

**PRA RANCANGAN PABRIK BIODISEL  
DARI *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME)  
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI  
70.000 Ton/Tahun**



**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknologi Kimia Industri  
Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

NUR WAHIDAH USMAN 432 20 077

NURILAH 432 20 083

**PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2022**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan Judul "Prarancangan pabrik Biodiesel dari *poll Oil Mill Effluent (POME)* dengan kapasitas produksi 70.000 Ton/Tahun" Oleh Nurwahidah Usman 43220077 dinyatakan layak untuk diseminarkan.

Makassar, 15 November 2022

Menyetujui,

Pembimbing I

**Dr. Mahyati, S.T., M.Si.**  
NIP 19200929 200212 2 001

Pembimbing II

**Octovianus S. R. Pasanda, S.T., M.T.**  
NIP 19651005 199303 1 001

Mengetahui,  
a.n Direktur  
Jurusan Teknik Kimia



**Dr. Herman Banggalino, M.T**  
NIP 196108311990031002

---

## HALAMAN PENERIMAN

Pada Hari Kamis 22 September 2022 Tim penguji Sidang Akhir telah menerima hasil ujian Sidang Laporan Tugas akhir oleh Nur Wahidah Usman 43220077 dengan Judul " Prarancangan pabrik Biodiesel dari *poll Oil Mill Effluent (POME)* dengan kapasitas produksi 70.000 Ton/Tahun" .

Makassar, 15 November 2022

Tim Penguji Sidang Akhir :

1. Dr. Fajriyati Mas'ud, STP., M.Si.	Ketua	(  )
2. Yuliani HR, S.T., M.Eng	Sekretaris	(  )
3. Ir. Zulmanwardi, M.Si.	Anggota	(  )
4. Rahmiah Sjafruddin, S.T., M.Eng.	Anggota	(  )
5. Dr. Mahyati, S.T., M.Si.	Pembimbing I	(  )
6. Octovianus S. R. Pasanda, S.T., M.T.	Pembimbing II	(  )

## DAFTAR ISI

<u>HALAMAN SAMPUL</u> .....	i
<u>HALAMAN PERSETUJUAN</u> .....	ii
<u>HALAMAN PENERIMAAN</u> .....	iii
<u>KATA PENGANTAR</u> .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
GLOSARIUM .....	xiii
SURAT PERNYATAAN .....	xv
RINGKASAN .....	xvi
<u>BAB I PENDAHULUAN</u> .....	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Tinjauan Pustaka	I-2
1.3 Tinjauan Proses	I-8
1.4 Spesifikasi Bahan Baku	I-9
1.5 Uraian Proses	I-13
<u>BAB II NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI</u> .....	II-1
2.1 Neraca Massa	II-1
2.1.1 Rotary drum vacuum filter	II-2
2.1.2 Mixer	II-2
2.1.3 Reaktor	II-3
2.1.4 Dekanter	II-3
2.1.5 Evaporator	II-4
2.1.6 Mixer	II-4

2.1.7 Reaktor	II-4
2.1.8 Tangki Pencucian	II-5
2.1.9 Dekanter	II-5
2.2. Neraca Energi	II-6
2.2.1 Rotary drum vacum filter	II-6
2.2.2 Mixer	II-6
2.2.3 Reaktor	II-7
2.2.4 Dekanter	II-7
2.2.5 Heater	II-8
2.2.6 Evaporator	II-8
2.2.7 Cooler	II-8
2.2.8 Mixer	II-9
2.2.9 Reaktor	II-9
2.2.10 Tangki Pencuci	II-10
2.2.11 Dekanter	II-10
<b>BAB III SPESIFIKASI ALAT</b>	<b>III-1</b>
3.1 Tangki POME	III-1
3.2 Tangki CH <sub>3</sub> OH	III-1
3.3 Tangki Asam sulfat	III-2
3.4 Mixer	III-2
3.5 Reaktor Esterfikasi	III-3
3.6 Dekanter	III-3
3.7 Heater	III-4
3.8 Evaporator	III-4
3.9 Gudang penyimpanan NaOH	III-5
3.10 Mixer	III-6
3.11 Reaktor Traesterfikasi	III-7
3.12 Tangki Pencucian	III-7
3.13 Dekanter	III-8
<b>BAB IV UTILITAS</b>	<b>IV-1</b>
4.1 Unit penyediaan air	IV-1
4.1.1 Kebutuhan Air	IV-1

