

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI
LIMBAH MINYAK GORENG KAPASITAS 30.000
TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Bulan Rizkiawati Amin

Nama : Yusie Aulia Septiana

NIM : 19521088

NIM : 19521112

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

YOGYAKARTA

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bulan Rizkiawati Amin

Nama : Yusie Aulia Septiana

NIM : 19521088

NIM : 19521112

Yogyakarta, 31 Agustus 2023

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

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



Bulan Rizkiawati Amin



Yusie Aulia Septiana

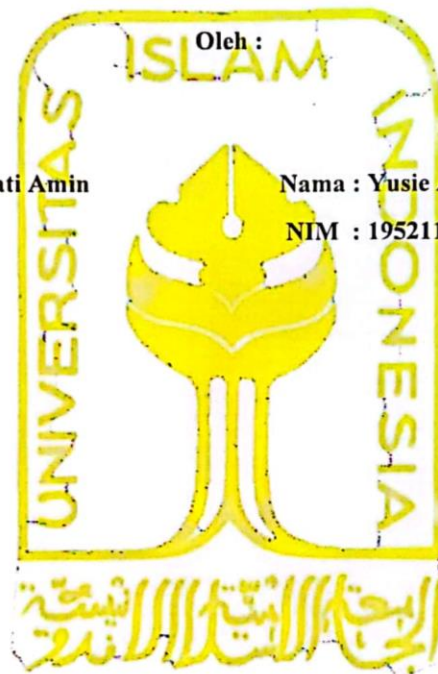
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LIMBAH MINYAK GORENG KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PRA-RANCANGAN PABRIK

Nama : Bulan Rizkiawati Amin
NIM : 19521088

Nama : Yusie Aulia Septiana
NIM : 19521112



Yogyakarta, 31 Agustus 2023

Pembimbing

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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LIMBAH MINYAK GORENG
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Bulan Rizkiawati Amin
NIM : 19521088

Nama : Yusie Aulia Septiana
NIM : 19521112

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 28 September 2023

Tim Penguji,

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

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

Anggota 1

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

Anggota 2

Hidayat 03/10/2023
Ariany 28/9/2023



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknolgi Industri

Universitas Islam Indonesia



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

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum Wr.Wb

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul “Pra Rancangan Pabrik Biodiesel dari Limbah Minyak Goreng (*Waste Cooking Oil*) Kapasitas 30.000 Ton/Tahun” dapat terselesaikan.

Penyusunan tugas akhir ini sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan kesarjanaan di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dengan mengerjakan tugas ini, mahasiswa diharapkan mampu menerapkan berbagai teori dan pengetahuan yang diperoleh dalam perkuliahan untuk merancang alat proses pabrik kimia serta dapat mengambil kesimpulan tentang kelayakan ekonomi pembangunan pabrik tersebut. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. ALLAH SWT, yang selalu ada dalam setiap langkah, atas karunia dan hidayah akal serta pikiran, kekuatan dan atas segala kemudahan yang diberikan dan dengan ridhonya hal ini bisa terselesaikan.
2. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Sholeh Ma'mum, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T selaku dosen pembimbing, yang telah sabar membimbing dan meluangkan waktu serta pemikirannya dalam membimbing penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen dan karyawan jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama menuntut

ilmu di jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

6. Seluruh teman-teman Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia Yogyakarta angkatan 2019 atas dukungan dan bantuannya.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, terutama bagi para pembaca serta penyusun, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 31 Agustus 2023

Bulan Rizkiawati Amin

Yusie Aulia Septiana

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Saya persembahkan karya ini kepada :

Orang tua saya, ayah dan mama yang mendukung saya tanpa henti, hadir dengan saya setiap saat, dan mendoakan selama hidup saya sehingga saya bisa menyelesaikan momen-momen penting dalam hidup saya. Dan juga adik saya yang memberikan dukungan dan menghibur saya jika dalam keadaan sedih. Saya mengucapkan terima kasih, semoga karya ini bisa membuat raut senyum hangat di wajah ayah, mama, dan adik.

Untuk teman seperjuangan saya dalam membuat karya ini, Yusie Aulia Septiana. Terima kasih sudah sepenuhnya percaya kepada saya, selalu menyemangati saya, dan selalu memperhatikan saya. Kelak, momen saat ini akan menjadi potongan yang akan melengkapi film kehidupan kita.

Teman-teman saya, terima kasih sudah menjadi penyemangat dan dukungan selama mengerjakan karya ini.

(Bulan Rizkiawati Amin)

LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada :

Kedua orang tua saya yaitu Bapak Jik'roni dan Ibu Asripah yang senantiasa mendukung, membekali dan tiada henti mendoakan saya selama menuntut ilmu dari kecil hingga sekarang ini. Tidak lupa kakak adik saya dan keluarga besar yang turut memberikan dukungan dan semangat untuk tetap terus menuntut ilmu setinggi-tingginya. Terimakasih atas segalanya, semoga dengan karya ini dapat memberikan rasa bangga terhadap kalian dan menjadikan saya untuk tetap terus berkembang menjadi lebih baik.

Untuk partner saya Bulan Rizkiawati Amin, terimakasih sudah percaya, dan selalu supportif dalam bekerja sama menyelesaikan tugas perkuliahan dari mulai Kerja Praktek, Penelitian sampai penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga perjuangan kita berbuah manis di kemudian hari dan mendapatkan ilmu yang bermanfaat di dunia dan di akhirat.

Pacar saya Muhammad Miftakul Khoir, Sahabat saya Yhunita fibriani, Hastin Lintang, Effina Lukita, Nabila Aprilia, Nur Farida Zulfalaila, Belinda Eko Wati, Adnin Jasmine Wafak Hida, Benazir Anjani dan orang-orang tersayang disekitarku, terimakasih atas segala perhatian, semangat dan dukungan selama kuliah 4 tahun ini. Semoga kita tetap bisa bertegur sapa setelah lulus, dan menjadi sosok yang sukses kelak. Aamiin

Keluarga Teknik Kimia UII 2019, almamater tercinta, yang punya andil besar didalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian dapat meraih apa yang dicita- citakan.

(Yusie Aulia Septiana)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK ...	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMBANG/NOTASI	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 Produksi	3
1.2.2 Ekspor	7
1.2.3 Konsumsi	8
1.2.4 Jumlah Ketersediaan Bahan Baku	9
1.2.5 Kapasitas Pabrik	9
1.3 Tinjauan Pustaka	11
1.3.1 Limbah Minyak Goreng	11
1.3.2 Biodiesel	13
1.3.3 Pemilihan proses produksi	17
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	31
1.4.1 Kinetika Reaksi	35
1.4.2 Tinjauan Termodinamika	37
BAB II	41
PERANCANGAN PRODUK	41
2.1 Spesifikasi Produk	41

2.1.1 Biodiesel	41
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	42
2.2.1 Minyak Jelantah.....	42
2.2.2 Metanol	43
2.2.3 Asam Sulfat.....	43
2.2.4 Kalium Hidroksida.....	44
2.3 Pengendalian Kualitas	44
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	44
2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk.....	45
2.3.3 Pengendalian Kuantitas.....	48
2.3.4 Pengendalian Waktu	48
2.3.5 Pengendalian Bahan Proses	48
BAB III	47
PERANCANGAN PROSES	47
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	47
3.1.1 Perancangan Bahan Baku dan Alat proses	49
3.2 Uraian Proses.....	50
3.3 Pemilihan Masing-masing Parameter.....	51
3.4 Proses Tahapan.....	51
3.4.1 Persiapan Bahan Baku	51
3.4.2 Tahap Reaksi.....	52
3.4.3 Tahap Pemisahan Produk.....	53
3.5 Spesifikasi Alat.....	53
3.5.1 Spesifikasi Reaktor	54
3.5.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan	59
3.5.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan.....	62
3.5.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	66
3.6 Neraca Massa	75
3.6.1 Neraca Massa Total	75
3.6.2 Neraca Massa Alat.....	75
3.7 Neraca Panas	78
BAB IV	80

PERANCANGAN PABRIK.....	80
4.1 Lokasi Pabrik.....	80
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	81
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	83
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	86
4.3 Tata letak Mesin / Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	93
4.4 Organisasi Perusahaan.....	95
4.4.1 Bentuk Badan Hukum Perusahaan	95
4.4.2 Struktur Organisasi Perusahaan	96
4.4.3 Status Karyawan	106
4.4.4 Pembagian Jam Karyawan.....	107
4.4.5 Status,Sistem Penggajian,dan Penggolongan Karyawan.....	109
4.4.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	114
BAB V.....	117
UTILITAS.....	117
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	117
5.2 Unit Pembangkit Steam.....	124
5.3 Unit Pembangkit Listrik	125
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	125
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	126
BAB VI.....	127
EVALUASI EKONOMI.....	127
6.1 Evaluasi Ekonomi.....	127
6.2 Penaksiran Harga Alat.....	128
6.3 Dasar Perhitungan	133
6.4 Perhitungan Biaya	133
6.4.1 <i>Capital Investment</i>	134
6.4.2 <i>Manufacturing Cost</i>	134
6.4.3 <i>General Expense</i>	135
6.5 Analisa Kelayakan.....	135
6.5.1 <i>Percent Return On Investment (ROI)</i>	135
6.5.2 <i>Pay Out Time (POT)</i>	136

6.5.3 <i>Break Even Point (BEP)</i>	136
6.5.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	137
6.5.5 <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i>	137
6.6 Hasil Perhitungan	138
6.7 Hasil Analisa Kelayakan	141
6.7.1 <i>Return on Investment (ROI)</i>	141
6.7.2 Pay Out Time (POT).....	141
6.7.3 Break Even Point (BEP)	142
6.7.4 <i>Shut Down Point (SDP)</i>	143
6.7.5 <i>Discounted Cash Flow Rate (DCFR)</i>	143
6.8 Analisa Risiko Pabrik	144
6.9 Analisa Kelayakan.....	145
BAB VII.....	148
KESIMPULAN DAN SARAN.....	148
7.1 Kesimpulan.....	148
7.2 Saran.....	150
DAFTAR PUSTAKA	151
LAMPIRAN A	153
LAMPIRAN B	170
LAMPIRAN C	170

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Data Produksi Biodiesel	4
Tabel 1. 2	Kapasitas Pabrik	5
Tabel 1. 3	Perusahaan Biodiesel dari Minyak Jelantah	6
Tabel 1. 4	Perusahaan Biodiesel dari Minyak Jelantah di Luar Negeri	6
Tabel 1. 5	Data Ekspor Nasional Biodiesel di Indonesia	7
Tabel 1. 6	Data Konsumsi Nasional Biodiesel Tiap Tahun	8
Tabel 1. 7	Standarisasi Mutu Biodiesel di Indonesia (SNI 7182:2015)	16
Tabel 1. 8	Metode Perbandingan Produksi Biodiesel	29
Tabel 1. 9	Persyaratan Biodiesel yang di tetapkan oleh SNI	34
Tabel 1. 10	Harga $\Delta^{\circ}f$ Masing – masing Komponen.....	37
Tabel 1. 11	Panas Reaksi ΔH pada masing-masing Komponen.....	38
Tabel 1. 12	Energi bebas gibss $\Delta G^{\circ}f$ nilai masing-masing komponen.....	39
Tabel 3. 1	Reaktor Reaksi Esterifikasi (R-01)	54
Tabel 3. 2	Reaktor Reaksi Esterifikasi (R-01) Lanjutan	55
Tabel 3. 3	Netralizer	55
Tabel 3. 4	Netralizer Lanjutan.....	56
Tabel 3. 5	Decanter (D-01).....	56
Tabel 3. 6	Decanter (D-01) Lanjutan	57
Tabel 3. 7	Menara Distilasi (MD-01)	57
Tabel 3. 8	Menara Distilasi (MD-01) Lanjutan.....	58
Tabel 3. 9	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan.....	59
Tabel 3. 10	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan lanjutan.....	60
Tabel 3. 11	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Lanjutan	61
Tabel 3. 12	Spesifikasi Pompa	62
Tabel 3. 13	Spesifikasi Pompa Lanjutan	63
Tabel 3. 14	Spesifikasi Pompa Lanjutan	64
Tabel 3. 15	Spesifikasi Pompa Lanjutan	65
Tabel 3. 16	Heater (H-01)	66
Tabel 3. 17	Heater (H-02)	67
Tabel 3. 18	Heater (H-03)	68
Tabel 3. 19	Heater (H-04)	69
Tabel 3. 20	Cooler 01 (CL-01)	70
Tabel 3. 21	Cooler 2 (CL-02)	71
Tabel 3. 22	Cooler 3 (CL-03)	71
Tabel 3. 23	Cooler 3 (CL-03) Lanjutan.....	72
Tabel 3. 24	Reboiler (RB-01).....	73
Tabel 3. 25	Condensor (CD-01)	74
Tabel 3. 26	Neraca Massa Total	75
Tabel 3. 27	Neraca Massa Reaktor (R-01)	75
Tabel 3. 28	Neraca Massa Reaktor Lanjutan (R-01).....	76
Tabel 3. 29	Neraca Massa Netralizer (N-01).....	76

Tabel 3. 30 Neraca Massa Dekanter (DC-01)	76
Tabel 3. 31 Neraca Massa Dekanter Lanjutan (DC-01)	77
Tabel 3. 32 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)	77
Tabel 3. 33 Neraca Massa Reboiler (RB-01)	77
Tabel 3. 34 Neraca Massa Kondensor (CD-01)	78
Tabel 3. 35 Neraca Panas Reaktor (R-01)	78
Tabel 3. 36 Neraca Panas Netralizer (N-01)	78
Tabel 3. 37 Neraca Panas Dekanter (DC-01)	79
Tabel 3. 38 Neraca Panas MD-01	79
Tabel 4. 1 Luas Tanah dan Bangunan	87
Tabel 4. 2 Luas Tanah dan Bangunan Lanjutan	88
Tabel 4. 3 Jadwal Kegiatan Karyawan Shift	108
Tabel 4. 4 Jumlah Karyawan	109
Tabel 4. 5 Jumlah Karyawan Lanjutan	110
Tabel 4. 6 Penggolongan Jabatan	111
Tabel 4. 7 Rincian Gaji Sesuai Jabatan	112
Tabel 4. 8 Rincian Gaji Sesuai Jabatan Lanjutan	113
Tabel 4. 9 Rincian Gaji Sesuai Jabatan Lanjutan	114
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin	123
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pemanas	123
Tabel 6. 1 Index Harga	129
Tabel 6. 2 Index Harga Lanjutan	130
Tabel 6. 3 Harga Alat Proses pada tahun evaluasi	131
Tabel 6. 4 Harga Alat Proses pada tahun evaluasi Lanjutan	132
Tabel 6. 5 Harga Alat Utilitas pada tahun evaluasi	132
Tabel 6. 6 Harga Alat Utilitas pada tahun evaluasi Lanjutan	133
Tabel 6. 7 Physical Plant Cost	138
Tabel 6. 8 Direct Plant Cost	139
Tabel 6. 9 Fixed Capital Investment	139
Tabel 6. 10 Working Capital Investment	139
Tabel 6. 11 Direct Manufacturing Cost	140
Tabel 6. 12 Indirect Manufacturing Cost	140
Tabel 6. 13 Fixed Manufacturing Cost	140
Tabel 6. 14 General Expense	141
Tabel 6. 15 Analisa Keuntungan	141
Tabel 6. 16 Fixed Cost	142
Tabel 6. 17 Regulated Cost	142
Tabel 6. 18 Variable Cost	142
Tabel 6. 19 Analisis Kelayakan	145
Tabel 6. 20 Analisis Kelayakan Lanjutan	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Produksi Biodiesel	4
Gambar 1. 2 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia.....	7
Gambar 1. 3 Data Konsumsi Biodiesel	8
Gambar 1. 4 Grafik konversi WCO.....	36
Gambar 1. 5 Regresi Linear Konsentrasi WCO dengan Waktu Reaksi	37
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif.....	47
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif.....	48
Gambar 4. 1 Layout Tata Letak Pabrik	89
Gambar 4. 2 Layout Alat Proses.....	94
Gambar 4. 3 Struktur Organisasi Perusahaan	100
Gambar 5. 1 Diagram Unit Utilitas	122
Gambar 6. 1 Grafik regresi linier indeks	130
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi	147

DAFTAR LAMBANG/NOTASI

T	: Suhu atau <i>Temperatur</i> , °C
D	: Diameter, m
P	: Tekanan, atm
μ	: <i>Viskositas</i> , cP
ρ	: <i>Densitas</i> , kg/m ³
ρ_{camp}	: Densitas campuran, kg/m ³
ts	: Tebal <i>shell</i> , in
r	: Jari-jari dalam reaktor, in
th	: Tebal <i>head</i> , m
LMTD	: <i>Long Mean Temperature Different</i> , K
OD	: Diameter luar, m
ID	: Diameter dalam, m
ε	: <i>Efisiensi</i>
Re	: Bilangan <i>Reynold</i>
Fv	: Laju alir <i>volumetrik</i> , m ³ /jam
V	: volume, gallon
H	: tinggi, m

ABSTRAK

Pendirian pabrik biodiesel berbahan baku minyak jelantah yang rencananya akan didirikan di Daerah Gresik, Jawa Timur. Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja, perizinan dan kondisi sosial masyarakat sekitar. Pabrik ini direncanakan dapat memproduksi biodiesel sebanyak 30.000 ton/tahun dengan waktu operasi selama 24 jam/hari serta 330 hari/tahun. Banyaknya bahan baku yang digunakan adalah minyak jelantah (*WCO*) sebanyak 264.202 kg/jam. Proses produksi pada pabrik ini menggunakan bahan baku berupa limbah minyak goreng dan methanol. Proses reaksi pembentukan dilakukan pada reaktor RATB dengan katalis H_2SO_4 pada suhu $60^\circ C$ dan tekanan 1 atm pada kondisi *isothermal* adiabatik. Dikarenakan reaksi tersebut terlalu asam maka dibutuhkan KOH untuk menetralkan. Selanjutnya proses pemisahan pada hasil produk dan hasil samping menggunakan decanter. Kemudian pemisahan hasil samping berupa K_2SO_4 , methanol, air menggunakan menara distilasi yang kemudian methanol untuk di *recycle* ke reaktor. Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik ini berupa unit penyedia dan pengolahan air, unit penyedia steam, unit penyedia udara instrumen dan unit penyedia bahan bakar. Jumlah karyawan sebanyak 114 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi jenis *line dan staff*. Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 14,64% dan setelah pajak 11,42%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 4,42 tahun dan setelah pajak 5,15 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 46,07% serta Shut Down Point (SDP) sebesar 9,24%. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) terhitung sebesar 9,9%. Dari data analisa kelayakan tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik ini memiliki keuntungan dan layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci: analisa ekonomi, biodiesel, limbah minyak goreng.

ABSTRACT

Establishment of a biodiesel factory made from used cooking oil which is planned to be established in the Gresik area, East Java. This factory was established by considering the availability of raw materials, adequate transportation facilities, workforce, permits and social conditions of the surrounding community. This factory is planned to be able to produce 30,000 tons of biodiesel/year with an operating time of 24 hours/day and 330 days/year. The amount of raw material used was Used Cooking Oil (WCO) amounting to 264,202 kg/hour. The production process at this factory uses raw materials in the form of cooking oil waste and methanol. The formation reaction process was carried out in a RATB reactor with an H_2SO_4 catalyst at a temperature of $60^\circ C$ and a pressure of 1 atm under adiabatic isothermal conditions. Because the reaction is too acidic, KOH is needed to neutralize it. Next is the process of separating the product and by-products using a decanter. Then the side products are separated in the form of K_2SO_4 , methanol, water using a distillation tower and then the methanol is recycled into the reactor. Providing the utility needs of this factory is in the form of a water supply and treatment unit, a steam supply unit, an instrument air supply unit and a fuel supply unit. The number of employees is 114 people and the company form is a Limited Liability Company (PT) with a line and staff type organizational structure. Based on the economic feasibility analysis of this factory, the Percent Return on Investment (ROI) before tax is 14.64% and after tax is 11.42%. Pay Out Time (POT) before tax is 4.42 years and after tax is 5.15 years. Break Even Point (BEP) was 46.07% and Shut Down Point (SDP) was 9.24%. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is calculated at 9.9%. From the feasibility analysis data, it can be concluded that this factory has advantages and is worthy of further study.

Keyword: *biodiesel, economic analysis, waste cooking oil*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman di era modern ditandai dengan perkembangan teknologi dan juga kebutuhan energi yang berkembang dengan pesat. Peningkatan kebutuhan energi saat ini membuat energi dari fosil (tidak terbarukan) semakin berkurang dari waktu ke waktu. Menipisnya cadangan minyak bumi ini berkebalikan dengan meningkatnya kebutuhan energi terutama di era modern ini. Menurut sumber BP Migas, cadangan gas bumi saat ini di Indonesia sebesar 107 triliun standar kaki kubik dan diperkirakan akan habis sekitar 40 tahun kedepan. Dalam hal ini perlu adanya sumber daya energi alternatif yang ramah lingkungan serta dapat dimanfaatkan dalam jangka panjang dalam mengatasi kelangkaan bahan bakar fosil. Salah satu energi *alternative* yang harus dikembangkan negara Indonesia untuk mengatasi masalah ini adalah Biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan yang diproses dengan cara transesterifikasi ataupun esterifikasi dan transesterifikasi. Biodiesel dihasilkan dari reaksi minyak dengan methanol atau ethanol dengan bantuan katalis asam maupun basa yang akan menghasilkan metil ester dan gliserin. Biodiesel juga dikenal dengan bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang relatif lebih bersih dibandingkan dengan solar. Selain itu, penggunaan biodiesel umumnya mudah, karena tidak perlu memodifikasi mesin diesel. Sebagai bahan bakar alternatif, biodiesel dapat

digunakan dalam bentuk murni atau dicampur dengan minyak diesel pada perbandingan tertentu.

Indonesia perlu meningkatkan penggunaan bahan bakar terbarukan sebagai substitusi bahan bakar minyak dari sumber fosil. Dengan hal ini kebutuhan energi harus didukung dengan sumber daya energi terbarukan dan ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan dalam jangka panjang oleh berbagai pihak. Salah satu energi alternatif yang harus dikembangkan negara Indonesia untuk mengatasi masalah ini adalah Biodiesel. Karena Indonesia mempunyai bahan baku yang melimpah. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Bersama dengan Pokja Bahan Bakar Nabati menargetkan produksi Biodiesel di Indonesia pada tahun 2025 adalah 4.700 milyar liter. Biodiesel diharapkan sebagai solusi sebagai sumber energi alternatif untuk pemenuhan kebutuhan bahan bakar diesel nasional.

Sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan, biodiesel biasanya diproduksi dari bahan baku yang bisa dikonsumsi masyarakat seperti CPO (*Crude Palm Oil*) untuk minyak goreng, kosmetik hingga produk kebersihan. Salah satu bahan baku yang sangat potensial untuk biodiesel adalah minyak jelantah atau minyak goreng bekas memasak. 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 Penentuan Kapasitas Pabrik

Biodiesel merupakan salah satu energi terbarukan ramah lingkungan yang sedang dikembangkan pemerintahan di Indonesia untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Berdasarkan statistik Ditjen EBTKE 2021 (Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi) Peningkatan kebutuhan biodiesel di Indonesia dapat dilihat dari grafik yang cenderung fluktuatif dengan kapasitas biodiesel yang digunakan juga mengalami kenaikan sehubungan permintaan biodiesel nasional.

Untuk mendirikan suatu pabrik perhitungan jumlah kapasitas merupakan faktor yang penting karena dapat mempengaruhi proses perancangan dari teknis maupun ekonomi. Hal-hal yang harus diperhatikan untuk menentukan kapasitas pabrik yaitu konsumsi, produksi serta jumlah ketersediaan bahan baku.

