A. Menghitung Konsentrasi Umpan

Reaktan pembatas pada reaksi esterifikasi ini adalah FFA, maka FFA adalah senyawa A dan Metanol adalah senyawa B.

$$C_{A_0} = \frac{\text{mol } A}{\sum F_v} = 0.7955 \text{ kmol/L}$$

B. Optimasi Reaktor

1. Menghitung Jumlah Reaktor

Volume untuk 1 reaktor dengan rumus:

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaksi} = R_{acc}$$

$$X_1 = X_2 = X_3$$

$$-r_{A1} = -r_{A2} = -r_{A3}$$

$$F_{A0i} = \frac{F_{A0}}{n}$$

$$V = F_{A0} \left(\frac{X}{(-r_A)} \right)$$

Volume untuk reaktor seri dengan rumus:

$$V = F_{A0} \left(\frac{X}{(-r_a)} \right)$$

Dengan cara trial konversi masing-masing reaktor untuk mendapatkan volume reaktor seri yang sama, diperoleh dengan menggunakan excel:

- Untuk 1 buah reaktor

$$V_1 = 52.492,5361 \text{ gallon}$$

$$x_1 = 0,9000$$

- Untuk 2 buah reaktor

$$V_1 = V_1 = 28.314,1021 \text{ gallon}$$

$$x_1 = 0,6834$$

$$x_2 = 0,9000$$

- Untuk 3 buah reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = 18.247,0131 \quad \text{gallon}$$

$$x_1 = 0,5818$$

$$x_2 = 0,7982$$

$$x_3 = 0,9000$$

- Untuk 4 buah reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 12.640,0895 \quad \text{gallon}$$

$$x_1 = 0,4908$$

$$x_2 = 0,7072$$

$$x_3 = 0,8344$$

$$x_4 = 0,9000$$

- Untuk 5 buah reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = 8.874,7294 \quad \text{gallon}$$

$$x_1 = 0,4036$$

$$x_2 = 0,6200$$

$$x_3 = 0,7635$$

$$x_4 = 0,8491$$

$$x_5 = 0,9000$$

2. Menghitung Harga Reaktor

Kondisi Operasi : $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$

$P = 1\text{ atm}$

Bahan konstruksi reaktor dipilih “*Carbon Steel SA-283 Grade C*”, maka basis harga reaktor pada volume 1000 gallon = \$11.000 (*Timmerhaus, Fig. 16-35, P. 731*).

$$E_b = E_a \times \left(\frac{C_b}{C_a}\right)^{0,6}$$

Dimana : E_a : Harga reaktor basis

E_b : Harga reaktor perancangan

C_a : Kapasitas reaktor basis

C_b : Kapasitas reaktor perancangan

- Untuk 1 buah reaktor

$$E_b = \$11.000 \times \left(\frac{52.492,5361\text{ gall}}{1000\text{ gall}}\right)^{0,6}$$

$$E_b = \$118.427,133$$

- Untuk 2 buah reaktor

$$E_b = \$11.000 \times \left(\frac{28.314,1021\text{ gall}}{1000\text{ gall}}\right)^{0,6}$$

$$E_b = \$81.770,0685$$

- Untuk 3 buah reaktor

$$E_b = \$11.000 \times \left(\frac{18.247,0131\text{ gall}}{1000\text{ gall}}\right)^{0,6}$$

$$E_b = \$62.821,4211$$

- Untuk 4 buah reaktor

$$E_b = \$11.000 \times \left(\frac{12.640,0895 \text{gall}}{1000 \text{gall}} \right)^{0,6}$$

$$E_b = \$50.401,4203$$

- Untuk 5 buah reaktor

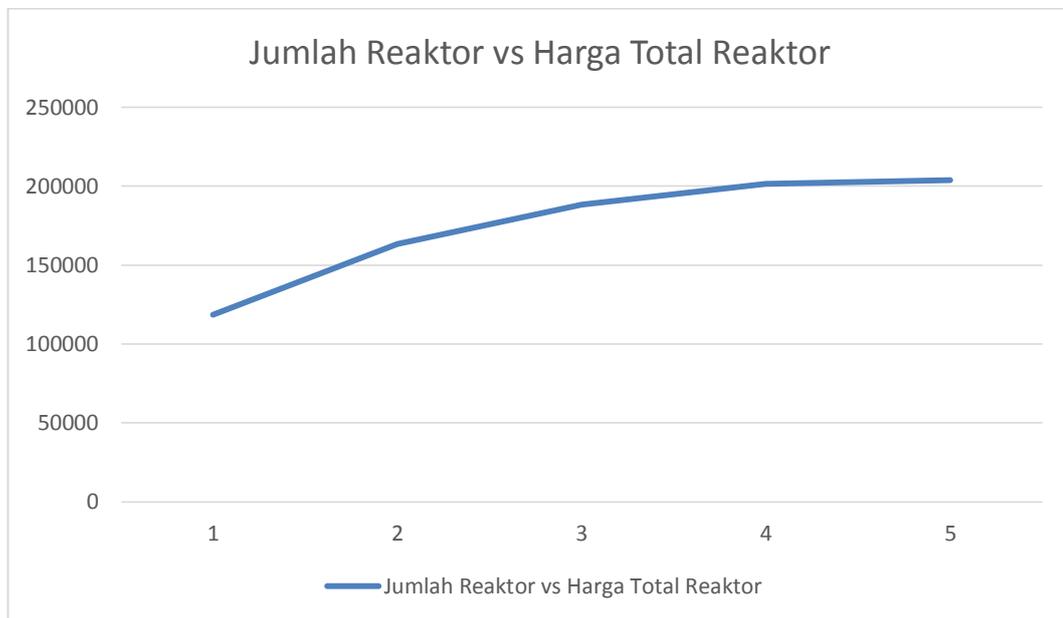
$$E_b = \$11.000 \times \left(\frac{8.874,7294 \text{gall}}{1000 \text{gall}} \right)^{0,6}$$

