

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK  
PAGAR DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI  
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

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



**Disusun Oleh:**

<b>Nama</b>	<b>: Kurniasih</b>	<b>Nama</b>	<b>: Satrio Wijaya</b>
<b>No. Mahasiswa</b>	<b>: 14521148</b>	<b>No. Mahasiswa</b>	<b>: 14521308</b>

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2018**

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK BODIESEL DARI MINYAK JARAK

PAGAR DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI

KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Kurniasih Nama : Satrio Wijaya  
No. Mahasiswa : 14521148 No. Mahasiswa : 14521308

Yogyakarta, 2 Oktober 2018

Pembimbing,



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

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PRA RANCANGAN PABRIK BODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Kurniasih  
No. Mahasiswa : 14521148

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

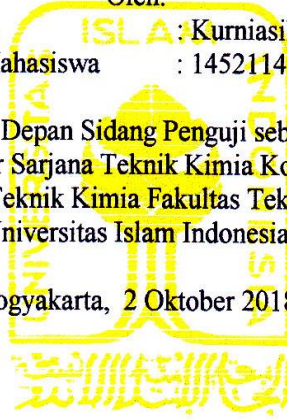
Yogyakarta, 2 Oktober 2018

Tim Penguji

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

Dra. Kamariah, M.S  
Anggota I

Tintin Mutiara, S.T.,M.Eng  
Anggota II



*Arif Hidayat*  
*Kamariah*  
*Tintin Mutiara*

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



*Suharno Rusdi*  
Suharno Rusdi

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PRA RANCANGAN PABRIK BODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Satrio Wijaya Junior  
No. Mahasiswa : 14521308

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 2 Oktober 2018

Tim Penguji

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

Dra. Kamariah, M.S  
Anggota I

Tintin Mutiara, S.T.,M.Eng  
Anggota II



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi

## **Kata Pengantar**

Segala puji, syukur, hormat, dan kemuliaan hanya bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat karunia-Nya untuk kami dalam menulis dan menyelesaikan tugas akhir kami yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dengan Proses Transesterifikasi Kapasitas 15.000 Ton/Tahun”. Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, kami banyak mendapat bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari beberapa pihak. Oleh karena itu, kami haturkan terima kasih kepada :

1. Dr. Arif Hidayat selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan tenaga nya untuk membimbing kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Orang tua, keluarga, dan sahabat-sahabat yang selalu memberikan perhatian dan dukungan nya kepada kami.

Kami menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna sehingga kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya dan bisa dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 30 Agustus 2018

Penulis

## Daftar Isi

<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....</b>	<b>v</b>
<b>Kata Pengantar .....</b>	<b>vi</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>vii</b>
<b>Daftar Tabel.....</b>	<b>xii</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>xiv</b>
<b>Daftar Lampiran.....</b>	<b>xv</b>
<b>Abstrak.....</b>	<b>xvii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.1.1 Potensi Minyak Jarak Pagar ( <i>Jatropha curcas</i> ) .....	2
1.1.2 Kebutuhan Biodiesel.....	3
1.2 Tinjauan Pustaka .....	5
1.2.1 Minyak Jarak Pagar ( <i>Jatropha curcas</i> ).....	5
1.2.2 Biodiesel .....	7
1.2.3 Macam-macam Proses.....	11
A. Esterifikasi .....	11
B. Reaksi Transesterifikasi .....	12

1.3	Penentuan Kapasitas Pabrik .....	13
1.3.1	Kebutuhan Biodiesel dalam Negeri .....	14
1.3.2	Kapasitas Komersial .....	19
1.3.3	Ketersediaan Bahan Baku .....	20
<b>BAB II PERANCANGAN PRODUK.....</b>		<b>21</b>
2.1	Spesifikasi Produk .....	21
2.1.1	Biodiesel .....	21
2.1.2	Gliserol.....	21
2.2	Spesifikasi Bahan Baku .....	22
2.2.1	Minyak Jarak (Jarthropa Curcas) .....	22
2.2.2	Methanol .....	23
2.3	Spesifikasi Katalis .....	23
2.3.1	Natrium Hidroksida .....	23
2.4	Pengendalian Kualitas.....	24
2.4.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	24
2.4.2	Pengendalian Kualitas Produk .....	24
2.4.3	Pengendalian Proses .....	25
<b>BAB III PERANCANGAN PROSES .....</b>		<b>26</b>
3.1	Uraian Proses.....	26
3.1.1	Tahap persiapan Bahan Baku .....	26
3.1.2	Tahap Pembentukan Produk .....	27
3.1.3	Tahap Pemurnian Produk.....	28
3.2	Spesifikasi Alat.....	29

3.2.1	Spesifikasi Alat Proses.....	29
3.2.2	Tangki Penyimpanan Produk.....	48
3.2.3	Pompa Alir.....	50
3.3	Perencanaan Produksi.....	56
3.3.1	Analisis Kebutuhan Bahan Baku.....	56
3.3.2	Analisis Kebutuhan Alat Proses.....	57
<b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....</b>		<b>58</b>
4.1	Lokasi Pabrik.....	58
4.1.1	Faktor – Faktor Utama.....	58
4.1.2	Faktor – Faktor Khusus.....	60
4.2	Tata Letak Pabrik.....	65
4.3	Tata Letak Alat Proses.....	69
4.4	Alir Proses dan Material.....	71
4.4.1	Neraca Massa.....	71
4.4.2	Neraca Panas.....	76
4.5	Pelayanan Teknik (Utilitas).....	84
4.5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	84
4.5.2	Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System).....	93
4.5.3	Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ).....	94
4.5.4	Unit Penyedia Udara Instrumen ( <i>Instrument Air System</i> ).....	98
4.5.5	Unit Penyedia Bahan Bakar.....	98
4.5.6	Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan.....	98
4.6	Organisasi Perusahaan.....	101



4.6.1 Bentuk Hukum Badan Usaha .....	101
4.6.2 Struktur Organisasi Perusahaan.....	103
4.6.3 Tugas dan Wewenang .....	104
4.6.4 Pembagian Jam Kerja .....	110
4.6.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji.....	112
4.7 Evaluasi Ekonomi.....	117
4.7.1 Harga Alat .....	118
4.7.2 Perhitungan Biaya .....	122
4.7.3 General Expense .....	123
4.7.4 Analisa Kelayakan.....	123
<b>4.7.5 Hasil Perhitungan .....</b>	<b>127</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>135</b>
5.1 Kesimpulan .....	135
5.2 Saran .....	137
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>138</b>
<b>LAMPIRAN A .....</b>	<b>A-1</b>
OPTIMASI REAKTOR.....	A-1
<b>LAMPIRAN B.....</b>	<b>B-1</b>
PERANCANGAN REAKTOR .....	B-1

## Daftar Tabel

Tabel 1.1 Data pemasaran minyak dalam negeri (kiloliter) .....	2
Tabel 1.2 Kebutuhan biodiesel di Indonesia .....	4
Tabel 1.3 Kandungan Asam Lemak Pada Minyak Jarak Pagar .....	6
Tabel 1.4 Sifat Fisis dan kimia Minyak Jarak Pagar .....	7
Tabel 1.5 Ciri-ciri Biodiesel.....	10
Tabel 1.6 standar SNI Biodiesel .....	11
Tabel 1.7 Data Impor Biodiesel di Indonesia.....	14
Tabel 1.8 Data Produksi Biodiesel di Indonesia .....	16
Tabel 1.9 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia .....	17
Tabel 1.10 Konsumsi Biodiesel di Indonesia.....	18
Tabel 1.11 Kapasitas Pabrik Biodiesel Indonesia .....	19
Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan Baku .....	57
Tabel 4.1 Perincian luas tanah bangunan pabrik .....	67
Tabel 4.2 Neraca massa pada Mixer .....	71
Tabel 4.3 Neraca massa pada Reaktor Transesterifikasi.....	71
Tabel 4.4 Neraca massa pada Netralizer .....	72
Tabel 4.5 Neraca massa pada Dekanter 1 .....	73
Tabel 4.6 Neraca massa pada Washing Tower.....	73
Tabel 4.7 Neraca massa pada Dekanter II.....	74
Tabel 4.8 Neraca massa pada Evaporator I.....	74
Tabel 4.9 Neraca massa pada Evaporator II.....	75

Tabel 4.10 Neraca Panas pada Mixer .....	76
Tabel 4.11 Neraca panas pada Reaktor Transesterfikasi .....	76
Tabel 4.12 Neraca panas pada Netralizer .....	77
Tabel 4.13 Neraca panas pada Dekanter I.....	78
Tabel 4.14 Neraca panas pada Washing Tower .....	79
Tabel 4.15 Neraca panas pada Dekanter II .....	80
Tabel 4.16 Neraca panas pada Evaporator I.....	80
Tabel 4.17 Neraca panas pada Evaporator II .....	81
Tabel 4.18 Syarat air umpan boiler.....	85
Tabel 4.19 Kebutuhan air pembangkit steam.....	92
Tabel 4.20 Kebutuhan air pembangkit proses .....	93
Tabel 4.21 Kebutuhan listrik alat proses.....	95
Tabel 4.22 Kebutuhan listrik utilitas.....	96
Tabel 4.23 Jadwal kerja karyawan shift .....	112
Tabel 4.24 Penggolongan jabatan.....	112
Tabel 4.25 Jumlah karyawan tiap divisi.....	113
Tabel 4.26 Penggolongan gaji berdasarkan jabatan .....	114
Tabel 4.27 Indeks harga tiap tahun.....	118
Tabel 4.28 Harga alat pada tahun 2019.....	120
Tabel 4.29 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....	127
Tabel 4.30 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI) .....	127
Tabel 4.31 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	128
Tabel 4.32 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	128

Tabel 4.33 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC) .....	129
Tabel 4.34 <i>Total Manufacturing Cost</i> (FMC) .....	129
Tabel 4.35 <i>Total Working Capital</i> (TWC) .....	129
Tabel 4.36 <i>General Expense</i> (GE).....	130
Tabel 4.37 <i>Total Production Cost</i> (TPC).....	130
Tabel 4.38 <i>Fixed Cost</i> (Fa).....	130
Tabel 4.39 <i>Variable Cost</i> (Va) .....	131
Tabel 4.40 <i>Regulated Cost</i> (Ra) .....	131

## Daftar Gambar

Gambar 1.1 Tanaman jarak pagar ( <i>Jatropha curcas L</i> ).....	5
Gambar 1.2 Reaksi pembentukan metil ester.....	9
Gambar 1.3 Reaksi Esterifikasi .....	12
Gambar 1.4 Reaksi Transesterifikasi .....	13
Gambar 1.5 Grafik Impor Biodiesel di Indonesia .....	15
Gambar 1.6 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia .....	16
Gambar 1.7 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia.....	17
Gambar 1.8 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia .....	19
Gambar 3.1 Proses pembentukan <i>Metil ester</i> .....	27
Gambar 4.1 Lokasi pembangunan pabrik .....	63
Gambar 4.2 Layout pabrik skala 1:1000 .....	68
Gambar 4.3 Tata letak alat pabrik biodiesel dari minyak jarak.....	70
Gambar 4.4 alir kualitatif pabrik biodiesel proses transesterifikasi .....	82
Gambar 4.5 Diagram alir kuantitatif pabrik biodiesel proses transesterifikasi .....	83
Gambar 4.6 Struktur Organisasi Perusahaan.....	116
Gambar 4.7 Grafik tahun vs indeks harga.....	119
Gambar 4.8 Nilai SDP dan BEP.....	134

## Daftar Lampiran

Lampiran A .....	A-1
Lampiran B .....	B-1

## Abstrak

Kebutuhan akan sumber daya energi di setiap lini kehidupan di era globalisasi seperti sekarang ini seperti tidak terelakan lagi, ketergantungan manusia terhadap minyak bumi pun menjadi semakin besar dan membuat semakin menipisnya jumlah cadangan minyak bumi. Energi alternatif yang dapat di daur ulang (*Renewable Energy*) menjadi solusi terhadap menipisnya minyak bumi, biodiesel merupakan salah satu nya. Biodiesel merupakan minyak yang berasal dari bahan-bahan alam seperti minyak nabati, lemak hewani, dan tumbuhan non pangan.

Minyak jarak pagar (*Jathropa curcas L*) merupakan salah satu minyak nabati yang dapat menghasilkan biodiesel dengan proses transesterifikasi. Pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar dengan kapasitas 15.000 ton/tahun direncanakan akan dibangun di daerah Klaten, Jawa Tengah, dengan menggunakan bahan baku minyak jarak pagar sebanyak 152369.4575 ton/tahun dan methanol sebanyak 49115.5661 ton/tahun. Perhitungan evaluasi ekonomi pabrik menghasilkan *Break Event Point* (BEP) sebesar = 42.28 % dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar = 21.57%.

Dengan data-data yang diberikan tersebut, pendirian pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar kapasitas 15.000 ton/tahun menarik untuk dikaji lebih lanjut. Guna menunjang kebutuhan biodiesel di Indonesia.

Kata-kata kunci : Biodiesel, minyak jarak pagar, proses transesterifikasi

## Abstract

The need for energy resources in every line of life in the era of globalization as it is now as inevitable, human dependence on oil becomes even greater and makes the depletion of the amount of petroleum reserves. Alternative energy that can be recycled (Renewable Energy) is the solution to the depletion of petroleum, biodiesel is one of them. Biodiesel is an oil derived from natural materials such as vegetable oil, animal fat, and non-food plants.

Jatropha oil (*Jathropa curcas L*) is one of vegetable oils that can produce biodiesel with the transesterification process. The biodiesel plant from *Jatropha curcas* oil with a capacity of 15,000 tons / year is planned to be built in the Klaten area, Central Java, using 152369.4575 tons / year of jatropha oil and methanol as much as 49115,5661 tons / year. The factory economic evaluation calculation produces a Break Event Point (BEP) = 42.28% and Shut Down Point (SDP) = 21.57%.

With the data provided, the establishment of a biodiesel plant from jatropha oil with a capacity of 15,000 tons / year is interesting to be studied further. To support the needs of biodiesel in Indonesia.

Key words : Biodiesel, Jatropha oil, transesterification process



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Manusia dan kebutuhan energy yang semakin meningkat. Masyarakat Indonesia selama ini menggantungkan kebutuhan energy bahan bakar minyak (BBM) yang bersumber pada energy minyak bumi/fosil. Padahal semakin hari kebutuhan energy fosil semakin meningkat sedangkan cadangan energy fosil/minyak bumi semakin berkurang. Berdasarkan data Automotive Diesel Oil, konsumsi bahan bakar minyak Indonesia telah melebihi produksi dalam negeri sejak tahun 1995 dan diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 5-10 tahun. Fakta lain juga menyebutkan, bahwa Indonesia sudah menjadi net importir minyak (solar) dari tahun 2005 (Susilo, 2006).

Maju nya ilmu pengembangan dan teknologi dalam penggunaan motor diesel pada industry sangat membantu dalam menangani permasalahan energy. Salah satu cara untuk tetap bisa memenuhi kebutuhan akan sumber daya energy/ bahan bakar yaitu dengan mengembangkan energy alternatif. Penggunaan energy alternatif seperti biodiesel merupakan salah satu solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan ini.

Kebutuhan akan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia semakin meningkat, maka dari itu perlu adanya alternative untuk memenuhi kebutuhan BBM yang semakin meningkat, dengan adanya alternative

diharapkan kebutuhan akan BBM dalam hal ini adalah diesel akan terpenuhi.

Data kebutuhan BBM di Indonesia selama beberapa periode terakhir

Tabel 1.1 Data pemasaran minyak dalam negeri (kiloliter)

Jenis BBM	2012	2013	2014	2015	2016
Bensin	16616343	19226083	21335314	23929379	26447230
Minyak Tanah	9099893	7901595	4779818	2845486	2984939
Minyak Solar	24780885	26999434	26691227	27653973	26391275
Minyak Diesel	675008	180997	145192	167733	133589
Minyak Bakar	3933074	4969526	4480563	4316705	3904580

Sumber: Kementerian ESDM

### 1.1.1 Potensi Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

Pengembangan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*), sebagai bahan baku biodiesel mempunyai potensi yang sangat besar karena selain menghasilkan minyak dengan produktivitas tinggi yaitu sekitar 1.590 kg/1.892 liter minyak/ha/tahun, juga dapat berfungsi sebagai pengendali erosi serta memperbaiki tanah (Syah,2006).

Minyak biji jarak pagar secara kimia terdiri dari trigliserida yang berantai asam lemak lurus (tidak bercabang) dengan atau tanpa ikatan rangkap. Minyak ini tidak termasuk dalam kategori minyak makan (edible oil) sehingga pemanfaatan minyak jarak sebagai bahan baku biodiesel tidak

mengganggu penyediaan kebutuhan minyak makan nasional, yaitu kebutuhan industri oleokimia dan ekspor crude palm oil (CPO).

Biodiesel jarak pagar menghasilkan 0,8 x liter, sehingga jarak pagar potensial dapat menghasilkan  $0,8 \times 1.892 \text{ liter} = 1.514 \text{ liter}$  biodiesel/ha/tahun. Sementara sebagian bungkil biji akan didetoksifikasi untuk dijadikan pakan ternak dan kulit biji serta sisa bungkil biji akan diproses menjadi biogas. Produk sampingnya ialah gliserol yang banyak digunakan dalam industri cat, farmasi, pasta gigi, kosmetika dan lain – lain.

### **1.1.2 Kebutuhan Biodiesel**

Biodiesel merupakan mono alkyl ester yang terbuat dari minyak tumbuh-tumbuhan (minyak nabati). Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel dapat berasal dari kacang kedelai, kelapa sawit, padi, jagung, jarak pagar, papaya dan banyak lagi melalui proses transesterifikasi (Mardiah, Agus Widodo, Efi Trisningwati, dan Aries Purijatmiko, 2006).

Bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan minyak diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah dan angka setana antara 57-62, terbakar sempurna dan tidak beracun.

Diperkirakan penggunaan BBM kan meningkat dari 72.9 juta kiloliter pada tahun 2015 menjadi 90 juta kiloliter pada tahun 2019 atau rata-rata sebesar 5.4 % per tahun (BPPT Indonesia Energy Outlook 2014).

Tabel 1.2 Kebutuhan biodiesel di Indonesia

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Beginning Stocks	18	15	81	38	40	55	7	57	34	34
Production	630	330	740	1800	2200	2800	3000	1180	2450	2600
Import	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exports	610	204	563	1440	1515	1800	1350	343	200	100
Consumption	23	60	220	358	670	1048	1600	860	2250	2400
Ending Stocks	15	81	38	40	55	7	57	34	34	134

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

- a. Memenuhi kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia
- b. Tersedianya bahan baku minyak jarak dan baha baku alinnya didalam negeri, seperti dari PT Alegria Indonesia di Malang, PT Kaltim Metanol Industri di Bontang dan lainnya yang tentunya menjadikan harga bahan baku relatif lebih murah.
- c. Kapasitas dari kebutuhan biodiesel pada tahun 2023 akan naik menjadi 17 juta kilo liter.
- d. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor BBM dadri luar negeri, sehingga dapat mengemat devisa negara.
- e. Dari segi social ekonomi, pendirian pabrik biodiesel ini dapat menyerap tenaga kerja dan meningkatnya perekonomian masyarakat, khususnya masyarakat yang tinggal disekitar pabrik.

Dengan memperhatikan hal-hal diatas, maka pendirian pabrik Biodiesel di Indonesia merupaka gagasan yang perlu dikaji lebih lanjut sebagai investasi yang menguntungkan di masa yang akan datang.

## 1.2 Tinjauan Pustaka

### 1.2.1 Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

Tanaman jarak pagar termasuk famili *Euphorbiaceae*, satu famili dengan karet dan ubi kayu. Pohonnya berupa perdu dengan tinggi tanaman antara 1–7 m, bercabang tidak teratur (Gambar 1.1). Batangnya berkayu, silindris, bila terluka mengeluarkan getah. Daunnya berupa daun tunggal, berlekuk, bersudut 3 atau 5, tulang daun menjari dengan 5 – 7 tulang utama, warna daun hijau (permukaan bagian bawah lebih pucat dibanding bagian atas). Panjang tangkai daun antara 4 – 15 cm (www.ristek.go.id, 2005).