1.2.1 Produksi

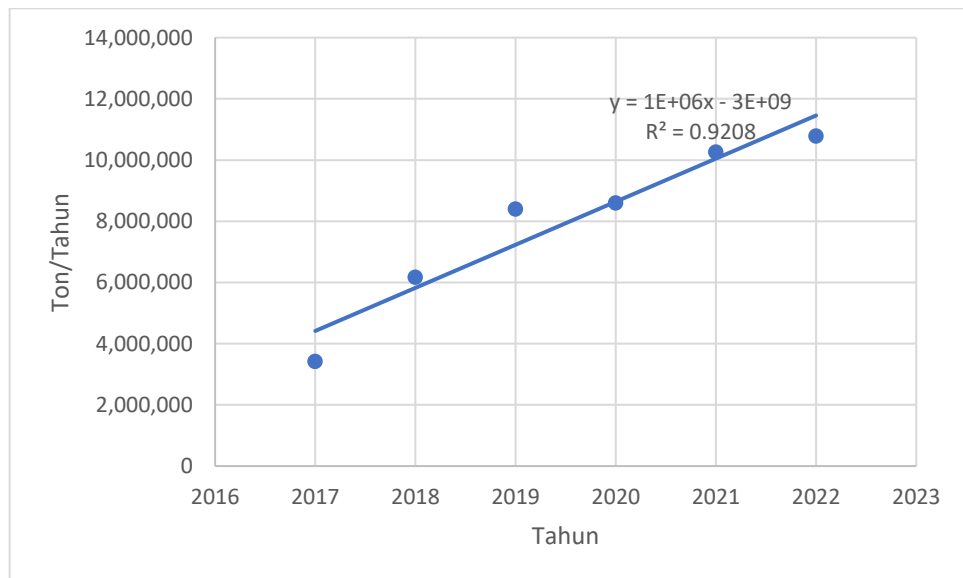
Jumlah produksi biodiesel di Indonesia yang semakin meningkat dapat di jadikan acuan untuk bersaing dengan pabrik-pabrik biodiesel yang telah berdiri di

Indonesia. Tabel berikut menunjukkan peningkatan jumlah produksi biodiesel di Indonesia beberapa tahun belakang.

Tabel 1. 1 Data Produksi Biodiesel

Tahun	Produksi (Ton/tahun)
2017	3.416.417
2018	6.167.837
2019	8.399.184
2020	8.591.368,23
2021	10.258.000
2022	10.780.346

Sumber: Kementerian ESDM



Gambar 1. 1 Data Produksi Biodiesel

Tabel berikut menunjukkan Kapasitas Pabrik Biodiesel dengan Bahan Baku Minyak Jelantah di Indonesia :

Tabel 1. 2 Kapasitas Pabrik

No	Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
1	PT.Eternal Buana Chemical Industries	40.487	Tangerang,Banten
2	PT.Indo Biofuel Energy	60.731	Cilegon,Banten
3	PT.Anugrah Inti Gemarnusa	40.487	Gresik,Jawa
4	PT. Etrerindo Nusa Graha	40.487	Gresik,Jawa
5	PT. Wilmar Bio Energi Indonesia	1.062.793	Medang Kapai,Dumai
6	PT. Sumi Asih OleoChemical	101.219	Tambun Bekasi,Jawa Barat
7	PT.Dermex Biofuels	151.828	Bekasi Utara,Jawa Barat
8	PT.Pelita Agung Agrindustri	202.437	Bengkalis,Riau
9	PT.Musim Mas	860.356	Nongsa,Batam,Kepri
10	PT.Sintong Abadi	30.821	Asahan,Sumut
11	PT.Primanusa Palma Energi	21.134	Pluit,Jakarta Utara
12	PT.Multi Energi Nabati	20.244	Cikarang Barat,Bekasi
13	PT.Cemerlang Energi Prakasa	404.873	Dumai Riau

Melihat kapasitas pabrik biodiesel yang sudah ada di Indonesia, kapasitas pabrik biodiesel dengan bahan baku minyak jelantah ini termasuk cukup kecil, namun jika dilihat dari dari tujuan lain yaitu membantu mengurangi pencemaran limbah minyak goreng dan mengurangi

penyalahgunaan minyak jelantah pabrik ini akan mempunyai peluang untuk didirikan. Di Indonesia sendiri belum terdapat pabrik biodiesel berbahan baku minyak jelantah dengan kapasitas besar, namun sudah terdapat beberapa yayasan pengepul minyak jelantah atau perusahaan yang mencoba mengolah menjadi biodiesel namun masih dengan kapasitas kecil. Berikut data yayasan dan perusahaan di Indonesia yang memproduksi biodiesel dari minyak jelantah:

Tabel 1. 3 Perusahaan Biodiesel dari Minyak Jelantah

NO	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT. Adaro Energy	396
2	PT. Freeport Indonesia (PTFI)	9,5
3	PT.Bali Hijau Diesel	438
4	CV. Garuda Energi Nusantara (Gen-Oil)	410
5	PT.Mekanika Elektrika Egra	330

Sedangkan di luar negeri sudah ada beberapa pabrik produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan kapasitas yang cukup besar. Berikut beberapa pabrik biodiesel dari minyak jelantah di luar negeri :

Tabel 1. 4 Perusahaan Biodiesel dari Minyak Jelantah di Luar Negeri

No	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	BioD Energy India	33.000
2	FatHopes Energy Malaysia	204.000

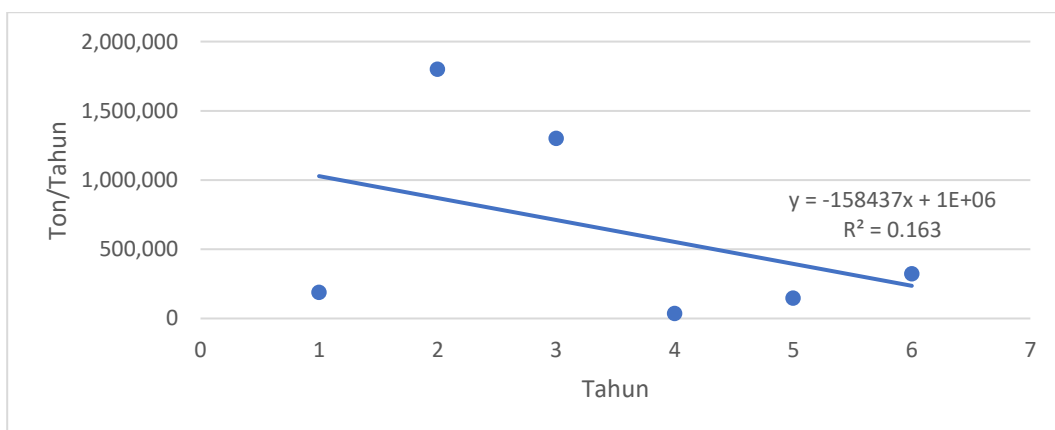
1.2.2 Ekspor

Berdasarkan data dari Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia (Aprobi), diperoleh jumlah ekspor Biodiesel di Indonesia dapat dilihat di bawah ini :

Tabel 1. 5 Data Ekspor Nasional Biodiesel di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton/Tahun)
2017	187.000
2018	1.8 Juta
2019	1.3 Juta
2020	36.000
2021	147.000
2022	322.543

Sumber: Asosiasi Produsen Biofuel Indonesia



Gambar 1. 2 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia

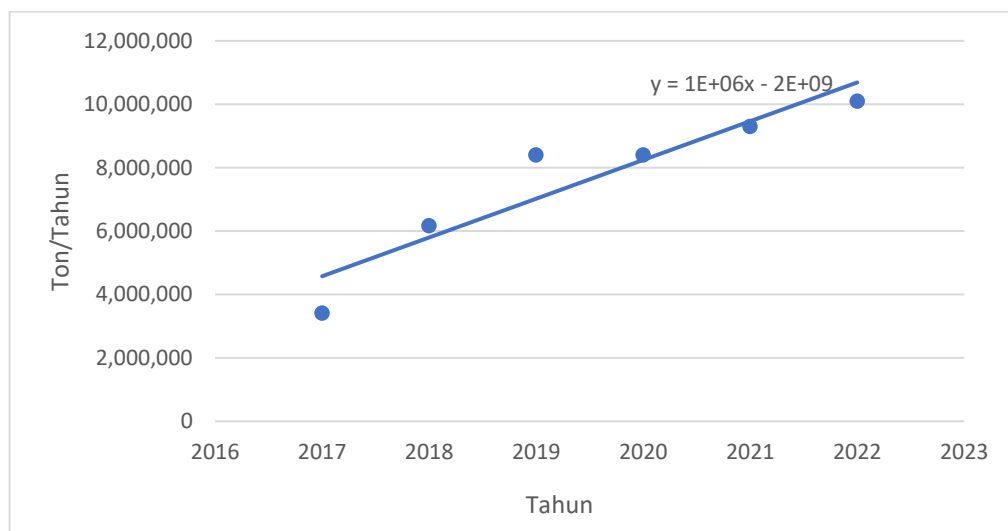
1.2.3 Konsumsi

Konsumsi biodiesel dan solar yang semakin meningkat menjadi acuan untuk mengetahui seberapa banyak kapasitas yang akan digunakan untuk berdirinya suatu pabrik biodiesel di Indonesia. Tabel berikut menunjukkan peningkatan jumlah konsumsi biodiesel di Indonesia beberapa tahun belakang :

Tabel 1. 6 Data Konsumsi Nasional Biodiesel Tiap Tahun

Tahun	Ton/Tahun
2017	3.420.000
2018	6.170.000
2019	8.400.000
2020	8.400.000
2021	9.300.000

Sumber: Statistik Ditjen EBTKE



Gambar 1. 3 Data Konsumsi Biodiesel

Dengan nilai :

a : 1.000.000

b : 3.000.000

x : 2027

Dari data proyeksi konsumsi biodiesel diatas maka diperoleh nilai 2.030.000.000 ton/tahun jumlah konsumsi pada tahun 2027. Jumlah konsumsi yang didapatkan pada tahun 2025 sebagai acuan untuk jumlah kapasitas yang akan digunakan karena semakin tinggi jumlah kebutuhan konsumsi semakin tinggi jumlah produksi.

1.2.4 Jumlah Ketersediaan Bahan Baku

Untuk menghasilkan produk biodiesel dengan kapasitas 30.000 ton/tahun akan membutuhkan bahan baku minyak jelantah, methanol, asam sulfat dan potassium hidroksida. Bahan baku minyak jelantah didapatkan dari Yayasan Lengis Hijau, Bali dengan jumlah 258.420 ton/tahun, Minyak Jelantah di kota Malang sebanyak 310.320 ton/tahun menghasilkan minyak jelantah dengan jumlah yang cukup untuk memenuhi produksi biodiesel sebesar 30.000 ton/tahun. Untuk metanol dipenuhi dari PT. Bintang Timur Mitra Abadi Jawa Timur, sedangkan untuk kebutuhan lain diperoleh dari PT.Bumi Mulia Chemindo. PT.Bumi Mulia Chemindo adalah perusahaan yang menyediakan kebutuhan industri dan perdagangan kimia yang berlokasi di Sidoarjo Jawa Timur.

1.2.5 Kapasitas Pabrik

Berdasarkan data impor dan ekspor, dapat ditentukan besarnya peluang

produksi dengan persamaan sebagai berikut:

$$Supply = \text{Jumlah Impor} + \text{Jumlah Produksi}$$

$$Demand = \text{Jumlah Ekspor} + \text{Jumlah Konsumsi}$$

$$\text{Peluang} = Demand - Supply$$

Supply (Ketersediaan)

Diketahui jumlah produksi biodiesel di Indonesia sebesar 2.030.000.000 ton/tahun, sehingga didapatkan jumlah *supply* sebesar:

$$Supply = \text{Jumlah Impor} + \text{Jumlah Produksi}$$

$$= 0 + 2.030.000.000$$

$$= 2.030.000.000 \text{ Ton/Tahun}$$

Demand (Kebutuhan)

Diketahui jumlah konsumsi biodiesel di Indonesia sebesar 2030000000 ton/tahun dan jumlah ekspor sebesar 320151799, sehingga didapatkan jumlah *demand* sebesar:

$$Demand = \text{Jumlah Ekspor} + \text{Jumlah konsumsi}$$

$$= 320.151.799 + 2.030.000.000$$

$$= 2.350.151.799 \text{ Ton/Tahun}$$

Peluang Kapasitas Pabrik

$$\text{Peluang} = Demand - Supply$$

$$= 2.350.151.799 - 2.030.000.000$$

$$= 320.151.799 \text{ Ton/Tahun}$$

Kandungan biodiesel dalam solar adalah 70:30 yaitu 70% solar dan 30% biodiesel. Oleh sebab itu, peluang menjadi 96.045.,40 ton/tahun dan diambil 30% sesuai kemampuan sebesar 28,813662 Ton/Tahun. Maka ditetapkan kapasitas pabrik sebesar 30.000 Ton/Tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Limbah Minyak Goreng

Limbah Minyak Goreng (*waste cooking oil*) merupakan golongan minyak nabati limbah yang berasal dari berbagai jenis minyak goreng, seperti minyak sayur, minyak jagung, minyak samin dan sebagainya. Limbah Minyak Goreng 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.

Jenis minyak nabati yang paling efektif dan efisien untuk dijadikan bahan baku biodiesel adalah minyak goreng bekas atau minyak jelantah. Alasan utama pengolahan biodiesel dari minyak jelantah, antara lain:

1. Cara paling efektif untuk menurunkan biaya produksi biodiesel, karena berasal dari limbah rumah tangga atau industri dan murah.
2. Pembuangan minyak jelantah secara langsung ke lingkungan dapat mencemari lingkungan khususnya pencemaran air karena dapat menaikkan 6

kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biology Oxygen Demand* (BOD).

3. Data statistik menunjukkan peningkatan produksi minyak goreng antara 28% setiap tahunnya.

Penggunaan minyak jelantah sebagai bahan konsumsi dapat mengganggu kesehatan dan pemanfaatan minyak jelantah di Indonesia masih belum maksimal sampai saat ini sebagian besar limbah minyak goreng dari konsumsi masyarakat di buang ke selokan dan tempat sampah atau dijual ke pedagang kaki lima dan kemudian digunakan untuk menggoreng dagangannya. Setelah diteliti, minyak jelantah ternyata mengandung gugus *benzena* yang dapat mengeluarkan senyawa dioksin ketika digunakan untuk menggoreng dengan temperatur dibawah 800°C. Ketika senyawa dioksin masuk ke dalam tubuh seseorang, maka system reproduksi sel tubuh akan terganggu, sehingga dapat menimbulkan penyakit kanker. (Rochiq and Jawsis, 2001)

Limbah minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel dapat dikumpulkan dari beberapa sumber yaitu rumah tangga, restoran, hotel dan industry pengolahan makanan. Jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan rumah tangga sebanyak 305 ribu ton, jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan dari industri pengolahan makanan adalah sebanyak 2 juta ton dan jumlah limbah minyak jelantah yang dihasilkan dari penggunaan minyak goreng oleh hotel dan restoran adalah sebanyak 1.5 juta ton. Total jumlah limbah minyak jelantah yang tersedia dari berbagai pihak yang menggunakan minyak goreng adalah sebanyak 3.8 juta ton per tahun. Dengan kondisi seperti

ini, pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan saat ini. Pemerintah melalui Kementerian ESDM telah berupaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar solar dengan di terbitkannya peraturan menteri ESDM No. 12 tahun 2015 tentang blending (B20). Minyak jelantah merupakan harapan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan dimasa mendatang, mengingat minyak jelantah berasal dari limbah rumah tangga dan Industri. Dengan demikian pabrik biodiesel dari minyak jelantah ini dapat diperhitungkan untuk didirikan.

1.3.2 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, 2011). 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).

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. (Badan Standarisasi Nasional,2002) Berikut tabel 1.1. Standar nasional mutu biodiesel Indonesia:

Tabel 1. 7 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-l ² /100g),maks	115
17	Trigliserida	%-massa, maks	0,8

(sumber : Badan Standarisasi Nasional)

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 spesification*, sehingga menjadikan biodiesel bagian dari solusi transformasi energi bersih dan ramah lingkungan di Indonesia.

1.3.3 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) Esterifikasi
- 4) *Supercritical Methanol*

1.3.3.1 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 interfisial (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 interfasial* terdiri dari surfaktan primer, terkadang dibantu dengan surfaktan sekunder (dapat disebut sebagai kosurfaktan). Peranan utama komponen *interfasial* 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:

$$\gamma_i = \gamma_o/w - \pi_i \quad (1.1)$$

Dengan γ_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 γ_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 γ_o/w secara signifikan dari besaran normalnya sekitar 50 mN m⁻¹ ke nilai (γ_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.

1.3.3.2 Pirolisis (*Thermal Cracking*)

Pirolisis didefinisikan sebagai konversi dari satu senyawa ke senyawa lain akibat pemanasan pada 4500°C-8500°C 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 *pyrolysis* yakni: gas, *pyrolysis* oil, dan arang, yang mana proporsinya tergantung dari metode *pyrolysis*, karakteristik biomassa dan parameter reaksi. Masing masing produk pirolisis merupakan bahan bakar yang dapat di konversi menjadi listrik melalui berbagai cara yang berbeda. Proses *pyrolysis* 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. *Pyrolysis* (juga disebut

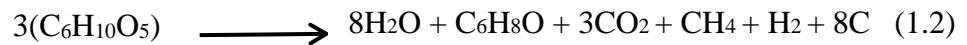
termal) dekomposisi termal (panas) dari bahan organik, seperti pada waktu batubara dipanaskan lebih dari 300°C tanpa udara atmosfer. Pada reaksi kimia pirolisis biomasa, terdapat tiga faktor yang berpengaruh, yakni:

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.

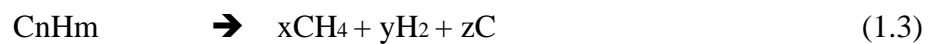
- 1) Fase pengeringan. Pada suhu 200°C pengeringan fisik disertai produksi uap air, jika yang dimasukkan bahan biomasa yang basah maka perlu disertakan atau dimasukkan steam (uap air panas) ke dalam reactor.
- 2) Fase pirolisis. Pirolisis terjadi pada suhu 200°C – 500°C. struktur makromolekul pecah menjadi gas, komponen organik cair, karbon padat.
- 3) Fase evolusi gas. Evolusi gas terjadi pada 500°C – 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 pirolis 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. *Pyrolysis* 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°C, 450°C, atau 500°C dengan waktu tinggal di dalam reaktor selama 30 menit. Pengambilan sampel dilakukan setelah percobaan selesai dilakukan, kemudian dianalisis pengaruh suhu *pyrolysis* terhadap *yield* senyawa hidrokarbon yang dihasilkan.

Pada tahap kondensasi, uap hasil dari rektor *pyrolysis* 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)*.

1.3.3.3 Transesterifikasi

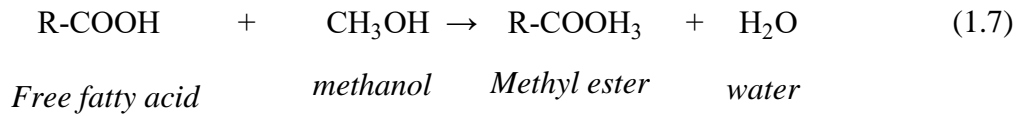
Transesterifikasi adalah reaksi antara minyak dan lemak dengan alkohol untuk menghasilkan ester. Alkohol yang digunakan yaitu metanol dan etanol karena pada umumnya alkohol dengan atom C lebih sedikit memiliki kereaktifan yang lebih tinggi daripada alkohol dengan atom C lebih banyak (Aziz, 2010).

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.

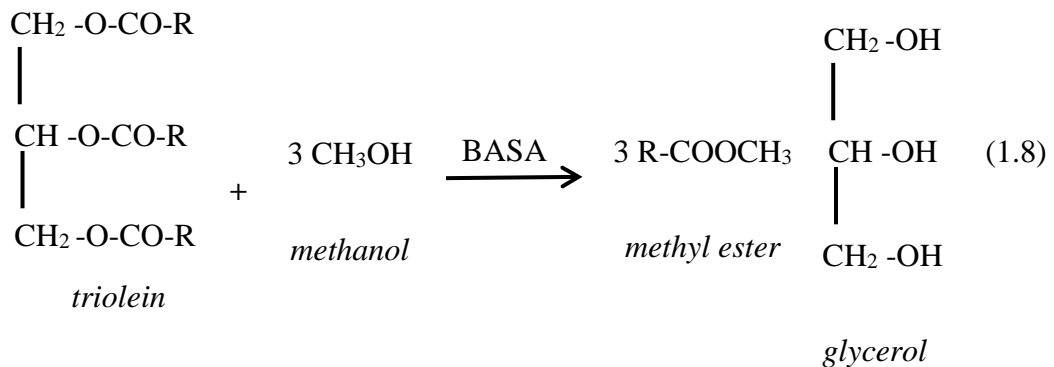
1. Esterifikasi Asam Lemak

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 Triglicerida



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 2000°C - 2200°C 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 (Ma dkk., 1999).

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.

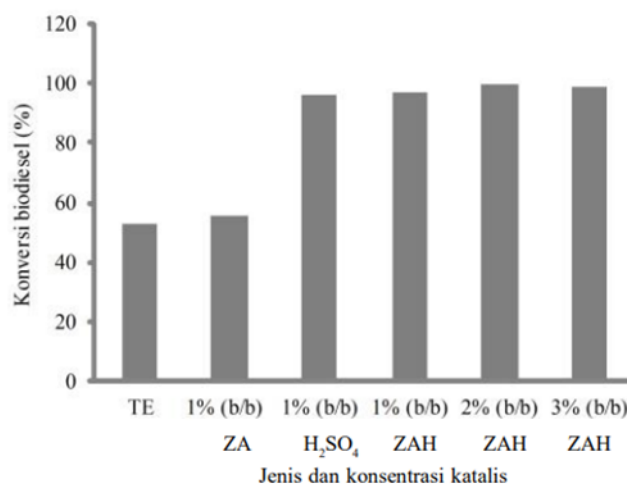
Reaksi transesterifikasi dengan katalis asam berjalan lebih lambat namun metode ini lebih sesuai untuk minyak atau lemak yang memiliki kandungan asam lemak bebas relatif tinggi. Reaksi ini tidak menghasilkan sabun karena tidak ada material alkali yang terlibat dalam reaksi.

Tabel 1. 8 Metode Perbandingan Produksi Biodiesel

Pembanding	Metode untuk memproduksi biodiesel		
	Mikroemulsi	Pyrolisis	Esterifikasi
Bahan baku	minyak kedelai, metanol, 2- oktanol dan <i>cetane improver</i>	Minyak nabati, minyak bumi	Asam lemak & Metanol
Kondisi operasi	Suhu ruangan 30°C°	Suhu 500°C Tekanan <i>atmosfer</i> 1 atm Waktu reaksi 30 menit	Suhu 60°C - 70°C Waktu reaksi 2- 10 jam
Konversi		50 % arang, 30% syngas, 20 % minyak mentah	95 - 99,5 %
Katalis	<i>tween 80, oleique plurol, Cremophor RH40, labrasol</i>	Katalis : SiO ₂ , Al ₂ O ₃	Katalis: H ₂ SO ₄ ,
Produk	<i>Mikroemulsi Carnauba-Wax, minyak pelumas, dan parfum</i>	<i>Gasoline</i>	<i>Methyl ester / Biodiesel</i>

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 . Kami memilih katalis H_2SO_4 dikarenakan dibanding dengan katalis lain yaitu HCL atau ZA (Zeolit Alam), H_2SO_4 mudah ditemukan, ekonomis, dan menghasilkan konversi biodiesel paling banyak diantara katalis-katalis yang lain.



Gambar 1.4 Perbandingan Katalis Asam

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.

