

**TUGAS AKHIR**  
**PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR**  
**(*Jatropha curcas*) DAN METANOL DENGAN PROSES *ESTERIFIKASI-***  
***TRANSESTERIFIKASI* KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



**Disusun Oleh :**

**Henry Alvin Sebastian Lomi ( I0516020)**

**Kurnia Jayanti Prasetya Firmany ( I0516027)**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

*com/2021user*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**PRA RANCANGAN PABRIK BODIESEL DARIMINYAK JARAK PAGAR**  
**(*Jatropha curcas*) DAN METANOL DENGAN PROSES *ESTERIFIKASI -***  
***TRANSESTERIFIKASI***  
**KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

Oleh :

Henry Alvin Sebastian Lomi

NIM. I 0516020

Kurnia Jayanti prasetya firmany

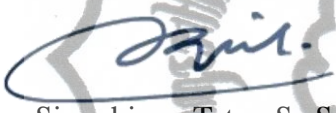
NIM. I 0516027


Pembimbing I

Pembimbing II

2-8-2021

0 2 / 0 8

  
Dr. Bregas Siswahjono Tatag S., S.T., M.T.  
NIP. 19711206 199903 1 002

  
Aida Nur Ramadhani S.T., M.T.  
NIP. 19920307 201903 2 022

Dipertahankan di depan tim penguji:

02/08/2021

1. Dr. Sperisa Distantina, S.T.,M.T.  
NIP 197405092000032002

1.  .....

2. Dr. Endang Kwartiningsih, S.T., M.T.  
NIP. 197303061998022001

2.  .....

Disahkan,  
Kepala Program Studi  
Sarjana Teknik Kimia FT UNS



Dr. Adrian Nur, S.T., M.T

NIP. 197301082000121001















**LEMBAR KONSULTASI**  
**TUGAS AKHIR**

Nama : 1. Henry Alvin Sebastian Lomi I 0516020  
2. Kurnia Jayanti Prasetya firmany I 0516027

Judul TA-PPK : Prarancangan Pabrik Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar(*Jatropha curcas*) Dan Metanol Dengan Proses Esterifikasi – Transesterifikasi Kapasitas 100.000 Ton/Tahun













Tanggal mulai : 4 Desember 2019

Pembimbing : 1. Dr. Bregas Siswahjono Tatag S , S.T., M.T.  
2. Aida Nur Ramadhani S.T., M.T.

No	Tanggal	Konsultasi	Paraf		
			Mhs.	Pemb. I	Pemb. II
1.	16 Maret 2020	Konsultasi Proposal			
2.	31 Maret 2020	Konsultasi Neraca Massa dan DAP			
3.	14 Mei 2020	Konsultasi Alat Proses			
4.	29 Juni 2020	Konsultasi Neraca massa			
5.	20 Juli 2020	Konsultais Reaktor			
6.	22 Juli 2020	Konsultasi Reaktor			
7.	30 Juli 2020	Konsultasi Bahan baku <i>commit to user</i>			

8.	31 Agustus 2020	Konsultasi perhitungan reaktor			
9.	15 September 2020	Konsultasi reaktor II			
10.	25 Januari 2021	Konsultasi reaktor			
11.	2 Februari 2021	Konsultasi reaktor			
12.	9 Februari 2021	Konsultasi reactor dan DAP			
13.	16 Maret 2021	Konsultasi Dekanter			
14.	23 Maret 2021	Konsultasi Dekanter dan MD			
15.	31 Maret 2021	Konsultasi Washing Tower dan MD			
16.	7 April 2021	Konsultasi Pompa, HE			
17.	16 April 2021	Konsultasi Pemipaan, Instrumentasi, PFD			
18.	21 April 2021	Konsultasi Utilitas			
19.	28 April 2021	Konsultasi Ekonomi			

*commit to user*

20.	6 Mei 2021	Konsultasi Kode Desain dan Ekonomi			
21.	8 Juni 2021	Konsultasi BAB 1 - 2			
22.	17 Juni 2021	Konsultasi BAB 1 - 3			
23.	24 Juni 2021	Konsultasi BAB 4 - 6			
28.	28 Juni 2021	Konsultasi Lampiran			
29.	6 Juli 2021	Konsultasi Naskah Total			

- Jumlah konsultasi dengan masing – masing pembimbing minimal sebanyak 8 kali untuk dapat dinyatakan selesai

Dinyatakan selesai

Tanggal : 8 Juli 2021

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Bregas Siswahjono Tatag S., S.T., M.T.