4.1.2 Sistem pengolahan Air	IV-3
4.1.3 Spesifikasi alat unit penyediaan air	IV-4
4.2 Unit penyediaan steam (Uap)	IV-8
4.2.1 Kebutuhan steam	IV-8
4.2.3 Spesifikasi alat unit penyediaan steam	IV-9
4.3 Unit penyediaan Listrik	IV-10
4.4 Unit penyediaan Bahan Bakar	IV-11
4.4.1 Kebutuhan Bahan Bakar	IV-11
4.4.2 Spesifikasi alat unit penyediaan Bahan bakar	IV-11
4.5 Unit pengolahan Limbah	IV-12
4.5.1 Air Limbah	IV-12
4.5.2 Spesifikasi Alat unit pengolahan Limbah	IV-12
<b>BAB V LAY OUT/TATA LETAK PABRIK</b>	<b>V-1</b>
5.1 Lokasi Pabrik	V-1
5.2 Tata Letak Pabrik	V-5
5.3 Tata Letak Alat Proses	V-9
5.4 Instrumentasi dan Keselamatan kerja	V-12
<b>BAB VI STRUKTUR ORGANISASI</b>	<b>VI-1</b>
6.1 Tugas dan Wewenang	VI-2
<b>BAB VII ANALISI EKONOMI</b>	<b>VII-1</b>
7.1 Total capital investment (TCI)	VII-1
7.2 Total Production Cost (TPC)	VII-2
7.3 Analisis Ekonomi	VII-3
<b>BAB VIII KESIMPULAN</b>	<b>VIII-1</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>VIII-2</b>

## RINGKASAN

Biodiesel atau metil ester ( $R\text{-COOCH}_3$ ) merupakan salah satu bahan bakar alternatif terbarukan untuk mesin diesel, yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani. Di Indonesia sudah dibangun beberapa pabrik biodiesel. Biodiesel pada pabrik yang akan dibangun ini didapatkan dari palm oil mill effluent (POME) yang diolah sedemikian rupa hingga menghasilkan biodiesel dengan kadar 97% dan produk samping berupa gliserol. Pabrik ini dibangun untuk menghasilkan biodiesel sebanyak 70.000 ton/tahun. Bahan baku ini terdiri dari 44.004 kg/jam POME. Utilitas yang diperlukan terdiri dari 1007894,142 kg/jam kebutuhan air pabrik, 371,750 kW listrik, bahan bakar boiler sebanyak 0,156 m<sup>3</sup>/jam, dan 0,0371 m<sup>3</sup>/jam untuk kebutuhan generator. Lokasi akan didirikannya pabrik yaitu Mamuju, Sulawesi barat-Indonesia. Pabrik ini direncanakan menjadi sebuah perusahaan dalam bentuk manajemen Perseroan Terbatas (PT) dengan 210 karyawan. Luas tanah keseluruhan 24.950 m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil analisa terhadap aspek ekonomi, keuntungan yang didapat sebesar Rp 222.128.095.714. Pay Out Time (POT) sebesar 2,5 Tahun. Nilai Break Even Point (BEP) yaitu 40,85% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 32,49% dengan Discounted Cash Flow Rate (DCFR) yaitu 19,84%. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut, pra rancangan pabrik biodiesel dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini layak didirikan.