Berdasarkan beberapa proses yang dapat digunakan untuk membuat biodiesel di atas, maka dipilih proses esterifikasi. Alasan pemilihan proses tersebut antara lain :

1. Bahan baku mudah didapatkan, terutama untuk katalis yang digunakan merupakan senyawa kimia yang umum dalam kehidupan sehari-hari.
2. Konversi yang dicapai melalui proses tersebut dapat mencapai 98% bahkan lebih.
3. Kondisi operasi berlangsung pada suhu 30 °C dan tekan 1 atm. Dimana kondisi operasi pada proses ini termasuk kategori rendah, sehingga penanganannya lebih mudah dan ekonomis.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

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 .



Berdasarkan peraturan Dirjen migas No.002/P/DM/ MIGAS/ 1979, tanggal 25 Mei 1979 tentang spesifikasi bahan bakar minyak dan gas dan standar pengujian SNI (Standart Nasional Indonesia) dapat dianalisa.

a. Angka Setana

Untuk bahan bakar motor diesel digunakan acuan Angka Setana, yaitu dengan bahan referensi normal cetane ($C_{16}H_{34}$) yang tidak memiliki keterlambatan menyala dan aromatis methyl naphtalene ($C_{10}H_7CH_3$) yang keterlambatannya besar sekali. Angka Setana dari biodiesel sebesar minimal 51 sedangkan standar dari solar sebesar 48. Pada bahan bakar biodiesel yang memiliki Angka Setana 46,95 berarti bahan bakar tersebut mempunyai kecenderungan menyala pada campuran 46,95 bagian normal angka Setana dan 53,05 bagian *methyl naphtalena*. Apabila dilihat dari angka Setana biodiesel yaitu 51 maka dapat digolongkan sebagai bahan bakar mesin diesel jalan cepat (mesin diesel jalan cepat pada angka cetane 40 sampai 70). Makin tinggi angka setananya maka makin rendah titik penyalanya.

b. *Kinematic Viscosity*

Standar *Kinematic viscosity* dari biodiesel adalah sebesar 2,3 cSt sampai 6 cSt. Jika harga *viskositas* terlalu tinggi maka akan besar kerugian gesekan di dalam pipa, kerja pompa akan berat, penyaringannya sulit dan kemungkinan kotoran ikut terendap besar, serta sulit mengabutkan bahan

bakar. Sebaliknya jika *viskositas* terlalu rendah berakibat pelumasan yang tipis, jika dibiarkan terus menerus akan mengakibatkan keausan.

c. Nilai Kalor

Standar minimal kalori yang dihasilkan oleh biodiesel adalah 17,65 Btu/lb. Sebagai bahan bakar, biodiesel harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI.

Tabel 1. 9 Persyaratan Biodiesel yang di tetapkan oleh SNI

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40°C	Kg/m ³	850-890
2	Viskositas kinematic pada 40°C	mm ² /s(cSt)	2,3-6,0
3	Titik Nyala	°C	Min.100
4	Titik Kabut	°C	Maks.18
5	Air dan Sedimen	%-vol	Maks.0,05
6	Belarang	Ppm-m (mg/kg)	Maks 100
7	Fosfor	Ppm-m(mg/kg)	Maks.10
8	Angka Asam	%-massa	Maks.2
9	Angka Setana	%-massa	Maks.51
10	Gliserol Bebas	%-massa	Maks.0,02
11	Gliserol Total	%-massa	Maks 0,24
12	Kadar Ester alkil	%-massa	Min.96,5
13	Angka Iodium	%-massa (g-12/100 g)	Maks 115
14	Kadar Trigliserida	%-massa	Maks.2
15	Residu karbon dalam contoh asli, atau dalam 10% ampas distilasi	%-massa	Maks 0,05 maks. 0,3
16	Abu tersulfatkan	%-massa	Maks 0,02
17	Korosi Lempeng tembaga (3 jam pada 50°C		Maks. No.3
18	Temperatur distilasi 90%	°C	Maks.360
19	Uji Halpen		Negatif

(SNI 04-7182-2006)

d. *Specific Gravity*

Specific gravity dari biodiesel masih masuk dalam kisaran solar yaitu antara 0,82 sampai 0,95.

1.4.1 Kinetika Reaksi

Reaksi pembentukan Biodiesel berlangsung dalam keadaan fase cair dibantu dengan katalis H₂SO₄. Reaksi terjadi dalam tiga tahapan yaitu tahap satu proses adsorpsi reaktan ke permukaan katalis. Kemudian, tahap dua yaitu reaksi permukaan dan tahap tiga yaitu proses desorpsi produk dari permukaan reaktan. Reaksi ini menggunakan persamaan orde satu. Persamaan laju reaksi dituliskan dengan persamaan

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B \quad (1.10)$$

karena konsentrasi B (CH₃OH) berlebih, maka menjadi

$$-r_A = k \cdot C_A \quad (1.11)$$

$$k = \frac{C_{A0} \cdot C_A}{t \cdot C_A} \quad (1.12)$$

Dimana,

$-r_A$ = laju reaksi asam lemak, mol/(g katalis.jam)

k = konstanta laju reaksi (L/kg.jam)

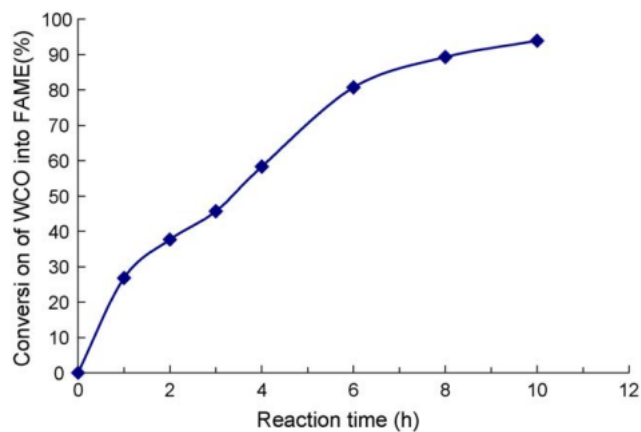
C_A = konsentrasi asam lemak (kmol/L)

C_{A0} = konsentrasi asam lemak mula-mula (kmol/L)

t = waktu reaksi (menit)

C_B = konsentrasi methanol (kmol/L)

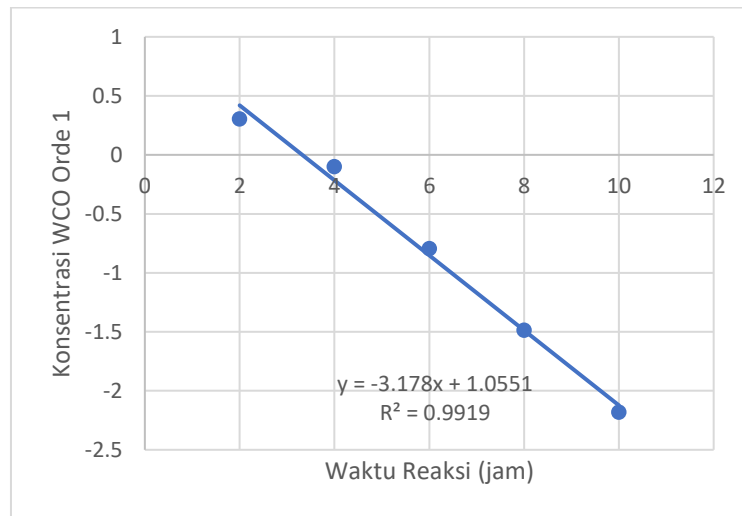
Untuk menghitung kinetika reaksi, digunakan data waktu tinggal yang terdapat pada gambar grafik di bawah ini.



(Wang Yong et al, 2006)

Gambar 1. 4 Grafik konversi WCO

Dari grafik di atas, didapatkan konsentrasi *Waste Cooking Oil* dari konversi WCO menuju FAME. Lalu, dengan menggunakan regresi linear hubungan konsentrasi WCO dengan waktu reaksi didapatkan nilai k.



Gambar 1. 5 Regresi Linear Konsentrasi WCO dengan Waktu Reaksi
 Sehingga diperoleh nilai k sebesar 3,17 L/g.jam

1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika yang ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis/endotermis), mengetahui reaksi berlangsung secara spontan atau tidak spontan dan mengetahui arah reaksi (*reversible/irreversible*). Reaksi pembuatan biodiesel dari minyak jelantah (*Waste Cooking Oil*) pada suhu 30°C (303 K) dan tekanan 1 atm. Reaksi:



Penentuan sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) dengan harga ΔH°_f masing-masing komponen pada suhu 30°C (303 K) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. 10 Harga $\Delta^\circ f$ Masing – masing Komponen

Komponen	$\Delta H^{\circ} f$ (kJ/mol)
$C_{16}H_{32}O_2$	-737,00
$C_{18}H_{32}O_2$	-540,00
$C_{18}H_{34}O_2$	-671,78
$C_{17}H_{34}O_2$	-268,40
$C_{19}H_{34}O_2$	-520,68
$C_{19}H_{36}O_2$	-626,00
CH_3OH	-201,17
H_2O	-241,80

(Sumber : Yaws.1999)

Tabel 1. 11 Panas Reaksi ΔH pada masing-masing Komponen

Komponen	ΔH_{298} (kJ/mol)
$C_{16}H_{32}O_2$	-225.557.376,00
$C_{18}H_{32}O_2$	-165.265.920,00
$C_{18}H_{34}O_2$	-205.596.925,44
$C_{17}H_{34}O_2$	-82.143.283,20
$C_{19}H_{34}O_2$	-159.353.072,64
$C_{19}H_{36}O_2$	-191.586.048,00
CH_3OH	-61.567.676,16
H_2O	-74.002.406,40

Q reaksi standar = -3.807 kJ/mol

Q reaksi standar = -1.165.072.708 kJ/jam

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai negatif (-) dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi tersebut adalah reaksi eksotermis (mengeluarkan panas) sehingga memerlukan pendingin reaktor.

Untuk mengetahui arah reaksi (*reversible/irreversible*) dapat ditentukan dengan cara menghitung konstanta kesetimbangan pada suhu operasi 30°C. Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh konstanta kesetimbangan sebesar 3,17 L/g.jam Dimana dapat dikatakan bahwa reaksi dari pembuatan biodiesel berlangsung secara *irreversible* (searah) karena konstanta yang dihasilkan lebih besar dari satu ($K > 1$).

Untuk mengetahui reaksi tersebut berlangsung secara spontan atau tidak, dapat ditentukan dengan menghitung energi bebas gibbs $\Delta G^\circ f$ dengan nilai masing-masing.

Tabel 1. 12 Energi bebas gibbs $\Delta G^\circ f$ nilai masing-masing komponen

Komponen	$\Delta G^\circ f$ (kJ/mol)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-274,00
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-94,30
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-189,69
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	179,91
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	8,84

C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-117,00
CH ₃ OH	-162,51
H ₂ O	-228,60

$$\begin{aligned}
\Delta^{\circ}G_{f298\text{ K}} &= \sum \Delta^{\circ}G_{f(\text{produk})} - \sum \Delta^{\circ}G_{f(\text{reaktan})} \\
&= \sum \Delta^{\circ}G_{f(\text{produk})} - \sum \Delta^{\circ}G_{f(\text{reaktan})} \\
&= -156,85 - (-720,50) \\
&= 563,65 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai positif (+) yang menunjukkan reaksi tersebut tidak spontan.

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%

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Minyak Jelantah

a. (Triolein)

Fasa	: Cair
Rumus Molekul	: $C_{57}H_{104}O_6$
Berat Molekul	: 885,43 Kg/Kmol
Viskositas	: 24,2 cP (pada 30°C)
Densitas	: 915,95 Kg/m ³
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

b. Asam Lemak Bebas

Rumus Molekul	: $C_{18}H_{34}O_2$
Fase	: Cair
Berat Molekul	: 282,46 Kg/Kmol
Viskositas	: 24,2 cP (pada 30°C)
Densitas	: 876,87 Kg/m ³

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

Minyak Jelantah

2.2.2 Metanol

Rumus Molekul : CH₄O
Fase : Cair
Berat Molekul : 32,04 Kg/Kmol
Viskositas : 0,541 cP (pada 30°C)
Densitas : 795.72 Kg/m³
Titik Didih : 64,64°C
Kelarutan : Larut dalam air
Temperatur Kritis : 514,58 K

2.2.3 Asam Sulfat

Rumus Molekul : H₂SO₄
Fase : Cair
Berat Molekul : 98,08 Kg/Kmol
Densitas : 1850,81 Kg/m³
Titik Didih : 326,85°C

Kelarutan : Larut dalam air

Kemurnian : 98%

2.2.4 Kalium Hidroksida

Rumus Molekul : KOH

Fase : Cair

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*, H_2SO_4 dan KOH.
2. Kandungan dari bahan baku Minyak Jelantah, *Methanol*, H_2SO_4 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 dan Baku 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 adalah bahan yang digunakan untuk membantu proses pembuatan biodiesel di pabrik berupa katalis yang akan digunakan. Bahan tersebut juga butuh dianalisa untuk mengetahui sifat fisiknya, apakah sesuai spesifikasinya untuk digunakan pada proses produksi.

- c. 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.

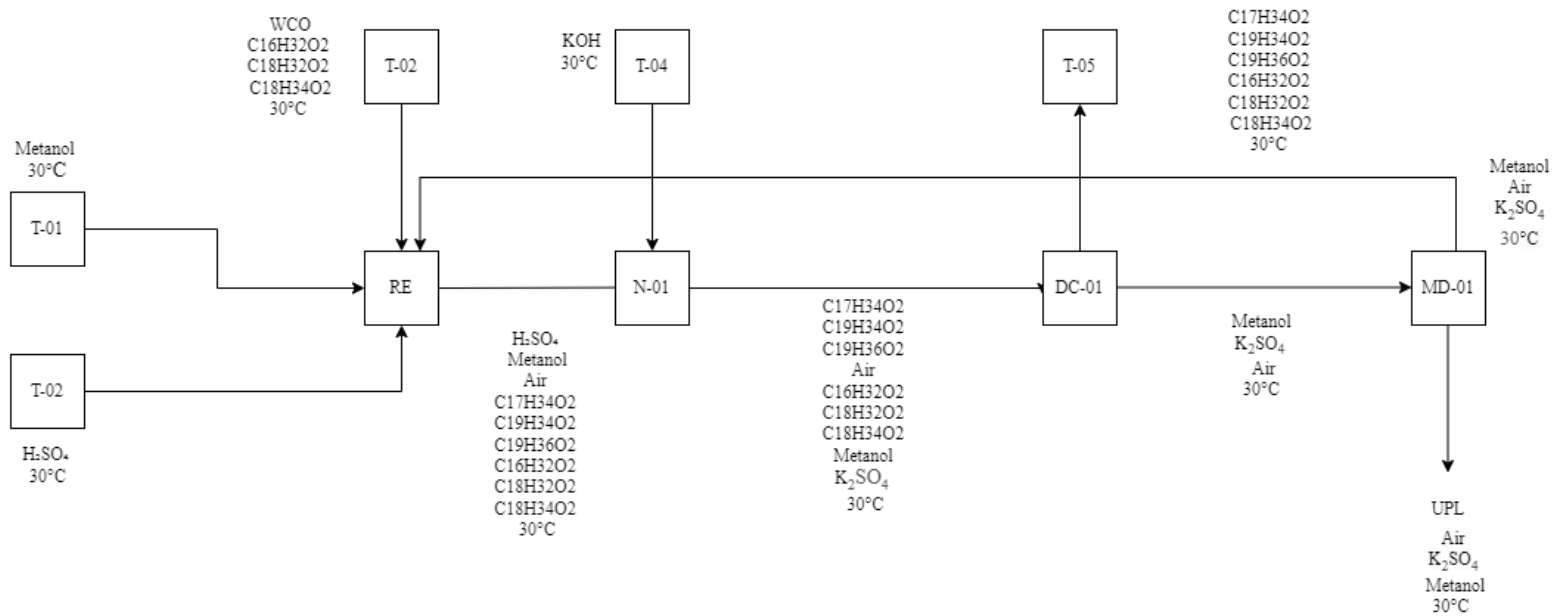
2.3.5 Pengendalian Bahan Proses

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.

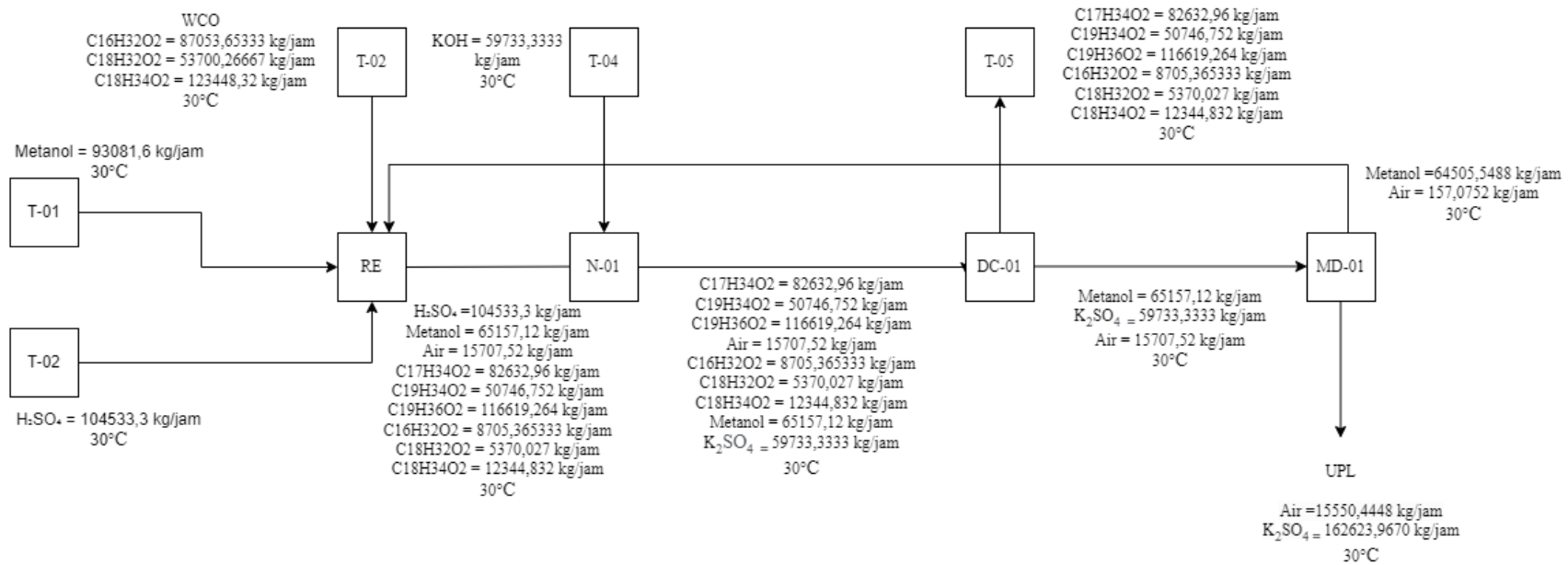
BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.1.1 Perancangan 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.

a. Kemampuan Pasar

dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu:

1. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.

2. 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.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

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

3.2 Uraian Proses

Proses produksi biodiesel berbahan baku minyak jelantah atau *Waste Cooking Oil* (WCO) yang direaksikan dengan methanol . Proses yang dilakukan melalui dua tahapan reaksi, yaitu reaksi esterifikasi. Katalis yang digunakan adalah Asam sulfat (H_2SO_4). Reaksi ini beroperasi pada suhu $30^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm secara kontinyu. Dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan biodiesel dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu:

- a. Tahap Persiapan Bahan Baku
- b. Tahap Proses (Reaksi Esterifikasi)
- c. Tahap Pemisahan Produk

3.3 Pemilihan Masing-Masing Parameter

1. Dipilih katalis homogen :

- Memberikan konversi yang lebih tinggi dan kecepatan reaksi yang lebih cepat.
- Metode dengan katalis homogen telah banyak dikembangkan dan di aplikasikan pada skala industry biodiesel daripada metode katalis heterogeny ataupun metode yang lainnya.
- Katalis homogen tidak memerlukan suhu operasi yang tinggi
- Harga katalis homogen yang murah dibandingkan katalis heterogen.

2. Pada reaktor esterifikasi katalis asam kuat :

- Agar tidak terjadi penyabunan dikarenakan kandungan FFA yang tinggi.
- Memiliki *yield* yang tinggi.
- Asam kuat yang dipilih yaitu H_2SO_4

3.4 Proses Tahapan

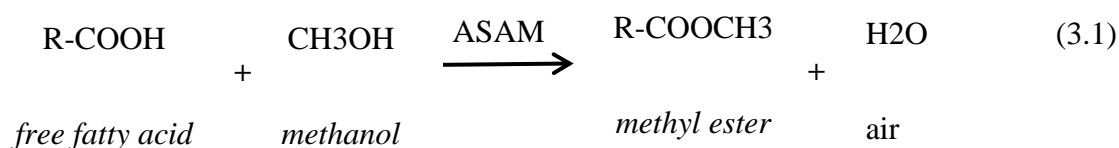
3.4.1 Persiapan Bahan Baku

Methanol dari tangki penyimpanan bahan baku (T-01) dan H_2SO_4 cair dari tangki penyimpanan Bahan baku (T-02) yang diumpankan pada temperatur $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm dialirkan menuju reaktor alir tangki berpengaduk (RE-01). Selanjutnya minyak jelantah yang disimpan di tangki penyimpanan (T-03) dialirkan ke reaktor alir tangki berpengaduk/RATB (R-01). Dalam reaktor (R-01) minyak jelantah bereaksi dengan methanol

dengan bantuan katalis H_2SO_4 sehingga menghasilkan minyak jelantah dengan kandungan *Free Fatty Acid* (FFA) dibawah 0.5%

3.4.2 Tahap Reaksi

Reaksi esterifikasi bertujuan untuk mengkonversi kadar asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*) yang terkandung di dalam minyak jelantah. Rantai panjang reaksi esterifikasi adalah sebagai berikut :



Minyak Jelantah dan Methanol dialirkan ke Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan rasio 6:1 (mol methanol/ mol asam lemak bebas) dengan bantuan katalis H_2SO_4 1% pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm untuk mengurangi kadar asam lemak bebas pada Minyak Jelantah agar kandungan asam lemak bebas dibawah 0,5% sesuai standar produk. Pada saat optimasi reaktor, reaksi esterifikasi membutuhkan 2 reaktor yang disusun secara seri dengan pertimbangan waktu tinggal dengan harga reaktor. Kemudian hasil keluaran Reaktor Esterifikasi (RE-02) dialirkan ke alat Netralizer 1 (N-01) dengan bantuan $KOH_{(l)}$ yang berfungsi untuk menetralkan kandungan asam yang masih tersisa dari reaktor esterifikasi, karena dikhawatirkan sisa H_2SO_4 dapat mengganggu proses selanjutnya. Proses di neutralizer akan terbentuk ada sedikit garam sehingga perlu dilakukan pemisahan melalui dekanter.

3.4.3 Tahap Pemisahan Produk

Pemisahan produk yaitu biodiesel dengan sisa *waste cooking oil* dan K_2SO_4 dilakukan dengan alat Dekanter dengan cara perbedaan densitas. Hasil atas merupakan produk yaitu Biodiesel serta sisa *waste cooking oil*. Dikutip dari data SNI kandungan asam lemak di dalam biodiesel paling maksimal adalah 0,8. Jadi, produk biodiesel tidak mengalami pemurnian dikarenakan kandungan asam lemak $< 0,8$. Hasil bawah dekanter adalah K_2SO_4 , CH_3OH , dan air. Dikarenakan harga CH_3OH mahal, maka akan dipisah menggunakan alat Menara Distilasi yang nantinya hasil distilat akan di-*recycle* menuju Reaktor Esterifikasi.