$$E_b = \$40.764,8415$$

3. Penentuan Jumlah Reaktor yang Optimum

Jumlah reaktor	Konversi setiap reaktor	Volume/Unit (gallon)	Harga/Unit (dollar)	Harga total (dollar)
1	x ₁ 0,9000	52.492,5361	118427	118427
2	x ₁ 0,6834	28.314,1021	81770	163540
	x ₂ 0,9000			
3	x ₁ 0,5818	18.247,0131	62821	188464
	x ₂ 0,7982			
	x ₃ 0,9000			
4	x ₁ 0,4908	12.640,0895	50401	201605
	x ₂ 0,7072			
	x ₃ 0,8344			
	x ₄ 0,9000			
5	x ₁ 0,4036	8.874,7294	40764	203824

x_2	0,6200		
x_3	0,7635		
x_4	0,8491		
x_5	0,9000		



Pertimbangan volume : $V_1 > V_2 > V_3 > V_4 > V_5$

Pertimbangan harga reaktor : $R_5 > R_4 > R_3 > R_2 > R_1$

Maka jumlah reaktor yang optimum sebanyak 2 **buah disusun seri** untuk mendapatkan harga perancangan reaktor paling minimum dengan ukuran yang tersedia dipasaran.

C. Menghitung Harga Konstanta Kecepatan Reaksi

Asumsi

- Reaksi orde 2,
- Reaksi *irreversible*,
- Pengadukan sempurna sehingga konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi didalam reaktor,
- Kecepatan alir volumetrik (Fv) masuk reaktor sama dengan kecepatan alir volumetrik keluar reaktor,

$$K = \frac{K_1}{K_2}$$

$$K = A \cdot \exp \left[\frac{-\Delta E}{R \cdot T} \right]$$

Energies of activation and frequency factors for the esterification of FFA in sunflower oil

	<i>A</i>	<i>E</i> (J/mol)	<i>R</i> ²
<i>K</i> ₁ (5%)	$2.869 \times 10^{+6}$	50745.2	0.999
<i>K</i> ₂ (5%)	37.068	31007.3	0.932
<i>K</i> ₁ (10%)	$3.913 \times 10^{+5}$	44558.8	0.997
<i>K</i> ₂ (10%)	707.166	42761.4	0.932

- Diambil konsentrasi katalis 5%

$$K_1 = 2.869 \times 10^6 \cdot \exp \left[\frac{50745.2 \text{ J/mol}}{8.314 \text{ J/mol.K} \cdot 333.15 \text{ K}} \right]$$

$$K_1 = 0.0317$$

$$K_2 = 37.068 \cdot \exp \left[\frac{31007.3 \text{ J/mol}}{8.314 \text{ J/mol.K} \cdot 333.15 \text{ K}} \right]$$

$$K_2 = 0.0005$$

D. PERANCANGAN REAKTOR

Volume cairan dalam reaktor

$$\begin{aligned}
 V_{\text{cairan}} &= 28314.1021 && \text{gallon} \\
 &= 107180.5571 && \text{liter} \\
 &= 107.1805 && \text{m}^3 \\
 &= 3785.0492 && \text{ft}^3
 \end{aligned}$$

Volume reaktor, *overdesign* 20%

$$\begin{aligned}
 V_{\text{reaktor}} &= 128616.6685 && \text{liter} \\
 &= 128.6166 && \text{m}^3 \\
 &= 4542.0590 && \text{ft}^3
 \end{aligned}$$

4. Menentukan Diameter dan Tinggi Tangki Reaktor

Dipilih RATB berbentuk silinder tegak dengan perbandingan D : H =

1 : 1 (*Brownell & Young, table 3.3, P.43*)

$$V_{\text{reaktor}} = 128616.6685 \text{ liter}$$

$$V_{\text{reaktor}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{shell}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \qquad D = H$$

$$V_{\text{head}} = 2 (V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}}) \qquad D = \text{in} ; V = \text{in}^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,000049 D^3$$

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} \times D^3 \times \frac{\text{sf}}{144} \qquad \text{sf} = 3$$