**Kata kunci :** Biodiesel, Palm Oil Mill Effluent, Esterifikasi, Transesterifikasi

## **SUMMARY**

*Biodiesel or methyl ester ( $R\text{-COOCH}_3$ ) is one of alternative fuels that used for diesel machine, that made from vegetable oil or animal fat. There is some biodiesel's factory that already built in Indonesia. Biodiesel for this factory got from palm oil mill effluent (POME) that processed in such a way until produce biodiesel with level 92,94% with a byproduct of glycerol with a purity of 1,5%. This factory was built to made 20.000 ton/year of biodiesel. The raw material is 13.048,787 kg/hour of POME. Utility required consist of 2.250.519,031kg/hour of water supply, 104,4 kW of electricity, fuels for boiler 262 kg/hour, and 525 kg/hour fuels for generator. This factory will be built in Kembangan, Kembangarum, Sutojayan, Blitar, Jawa Timur-Indonesia. The plant is planned by the company in the form of limited management (PT) with 210 employees. Total of land area is 24.950 m<sup>2</sup> . Based on the results of analysis in economic, profit is Rp 222.128.095.714. Pay Out Time (POT) is 2,5 years. Break Even Point (BEP) 40,85% and Shut Down Point (SDP) is 32,49% with Discounted Cash Flow Rate (DCFR) 19,84%. Based on that economic analysis, the pre-designed biodiesel with 20.000 ton/year of capacity is worth to build.*

**Key words :** *Biodiesel, Palm Oil Mill Effluent, Esterification, Transesterification*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bahan bakar merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting untuk menunjang kelangsungan hidup. Di Indonesia penggunaan bahan bakar minyak bumi, batu bara dan gas alam masih merupakan sumber energi utama yang dipakai untuk penggerak mesin-mesin industri, transportasi dan pemakaian rumah tangga. Membuat kita memikirkan upaya penciptaan sumber energi baru yang ramah lingkungan.

Krisis bahan bakar minyak di Indonesia telah terlihat indikasinya dengan terjadinya kelangkaan di beberapa tempat. Krisis bahan bakar minyak ini diakibatkan oleh harga minyak mentah yang melonjak tinggi di samping cadangan minyak mentah Indonesia yang terbatas sedangkan konsumsi energi terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk sehingga produksi dalam negeri berkurang. Peningkatan kebutuhan energi tersebut harus didukung adanya pasokan energi jangka panjang secara berkesinambungan, terintegrasi dan ramah lingkungan. Menurut sumber dari BP Migas, cadangan gas bumi saat ini di Indonesia sebesar 107 triliun standar kaki kubik dan diperkirakan akan habis hingga 40 tahun ke depan.

Upaya pencarian, pengembangan, dan penggalian sumber energi alternatif harus mempertimbangkan faktor-faktor utamanya, yaitu energi, ekonomi dan ekologi, dengan kata lain sistem yang dikembangkan harus dapat memproduksi

energi dalam jumlah yang besar, dengan biaya yang rendah serta mempunyai dampak terhadap lingkungan yang minimal. Salah satu alternatif yang mungkin memenuhi kriteria tersebut adalah pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan bakar motor diesel pengganti bahan bakar minyak konvensional.

Biodiesel atau metil ester merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel atau solar. Biodiesel dapat diperoleh dari Palm Oil Mill Effluent (POME) yang merupakan limbah cair kelapa sawit yang berasal dari kondensat, stasiun klarifikasi, dan hydrocyclon yang tidak bersifat toxic (tidak beracun), namun memiliki daya pencemaran yang tinggi karena kandungan organiknya dengan nilai BOD berkisar 41.000– 48.000 mg/L dan nilai COD berkisar 45.000–65.000 mg/L (Chin,1996).

## **1.2 Tinjauan Pustaka**

Secara fisik, POME terlihat kental dan berwarna sedikit kecoklatan. POME terdiri dari 73,5% air, 2,4% Ampas, 16,1% trigliserida dan 8% FFA. Menurut BPBD (2018), dari satu Ton tandan buah segar kelapa Sawit yang diolah, akan dihasilkan POME sebanyak 587 Kg. Beberapa tahun terakhir, seringkali terdengar istilah B20 pada biodiesel. B20 merupakan program pemerintah dimana diwajibkannya mencampurkan 20% biodiesel dengan 80% bahan bakar minyak jenis solar. Program ini dilakukan sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 12 tahun 2015 tentang perubahan ketiga atas Peraturan Menteri ESDM Nomor 31 Tahun 2008 tentang penyediaan, pemanfaatan, dan tata niaga bahan bakar nabati (biofuel) sebagai bahan bakar lain (ESDM, 2019).