NIP. 197112061999031002



Aida Nur Ramadhani S.T., M.T.

NIP. 199203072019032022

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) dan Methanol dengan Proses *Esterifikasi Transesterifikasi* Kapasitas 100.000 ton/tahun”. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Adrian Nur, S.T.,M.T. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia atas bimbingannya.
2. Dr. Bregas Siswahjono Tatag Sembodo, S.T.,M.T. dan Aida Nur Ramadhani, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Inayati, S.T., M.T., Ph.D. selaku Koordinator Tugas Akhir 2021
4. Seluruh dosen, laboran, dan administrasi Jurusan Teknik Kimia atas ilmu, arahan, dan bantuannya selama ini.
5. Kedua orang tua dan keluarga atas dukungan doa dan semangat yang senantiasa diberikan.
6. Teman – teman Teknik Kimia UNS, khususnya angkatan 2016.
7. Seluruh pihak yang telah membantu, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis membuka diri terhadap segala saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sekalian.

Surakarta, Juni 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR KONSULTASI .....	iii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
INTISARI .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik.....	4
1.2.1 Kebijakan Biodiesel di Indonesia.....	4
1.2.2 Kebutuhan dalam Negeri.....	5
1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Telah Berdiri.....	7
1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku .....	7
1.3 Penentuan Lokasi Pabrik .....	8
1.4 Tinjauan Pustaka.....	10
1.4.1 Macam – Macam Proses .....	10
1.4.1.1 Macam – macam Proses Pemurnian Metil Ester .....	11
1.4.2 Kegunaan Produk.....	12
1.4.3 Sifat-sifat Fisik dan Kimia .....	12
<b>BAB II DESKRIPSI PROSES.....</b>	<b>19</b>
2.1 Spesifikasi Bahan Baku, Bahan Pendukung dan Produk.....	19
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	19
2.1.2 Spesifikasi Bahan Pendukung.....	20
2.1.3 Spesifikasi Produk.....	20
2.2 Konsep Proses .....	21
2.2.1 Dasar Reaksi .....	21
2.2.2 Mekanisme Reaksi .....	21
2.2.3 Kondisi Operasi.....	22
2.3 Tinjauan Termodinamika .....	23

2.4	Tinjauan Kinetika .....	25
2.5	Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses .....	27
2.5.1	Diagram Alir Kualitatif dan Kuantitatif.....	28
2.5.2	Diagram Alir Proses .....	29
2.5.3	Langkah Proses .....	31
2.6	Neraca Massa dan Neraca Panas .....	33
2.6.1	Neraca Massa .....	33
2.6.2	Neraca Panas .....	35
2.7	Tata Peralatan dan Letak Pabrik.....	36
2.7.1	Tata Letak Peralatan .....	36
2.7.2	Tata Letak Pabrik.....	36
<b>BAB III SPESIFIKASI ALAT.....</b>		<b>40</b>
3.1	Reaktor Esterifikasi.....	40
3.2	Reaktor Transesterifikasi.....	41
3.3	Menara Distilasi.....	42
3.4	<i>Condenser</i> .....	44
3.5	<i>Reboiler</i> .....	45
3.6	<i>Accumulator</i> .....	47
3.7	<i>Washing Tower</i> .....	48
3.8	<i>Decanter-01</i> .....	49
3.9	<i>Heater (HE-01)</i> .....	49
3.10	<i>Cooler-01</i> .....	51
3.11	<i>Cooler-02</i> .....	52
3.12	<i>Cooler-03 (HE-04)</i> .....	54
3.13	<i>Cooler-04 (HE-05)</i> .....	56
3.14	Tangki Minyak Jarak Pagar .....	57
3.15	Tangki Methanol.....	58
3.16	Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	60
3.17	Tangki NaOH.....	60
3.18	Tangki Penyimpanan Produk Samping.....	61
3.19	Tangki Penampung Produk Biodiesel.....	62
3.20	Pompa-01 .....	64
3.21	Pompa-02 .....	64