(*Brownell & Young, P.88*)

$$V_{\text{reaktor}} = \left(\frac{\pi}{4} \times D^3 \right) + (2 \times 0,0164032 D^3)$$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^3 + 0,0328063 D^3$$

Maka, $D = 17.9526$ ft

$$= 5.4719 \text{ m}$$

$$= 215.4314 \text{ in}$$

$H = 17.9526$ ft

$$= 5.4719 \text{ m}$$

$$= 215.4314 \text{ in}$$

5. Menentukan Tebal Dinding (*Shell*) Reaktor

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 ($P_{\text{operasi}} \times 1,2$) = 17,64 psi

r_i : jari-jari reaktor = 107.7157 in

E : Effisiensi sambungan las = 0,85

f : Tekanan maksimal yang diizinkan = 12.650 psi

C : Korosi yang diizinkan = 0,125 in

Maka: $t_s = 0,3547$ in

Digunakan tebal shell standar = 0.3750 in

$ID_{\text{shell}} = 215.4314$ in

$OD_{\text{shell}} = ID_{\text{shell}} + 2t_s$

= 216.1814 in

OD standar = 216 in

(Brownell & Young, table 5.7, P.55)

ID= 215.63 in

6. Menentukan Tebal Head

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

Bentuk head : *Flanged and Dished Head (Torispherical)*

Pertimbangan yang dilakukan dalam pemilihan jenis head meliputi :

- *Flanged & Standard Dished Head*

Umumnya digunakan untuk tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki dengan diameter kecil.

- *Torispherical Flanged & Dished Head*

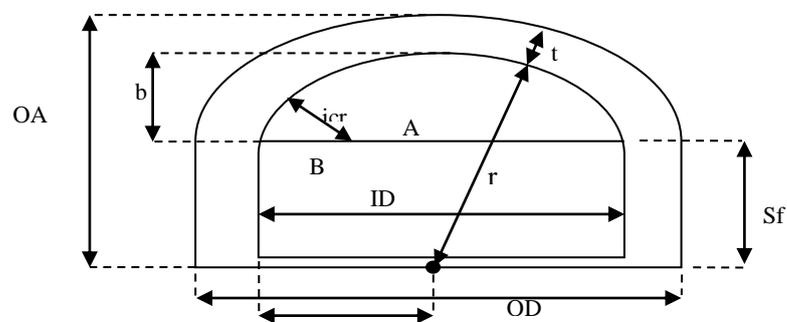
Digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar dan harganya cukup ekonomis.

- *Elliptical Dished Head*

Digunakan untuk tekanan operasi tinggi dan harganya cukup mahal.

- *Hemispherical Head*

Digunakan untuk tekanan operasi sangat tinggi, kuat dan ukuran yang tersedia terbatas. (P-87 Brownell, 1959)



Keterangan gambar :

ID : diameter dalam *head*

OD : diameter luar *head*

a : jari-jari dalam *head*

t : tebal *head*

r : jari-jari dalam *head*

icr : *inside corner radius*

b : *deep of dish*

sf : *straight of flanged*

OA : tinggi *head*

Tebal *head* dihitung dengan persamaan berikut :

$$t = \frac{0,885 \cdot P \cdot rc}{f \cdot E - 0,1P} + C$$

(Eq.13-12 P.25 Brownell & Young)

Dimana : rc (*inside spherical or crown radius*, in)

Maka : t head = 0,2539 in

t head standar = 0,3125 in

7. Menentukan Ukuran Head

Ukuran *Head* :

rc = OD shell = 216 in

Icr = 12.96 in (Brownell & Young, P258)

Sf (*Straight of Flange*) = 3.5 in

(Tabel 5.8, P-93, Brownell & Young)

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

Jadi tinggi head total, OA = Sf + b + *thead*

$$= 40.3308 \text{ in}$$

$$= 1.0244 \text{ m}$$

Volume head total (V head) = Volume head (Vh) + Volume flange (Vsf)

Volume sebuah *head* untuk *Torispherical dished head* adalah :

$$V_h = 0,000049 \times ID^3 \quad (\text{Eq.5-11, P.88 Brownell\&Young})$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} \times D^3 \times \frac{sf}{144}$$

Jadi , Volume *head* total adalah :

$$V_{head} = 0,000049 \cdot ID^3 + \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot ID^2 \cdot Sf /144$$