3.5 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat pada pabrik biodiesel dirancang berdasarkan pertimbangan efisiensi dan optimasi proses. Spesifikasi masing-masing alat yang digunakan pada pabrik biodiesel dari minyak jelantah, antara lain :

3.5.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Reaktor Reaksi Esterifikasi (R-01)

Spesifikasi Umum Reaktor	
Kode	R-01
Fungsi	Untuk mereaksikan Asam Palmetat, Asam Linoleat, Asam Oleat dengan CH ₃ OH untuk menghasilkan <i>Methyl Ester</i> dan Air
Jenis/Tipe	Reaktor Tangki Air Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	Kontinyu
Jumlah	2
Katalis	KOH
Harga	\$ 775.167
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Kondisi Operasi	Abiabatis/isotermal
Kontruksi dan Material	
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304
Diameter (ID) <i>shell</i> ,m	6,1000 m
Tebal <i>shell</i> ,in	1,1250 in
Tinggi Total,m	8,7534 m
Jenis <i>Head</i>	Flanged and Dishead Head (Torispherical)
Insulasi	
Bahan	<i>Stainless Steel</i>
Tebal Isolasi,m	0.635 m

Tabel 3. 2 Reaktor Reaksi Esterifikasi (R-01) Lanjutan

Spesifikasi Khusus	
Jenis Pengaduk	Marine Proppeleller 2 Blade
Jumlah Baffle	1 buah
Lebar Baffle	0,1945 m
Diameter Pengaduk	1,9452 m
Jumlah Pengaduk	1 buah
Kecepatan Pengaduk	37 rpm
Daya Motor	60 hP
Tinggi Jacket	8,7534 m
Tebal Jacket	0,25 in
Diameter Jacket	5,8673 m

Tabel 3. 3 Netralizer

Spesifikasi Umum Netralizer	
Kode	N-01
Fungsi	Menetralkan H ₂ SO ₄ dengan KOH
Jenis/Tipe	Silinder vertikal dengan Head dan Bottom berbentuk Torispherical
Mode Operasi	Kontinyu
Jumlah	1
Katalis	KOH
Harga	\$ 3.781.515
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Kondisi Operasi	Abiabatis/isotermal

Tabel 3. 4 Netralizer Lanjutan

Kontruksi dan Material	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Diameter (ID) <i>shell</i> ,m	6,080 m
Tebal <i>shell</i> ,in	0,313 in
Tinggi Total,m	14,026 m
Jenis <i>Head</i>	<i>Flanged and Dishead Head (Torispherical)</i>
Spesifikasi Khusus	
Jenis Pengaduk	<i>Marine Proppeller 2 Blade</i>
Jumlah <i>Baffle</i>	1 buah
Lebar <i>Baffle</i>	0,571 m
Diameter Pengaduk	2,286 m
Jumlah Pengaduk	1 buah
Kecepatan Pengaduk	125 rpm
Daya Motor	10 hP

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

Tabel 3. 5 Decanter (D-01)

Decanter	
Kode	D-01
Fungsi	Memisahkan fase ringan dan fase berat yang keluar dari <i>Filtrasi</i> dengan prinsip perbedaan densitas dan kelarutannya
Jenis	<i>Silinder vertikal</i>

Tabel 3. 6 Decanter (D-01) Lanjutan

Tipe	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>
Material	<i>Stainless Steel</i>
Harga	\$ 234.708
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Data Design	
Diameter Shell	3,505 m
Panjang Shell	8,250 m
Tebal Shell	0,4375 in
Tinggi	6,9133 m
Tebal Head	0,3125 in

Tabel 3. 7 Menara Distilasi (MD-01)

Menara Distilasi	
Kode	MD-01
Fungsi	Untuk memisahkan komponen H ₂ O sebagai keluaran top (distilat) dan CH ₃ OH serta K ₂ SO ₄ sebagai keluaran bottom (residu)
Jenis	<i>multistage distillation</i>
Tipe	<i>Tray type Distilation Columns</i>
Material	<i>Carbon Stell</i>
Harga	\$ 22.506
Jumlah	1 buah

Tabel 3. 8 Menara Distilasi (MD-01) Lanjutan

Kondisi Operasi	
Umpan	77°C
Distilat	76,67°C
Bottom	109°C
Data Design	
Diameter Shell	2,4 m
Tinggi Shell	7,612 m
Tebal Shell	0,3125 in
Tebal Head	0,3125 in
Tinggi Head	18,0027 in
Jenis Tray	<i>Sieve tray</i>
Jumlah <i>plate</i>	11 buah
Tebal Tray	0,003 m
Diameter Hole	0,005 m

3.5.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tangki	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
Fungsi	Menyimpan Bahan baku CH ₃ OH	Menyimpan katalis H ₂ SO ₄	Menyimpan bahan baku WCO selama 7 hari	Menyimpan Bahan Katalis KOH selama 7 hari	Menyimpan Produk Biodiesel selama 7 hari
Jenis Tangki	Tangki Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap berbentuk <i>torispherical roof</i>	Tangki Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap berbentuk <i>torispherical roof</i>	Tangki Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap berbentuk <i>torispherical roof</i>	Tangki Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap berbentuk <i>torispherical roof</i>	Tangki Silinder tegak dengan dasar <i>flat bottom</i> dan atap berbentuk <i>torispherical roof</i>
Fasa	Cair	Cair	Cair	Cair	Cair
Harga	\$ 5.829.512	\$ 3.625.366	\$ 10.614.234	\$ 2.478.012	\$ 12.924.823
Kondisi Operasi					
Suhu	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C

Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan lanjutan

Tangki	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
<i>Mechanical Design</i>					
Bahan	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Volume	23,995 m ³	11,555 m ³	60,328 m ³	6,435 m ³	81,680 mm ³
Diameter	21,34 m	18,29 m	30,48 m	13,72 m	36,58 m
Tinggi Bottom	10,9728 m	9,144 m	14,63 m	7,31 m	16,45 m
Jumlah Course	6	5	8	5	9
Tebal Shell	1. 0,75 in	1. 0,625 in	1. 1,375 in	1. 0,437 in	1. 1,750 in
	2. 0,625 in	2. 0,500 in	2. 1,125 in	2. 0,375 in	2. 1,500 in
	3. 0,625 in	3. 0,375 in	3. 1,00 in	3. 0,312 in	3. 1,375 in

Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Lanjutan

Tangki	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
	4. 0,437 in	4. 0,312 in	4. 0,875 in	4. 0,250 in	4. 1,250 in
	5. 0,312 in	5. 0,187 in	5. 0,750 in	5. 0,187 in	5. 1,00 in
	6. 0,312 in		6. 0,625 in		6. 0,875 in
			7. 0,437 in		7. 0,625 in
			8. 0,250 in		8. 0,500 in
					9. 0,312 in
Jenis Head	<i>torispherical Flanged & Dished Head</i>	<i>torispherical Flanged & Dished Head</i>	<i>torispherical Flanged & Dished Head</i>	<i>torispherical Flanged & Dished Head</i>	<i>torispherical Flanged & Dished Head</i>
Tebal Head	0,0572 m	0,0699 m	0,0762 m	0,0508 m	0,0762 m
Tinggi Head	10,2094 m	8,800 m	14,459 m	6,617 m	17,275 m
Tinggi Total	21,182 m	17,944 m	29,089 m		

3.5.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

Tabel 3. 12 Spesifikasi Pompa

Parameter	Pompa				
Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA- 167 tipe 30</i>	<i>Stainless Steel SA- 167 tipe 30</i>	<i>Stainless Steel SA- 167 tipe 30</i>	<i>Stainless Steel SA- 167 tipe 30</i>	<i>Stainless Steel SA- 167 tipe 30</i>
Fungsi	Memompa CH ₃ OH dari tangki penyimpanan (TK-01) menuju reaktor (R-01)	Memompa katalis H ₂ SO ₄ dari tangki penyimpanan (TK-02) menuju reaktor (R-01)	Memompa <i>Waste Cooking Oil</i> dari tangki penyimpanan (TK-03) menuju reaktor (R-01)	Memompa Produk R-01 menuju Netralizer (N-01)	Memompa KOH dari tangki penyimpanan (TK-04) menuju N-01
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Spesifikasi					
Kapasitas	144.156 188 m ³ /jam	68,667 m ³ /jam	403,325 m ³ /jam	509,157m ³ /jam	38,233 m ³ /jam

Tabel 3. 13 Spesifikasi Pompa Lanjutan

Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Viskositas	0,501 cP	19,722 cP	22,522 cP	1,974 cP	2,977 cP
Pump head	13,739 m	14,340 m	15,029 m	18,855 m	14,846 m
Suhu Fluida	30°C	30°C	30°C	30°C	30°C
Rate Volumetrik	1,414 ft ³ /s	0,674 ft ³ /s	3,956 ft ³ /s	4,9995 ft ³ /s	0,375 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	4,072 ft/s	3,356 ft/s	4,128 ft/s	5,211 ft/s	1,869 ft/s
IPS	8 in	6 in	14 in	14 in	6 in
Flow Area	0,437 ft ²	0,201 ft ²	0,958 ft ²	0,958 ft ²	0,201 ft ²
OD	8,625 in	6,625 in	14 in	14 in	6,625 in
ID	7,981 in	6,065 in	13,250 in	13,250 in	6,065 in
Efisiensi Pompa	0,7	0,6	0,8	0,8	0,5
Sch.No	40	40	30	30	40
Power Motor	7457 watt	11185,5 watt	22371 watt	44742 watt	7457 watt
Harga	\$ 22.307	\$ 18.185	\$ 32.976	\$32.976	\$ 20.246

Tabel 3. 14 Spesifikasi Pompa Lanjutan

Parameter	Pompa			
Kode	P-06	P-07	P-08	P-09
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA- 167 tipe 30	<i>Stainless Steel</i> SA- 167 tipe 30	<i>Stainless Steel</i> SA- 167 tipe 30	<i>Stainless Steel</i> SA- 167 tipe 30
Fungsi	Memompa Produk N-01 menuju Dekanter (DC-01)	Memompa Hasil Atas dari dekanter (DC-01) menuju tangki penyimpanan T-05	Memompa Hasil Bawah dari dekanter (DC-01) menuju HE	Memompa Hasil Accumulator menuju Cooler 1
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
	<i>Spesifikasi</i>			
Kapasitas	453,912 m ³ /jam	392,192 m ³ /jam	465,078 m ³ /jam	494,234 m ³ /jam
Viskositas	3,377 cP	2,432 cP	0,326 cP	0,294 cP
Pump Head	5,710 m	19,926 m	12,130 m	18,146 m
Suhu Fluida	30°C	30°C	30°C	76,67 °C

Tabel 3. 15 Spesifikasi Pompa Lanjutan

Parameter	Pompa			
Kode	P-06	P-07	P-08	P-09
Rate Volumetrik	4,453 ft ³ /s	3,847 ft ³ /s	4,562 ft ³ /s	1,089 ft ³ /s
Kecepatan Aliran	4,646 ft/s	4,817 ft/s	5,712 ft/s	3,136 ft/s
IPS	14 in	12 in	12 in	8 in
Flow Area	0,958 ft ²	0,799 ft ²	0,799 ft ²	0,347 ft ²
OD	14 in	12,75 in	12,75 in	8,625 in
ID	13,250 in	12,090 in	12,090 in	7,981 in
Efisiensi Pompa	0,8	0,8	0,8	0,6
Sch.No	30	30	30	40
Power Motor	14914 watt	29828 watt	11185,5 watt	11185,5 watt
Harga	\$ 32.976	\$ 31.278	\$ 31.278	\$ 31.278

3.5.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Tabel 3. 16 *Heater (H-01)*

<i>Heater (H-01)</i>			
Fungsi	:	Menaikkan temperatur dari Tangki (T-01) yang berisi methanol menuju Reaktor dari Suhu 30°C menjadi suhu 60°C	
Jenis	:	<i>Shell and Tube Exchanger</i>	
Jumlah	:	1 buah	
Kondisi Operasi	:	Tekanan	= 1 atm
		Suhu <i>Hot Fluid</i>	= 60°C
Bahan	:		
Jumlah Hairpin	:	136 buah	
Hairpin Length	:	16 ft	
Shell	:	ID	= 25 in
		Baffle Space	= 5
	:	Passes	= 1,000 in ²
Tube	:	Number	= 170 in ²
		Panjang Tube	= 16 ft
		<i>Passes</i>	= 1,000
Luas Transfer Panas		845 ft ²	
Koefisiensi Transfer Panas	:	Panas Bersih Overall (Uc)	= 841,5716 Btu/jam.ft ² .°F
		Panas Kotor Overall (Ud)	= 73,6085 Btu/jam.ft ² .°F
Factor Kotor Total (Rd)	:	0,034 Btu/jam.ft ² .°F	
Harga	:	\$ 179.910	

Tabel 3. 17 Heater (H-02)

<i>Heater (H-02)</i>			
Fungsi	:	Menaikkan temperatur dari Tangki (T-02) yang berisi H ₂ SO ₄ menuju Reaktor dari Suhu 30°C menjadi suhu 60°C	
Jenis	:	<i>Shell and Tube Exchanger</i>	
Jumlah	:	1 buah	
Kondisi Operasi	:	Tekanan	= 1 atm
		Suhu <i>Hot Fluid</i>	= 60°C
Bahan	:		
Jumlah Hairpin	:	136 buah	
Hairpin Length	:	16 ft	
Shell	:	ID	= 25 in
		Baffle Space	= 5
	:	Passes	= 1,000 in ²
Tube	:	Number	= 170 in ²
		Panjang Tube	= 16 ft
		<i>Passes</i>	= 1,000
Luas Transfer Panas		219 ft ²	
Koefisiensi Transfer Panas	:	Panas Bersih Overall (Uc)	= 838,8554 Btu/jam.ft ² .°F
		Panas Kotor Overall (Ud)	= 20,3412 Btu/jam.ft ² .°F
Factor Kotor Total (Rd)	:	0,134 Btu/jam.ft ² .°F	
Harga	:	\$ 179.910	

Tabel 3. 18 Heater (H-03)

<i>Heater (H-03)</i>			
Fungsi	:	Menaikkan temperatur dari Tangki (T-03) yang berisi Limbah Minyak Goreng menuju Reaktor dari Suhu 30°C menjadi suhu 60°C	
Jenis	:	<i>Shell and Tube Exchanger</i>	
Jumlah	:	1 buah	
Kondisi Operasi	:	Tekanan	= 1 atm
	:	Suhu <i>Hot Fluid</i>	= 60°C
Bahan	:		
Jumlah Hairpin	:	136 buah	
Hairpin Length	:	16 ft	
Shell	:	ID	= 25 in
	:	Baffle Space	= 5
	:	Passes	= 1,000 in ²
Tube	:	Number	= 170 in ²
	:	Panjang Tube	= 16 ft
	:	<i>Passes</i>	= 1,000
Luas Transfer Panas		1023 ft ²	
Koefisiensi Transfer Panas	:	Panas Bersih Overall (Uc)	= 353.181.873Btu/jam.ft ² .°F
	:	Panas Kotor Overall (Ud)	= 105,8715 Btu/jam.ft ² .°F
Factor Kotor Total (Rd)	:	0,029 Btu/jam.ft ² .°F	
Harga	:	\$ 179.910	

Tabel 3. 19 Heater (H-04)

<i>Heater (H-04)</i>			
Fungsi	:	Menaikkan temperatur dari Decanter (D-01) menuju Menara Distilasi (MD-01) dari suhu 30 °C menjadi suhu 77 °C	
Jenis	:	<i>Shell and Tube Exchanger</i>	
Jumlah	:	1 buah	
Kondisi Operasi	:	Tekanan	= 1 atm
		Suhu <i>Hot Fluid</i>	= 77°C
Bahan	:		
Jumlah Hairpin	:	136 buah	
Hairpin Length	:	16 ft	
Shell	:	ID	= 25 in
		Baffle Space	= 5
	:	Passes	= 1,000
Tube	:	Number	= 170
		Panjang Tube	= 16 ft
		<i>Passes</i>	= 1,000
Luas Transfer Panas		1,689 ft ²	
Koefisiensi Transfer Panas	:	Panas Bersih Overall (Uc)	= 477,4559 Btu/jam.ft ² .°F
		Panas Kotor Overall (Ud)	= 100,0453 Btu/jam.ft ² .°F
Factor Kotor Total (Rd)	:	0,015 Btu/jam.ft ² .°F	
Harga	:	\$ 179.910	

Tabel 3. 20 Cooler 01 (CL-01)

<i>Heater (H-03)</i>			
Fungsi	:	Menurunkan Temperatur keluaran Reaktor (R-01) menuju Netralizer dari suhu 60°C menjadi 30°C	
Jenis	:	<i>Shell and Tube Exchanger</i>	
Jumlah	:	1 buah	
Kondisi Operasi	:	Tekanan	= 1 atm
		Suhu <i>Hot Fluid</i>	= 60°C
Bahan	:		
Jumlah Hairpin	:	130 buah	
Hairpin Length	:	0,3519 ft	
Shell	:	ID	= 39 in
		Baffle Space	= 7,8
	:	Passes	= 2,000 in ²
Tube	:	Number	= 1330 in ²
		Panjang Tube	= 60 ft
		<i>Passes</i>	= 1,000
Luas Transfer Panas		1520 ft ²	
Koefisiensi Transfer Panas	:	Panas Bersih Overall (Uc)	= 24284,312 Btu/jam.ft ² .°F
		Panas Kotor Overall (Ud)	= 72,779 Btu/jam.ft ² .°F
Factor Kotor Total (Rd)	:	0,01370 Btu/jam.ft ² .°F	
Harga	:	\$ 234.000	

Tabel 3. 21 Cooler 2 (CL-02)

<i>Cooler 2 (CL-02)</i>			
Fungsi	:	Menurunkan Temperatur keluaran Distilat Menara Distilasi 1 (MD-01) menuju Reaktor dari suhu 76,7°C menjadi 30°C	
Jenis	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	
Jumlah	:	1 alat	
Kondisi Operasi	:	Tekanan	= 1 atm
	:	<i>Cold Fluid (Water)</i>	= 76,7°C
Bahan	:		
Jumlah Hairpin	:	3 buah	
Hairpin Length	:	0,3519 ft	
Inner Pipe	:	Flow Area	7,38 in ²
	:	Pressure Drop	3,234 psi
Annulus	:	Flow Area	3,140 in ²
	:	Pressure Drop	0,041 psi
Luas Transfer Panas	:	38,888 ft ²	
Koefisien Transfer Panas	:	Panas Bersih Overall (Uc)	1332,783 Btu/jam.ft ² .°F
	:	Panas Kotor Overall (Ud)	122,686 Btu/jam.ft ² .°F
Faktor Kotor Total (Rd)	:	0,00740 Btu/jam.ft ² .°F	
Harga	:	\$ 23.034	

Tabel 3. 22 Cooler 3 (CL-03)

<i>Cooler 3 (CL-03)</i>			
Fungsi	:	Menurunkan Temperatur keluaran bottom Menara Distilasi 1 (MD-01) menuju UPL dari suhu 109°C menjadi 30°C	
Jenis	:	<i>Shell and Tube Exchanger</i>	

Tabel 3. 23 Cooler 3 (CL-03) Lanjutan

<i>Cooler 3 (CL-03)</i>			
Jumlah	:	1 alat	
Kondisi Operasi	:	Tekanan	= 1 atm
		Suhu Cold Fluid	= 109°C
Bahan	:		
Jumlah Hairpin	:	140 buah	
Hairpin Length	:	0,3519 ft	
Shell Side	:	ID	= 0,174 in
		Baffle Space	= 5
		Passes	= 1,000
Tube Side	:	Number	= 170
		Panjang Tube	= 16 ft
		Passes	= 1,000
Luas Transfer Panas			
Koefisien Transfer Panas	:	Panas Bersih Overall (Uc)	= 3,144 Btu/jam.ft ² .°F
		Panas Kotor Overall (Ud)	= 123,912 Btu/jam.ft ² .°F
Faktor Kotor Total (Rd)	:	0,25866 Btu/jam.ft ² .°F	
Harga	:	\$ 179.910	

Tabel 3. 24 Reboiler (RB-01)

<i>Reboiler (RB-01)</i>			
Fungsi	:	Menguapkan cairan yang keluar dari MD sebagai hasil bawah	
Jenis	:	<i>Shell and Tube Exchanger</i>	
Jumlah	:	1 alat	
Kondisi Operasi	:	Tekanan	= 1 atm
	:	Suhu	= 109°C
Bahan	:	Stainless Steel Type 316	
Jumlah Hairpin	:	66 buah	
Hairpin Length	:	4,8768 m	
Shell Side	:	ID	= 13,25 in
	:	Baffle Space	= 2,65 in
	:	Passes	= 2 in ²
Tube Side	:	Number	= 66
	:	Panjang Tube	= 16 ft
	:	Passes	= 2,000
Luas Transfer Panas			
Koefisien Transfer Panas	:	Panas Bersih Overall (Uc)	= 128,417 Btu/jam.ft ² .°F
	:	Panas Kotor Overal (Ud)	= 184,716 Btu/jam.ft ² .°F
Faktor Kotor Total (Rd)	:	0,00237 Btu/jam.ft ² .°F	
Harga	:	\$ 628.959	

Tabel 3. 25 Condensor (CD-01)

<i>Condensor (CD-01)</i>			
Fungsi	:	Untuk mengembunkan uap (hasil atas) menjadi liquid dari MD-01	
Jenis	:	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Jumlah	:	1 alat	
Kondisi Operasi	:	Tekanan	= 1 atm
		Suhu	= 78°C
Bahan	:	Carbon Stell SA-283 Grade C	
Jumlah Hairpin	:	140 buah	
Hairpin Length	:	0,3519 ft	
Shell Side	:	IDs	= 23,25 in
		Baffle Space	= 17,43 in
		Passes	= 2
Tube Side	:	Nt	= 232
		Panjang Tube	= 24 ft
		OD	= 0,0254 m
		ID	= 0,0229 m
Luas Transfer Panas			
Koefisien Transfer Panas	:	Panas Bersih Overall (Uc)	= 277,02 Btu/jam.ft ² .°F
		Panas Kotor Overal (Ud)	= 118,884 Btu/jam.ft ² .°F
Faktor Kotor Total (Rd)	:	00048 Btu/jam.ft ² .°F	
Harga	:	\$ 19.425	

3.6 Neraca Massa

3.6.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 26 Neraca Massa Total

Komponen	Massa <i>input</i> (kg/jam)	Massa <i>output</i> (kg/jam)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	87053,65333	8705,365333
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	53700,26667	5370,027
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	123448,32	12344,832
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	82632,96
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	50746,752
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	116619,264
CH ₃ OH	93081,6	65157,12
H ₂ O	-	15707,52
KOH	59733,3333	-
H ₂ SO ₄	104.533	-
K ₂ SO ₄	-	59837.866
Impuritas	97.066	97.066
Total	417218.773	417218.773

3.6.2 Neraca Massa Alat

Tabel 3. 27 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Massa <i>input</i> (kg/jam)	Massa <i>output</i> (kg/jam)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	87053,65333	8705,365333
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	53700,26667	5370,027
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	123448,32	12344,832
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	82632,96
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	50746,752
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	116619,264

Tabel 3. 28 Neraca Massa Reaktor Lanjutan (R-01)

CH ₃ OH	93081,6	65157,12
H ₂ O	-	15707,52
H ₂ SO ₄	104.533	104.533
Impuritas	97.066	97.066
Total	357485.44	357485.44

Tabel 3. 29 Neraca Massa Netralizer (N-01)

Komponen	Massa input (kg/jam)	Massa output (kg/jam)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	8705,365	8705,365
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	5370,027	5370,027
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	12344,8320	12344,8320
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	82632,960	82632,960
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	50746,75	50746,75
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	116619,3	116619,3
CH ₃ OH	65157,120	65157,120
H ₂ O	15707,520	15707,520
KOH	59733,333	-
H ₂ SO ₄	104.533	-
K ₂ SO ₄	-	59837.866
Impuritas	97.066	97.066
Total	417218.773	417218.773

Tabel 3. 30 Neraca Massa Dekanter (DC-01)

Komponen	Massa input (kg/jam)	Massa output (kg/jam)	
		Atas	Bawah
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	8705,365	8705,365	-

Tabel 3. 31 Neraca Massa Dekanter Lanjutan (DC-01)

C ₁₈ H ₃₂ O ₂	5370,027	5370,027	-
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	12344,83	12344,83	-
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	82632,96	82632,96	-
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	50746,75	50746,75	-
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	116619,3	116619,3	-
CH ₃ OH	65157,12	-	65157,12
H ₂ O	15707,52	-	15707,52
K ₂ SO ₄	59837.866	-	59837.866
Total	417218.773	417218.773	

Tabel 3. 32 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Komponen	Massa <i>input</i> (kg/jam)	Massa <i>output</i> (kg/jam)	
		Distilat	Bottom
CH ₃ OH	65157,12	64505,5488	651,5712
H ₂ O	15707,52	157,0752	15550,44
K ₂ SO ₄	59837.866	598.378	59239.488
Total	140702.506	140702.506	

Tabel 3. 33 Neraca Massa Reboiler (RB-01)

Komponen	Massa <i>input</i> (kg/jam)	Massa <i>output</i> (kg/jam)	
		Reflux	Bottom
CH ₃ OH	689.979	38.408	651.571
H ₂ O	17180.045	1629.600	15550.444
K ₂ SO ₄	59881.691	642.203	59239.488
Total	77751.716	77751.716	

Tabel 3. 34 Neraca Massa Kondensor (CD-01)

Komponen	Massa input (kg/jam)	Massa output (kg/jam)	
		Reflux	Bottom
CH ₃ OH	76670.668	12165.12	64505.5488
H ₂ O	2041.9776	1884.9024	157.0752
K ₂ SO ₄	7778.922667	7180.544	598.3786667
Total	86491.569	86491.569	

3.7 Neraca Panas

Tabel 3. 35 Neraca Panas Reaktor (R-01)

	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	4.383.324,73	-
Q out	-	4.233.660,45
Q reaksi	1.165.072.708	-
Q pendingin	-	1.165.222.372
Total	1.169.456.033	1.169.456.033

Tabel 3. 36 Neraca Panas Netralizer (N-01)

	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	4273694,955	-
Q out	-	4233574,196
Q reaksi	22.597.802,014	-
Q pendingin	-	22637922,773
Total	26871496,97	26871496,97

Tabel 3. 37 Neraca Panas Dekanter (DC-01)

	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q in	4.233.574,1955	-
Q out hasil atas	-	3.088.244,9846
Q out menuju MD		1.145.329,2110
Total	4.233.574,1955	4.233.574,20

Tabel 3. 38 Neraca Panas MD-01

	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q umpan	12241463,65	
Q reboiler	9945873,9992	-
Q distilat	-	173784,1217
Q kondensor	-	16381165,1567
Q bottom	-	5632388,3670
Total	22187337,6454	22187337,6454

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 30.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Gresik Provinsi Jawa Timur. 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

Bahan baku berupa minyak jelantah diperoleh dari Bahan baku minyak jelantah didapatkan dari Yayasan Lengis Hijau, Bali dengan jumlah 258.420 ton/tahun, Minyak Jelantah di kota Malang sebanyak 310.320 ton/tahun menghasilkan minyak jelantah dengan jumlah yang cukup untuk memenuhi produksi biodiesel. Pabrik biodiesel ini terletak di provinsi Jawa Timur. Untuk bahan baku metanol diperoleh dari PT. Bintang Timur Mitra Abadi, Jawa 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.Bumi Mulia Chemindo Sidoarjo, Jawa Timur.