Gambar 1.1 Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L)

Bunga tanaman jarak berwarna kuning kehijauan, berupa bunga majemuk berbentuk malai, berumah satu. Bunga jantan dan bunga betina tersusun dalam rangkaian berbentuk cawan, muncul di ujung batang atau ketiak daun. Buah berupa buah kotak berbentuk bulat telur, diameter 2 – 4 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan kuning jika masak. Buah jarak terbagi 3 ruang yang masing – masing ruang diisi 3 biji. Biji berbentuk bulat

lonjong, warna coklat kehitaman. Biji inilah yang banyak mengandung minyak dengan rendemen sekitar 30 – 40 % (www.ristek.go.id, 2005)

Minyak jarak pagar diperoleh dari biji jarak dengan metode pengempaan atau dengan ekstraksi pelarut. Minyak jarak pagar tidak dapat dikonsumsi manusia karena mengandung racun yang disebabkan adanya senyawa ester forbol (Syah, 2006). Komponen asam lemak bebas terbanyak dalam minyak jarak adalah asam oleat. Kandungan asam lemak bebas pada jarak pagar dapat dilihat pada table 1.3

Tabel 1.3 Kandungan Asam Lemak Pada Minyak Jarak Pagar

Jenis Asam Lemak Bebas	Komposisi (%)
Asam mirisat	0 - 0.1
Asam palmitate	14.1 - 15.3
Asam stearate	3.7 - 9.8
Asam arachidic	0-0.3
Asam behedic	0 - 0.2
Asam palmitoleat	0 - 1.3
Asam oleat	34.3 - 45.8
Asam linolenat	29 - 44.2

Sumber : Syah, 2006

Tabel 1.4 Sifat Fisis dan kimia Minyak Jarak Pagar

Sifat-Sifat	Nilai		
	a)	b)	c)
Viskositas	u-v (6.3-8.8 st) (Gardner-Hold, 25°C)	9.5-10 Poise (20°C)	17.1-52 cSt (30°C)
Bobot Jenis	0.967-0.963 (20/20°C)	0.958-0.969 (15.5°C)	0.920 g/cm <sup>3</sup> (15°C)
Bobot Molekul	-	298	-
Bilangan Asam	0.4-4.0	4.0 (max)	3.5 ±0.1
Bilangan Penyabunan	176-181	177-187	-
Fraksi Tak Tersabunkan (%)	0.7	1 (max)	-
Bilangan Iod (Wijs)	82-88	82-90	105.2±0.7
Warna (Appearance)	Tidak lebih gelap dari 3' (Gardner max)	2.2-0.3 R (max)	-
Indeks Bias	1.477-1.478 (25°C)	1.477-1.481 (20°C)	-
Kelarutan dalam alkohol 20°C	Jernih (Tidak keruh)	-	-
Bilangan hidroksil	-	156	-
Bilangan Asetil	145-154	140 (minimal)	-
Titik Nyala (Taq close cup), °C	230	-	240
Titik Nyala (Claveland Open Cup), °C	285	-	-
Suhu Pembakaran, °C	499	-	-
Titik Api, °C	322	-	-
Titik Tuang	-	18°C	-
Putaran Optik	7.5-9.0	-	-
Titik Leleh, °C	-33	5	-
Tegangan permukaan pada 20°C, dyne/cm <sup>2</sup>	39.9	-	-

a) Bailey (1950), b) Salunkhe et al., (1992), c) Akintayo, 2003

### 1.2.2 Biodiesel

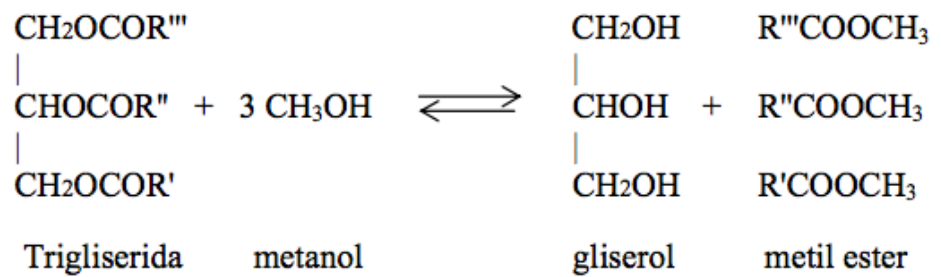
Biodiesel atau methyl ester merupakan sumber energi alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, tidak mengandung sulfur dan tidak beraroma. Biodiesel dapat digunakan baik secara alami maupun dicampur dengan petrodiesel tanpa terjadi perubahan pada mesin yang menggunakannya.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

mendatang, biodiesel memiliki keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi lainnya, yaitu lebih mudah ditransportasikan, memiliki kerapatan energi per volume yang lebih tinggi, memiliki karakter pembakaran relatif bersih, biaya produksi rendah, dapat diperbaharui (renewable), dapat terurai (biodegradable), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk kelompok minyak tidak mengering (non-drying oil), mampu mengurangi emisi karbondioksida dan efek rumah kaca. Biodiesel juga bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap (smoke number) rendah, terbakar sempurna (clean burning), dan tidak menghasilkan racun (non toxic). Secara teknis biodiesel memiliki kinerja yang lebih baik dari pada solar. Solar yang dicampur biodiesel memberikan angka setana (cetane number) yang lebih tinggi hingga 62. Sebagai perbandingan, solar biasa memberikan angka setana 48. Semakin tinggi angka setana maka akan semakin aman emisi gas buangnya.

Biodiesel dapat dihasilkan dengan mereaksikan minyak tanaman dengan alcohol. Sumber alcohol yang didapat bermacam-macam. Apabila direaksikan dengan methanol maka akan menghasilkan metil ester, apabila direaksikan dengan etanol maka akan menghasilkan etil ester. Methanol lebih banyak digunakan sebagai sumber alcohol karena rantainya lebih pendek, lebih polar dan harganya lebih murah dari alcohol lainnya (Ma dan Hanna, 2001). Menggunakan zat basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga akan dihasilkan dua zat yang disebut alkil ester



(umumnya methyl atau ethyl ester) dan gliserin/gliserol. Katalis basa yang umum digunakan yaitu KOH dan NaOH. Proses reaksi diatas biasa disebut dengan proses “transesterifikasi”. Methyl ester yang didapat perlu dimurnikan untuk mendapatkan biodiesel yang bersih.



Gambar 1.2 Reaksi pembentukan metil ester

Metil ester yang diproduksi harus sesuai dengan standar biodiesel. Legowo *et al* (2001), menyebutkan ciri biodiesel secara umum meliputi densitas, viskositas kinematic, bilangan setana, kalor pembakaran, titik tuang, titik pijar, dan titik awan. Table 1.5 menunjukkan ciri biodiesel secara umum.

Tabel 1.5 Ciri-ciri Biodiesel

Parameter	Nilai
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0.85 – 0.90
Viskositas kinematic	3.5 – 5.8
Bilangan setana	46 - 70
Kalor pembakaran (kJ/g)	36.5- 41.8
Titik pijar (°C)	120 - 191
Titik tuang (°C)	-15 - 13
Titik awan (°C)	-11 - 16

Sumber : Legowo *et al.*, 2001

Bilangan asam adalah berat KOH (dalam mg) yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas dari satu gram minyak atau lemak (Lang *et al.*, 2001). Asam lemak bebas pada biodiesel dapat beraksi dengan sisa katalis dan membentk sabun, hal ini dapat menyebabkan terbentuknya abu saat pembakaran biodiesel (Van Gerpen *et al.*, 1996). Bilangan asam yang diperoleh dalam ASTM D 664 tidak lebih dari 0.8 mg KOH/g.

Tabel 1.6 standar SNI Biodiesel

Parameter Uji	Satuan	Persyaratan	Metode Uji
Massa jenis pada 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850 - 890	ASTM D 1298
Air dan sedimen	% volume	Maks. 0.050	ASTM D 2709
Residu karbon	% massa	Maks. 0.050	ASTM D 4530
Abu tersulfat	% massa	Maks. 0.020	ASTM D 874
Viskositas kinematic (40°C)	mm <sup>2</sup> /s	2.3 – 6.0	ASTM D 445
Sulfur	mg/kg	Maks. 100	ASTM D 5453
Fosfor	mg/kg	Maks. 10	AOCS Ca 12-55
Bilangan asam	mg KOH/g	Maks. 0.50	AOCS Cd 3d-63
Gliserol bebas	% massa	Maks. 0.20	AOCS Ca 14-56
Gliserol total	% massa	Maks. 0.24	AOCS Ca 14-56
Kadar metil ester	% massa	Min. 96.5	
Angka iodin	% massa	Maks. 115	AOCS Cd 1-25

Sumber : Knothe, 2002

### 1.2.3 Macam-macam Proses

#### A. Esterifikasi

Esterifikasi adalah reaksi antara metanol dengan asam lemak bebas membentuk metil ester menggunakan katalis asam. Katalis asam yang sering digunakan adalah asam kuat seperti asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan asam klorida (HCl). Reaksi esterifikasi tidak hanya mengkonversi asam lemak

bebas menjadi metil ester tetapi juga menjadi trigliserida walaupun dengan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa (Freedman et al., 1998). Faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi adalah jumlah pereaksi, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air pada minyak. Metil ester hasil reaksi esterifikasi harus bebas air dan sisa katalis sebelum reaksi transesterifikasi (Ozgul dan Turkey, 2002). Reaksi esterifikasi dapat dilihat sebagai berikut :

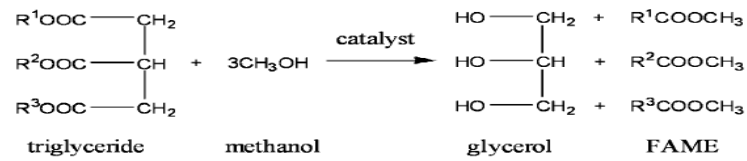


Gambar 1.3 Reaksi Esterifikasi

## **B. Reaksi Transesterifikasi**

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti methanol atau etanol yang menghasilkan metil ester asam lemak (Fatty Acids Methyl Esters /FAME) atau biodisel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali. Jenis katalis yang biasa digunakan antara seperti Natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). (Joelianingsih, 2003).

Reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak alami dengan methanol digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1.4 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang berjalan tiga tahap dan reversible (bolak-balik) dimana mono dan digliserida terbentuk sebagai intermediate. Reaksi stoikimetris membutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol. Alkohol digunakan secara berlebih untuk meningkatkan yield alkyl ester dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk. (Freedman, 1987).

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

### 1.3 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam penentuan kapasitas pabrik ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan yaitu:

### 1.3.1 Kebutuhan Biodiesel dalam Negeri

Bahan bakar alternatif dari biodiesel diprediksi akan menjadi pilihan utama untuk menggantikan minyak bumi yang semakin menipis. Biodiesel juga dapat memberi keuntungan pada masyarakat petani sebagai produsen bahan baku biodiesel dan memberi nilai ekonomi pada tanaman jarak.

Untuk mengatasi kelangkaan sumber energi dalam negeri selain mengimpor minyak bumi, ternyata Indonesia juga telah mengimpor biodiesel. Hal ini terbukti dari data impor biodiesel Indonesia pada tabel 1.7 berikut ini:

#### a. *Supply*

- Impor

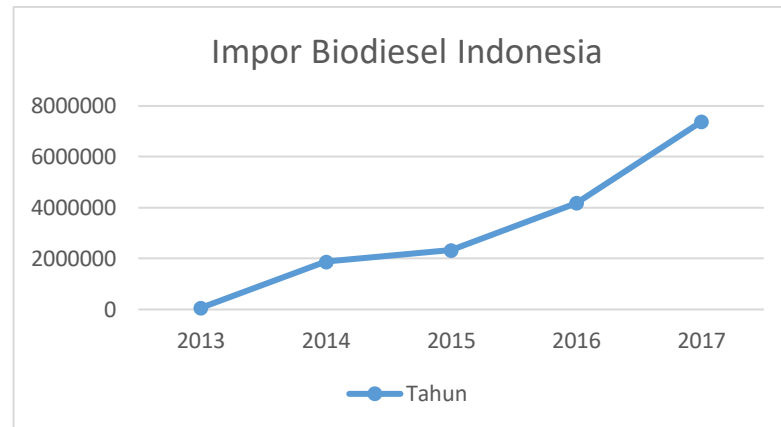
Data statistik terkait kebutuhan impor Biodiesel di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Data impor Biodiesel di Indonesia pada tahun 2013-2017 dapat dilihat pada Tabel 1.7

Tabel 1.7 Data Impor Biodiesel di Indonesia

No	Tahun	Berat ton/tahun
1	2013	633.650
2	2014	1.879,253
3	2015	2.334,760
4	2016	4.178,434
5	2017	7.376,836

Sumber: Badan Pusat Statistik \*diolah

Dari data impor tersebut dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data impor dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.5



Gambar 1.5 Grafik Impor Biodiesel di Indonesia

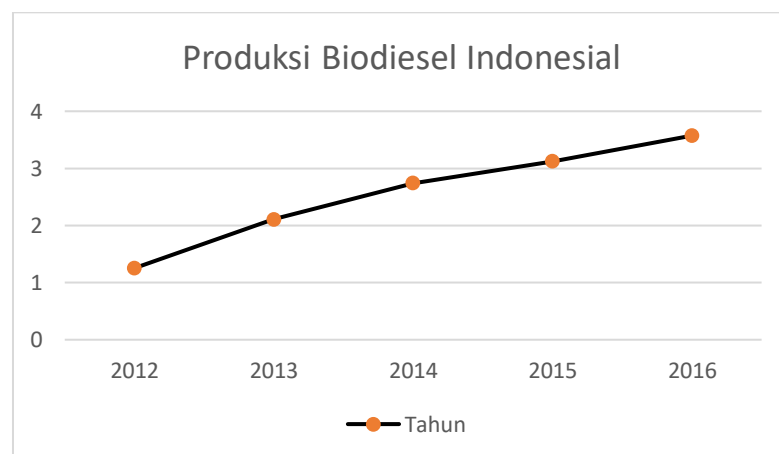
- **Produksi**

Produksi Biodiesel dalam negeri menurut data statistik Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data produksi Biodiesel di Indonesia pada tahun 2012-2016 dapat dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1.8 Data Produksi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2012	1.253
2013	2.109
2014	2.739
2015	3.121
2016	3.573

Dari data produksi tersebut dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data produksi dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.6



Gambar 1.6 Grafik Produksi Biodiesel di Indonesia



### *b. Demand*

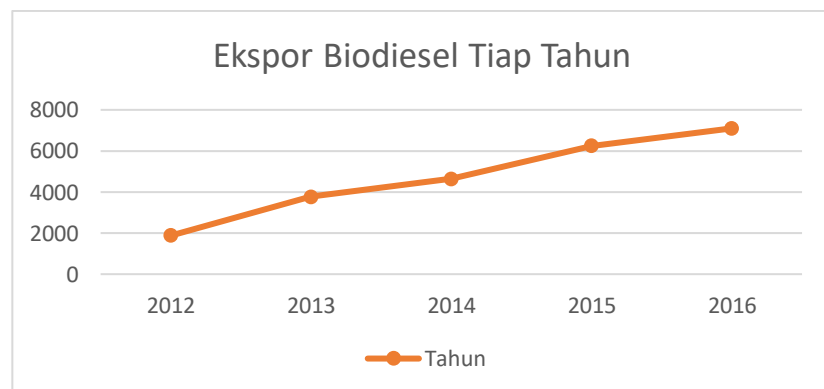
- Ekspor

Data statistik terkait ekspor Biodiesel di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Data impor Biodiesel di Indonesia pada tahun 2013-2017 dapat dilihat pada Tabel 1.9

Tabel 1.9 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia

Tahun	Kapasitas (Ribuan Kiloliter)
2012	1877
2013	3765
2014	4635
2015	6250
2016	7100

Dari data produksi tersebut dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.7



Gambar 1.7 Grafik Ekspor Biodiesel di Indonesia

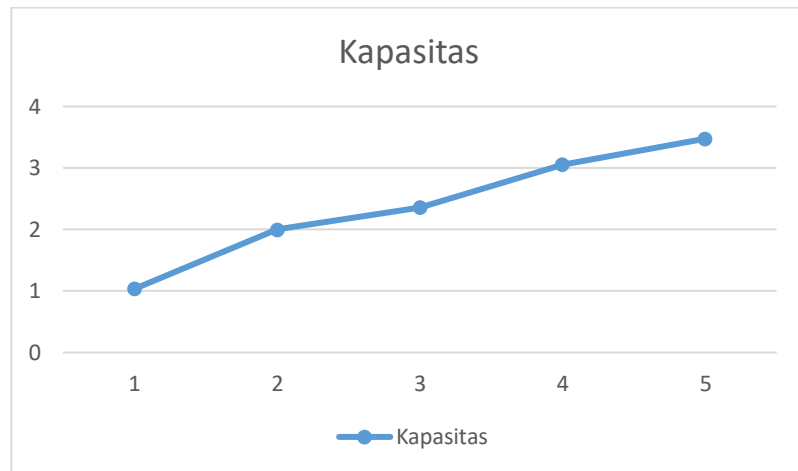
- **Konsumsi**

Konsumsi Biodiesel dalam negeri menurut Data statistik Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat. Data konsumsi atau pemakaian Biodiesel di Indonesia pada tahun 2012-2016 dapat dilihat pada Tabel 1.10

Tabel 1.10 Konsumsi Biodiesel di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2012	1.035
2013	2.000
2014	2.357
2015	3.057
2016	3.475

Dari data produksi tersebut dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.8



Gambar 1.8 Grafik Konsumsi Biodiesel di Indonesia

### 1.3.2 Kapasitas Komersial

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

Tabel 1.11 Kapasitas Pabrik Biodiesel Indonesia

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Cemerlang Energi	29.463
PT. Wilmar Bioenergi	67.795
PT. Pelita Agung	12.276
PT. Ciliandra Perkasa	12.276
PT. Energi Baharu Lestari	4.911
PT. Bayas Biofuel	36.829
PT. LDC Indonesia	20.335

PT. Permata Hijau Palm Olea	17.825
PT. Musim Mas	1.342
PT. Sinarmas Bio Energy	158.895
PT. Kutai Refinery Nusantara	247.170

Mengacu pada industri yang beroperasi tersebut maka pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar dengan kapasitas 15.000 ton/tahun sudah sesuai dengan kapasitas ekonomis yang sudah beroperasi dan diharapkan dengan kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan produk Biodiesel baik dalam negeri maupun luar negeri.

### 1.3.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) yang digunakan dalam pembuatan *Biodiesel* dapat diperoleh dari PT. Algeria Indonesia, Pasuruan Jawa Timur. Sedangkan untuk bahan baku Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dapat diperoleh dari PT Indo Acidatama Tbk, Solo Jawa Tengah. Bahan baku katalis Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) dan bahan baku untuk penetral Asam Klorida ( $\text{HCL}$ ) diperoleh dari PT. Bintang Semesta Raya, Malang Jawa Timur.

## **BAB II**

### **PERANCANGAN PRODUK**

#### **1.1 Spesifikasi Produk**

##### **1.1.1 Biodiesel**

Rumus molekul	: $C_{19}H_{36}O_2$
Fase	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul, g/gmol	: 296.49
Kemurnian, min % berat	: 98%
Impuritas: H <sub>2</sub> O, % berat	: -
Densitas (pada 20°C), kg/m <sup>3</sup>	: 874
Viskositas (pada 25°C)	: 9.255 cP
Titik didih,	: 218.5°C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap pada 25°C	: 6.29 x 10 <sup>-6</sup> mmHg
Kelarutan	: Larut dalam air
(MSDS#Science Lab)	

##### **1.1.2 Gliserol**

Rumus molekul	: $C_3H_8O_3$
Fase	: Cair
Warna	: Tidak berwarna

Berat molekul, g/gmol	: 92.05
Densitas (pada 20°C), kg/m <sup>3</sup>	: 126
Viskositas (pada 25°C)	: 160 cP
Titik didih,	: 290.5°C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap pada 5°C:	0.0025 mmHg
Boiling point, °C	: 290 °C
Melting point, °C	: 19 °C
Kelarutan	: Larut dalam air
(MSDS#Science Lab)	

## 2.2 Spesifikasi Bahan Baku

### 2.2.1 Minyak Jarak (*Jarthropa Curcas*)

Rumus molekul	: C <sub>57</sub> H <sub>104</sub> O <sub>6</sub>
Fase	: Cair
Warna	: Kuning keemasan
Berat molekul, g/gmol	: 885.45
Densitas (pada 20°C), kg/m <sup>3</sup>	: 915
Viskositas (pada 25°C)	: 27 cP
Titik didih, 1 atm, °C	: 300°C
Tekanan	: 1 atm
Boiling point	: 235-240 °C
Melting point, °C	: (- 4°C) – (-5°C)

Kelarutan : Tidak larut dalam air  
(MSDS#Science Lab)

### 2.2.2 Methanol

Rumus molekul : CH<sub>3</sub>OH  
 Fase : Cair  
 Warna : Tidak berwarna  
 Berat molekul, g/gmol : 32.037  
 Densitas (pada 20°C), kg/m<sup>3</sup> : 791  
 Viskositas : 0.713 cP  
 Titik didih, 1 atm, °C : 64.7°C  
 Tekanan : 1 atm  
 Tekanan uap (pada 20 °C) : 12.8 kPa  
 Boiling point, °C : 64.5 °C  
 Melting point, °C : - 97.8°C  
 Kelarutan : Larut dalam air  
(MSDS#Science Lab)

## 1.3 Spesifikasi Katalis

### 1.3.1 Natrium Hidroksida

Rumus molekul : NaOH  
 Fase : Cair  
 Warna : Tidak berwarna

Berat molekul, g/gmol	: 40
Densitas (pada 20°C), kg/m <sup>3</sup>	: 231
Viskositas	: 1.8 cP
Titik didih, 1 atm, °C	: 1390 °C
Tekanan	: 1 atm
Tekanan uap (pada 20 °C)	: 1 mmHg pada 739 °C
Boiling point, °C	: 1388 °C
Melting point, °C	: 323°C
Kelarutan	: Larut dalam air

(MSDS#Science Lab)

## **1.4 Pengendalian Kualitas**

### **1.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk menjaga spesifikasi bahan baku yang digunakan agar sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dalam desain. Standarisasi yang digunakan untuk kualitas bahan baku adalah ASTM 1972.

### **1.4.2 Pengendalian Kualitas Produk**

Pengendalian kualitas produk dilakukan guna menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Pengendalian ini dilakukan mulai dari bahan baku sampai menjadi suatu produk. Diharapkan mendapatkan hasil dengan mutu dan kapasitas sesuai standart yang diinginkan oleh pabrik.



### 1.4.3 Pengendalian Proses

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi yang dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di control room dimana semua alat yang beroperasi telah berjalan secara automatic control dengan menggunakan indicator.

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

- a. Level Control berfungsi sebagai pengatur ketinggian cairan didalam tangki. Level control akan memberikan isyarat berupa suaran dan nyala lampu ketika ketinggian cairan didalam tangki tidak sesuai kondisi yang telah ditetapkan.
- b. Flow Rate Control berfungsi untuk mengatur aliran masuk dan keluar proses.
- c. Temperature Control berfungsi untuk mengatur suhu pada suatu alat. Selain menggunakan alat – alat tersebut untuk mengendalikan proses, dilakukan pula pengendalian waktu. Pengendalian waktu dengan cara menggunakan proses yang efisien.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN PROSES**

#### **3.1 Uraian Proses**

Pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi yaitu menggunakan katalis basa (NaOH/KOH) dengan minyak jarak (*Jatropha curcas*) dan methanol (CH<sub>3</sub>OH) sebagai bahan baku utama. Proses berlangsung secara kontinyu pada temperature 60°C pada tekanan 1 atm. Tahap-tahap proses pembuatan biodiesel yaitu:

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

##### **3.1.1 Tahap persiapan Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel di pabrik ini adalah minyak jarak pagar dengan kadar 99% dan methanol (CH<sub>3</sub>OH) dengan kadar 99,85%. Reaksi ini terjadi di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan kondisi operasi pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm, dengan waktu tinggal 1 jam. Untuk mempercepat reaksi ditambahkan katalis basa yaitu natrium hidroksida (NaOH).