Volume shell (Vs) = Volume design – Volume head total

$$= (7848664.996 - 127858.8973) \text{ in}^3$$

$$= 7720806.0987 \text{ in}^3$$

$$= 19,0584 \text{ m}^3$$

Tinggi reaktor = Tinggi *shell* + (2x Tinggi *head*)

$$= 5.4864 \text{ m} + (2 \times 0,1.0244) \text{ m}$$

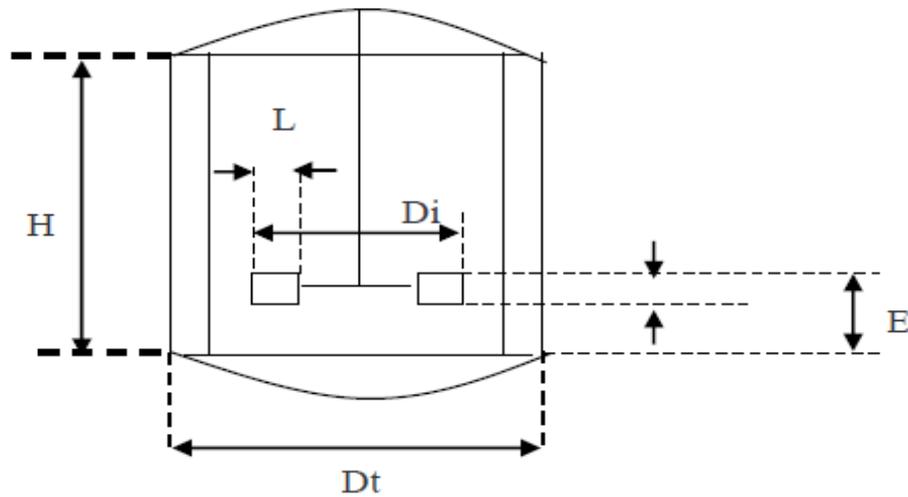
$$= 7.5352 \text{ m}$$

Tinggi cairan dalam silinder (*shell*)

$$Z_L = \frac{4 \cdot Vr}{\pi \cdot Di^2}$$

$$= 4.5600 \text{ m}$$

8. Merancang Pengaduk Reaktor



Tugas pengaduk : Untuk mencampur.

Tipe Pengaduk : *Blade turbin impeller*, 6 buah *blade* dengan 4 buah *baffle*

(Fig. 8.4, P-341, HF. Rase)

Diketahui :

$$D_t = 5.4864 \text{ m}$$

$$D_t/D_i = 3$$

$$D_i = D_t/3 = 1.8256$$

$$E/D_i = 1 \rightarrow Z_i = 1 \times 0.9610 \text{ m} = 0.9610 \text{ m}$$

$$W/D_i = 0,2 \rightarrow W = 0,2 \times 0,9610 \text{ m} = 0.3651 \text{ m}$$

$$L/D_i = 0.25 \rightarrow L = 0,25 \times 0,9610 \text{ m} = 0.4564 \text{ m}$$

$$B/12 = D_i \rightarrow B = 0,9610 \text{ m} / 12 = 0.4564 \text{ m}$$

Ringkasan Ukuran Reaktor

- ◆ Diameter dalam reaktor (Dt) = 5.4864 m
- ◆ Tinggi reaktor (ZR) = 5.4864 m
- ◆ Jarak pengaduk dari dasar (E) = 1.8256 m
- ◆ Diameter pengaduk (Di) = 1.8256 m
- ◆ Lebar pengaduk (L) = 0.4564 m
- ◆ Tinggi pengaduk (W) = 0.3651 m
- ◆ Lebar *buffle* (B) = 0.4564 m
- ◆ Tinggi cairan dalam silinder (ZL) = 4.5600 m

9. Menghitung Kecepatan Pengaduk Dalam reaktor

$$N = \frac{600}{\pi Di} \sqrt{\frac{WELH}{2Di}}, WELH$$

(Eq. 8-8, P-345, HF. Rase)

Dimana :

WELH : *Water Equipment Liquid Height*

Di : Diameter pengaduk (ft)

N : Kecepatan putaran pengaduk (rpm)

W : Tinggi pengaduk (ft)

$$WELH = ZL \times \left(\frac{\rho_{cairan}}{\rho_{air}} \right)$$

$$N = \frac{600}{\pi \cdot Di} \sqrt{\frac{WELH}{2Di}}$$

$$= 33.7742 \text{ rpm}$$

Kecepatan pengaduk (N) standar yang digunakan adalah 37 rpm

(P-288, Wallas)

10. Menghitung Bilangan Reynold

$$Nre = \frac{N \cdot Di^2 \cdot \rho}{\mu}$$

$$= 90.662,7393$$

Karena $Nre > 2100$ maka alirannya *turbulen*

Dengan mempergunakan kurva 3 fig.8.7 Rase 1977 diperoleh $Np = 6$

11. Menghitung Power

$$Pa = 26.1378 \text{ Hp}$$

Jika Effisiensi pengaduk 85 %

(*Timmerhause*)

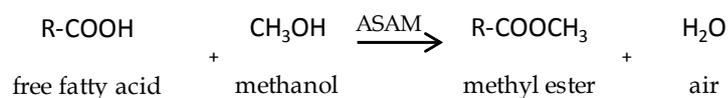
$$\text{Maka : } Power = \frac{Pa}{Eff}$$

$$= 30.7856$$

Digunakan Hp standar = 30 Hp (standar NEMA)