2. Pemasaran (*Market Oriented*)

Alasan utama didirikannya pabrik yaitu karena adanya permintaan pasar. Besarnya permintaan dipasar terhadap produk yang akan dihasilkan pada suatu wilayah dapat menjadi pertimbangan dalam penentuan lokasi pabrik. Distribusi produk akan berjalan lebih mudah dan efisien kalau dekat dengan pemasaran. Biodiesel akan dipasarkan ke wilayah industri kimia yang memerlukan bahan baku Biodiesel. Biodiesel itu sendiri pemasarannya telah didistribusikan ke Pertamina untuk pembuatan solar.

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. Ketersediaan 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

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 Area Pabrik

Pendirian pabrik harus mempertimbangkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 atau 20 tahun ke depan. Karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak kesulitan dalam mencari lahan perluasan. Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan industri, sehingga memungkinkan adanya perluasan areal pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

4. Utilitas

Utilitas salah satu faktor penting dalam berjalannya suatu pabrik. Air yang digunakan untuk utilitas diperoleh dari sungai Bajulmati yang dimana lokasisungai berjarak 2km dari lokasi pabrik yang dapat disalurkan menggunakan pipa dan kemudian air dari sungai akan diolah di proses utilitas agar menjadi air demin untuk proses produksi.

5. Keadaan Masyarakat

Merupakan salah satu aspek yang penting. keadaan masyarakat di lingkungan pabrik akan sangat berpengaruh terhadap pendirian suatu pabrik. Untuk menunjang dan mendapatkan dukungan dari masyarakat maka pendirian pabrik ini setidaknya memiliki dampak yang positif atau memberikan manfaat bagi masyarakat. dengan menyediakan fasilitas-fasilitas di sekitar pabrik yang memungkinkan masyarakat/karyawan hidup dengan layak.

Selain faktor primer dan sekunder. terdapat juga faktor khusus yang perlu diperhatikan seperti:

1. Limbah Pabrik

Hasil buangan dari pabrik wajib diperhatikan. terutama dampak terhadap kesehatan masyarakat di sekitar lokasi pabrik. Hal ini dapat dilakukan dengan cara membuat tempat pembuangan limbah dalam suatu bak serta aliran tertentu. khusus tempat untuk proses pembuangan limbah pabrik tanpa mencemari lingkungan sekitar.

2. Pengontrolan terhadap Bahaya Banjir dan Kebakaran

Hal ini dapat dilakukan dengan membangun pabrik yang jauh dari pemukiman penduduk. serta tidak mendirikan pabrik di lokasi yang rawan banjir.

Dimaksudkan agar jika terjadi hal-hal yang tidak diinginkan, tidak akan menjalar ke penduduk sekitar dan merugikan banyak pihak.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

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:

1. 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.

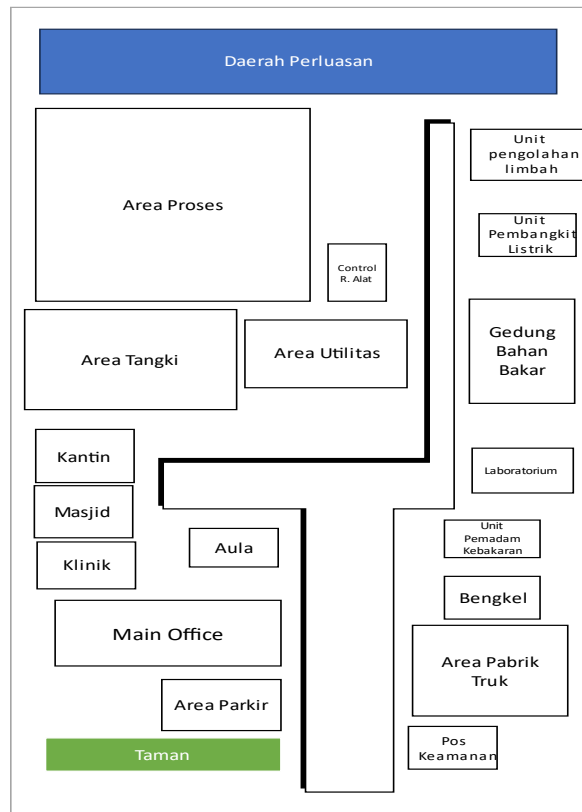
2. Daerah Proses dan Ruang Kontrol Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan tempat berlangsungnya proses produksi. Ruang *control* sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.
3. Daerah Pergudangan, Umum, Bengkel dan Garasi Daerah tempat menyimpan baik itu dari proses pabrik maupun yang bukan langsung dari proses pabrik dan juga tempat untuk pemeliharaan alat.
4. 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

Kode	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m²)
1	Pos Keamanan	15	3	45
2	Area Pabrik Truk	35	16	560
3	Area Evakuasi	10	10	100
4	Pemadam Kebakaran	15	5	75
5	Gudang Bahan Bakar	45	25	1.125
6	Unit Pembangkit Listrik	15	15	225
7	Laboratorium	15	20	300

Tabel 4. 2 Luas Tanah dan Bangunan Lanjutan

Kode	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
8	UPL	25	25	625
9	Area Utilitas	45	45	2.025
10	Area Tangki	70	70	4900
11	Area Proses	170	45	7.650
12	Control Room	15	30	450
13	Main Office	70	55	3.850
14	Taman	25	10	250
15	Klinik	25	10	250
16	Kantin	20	15	300
17	Masjid	25	25	625
18	Area Parkir	35	20	700
19	Bengkel	15	30	450
20	Aula	15	25	375
21	Area Perluasan	75	75	5.625
	Luas Tanah			30.505
	Luas Bangunan			24.630
	Total	780	574	55.135



(Skala 1:1000)

Gambar 4. 1 Layout Tata Letak Pabrik

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

a. Aliran bahan baku dan produk Jalannya

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

b. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi

udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

c. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

d. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan lay out peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

e. Pertimbangan Ekonomi

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

f. Jarak Antar Alat Proses

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

g. *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 memproduksi 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 bagianbagian 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:

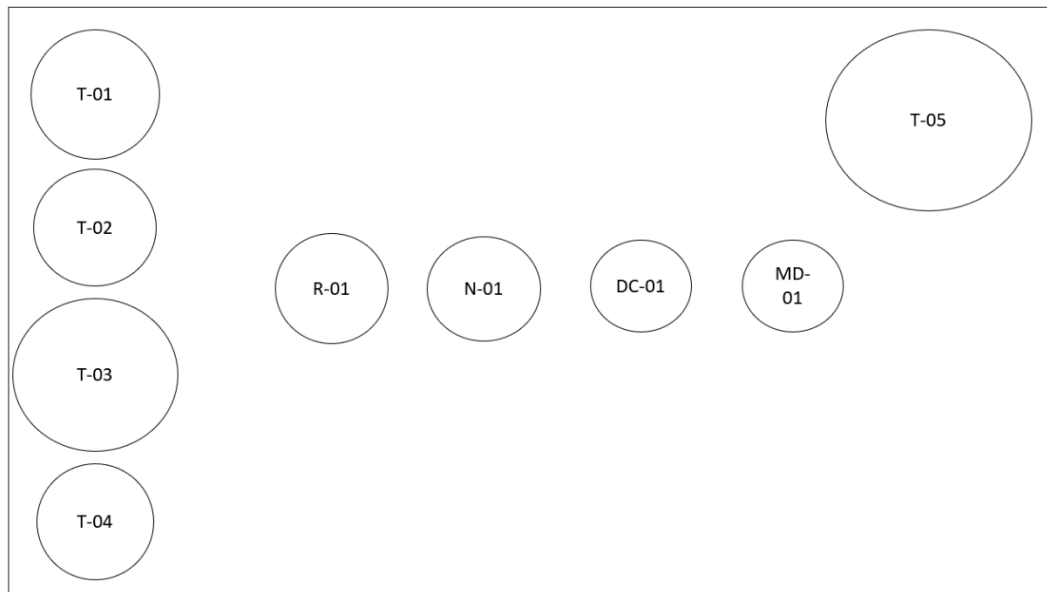
- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b. Dapat mengefektifkan penggunaan ruangan.
- c. Biaya material dikendalikan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi biaya kapital yang tidak penting.
- d. Jika tata letak peralatan proses sudah benar dan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak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

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

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

- a. Aliran bahan baku dan produk Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.
- b. Aliran udara Aliaran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.
- c. Pencahayaan Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.
- d. Lalu lintas manusia dan kendaraan Dalam perancangan lay out peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.
- e. Pertimbangan Ekonomi Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

- f. Jarak Antar Alat Proses Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.



(Skala 1:1000)

Gambar 4.2 Layout Alat Proses

Keterangan gambar :

1. T-01 = Tangki Metanol
2. T-02 = Tangki H_2SO_4
3. T-03 = Tangki Minyak Jelantah (*Waste Cooking Oil*)
4. T-04 = Tangki KOH
5. T-05 = Tangki Penyimpanan Biodiesel
6. R-01 = Reaktor Esterifikasi
7. N-01 = Netralizer
8. DC-01 = Dekanter

9. MD-01 = Menara Distilasi

4.4 Organisasi Perusahaan

Salah satu hal penting dalam suatu perusahaan adalah adanya organisasi perusahaan karena menyangkut dengan efektifitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang dihasilkan. Setiap organisasi perusahaan didirikan dengan tujuan untuk mempersatukan arah dan kepentingan semua unsur yang berkaitan dengan kepentingan perusahaan. Dalam upaya peningkatan efektifitas dan kinerja perusahaan maka pengaturan atau manajemen harus menjadi hal yang mutlak. Tanpa manajemen yang efektif dan efisien tidak akan ada usaha yang berhasil cukup lama. Dengan adanya manajemen yang teratur baik dari kinerja sumber daya manusia maupun terhadap fasilitas yang ada secara otomatis organisasi akan berkembang (Madura. 2000) Keberhasilan suatu perusahaan dalam mencapai tujuan sangat bergantung pada pengelolaan (*management*) organisasi yang meliputi perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian, pembagian wewenang serta tanggung jawab.

4.4.1 Bentuk Badan Hukum Perusahaan

Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik Biodiesel ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab

menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham. Bentuk perusahaan-perusahaan besar, rata-rata menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Dan bentuk PT ini adalah asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Bentuk Perusahaan PT dipilih berdasarkan beberapa factor yang mendukung antara lain :

1. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, dikarenakan jika pemegang saham berhenti dari jabatannya maka tidak ada pengaruhnya terhadap direksi, staf maupun karyawan yang bekerja di dalam perusahaan.
2. Penjualan saham perusahaan merupakan cara yang tepat untuk mendapatkan modal.
3. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
4. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur perusahaan yang ditinjau dari berbagai pengalaman, sikap dan caranya mengatur waktu.

4.4.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemegang saha
- b. Direktur Utama
- c. Direktur
- d. Staff Ahli
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham. Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain:

1. Perumusan ujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang.
3. Pembagian tugas kerja yang jelas.
4. Kesatuan perintah dan tanggungjawab.
5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang *fleksibel*.

Dengan berpedoman terhadap azas - azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem line dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam

pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

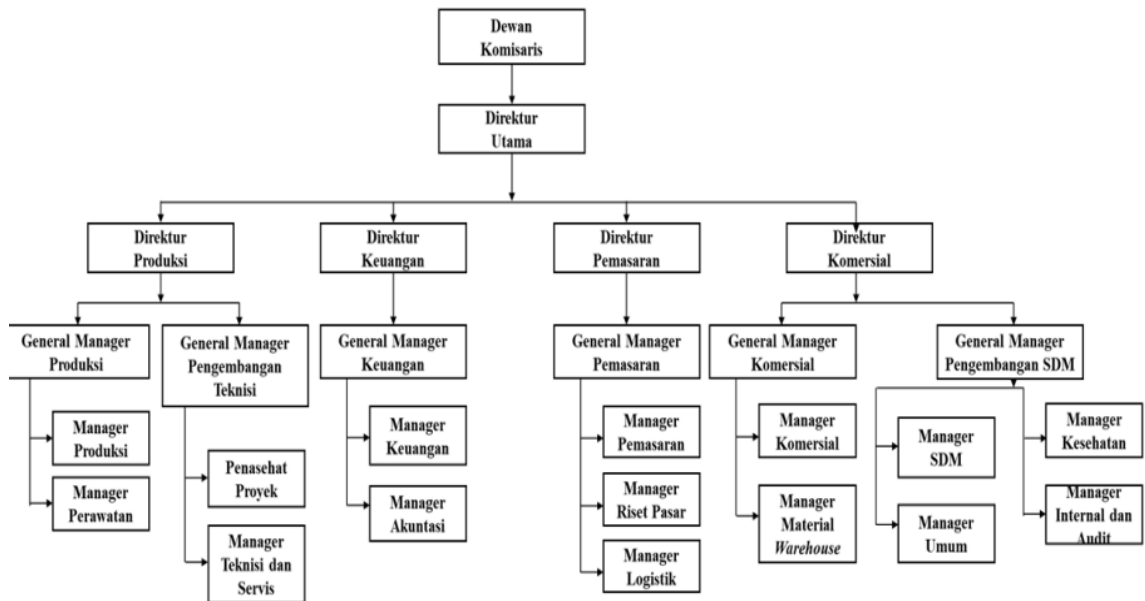
1. Sebagai garis atau line yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang - orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari - harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini

membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab.

Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing masing seksi. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas,tanggungjawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti Mengatur kembali kurang lancar.



Gambar 4. 3 Struktur Organisasi Perusahaan

Tugas dari masing-masing pekerja yang terikat didalam perusahaan dari jabatan yang teratas sampai yang terbawah.

a. Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham:

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

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

- a) Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya pemasaran.
- b) Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
- c) Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.

3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur utama membawahi :

- a) Direktur Teknik dan Produksi

Tugas dari Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

- b) Direktur Keuangan dan Umum

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

c) Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi:

- Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
- Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

d) Kepala Bagian

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

- Kepala Bagian Proses dan Utilitas
Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.
- Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi
Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.
- Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu
Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.
- Kepala Bagian Administrasi
Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.
- Kepala Bagian Umum dan Keamanan

Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

- Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Tugas: Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

e) Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

1. Kepala Seksi Proses

Tugas: Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

2. Kepala Seksi Utilitas

Tugas: Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

3. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas: Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

4. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan
Tugas: Bertanggung jawab terhadap perumusan kebijakan teknis penelitian dan pengembangan.
5. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu
Tugas: Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.
6. Kepala Seksi Keuangan
Tugas: Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.
7. Kepala Seksi Pemasaran
Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.
8. Kepala Seksi Personalia
Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.
9. Kepala Seksi Humas
Tugas: Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.
10. Kepala Seksi Keamanan
Tugas: Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.
11. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas: Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

12. Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas: Mengurus kebijakan teknis dibidang umum dan kepegawaian, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan dan asset, serta keuangan di perusahaan.

13. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Tugas: Mengurus kebijakan teknis dibidang pengolahan limbah di perusahaan.

14. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas: Mengurus kebijakan terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi

4.4.3 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

1) Karyawan Tetap

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

2) Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3) Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.4.4 Pembagian Jam Karyawan

Pabrik biodiesel akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*.

Sistem kerja bagi karyawan produksi diatur menurut pembagian shift dan dilakukan secara bergiliran. Hal ini dilakukan karena tempat-tempat pada proses produksi memerlukan kerja rutin selama 24 jam secara terus menerus. Pembagian shift dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran shift sedangkan 1 regu libur. Adapun jam kerja shift dalam 1 hari diatur dalam 3 shift sebagai berikut:

Shift I : Pukul 07.00 – 15.00

Shift II : Pukul 15.00 – 23.00

Shift III : Pukul 23.00 – 07.00

Grup shift selama 1 minggu bekerja selama 6 hari per harinya selama 8 jam dan mendapatkan 2 hari libur dengan rincian jam kerja 2 hari shift 1 selanjutnya 2 hari shift 2 dan selanjutnya shift 3 dan pada minggu selanjutnya mendapatkan

shift libur. Pada Hari Minggu dan hari libur hari besar semua karyawan shift tidak libur. Sedangkan tempat-tempat khusus, seperti bagian keamanan, bagian proses kontrol, dan utilitas juga dilakukan pembagian kerja yang diatur dalam pembagian shift seperti yang telah diatur di atas dan seluruh karyawan mendapat cuti selama 12 hari tiap tahunnya.

Tabel 4. 3 Jadwal Kegiatan Karyawan Shift

REGU	HARI														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III

REGU	HARI														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III
B	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III		
C	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I
D	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II

Keterangan :

1,2,3, dst : Hari ke-

A, B, C, dst : Kelompok Kerja *shift*

 : Libur

4.4.5 Status,Sistem Penggajian,dan Penggolongan Karyawan

a) Jumlah Pekerja

Tabel 4. 4 Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Umum	1
4	Direktur Pemasaran	1
5	Direktur Komersial	1
6	Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan	1
7	Ka. Bag. Administrasi	1
8	Ka.Bag.K3	1
9	Ka.Bag.Pemeliharaan,Listrik,dan Instrumentasi	1
10	Ka.Sek. UPL	1
11	Ka.Sek.Proses	1
12	Ka.Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1
13	Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1
14	Ka.Sek.Listrik dan Instrumentasi	1
15	Ka.Sek.laboratorium	1
16	Ka.Sek.Keuangan	1
17	Ka.Sek.Pemasaran	1
18	Ka.Sek.Personalia	1
19	Ka.Sek.Humas	1
20	Ka.Sek.Keamanan	1
21	Ka.Sek.K3	1

Tabel 4. 5 Jumlah Karyawan Lanjutan

22	Ka.Sek.Tata Usaha	1
23	Ka.Sek.Utilitas	1
24	Karyawan Personalia	1
25	Karyawan Proses	2
26	Karyawan Humas	2
27	Karyawan Litbang	2
28	Karyawan Pangadaan	2
29	Karyawan Pemasaran	2
30	Karyawan Administrasi	2
31	Karyawan Kas/Anggaran	2
32	Karyawan Proses	2
33	Karyawan Pengendalian	2
34	Karyawan Laboratorium	2
35	Karyawan Pemilihan dan Bengkel	2
36	Karyawan Keamanan	2
37	Karyawan UPL	2
38	Karyawan Utilitas	2
39	Operator	18
40	Supir	13
41	Karyawan Pemadam Kebakaran	4
42	<i>Cleaning Service</i>	12
43	Dokter	1
44	Perawat	3
TOTAL		114

b) Pengolongan Jabatan

Dalam mendirikan suatu pabrik harus adanya penggolongan jabatan, karena hal ini akan berkaitan dengan keberlangsungan pabrik untuk bersaing di pasaran. Berikut rincian penggolongan jabatan.

Tabel 4. 6 Penggolongan Jabatan

Jabatan	Pendidikan
Direktur Utama	S2
Direktur	S2
Kepala Bagian	S1
Kepala Seksi	S1
Starff Ahli	S1
Sekretaris	S1
Dokter	S2
Perawat	D3/S1
Karyawan	D3/S1
Supir	SMA/Sederajat
<i>Cleaning Service</i>	SMA/Sederajat
Satpam	SMA/Sederajat

c) Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

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

- b. Gaji Harian Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.
- c. Gaji Lembur Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok. Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan.