Methanol dari tangki penyimpanan bahan baku (T-01) dan natrium hidroksida cair (NaOH) dari tangki penyimpanan (T-02) yang disimpan pada



### 3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Produk yang keluar dari reaktor (R-01) terdiri dari metanol, air, trigliserid, NaOH, metil ester (biodiesel) dan gliserol dialirkan menuju dekanter (DC-01) dengan menggunakan pompa (P-0). Dekanter berfungsi untuk memisahkan metanol, air, trigliserid, NaOH, metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping. Penggunaan dekanter dikarenakan perbedaan densitas dan kelarutan dari campuran minyak. Perbedaan densitas dan kelarutan dari kedua campuran menyebabkan terjadinya dua lapisan di dalam dekanter. Lapisan atas (*light stream*) merupakan campuran yang memiliki densitas lebih ringan berupa biodiesel. Lapisan bawah (*heavy stream*) merupakan campuran yang memiliki densitas lebih berat berupa campuran air.

Hanya sedikit metil ester, methanol, gliserol, air, NaCL, trigliserid dan FFA terpisah melalui bagian bawah dekanter sebagai fase berat atau *heavy stream* lalu di pompa masuk ke evaporator 2 (EVP-02). Light stream atau fase ringan dari dekanter keluar melalui bagian atas dekanter berupa metil ester, methanol, air, gliserol, NaCL, trigliserid dan FFA dialirkan menuju washing tower (WT-01) menggunakan pompa (P-0) untuk dicuci dengan menggunakan air suhu 40°C. Tujuan dari pencucian yaitu untuk melarutkan bahan-bahan yang masih terbawa didalam metil ester (biodiesel) seperti methanol, air, gliserol dan NaCL. Setelah dilakukan pencucian di washing tower kemudian dialirkan ke dekanter 2 (DC-02) untuk dipisahkan kembali antara biodiesel dengan komponen pengotor. Air yang mengandung

methanol, NaCL dan gliserol pada decanter 2 (DC-02) akan terpisah dan keluar melalui bagian bawah dekanter sebagai fase berat atau *heavy stream*. *Light stream* atau fase ringan yang keluar melalui bagian atas decanter berupa trioleat, metil ester, dan gliserol yang masih mengandung sedikit air akan dialirkan menuju evaporator 1 (EVP-01) tujuannya yaitu untuk menghilangkan kandungan air yang masih ada dalam biodiesel. Kemudian produk utama biodiesel akan disimpan pada tangki penyimpanan (T-04).

### 3.2 Spesifikasi Alat

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

#### 3.2.1 Spesifikasi Alat Proses

##### 1) Mixer (M-01)

Fungsi	: Mencampur NaOH dan metanol
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	: - Tekanan = 1 atm - Suhu = 30 °C
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA</i>
Dimensi <i>mixer</i>	:

Diameter	= 0.4064 m
Tinggi	= 0.8128 m
Tebal <i>shell</i>	= 0.1875 in
Tebal <i>head</i>	= 0.375 in
Pengaduk <i>mixer</i>	:
Jenis	= <i>Marine propeller with 3 blades and pitch 2Di</i>
Diameter pengaduk	= 0.1291 m
Jumlah pengaduk	= 1 buah
Lebar baffle	= 0.0323 m
Kecepatan putaran	= 522.0137 rpm
Power	= 0.1705 Hp
Harga	: \$61.800

## 2) Reaktor (R-01)

Fungsi	: Mereaksikan minyak jarak dengan methanol menggunakan katalis NaOH
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	: - Tekanan = 1 atm - Suhu = 60°C
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>

Dimensi reaktor	:
Diameter reaktor	= 1.0688 m
Tinggi reaktor	= 2.1336 m
Tebal <i>shell</i>	= 0.250 in
Tinggi cairan <i>shell</i>	= 1.5451 m
Tebal <i>head</i>	= 0.88 in
Jenis <i>head</i>	= <i>Torispherical dished head</i>
Jaket pendingin	:
Tinggi	= 1.3293 m
Diameter	= 1.1684 m
Luas selimut	= 76.9692 ft <sup>2</sup>
Pengaduk reactor	:
Jenis	= <i>six-blade turbine, vertical blades</i>
Diameter	= 0.3408 m
Tinggi	= 0.0682 m
Lebar	= 0.0852 m
Power	= 2.3330 Hp
Kecepatan putar	= 246.5331 rpm
Jumlah	= 1 buah
Harga	: \$114.200

## 3) Netralizer (N-01)

Fungsi : Menetralkan NaOH sebagai katalis dengan menggunakan HCL sehingga diperoleh larutan garam atau NaCL

Jenis : Tangki silinder tegak berpengaduk

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm  
- Suhu = 40°C

Waktu tinggal : 10 menit

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Dimensi netralizer :

Volume = 0.3491 m<sup>3</sup>

Diameter = 0.7112 m

Tinggi = 1.4224 m

Tebal *shell* = 1.875 in

Tinggi cairan di *shell* = 1.1047 m

Tebal *head* = 0.625 in

Jenis *head* = *Torispherical*

Pengaduk netralizer :

Jenis = *six-blade turbine, vertical blades*

Diameter = 0.2265 m

Tinggi = 0.0453 m

Lebar = 0.0566 m



Jumlah	= 1 buah
Power pengaduk	= 1.4123 Hp
Harga	: \$111.000

#### 4) Decanter 1 (DC-01)

Fungsi	: Memisahkan komponen biodiesel dengan komponen gliserol
Jenis	: Horizontal silinder
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	: - Tekanan = 1 atm - Suhu = 45°C
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Dimensi	:
Diameter	= 0.5666 m
Tinggi	= 1.6998 m
Tebal shell	= 0.1875 in
Tebal head	= 0.1875 in
Waktu tinggal	= 10 menit
Harga	: \$16.109

## 5) Decanter 2 (DC-02)

Fungsi	: Memisahkan komponen biodiesel dengan komponen gliserol hasil dari <i>washing tower</i>
Jenis	: Horizontal silinder
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	: - Tekanan = 1 atm - Suhu = 45°C
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Dimensi	:
Diameter	= 0.586 m
Tinggi	= 1.760 m
Tebal shell	= 0.1875 in
Tebal head	= 0.1875 in
Waktu tinggal	= 10 menit
Harga	: \$16.109

## 6) Washing tower 1( WT-01)

Fungsi	: Mencuci biodiesel dari decanter 1 menggunakan air pencuci
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	: 40°C
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA Grade 283 C</i>

Dimensi	:
Volume	= 2.6434 m <sup>3</sup>
Diameter	= 1.6764 m
Tinggi	= 3.3528 m
Tebal shell	= 0.1875 in
Tebal head	= 1.375 in
Waktu tinggal	= 60 menit
Harga	: \$126.000

#### 7) Evaporator 1 (EV-01)

Fungsi	:	Menguapkan air yang terkandung dalam produk biodiesel sehingga diperoleh biodiesel dengan kemurnian 98%
Jenis	:	<i>Long tube vertical</i>
Jumlah	:	1 buah
Kondisi operasi	:	- Tekanan = 1 atm - Suhu = 110 °C
Bahan konstruksi	:	<i>Stainless steel SA-167 Grade 3 tipe 304</i>
Dimensi Evaporator	:	
		Tebal minimum tube = 0.1254 in
		Jenis tube = Triangular pitch
		Shell side = - Steam
		- IDs Steam : 8 in

	- Baffle space	: 2 in
Tube side	= - Heavy organic	
	- Jumlah passed (n)	: 4
	- Jumlah tube (Nt)	: 24
	- Area per tube (A't)	: 0.812 in <sup>2</sup>
Dirt factor	=	0.003 hr ft <sup>2</sup> °F/Btu
Pressure drop	=	0.0720 psi
Dimensi separator fasa	:	
Volume cairan	=	0.3085 m <sup>3</sup>
Volume total	=	4.5329 m <sup>3</sup>
Waktu tinggal	=	10 menit
Volume vapor	=	4.2176 m <sup>3</sup>
Volume total	=	4.5504 m <sup>3</sup>
Diameter	=	1.5151 m
Tinggi	=	3.0302 m
Tebal dinding	=	0.1601 in
Separator	:	
Tebal head	=	0.1875 in
Tinggi total	=	3.6535 m
Harga	:	\$19.500

## 8) Evaporator 2 (EV-02)

Fungsi : Menguapkan air yang terkandung dalam Gliserol sebagai produk

Jenis : *Long tube vertical*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm  
- Suhu = 110 °C

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA*

Dimensi Evaporator :

Tebal minimum tube = 0.1254 in

Jenis tube = Triangular pitch

Shell side = - Steam

- IDs Steam : 8 in

- Bafflespace : 2 in

Tube side = Heavy organic

- Jumlah passed (n) : 4

- Jumlah tube (Nt) : 24

- Area per tube (A't) : 0.812 in<sup>2</sup>

Dirt factor = 0.0035 hr ft<sup>2</sup>°F/Btu

Pressure drop = 0.05064 psi

Dimensi separator fasa :

Volume cairan = 0.3085 m<sup>3</sup>

Volume total = 4.8459 m<sup>3</sup>

Waktu tinggal	= 10 menit
Diameter	= 1.5472 m
Tinggi	= 3.0944 m
Tebal <i>shell</i>	= 0.1875 in
Separator	:
Tebal head	= 0.1875 in
Tinggi total	= 3.7348 m
Harga	: \$11.800

#### 9) Heat Exchanger (HE-01)

Fungsi	: Memanaskan bahan baku yang keluar dari <i>mixer</i> sebelum dialirkan menuju reactor
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi operasi	:
Fluida Dingin	= - t in : 30 °C - t out : 60 °C
Fluida Panas	= - t in : 110 °C - t out : 110 °C
Annulus	: Fluida panas (Steam)
- Kapasitas	: 96.49 kg/jam
- ID	: 0.17 ft

	- OD	: 0.20 ft
	- Pressure Drop	: 0.2522psi
Inner pipe	: Fluida dingin (Heavy organic)	
	- Kapasitas	: 226.56 kg/jam
	- ID	: 0.12 ft
	- OD	: 0.08 ft
	- Pressure Drop	: 0.0003 psi
Dirt Factor	: 0.004 hr ft <sup>2</sup> F/Btu	
Luas Transfer Panas	: 70.92 ft <sup>2</sup>	
Jumlah Hairpin	: 10 buah	
Harga	: \$2.200	

#### 10) Heat Exchanger 2 (HE-02)

Fungsi	: Memanaskan bahan baku yang keluar dari tangki bidodiesel (T-03) sebelum dialirkan menuju reaktor	
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>	
Jumlah	: 1 buah	
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>	
Kondisi operasi	:	
Fluida Dingin	= - t in	: 30 °C
	- t out	: 60 °C
Fluida Panas	= - t in	: 110 °C

	- t out : 110 °C
Annulus	: Steam
	- Kapasitas : 77.15 kg/jam
	- ID : 0.20 ft
	- OD : 0.17 ft
	- Pressure Drop : 0.3004636 psi
Inner pipe	: Fluida dingin (Heavy organic)
	- Kapasitas : 1.885,38 kg/jam
	- ID : 0.12 ft
	- OD : 0.08 ft
	- Pressure Drop : 0.302 psi
Dirt Factor	: 0.003 hr ft <sup>2</sup> F/Btu
Luas Transfer Panas	: 37.30 ft <sup>2</sup>
Jumlah Hairpin	: 3 buah
Harga	: \$2.200

#### 11) Cooler 1 (CO-01)

Fungsi	: Mendinginkan campuran hasil reactor (R-01) dari suhu 60°C menjadi 40°C untuk dialirkan ke Netralizer (N-01)
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	:



Fluida Dingin	= - t in : 60 °C - t out : 40 °C
Fluida Panas	= - t in : 30 °C - t out : 45 °C
Annulus	: Fluida dingin - Kapasitas : 2,158.87 kg/jam - ID : 0.1100 ft - OD : 0.0874 ft - Pressure Drop : 0.3004636 psi
Inner pipe	: Fluida panas - Kapasitas : 2209.0119 kg/jam - ID : 0.0518 ft - OD : 0.0700 ft - Pressure Drop : 0.302 psi
Dirt Factor	: 0.0025 hr ft <sup>2</sup> F/Btu
Luas Transfer Panas	: 77.141 ft <sup>2</sup>
Harga	: \$3.100

## 12) Cooler 2 (CO-02)

Fungsi : Menurunkan suhu produk yang keluar evaporator 1 (EV-01) dari suhu 130°C menjadi 30°C sebelum dialirkan ke tangki penyimpanan

Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	:
Fluida Dingin	= - t in : 30 °C - t out : 45 °C
Fluida Panas	= - t in : 100 °C - t out : 40 °C
Annulus	: Fluida panas
- Kapasitas	: 1653.4091 kg/jam
- ID	: 0.0700 ft
- OD	: 0.0518 ft
- Pressure Drop	: psi
Inner pipe	: Fluida dingin
- Kapasitas	: 4,813.84 kg/jam
- ID	: 0.0224 ft
- OD	: 0.0450 ft
- Pressure Drop	: psi
Dirt Factor	: 0.0092 hr ft <sup>2</sup> F/Btu
Luas Transfer Panas	: 80.355 ft <sup>2</sup>
Harga	: \$3.300

## 13) Cooler 3 (CO-03)

Fungsi : Menurunkan suhu produk yang keluar evaporator 1 (EV-01) dari suhu 130°C menjadi 30°C sebelum dialirkan ke tangki penyimpanan

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi :

Fluida Dingin = - t in : 30 °C  
- t out : 45 °C

Fluida Panas = - t in : 100 °C  
- t out : 40 °C

Annulus : Fluida dingin

- Kapasitas : 1,511.28 kg/jam

- ID : 0.0518 ft

- OD : 0.0700 ft

- Pressure Drop : psi

Inner pipe : Fluida panas

- Kapasitas : 418.851 kg/jam

- ID : 0.0303 ft

- OD : 0.0450

- Pressure Drop : psi

Dirt Factor : 0.0025 hr ft<sup>2</sup>F/Btu

Luas Transfer Panas : 75.681 ft<sup>2</sup>

Harga : \$3.000

### 3.2.2 Tangki Penyimpanan Bahan Baku

#### 1. Tangki Penyimpanan Metanol (T-01)

Fungsi : Menyimpan bahan baku methanol 99% untuk kebutuhan produksi 30 hari

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

Fasa : Cair

Bahan Konstruksi : *Carboon steel SA 167 Grade 11 tipe 316*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

- Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30°C

Dimensi :

Kapasitas = 187.4354 m<sup>3</sup>

Diameter = 9.1438 m

Tinggi = 3.4289 m

Tebal *shell* = 0.875 in

Jumlah *course* = 2

Tinggi *head* = 0.366 m

Tebal *head* = 2.8125 in

Tinggi total = 4.0233 m

Harga : \$64.700

## 2. Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida (T-02)

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

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

Fasa : Cair

Bahan Konstruksi : *Carboon steel SA 167 Grade 11 tipe 316*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

- Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30°C

Dimensi :

Kapasitas = 2.2957 m<sup>3</sup>

Diameter = 2.1077 m

Tinggi = 0.7904 m

Tebal *shell* = 0.875 in

Jumlah *course* = 2

Tinggi *head* = 0.041 m

Tebal *head* = 2.8125 in

Tinggi total = 3.6981 m

Harga : \$17.200

3. Tangki Penyimpanan Minyak Jarak (T-03)

Fungsi : Menyimpan bahan baku minyak jarak untuk kebutuhan produksi 10 hari

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

Fasa : Cair

Bahan Konstruksi : *Carboon steel SA 167 Grade 11 tipe 316*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

- Tekanan = 1 atm

- Suhu = 30°C

Dimensi :

Kapasitas = 503.38091 m<sup>3</sup>

Diameter = 12.7098 m

Tinggi = 4.7662 m

Tebal *shell* = 0.875 in

Jumlah *course* = 3

Tinggi *head* = 0.826 m

Tebal *head* = 2.8125 in

Tinggi total = 6.3126 m

Harga : \$129.200

## 4. Tangki Penyimpanan Asam Clorida (T-04)

Fungsi	: Menyimpan bahan baku HCL untuk produksi 10 hari
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>Elipsoidal</i> dan tutup bawah datar
Fasa	: Cair
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless steel SA 167 Grade 11 tipe 316</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	:
- Tekanan	= 1 atm
- Suhu	= 30°C
Dimensi	:
Kapasitas	= 3.3629 m <sup>3</sup>
Diameter	= 2.3937 m
Tinggi	= 0.8976 m
Tebal <i>shell</i>	= 0.875 in
Jumlah <i>course</i>	= 2
Tinggi <i>head</i>	= 0.058 m
Tebal <i>head</i>	= 2.8125 in
Harga	: \$18.600

### 3.2.2 Tangki Penyimpanan Produk

#### 1. Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-05)

Fungsi	: Menyimpan produk biodiesel
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>Elipsoidal</i> dan tutup bawah datar
Fasa	: Cair
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel SA 167 Grade 11 tipe 316</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	:
- Tekanan	= 1 atm
- Suhu	= 30°C
Dimensi	:
Kapasitas	= 154.8131 m <sup>3</sup>
Diameter	= 8.5792 m
Tinggi	= 3.217 m
Tebal <i>shell</i>	= 0.875 in
Jumlah <i>course</i>	= 3
Tinggi <i>head</i>	= 0.826 m
Tebal <i>head</i>	= 2.8125 in
Harga	: \$74.400



## 2. Tangki Penyimpanan Gliserol (T-06)

Fungsi	: Menyimpan produk Gliserol hasil produksi
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan tutup atas <i>Elipsoidal</i> dan tutup bawah datar
Fasa	: Cair
Bahan Konstruksi	: <i>Carboon steel SA 167 Grade 11 tipe 316</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi Operasi	:
- Tekanan	= 1 atm
- Suhu	= 30°C
Dimensi	:
Kapasitas	= 143.000 m <sup>3</sup>
Diameter	= 10.5269 m
Tinggi	= 4.0233 m
Tebal <i>shell</i>	= 0.875 in
Jumlah <i>course</i>	= 2
Tinggi <i>head</i>	= 0.366 m
Tebal <i>head</i>	= 2.8125 in
Harga	: \$97.500

### 3.2.3 Pompa Alir

#### 1. Pompa (P-01)

Fungsi : Mengalirkan umpan Metanol dari tangki penyimpanan (T-01) ke *Mixer* (M-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 1.3040 gpm

Panjang total : 22.2834 m

Daya pompa : 0.01729 Hp

Daya motor pompa : 0.0216 Hp

Harga : \$60.569

#### 2. Pompa (P-02)

Fungsi : Mengalirkan umpan NaOH dari tangki penyimpanan (T-02) ke *Mixer* (M-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 0.0479 gpm

Panjang total : 22.1615 m

Daya pompa : 0.00190 Hp

Daya motor pompa : 0.0024 Hp

Harga : \$60.569

### 3. Pompa (P-03)

Fungsi : Mengalirkan umpan minyak jarak dari tangki penyimpanan (T-03) ke *Reactor* (R-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 10.5046 gpm

Panjang total : 23.3502 m

Daya pompa : 0.2085 Hp

Daya motor pompa : 0.2575 Hp

Harga : \$68.086

### 4. Pompa (P-04)

Fungsi : Mengalirkan umpan Metanol dan NaOH dari *Mixer* (M-01) ke *Reactor* (R-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 1.2253 gpm

Panjang total : 20.2108 m

Daya pompa : 0.0214 Hp

Daya motor pompa : 0.0267 Hp

Harga : \$60.569

#### 5. Pompa (P-05)

Fungsi : Mengalirkan umpan Biodiesel dari *Reactor* (R-01)  
ke *Netralizer* (N-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 11.8799 gpm

Panjang total : 25.5753 m

Daya pompa : 0.12887 Hp

Daya motor pompa : 0.1611Hp

Harga : \$68.086

#### 6. Pompa (P-06)

Fungsi : Mengalirkan umpan Asama Clorida (HCL) dari  
tangki penyimpanan (T-04) ke *Netralizer* (N-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Stainless steel 316 AISI*

Kapasitas : 0.0741 gpm

Panjang total : 22.3139 m

Daya pompa : 0.00168 Hp

Daya motor pompa : 0.0021 Hp

Harga : \$60.569

#### 7. Pompa (P-01)

Fungsi : Mengalirkan umpan dari *Netralizer* (N-01) ke  
*Decanter* (DC-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 11.6477 gpm

Panjang total : 28.7147 m

Daya pompa : 0.2591 Hp

Daya motor pompa : 0.3239Hp

Harga : \$21.478

#### 8. Pompa (P-08)

Fungsi : Mengalirkan umpan dari *Decanter* (DC-01) ke  
*Washing Tower* (WT-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 9.8292 gpm

Panjang total : 25.5753 m  
Daya pompa : 0.2090 Hp  
Daya motor pompa : 0.2613 Hp  
Harga : \$19.545

#### 9. Pompa (P-09)

Fungsi : Mengalirkan umpan dari *Washing Tower* (WT-01)  
ke *Decanter 2* (DC-02)  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Jumlah : 2  
Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*  
Kapasitas : 13.7326 gpm  
Panjang total : 28.7174 m  
Daya pompa : 0.3166 Hp  
Daya motor pompa : 0.3958 Hp  
Harga : \$21.478

#### 10. Pompa (P-10)

Fungsi : Mengalirkan umpan dari *Decanter 2* (DC-02) ke  
*Evaporator* (EV-01)  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Jumlah : 2  
Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 9.7770 gpm  
Panjang total : 25.5753 m  
Daya pompa : 0.2076 Hp  
Daya motor pompa : 0.2595 Hp  
Harga : \$19.545

#### 11. Pompa (P-11)

Fungsi : Mengalirkan umpan dari Evaporator (EV-01) ke tangki penyimpanan (T-05)  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Jumlah : 2  
Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*  
Kapasitas : 9.7814 gpm  
Panjang total : 25.5753 m  
Daya pompa : 0.2074 Hp  
Daya motor pompa : 0.2592 Hp  
Harga : \$19.545

#### 12. Pompa (P-12)

Fungsi : Mengalirkan umpan dari Decanter 1 (DC-01) ke *Evaporator 2 (EV-02)*  
Jenis : *Centrifugal pump*  
Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 1.9469 gpm

Panjang total : 20.2108 m

Daya pompa : 0.0505 Hp

Daya motor pompa : 0.0631 Hp

Harga : \$19.545

### 13. Pompa (P-13)

Fungsi : Mengalirkan umpan dari *Evaporator 2 (EV-02)* ke tangki penyimpanan (T-06)

Jenis : *Centrifugal pump*

Jumlah : 2

Bahan konstruksi : *Carboon steel 316 AISI*

Kapasitas : 1.5706 gpm

Panjang total : 20.2108 m

Daya pompa : 0.0405 Hp

Daya motor pompa : 0.0507 Hp

Harga : \$19.545

## 3.3 Perencanaan Produksi

### 3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan dari bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku minyak jarak



diperoleh dari PT. Alegria Indonesia, Pasuruan Jawa Timur, sedangkan bahan baku methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) diperoleh dari PT. Indo Acidatama Tbk, Solo Jawa Tengah. Bahan baku katalis yaitu natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) dan bahan baku untuk penetral yaitu asam klorida ( $\text{HCL}$ ) diperoleh dari PT. Bintang Semesta Raya. Bahan baku pembuatan biodiesel dengan menggunakan proses transesterifikasi terdiri dari minyak jarak pagar, methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), asam klorida ( $\text{HCL}$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan Baku

<b>Komponen</b>	<b>Kebutuhan (ton/tahun)</b>
Minyak Jarak Pagar	14932. 206
Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )	1620.813
Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ )	149.322
Asam Klorida ( $\text{HCL}$ )	136.256
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	3869.09

### 3.3.2 Analisis Kebutuhan Alat Proses

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

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Penentuan lokasi pabrik adalah hal yang penting karena dapat mempengaruhi posisi dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup dari perusahaan. Berikut adalah faktor – faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pabrik :

##### **4.1.1 Faktor – Faktor Utama**

###### **a. Pemasaran**

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

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

###### **b. Ketersediaan Bahan Baku**

Suatu pabrik sebaiknya dibangun didaerah yang dekat dengan lokasi sumber bahan baku untuk memudahkan pengadaan dan transportasi

dari bahan baku. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan

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

c. Kondisi Iklim

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai kondisi iklim :

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

d. Sumber Air

Air merupakan suatu komponen yang sangat penting pada suatu industri kimia. Air digunakan sebagai media pendingin, air umpan *boiler*, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Kebutuhan air di pabrik dapat diperoleh melalui dua sumber yaitu :

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

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air :

- Kapasitas dari sumber air
- Kualitas dari sumber air

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

e. Sumber Listrik

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

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

f. Kebutuhan Tanah dan Pengembangannya

Dalam pembangunan suatu pabrik topologi tanah akan menentukan biaya penyiapan tanah. Jenis dan keadaan tanah akan menentukan biaya pembangunan gedung.