E. MENGHITUNG NERACA PANAS REAKTOR

Reaktor – 01



Komponen	ΔH_f (Kcal/mol)
RCOOH	-136,4092
CH3OH	-57,0030
RCOOCH3	-111,2792
H2O	-68,2694

$$\Delta H_R^\circ = \left(\sum n_i \cdot \Delta H_f^\circ \right)_{\text{produk}} - \left(\sum n_i \cdot \Delta H_f^\circ \right)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_R^\circ = 4787.6435 \text{ Kcal/jam}$$

Panas umpan masuk reaktor

Komponen	alir massa kg/jam	ΔH kcal/jam	C_p (J/mol K)
H ₂ O	3.7236	50.9953	1031.4118
CH ₄ O	251.6646	753.2104	400.7148
KOH	0.0000	0.0000	401.2076
C ₃ H ₈ O ₃	0.0000	0.0000	1306.7491
H ₂ SO ₄	57.8947	99.0712	701.6579
K ₂ SO ₄	0.0000	0.0000	692.3947
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	0.0975	27.5000	3419.1702
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	0.0000	0.0000	3225.5691
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	1.2132	1075.5000	3029.2453

Panas produk hasil reaktor

komponen	massa (kg/jam)	C_p (Kcal/Kg)	ΔH_k (Kcal/jam)
FFA	292,6178	23,1379	7.121,4045
Metanol	586,7751	29,3718	17.234,6529
Metil Ester	665,1083	25,5436	16.989,2313
H2O	56,0749	33,0476	1.853,1401
H2SO4	6,0107	13,0957	78,7141
TG	11.599,0241	7,6404	89.839,1176
Total			133.116,2604

Komponen	Massa (kg/jam)	ΔH	C_p (J/mol K)
H ₂ O	4.9232	519.5323	7947.4482
CH ₄ O	249.5319	5320.2813	2854.6289
KOH	0.0000	0.0000	2817.5284
C ₃ H ₈ O ₃	0.0000	0.0000	9229.2714
H ₂ SO ₄	57.8947	703.9792	4985.8362
K ₂ SO ₄	0.0000	0.0000	4855.8378
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	8.7059	178.8922	24244.6520
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	19.7271	365.1976	22927.0207
C ₅₇ H ₁₀₄ O ₆	1072.5000	6229.8601	21484.4606

$$Q = \Delta H_{R^{\circ}} + \Delta H_m - \Delta H_k$$

$$= 4727.5097 \text{ kcal/jam}$$

Kebutuhan steam pemanas

Panas dari steam pemanas yang masuk pada suhu 130 C diserap oleh reaktor

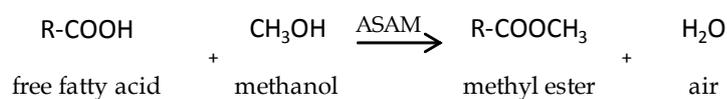
$$T \text{ pemanas masuk} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T \text{ pemanas keluar} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta H \text{ steam} = 519.5026 \text{ Kcal/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan steam pemanas (m}_s) &= Q / \Delta H \\ &= 4727. \text{Kg/jam} \\ &= 0,1844 \text{ kg/dtk} \end{aligned}$$

Reaktor – 02



Komponen	ΔH_f (Kcal/mol)
RCOOH	-136,4092
CH3OH	-57,0030
RCOOCH3	-111,2792
H2O	-68,2694

$$\Delta H_R^\circ = \left(\sum n_i \cdot \Delta H_{f,i}^\circ \right)_{\text{produk}} - \left(\sum n_i \cdot \Delta H_{f,i}^\circ \right)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_R^\circ = 31.875,08 \text{ Kcal/jam}$$

Panas umpan masuk reaktor

komponen	massa (kg/jam)	Cp (Kcal/Kg)	ΔH_k (Kcal/jam)
FFA	8.7059	20.5483	178.8922
Metanol	249.5319	21.3210	5320.2813
Metil Ester	19.7271	18.5152	365.1976
H2O	4.9232	105.5271	519.5323
H2SO4	57.8947	12.1596	703.9792
TG	1072.5000	5.8087	6229.8601
Total			

Panas produk hasil reaktor

komponen	massa (kg/jam)	Cp (Kcal/Kg)	ΔH_k (Kcal/jam)
FFA	2.7561	20.5483	56.6336
Metanol	248.8568	21.3210	5305.8863
Metil Ester	25.9723	18.5152	480.8117
H2O	5.3029	105.5271	5305.8863
H2SO4	57.8947	12.1593	703.9792
TG	1072.5000	5.8087	6229.8601
Total	1413.2829		

$$Q = \Delta H_R^\circ + \Delta H_m - \Delta H_k$$

$$= 1496.6333 \text{ kcal/jam}$$

Kebutuhan steam pemanas

Panas dari steam pemanas yang masuk pada suhu 130°C diserap oleh reaktor

$$T \text{ pemanas masuk} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T \text{ pemanas keluar} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta H \text{ steam} = 519.5026 \text{ Kcal/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan steam pemanas (m}_s) &= Q / \Delta H \\ &= 2.8808 \text{ Kg/jam} \\ &= 0.0008 \text{ kg/dtk} \end{aligned}$$

e. PERANCANGAN JAKET PEMANAS

f.