Tabel 4. 7 Rincian Gaji Sesuai Jabatan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulanan
1	Direktur Utama	1	Rp 40.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 25.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 25.000.000
4	Direktur Pemasaran	1	Rp 25.000.000
5	Direktur Komersial	1	Rp 25.000.000
6	Ka. Bag. Pemasaran dan Keuangan	1	Rp 20.000.000
7	Ka. Bag. Administrasi	1	Rp 20.000.000
8	Ka.Bag.K3	1	Rp 20.000.000
9	Ka.Bag.Pemeliharaan,Listrik,dan Instrumentasi	1	Rp 20.000.000
10	Ka.Sek. UPL	1	Rp 20.000.000
11	Ka.Sek.Proses	1	Rp 16.000.000
12	Ka.Sek. Pemeliharaan dan Bengkel	1	Rp 16.000.000
13	Ka. Sek. Penelitian dan Pengembangan	1	Rp 16.000.000
14	Ka.Sek.Listrik dan Instrumentasi	1	Rp 16.000.000
15	Ka.Sek.laboratorium	1	Rp 16.000.000
16	Ka.Sek.Keuangan	1	Rp 16.000.000

Tabel 4. 8 Rincian Gaji Sesuai Jabatan Lanjutan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulanan
17	Ka.Sek.Pemasaran	1	Rp 16.000.000
18	Ka.Sek.Personalia	1	Rp 16.000.000
19	Ka.Sek.Humas	1	Rp 16.000.000
20	Ka.Sek.Keamanan	1	Rp 16.000.000
21	Ka.Sek.K3	1	Rp 16.000.000
22	Ka.Sek.Tata Usaha	1	Rp 16.000.000
23	Ka.Sek.Utilitas	1	Rp 16.000.000
24	Karyawan Personalia	1	Rp 16.000.000
25	Karyawan Proses	2	Rp.9.000.000
26	Karyawan Humas	2	Rp.9.000.000
27	Karyawan Litbang	2	Rp.9.000.000
28	Karyawan Pangadaan	2	Rp.9.000.000
29	Karyawan Pemasaran	2	Rp.9.000.000
30	Karyawan Administrasi	2	Rp.9.000.000
31	Karyawan Kas/Anggaran	2	Rp.9.000.000
32	Karyawan Proses	2	Rp.9.000.000
33	Karyawan Pengendalian	2	Rp.9.000.000
34	Karyawan Laboratorium	2	Rp.9.000.000
35	Karyawan Pemilihan dan Bengkel	2	Rp.9.000.000
36	Karyawan Keamanan	2	Rp.9.000.000
37	Karyawan UPL	2	Rp.9.000.000
38	Karyawan Utilitas	2	Rp.9.000.000
39	Operator	18	Rp.12.000.000
40	Supir	13	Rp.5.000.000
41	Karyawan Pemadam Kebakaran	4	Rp.5.000.000
42	<i>Cleaning Service</i>	12	Rp.4.700.000

Tabel 4. 9 Rincian Gaji Sesuai Jabatan Lanjutan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulanan
43	Dokter	1	Rp.12.000.000
44	Perawat	3	Rp.5.200.000
TOTAL		114	Rp.633.000.000

4.4.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa:

1. Tunjangan
 - a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
 - b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
 - c. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
2. Cuti
 - a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu (1) tahun.
 - b. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.
3. Pakaian Kerja Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4. Pengobatan

- a. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang - undang yang berlaku.
- b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

5. Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (BPJSTK) BPJSTK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan. Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

- a. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- b. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
- c. Sarana peribadatan seperti masjid.
- d. Pakaian seragam kerja dan peralatan - peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat - alat keamanan lain seperti masker, *ear plug*, sarung tangan tahan api.

- e. Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedis.

BAB V

UTILITAS

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Dalam 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 dari sungai Serayu yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Untuk menghindari *fouling* yang terjadi pada alat-alat penukar panas maka perlu diadakan pengolahan air sungai. Pengolahan dilakukan secara fisis dan kimia. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

- Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari
- 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.

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

- Air Pendingin pada umumnya air digunakan sebagai pendingin karena pertimbangan sebagai berikut :
 - Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
 - Mudah pengolahan dan pengaturannya.

- Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- Tidak terdekomposisi.
- Air Sanitasi

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

- Syarat Fisika, meliputi :
 - a. Suhu : Dibawah suhu udara
 - b. Warna : Jernih
 - c. Rasa : Tidak berasa
 - d. Bau : Tidak berbau
- Syarat Kimia, meliputi :
 - a. Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
 - b. Tidak beracun
 - c. Kadar klor bebas sekitar 0,7 ppm.
- Syarat Bakteriologis :

Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.
- 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.

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik umumnya air yang digunakan adalah air sumur, air sungai, air danau maupun air laut. Air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pabrik biodiesel yaitu air yang berasal dari sungai yang masih mengandung pasir, mineral-mineral, ion-ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan. Air yang digunakan dalam kebutuhan pabrik ini adalah air yang berasal dari sungai. Digunakan air sungai dikarenakan pengolahan air sungai relatif murah dan sederhana dan letak sungai berada dekat dengan pabrik. Sebelum digunakan, dilakukannya proses pengolahan air. Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat-alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-

reaktan yang terdapat dalam proses. Beberapa tahap yang harus dilakukan untuk mengolah air sungai yang akan digunakan, yakni:

- ***Screening***

Pada *screening* partikel-partikel padat yang besar seperti daun, ranting, dan sampah lainnya akan tersaring tanpa bantuan bahan kimia. Sedangkan partikel-partikel yang lebih kecil akan terikut bersama air menuju unit pengolahan selanjutnya.

- ***Sedimentasi***

Setelah air disaring pada tahapan *screening*, partikel-partikel kecil yang masih terikut didalam air diendapkan kedalam bak sedimentasi. Kotoran kasar yang terdapat dalam air akan mengalami pengendapan karena adanya gaya gravitasi.

- ***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 ($Al_2(SO_4)_3$), 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.

- **Bak pengendap I dan Bak pengendap II**

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

- ***Filtrasi***

Air yang keluar dari bak pengendap II yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya dialirkan menuju ke *sandfilter* untuk memisahkan padatan padatan yang masih terbawa oleh air. Air yang mengalir keluar dari *sandfilter* akan memiliki kadar turbidity 2 ppm. Air tersebut dialirkan menuju tangki penampung (*filter water reservoir*) yang kemudian didistribusikan menuju menara air dan unit demineralisasi.

- **Bak Penampung Air Bersih**

Air yang keluar dari proses filtrasi akan dialirkan ke bak penampung sementara yang bisa disebut air bersih. Yang dimana air ini akan didistribusikan untuk air layanan umum (*service water*) serta untuk air pendingin. Kegunaan air bersih ini juga dapat digunakan untuk *domestic water* dan *boiler feed water* .namun air harus di desinfektanisasi terlebih dahulu menggunakan resin untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti Ca_{2+} , Mg_{2+} , Na_{+} dimana tujuan penghilangan mineral-mineral tersebut untuk menghasilkan air demin yang melalui proses *demineralisasi*.

- ***Demineralisasi***

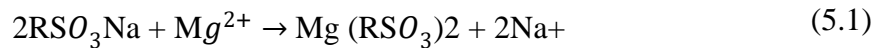
Air yang digunakan untuk *boilerfed water* pada proses harus murni dan bebas dari garam-garam terlarut yang terdapat didalamnya maka dari

itu perlu adanya proses *demineralisasi*. Alat *demineralisasi* terdiri atas penukar kation (*cation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*). Proses *demineralisasi* diperlukan karena pada *boiler feed water* memiliki syarat-syarat seperti harus bebas dari zat-zat yang menimbulkan kerak, gas-gas yang menimbulkan korosi seperti O_2 , CO_2 , H_2S , dan NH_3 . dan bebas dari zat-zat yang menyebabkan *foaming*. Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi akibat adanya alkalinitas yang tinggi. 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 boiler adalah sebagai berikut:

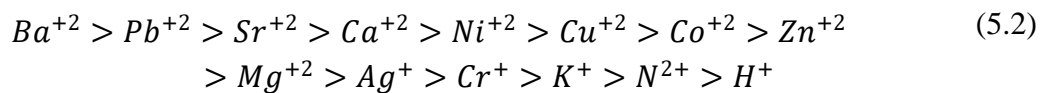
- *Kation Exchanger*

Kation exchanger adalah resin penukar kation. Untuk kation exchanger berupa resin padat yang sering ada dipasaran yaitu kation dengan formula RSO_3H dan $(RSO_3)Na$. dimana pengganti kation-kation yang dikandung dalam air akan diganti dengan ion H^+ atau Na^+ karena disini kita menggunakan ion Na^+ sehingga

air akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion Na^+ . Reaksi penukar kation :

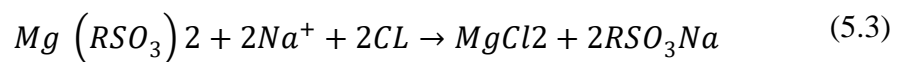


Ion Mg^{2+} dapat menggantikan ion Na^+ yang ada dalam resin karena *selektivitas* Mg^{2+} lebih besar dari *selektivitas* Na^+ . Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut :



Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl .

Reaksi Regenerasi :



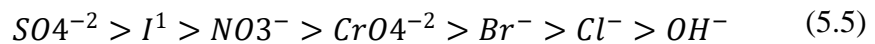
- *Anion Exchanger*

Anion exchanger adalah resin penukar anion yangmemilikifungsi untuk mengikat ion-ion negatif yang larut dalam air dengan resin yang memiliki sifat basa, yang memiliki formula RCl . Sehingga anion-anion seperti NO_3^- , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan membantu garamresin tersebut. Sebelum di

regerenerasi anion yang terbentuk di dalam reaksi adalah sebagai berikut:



Ion NO_3^- dapat menggantikan ion Cl^- yang ada dalam resin karena selektivitas NO_3^- lebih besar dari selektivitas OH^- . Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut:



Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl.

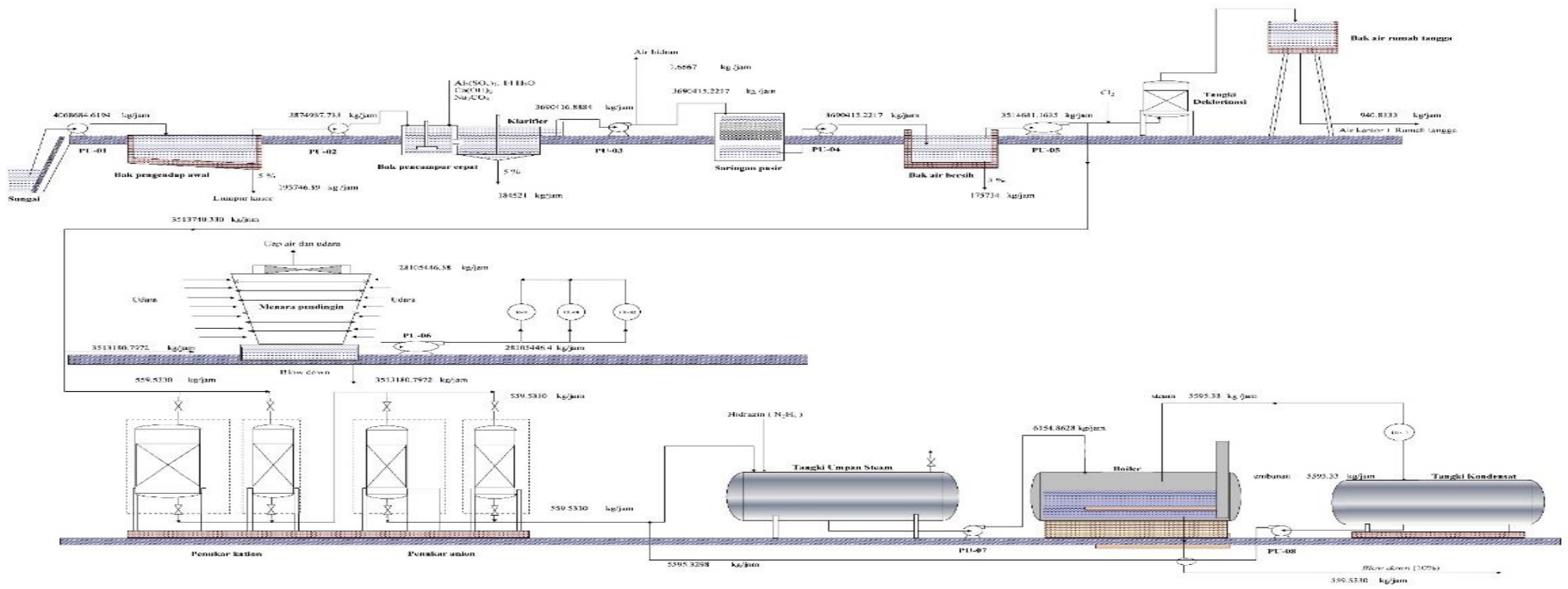
Reaksi Regenerasi :



- **Deerator**

Air yang telah mengalami *demineralisasi* masih mengandung gas-gas terlarut terutama O_2 dan CO_2 . Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan gas O_2 dan CO_2 karena gas tersebut dapat menimbulkan korosi. Unit *deaerator* diinjeksikan bahan kimia berupa *Hydrazine* (N_2H_4) 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 O_2 dan CO_2 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.



Gambar 5. 1 Diagram Unit Utilitas

- **Kebutuhan Air Keseluruhan**

Kebutuhan total air yang diperlukan dalam memenuhi kebutuhan air untuk kebutuhan operasional pabrik dan kebutuhan air domestik berasal dari unit utilitas. Total kebutuhan air tersebut meliputi kebutuhan air pendingin, air steam, air domestik dan *service water*.

1. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Keterangan	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	Jaket Pendingin	28091185,4416
Cooler 1	CL-01	-	660,3319
Cooler 2	CL-02	-	13600,6043
Total			28105446,3778

2. Kebutuhan Air Pemanas

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pemanas

Nama Alat	Kode	Keterangan	Jumlah (kg/jam)
Heater	HE-01	-	5595,3298
Total			5595,3298

3. Kebutuhan Air Karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang berkisar 100 s/d 200 liter/hari.

Kebutuhan per orang sebanyak = 150 liter/hari

Jumlah karyawan = 114 orang

Dirancang ketersediaan jatah air = 150 orang

Maka, kebutuhan air sebanyak = Jumlah karyawan x Kebutuhan per orang

$$= 150 \text{ orang} \times (150 \text{ liter/hari})$$

$$= 22.500 \text{ liter/hari}$$

$$= 22.500 \text{ kg/hari}$$

$$= 937,5000 \text{ kg/jam}$$

4. Kebutuhan Air untuk Lingkungan

Air untuk lingkungan berkisar antara 50 liter/hari s/d 120 liter/hari.

Dipilih kebutuhan air untuk lingkungan sebanyak 120 liter/hari.

Air untuk lingkungan meliputi kebutuhan hidran, kebutuhan taman dan kebutuhan lain-lain.

5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Air dari tangki umpan boiler diumpankan menuju boiler untuk membangkitkan steam. Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi yaitu dengan menyediakan boiler dengan kebutuhan steam sebanyak 5595,3298 kg/jam. *Steam* yang berasal dari boiler digunakan sebagai media pemanas yang hasilnya berupa uap dan dimasukkan ke alat *heat exchanger* untuk memanaskan, kemudian hasilnya yang berupa embunan dimasukkan ke dalam tangki kondensat dan diumpankan kembali ke tangki umpan boiler.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Pabrik biodiesel kebutuhan listriknya diperoleh dari PLN dan generator diesel. Dimana fungsi generator diesel yaitu sebagai tenaga cadangan saat terjadinya gangguan atau pemadaman listrik oleh PLN. Berikut spesifikasi generator diesel yang digunakan yaitu :

Kapasitas = 33305,15485 kW.

Jumlah = 1 buah

Selain sebagai tenaga cadangan, generator juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power yang dinilai penting seperti boiler, pompa. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun PLN mengalami kendala atau gangguan. Keuntungan tenaga listrik dari PLN yaitu biayanya relatif murah. Sedangkan untuk kerugiannya yaitu kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap.

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan listrik yang meliputi:

- a. Kebutuhan *plant* (alat proses dan utilitas) = 13754,29 kW
- b. Keperluan lain yang bersangkutan = 14000 kW

Maka total kebutuhan listrik sebesar 27754,296 kW

Listrik dipenuhi oleh PLN dengan faktor keamanan 20% menjadi 33305,15485 kW.

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan udara instrumentasi. Instrument yang digunakan merupakan sebuah *controller*. Udara tekan

diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Udara yang diproduksi di unit utilitas harus memenuhi syarat yaitu terbebas dari minyak, debu, dan air (udara kering) agar system instrumentasi di pabrik tidak cepat rusak. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silika gel. Udara tekan yang digunakan pada tekanan 4 bar dan suhu 30°C dimana setiap alat control membutuhkan udara tekan sebanyak 2 m³/jam. Jumlah alat control yang digunakan sebanyak 15 buah sehingga total keseluruhan kebutuhan udara tekan adalah 30 m³/jam. Selanjutnya dengan factor keamanan 20% sehingga dibutuhkan udara tekan sebesar 36 m³/jam.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler, diesel untuk generator pembangkit listrik dan sebagainya. Bahan bakar menggunakan solar untuk industri dengan kebutuhan sebanyak 671843,5971 kg/jam.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

6.1 Evaluasi Ekonomi

Dalam perancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu juga, analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi terdapat beberapa faktor yang ditinjau, antara lain:

- a. *Return On Investment* (ROI);
- b. *Pay Out Time* (POT);
- c. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR);
- d. *Break Even Point* (BEP); dan
- e. *Shut Down Point* (SDP).

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut.

1. Penentuan modal industri (*total capital investment*)

Dalam penentuan modal industri meliputi modal tetap (*fixed capital investment*) dan modal kerja (*working capital investment*).

2. Penentuan biaya produksi total (*total production cost*)

Dalam penentuan biaya produksi total meliputi biaya pembuatan (*manufacturing cost*) dan biaya pengeluaran umum (*general expenses*).

3. Pendapatan modal

Dalam pendapatan modal, untuk mengetahui titik impas diperlukan perkiraan terhadap biaya tetap (*fixed cost*), biaya variabel (*variable cost*) dan biaya mengambang (*regulated cost*).

6.2 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik Biodiesel beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun evaluasi pada tahun 2027. Di dalam analisa ekonomi, harga alat maupun harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa maka dilakukan pencarian indeks pada tahun analisa. Harga indeks dapat ditentukan dengan persamaan *regresi linier*.

Berikut adalah indeks harga yang ada dalam teknik kimia.

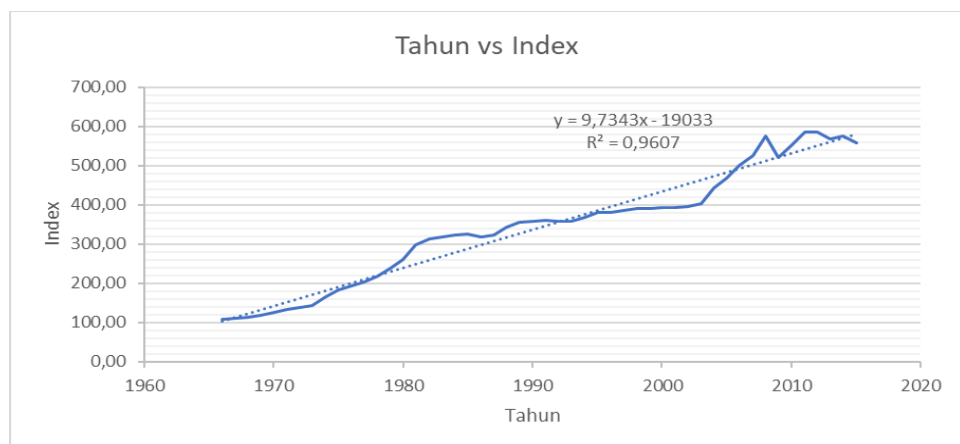
Tabel 6. 1 Index Harga

Tahun (X)	Index (Y)	Tahun ke- (X)
1966	107,20	1
1967	109,70	2
1968	113,70	3
1969	119,00	4
1970	125,70	5
1971	132,30	6
1972	137,20	7
1973	144,10	8
1974	165,40	9
1975	182,40	10
1976	192,10	11
1977	204,10	12
1978	218,80	13
1979	238,70	14
1980	261,20	15
1981	297,00	16
1982	314,00	17
1983	317,00	18
1984	322,70	19
1985	325,30	20
1986	318,40	21
1987	323,80	22
1988	342,50	23
1989	355,40	24
1990	357,60	25
1991	361,30	26
1992	358,20	27
1993	359,20	28
1994	368,10	29
1995	381,10	30
1996	381,70	31
1997	386,50	32
1998	389,50	33
1999	390,60	34
2000	394,10	35
2001	394,30	36
2002	395,60	37
2003	402,00	38
2004	444,20	39
2005	468,20	40

Tabel 6. 2 Index Harga Lanjutan

Tahun (X)	Index (Y)	Tahun ke-(X)
2006	499,60	41
2007	525,40	42
2008	575,40	43
2009	521,40	44
2010	550,80	45
2011	585,70	46
2012	584,60	47
2013	567,30	48
2014	576,1	49
2015	556,80	50

Sumber: www.chemengonline.com/pci



Gambar 6. 1 Grafik regresi linier indeks

Berdasarkan data index, diperoleh persamaan regresi linear yaitu

$y = 9,6216 x - 18808$. Dengan menggunakan persamaan tersebut dapat dicari harga index pada tahun perancangan, sehingga index pada tahun 2027 sebesar = 698,426 . Harga alat lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan dengan dengan referensi (Klaus D. Timmerhaus & Max S. Peters, 1991). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$E_x = E_y \cdot \frac{N_x}{N_y} \quad (6.1)$$

Dimana:

Ex : Harga tahun pembelian

Ey : Harga tahun referensi

Nx : Index harga pada tahun pembelian

Ny : Index harga pada tahun referensi

Dari analisis perhitungan untuk mengetahui index pada tahun perencanaan pendirian pabrik, maka untuk harga alat pada tahun tersebut :

Tabel 6. 3 Harga Alat Proses pada tahun evaluasi

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
			2014	2027	2014	2027
Tangka CH3OH	T-01	1	576,1	698,426	\$ 4.808.500	\$ 5.829.512
Tangki H2SO4	T-02	1	576,1	698,426	\$ 2.990.400	\$ 3.625.366
Tangki WCO	T-03	1	576,1	698,426	\$ 8.755.200	\$ 10.614.234
Tangki KOH	T-04	1	576,1	698,426	\$ 2.044.000	\$ 2.478.012
Tangki Biodiesel	T-05	1	576,1	698,426	\$ 10.661.100	\$12.924.823
Reaktor	R-01	1	576,1	698,426	\$ 639.400	\$775.167
Netralizer	N-01	1	576,1	698,426	\$ 3.119.200	\$ 3.781.515
Decanter	DC-01	1	576,1	698,426	\$ 193.600	\$234.708
Menara Distilasi	MD-01	1	576,1	698,426	\$ 18.564	\$22.506
Kondesor	CD-01	1	576,1	698,426	\$ 16.023	\$19.425
Accumulator	ACC-01	1	576,1	698,426	\$ 34.368	\$41.666
Reboiler	RB-01	1	576,1	698,426	\$ 518.800	\$628.959
Pompa	P-01	1	576,1	698,426	\$ 18.400	\$22.307
	P-02	1	576,1	698,426	\$ 15.000	\$18.185

Tabel 6. 4 Harga Alat Proses pada tahun evaluasi Lanjutan

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
			2014	2027	2014	2027
	P-03	1	576,1	698,426	\$ 27.200	\$32.976
	P-04	1	576,1	698,426	\$ 27.200	\$32.976
	P-05	1	576,1	698,426	\$ 16.700	\$20.246
	P-06	1	576,1	698,426	\$ 27.200	\$32.978
	P-07	1	576,1	698,426	\$ 25.800	\$31.278
	P-08	1	576,1	698,426	\$ 25.800	\$31.278
	P-09	1	576,1	698,426	\$ 25.800	\$31.278
Heater	HE-01	1	576,1	698,426	\$ 148.400	\$179.910
Cooler	CL-01	1	576,1	698,426	\$ 19.000	\$23.034
	CL-02	1	576,1	698,426	\$ 148.400	\$179.910
TOTAL					\$ 34.410.775	\$ 41.717.357

Tabel 6. 5 Harga Alat Utilitas pada tahun evaluasi

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
			2014	2027	2014	2027
Bak Pengendap Awal		1	576,1	698,426	\$ 1.300	\$ 1.576
Bak Pencampur Cepat		1	576,1	698,426	\$ 36.700	\$ 44.493
Clarifier		1	576,1	698,426	\$ 8.646.600	\$10.482.574
Sand Filter		1	576,1	698,426	\$ 3.654.900	\$ 4.430.963
Bak Air Bersih		1	576,1	698,426	\$ 67.800	\$ 82.196
Bak Air Minum		1	576,1	698,426	\$67.800	\$82.196
Cooling Tower		1	576,1	698,426	\$198.500	\$240.648
Tangki Kation		1	576,1	698,426	\$26.000	\$31.521
Tangki Anion		1	576,1	698,426	\$23.200	\$ 28.126

Tabel 6. 6 Harga Alat Utilitas pada tahun evaluasi Lanjutan

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
			2014	2027	2014	2027
Tangki NaCL		1	576,1	698,426	\$14.200	\$ 17.215
Tangki NaOH		1	576,1	698,426	\$11.100	\$13.457
Tangki Umpan Boiler		1	576,1	698,426	\$14.900	\$18.064
Tangki Kondensat		1	576,1	698,426	\$23.100	\$28.005
Pompa 01	PU-01	1	576,1	698,426	\$107.100	\$129.841
Pompa 02	PU-02	1	576,1	698,426	\$107.100	\$129.841
Pompa 03	PU-03	1	576,1	698,426	\$107.100	\$129.841
Pompa 04	PU-04	1	576,1	698,426	\$107.100	\$129.841
Pompa 05	PU-05	1	576,1	698,426	\$107.100	\$129.841
Pompa 06	PU-06	1	576,1	698,426	\$107.100	\$129.841
Udara Tekanan		1	576,1	698,426	\$119.900	\$145.359
TOTAL					\$13.548.600	\$16.425.440

6.3 Dasar Perhitungan

Kapasitas produk Biodiesel = 30.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Tahun pabrik didirikan = 2027

Kurs rupiah tahun 2023 = 1US\$ = Rp. 15.304,-

6.4 Perhitungan Biaya

Untuk memperhitungkan biaya yang diperlukan dalam mendirikan suatu pabrik, diperlukan beberapa tahapan perhitungan agar pabrik tersebut dapat dikatakan layak secara ekonomis. Beberapa tahapannya antara lain:

6.4.1 Capital Investment

Capital investment merupakan banyaknya pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas pabrik dan untuk pengoperasiannya. *Capital investment* terdiri dari beberapa biaya, antara lain:

a) *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment (FCI) merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas yang ada dalam pabrik.

b) *Working Capital Investment*

Working Capital Investment (WCI) merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu

6.4.2 Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton pada tabel 23, *Manufacturing Cost* meliputi:

- a. *Direct Cost*, merupakan pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.
- b. *Indirect Cost*, merupakan pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.
- c. *Fixed Cost*, merupakan biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak bergantung pada waktu dan tingkat produksi.