#### **4.1.2 Faktor – Faktor Khusus**

a. Transportasi

Permasalahan transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran dari suplai bahan baku dan pemasaran produk dapat terjamin dan dengan biaya operasi serendah mungkin dalam waktu yang singkat. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah :

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

b. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kerja kasar maupun tenaga ahli sangat berpengaruh terhadap kinerja dan kelancaran perusahaan. Tingkat pendidikan dari masyarakat dan tenaga kerja dapat mendukung pendirian pabrik. Berikut adalah hal – hal yang perlu diperhatikan :

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

c. Lingkungan dan Masyarakat

Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan mengenai lingkungan dan masyarakat :

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

d. Undang – undang dan Peraturan Pemerintah (Pusat maupun Daerah)

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

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

e. Limbah Pabrik

Buangan dari pabrik harus diperhatikan dengan cermat, terutama dampak terhadap kesehatan masyarakat sekitar lokasi pabrik. Berikut hal – hal yang harus diperhatikan mengenai limbah pabrik :

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

e. Pengontrolan terhadap bahaya banjir dan kebakaran

Berikut adalah hal – hal yang harus perlu diperhatikan dalam pengontrolan terhadap bahaya banjir dan kebakaran :

- Lokasi pabrik harus jauh dari lokasi perumahan penduduk.
- Lokasi pabrik diusahakan tidak berada pada lokasi rawan banjir.

Berdasarkan faktor – faktor tersebut, maka Pabrik Pembuatan Biodiesel direncanakan berlokasi di daerah Klaten, Jawa Tengah.



Gambar 4.1 Lokasi pembangunan pabrik

Berikut adalah dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi :

a. Bahan Baku

Bahan baku utama yaitu minyak jarak diperoleh dari dalam negeri yaitu dari PT Algeria Indonesia yang terletak di Malang, Jawa Timur.

b. Pemasaran

Dari segi pemasaran, kota Pasuruan relatif strategis karena terletak dekat dengan konsumen yang membutuhkan biodiesel seperti industri dan nelayan yang merupakan salah satu mata pencaharian di kota Pasuruan. Lokasi pelabuhan yang dekat juga menguntungkan dalam pemasaran produk.

c. Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam rencana pendirian pabrik merupakan kawasan yang telah memiliki sarana pelabuhan dan pengangkutan darat sehingga pembelian bahan baku dan distribusi produk dapat dilakukan melalui jalan darat atau laut.

d. Kebutuhan Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Kebutuhan tenaga listrik untuk operasi pabrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Pasuruan. Selain tenaga listrik dari PLN disediakan pula pembangkit listrik cadangan dari generator diesel yang bahan bakar diperoleh dari Pertamina yang ditambah dengan biodiesel produksi dari pabrik sendiri.

e. Kebutuhan Air

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

f. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian pabrik. Lokasi pabrik yang cukup dekat dengan ibu kota propinsi Jawa Timur memudahkan untuk memperoleh tenaga kerja yang cukup banyak.



g. Perluasan dan Ekspansi

Ekspansi pabrik merupakan hal yang memungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas dan disekeliling pabrik belum terdapat pabrik lain sehingga tidak mengganggu pemukiman.

h. Kondisi Iklim dan Cuaca

Kondisi cuaca dan iklim sekitar pabrik relatif stabil dan belum pernah terjadi bencana alam yang berarti sehingga memungkinkan pabrik berjalan dengan lancar.

#### **4.2 Tata Letak Pabrik**

Tata letak pabrik merupakan rencana dari pengaturan yang sangat efektif dari fasilitas – fasilitas fisik dan tenaga kerja untuk menghasilkan produk. Tata letak pabrik meliputi perencanaan kebutuhan ruangan untuk semua aktivitas pabrik meliputi kantor, gudang, kamar dan semua fasilitas lain yang berhubungan dengan proses dalam menghasilkan produk. Tata letak suatu pabrik memiliki peranan penting dalam menentukan biaya konstruksi, biaya produksi, efisiensi dan keselamatan kerja. Oleh karena itu tata letak pabrik harus disusun secara cermat untuk menghindari kesulitan dikemudian hari. Berikut adalah faktor – faktor yang harus diperhatikan dalam tata letak pabrik :

- a. Pabrik yang didirikan merupakan tambahan pabrik yang sebelumnya sudah berdiri atau merupakan pabrik baru sama sekali.
- b. Persediaan tanah untuk perluasan pabrik di masa yang akan datang.

- c. Jaminan kelancaran distribusi bahan baku, produk, dan utilitas (air, *steam*, listrik, bahan bakar).
- d. Cuaca atau iklim lingkungan.
- e. Masalah yang menyangkut *safety* seperti kemungkinan terjadi kebakaran, kecelakaan, dan sebagainya.
- f. *Plant site* harus mengikuti peraturan daerah setempat.
- g. *Waste disposal*.
- h. Penggunaan ruang kerja yang efisien.

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

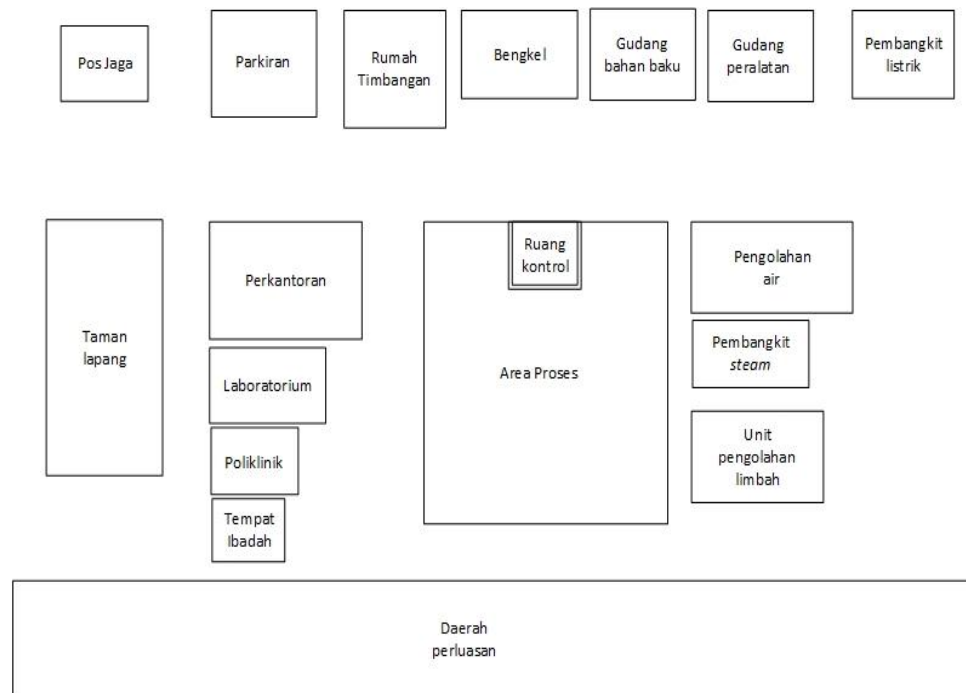
- Letak ruangan yang cukup antara peralatan untuk memudahkan pengoperasian, pemeriksaan, perawatan, serta dapat menjamin kerja dari peralatan sesuai dengan fungsinya.
- Adanya kesinambungan antar alat.

Pabrik biodiesel dari minyak jarak didirikan di atas tanah seluas 8.800 m<sup>2</sup>.

Berikut adalah perincian luas tanah bangunan pabrik :

Tabel 4.1 Perincian luas tanah bangunan pabrik

No	Bangunan	Ukuran (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos Jaga	4 x5	20
2	Tempat Parkir	20 x25	500
3	Rumah Timbangan	3 x30	90
4	Bengkel	2 x5	10
5	Pembangkit Listrik	20 x20	400
6	Perkantoran	20 x25	500
7	Laboratorium	12 x15	180
8	Ruang Kontrol	10 x15	150
9	Area Proses	50 x50	2500
10	Unit Pengolahan Limbah	10 x25	250
11	Unit Pengolahan Air	20 x40	800
12	Unit Pembangkit Uap	10 x15	150
13	Daerah Perluasan	18 x100	1800
14	Gudang Peralatan	10 x15	150
15	Gudang Bahan Baku dan Pelengkap	10 x10	100
16	Kantin	5 x10	50
17	Poliklinik	9 x10	90
18	Perpustakaan	8 x10	80
19	Tempat Ibadah	10 x10	100
20	Taman Lapangan	4 x20	80
Jumlah		8000	



Gambar 4.2 Layout pabrik skala 1:1000

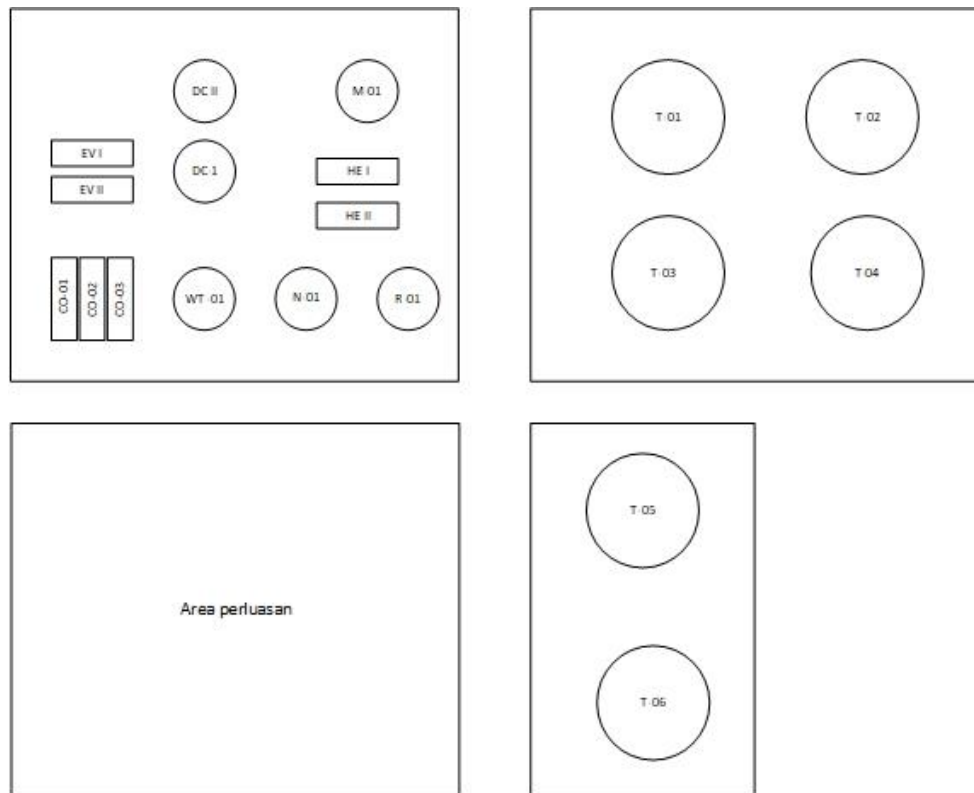
Keterangan Gambar :

- |                       |                                     |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 1. Pos Jaga           | 11. Pengolahan Air                  |
| 2. Tempat Parkir      | 12. Pembangkit <i>steam</i>         |
| 3. Rumah Timbangan    | 13. Daerah Perluasan                |
| 4. Bengkel            | 14. Gudang Peralatan                |
| 5. Pembangkit Listrik | 15. Gudang Bahan Baku dan Pelengkap |
| 6. Perkantoran        | 16. Kantin                          |
| 7. Laboratorium       | 17. Poliklinik                      |
| 8. Ruang Kontrol      | 18. Perpustakaan                    |
| 9. Area Proses        | 19. Tempat Ibadah                   |
| 10. Pengolahan Limbah | 20. Taman Lapangan                  |

### 4.3 Tata Letak Alat Proses

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

- Aliran bahan baku dan produksi yang tepat akan menunjang kelancaran dan keamanan produksi.
- Harus terdapat aliran udara dan ventilasi di sekitar area proses agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat – tempat yang dapat terjadi akumulasi bahan – bahan kimia yang berbahaya. Lokasi yang harus diperhatikan adalah sekitar aliran proses yang menggunakan metanol yaitu disekitar *mixer* (M-01), reaktor (R-01), evaporator 1 (EVP-01), dan evaporator 2 (EVP-02).
- Penerangan yang memadai diseluruh area pabrik terutama area proses yang mengandung bahan berbahaya.
- Ruang gerak pekerja harus diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus ketika terdapat kerusakan peralatan dapat segera diatasi.
- Jarak antar alat proses diatur sedemikian rupa sehingga alat proses yang memiliki tekanan atau suhu tinggi terletak berjauhan dengan alat lainnya agar ketika terjadi ledakan atau kebakaran tidak cepat merambat pada alat proses lainnya.



Gambar 4.3 Tata letak alat pabrik biodiesel dari minyak jarak

Keterangan :

T : Tangki

CD : Kondenser

WT : Washing Tower

D : Dekanter

CL : Cooler

HE : Heat Exchanger

N : Netralizer

R : Reaktor

## 4.4 Alir Proses dan Material

### 4.4.1 Neraca Massa

#### 1. Mixer

Tabel 4.2 Neraca massa pada Mixer

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
1	CH <sub>3</sub> OH	204.6482	-	204.6482
2	H <sub>2</sub> O	2.0672	0.9923	3.0595
3	NaOH	-	18.8538	18.8538
Total		206.7153	19.8461	<b>226.5614</b>
		<b>226.5614</b>		

#### 2. Reaktor Transesterifikasi

Tabel 4.3 Neraca massa pada Reaktor Transesterifikasi

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 3	Arus 4	Arus 5
1	Trigliserida	-	1885.3796	188.5380
2	Gliserol	-	-	176.4796
3	CH <sub>3</sub> OH	204.6482	-	20.4648
4	H <sub>2</sub> O	3.0595	58.9181	61.9776
5	NaOH	18.8538	-	18.8538
6	Methyl Ester	-	-	1704.5455
7	FFA	-	20.9487	20.9487
Total		226.5614	1965.2464	2191.8079
		2191.8079		

## 3. Netralizer

Tabel 4.4 Neraca massa pada Netralizer

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 5	Arus 6	Arus 7
1	Trigliserida	188.5380	-	188.5380
2	Gliserol	176.4796	-	176.4796
3	CH <sub>3</sub> OH	20.4648	-	20.4648
4	H <sub>2</sub> O	61.9776	0.3511	70.8129
5	NaOH	18.8538	-	-
6	Methyl Ester	1704.5455	-	1704.5455
7	HCl	-	17.2041	-
8	NaCl	-	-	27.5737
9	FFA	20.9487	-	20.9487
Total		2191.8079	17.5552	<b>2209.3630</b>
		<b>2209.3630</b>		



## 4. Dekanter I

Tabel 4.5 Neraca massa pada Dekanter 1

No	Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)	
		Arus 7		Arus 8 (bawah)	Arus 9 (atas)	
1	Trigliserida	188.5380		182.8818	5.6561	
2	Gliserol	176.4796		171.1852	5.2944	
3	CH <sub>3</sub> OH	20.4648		19.8509	0.6139	
4	H <sub>2</sub> O	70.8129		68.6885	2.1244	
5	NaCl	27.5737		26.7465	0.8272	
6	Methyl Ester	1704.5455		51.1364	1653.4091	
7	FFA	20.9487		20.3202	0.6285	
Total		<b>2209.3630</b>		1821.0162	2604.9973	
				<b>2209.3630</b>		

## 5. Washing Tower

Tabel 4.6 Neraca massa pada Washing Tower

No	Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 9	Arus 10	Arus 11
1	Trigliserida	5.6561	-	5.6561
2	Gliserol	5.2944	-	5.2944
3	CH <sub>3</sub> OH	0.6139	-	0.6139
4	H <sub>2</sub> O	2.1244	748.6135	750.7379
5	NaCl	0.8272	-	0.8272
6	Methyl Ester	1653.4091	-	1653.4091
7	FFA	0.6285	-	0.6285
Total		1668.5536	748.6135	<b>2417.1671</b>
		<b>2417.1671</b>		

## 6. Dekanter II

Tabel 4.7 Neraca massa pada Dekanter II

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 11	Arus 12 (atas)	Arus 13 (bawah)
1	Trigliserida	5.6561	-	5.6561
2	Gliserol	5.2944	-	5.2944
3	CH <sub>3</sub> OH	0.6139	-	0.6139
4	H <sub>2</sub> O	750.7379	22.5221	728.2157
5	NaCl	0.8272	-	0.8272
6	Methyl Ester	1653.4091	1653.4091	-
7	FFA	0.6285	-	0.6285
Total		<b>2417.1671</b>	1675.9312	741.2359
			<b>2417.1671</b>	

## 7. Evaporator I

Tabel 4.8 Neraca massa pada Evaporator I

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 12	Arus 14	Arus 15
1	H <sub>2</sub> O	22.5221	22.4095	0.1126
2	Methyl Ester	1653.4091	-	1653.4091
Total		<b>1675.9312</b>	22.4095	1653.5217
			<b>1675.9312</b>	

## 8. Evaporator II

Tabel 4.9 Neraca massa pada Evaporator II

No	Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 8	Arus 16 (Atas)	Arus 17 (Bawah)
1	Trigliserida	182.8818	-	182.8818
2	Gliserol	171.1852	-	171.1852
3	CH <sub>3</sub> OH	19.8509	19.8509	-
4	H <sub>2</sub> O	68.6885	68.3451	0.3434
5	NaCl	26.7465	-	26.7465
6	Methyl Ester	51.1364	-	51.1364
7	FFA	20.3202	-	20.3202
Total		<b>540.8094</b>	88.196	452.6136
			<b>540.8094</b>	

#### 4.4.2 Neraca Panas

##### 1. Mixer

Tabel 4.10 Neraca Panas pada Mixer

No	Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
		Q1	Q2	Q3
1	CH <sub>3</sub> OH	3475.001	-	3475.001
2	H <sub>2</sub> O	51.926	-	51.926
3	NaOH	-	180.525	180.525
Total		3526.927	180.525	<b>3707.452</b>
		<b>3707.452</b>		

##### 2. Reaktor Transesterifikasi

Tabel 4.11 Neraca panas pada Reaktor Transesterifikasi

No	Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
		Q3	Q4	Q5
1	Trigliserida	-	200435.372	20043.537
2	Gliserol	-	-	176.480
3	CH <sub>3</sub> OH	24325.007	-	2432.501
4	H <sub>2</sub> O	7363.280		7363.280
5	NaOH	1263.676		1263.676
6	Methyl Ester	-	-	185221.064
7	FFA	-	2265.514	2265.514
Total		<b>235652.848</b>		<b>235652.848</b>

## 3. Netralizer

Tabel 4.12 Neraca panas pada Netralizer

No	Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
		Q5	Q6	Q7
1	Triglicerida	8590.087	-	8590.087
2	Gliserol	7312.833	-	7312.833
3	CH <sub>3</sub> OH	1042.500	-	1042.500
4	H <sub>2</sub> O	3155.6914	17.877	3605.5560
5	NaOH	541.575	-	-
6	Methyl Ester	79380.456	-	79380.456
7	HCl	-	364.114	-
8	NaCl	-	-	473.702
9	FFA	970.935	-	970.935
Total		100994.078	381.991	<b>101376.069</b>
		<b>101376.069</b>		

## 4. Dekanter I

Tabel 4.13 Neraca panas pada Dekanter I

No	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
		Q7	Q8 (bawah)	Q9 (atas)
1	Trigliserida	8590.087	8332.385	257.703
2	Gliserol	7312.833	7093.448	219.385
3	CH <sub>3</sub> OH	1042.500	1011.225	21.275
4	H <sub>2</sub> O	3605.556	3497.389	108.167
5	NaCl	473.702	459.491	14.211
6	Methyl Ester	79380.456	2381.414	76999.042
7	FFA	970.935	941.807	29.128
Total		<b>101376.069</b>	23717.158	77658.911
			<b>101376.069</b>	

## 5. Washing Tower

Tabel 4.14 Neraca panas pada Washing Tower

No	Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
		Q9	Q10	Q11
1	Trigliserida	257.703	-	257.703
2	Gliserol	219.385	-	219.385
3	CH <sub>3</sub> OH	31.275	-	31.275
4	H <sub>2</sub> O	108.167	38116.904	38225.071
5	NaCl	0.8272	-	0.8272
6	Methyl Ester	76999.042	-	76999.042
7	FFA	29.128	-	29.128
Total		77658.911	38116.904	<b>115775.167</b>
		<b>115775.167</b>		