Volume pemanas = luas selimut x tebal jaket

Luas selimut (A) untuk tebal head < 1 in, digunakan pers 5-12 Brownell

$$De = OD + \frac{OD}{42} + 2 \cdot sf + \frac{2}{3} \cdot \frac{Y}{E} \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

$$De = 247.5485 \text{ in}$$

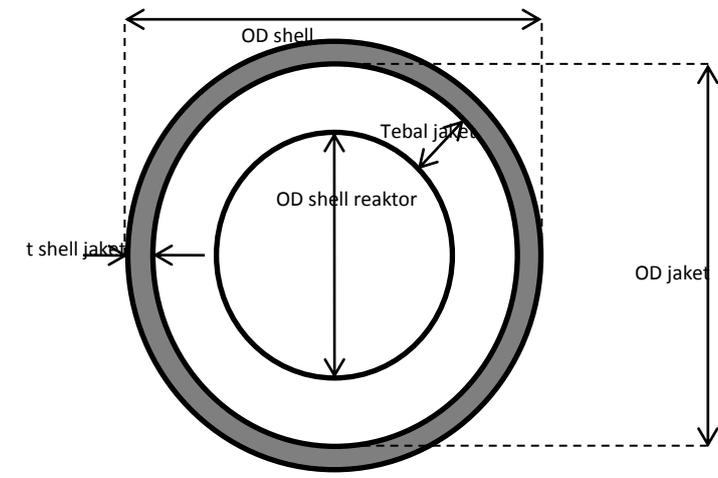
$$= 6.2877 \text{ m}$$

$$A \text{ total} = A \text{ shell} + (A \text{ bottom})$$

$$= (\pi \cdot D \cdot H) + (\pi/4 \cdot De^2)$$

$$= 271002.0798 \text{ in}^2$$

$$= 174.8397 \text{ m}^2$$



Jarak OD reaktor dengan ID Jacket = 2 in (Coulson and Richardson)

Diameter jaket pemanas

$$\begin{aligned} \text{OD shell (D1)} &= \text{ID shell} + 2(\text{tebal reaktor}) \\ &= 215.6250 \text{ in} + 2 (0.3547 \text{ in}) \\ &= 216.3344 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D2} &= \text{D1} + 2 (\text{tebal jaket}) \\ &= 216.3344 \text{ in} + 2 (2)\text{in} \\ &= 220.3344 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi jaket pada shell} &= \text{tinggi cairan pada shell} \\ &= 179.5263 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{P design} &= \text{P operasi} + \text{Over Design } 20\% \\ &= 14,7 \text{ psia} \\ &= 16,17 \text{ psia} \end{aligned}$$

Bahan : *Stainless Steel SA-283 Grade C*

$$t_{\min} = \frac{P \cdot r}{f \cdot E - 0,6P} + C$$

(Eq. 13.1, P-254, Brownell and Young)

$$f = 12.650 \text{ psia}$$

$$E = 0,85$$

$$C = 0,125 \text{ in}$$

$$\text{Maka: } t_{\min} = 0,4562 \text{ in}$$

$$t_{\text{standar}} = 0,3125 \text{ in}$$

Ukuran *Bottom*

Sehingga Ukuran standar:

$$\text{OD jaket} = 228 \text{ in}$$

$$\text{ID jaket} = 227,375 \text{ in}$$

Tebal *bottom* dihitung dengan persamaan berikut :

$$t = \frac{0,885 \cdot P \cdot rc}{f \cdot E - 0,1P} + C$$

(Eq.13-12 , P.25Brownell&Young)

Dimana : rc (*inside spherical or crown radius, in*)

$$\text{Maka : } t_{\text{bottom}} = 0,2993 \text{ in}$$

$$t_{\text{bottom standar}} = 0,3125 \text{ in}$$

Tinggi Head (OA)

$$rc = \text{OD jaket} = 288 \text{ in}$$

$$I_{cr} = 13.68 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, P258})$$

$$S_f \text{ (Straight of Flange)} = 3.5 \text{ in} \quad (\text{Tabel 5.8, P-93, Brownell \& Young})$$

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

$$\text{Jadi tinggi bottom total, OA} = S_f + b + \text{thead}$$

$$= 42.6090 \text{ in}$$

$$= 1.0822 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi jaket total} = \text{Tinggi jaket pada shell} + \text{Tinggi head}$$

$$= 222.1353 \text{ in}$$

$$= 5.6422 \text{ m}$$

Menghitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dan Jaket

$$\frac{h_i D_i}{k} = 0,36 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu}\right)^{2/3} \left(\frac{C_p \mu}{k}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} \quad (\text{pers. } 20.1,$$