3.22	Pompa-04 .....	65
3.23	Pompa-05 .....	66
3.24	Pompa-06 .....	67
3.25	Pompa-08 .....	68
3.26	Pompa-11 .....	69
3.27	Pompa-12 .....	69
3.28	Pompa-13 .....	70
3.29	Pompa-14 .....	71
3.30	Pompa-15 .....	72
3.31	Pompa-16 .....	73
3.32	Pompa-17 .....	73
3.33	Pompa-18 .....	74
3.34	Pompa-A .....	75
3.35	Pompa-B .....	76
3.36	Pompa-C .....	77
3.37	Pompa-D .....	77
<b>BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM.....</b>		<b>79</b>
4.1	Unit Pendukung Proses.....	79
4.1.1	Unit Pengadaan Air.....	79
4.1.2	Unit Pengadaan <i>Steam</i> .....	85
4.1.2	Unit Pengadaan Udara Tekan.....	86
4.1.3	Unit Pengadaan Listrik.....	87
4.1.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	93
4.2	Unit Pengolahan Limbah .....	94
4.2.1	Pengolahan Limbah Padat.....	94
4.2.2	Pengolahan Limbah Gas.....	94
4.2.3	Pengolahan Limbah Cair .....	94
4.3	Laboratorium .....	95
4.3.1	Laboratorium Analisa .....	95
4.4	Unit Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	98
<b>BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN .....</b>		<b>99</b>
5.1	Bentuk Perusahaan .....	99
5.2	Struktur Organisasi.....	99

5.3	Tugas dan Wewenang.....	100
5.3.1	Pemegang Saham .....	100
5.3.2	Dewan Direksi.....	101
5.3.3	Kepala Bagian .....	102
5.3.4	Kepala Seksi.....	103
5.4	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	103
5.5	Status Karyawan dan Sistem Upah.....	105
5.6	Keselamatan dan Kesehatan Kerja .....	107
5.6.1	Keselamatan Kerja .....	107
5.6.2	Kesehatan Kerja .....	109
5.7	Jaminan Sosial Tenaga Kerja.....	109
BAB VI ANALISA EKONOMI.....		111
6.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	112
6.2	Dasar Perhitungan .....	114
6.3	Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	114
6.4	Hasil Perhitungan.....	115
6.4.1	<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	115
6.4.2	<i>Working Capital Investment</i> (WCI).....	115
6.4.3	<i>Total Capital Investment</i> (TCI).....	116
6.4.4	<i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC) .....	116
6.4.5	<i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	116
6.4.6	<i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC).....	117
6.4.7	<i>Total Manufacturing Cost</i> (TMC) .....	117
6.4.8	<i>General Expense</i> (GE).....	117
6.4.9	<i>Total Production Cost</i> (TPC) .....	117
6.4.10	Perhitungan Keuntungan Produksi (Profit).....	117
6.5	Analisa Kelayakan .....	118
6.5.1	<i>Percent Profit on Sales</i> (POS) .....	118
6.5.2	<i>Rate of Return on Investment</i> (ROROI).....	118
6.5.3	<i>Pay Out Time</i> (POT).....	119
6.5.4	<i>Break Even Point</i> (BEP) .....	119
6.5.5	<i>Shut Down Point</i> (SDP).....	121
6.5.6	<i>Discounted Cash Flow</i> (DCF) .....	121