## 6. Dekanter II

Tabel 4.15 Neraca panas pada Dekanter II

No	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
		Arus 11	Arus 12 (atas)	Arus 13 (bawah)
1	Trigliserida	257.703	-	257.703
2	Gliserol	219.385	-	219.385
3	CH <sub>3</sub> OH	31.275	-	31.275
4	H <sub>2</sub> O	38225.071	1146.752	37078.319
5	NaCl	14.211	-	14.211
6	Methyl Ester	76999.042	76999.042	-
7	FFA	29.128	-	29.128
Total		<b>115775.815</b>	78145.794	37630.020
			<b>115775.815</b>	

## 7. Evaporator I

Tabel 4.16 Neraca panas pada Evaporator I

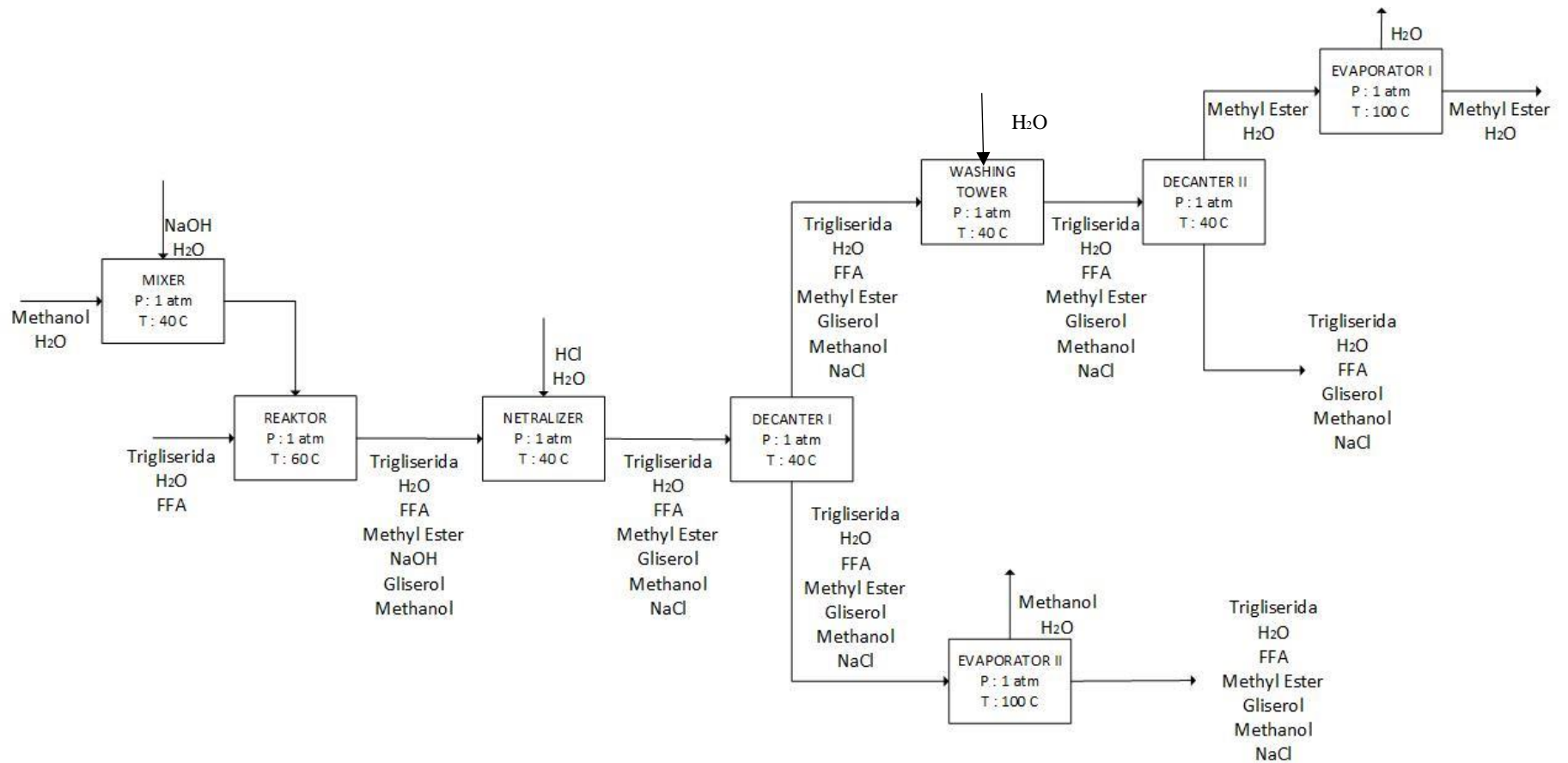
No	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
		Q12	Q14	Q15
1	H <sub>2</sub> O	1146.752	5705.092	28.669
2	Methyl Ester	76999.042	-	384995.211
3	Steam	312554.508	-	-
Total		<b>390728.9716</b>	5705.092	385023.880
			<b>390728.9716</b>	



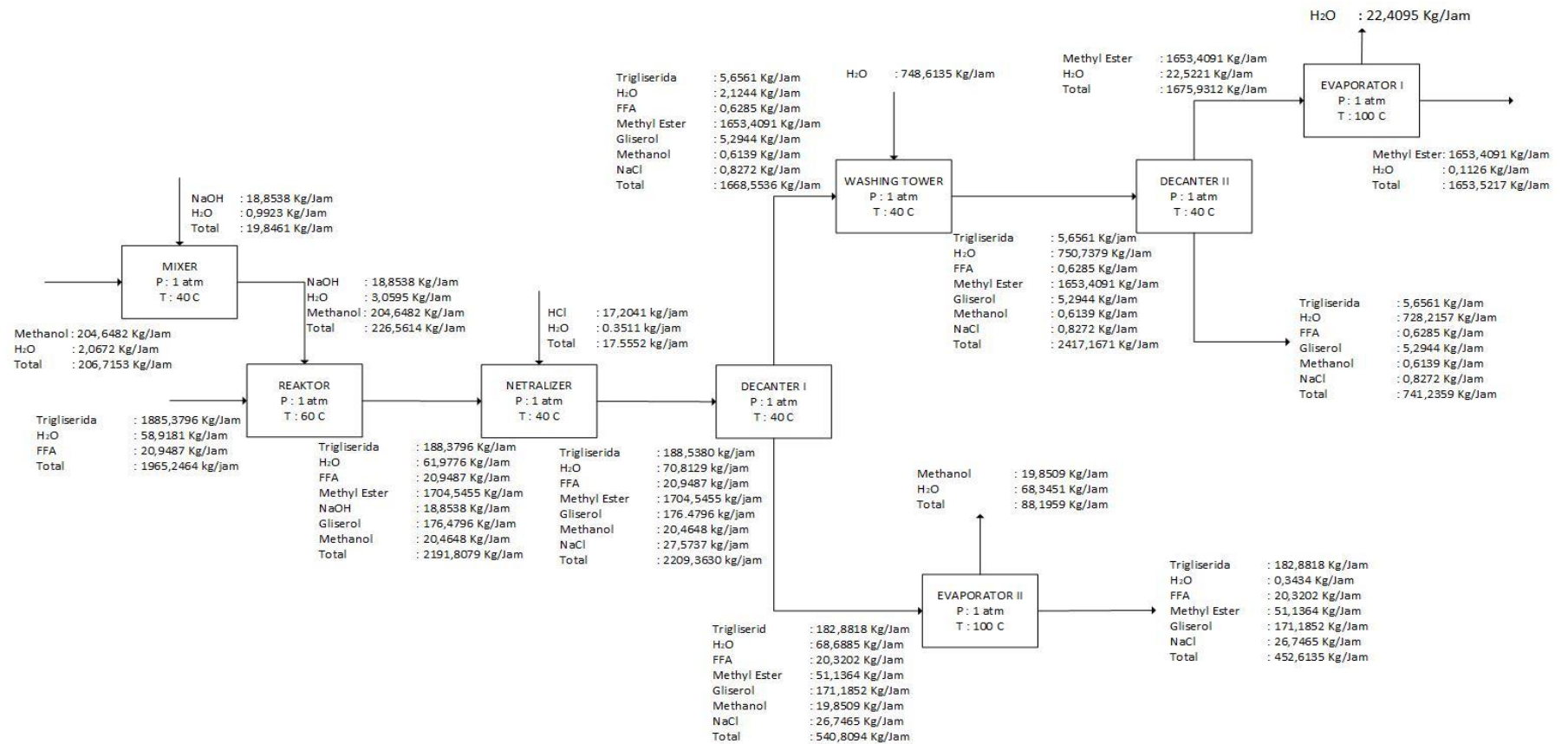
## 8. Evaporator II

Tabel 4.17 Neraca panas pada Evaporator II

No	Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
		Q8	Q16 (Atas)	Q17 (Bawah)
1	Trigliserida	8152.942	-	11650.643
2	Gliserol	6940.686	-	34703.432
3	CH <sub>3</sub> OH	989.448	4947.240	-
4	H <sub>2</sub> O	4720.829	22896.022	708.124
5	NaCl	449.595	-	2247.976
6	Methyl Ester	2330.129	-	11650.643
7	FFA	863.929	-	4319.645
8	Steam	97790.223	-	-
Total		<b>122237.791</b>	27843.262	94394.530
			<b>122237.791</b>	



Gambar 4.4 alir kualitatif pabrik biodiesel proses transesterifikasi



Gambar 4.5 Diagram alir kuantitatif pabrik biodiesel proses transesterifikasi

## 4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

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

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

### 4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

#### 4.5.1.1 Unit Penyediaan Air

Pada umumnya untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik digunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Air yang digunakan dalam perancangan pabrik *Biodiesel* ini bersumber dari sungai Gembong. Air sungai akan digunakan untuk keperluan dilingkungan pabrik sebagai

### 1. Air Umpan Boiler

Uap atau *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Air umpan boiler disediakan dengan *excess* 20%. *Excess* merupakan pengganti *steam* yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler yang diperoleh dari perhitungan adalah sebanyak 570 kg/jam. Air yang digunakan untuk boiler harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak boiler. Berikut adalah persyaratan air umpan boiler menurut *Perry's* edisi 6, halaman 976:

Tabel 4.18 Syarat air umpan boiler

Parameter	Total (ppm)
Total padatan (total dissolved solid)	3.500
Alkanitas	700
Padatan terlarut	300
Silika	60 – 100
Besi	0.1
Tembaga	0.5
Oksigen	0,007
Kesadahan	0
Kekeruhan	175
Minyak	7
Residu fosfat	140

Berikut adalah prasyarat air umpan *boiler* :

a. Tidak membuih (berbuisa)

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

- Kesulitan dalam pembacaan tinggi liquid dalam *boiler*.
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat dan dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut.

Untuk mengatasi hal – hal berikut maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan *boiler*.

b. Tidak membentuk kerak dalam *boiler*

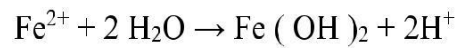
Kerak dalam *boiler* dapat menyebabkan hal – hal berikut :

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

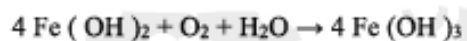
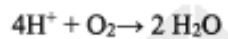
c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak dan lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas – gas  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ , yang terlarut dalam air. s Reaksi elektro kimia antar

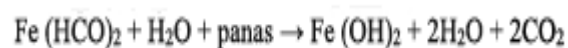
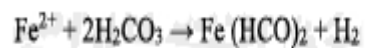
besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja.



Jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dan membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut maka terjadi korosi menurut reaksi berikut :



Bikarbonat dalam air akan membentuk  $\text{CO}_2$  yang bereaksi dengan air karena pemanasan dan tekanan. Reaksi tersebut menghasilkan asam karbonat yang dapat bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Adanya pemanasan garam bikarbonat menyebabkan pembentukan  $\text{CO}_2$  kembali. Berikut adalah reaksi yang terjadi :



## 2. Air Sanitasi

Air sanitasi pada pabrik digunakan sebagai keperluan laboratorium, kantor, konsumsi, mandi, mencuci, taman dan lainnya.

Berikut adalah persyaratan yang harus dipenuhi dalam penggunaan sebagai air sanitasi :

a. Syarat Fisika

- Tidak berwarna dan berbau.
- Tidak berbusa.
- Kekeruhan  $\text{SiO}_2$  kurang dari 1 ppm.
- pH netral.
- Tidak mengandung bahan beracun.

b. Syarat Kimia

- Tidak mengandung zat – zat organik maupun anorganik yang tidak larut dalam air seperti  $\text{PO}_4^{3-}$ , Hg, Cu, dan sebagainya.

c. Syarat Bakteriologis

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

3. Air Pendingin

Air pendingin berfungsi sebagai fluida pendingin pada alat penukar panas atau *heat exchanger*. Penggunaan air sebagai fluida pendingin berdasarkan faktor berikut :

- a. Air merupakan bahan yang mudah didapatkan.
- b. Air mudah dikendalikan dan dikerjakan.
- c. Dapat menyerap panas.
- d. Tidak mudah menyusut karena pendinginan.



e. Tidak mudah terkondensasi.

#### 4. Air Proses

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

#### 4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Berikut adalah tahapan pengolahan air :

##### 1. Clarifier

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

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

- a.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  yang berfungsi sebagai flokulan.
- b.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang berfungsi sebagai flokulan.

Pada *clarifier* lumpur dan partikel padat lain diendapkan dengan diinjeksi alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) sebagai flokulan yang membentuk flok. Selain itu ditambahkan NaOH sebagai pengatur

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

## 2. Penyaringan

Air hasil dari *clarifier* dialirkan menuju *sand filter* untuk memisahkan dengan partikel – partikel padatan yang terbawa. Air yang mengalir keluar dari *sand filter* akan memiliki kadar *turbidity* sekitar 2 ppm. Air tersebut dialirkan menuju tangki penampung (*filter water reservoir*) yang kemudian didistribusikan menuju menara air dan unit demineralisasi. *Back washing* pada *sand filter* dilakukan secara berkala dengan tujuan menjaga kemampuan penyaringan alat.

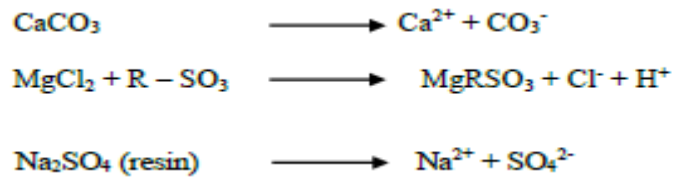
## 3. Demineralisasi

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

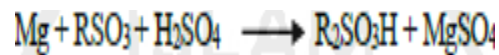
Berikut adalah tahapan pengolahan air umpan *boiler* :

a. *Cation Exchanger*

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



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



b. *Anion Exchanger*

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



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



#### 4.5.1.3 Kebutuhan Air

##### 1. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 4.19 Kebutuhan air pembangkit steam

No	Nama Alat	Kode	
1	Heater – 01	HE -01	96.49
2	Heater – 02	HE-02	77.15
3	Evaporator – 01	EVP-01	212.45
4	Evaporator – 02	EVP-02	89.31
	Total		475.40

Air pembangkit *steam* sebanyak 80% digunakan kembali, maka *make up* yang diperlukan adalah sebanyak 20%. Sehingga *make up steam* adalah sebesar 114.10 kg/jam

## 2. Kebutuhan Air Proses

Tabel 4.20 Kebutuhan air pembangkit proses

No	Nama Alat	Kode Jumlah	Jumlah (kg/jam)
1	Cooler – 01	CO -01	2158.87
2	Cooler – 02	CO -02	4813.84
3	Cooler – 03	CO -03	5125.41
4	Jaket Pendingin	R-01	11848.98
Total			23947.10

### 4.5.2 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

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

Kapasitas : 570.48 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Sebelum air dari *water treatment plant* digunakan sebagai umpan boiler, mula – mula di atur terlebih dahulu kadar silika, oksigen, Ca dan Mg yang terlarut dengan cara menambahkan bahan kimia kedalam *boiler feed water tank*. Selain pengaturan kadar bahan terlarut, diatur pula pH dari air yaitu sekitar 10,5 – 11,5 untuk mengurangi kadar korosivitas. Air dialirkan ke dalam *economizer* sebelum dialirkan masuk ke dalam *boiler*

yaitu suatu alat penukar panas dengan tujuan pemanfaatan panas dari gas sisa pembakaran residu dari *boiler*. Pada *ecomizer* air dipanaskan hingga suhu 100 °C sebelum dialirkan menuju *boiler*.

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

#### **4.5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)**

Kebutuhan listrik pada pabrik pembuatan biodiesel diperoleh melalui 2 sumber yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator diesel. Generator diesel berfungsi sebagai tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan dan untuk menggerakkan alat – alat seperti *boiler*, pengaduk reaktor, dan sejumlah pompa.

Generator diesel menggunakan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik. Listrik tersebut didistribusi menggunakan panel. Tenaga listrik digunakan sebagai penerangan, sementara itu listrik dari generator diesel digunakan untuk menggerakkan alat proses. Energi listrik dari generator diesel digunakan sebagai sumber energi listrik utama untuk penerangan dan menggerakkan alat proses ketika listrik padam.

Berikut adalah spesifikasi generator diesel yang digunakan :

Kapasitas :100 kW

Jenis : 1 buah

a. Kebutuhan listrik proses

- Peralatan Proses

Tabel 4.21 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode Alat		
		Hp	Watt
Mixer	M-01	0.1705	127.1116
Reaktor	R-01	2.3330	1739.6904
Netralizer	N-01	1.4123	1053.1787
Washing Tower	W-01	2.8028	2090.0398
Pompa-01	P-01	0.5000	372.8500
Pompa-02	P-02	0.5000	372.8500
Pompa-03	P-03	0.5000	372.8500
Pompa-04	P-04	0.5000	372.8500
Pompa-05	P-05	0.5000	372.8500
Pompa-06	P-06	0.5000	372.8500
Pompa-07	P-07	0.5000	372.8500
Pompa-08	P-08	0.5000	372.8500
Pompa-09	P-09	0.5000	372.8500
Pompa-10	P-10	0.5000	372.8500
Pompa-11	P-11	0.5000	372.8500
Pompa-12	P-12	0.5000	372.8500
Pompa-13	P-13	0.5000	372.8500
Total		<b>13.2185</b>	<b>9,857.0705</b>

Total kebutuhan listrik untuk alat proses adalah sebesar = 9.857 kW

- Peralatan Utilitas

Tabel 4.22 Kebutuhan listrik utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)		2.0000	1491.4000
Blower Cooling Tower		5.0000	3728.5000
Kompresor		5.0000	3728.5000
Pompa-01	PU-01	2.0000	1491.4000
Pompa-02	PU-02	2.0000	1491.4000
Pompa-03	PU-03	2.0000	1491.4000
Pompa-04	PU-04	2.0000	1491.4000
Pompa-05	PU-05	2.0000	1491.4000
Pompa-06	PU-06	2.0000	1491.4000
Pompa-07	PU-07	2.0000	1491.4000
Pompa-08	PU-08	2.0000	1491.4000
Pompa-09	PU-09	2.0000	1491.4000
Pompa-10	PU-10	1.0000	745.7000
Pompa-11	PU-11	1.0000	745.7000
Pompa-12	PU-12	1.0000	745.7000
Pompa-13	PU-13	0.5000	372.8500
Pompa-14	PU-14	0.5000	372.8500
Pompa-15	PU-15	0.5000	372.8500
Pompa-16	PU-16	0.5000	372.8500
Pompa-17	PU-17	0.5000	372.8500
Pompa-18	PU-18	0.5000	372.8500



Pompa-19	PU-19	0.5000	372.8500
Pompa-20	PU-20	0.5000	372.8500
Pompa-21	PU-21	0.5000	372.8500
<b>Total</b>		<b>34.5000</b>	<b>25,726.6500</b>

Total kebutuhan listrik untuk alat utilitas adalah sebesar = 25.726 kW

Total kebutuhan listrik proses dan utilitas adalah sebesar = 35.5873 kW

b. Kebutuhan listrik alat kontrol dan penerangan

- Kebutuhan listrik alat kontrol adalah 5% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar = 3.5584 kW
- Kebutuhan listrik rumah tangga dan kantor adalah 25% dari kebutuhan listrik alat proses dan utilitas yaitu sebesar = 17.7919 kW

Total kebutuhan listrik pabrik biodiesel adalah sebesar 56.7342 kW.

Beban listrik dari generator diesel adalah sebesar 100 kW dengan faktor daya 80%.

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

Udara tekan digunakan untuk alat *pneumatic control*. Kebutuhan udara tekan total adalah sebesar 37.3824 m<sup>3</sup>/jam.

#### 4.5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Pada *boiler* digunakan bahan bakar *fuel oil* sebanyak 117,1760 lb/jam.

#### 4.5.6 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Minyak Jarak dengan Proses Transesterifikasi adalah berupa limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Ketiga limbah tersebut diproses menggunakan metode yang berbeda – beda.

Berikut adalah proses yang digunakan untuk memproses limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

a. Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan berupa senyawa kimia  $\text{CaCl}_2$  dan karbon aktif. Kedua campuran limbah tersebut dapat dihilangkan dengan cara diendapkan secara gravitasi di dalam bak pengendapan. Limbah yang telah diendapkan kemudian dipanaskan pada suhu tinggi hingga kering kemudian dipisahkan. Zat  $\text{CaCl}_2$  dan karbon aktif merupakan adsorben yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi limbah cair yang mengandung zat kimia yang berbahaya.

b. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan pabrik biodiesel berupa cairan yang terdiri dari campuran air dan minyak. Cairan tersebut mengandung senyawa metil ester, gliserin, HCl, methanol, dan NaCl yang larut. Sebelum limbah cair dibuang, dilakukan beberapa *treatment*. Berikut adalah uraian dari *treatment* yang digunakan :

- *Pre-Treatment*

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

- *Treatment* Pertama

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

- *Treatment* Kedua

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

- *Treatment* Ketiga

*Treatment* ketiga berfungsi untuk membunuh mikroorganisme patogen yang terkandung didalam air limbah. Desinfeksi mikroorganisme patogen dilakukan dengan cara menijeksi gas Cl<sub>2</sub> pada limbah cair. Pengawasan yang ketat pada tiap *treatment* limbah cair berupa pengujian di lab sangat diperlukan agar limbah cair tidak merusak lingkungan disekitar lokasi pabrik.

c. Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan oleh Pabrik Biodiesel berupa uap air dan gas methanol. Uap air yang dihasilkan dari alat reaktor dan evaporator bukan merupakan gas yang berbahaya. Dalam proses

evaporasi methanol pada evaporator 2 (EVP-02) dibutuhkan pengawasan yang ketat agar gas terkondensasi secara sempurna. Kondensasi yang sempurna bertujuan agar gas methanol berubah fasa menjadi cairan methanol.