6.4.3 General Expense

General Expense atau pengeluaran umum meliputi beberapa pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

6.5 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan antara lain:

6.5.1 Percent Return On Investment (ROI)

Return On Investment atau biasa disingkat dengan ROI merupakan tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% \quad (6.2)$$

Keuntungan dihitung berdasarkan penjualan tahunan atau *annual sales* (S_a) dan total *manufacturing cost*. Keuntungan akan dihitung sebagai komponen yang berisi pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Keuntungan akan berkontribusi terhadap *cash flow* dari pabrik. Pabrik dengan resiko yang cenderung rendah memiliki minimum ROI sebelum pajak sebesar 11%, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi memiliki minimum ROI sebelum pajak sebesar 44%.

6.5.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time atau bisa disingkat dengan POT merupakan perkiraan jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan *Fixed Capital Investment* (FCI) berdasarkan keuntungan yang diperoleh (Aries, Newton. 1954). Pabrik dengan resiko rendah memiliki nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi memiliki nilai POT maksimal 2 tahun. Untuk menghitung POT dapat menggunakan persamaan berikut.

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

6.5.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point merupakan titik impas, dengan besarnya kapasitas produksi dapat menutupi biaya keseluruhan dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan namun tidak menderita kerugian (Peters & Timmerhaus. 2003). Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% hingga 60%. Untuk menghitung nilai BEP, dapat menggunakan persamaan berikut.

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

Dimana:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi minimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi minimum

6.5.4 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) merupakan suatu titik dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *Fixed Cost* yang menyebabkan pabrik harus tutup (Peters & Timmerhaus. 2003). Nilai SDP menjadi suatu titik atau saat penentuan aktivitas produksi pada suatu pabrik. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan). Nilai SDP pada umumnya berkisar antara 20% hingga 30%. Untuk menghitung SDP dapat menggunakan persamaan berikut.

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

6.5.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) adalah interest rate yang diperoleh saat seluruh modal yang ada digunakan semuanya untuk proses produksi. DCF dari suatu pabrik dinilai menguntungkan jika melebihi satu setengah kali bunga pinjaman bank. DCF (i) dapat dihitung dengan metode *Present Value Analysis* dan *Future Value Analysis* (Peter & Timmerhaus. 2003).

Present Value Analysis:

$$(FC + WC) = \frac{C}{(1+i)} + \frac{C}{(1+i)^2} + \dots + \frac{C}{(1+i)^n} + \frac{WC}{(1+i)^n} + \frac{SV}{(1+i)^n} \quad (6.6)$$

Future Value Analysis:

$$(FC + WC)(1+i)^n = (WC + SV) + [(1+i)^{n-1} + \dots + 1] \times C \quad (6.7)$$

Dengan *trial solution*, diperoleh nilai $i = \%$.

6.6 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik biodiesel ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan. Hasil perhitungan ditunjukkan pada:

Tabel 6. 7 Physical Plant Cost

SUMMARY		
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		
Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
<i>Purchasing Equipment & delivery cost</i>	\$5.814.280	Rp88.981.736.315
instalasi	\$25.001.403	Rp382.621.466.154
instrumentasi dan kontrol	\$8.721.420	Rp133.472.604.472
pemipaan	\$50.002.805	Rp765.242.932.308
instalasi listrik	\$8.721.420	Rp133.472.604.472
instalasi isolasi	\$4.651.424	Rp71.185.389.052
bangunan	\$1.609.383	Rp24.630.000.000
<i>land and yard improvement</i>	\$1.494.952	Rp22.878.750.000
Total	\$102.912.750	Rp1.574.976.732.773

Tabel 6. 8 *Direct Plant Cost*

Komponen	Biaya (US \$)	Biaya (Rp)
<i>Engineering and Construction</i>	\$20.338.272,36	Rp311.256.920.207,95
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	\$101.691.361,80	Rp1.556.284.601.039,75
Total	\$122.029.634,16	Rp1.867.541.521.247,70

Tabel 6. 9 *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Engineering and Construction</i>	\$20.582.550,09	Rp314.995.346.554,61
<i>Direct Plant Cost</i>	\$123.495.300,53	Rp1.889.972.079.327,65
<i>Contractor's Fee</i>	\$4.939.812,02	Rp75.598.883.173,11
<i>Contingency</i>	\$12.349.530,05	Rp188.997.207.932,77
Total	\$161.367.192,69	Rp2.469.563.516.988,13

Tabel 6. 10 *Working Capital Investment*

SUMMARY		
<i>Working Capital (WC)</i>		
Working Capital	Biaya (\$/tahun)	Biaya (Rp/tahun)
<i>Raw Material Inventory Cost</i>	\$4.901,224	Rp75.008.337,10
<i>Inprocess Inventory Cost</i>	\$65.640,951	Rp1.004.569.119,15
<i>Product Inventory Cost</i>	\$3.610.252,323	Rp55.251.301.553,07
<i>Extended Credit</i>	\$6.250.000,00	Rp95.650.000.000,00
<i>Available Cash</i>	\$3.610.252,323	Rp55.251.301.553,07
Total Working Capital	\$13.541.046,822	Rp207.232.180.562,39

Tabel 6. 11 *Direct Manufacturing Cost*

SUMMARY		
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		
Direct Manufacturing Cost	Biaya (\$/tahun)	Biaya (Rp/tahun)
<i>Raw Material Cost</i>	\$808.702,014	Rp 12376375622
<i>Tenaga Kerja</i>	\$ 940.930,48	Rp14.400.000.000
<i>Supervisor Cost</i>	\$ 94.093,05	Rp1.440.000.000
<i>Maintenance Cost</i>	\$ 3.227.343,85	Rp49.391.270.340
<i>Plant Supplies Cost</i>	\$ 484.101,58	Rp7.408.690.551
<i>Royalties and Patent Cost</i>	\$ 750.000,00	Rp11.478.000.000
<i>Utilitas</i>	\$ 16.425.439,78	Rp251.374.930.425
Total DMC	\$22.730.610,751	Rp347.869.266.938,03

Tabel 6. 12 *Indirect Manufacturing Cost*

SUMMARY		
<i>Indirect Manufacturing Cost (DMC)</i>		
<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Biaya (\$/tahun)	Biaya (Rp/tahun)
<i>Payroll Overhead</i>	\$ 141.139,57	Rp2.160.000.000
<i>Laboratory Cost</i>	\$ 94.093,05	Rp1.440.000.000
<i>Plant Overhead Cost</i>	\$ 470.465,24	Rp7.200.000.000
<i>Shipping and Packaging</i>	\$ 3.750.000,00	Rp57.390.000.000
Total IMC	\$ 4.455.697,86	Rp68.190.000.000

SUMMARY		
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		
<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Biaya (\$/tahun)	Biaya (Rp/tahun)
<i>Depreciation</i>	\$12.909.375,42	Rp197.565.081.359,05
<i>Property Taxes</i>	\$1.613.671,93	Rp24.695.635.169,88
<i>Insurance Cost</i>	\$1.613.671,93	Rp24.695.635.169,88
Total FMC	\$16.136.719,27	Rp246.956.351.698,81

Tabel 6. 13 *Fixed Manufacturing Cost*

Tabel 6. 14 *General Expense*

SUMMARY		
<i>General Expense (GE)</i>		
<i>General Expense</i>	Biaya (\$/tahun)	Biaya (Rp/tahun)
<i>Administration</i>	\$866.460,558	Rp13.260.312.372,74
<i>Sales</i>	\$2.166.151,394	Rp33.150.780.931,84
<i>Research</i>	\$1.516.305,976	Rp23.205.546.652,29
<i>Finance</i>	\$3.498.164,79	Rp53.535.913.951,01
Total GE	\$8.047.082,717	Rp123.152.553.907,88

Tabel 6. 15 Analisa Keuntungan

Keterangan	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
Total Penjualan	\$ 75.000.000,00	Rp1.147.800.000.000,00
Total Production Cost	\$ 51.370.110,595	Rp786.168.172.544,73
Keuntungan sbml pajak	\$ 23.629.889,41	Rp361.631.827.455,28
Pajak	\$ 5.198.575,67	Rp79.559.002.040,16
Keuntungan stlh pajak	\$ 18.431.313,74	Rp282.072.825.415,12

6.7 Hasil Analisa Kelayakan

6.7.1 *Return on Investment (ROI)*

Dari hasil analisa, diperoleh nilai ROI antara lain sebagai berikut:

ROI sebelum pajak = 14,64 %

ROI setelah pajak = 11,42 %

6.7.2 *Pay Out Time (POT)*

Dari hasil analisa, diperoleh nilai POT antara lain sebagai berikut:

POT sebelum pajak = 4,42 tahun

POT setelah pajak = 5,15 tahun

6.7.3 Break Even Point (BEP)

Tabel 6. 16 Fixed Cost

Fixed Cost (Fa)	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Depresiasi</i>	\$12.909.375,42	Rp197.565.081.359,05
<i>Property Taxes</i>	\$1.613.671,93	Rp24.695.635.169,88
<i>Asuransi</i>	\$1.613.671,93	Rp24.695.635.169,88
Total Fa	\$16.136.719,27	Rp246.956.351.698,81

Tabel 6. 17 Regulated Cost

Regulated Cost (Ra)	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Gaji Karyawan</i>	\$ 940.930,48	Rp14.400.000.000
<i>Payroll Overhead</i>	\$ 141.139,57	Rp2.160.000.000
<i>Supervision</i>	\$ 94.093,05	Rp1.440.000.000
<i>Plant Overhead</i>	\$ 470.465,24	Rp7.200.000.000
<i>Laboratorium</i>	\$ 94.093,05	Rp1.440.000.000
<i>General Expense</i>	\$ 8.047.082,717	1,23153E+11
<i>Maintenance</i>	\$ 3.227.343,85	Rp49.391.270.340
<i>Plant Supplies</i>	\$ 484.101,58	Rp7.408.690.551
Total Ra	\$ 13.499.249,53	Rp206.592.514.799

Tabel 6. 18 Variable Cost

Variable Cost (Va)	Biaya (\$)	Biaya (Rp)
<i>Raw Material</i>	\$808.702,014	Rp12.376.375.622,26
<i>Royalties and Patent</i>	\$750.000,00	Rp11.478.000.000,00
<i>Utilities</i>	\$ 16.425.439,78	Rp251.374.930.425,05
<i>Product packaging and shipping</i>	\$ 3.750.000,00	Rp57.390.000.000,00
Total Va	\$21.734.141,796	Rp332.619.306.047,31

Total penjualan yang diperoleh sebesar = \$ 75.000.000,00
= Rp 1.147.800.000.000

Maka diperoleh untuk BEP sebesar:

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fa} + 0,3 \text{ Ra}}{\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra}} \times 100\% \quad (6.8)$$
$$= 45,48\%$$

6.7.4 Shut Down Point (SDP)

Dari hasil analisa, diperoleh nilai SDP sebesar:

$$\text{SDP} = \frac{0,3 \text{ Ra}}{\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{ Ra}} \times 100\% \quad (6.9)$$
$$= 9,24\%$$

6.7.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik	= 10 tahun
<i>Salvage Value</i>	= \$12.909.375,42 = Rp195.565.081.359,05
<i>Cash Flow</i>	= Annual profit + Depresiasi + Finance = \$ 34.838.853,94 = Rp533.173.820.725
<i>Working Capital</i>	= \$13.541.046,822 = Rp207.232.180.562,39
<i>Fixed Capital Investment</i>	= \$161.367.192,69 = Rp2.469.563.516.988,13

Maka, untuk memperoleh nilai DCFR dapat menggunakan persamaan berikut.

$$(FC + WC)(1 + i)^n = (WC + SV) + [(1 + i)^{n-1} + \dots + 1] \times C \quad (6.10)$$

Dengan $R = S$, maka hasil dari *trial and error* diperoleh nilai $i = 0,40 \%$

6.8 Analisa Risiko Pabrik

Untuk mendirikan suatu pabrik, resiko pabrik perlu diperhatikan apakah pabrik tersebut memiliki resiko yang rendah (*low risk*) atau resiko tinggi (*high risk*). Adapun parameter untuk menentukan pabrik biodiesel yang akan berdiri. Parameter yang dilihat antara lain:

1. Kondisi Operasi

Proses operasi dijalankan pada tekanan 1 atm untuk keseluruhan alat proses dan memiliki varian suhu operasi yang dijalankan. Suhu tertinggi terdapat pada alat Menara Distilasi (MD-01) yang beroperasi di suhu 109°C

2. Karakteristik Bahan Baku dan Produk

a. Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan yaitu *Waste Cooking Oil* (WCO) yaitu limbah minyak goreng yang bisa digunakan kembali menjadi produk biodiesel.

b. Produk

Produk yang dihasilkan merupakan Biodiesel yaitu senyawa pencampur bahan bakar biosolar dengan perbandingan 70:30.

3. Sumber Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan yaitu *Waste Cooking Oil* (WCO) yang diperoleh dari pengepul di sekitar Gresik, Jawa Timur dan impor dari luar negeri.

6.9 Analisa Kelayakan

Berdasarkan tabel di bawah ini, analisa kelayakan ekonomi pada pabrik biodiesel memenuhi semua parameter kelayakan ekonomi. Dari hasil analisis ekonomi pabrik tersebut, dapat disimpulkan bahwa pabrik yang akan berdiri termasuk ke dalam pabrik yang memiliki resiko rendah.

Tabel 6. 19 Analisis Kelayakan

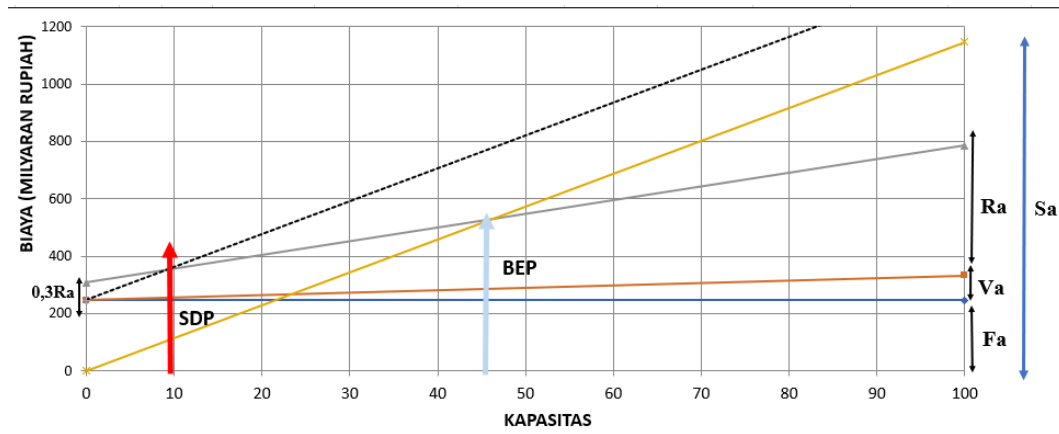
Parameter	Terhitung	Keterangan
ROI sebelum pajak	14,64%	Dari Aries dan Newton, pabrik industrial chemical dengan resiko tinggi dikatakan layak jika minimal ROI sebelum pajak sebesar 44%. Jadi dapat disimpulkan bahwa ROI pabrik ini masih belum memenuhi persyaratan untuk disebut layak.
POT sebelum pajak	4,42 tahun	Berdasarkan Aries dan Newton 1955, syarat POT sebelum pajak untuk 5 tahun $\geq POT \geq 2$ tahun pabrik tergolong <i>low risk</i> .

Tabel 6. 20 Analisis Kelayakan Lanjutan

Parameter	Terhitung	Keterangan
BEP	46,07%	Menurut Aries dan Newton, nilai BEP di-rentang angka dari 40% hingga 60%. nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan untuk disebut layak.
SDP	9,24%	Nilai SDP dari hasil perhitungan sudah memenuhi.
DCFR	9,9%	Diketahui suku bunga bank sebesar 5%. Dari perhitungan didapatkan suku bunga bank minimum sebesar 7,5%. Sehingga, perhitungan DCF yang telah didapatkan diatas nilai minimum.

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian pabrik biodiesel dari *Waste Cooking Oil* (WCO) dapat dipahami melalui grafik Break Even Point berikut:

Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi



BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Alasan pendirian pabrik biodiesel dari *Waste Cooking Oil* (WCO) dengan kapasitas 30.000 ton/tahun adalah kebutuhan biodiesel sebagai pengganti bahan bakar dan pencampur bahan bakar biosolar makin naik tiap tahunnya. Di sisi lain juga untuk meningkatkan pemasukan negara dengan melakukan produksi dan mengimpornya.
2. Pabrik biodiesel dari *Waste Cooking Oil* (WCO) dengan kapasitas 30.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku WCO sebesar 264202,2 kg/jam dan methanol sebesar 93081,6 kg/jam.
3. Pabrik biodiesel dirancang dengan bentuk Perseroan Terbatas yang beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan akan didirikan pada tahun 2027 di wilayah Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 30.505 m² dan luas bangunan 24.630 m². Jumlah karyawan yang diperlukan sebanyak 114 orang.
4. Berdasarkan perhitungan utilitas yang dilakukan terhadap kebutuhan air, listrik, dan *steam* didapat bahwa kebutuhan air pabrik secara keseluruhan sebesar 281111041,7076 kg/jam yang terbagi sesuai dengan kebutuhan pabrik, meliputi:
 - a. Kebutuhan media pendingin sebesar 28105446,3778 kg/jam
 - b. Kebutuhan media *steam* sebesar 5595,3298 kg/jam

- c. Kebutuhan lingkungan kantor sebesar 937,5 kg/jam
 - d. Kebutuhan listrik total untuk alat proses dan keperluan lainnya sebesar 27754 kW
 - e. Kebutuhan untuk bahan bakar sebesar 671843,6 kg/jam
5. Ditinjau dari proses produksi, sifat bahan baku, kondisi operasi dan evaluasi ekonomi, maka pabrik biodiesel dari *Waste Cooking Oil* (WCO) tergolong pada pabrik dengan risiko yang rendah (*low risk*)
6. Dari perhitungan evaluasi ekonomi diperoleh hasil sebagai berikut:
- a. Keuntungan pabrik sebelum pajak Sebesar Rp 366.213.707.168 per tahun dan setelah pajak sebesar Rp 285.646.691.591 per tahun.
 - b. *Return Of Investment* (ROI) sebelum pajak adalah sebesar 15,01% dan setelah pajak sebesar 11,71%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik beresiko tinggi minimum 44%.
 - c. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 4,35 tahun dan POT setelah pajak selama 5,07 tahun.
 - d. *Break Even Point* (BEP) pada pabrik biodiesel sebesar 45,48%. Nilai tersebut sudah termasuk kedalam syarat BEP dari pabrik kimia antara 40% sampai 60%.
 - e. *Shut Down Point* (SDP) untuk nilai SDP didapatkan sebesar 9,15%.
 - f. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) pada pabrik biodiesel sebesar 9,9%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

7.2 Saran

Pra rancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia, antara lain sebagai berikut.

1. Optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang serta bahan baku perlu diperhatikan agar memperoleh keuntungan yang lebih optimal.
2. Perancangan pabrik kimia tentunya perlu memperhatikan produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.s., and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw Hill Book Co., New York.
- Aziz I. 2010. *Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas*. Jakarta.
- Aziz,I., Nurbaiti,S.,dan Ulum, B., 2011, *Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan cara Esterifikasi dan Transesterifikasi*, Valensi, Vol.2, No.2. 384-388.
- Brownell, L.E and Young, E.H. 1983. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Ebong P. E., Owu, D.U., and Isong E.U. 1999. *Influence of Palm Oil (Elaeisis guineensis) on Health*. Plant Foods for Human Nutrition Volume 53,Number 3, 209-222.
- Kern, D.Q. 1985. *Process Heat Transfer*. McGraw Hill Book Co. Ltd. New York.
- Khan, Z. I., 2002. *Microemulsion: A Novel Approach to Enchanced Drug Delivery*. Bentham Science Publisher. New York
- Ma H., Ma F., 1999. *Biodiesel Production: A Review*. New York
- Puji A. I., Indah D., Rifana I., 2010. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah*. Indramayu.
- Smith, J. M. dan H. C. Van Ness. 2006. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 7th ed*. New York: McGraw Hill Book Company.
- 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

Timmerhaus, K.D and Peters, S.M. 1991. *Plant Design and Economics For Chemical Engineers*. McGraw-Hill, Inc. New York.

The Chemical Engineering Plant Cost Index. <https://www.chemengonline.com/>.

Diakses pada 20 Mei 2023.

Wang Yong, et al. 2006. *Comparison of two different processes to synthesize biodiesel by waste cooking oil*. Journal of Molecular Catalysis, pg. (107-112).

Yaws, C. L. 1999. *Handbook - Chemical Properties*.

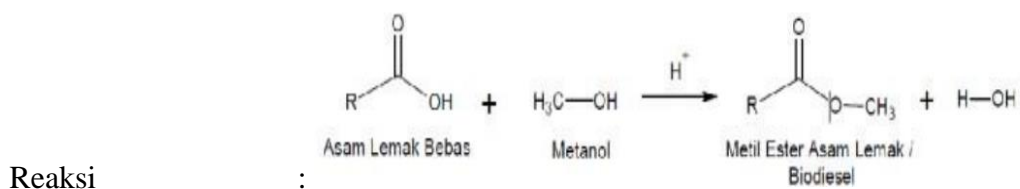
LAMPIRAN A

Fungsi : Mereaksikan *Waste Cooking Oil* (WCO) dengan Metanol dengan bantuan katalis H₂SO₄ untuk menghasilkan Biodiesel

Tipe Reaktor : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi : Tekanan : 1atm

Suhu : 30°C



Langkah Perancangan:

1. Dasar pemilihan Jenis Reaktor

Dipilih tangki berbentuk silinder vertikal dengan head berbentuk torispherical dengan pertimbangan :

- Dapat dioperasikan pada tekanan atmosferic
- Tangki berpengaduk yang digunakan untuk menghomogenkan bahan
- Kontruksi sederhana sehingga lebih ekonomis

2. Menentukan Konstruksi Reaktor

Bahan kontruksi tangki yang dipilih Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304 dengan pertimbangan komponen umpan nya bersifat korosif.