6.6	Pembahasan .....	85
6.7	Kesimpulan .....	85
DAFTAR PUSTAKA.....		86
LAMPIRAN		

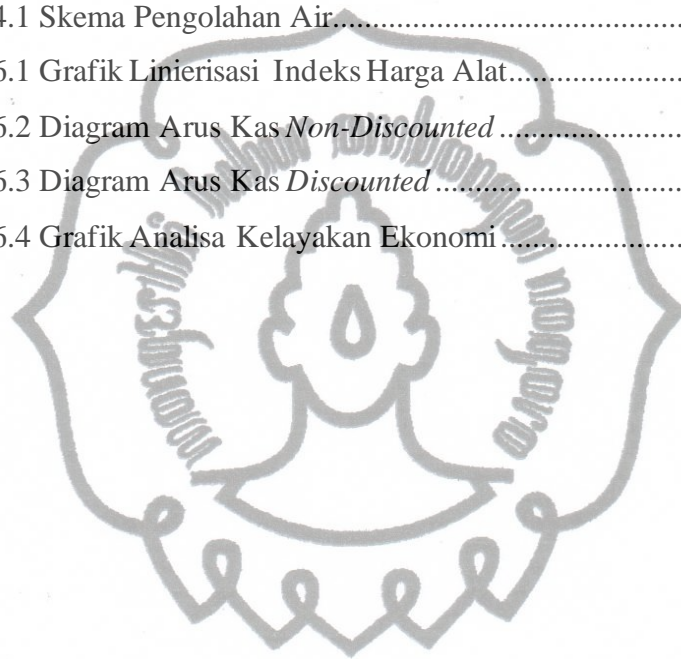


## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Konsumsi Diesel di Indonesia.....	6
Tabel 2.1 Harga $\Delta H_f^o$ dan $\Delta G_f^o$ masing-masing komponen (Yaws, 1999).....	23
Tabel 2.2 Jumlah Arus Input dalam Neraca Massa Total Pabrik.....	33
Tabel 2.3 Jumlah Arus Output dalam Neraca Massa Total Pabrik .....	34
Tabel 2.4 Neraca Panas Total .....	35
Tabel 4.1 Kebutuhan Air Pendingin .....	80
Tabel 4. 2 Kebutuhan Air untuk Steam.....	83
Tabel 4.4 Jumlah Total Kebutuhan Air.....	84
Tabel 4.5 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas.....	89
Tabel 4.6 Lumen Berdasarkan Luas Bangunan .....	91
Tabel 4.7 Perhitungan Jumlah Lampu .....	92
Tabel 4.8 Total Kebutuhan Listrik .....	93
Tabel 4.9 Standar Boiler Feed Water.....	98
Tabel 5.1 Jadwal Pembagian Kelompok Shift Minggu Pertama .....	104
Tabel 5.2 Jadwal Pembagian Kelompok Shift Minggu Kedua.....	105
Tabel 5.3 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji.....	106
Tabel 6.1 Indeks Harga Alat untuk Tahun 2000 – 2011 .....	113
Tabel 6.2 Fixed Capital Investment (FCI).....	115
Tabel 6.3 Working Capital Investment (WCI) .....	115
Tabel 6.4 Direct Manufacturing Cost (DMC) .....	116
Tabel 6.5 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	116
Tabel 6.6 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	117
Tabel 6.7 General Expense (GE) .....	117
Tabel 6. 8 Analisis Kelayakan .....	122

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. 1 Hubungan Tahun dengan Konsumsi Minyak Solar di Indonesia ....	6
Gambar 1.2 Peta Lokasi Pabrik Biodiesel .....	8
Gambar 2.1 Diagram Alir Kualitatif dan Kuantitatif .....	28
Gambar 2.2 Diagram Alir Proses.....	30
Gambar 2.3 Lay Out Peralatan .....	36
Gambar 2.4 Layout Pabrik.....	38
Gambar 4.1 Skema Pengolahan Air.....	84
Gambar 6.1 Grafik Linierisasi Indeks Harga Alat.....	113
Gambar 6.2 Diagram Arus Kas <i>Non-Discounted</i> .....	123
Gambar 6.3 Diagram Arus Kas <i>Discounted</i> .....	124
Gambar 6.4 Grafik Analisa Kelayakan Ekonomi .....	125



## INTISARI

**Henry Alvin Sebastian Lomi, Kurnia Jayanti Prasetya Firmany, 2021, Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jarak pagar (*Jatropha curcas*) dan methanol dengan proses Esterifikasi Transesterifikasi, Kapasitas 100.000 ton/tahun. Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.**

Minyak Jarak pagar (*Jathropa curcas*) merupakan salah satu bahan baku biodiesel sebagai energi alternatif pengganti energi fosil yang semakin menipis. Biodiesel jarak pagar mempunyai keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi yang lain yaitu lebih mudah didistribusikan, biaya produksi rendah, dapat diperbaharui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk minyak tidak mengering (*non – drying oil*), dan bersifat ramah lingkungan karena emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan minyak diesel/solar.