#### **4.6 Organisasi Perusahaan**

Organisasi perusahaan merupakan hal yang penting karena berhubungan dengan efektifitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang telah dihasilkan. Dengan adanya pengaturan organisasi perusahaan yang teratur dan baik maka akan tercipta sumber daya manusia yang baik pula.

##### **4.6.1 Bentuk Hukum Badan Usaha**

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

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

g. Perusahaan Daerah

(Sutarto, 2002).

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

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

1. Didirikan oleh dua perseorangan (badan hukum) atau lebih.
2. Didirikan dengan akta otentik yaitu di hadapan notaris.
3. Modal dasar perseroan terendah adalah Rp 20.000.000,- atau 25% dari modal dasar.

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

- a. Kedudukan antar pemimpin perusahaan dengan pemegang saham terpisah satu sama lain.
- b. Tanggung jawab para pemegang saham terbatas karena segala sesuatu mengenai perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- c. Modal lebih mudah didapatkan selain dari bank juga diperoleh dari penjualan saham.

- d. Kelangsungan kehidupan PT lebih terjamin karena tidak dipengaruhi oleh berhetinya salah seorang pemegang saham, direktur atau karyawan.

#### **4.6.2 Struktur Organisasi Perusahaan**

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

1. Adanya sekelompok orang.
2. Adanya hubungan dan pembagian tugas.
3. Adanya tujuan yang ingin dicapai.

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

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

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

- a. Dapat digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi terus menerus dan secara masal.

- b. Disiplin kerja lebih baik karena terdapat satu kesatuan pimpinan dan perintah Tiap kepala bagian secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan agar tujuan tercapai.
- c. Direktur memegang pimpinan tertinggi yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan Komisaris merupakan perwakilan dari pemegang saham yang dilengkapi dengan staff ahli yang memiliki tugas memberikan saran kepada Direktur.
- d. Staff ahli memudahkan pengambilan keputusan.

Perwujudan "*The Right Man in The Right Place*" dapat dengan mudah dilaksanakan.

### **4.6.3 Tugas dan Wewenang**

#### **4.6.3.1 Pemegang Saham**

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

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.



#### **4.6.3.2 Dewan Komisaris**

Dewan komisaris bertugas untuk melaksanakan perintah dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Berikut adalah tugas dari dewan komisaris :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber – sumber dana, dan pengarahannya target pemasaran.
2. Mengawasi kinerja dari direktur.

#### **4.6.3.3 Direktur Utama**

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

1. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas Direktur Teknik dan Produksi memiliki tugas dalam memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium

## 2. Direktur Keuangan dan Umum

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

### **4.6.3.4 Kepala Bagian**

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

#### 1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

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

#### 2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrument

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

#### 3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu

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

4. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

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

5. Kepala Bagian Administrasi

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

6. Kepala Bagian Humas dan Keamanan

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

7. Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

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

#### 4.6.3.5 Kepala Seksi

Kepala seksi memiliki tugas melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan peraturan Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi memiliki tanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya. Berikut adalah perincian kepala bagian dan tugasnya

##### 1. Kepala Seksi Proses

Kepala seksi proses bertugas memimpin secara langsung dan memantau kelancaran proses produksi.

##### 2. Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk

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

##### 3. Kepala Seksi Utilitas

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

##### 4. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

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

5. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Kepala seksi listrik dan instrumentasi memiliki tanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.

6. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan

Kepala seksi penelitian dan pengembangan bertugas untuk mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi seluruh proses.

7. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Kepala seksi laboratorium dan pengendalian mutu memiliki tugas melakukan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

8. Kepala Seksi Keuangan

Kepala seksi keuangan memiliki tanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

9. Kepala Seksi Pemasaran

Kepala seksi pemasaran mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

10. Kepala Seksi Tata Usaha

Kepala seksi tata usaha memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan dan tata usaha kantor.

#### 11. Kepala Seksi Personalia

Kepala seksi personalia memiliki tugas mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

#### 12. Kepala Seksi Humas

Kepala seksi humas bertugas mengadakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

#### 13. Kepala Seksi Keamanan

Kepala seksi keamanan memiliki tugas mengawasi masalah keamanan perusahaan.

#### 14. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

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

#### 15. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Kepala seksi unit pengolahan limbah bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

### **4.6.4 Pembagian Jam Kerja**

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

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

Senin- Kamis	:07.00 - 16.00 (istirahat12.00 – 13.00)
Jum'at	: 07:00 – 16:00 (istirahat 11:00 – 13:00)
Sabtu	: 07:00 – 12:00
Minggu	:Libur, termasuk hari libur nasional

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

Shift I: 08.00 - 16.00

Shift II : 16.00 - 24.00

Shift III : 24.00- 08.00

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

Tabel 4.23 Jadwal kerja karyawan shift

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

#### 4.6.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

##### 4.6.5.1 Penggolongan Jabatan

Tabel 4.24 Penggolongan jabatan

No	Jabatan	Jenjang Pendidikan
1	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
2	Direktur Produksi dan Teknik	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4	Kepala Bagian Penelitian, Mutu dan Pengembangan	Sarjana Kimia
5	Kepala Bagian Proses dan Utilitas	Sarjana Teknik Kimia
6	Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrument	Sarjana Teknik Mesin / Sarjana Teknik Elektro
7	Kepala Departemen Keuangan dan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
8	Kepala Departemen Administrasi	Sarjana Ekonomi
9	Kepala Departemen Umum dan Keamanan	Sarjana Hukum



10	Kepala Departemen Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	Sarjana Teknik Kimia / Sarjana Teknik Lingkungan
11	Kepala Divisi	Ahli Madya Teknik Kimia
12	Operator	STM/SMU/Sederajat
13	Sekretaris	Akademi Sekretaris
14	Staff	Ahli Madya
15	Medis	Dokter
16	Paramedis	Ahli Madya Keperawatan
17	Lain - lain	SLTA

#### 4.6.5.2 Perincian Jumlah Karyawan

Tabel 4.25 Jumlah karyawan tiap divisi

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur	2
3	Kepala Bagian	9
4	Kepala Seksi	12
5	Karyawan Administrasi	31
6	Karyawan Proses Produksi	40
7	Operator	45
8	Karyawan Keamanan	10
9	Sekretaris	3
10	Dokter	3
11	Perawat	3
12	Supir	5
13	Cleaning Service	10
Jumlah		174

#### 4.6.5.3 Sistem Gaji Pegawai

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

a. Gaji Bulanan

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

b. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c. Gaji Lembur

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

Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan

Tabel 4.26 Penggolongan gaji berdasarkan jabatan

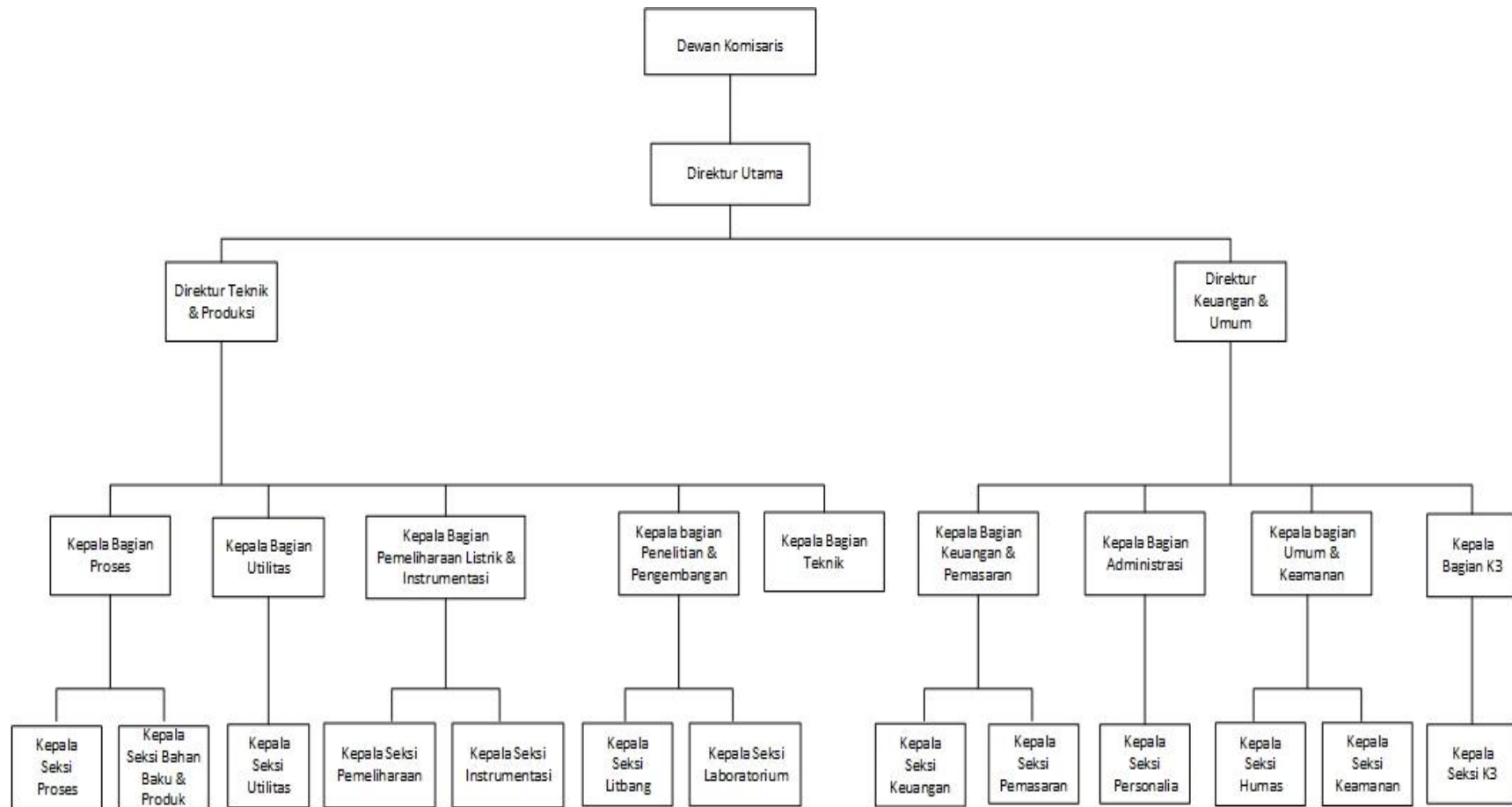
No	Jabatan	Gaji/Bulan, Rupiah
1	Direktur Utama	40.000.000
2	Direktur	35.000.000
3	Kepala Bagian	20.000.000
4	Kepala Seksi	15.000.000
5	Karyawan Administrasi	8.000.000
6	Karyawan Proses Produksi	10.000.000
7	Operator	5.500.000
8	Karyawan Keamanan	5.000.000
9	Sekretaris	10.000.000
10	Dokter	7.000.000
11	Perawat	3.500.000
12	Supir	3.500.000

13	Cleaning Service	3.000.000
Jumlah		1.515.500.000

#### 4.6.5.4 Kesejahteraan Karyawan

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

1. Fasilitas cuti tahunan selama 12 hari.
2. Fasilitas cuti sakit berdasarkan surat keterangan dokter.
3. Tunjangan hari raya dan bonus berdasarkan jabatan.
4. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja lebih dari jumlah jam kerja pokok.
5. Fasilitas asuransi tenaga kerja, meliputi tunjangan kecelakaan kerja dan tunjangan kematian, yang diberikan kepada keluarga tenaga kerja yang meninggal dunia baik karena kecelakaan sewaktu bekerja.
6. Pelayanan kesehatan berupa biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit akibat kecelakaan kerja.
7. Penyediaan kantin, tempat ibadah dan sarana olah raga.
8. Penyediaan seragam dan alat-alat pengaman (sepatu dan sarung tangan).
9. Family Gathering Party (acara berkumpul semua karyawan dan keluarga) setiap satu tahun sekali.



Gambar 4.6 Struktur Organisasi Perusahaan

#### 4.7 Evaluasi Ekonomi

Dalam penentuan kelayakan dari suatu rancangan pabrik kimia diperlukan estimasi profitabilitas. Estimasi profitabilitas meliputi beberapa faktor yang ditinjau yaitu :

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

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

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

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

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost*)

#### 4.7.1 Harga Alat

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

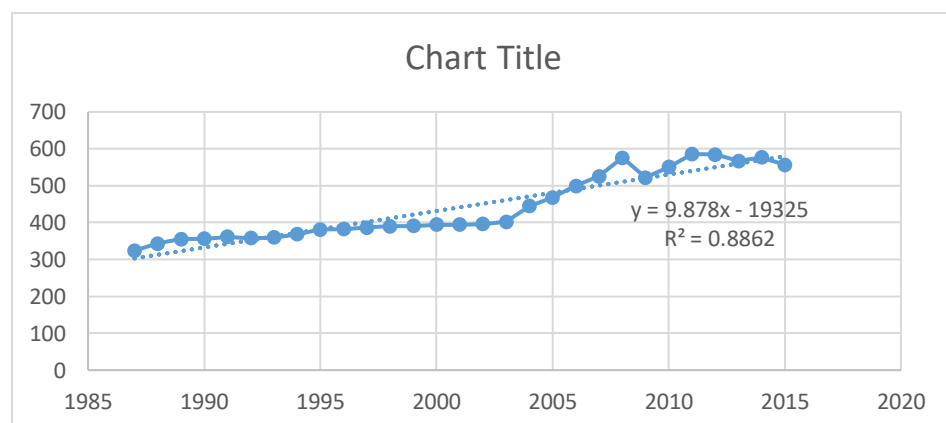
Tabel 4.27 Indeks harga tiap tahun

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	356
5	1991	361.3
6	1992	358.2
7	1993	359.2
8	1994	368.1
9	1995	381.1
10	1996	381.7
11	1997	386.5
12	1998	389.5
13	1999	390.6
14	2000	394.1
15	2001	394.3
16	2002	395.6
17	2003	402
18	2004	444.2

19	2005	468.2
20	2006	499.6
21	2007	525.4
22	2008	575.4
23	2009	521.9
24	2010	550.8
25	2011	585.7
26	2012	584.6
27	2013	567.3
28	2014	576.1
29	2015	556.8

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

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi linier yang diperoleh adalah  $y = 9.878x - 1932$ . Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Kapasitas 15.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2019, maka dari persamaan regresi linier diperoleh indeks sebesar 618.682. Berikut adalah grafik hasil plotting data.



Gambar 4.7 Grafik tahun vs indeks harga

Harga alat diperoleh dari situs matches ([www.matches.com](http://www.matches.com)) dan buku karangan Peters & Timmerhaus. Perhitungan alat pada tahun pabrik dibangun diperoleh dengan rumus berikut

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

(Aries & Newton, 1955)

Keterangan

$E_x$  : Harga pembelian alat pada tahun 2019

$E_y$  : Harga pembelian alat pada tahun referensi

$N_x$  : Indeks harga pada tahun 2019

$N_y$  : Indeks harga pada tahun referensi

Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan rumus tersebut.

Tabel 4.28 Harga alat pada tahun 2019

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	EY	EX
			2014	2019
Tangki CH <sub>3</sub> OH	T-01	1	\$ 64,700	\$ 69,482
Tangki NaOH	T-02	1	\$ 17,200	\$ 18,471
Tangki Minyak Jarak	T-03	1	\$ 129,200	\$ 138,750
Tangki HCL	T-04	1	\$ 18,600	\$ 19,975
Tangki Biodiesel	T-05	1	\$ 74,400	\$ 79,899
Tangki Gliserol	T-06	1	\$ 97,500	\$ 104,707
Reaktor	R-01	1	\$ 114,200	\$ 122,641
Mixer	M-01	1	\$ 61,800	\$ 66,368
Decanter 1	D-01	1	\$ 15,000	\$ 16,109
Decanter 2	D-02	1	\$ 15,000	\$ 16,109



Netralizer	N-01	1	\$ 111,000	\$ 119,204
Evaporator 1	EV-01	1	\$ 19,500	\$ 20,941
Evaporator 2	EV-02	1	\$ 11,800	\$ 12,672
Washing Tower 1	WT-01	1	\$ 126,000	\$ 135,313
Heater 1	HE-01	1	\$ 2,200	\$ 2,363
Heater 2	HE-02	1	\$ 2,200	\$ 2,363
Cooler 1	CL-01	1	\$ 3,100	\$ 3,329
Cooler 2	CL-02	1	\$ 3,300	\$ 3,544
Cooler 3	CL-03	1	\$ 3,000	\$ 3,222
Pompa 1	P-01	2	\$ 7,800	\$ 16,753
Pompa 2	P-02	2	\$ 7,800	\$ 16,753
Pompa 3	P-03	2	\$ 9,100	\$ 19,545
Pompa 4	P-04	2	\$ 7,800	\$ 16,753
Pompa 5	P-05	2	\$ 9,100	\$ 19,545
Pompa 6	P-06	2	\$ 7,800	\$ 16,753
Pompa 7	P-07	2	\$ 10,000	\$ 21,478
Pompa 8	P-08	2	\$ 9,100	\$ 19,545
Pompa 9	P-09	2	\$ 10,000	\$ 21,478
Pompa 10	P-10	2	\$ 9,100	\$ 19,545
Pompa 11	P-11	2	\$ 9,100	\$ 19,545
Pompa 12	P-12	2	\$ 7,800	\$ 16,753
Pompa 13	P-13	2	\$ 7,800	\$ 16,753
Total		45		\$ 1,196,663

## 4.7.2 Perhitungan Biaya

### 4.7.2.1 Capital Investment

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

#### 1. *Fixed Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

#### 2. *Working Capital Investment*

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

### 4.7.2.2 Manufacturing Cost

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

#### a. *Direct Cost Direct Cost*

Pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

#### b. *Indirect Cost Indirect Cost*

Pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

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

#### 4.7.3 General Expense

Berupa pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

#### 4.7.4 Analisa Kelayakan

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

##### 4.7.4.1 Percent Return On Investment (ROI)

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

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

#### 4.7.4.2 Pay Out Time (POT)

*Pay Out Time* (POT) merupakan :

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

#### 4.7.4.3 Break Even Point (BEP)

*Break Even Point* (BEP) merupakan :

1. Titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.
2. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.

3. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

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

Keterangan:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

#### 4.7.4.4 Shut Down Point (SDP)

*Shut Down Point* (SDP) merupakan:

1. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan.  
Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi ( tidak menghasilkan *profit* ).
2. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

3. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.

#### 4.7.4.5 Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

*Discounted Cash Flow Rate Of Return* ( DCFR ) merupakan:

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

$$(FC + WC)(1 + i)^n = C \sum_{t=0}^{n-1} (1 + i)^t + WC + SV$$

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan DCFR

Keterangan

FC : Fixed capital

WC : Working capital

SV : Salvage value

C : Cash flow ( profit after taxes + depresiasi + finance

n : Umur Pabrik = 10 Tahun

i : Nilai DCFR

## 4.7.5 Hasil Perhitungan

### 4.7.5.1 Penentuan Fixed Capital Investment(FCI)

Tabel 4.29 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Purchased Equipment cost	Rp 25,273,373,409	\$ 1,755,095
2	Delivered Equipment Cost	Rp 6,318,768,541	\$ 438,774
3	Instalasi cost	Rp 3,984,768,541	\$ 276,720
4	Pemipaan	Rp 5,872,110,353	\$ 407,785
5	Instrumentasi	Rp 6,291,490,393	\$ 436,909
6	Insulasi	Rp 946,435,181	\$ 65,725
7	Listrik	Rp 3,791,006,011	\$ 263,264
8	Bangunan	Rp 90,370,000,000	\$ 6,275,694
9	Land & Yard Improvement	Rp 64,550,000,000	\$ 4,482,639
Total		Rp207,397,527,241	\$ 14,402,606

Tabel 4.30 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Fixed Capital	Biaya (Rp)	Biaya, \$
1	Direct Plant Cost	Rp 248,877,032,689	\$ 17,283,521
2	Cotractor's fee	Rp 19,910,162,615	\$ 1,382,650
3	Contingency	Rp 24,887,703,269	\$ 1,728,313
Jumlah		Rp 293,674,898,573	\$ 20,394,090

#### 4.7.5.2 Penentuan Total Production Cost (TPC)

Tabel 4.31 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw Material	Rp 49,520,467,390	\$ 3,438,921
2	Labor	Rp 19,056,000,000	\$ 1,323,333
3	Supervision	Rp 2,286,720,000	\$ 158,800
4	Maintenance	Rp 11,746,995,943	\$ 815,764
5	Plant Supplies	Rp 1,762,049,391	\$ 122,365
6	Royalty and Patents	Rp 15,423,813,323	\$ 1,071,098
7	Utilities	Rp 275,360,167	\$ 19,122
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp 100,071,406,214	\$ 6,949,403

Tabel 4.32 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 3,811,200,000	\$ 264,667
2	<i>Laboratory</i>	Rp 3,811,200,000	\$ 264,667
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 13,339,200,000	\$ 926,333
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 15,423,813,323	\$ 1,071,098
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp 36,385,413,323	\$ 2,526,765



Tabel 4.33 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 23,493,991,886	\$ 1,631,527
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 5,873,497,971	\$ 407,882
3	<i>Insurance</i>	Rp 2,936,748,986	\$ 203,941
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp 32,304,238,843	\$ 2,243,350

Tabel 4.34 *Total Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 100,071,406,214	\$ 6,949,403
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 36,385,413,323	\$ 2,526,765
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 32,304,238,843	\$ 2,243,350
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp 168,761,058,381	\$ 11,719,518

Tabel 4.35 *Total Working Capital (TWC)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 13,505,582,015	\$ 937,888
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp 23,012,871,597	\$ 1,598,116
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 46,025,743,195	\$ 3,196,232
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 84,129,890,854	\$ 5,842,354
5	<i>Available Cash</i>	Rp 46,025,743,195	\$ 3,196,232
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp 212,699,830,857	\$ 14,770,822

Tabel 4.36 *General Expense (GE)*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 10,125,663,503	\$ 703,171
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 16,876,105,838	\$ 1,171,952
3	<i>Research</i>	Rp 6,412,920,218	\$ 445,342
4	<i>Finance</i>	Rp 20,254,989,177	\$ 1,406,596
<b><i>General Expenses(GE)</i></b>		Rp 53,669,678,737	\$ 3,727,061