3. Neraca Massa Reaktor

Tabel 1. Neraca Massa R-01

Komponen	BM	Massa (kg/jam)	Mol	Massa (kg/jam)	Mol
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	87053,65333	340,0533	8705,365333	34,00533333
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280	53700,26667	191,7867	5370,027	19,17866667
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	123448,32	437,76	12344,832	43,776
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	0	0	82632,96	306,048
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294	0	0	50746,752	172,608
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	0	0	116619,264	393,984
CH ₃ OH	32	93081,6	2908,8	65157,12	2036,16
H ₂ O	18	0	0	15707,52	872,64
TOTAL		357283,84	3878,4	357283,84	3878,4

4. Menentukan Kecepatan Volumetrik (Fv, m³/jam)

a. Densitas Campuran

Tabel 2. Densitas Campuran

Komponen	BM	kg/jam	kmol/jam	Fraaksi Mol	Fraaksi Massa	ρ (kg/m ³)	ρ campuran (kg/m ³)
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	87053,65333	340,0533333	0,0877	0,243654046	875,7725796	213,3855328
C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280	53700,26667	191,7866667	0,0494	0,150301415	902,3993978	135,6319063
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	123448,32	437,76	0,1129	0,345518902	887,7126962	306,7215158
C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270						0
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294						0
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296						0
CH ₃ OH	32	93081,60000000	2908,8	0,75	0,260525637	787,3172583	205,1163302
H ₂ O	18	0	0	0	0	0	0
Total		357283,84	3878,4	1,0000	1	3453,201932	860,8616311

b. Menentukan Fv

$$Fv = \frac{\text{Massa umpan}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$= 416,2001 \text{ m}^3/\text{jam}$$

5. Optimasi Reaktor

a. Menentukan Rumus Volume Reaktor

Pada perancangan reaktor CSTR fase cair – cair dengan produk akhir metil ester yang mereaksikan antara senyawa trigliserida dan metanol, dimana perbandingan mol metanol dibuat berlebih dari mol reaktan umpan sehingga reaksi yang terbentuk termasuk orde satu (pseudo first order-reaction). Dengan kinetika laju reaksinya ($-r_a = k.C_a$). Menurut Brezonik (1993) reaksi ordo dua dapat dinyatakan sebagai ordo pseudo satu dengan cara membuat konsentrasi reaktan menjadi lebih besar dari pada yang dibutuhkan (Sahirman, dkk. 2007).

Waktu tinggal reaktor adalah 2 jam atau 120 menit dimana dapat diartikan reaksi tersebut akan selesai setelah 120 menit.

Rumus volume reaktor :

$$V = \frac{Fv \cdot Xn}{k \cdot (1 - Xn)}$$

Dimana: x = konversi

b. Menentukan Volume Reaktor

- Satu Reaktor

V	581,760	M3
X0	0,000	
X1	0,900	

$$V = 581,760 \times 264,172 \text{ gal}$$

$$= 153684,7027 \text{ gall}$$

- Dua Reaktor

V2 coba	130,00	m3
V1	130,00	m3
X0	0,29	
X1	0,70	
X2	0,90	

$$V = 130 \times 264,172 \text{ gal}$$

$$= 34342,3600 \text{ gall}$$

- Tiga Reaktor

V3 coba	107,50	m3
V2	107,50	m3
V1	107,50	m3
X0	0,00	
X1	0,,46	
X2	0,73	
X3	0,90	

$$V = 107,5 \times 264,172 \text{ gal}$$

$$= 28398,49 \text{ gall}$$

- Empat Reaktor

V4 coba	87,50	m3
V3	87,50	m3
V2	87,50	m3
V1	87,50	m3
X0	0,00	
X1	0,33	
X2	0,58	
X3	0,76	
X4	0,90	

$$V = 87,5 \times 264,172 \text{ gal}$$

$$= 23115,05 \text{ gall}$$

- Lima Reaktor

V5 coba	77,70	m3
V4	77,70	m3
V3	77,70	m3
V2	77,70	m3
V1	77,70	m3
X0	0,00	
X1	0,25	
X2	0,46	
X3	0,64	
X4	0,78	
X5	0,90	

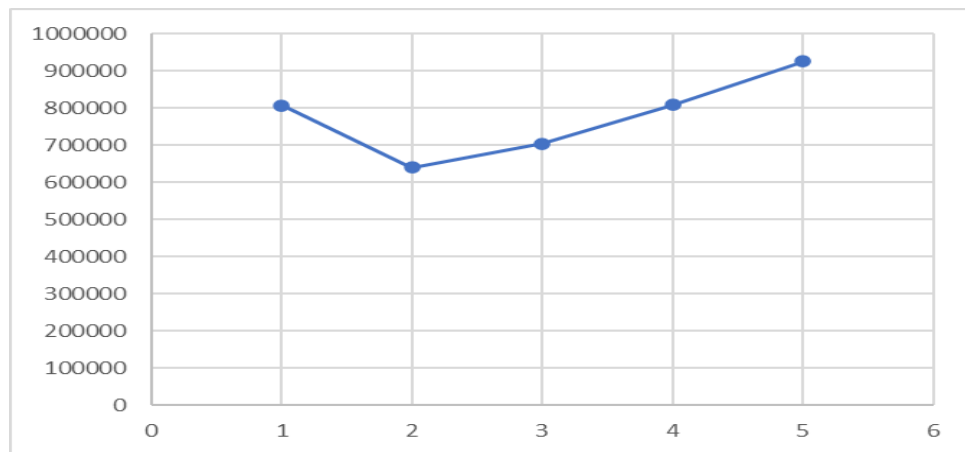
$$V = 77,7 \times 264,172 \text{ gal}$$

$$= 20526,1644 \text{ gall}$$

c. Menentukan Harga Reaktor

n	V (gallon)	Harga (\$)	Harga Total (\$)
1	153684,7027	806700	806700
2	34342,3600	319700	639400
3	28398,4900	234800	704400
4	23,115,0500	202000	808000
5	20526,1644	185200	926000

d. Penentuan Jumlah Reaktor yang Optimum



Dapat disimpulkan, harga terendah didapat oleh 2 reaktor.

6. Dimensi Reaktor

a. Menentukan Diameter Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum $D:H < 2$,

dipilih perbandingan $D : H = 1:1$.

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

$$\text{Volume shell} = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$= \frac{\pi}{4} D^3$$

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

Maka, $D = 19,1457 \text{ ft}$

$$= 229,7478 \text{ in}$$

$$= 5,8356 \text{ m}$$

Dan $H = 1,5 \times D$

$$= 1,5 \times 19,1457 = 28,7185 \text{ ft}$$

$$= 344,6217 \text{ in}$$

$$= 8,7534 \text{ m}$$

b. Menentukan Tekanan Desain

Tekanan operasi (Pops) = 1 atm

$$= 14,69 \text{ psi}$$

H cairan = 5,8313 m

Densitas Campuran = 860 kg/m^3

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho_{\text{mix}} \cdot \left(\frac{g}{g_c} \right) H_L}{144}$$

P hidrostatik = 34 psia

Maka,

Tekanan absolut = P ops + P hidrostatik

$$= 49,56 \text{ psi}$$

c. Menentukan tebal dinding reaktor

$$ts = \frac{P \cdot ri}{f \cdot E - 0,6 P} + C$$

Keterangan:

Ts = tebal shell, in

Ri = jari-jari shell = 114,873 in

Allowable stress (f) = 18750 psia

Efisiensi sambungan (E) = 80%

Corrosion Allowance (C) = 0,125 in/10 tahun

Tekanan P = 49,56 psi

Maka, ts = 0,5053 in

Diambil ts standart = 1(1/8) in = 1,125 in

ID shell = 229,7478 in

OD shell = ID + 2.ts

$$= 231,9978 \text{ in}$$

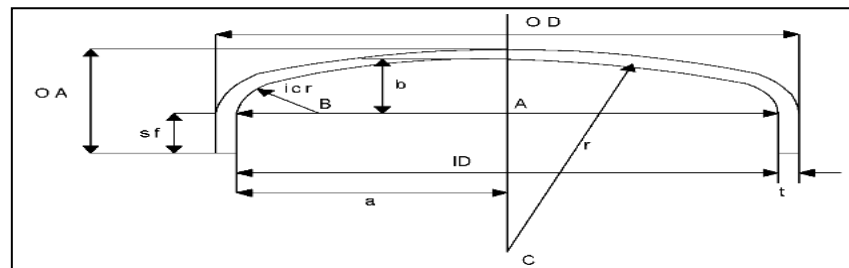
Dipilih OD standart Tabel *Brownell* pg. 90:

OD	240	In
Ts	1(1/8)	In
Icr	14,4375	In
r	180	In
E	80%	
C	0,125	
F	18750	psia

d. Perancangan *head* dan *bottom* tangki

Bentuk: *Torpherical Dishead Head*

Dasar pemilihan : digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam rentang 15 psig (1,020689 atm) – 200 psig (13,60919 atm) dan harga lebih ekonomis.



- Menetntukan dimensi tutup atas dan bawah

$$th = \frac{Prw}{(2fE - 0.2P)} + C$$

Keterangan:

th = tebal head, m

w = faktor intensifikasi stress

f = allowable stress = 18750 psi

E = joint efficienci = 80%

C = corrosion allowance = 0,125

P = Tekanan desain = 49,56 psi

Dari data OD standard, bisa dihitung faktor intensifikasi stress (w)

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

w = 1,63273483 in

didapat, th perhitungan sebesar 0,61067 in.

Dipilih dari tabel 5.6 *Brownell & Young* pg. 88, untuk th standart sebesar (5/8) atau 0,625 in.

Dari data th standart, bisa diketahui angka sf yaitu 2 in.

Tabel Data th Standart

ID	=	OD-2 ts			
ID	=	238,7500			
	=	19,887875			
a	=	ID/2	=	119,375	in
AB	=	a-icr		104,9375	In
BC	=	r-icr		165,5625	In
AC	=	$\sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$		128,0588244	In
b	=	r-AC		51,94117563	In
				1,319305861	M
h head		Sf+b+t head		54,56617563	In
				1,385980861	m

Jadi, tinggi total reaktor adalah

$$h_{\text{Reaktor}} = 2 h_{\text{Head}} + h_{\text{Shell}}$$

$$H_{\text{reaktor}} = 11,5254 \text{ m}$$

7. Desain Sistem Pengaduk

$$\text{Volume cairan yang diaduk} = 155.8858 \text{ m}^3$$

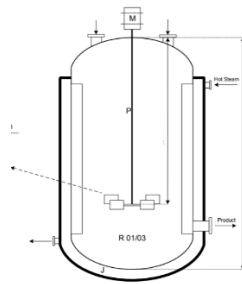
$$= 41181 \text{ gallon}$$

$$\text{Viskositas cairan yang diaduk} = 18,8591 \text{ cP}$$

$$= 0,012 \text{ lb/ft.s}$$

a. Dimensi Pengaduk

Dilihat dari nilai viskositas cairan, maka pengaduk mixer dapat dipilih jenis marine propeller 3 blade. Dasar pemilihan untuk pengadukan dikarenakan cocok untuk viskositas yang rendah. Dari *Brown 1978* diperoleh data:



$D_t/D_i =$	3			
$Z_i/D_i =$	2,7 - 3,9	=	3,0	
$Z_i/D_i =$	0,75 - 1,3	=	1,00	
$w_b/D_i =$	0,1			
$L/D_i =$	2			
$D_t =$	229,7478	in	=	5,8356 m
Jumlah baffle	4			

Keterangan:

$D_i =$ diameter pengaduk

$D_t =$ diameter dalam reaktor

$Z_L =$ tinggi cairan dalam reaktor

$w_b =$ lebar baffle

$Z_i =$ jarak pengaduk dari dasar tangki

$L =$ lebar pengaduk

Maka diperoleh,

- $D_i = D_t/3$
 $= 76,58 \text{ in}$
 $= 1,94 \text{ m} = 6,34 \text{ ft}$
- $Z_L = D_i \times 3$
 $= 229,747 \text{ in}$

$$= 5,8 \text{ m} = 19,14 \text{ ft}$$

- $Z_i = D_i \times 1$

$$= 76,58 \text{ in}$$

$$= 1,94 \text{ m} = 6,38 \text{ ft}$$

- $W_b = D_i \times 0,1$

$$= 7,658 \text{ in}$$

$$= 0,19 \text{ m} = 0,638 \text{ ft}$$

- $L = D_i \times 2$

$$= 153,16 \text{ in}$$

$$= 3,89 \text{ m} = 12,76 \text{ ft}$$

b. Menentukan jumlah impeller

$$sg = \frac{\rho_{\text{Cairan}}}{\rho_{\text{Air}}}$$

$$Sg = 0,861$$

$$WELH = h_{\text{Cairan}} \cdot sg$$

$$WELH = 5,020 \text{ m}$$

$$= 16,470 \text{ ft}$$

$$\Sigma_{\text{Impeller}} = \frac{WELH}{D}$$

$$\Sigma \text{ Impeller} = 0,860$$

Didapat jumlah impeller sebanyak 1 buah.

c. Menentukan Putaran Pengaduk

$$\frac{WELH}{2 DI} = \left(\frac{\pi DI N}{600} \right)^2$$

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

$$N = 34,012 \text{ rpm}$$

$$= 0,567 \text{ rps}$$

Jenis motor : dipilih tipe fixed speed belt (paling ekonomis, mudah dalam pemasangan dan perbaikan)

Kecepatan standart pengaduk = 37 rpm

$$= 0,617 \text{ rps}$$

d. Menentukan Power Pengaduk

	$\rho =$	53,7419	lb/ft ³
	$\mu =$	0,01267271	lb/ft.s
	$Di =$	6,3818	ft
	$N =$	0,567	rps

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

$$Re = 97906,9157 \text{ rps}$$

Dengan menggunakan fig. 477 *Brown* pg. 507, 1978, diperoleh $N_p = 7$

$$Pa = N_p \cdot \rho \cdot Ni^3 \cdot Di^5$$

Dimana:

N_p = power number = 7

ρ = densitas campuran = 860,8616 kg/m³

Di = diameter pengaduk = 1,9452 m

Ni = kecepatan putar pengaduk = 0,6167 rps

Didapat, $P_a = 39355,5936$ watt

$$= 39,3556 \text{ kW}$$

$$= 52,7767 \text{ hP}$$

Maka efisiensi motor adalah 80% (fig. 14 38 timmerhaus pg. 521)

$$\text{sehingga } P = \frac{52,7767}{80\%} = 58,64 \text{ hP}$$

Dipilih power standar = 60 hP (standar NEMA, Rase & Barrow, 1957, p.358)

8. Perancangan Pendingin

a. Neraca panas

	Kj/jam	Kj/jam
Qin	4.383.324.73	
Qout		4.33.660.45
Qreaksi	1.165.072.708	
Qpendingin		1.165.222.372
TOTAL	1.169.456.033	1.169.456.033

b. Menghitung ΔT LMTD

Suhu fluida panas masuk = $100^\circ\text{C} = 212^\circ\text{F}$

Suhu fluida panas keluar = $100^\circ\text{C} = 212^\circ\text{F}$

Suhu fluida dingin masuk = $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$

Suhu fluida dingin keluar = $40^\circ\text{C} = 104^\circ\text{F}$

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

$$\Delta T_{LMTD} = 116,7688655 \text{ } ^\circ\text{F}$$

c. Menentukan Jenis Pendingin

- Menentukan luas transfer panas

Untuk fluida panas *heavy organics* (viskositasnya di atas 1 cP) dan fluida dingin air, nilai UD = 5-75 Btu/ft².°F. jam (*Kern table 8 pg 840*)

Dipilih UD = 75 Btu/ft².°F. jam

$$Q_w = 1.165.222.372 \text{ kJ/jam} = 1104630809 \text{ Btu/jam}$$

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

$$A = 126133,0297 \text{ ft}^2$$

- Menentukan luas selubung reaktor

$$L = \pi D L$$

$$L = 220,756625 \text{ m}^2$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pendingin yang digunakan adalah “JAKET” karena luas perpindahan panas yang tersedia (luas selimut) lebih besar daripada luas transfer panas yang dibutuhkan.

d. Perancangan Jaket

- Menghitung volume air pendingin

$$V \text{ air pendingin} = \frac{m \text{ air pendingin}}{\rho \text{ air pendingin}} = 28091,185 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Menghitung diameter jaket

$$\begin{aligned} \text{Diameter dalam jaket (D1)} &= DR + (2ts) = 5,8673 \text{ m} \\ &= 230,997 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi jaket} = \text{tinggi shell} = 8,7534 \text{ m} = 344,621 \text{ in}$$

$$\text{Diameter luar jaket (D2)} = D1 + (2 \times \text{jarak jaket})$$

$$\text{Asumsi jarak jaket} = 5 \text{ in}$$

$$D2 = 6,1213 \text{ m} = 240,997 \text{ in}$$

- Menentukan kecepatan alir pendingin (v)

$$\begin{aligned} &\text{Luas yang dilalui air pendingin (A)} \\ &A = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_1^2) \end{aligned}$$

$$A = 2,39042 \text{ in}^2$$

$$= 0,00154 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{V}{A}$$

$$v = 18219450,54 \text{ m/jam}$$

- Menentukan tebal jaket

$$H \text{ jaket} = 8,7534 \text{ m}$$

$$= 28,7184 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ air} = 62,4 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_{hidrostatik} = \frac{H-1}{144} * \rho_{air}$$

$$P_{hidrostatik} = 12,011 \text{ psia}$$

$$P_{desain} = P_{operasi} + P_{hidrostatik}$$

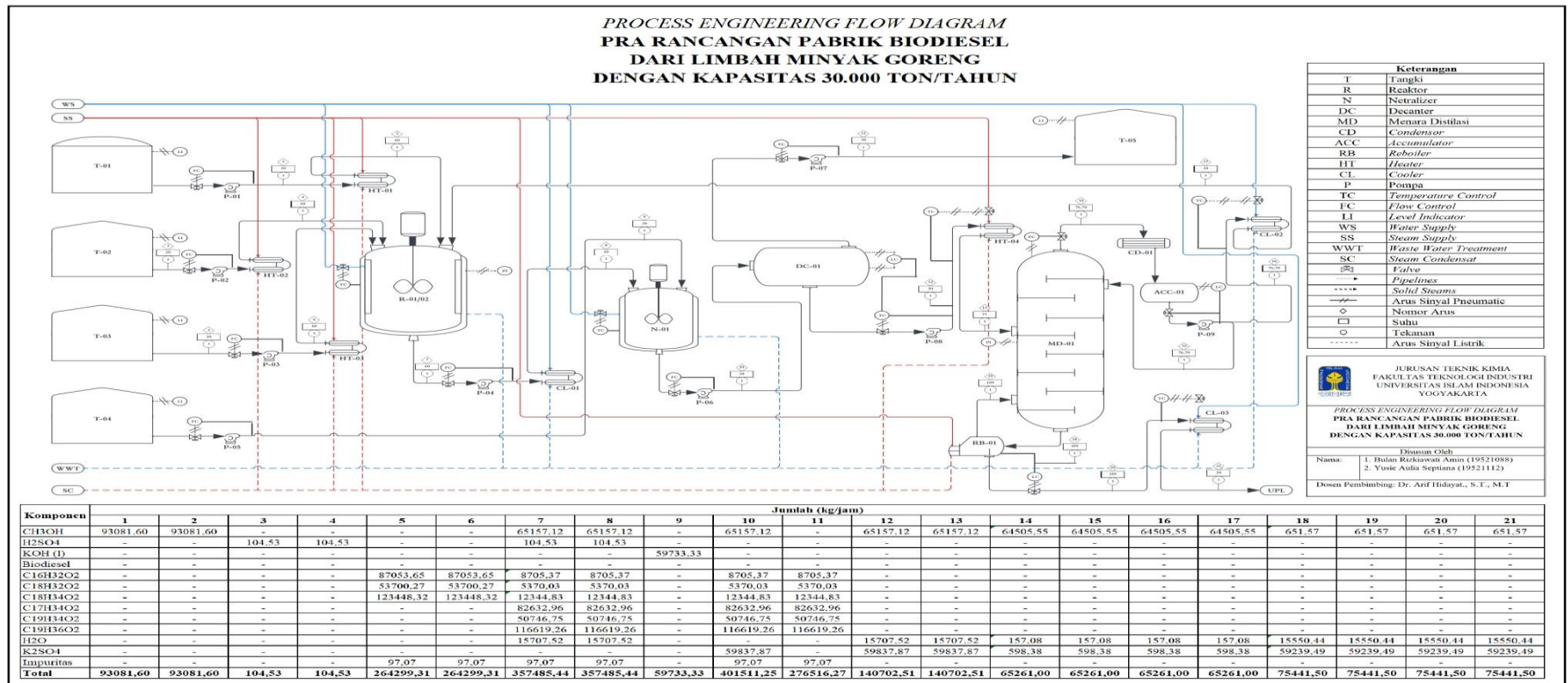
$$= 26,7113 \text{ psia}$$

$$t_j = \frac{P_{desain} \cdot D_2}{fE - 0,6P_{desain}} + C$$

$$t_j = 0,5546 \text{ in}$$

dipakai tebal jaket standar = 0,25 atau ¼ in

LAMPIRAN B



LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Bulan Rizkiawati Amin
No.MHS : 19521088
2. Nama Mahasiswa : Yusie Aulia Septiana
Judul Prarancangan :
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI LIMBAH MINYAK
GORENG
- Mulai Masa Bimbingan : 13 Maret 2023
Batas Akhir Bimbingan : 13 September 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	15 Maret 2023	Konsultasi Judul	
2	20 Maret 2023	Tahap Awal Merancang Pabrik	
3	24 Maret 2023	Penentuan Proses dan Diagram Alir	
4	03 April 2023	Konsultasi Kapasitas	
5	08 Mei 2023	Konsultasi Neraca Massa	
6	19 Mei 2023	Konsultasi Reaktor	
7	02 Juni 2023	Konsultasi Netralizer	
8	14 Juni 2023	Konsultasi Decanter	
9	21 Juni 2023	Konsultasi Alat Pemisah	
10	27 Juni 2023	Konsultasi Alat Transfer Panas	
11	03 Juli 2023	Konsultasi Alat Penyimpanan Bahan	
12	13 Juli 2023	Konsultasi Transportasi Bahan	

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 31 Agustus 2023
Pembimbing,


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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Bulan Rizkiawati Amin
 No.MHS : 19521088
2. Nama Mahasiswa : Yusie Aulia Septiana
 Judul Prarancangan :
 PRA RANCANGAN PABRIK BODIESEL DARI LIMBAH MINYAK
 GORENG
- Mulai Masa Bimbingan : 13 Maret 2023
 Batas Akhir Bimbingan : 13 September 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	15 Maret 2023	Konsultasi Judul	
2	20 Maret 2023	Tahap Awal Merancang Pabrik	
3	24 Maret 2023	Penentuan Proses dan Diagram Alir	
4	03 April 2023	Konsultasi Kapasitas	
5	08 Mei 2023	Konsultasi Neraca Massa	
6	19 Mei 2023	Konsultasi Reaktor	
7	02 Juni 2023	Konsultasi Netralizer	
8	14 Juni 2023	Konsultasi Decanter	
9	21 Juni 2023	Konsultasi Alat Pemisah	
10	27 Juni 2023	Konsultasi Alat Transfer Panas	
11	03 Juli 2023	Konsultasi Alat Penyimpanan Bahan	
12	13 Juli 2023	Konsultasi Transportasi Bahan	

Disetujui Draft Penulisan :
 Yogyakarta, 31 Agustus 2023
 Pembimbing,

Dr. Ari Hidayat, S.T., M.T.