Kern)

$$\text{Dimana : } D_i = \text{Diameter reaktor (ID shell)} = 16.4592 \text{ ft}$$

$$h_i = \text{koefisien perpindahan panas, Btu/jam ft}^2 \cdot \text{F}$$

$$\rho = \text{densitas campuran} = 57.5363 \text{ lb/ft}^3$$

$$C_p = \text{kapasitas panas larutan,} = 0.1922 \text{ Btu/lb} \cdot \text{F}$$

$$D_i = \text{Diameter pengaduk} = 5.9895 \text{ ft}$$

$$N = \text{Kecepatan rotasi pengaduk} = 2220 \text{ rph}$$

$$k = \text{Konduktivitas panas larutan} = 0.1338 \text{ Btu/jam ft}^2$$

$$\mu = \text{Viskositas Larutan} = 20.8708 \text{ lb/ft jam}$$

$$\mu_w = \text{Viskositas campuran} = 20.1130 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{Sehingga : } h_i = 104.5826 \text{ Btu/jam ft}^2.\text{F}$$

Menghitung h_{i_o}

$$h_{i_o} = h_i \frac{ID}{OD} \quad (\text{pers. 6.5, Kern})$$

$$\text{Dimana : } ID = \text{Diameter luar reaktor} = 215.6250 \text{ in}$$

$$OD = \text{Diameter dalam jaket} = 227.375 \text{ in}$$

$$\text{Sehingga : } h_{i_o} = 99.1781 \text{ Btu/jam ft}^2.\text{F}$$

Menghitung h_o

$$h_o = 1500 \text{ Btu/jam ft}^2.\text{F} \quad \text{untuk steam} \quad (\text{kern})$$

Menghitung Clean Overall Coefficient (U_c) dan Design Overall Coefficient

$$U_c = \frac{h_{i_o} \cdot h_o}{h_{i_o} + h_o} \quad (\text{pers. 6.38, Kern})$$

U_c

$$= 74.5367 \text{ Btu/jam ft}^2.\text{F}$$

$$U_d = 6 - 60 \quad (\text{hot fluid: steam, cold fluid: heavy organics})$$

$$\text{Diambil } U_d = 47,5$$

$$R_d = \frac{1}{U_d} - \frac{1}{U_c}$$

$$= 0.0076$$

$$\text{Dari tabel 12 hal 845, Kern Fouling factor (Rd) minimum} = 0,002$$

Memenuhi R_d minimum

Menghitung tebal Isolator

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

Diinginkan suhu dinding isolasi = 35°C = 95°F

Data-data fisis :

$$\begin{aligned} k \text{ isolasi} &= 0,0125 \\ T_s &= 35 \text{ }^\circ\text{C} = 95 \text{ }^\circ\text{F} \\ T_{ud} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} \\ T_f &= (T_s + T_{ud})/2 = 90,5 \text{ }^\circ\text{F} \\ \delta f &= T_s - T_f = 4,5 \text{ }^\circ\text{F} \\ \beta &= 1 / T_f = 0,0110 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$$

dengan : T_f = suhu film, °F

$$\beta = \text{koefisien muai} \\ \text{volume, } /R$$

Sifat-sifat udara pada $T_f = 104 \text{ F}$ (tabel 3.212, Perry, 1984)

$$\begin{aligned} \rho_f &= 1,1426 \text{ kg/m}^3 = 0,0713 \text{ lb/ft}^3 \\ c_{pf} &= 1,0639 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 0,2556 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F} \\ \mu_f &= 1,8759 \text{ E-05 Pa.s} = 0,0454 \text{ lb/ft.j} \\ k_f &= 0,0267 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 0,0154 \text{ Btu/j.lb}^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$Gr = \frac{\ell^3 \cdot \rho_f^2 \cdot \beta \cdot g_c \cdot \Delta\Delta}{\mu_f^2} \quad Pr = \frac{C_{pf} \cdot \mu_f}{k_f}$$

dengan : Gr = bilangan Grashoff

$$Pr = \text{bilangan Prandtl}$$

Ra = bilangan Rayleigh(Holmann, 1986)

Raf = Gr * Pr

Bila Raf : 10E+4 – 10E+9, maka $hc = 0.29 (\Delta t/2)^{0.25}$

Raf : 10E+9 – 10E+12, maka $hc = 0.19 (\Delta t)^{1/3}$

Dimana hc adalah koefisien perpindahan panas konveksi

Asumsi: $\ell = L =$ tinggi silinder + tinggi bottom + tinggi head

$$= Z_r + 2 (b + sf) = 263.7444 \text{ in}$$

$$= 6.6991 \text{ m}$$

$$= 21.9731 \text{ ft}$$

Maka, Gr = 5.43087E+11

Cek harga ℓ

$$\frac{35}{Gr^{1/4}} = 0,0407$$

$$\frac{ID}{L} = 0,8623$$

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

maka asumsi $\ell = L$ dapat digunakan

(Holman,1986)

Sehingga:

$$Pr = 0,7509$$

$$Raf = 4.0784+10 > 1E+09$$

Diperoleh :

$$hc = 0.19 (\Delta t)^{1/3}$$

$$hc = 0,3136 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{j.}^\circ\text{F}$$