Tabel 4.37 *Total Production Cost (TPC)*

Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 168,761,058,381	\$ 11,719,518
<i>General Expenses(GE)</i>	Rp 53,669,678,737	\$ 3,727,061
<b><i>Total Production Cost (TPC)</i></b>	Rp 222,430,737,117	\$ 15,446,579

#### 4.7.5.3 Penentuan *Fixed Cost (Fa)*

Tabel 4.38 *Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	Rp 23,493,991,886	\$ 1,631,527
2	<i>Property taxes</i>	Rp 5,873,497,971	\$ 407,882
3	<i>Insurance</i>	Rp 2,936,748,986	\$ 203,941
<b><i>Fixed Cost (Fa)</i></b>		Rp 32,304,238,843	\$ 2,243,350

#### 4.7.5.4 Penentuan *Variable Cost* (Va)

Tabel 4.39 *Variable Cost* (Va)

No	<i>Type of Expense</i>	<b>Harga (Rp)</b>		<b>Harga (\$)</b>	
1	<i>Raw material</i>	Rp	49,520,467,390	\$	3,438,921
2	<i>Packaging &amp; shipping</i>	Rp	15,423,813,323	\$	1,071,098
3	<i>Utilities</i>	Rp	272,360,167	\$	19,122
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp	15,423,813,323	\$	1,071,098.
<b><i>Variable Cost (Va)</i></b>		Rp	80,643,454,203	\$	5,600,240

#### 4.7.5.5 Penentuan *Regulated Cost* (Ra)

Tabel 4.40 *Regulated Cost* (Ra)

No	<i>Type of Expense</i>	<b>Harga (Rp)</b>		<b>Harga (\$)</b>	
1	Gaji Karyawan	Rp	19,056,000,000	\$	1,323,333
2	Payroll Overhead	Rp	3,811,200,000	\$	264,667
3	Supervision	Rp	2,286,720,000	\$	158,800
4	Plant Overhead	Rp	13,339,200,000	\$	926,333
5	Laboratorium	Rp	3,811,200,000	\$	264,667
6	General Expense	Rp	53,669,678,737	\$	3,727,061
7	Maintenance	Rp	11,746,995,943	\$	815,764
8	Plant Supplies	Rp	1,762,049,391	\$	122,365
<b><i>Regulated Cost (Ra)</i></b>		Rp	109,483,044,071	\$	7,602,989

#### 4.7.5.6 Analisa Keuntungan

*Annual Sales (Sa)* = Rp 308,476,266,466

*Total Cost* = Rp 221,430,737,117

Keuntungan Sebelum Pajak = Rp 86,045,529,349

Keuntungan Setelah Pajak = Rp 43,022,764,675

Harga Jual Biodiesel = Rp 10,160/L

#### 4.7.5.7 Percent Return On Investment (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 29.29%

ROI setelah pajak = 14.65%

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

#### 4.7.5.8 Pay Out Time (POT)

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

POT sebelum pajak = 2.7 tahun

POT setelah pajak = 4.4 tahun

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

#### 4.7.5.9 Break Even Point (BEP)

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

$$BEP = 43.09\%$$

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%–60

#### 4.7.5.10 Shut Down Point (SDP)

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

$$SDP = 21.72\%$$

SDP pabrik kimia umumnya adalah 20% - 30%.

#### 4.7.5.11 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

$$(FC + WC)(1+i)^N = C \sum_{t=0}^{n=N-1} (1+i)^t + WC + SV$$

Umur pabrik = 10 tahun

*Fixed Capital Cost* =Rp 105,805,238,143

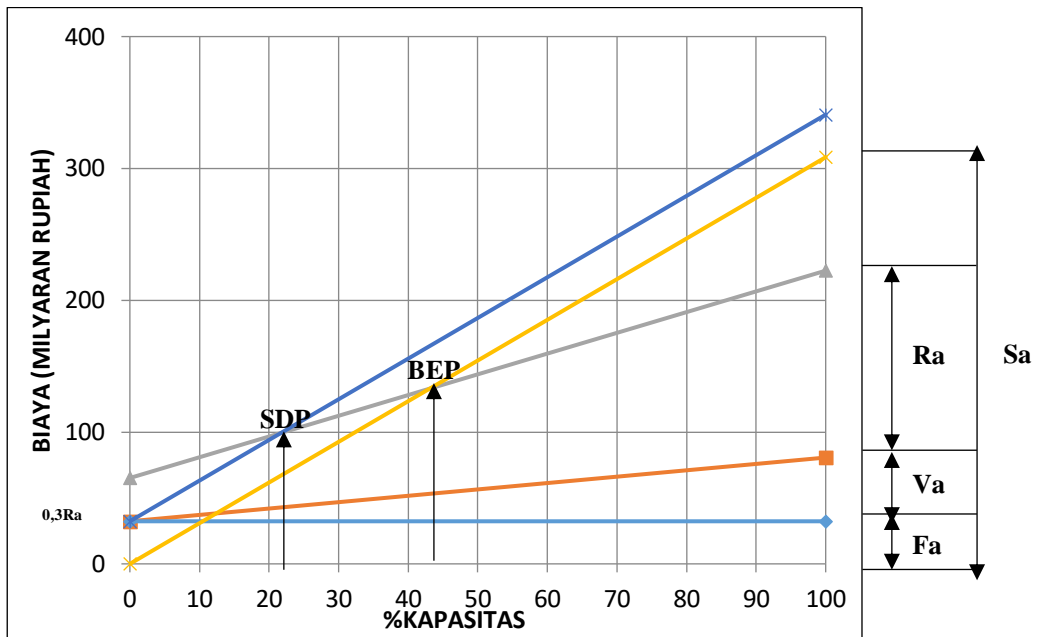
*Working Capital* = Rp 212,699,830,857

*Salvage Value (SV)* =Rp 23,493,991,885

*Cash flow (CF)* = *Annual profit + depresiasi + finance*

= Rp 53,671,310,264

Dengan trial and error diperoleh nilai *i* sebesar 8,52%. Dengan suku bunga acuan Bank Mandiri 4,75% x 1,5 yaitu sebesar 7,13% (Minimum), maka nilai DCFR yang didapat melebihi nilai minimum.



Gambar 4.8 Nilai SDP dan BEP

Keterangan :

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

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan prarancangan pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar ini membutuhkan bahan baku berupa minyak jarak pagar dan methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), dimana kebutuhan minyak jarak pertahun sebesar 152369.4573 ton/tahun, sedangkan untuk methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) diperlukan sebesar 49115.5661 ton/tahun. Pabrik biodiesel ini tergolong sebagai pabrik yang beresiko rendah (*low risk*) karena :

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, tidak beracun, beroperasi pada suhu dan tekanan yang rendah.
2. Berdasarkan hasil analisi ekonomi sebagai berikut :
  - a) Keuntungan yang diperoleh :
    - Keuntungan sebelum pajak Rp. 87,106,362,426/tahun
    - Keuntungan setelah pajak Rp. 43,553,181,213/tahun
  - b) *Return On investment (ROI)* :
    - Persen ROI sebelum pajak sebesar 30,6587 %
    - Persen ROI setelah pajak sebesar 15.3294 %

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

- c) *Pay Out Time (POT)*

POT sebelum pajak selama 2.6 tahun dan POT setelah pajak selama 4.3 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun dan syarat POT setelah pajak maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

d) *Break Even Point* (BEP)

*Break Event Point* yang diperoleh sebesar 42.28%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%-60%.

e) *Shut Down Point* (SDP)

*Shut Down Point* yang diperoleh sebesar 21.57%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 22%-30%.

f) *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

*Discounted Cash Flow Rate* diperoleh sebesar 31%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank (  $1,5 \times 10\% = 15\%$ ).

Berdasarkan perhitungan utilitas terhadap kebutuhan air, listrik dan steam, didapat bahwa kebutuhan air pabrik secara keseluruhan sebesar 488,52 kg/jam, dengan masing-masing terdiri dari kebutuhan air untuk air pendingin sebanyak 28736.52 kg/jam, air untuk steam sebanyak 570.48 kg/jam, untuk kebutuhan air domestik sebanyak 3861.89 kg/jam, dan untuk kebutuhan *service water* sebanyak 1000 kg/jam. Sedangkan untuk kebutuhan listrik total baik untuk alat proses maupun untuk proses lainnya sebesar 50,7342 kW.



Secara ekonomis dan berdasarkan perhitungan tersebut, pabrik biodiesel dari minyak jarak pagar dengan proses transesterifikasi kapasitas produksi 15.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

## 5.2 Saran

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

1. Optimasi pemeliharaan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan, sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang ramah lingkungan.

Produk biodiesel dapat direalisasikan sebagai bahan untuk memenuhi kebutuhan energi campuran dari bahan bakar minyak dimassa mendatang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc Graw Hill Handbook Co., Inc. New York
- Austin, G.T. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries, 5th ed.* Mc Graw Hill Book Co., Inc. New York
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistic Indonesia. *www.bps.go.id*. Diakses pada tanggal 26 Februari 2018 pukul 10.00 WIB
- Brown, G.G. 1978. *Unit Operations*. John Wiley and Sons Inc. New York
- Brownell, L.E. and Young. E.H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Balkey, 1950. Sifat-sifat fisis dan kimia minyak jarak pagar.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F. 1983. *Chemical Engineering, 1st edition, Volume 6*. Pergason Press. Oxford.
- Freedman, 1987. Reaksi transesterifikasi pada mono dan digliserida.
- Joeliningsih, 2003. Katalis reaksi transesterifikasi.
- Kern, D.Q. 1950. *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Kirk, R. E., and Othmer D. F. 1998. *Encyclopedia of Chemical Technology, 4th ed.* The Interscience Encyclopedia Inc. New York.
- Knothe, 2002. Standar SNI biodiesel.
- Legowo *et al*, 2001. Karakteristik biodiesel secara umum.

- Ma dan Hannan, 2001. Macam-macam alcohol untuk menghasilkan produk biodiesel.
- Mardinah, Agus Widodo, Efi trisningwati, dan Aries Purijatmiko, 2006. Minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku biodiesel.
- Matche. 2018. *equipment cost*. <http://www.matche.com/>. Diakses pada tanggal 17 Juli 2018 pukul 19.50 WIB
- Ozgul dan Turkey, 2002. Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi.
- Peters, M., Timmerhause, K., dan West, R. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical engineers*. McGraw Hill. New York.
- Perry, R. H., and Green, D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineers, 7th ed*. McGraw Hill Companies Inc. USA.
- Ristek. 2018. Rendemen minyak jarak. <http://ristek.go.id/>. Diakses pada tanggal 15 Juni 2018
- R.K.Sinnot. 1983. *An Introduction to Chemical Engineering Design*. Pergamon Press. Oxford.
- Syah, 2006. Kandungan asam lemak pada minyak jarak pagar.
- Veljkovic, Vlada B., *et al*, 2011. Faktor-faktor laju reaksi transesterifikasi dan yield biodiesel.
- Van Gerpen *et al.*, 1996. Asam lemak bebas pada biodiesel.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Handbooks. New York.
- Wallas, S.M. *Chemical Process Equipment*. Mc. Graw Hill Book Koagakusha Company. Tokyo.

## LAMPIRAN A

### OPTIMASI REAKTOR

#### 1. Mencari Laju Alir Volumetrik (Fv)

Komponen	Kg/Jam	Kmol/Jam	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Fv(m <sup>3</sup> /Jam)
Metil ester	1704.5455	0.7777	679.7004	2.5078
Methanol	20.4648	0.0093	7.3902	2.7692
Glycerol	176.4796	0.0805	97.8291	1.8040
NaOH	18.8538	0.0086	18.3221	1.0290
H <sub>2</sub> O total	61.9776	0.0283	28.2769	2.1918
Trigliserid	188.5380	0.0860	78.7077	2.3954
FFA	20.9487	0.0096	8.5542	2.4489
Total	2191.8079	1.000	918.7807	2.3856

#### 2. Mencari Jumlah Reaktor

$$\text{Konversi (x)} = 90\%$$

$$\text{Konstanta laju reaksi (k)} = 0.327 \text{ /menit}$$

$$= 19.620 \text{ /jam}$$

Mencari nilai  $\tau$  dan volume pada masing-masing jumlah reactor

- Untuk 1 Reaktor

$$\tau = 0.458 \text{ jam}$$

$$k = 19.620/\text{jam}$$

$$x = 0.90$$

$$Fv = 2.386 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V = 1.092 \text{ m}^3$$

$$= 288.419 \text{ Gallon}$$

- Untuk 2 Reaktor

$$\tau = 0.110 \text{ jam}$$

$$k = 19.620/\text{jam}$$

$$x = 0.90$$

$$Fv = 2.449 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V = 0.2649 \text{ m}^3$$

$$= 71.137 \text{ Gallon}$$

- Untuk 3 Reaktor

$$\tau = 0.059 \text{ jam}$$

$$k = 19.620/\text{jam}$$

$$x = 0.90$$

$$Fv = 2.386 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V = 0.140 \text{ m}^3$$

$$= 37.097 \text{ Gallon}$$

- Untuk 4 Reaktor

$$\tau = 0.059 \text{ jam}$$

$$k = 19.620/\text{jam}$$

$$x = 0.90$$

$$Fv = 2.386 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V = 0.095 \text{ m}^3$$

$$= 25.002 \text{ Gallon}$$

• Mencari nilai X pada setiap reactor

- Untuk 1 Reaktor

$$V = 1.092 \text{ m}^3$$

$$X = 0.9$$

- Untuk 2 Reaktor

$$V_1 = V_2 = 0.2692 \text{ m}^3$$

$$X_1 = 0.68$$

$$X_2 = 0.9$$

- Untuk 3 Reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = 0.1411 \text{ m}^3$$

$$X_1 = 0.54$$

$$X_2 = 0.78$$

$$X_3 = 0.9$$

- Untuk 4 Reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 0.0951 \text{ m}^3$$

$$X_1 = 0.43$$

$$X_2 = 0.68$$

$$X_3 = 0.82$$

$$X_4 = 0.9$$

### Optimasi Reaktor

n	V1	V2	V3	V4
1	288.419			
2	71.137	71.137		
3	37.097	37.097	37.097	
4	25.022	25.022	25.022	25.022

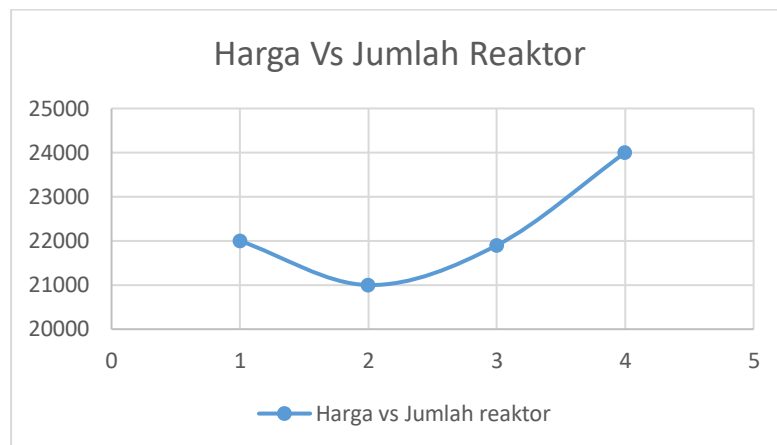
n	X1	X2	X3	X4
1	0.9			
2	0.68	0.90		
3	0.54	0.78	0.9	
4	0.43	0.68	0.82	0.9

n	V*1,2	Harga	Harga Total
1	346.103	22000	22000
2	85.364	10500	21000
3	44.517	7300	21900
4	30.026	6000	24000

Ditinjau dari harga, maka digunakan 1 reaktor, dengan volume masing-masing :

$$V_{shell} = 1.092 \text{ m}^3$$

$$V_{over\ design} = 1.310 \text{ m}^3$$



Gambar grafik perbandingan harga vs jumlah reactor



## PERANCANGAN REAKTOR

Jenis	= Reaktor alir tangki Berpengaduk (RATB)
Fase	= Cair - Cair
Bentuk	= Tangki Silinder
Bahan	= <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Suhu Operasi	= 60 °C
Tekanan	= 1 atm
Waktu Tinggal ( $\theta$ )	= 42 menit
Konversi Trigliserida	= 90%

### a) Menghitung Densitas Cairan

Komponen	massa (kg/jam)	Fraksi Massa (xi)	$\rho_i$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho_i \cdot x_i$ (kg/m <sup>3</sup> )
C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1704.5455	0.7777	874	679.7004
CH <sub>3</sub> OH	20.4648	0.0092	791	7.3902
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	176.4796	0.0805	1215	97.8291
NaOH	18.8538	0.0086	2130	18.3221
H <sub>2</sub> O	61.9776	0.0283	1000	28.2769
C <sub>57</sub> H <sub>104</sub> O <sub>6</sub>	188.9487	0.0860	915	78.7077
FFA	20.9487	0.0096	895	8.5542
<b>Total</b>	<b>2191.8079</b>	<b>1,000</b>		<b>918.7807</b>

$$\text{Densitas campuran} = 918.7870 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume cairan} = \theta \times \frac{\text{massa}}{\text{densitas cairan}}$$

$$\text{Volume cairan} = 1 \text{ jam} \times \frac{2191.8079 \text{ kg/jam}}{918.7870 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volume cairan} = 2.3856 \text{ m}^3$$

#### b) Menghitung Dimensi Reaktor

Perancangan reaktor dibuat dengan over design sebesar 20%, sehingga volume reaktor menjadi :

$$\text{Volume alat} = 1,2 \times \text{volume cairan}$$

$$\text{Volume alat} = 1,2 \times 1.0918 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume alat} = 1.3101 \text{ m}^3 = 46.2673 \text{ ft}^3$$

#### 1. Menghitung diameter dan tinggi reaktor

Dengan perbandingan D:H= 1:2

$$\text{Volume shell} = \frac{\pi}{4} D^2 H \cdot \frac{2\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_{shell}}{2\pi}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{4 \times 2.8627 \text{ m}^3}{2 \times 3.14}}$$

$$= 0.9415 \text{ m} = 37.0658 \text{ inch} = \text{OD}$$

- Menentukan Tekanan Design

$$P \text{ Operasi} = 1 \text{ atm} = 14.70 \text{ psi}$$

$$P \text{ Design} = 1.2 \times P \text{ operasi}$$

$$P \text{ Design} = 1.2 \times 14.70 \text{ psi}$$

$$= 17.64 \text{ psi}$$

- Menentukan Tebal shell ( $t_s$ ) minimum yang dibutuhkan

Diketahui :

Max Allowable Stress ( $f$ ) = 13750 psi

Effisiensi Sambungan ( $E$ ) = 85%

Sambungan yang dipilih = Double welded but join

Corrosion Allowance ( $C$ ) = 0.125 inch

Jari-jar ( $r$ ) = 33 inch

Tekanan Design ( $P$ ) = 17.64 psi

$$t_s = \frac{Pr_o}{fE - 0.6P} + C$$

$$= \frac{17.64 \text{ psi} \times 21 \text{ inch}}{(13750 \text{ psi} \times 0.85) - (0.6 \times 17.64)} + 0.125 \text{ in}$$

$$= 0.1567 \text{ inch}$$

Jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan sebesar 0.1567 inch

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young, maka dipilih  $t_s$  standar :

$$t_s = 1/4 \text{ in}$$

$$= 0.25 \text{ in}$$

- Menentukan Inside Diameter (ID)

Diketahui :

Berdasarkan tabel 5.7 Brownell & Young, maka dipilih :

OD yang dipilih = 42 in

Icr (*Inside corner radius*) = 2.625 in

r = 40 in

- W (factor intensifikasi tegangan jenis head) Brownell & Young fig.