Pabrik Biodiesel Minyak Jarak Pagar dengan kapasitas 100.000 ton/tahun dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dalam memproduksi biodiesel membutuhkan bahan baku minyak jarak pagar sebanyak 1,03 kg/kg produk metil ester, metanol sebesar 1,38kg/kg produk metil ester dengan produk samping gliserol 1 kg/kg produk. Pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2024 dan beroperasi pada tahun 2026 di Kawasan Industri Gresik, Gresik, Jawa Timur.

Tahapan proses produksi biodiesel meliputi persiapan bahan baku, pembentukan biodiesel di reaktor, pemisahan dan pemurnian produk. Produk biodiesel dihasilkan dari reaksi esterifikasi antara asam lemak bebas dan metanol dengan katalis asam sulfat dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan metanol dengan menggunakan katalis natrium hidroksida. Reaktor yang digunakan untuk reaksi esterifikasi dan transesterifikasi berjumlah 4 dan 2 buah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). RATB disusun secara seri dan beroperasi pada tekanan 1 bar, temperatur 60 °C untuk reaktor esterifikasi, dan suhu 80°C untuk reaktor transesterifikasi. Umpan pada reaksi esterifikasi terdiri dari metanol dan FFA dengan perbandingan rasio berat sebesar 5,5 : 1, sedangkan pada reaksi transesterifikasi perbandingan rasio berat umpan metanol dan trigliserida sebesar 6 : 1 (Said, 2009). Kedua reaksi tersebut berlangsung pada fase cair dengan katalis cair. Konversi akhir reaksi esterifikasi dan transesterifikasi yaitu sebesar 98% terhadap FFA dan Trigliserida. Pada reaktor transesterifikasi juga terjadi reaksi samping yaitu reaksi netralisasi katalis asam sulfat dengan natrium hidroksida yang menghasilkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan reaksi saponifikasi antara FFA dengan NaOH yang menghasilkan sabun. Produk keluar reaktor kemudian masuk ke dalam menara destilasi untuk memisahkan metanol sisa dari senyawa lain (biodiesel, gliserol, garam). Produk atas menara distilasi yang merupakan metanol dengan impuritas air dialirkan kembali sebagai *recycle* umpan reaktor. Hasil bawah menara distilasi dialirkan ke *washing tower* untuk proses pencucian. Kemudian keluaran *washing tower* dialirkan ke dekanter untuk memisahkan produk biodiesel dengan gliserol, garam. Sementara, fraksi berat dari decanter berupa campuran air, sisa methanol,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , NaOH, sabun dan gliserol akan diproses di Unit Pengolahan Limbah.

Unit pendukung proses pabrik meliputi unit kebutuhan air, *steam*, udara tekan, tenaga listrik, dan bahan bakar. Kebutuhan air sebesar 0,00097 m<sup>3</sup> air/kg produk, 0,98 kg *steam*/kg produk, 0,015 m<sup>3</sup> udara tekan/kg produk, 0,72 kWh/ kg produk, dan 0,005 L biodiesel/kg produk. Pabrik juga didukung laboratorium yang mengontrol mutu bahan baku, hasil proses, produk dan umpan *boiler* sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

Dari hasil analisis ekonomi diperoleh, ROROI (*Rate of Return on Investment*) sebelum dan sesudah pajak sebesar 47,52 % dan 33,26 %, POT (*Pay Out Time*) sebelum dan sesudah pajak selama 1,74 dan 2,31 tahun, BEP (*Break Event Point*) 37,43 % dan SDP 20,58 %. Sedangkan DCF (*Discounted Cash Flow*) sebesar 28,34 %. Jadi dari segi ekonomi pabrik tersebut layak untuk didirikan.