Perpindahan panas karena radiasi dapat diabaikan krn suhu dinding reaktor kecil (35 °C)

$$ID = 227.375 \text{ in} = 5,826591344 \text{ ft}$$

$$OD = 228.0000 \text{ in} = 5,998464 \text{ ft}$$

Perpindahan panas konveksi :

$$\begin{aligned} q_{\text{konveksi}} &= hc \cdot \pi \cdot (OD + 2 \cdot X_{\text{isolasi}}) \cdot L \cdot \Delta t \\ &= hc \cdot \pi \cdot OD \cdot L \cdot \Delta t = 1850.4502 \\ &= hc \cdot \pi \cdot 2 \cdot L \cdot \Delta t = 194.7842 \end{aligned}$$

$$q_{\text{konveksi}} = 1850.4502 + 194.7842 \cdot X_{\text{isolasi}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Perpindahan panas konduksi melalui dinding reaktor dan isolasi :

$$q_k = \frac{2\pi(T_1 - t_s)}{\frac{1}{kL} \ln\left(\frac{OD}{ID}\right) + \frac{1}{k_b L} \ln\left(\frac{OD + 2X_{is}}{OD}\right)} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dinding jaket berupa Stainless Steel, dari table 3 Kern, diperoleh $k = 26$ Btu/j.ft.F.

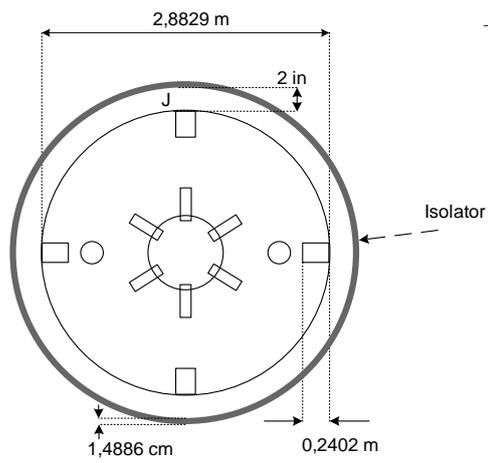
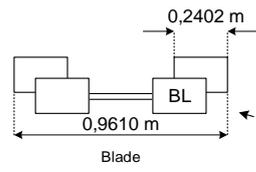
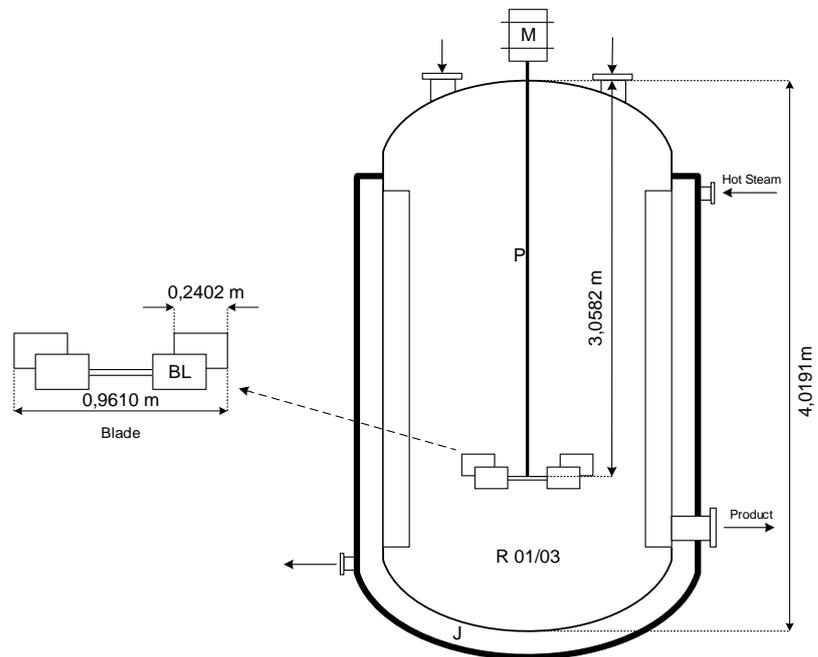
Perpindahan panas konduksi sama dengan perpindahan panas konveksi, sehingga dapat dituliskan persamaan (1) sama dengan persamaan (2). Dari kedua persamaan tersebut didapatkan nilai X_{isolasi} , q_{konveksi} , dan q_{konduksi} . Dengan trial 'n error' didapatkan hasil sebagai berikut :

$$X_{\text{isolasi}} = 0,0488 \text{ ft} = 1,4886 \text{ cm}$$

$$q_{\text{konduksi}} = 1857.2111 \text{ Btu/jam}$$

$$q_{\text{konveksi}} = 1859.9634 \text{ Btu/jam} \quad \text{Error} = 0,0000$$

$$\text{Tebal isolasi agar dinding isolasi } 35^\circ\text{C} = 1,4864 \text{ cm}$$



- Keterangan
- BL = Blade
 - J = Jacket
 - R = Reaktor
 - M = Motor pengaduk
 - P = Pengaduk