13.1 hal.254

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right) \\
 &= \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{40}{2.625}} \right) \\
 &= 1.7259
 \end{aligned}$$

- Tebal shell (th) Brownell & Young fig.7.77 hal.138

$$\begin{aligned}
 th &= \frac{PrW}{2.fE - 0.2P} + C \\
 &= \frac{17.64 \text{ in} \times 42 \text{ in} \times 1.7259}{2 \times 13750 \text{ psi} \times 0.85 - 0.2 \times 17.64 \text{ psi}} + 0.125 \text{ in} \\
 &= 0.1771 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Jadi, tebal head minimum yang dibutuhkan sebesar 0.1771 in

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young, maka dipilih th standar :

$$\begin{aligned}
 th &= 7/8 \text{ in} \\
 &= 0.88 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dengan sf = 2 in

Maka ID :

$$\begin{aligned}
 ID &= OD - 2th \\
 &= 42 \text{ in} - (2 \times 0.88 \text{ in}) \\
 &= 40.25 \text{ in} \\
 &= 1.0224 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, inside diameter yang diperlukan sebesar 40.25 in

## 2. Menentukan Volume Reaktor

Diketahui :

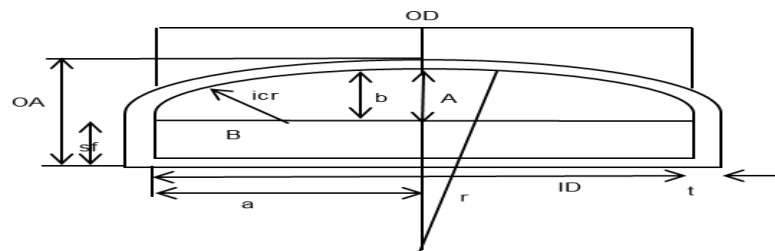
$$r \text{ (jari-jari)} = 40 \text{ in}$$

$$icr \text{ (inside corner radius)} = 2 \text{ in}$$

$$ID \text{ (inside diameter)} = 40.25 \text{ in}$$

$$th \text{ (tebal shell)} = 0.88 \text{ in}$$

$$sf \text{ (safety factor)} = 2 \text{ in}$$

Head berbentuk *torispherical*

$$b = r - \sqrt{(r - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2}$$

$$= 40 \text{ in} - \sqrt{(40 \text{ in} - 2.625 \text{ in})^2 - \left(\frac{40.25 \text{ in}}{2} - 2.625 \text{ in}\right)^2}$$

$$= 6.9752 \text{ in}$$

$$OA = th + b + sf$$

$$= (0.88 + 6.9752 + 2) \text{ in}$$

$$= 9.8502 \text{ in}$$

- Volume Dish berdasarkan persamaan yang diperoleh dari Brownell and

Young sebesar :

$$V_{\text{Dish}} = 0.000049$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Dish}} &= (0.000049 \times (D_{\text{shell}})^3) \\
 &= (0.000049 \times (40.25 \text{ in})^3) \\
 &= 3.1952 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Volume Head

$$\begin{aligned}
 V_{\text{head}} &= V_{\text{Dish}} + \frac{1}{4}\pi ID^2 sf \\
 &= 3.1952 \text{ in} + \frac{1}{4}3.14 (40.25)^2 \times 2 \text{ in} \\
 &= 2547.9893 \text{ in}^3 \\
 &= 0.0418 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume Reaktor

$$\begin{aligned}
 V_{\text{reaktor}} &= \frac{1}{4}\pi ID^2 r + 2V_{\text{head}} \\
 V_{\text{reaktor}} &= \frac{1}{4}3.14 (40.25 \text{ in})^2 \times 40 \text{ in} + 2 \times 2547.9893 \text{ in}^3 \\
 &= 55965.9421 \text{ in}^3 \\
 &= 0.9167 \text{ m} \\
 &= 916,697 \text{ Liter} = 242,166 \text{ gallon}
 \end{aligned}$$

Jadi volume reaktor yang diperoleh sebesar = 242,166 gallon

Dimana volume cairan dalam reaktor sebesar = 1.3101 m<sup>3</sup>

- Volume cairan di shell =  $V_{\text{cairan}} - V_{\text{sebuah Head}}$

$$\begin{aligned}
 &= (1.3101 - 0.0418) \text{ m}^3 \\
 &= 1.2648 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Tinggi Total Reaktor

Dimana :

$$At = \frac{\pi}{4} \times ID^2$$

$$At = \frac{3.14}{4} \times 1.0224^2 m$$

$$= 0.8209 m^2$$

$$H_{shell} = \frac{V_{cairan\ di\ shell}}{At}$$

$$H_{shell} = \frac{0.8209 m^3}{1.2684 m^2}$$

$$= 1.5451 m$$

$$H_{total} = H_{cairan\ di\ shell} + b + sf$$

$$= (1.5451 + 0.1772 + 0.0508)m$$

$$= 1.7731 m$$

Jadi, tinggi total reactor yang diperoleh sebesar : 1.7731 m

- Menentukan Luas Muka Reaktor (A)

Luas muka reactor untuk tebal head < 1 in, digunakan persamaan 5.12

Brownell and Young 1959

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

$$De = 42 in + \frac{66 in}{42} + 2 \times 2in + \frac{2}{3} \times 2.625 in$$

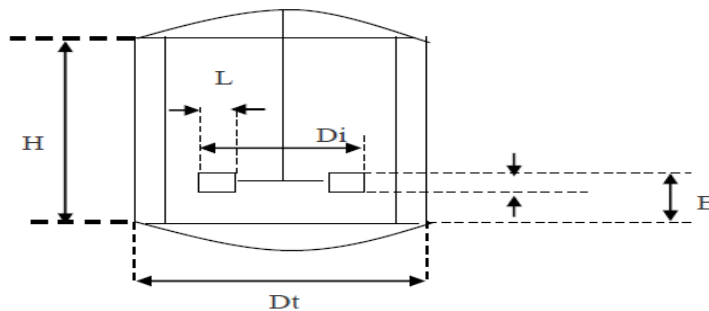
$$= 48.75 in$$

$$A_{total} = A_{shell} + 2 \times A_{tiap\ head}$$

$$= \pi \times D \times H + 2 \times \left( \frac{\pi}{4} \times De^2 \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 3.14 \times 42 \text{ in} \times 84 \text{ in} + 2 \times \left( \frac{3.14}{4} \times 48.75^2 \right) \\
 &= 14816.6694 \text{ in}^2 \\
 &= 9.5591 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

c) Menghitung Ukuran dan Lebar Pengaduk



Data untuk pengaduk diperoleh dari buku Brown "Unit Operation" p.507

$$\begin{aligned}
 \text{- Diameter pengaduk (Di)} &= \frac{ID}{3} \\
 &= \frac{1.024 \text{ m}}{3} \\
 &= 0.3408 \text{ m} \\
 &= 13.4167 \text{ in} \\
 \text{- Tinggi pengaduk (W)} &= \frac{Di}{5} \\
 &= \frac{0.3408 \text{ m}}{5} \\
 &= 0.0682 \text{ m} \\
 &= 2.6833 \text{ in}
 \end{aligned}$$



- Lebar pengaduk (L)  $= \frac{Di}{4}$   
 $= \frac{0.3408 \text{ m}}{4}$   
 $= 0.0852 \text{ m}$   
 $= 3.3542 \text{ in}$
- Lebar Baffle (B)  $= \frac{ID}{12}$   
 $= \frac{1.024 \text{ m}}{12}$   
 $= 0.0852 \text{ m}$   
 $= 3.3542 \text{ in}$
- Jarak pengaduk dengan dasar tangki ( E)  
 $= Di$  (*range* 0.75 – 1.3), dipilih 1, maka  
 $= 0.3408 \text{ m} \times 1$   
 $= 0.3408 \text{ m}$   
 $= 13.4167 \text{ in}$
- Kecepatan Putar Pengaduk (N)

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

WELH (water Equivalent Liquid Height)

$$Sg \text{ (Spesifik gravity)} = \frac{\rho_{Cairan}}{\rho_{air}}$$

$$\rho_{Cairan} = \frac{\rho_{Campuran}}{\text{laju alir volumetrik}}$$

$$= \frac{2191.8079 \frac{kg}{jam}}{2.3856 \frac{m^3}{jam}}$$

$$= 918.7807 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Sg (Spesifik gravity)} = \frac{918.7807 \frac{kg}{m^3}}{1000 \frac{kg}{m^3}}$$

$$= 0.9188$$

$$WELH = Z_L \times Sg$$

$$= 1.5451 \text{ m} \times 0.9188$$

$$= 1.4196 \text{ m}$$

$$= 4.6575 \text{ ft}$$

$$\text{- Jumlah Pengaduk} = \frac{WELH}{ID}$$

$$= \frac{4.6575 \text{ ft}}{3.3584 \text{ ft}}$$

$$= 1.3886 \sim 1 \text{ buah}$$

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

$$N = \frac{600}{3.14 \times 0.3408 \text{ m}} \sqrt{\frac{1.4196 \text{ m}}{2 \times 0.3408 \text{ m}}}$$

$$= 246.5331 \text{ rpm}$$

$$= 4.1089 \text{ rps}$$

- Menghitung Power Pengaduk

$$P = \frac{Np \times Di^5 \times \rho^3}{gc}$$

$$gc = 32.1784 \text{ ft/s}^2$$

$$\begin{aligned} Nre &= \frac{N \times \rho \times Di^2}{\mu} \\ &= \frac{4.1089 \text{ rps} \times 57.3570 \text{ lb/ft}^3 \times 0.3408 \text{ m}^2}{0.0438 \text{ lb/s.ft}^3} \\ &= 6722.4039 \end{aligned}$$

$$Np = 6$$

Nilai Np diperoleh dari figure 9.12 Mc.Cabe p. 250 *Curverd*

(*Six-blade turbine, vertical blades*)

$$\begin{aligned} P &= \frac{Np \times Di^5 \times \rho^3}{gc} \\ &= \frac{6 \times 0.3408 \text{ m}^5 \times 57.3570^3 \text{ lb/ft}^3}{32.1784 \text{ ft/s}^2} \\ &= 1296.0905 \text{ ft.lb/s} \\ &= 2.3330 \text{ Hp} \\ &= 1.7395 \text{ kW} \end{aligned}$$

d) Merancang Jaket Pendingin

Diketahui :

Outside Diameter (OD) = 42 in

$$= 1.0688 \text{ m}$$

$$= 3.5 \text{ ft}$$

Inside Diameter (ID) = 40.25 in

$$= 1.0244 \text{ m}$$

$$= 3.35 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 84 \text{ in}$$

$$= 2.1336 \text{ m}$$

$$= 7 \text{ ft}$$

$$\text{Luas Selimut (A)} = \pi \times OD \times H$$

$$= (3.14 \times 3.5 \times 7) \text{ ft}$$

$$= 76.9692 \text{ ft}^2$$

Perbedaan Temperatur Logaritmik rata-rata adalah :

$$\text{Suhu fluida panas reactor} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 140 \text{ F}$$

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

$$= 86 \text{ F}$$

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

$$= 113 \text{ F}$$

Fluida Panas	Temprature (F)	Fluida Dingin	Selisih
140	High	113	27
140	Low	86	54
		27	

$$\Delta T_1 = 27$$

$$\Delta T_2 = 54$$

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

$$= \frac{54 - 27}{\ln\left(\frac{27}{54}\right)}$$

$$= 38.9528 F$$

- Menghitung Luas Transfer Panas

Untuk fluida panas Heavy organic dan fluida dingin water

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

$$\text{Dipilih } U_d = 75 \text{ Btu}/\text{ft}^2\text{F.jam}$$

Nilai  $U_d$  (settling velocity) diperoleh dari tabel Kern p.840

$$A = \frac{Q_{pendingin}}{U_d \Delta T_{LMTD}}, \text{ diketahui}$$

$$Q_{pendingin} = 603310.4883 \text{ kJ/jam}$$

$$= \frac{603310.4883 \text{ kJ/jam}}{75 \text{ Btu}/\text{ft}^2\text{F.jam} \times 38.9528 F}$$

$$= 206.5101 \text{ ft}^2$$

Luas selimut < A terhitung, maka luas selimut tidak mencukupi sebagai luas transfer panas, sehingga digunakan **Jaket**

### **Pendingin**

- Menghitung Kebutuhan Air Pendingin (m air)

Diketahui:

$$C_p \text{ air} = 4.1838 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot K$$

$$\Delta T = 15.000 K$$

$$Q_{pendingin} = 603310.4883 \frac{\text{kJ}}{\text{jam}}$$

$$\begin{aligned}
 m_{air} &= \frac{Q_{pendingin}}{C_{pair} \times \Delta T} \\
 &= \frac{603310.4883 \text{ kJ/jam}}{4.1838 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{K} \times 15.000 \text{ K}} \\
 &= \frac{603310.4883 \text{ kJ/jam}}{62.7570 \text{ kJ/kg}} \\
 &= 9613.4374 \text{ kmol/jam} \\
 &= 173041.8724 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Jadi, kebutuhan air pendingin yang diperlukan sebesar :

$$173041.8724 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ (densitas) air} = 1016.0968 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ (viskositas) air} = 0.6991 \text{ cP}$$

$$k = 0.3596 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft.}$$

- Kecepatan Volumetrik Air

$$\begin{aligned}
 Q_v &= \frac{m_{air}}{\rho_{air}} \\
 &= \frac{173041.8724 \text{ kg/jam}}{1016.0968 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 170.3006 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$D_i = ID + 2t_{shell}$$

$$= 40.25 \text{ in} + 2 \times 0.25$$

$$= 41 \text{ in}$$

$$D_O = D_i + 2 \text{ jarak jaket}$$

$$\text{Asumsi jarak jaket} = 2 \text{ in}$$

$$DO = 41 \text{ in} + 2 \times 2 \text{ in}$$

$$= 45 \text{ in}$$

$$H_{\text{jaket}} = H_{\text{shell}}$$

$$H_{\text{jaket}} = 1.7731 \text{ m}$$

$$= 69.8067 \text{ in}$$

- Menghitung Tebal Dinding Jaket

$$H_{\text{jaket}} = \frac{3}{4} H_{\text{cairan}} = 52.3550 \text{ in}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{(H_{\text{jaket}} - 1)\rho}{144}$$

$$P_h = 0.012 \text{ psi}$$

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} - P_h$$

$$= (14.70 - 0.011) \text{ psi}$$

$$= 14.6894$$

Bahan *Carbon Steel SA 283 Grade C*

$$\text{Max Allowance Stress (f)} = 13750 \text{ psi}$$

$$\text{Effisiensi sambungan (E)} = 0.85$$

$$\text{Corrosion Allowance (C)} = 0.125 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan Design (P)} = 14.6894 \text{ psi}$$

$$\text{Outside Diameter (OD)} = 70 \text{ in}$$

$$\text{Jari-jari (r)} = 36 \text{ in}$$

Tebal shell Minimum yang dibutuhkan :

$$t_s = \frac{Pr_o}{fE + 0.6P} + C$$

$$= \frac{17.64 \text{ psi} \times 24 \text{ inch}}{(13750 \text{ psi} \times 0.85) + (0.6 \times 17.64)} + 0.125 \text{ in}$$

$$= 0.1551 \text{ in}$$

Jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan sebesar = 0.1551

Tebal standar diperoleh dari buku Brownell and Young table

$$5.6 = 1/4 \text{ in} = 0.25 \text{ in}$$

- Luas yang dilalui air pendingin

$$A = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2)$$

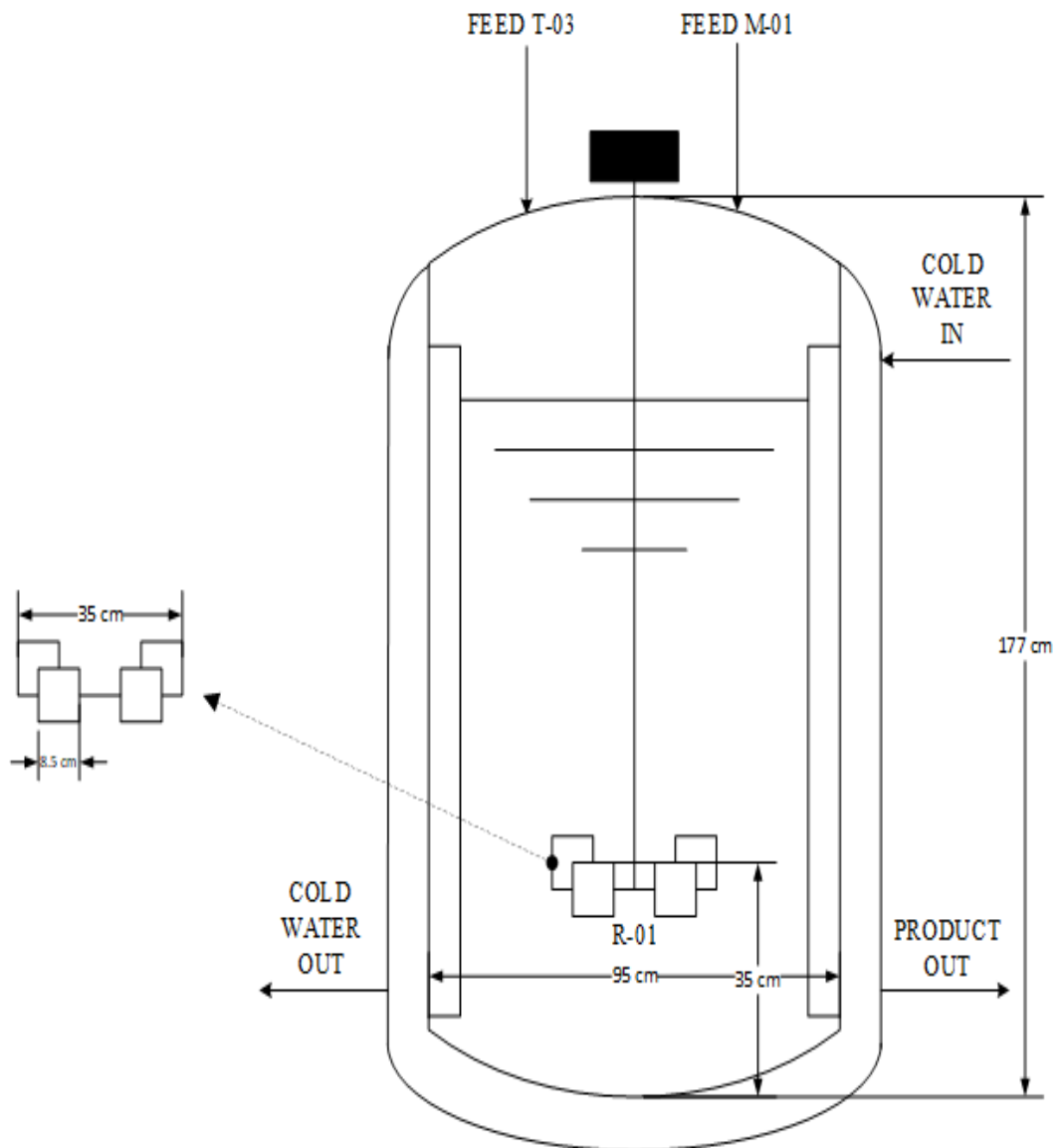
$$= \frac{3.14}{4} (45^2 - 41^2)$$

$$= 268.7143 \text{ in}$$

Jadi, luas yang dilalui air pendingin sebesar = 268.7143 in

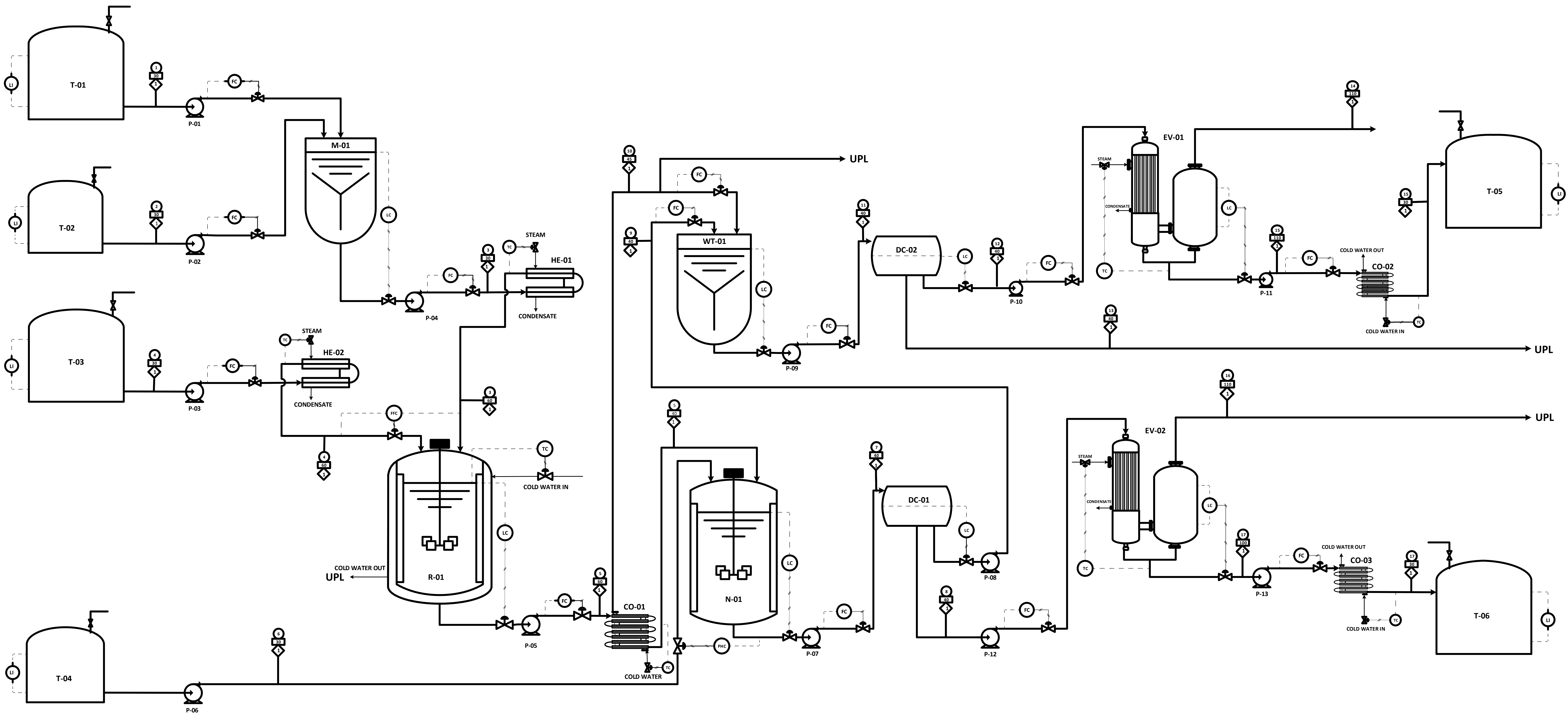


## LAMPIRAN B



**Dimensi Reaktor**

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR  
DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI  
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**



Komponen	Flow Rate (kg/jam)																
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17
C19H36O2	-	-	-	-	1.704,545	-	1.704,545	51,136	1.653,409	-	1.653,409	1.653,409	-	-	1.653,409	-	51,136
CH3OH	204,648	-	204,648	-	20,465	-	20,465	19,851	0,614	-	0,614	-	0,614	-	-	19,851	-
NaOH	-	18,854	18,854	-	18,854	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C57H104O6	-	-	-	1.885,380	188,538	-	188,538	182,882	5,656	-	5,656	-	5,656	-	-	-	182,882
C3H8O3	-	-	-	-	176,480	-	176,480	171,185	5,294	-	5,294	-	5,294	-	-	-	171,185
FFA	-	-	-	20,949	20,949	-	20,949	20,320	0,628	-	0,628	-	0,628	-	-	-	20,320
HCL	-	-	-	-	-	17,204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H2O	2,067	0,992	3,059	58,918	61,978	0,351	70,813	68,688	2,124	748,614	750,738	22,522	728,216	22,410	0,113	68,345	0,343
NaCl	-	-	-	-	-	-	27,574	26,746	0,827	-	0,827	-	0,827	-	-	-	26,746
Total	206,715	19,846	226,561	1.965,246	2.191,808	17,555	2.290,363	540,809	1.668,554	748,614	2.417,167	1.657,931	741,236	22,410	1.653,522	88,195	452,269

ALAT	KETERANGAN	SIMBOL	KETERANGAN
T	Tangki	LC	Level Controller
M	Mixer	LI	Level Indicator
R	Reaktor	TC	Temperature Controller
N	Netralizer	FC	Flow Controller
WT	Washing Tower	FFC	Flow Fraction Controller
EV	Evaporator	PHC	PH Controller
P	Pompa		
HE	Heater		
CO	Cooler		
DC	Decanter		

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN
Disusun Oleh : 1. Kurniasih (14521148) 2. Satrio Wijaya Junior (14521308)	Dosen Pembimbing : Dr. Arief Hidayat, S.T., M.T NIP. 005220101