Penggunaan biodiesel sebagai sumber energi merupakan solusi menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang. Hal ini karena biodiesel bersifat dapat diperbaharui (renewable), dapat terurai (biodegradable) dan memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk kelompok minyak tidak mengering (non-drying oil) dan mampu mengurangi emisi karbon dioksida dan efek rumah kaca.

#### 1.2.1 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi pabrik mempengaruhi perhitungan ekonomis maupun teknis dalam suatu perancangan pabrik. Dalam pemilihan kapasitas pabrik Biodiesel, ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan, antara lain:

##### a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan Biodiesel pada pabrik yang akan didirikan adalah Limbah cair Kelapa sawit (POME). Bahan baku ini mudah didapatkan karena banyak terdapat pabrik Kelapa Sawit di Indonesia salah satunya di PT. Astra Group yang Terletak di Sulawesi Barat, sehingga menjamin ketersediaan bahan baku untuk mendirikan Pabrik Biodiesel. PT. Astra Group menghasilkan 765.000 kg/Tahun Tandan Buah segar dengan Limbah POME yang dihasilkan sebanyak 450.000 kg/Tahun (Kemenperin).

##### b. Kebutuhan Biodiesel di Indonesia

Kebutuhan biodiesel dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan biodiesel akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang, sejalan dengan meningkatnya jumlah kepemilikan kendaraan bermotor yang menggunakan

solar, serta berkembangnya industri-industri yang menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar pengganti solar.

Semakin bertambahnya produksi kendaraan yang menggunakan minyak solar sebagai bahan bakar, maka diperkirakan bahwa kebutuhan biodiesel juga akan semakin meningkat. Proyeksi kebutuhan Biodiesel dapat dicari melalui data konsumsi. Berdasarkan data dari Ditjen EBTKE dan BPS, Indonesia memiliki kebutuhan Biodiesel yang dapat dilihat pada Tabel 1.

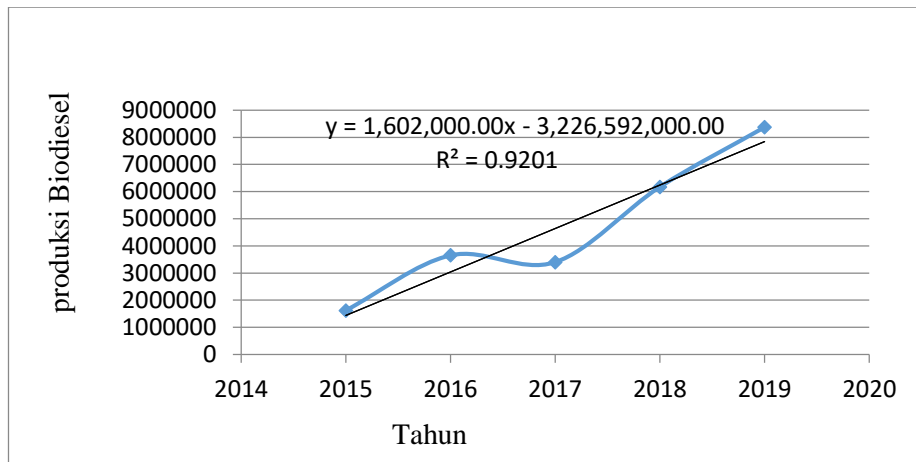
**Table 1.1** Produksi, Konsumsi dan Ekspor Biodiesel

Tahun	Produksi Dalam Negeri (Kiloliter)	Konsumsi Dalam Negeri (Kiloliter)	Ekspor (Kiloliter)
2015	1.620.000	860.000	343.000
2016	3.650.000	3.008.000	100.000
2017	3.400.000	2.570.000	200.000
2018	6.170.000	3.750.000	979.356
2019	8.370.000	6.390.000	1.470.000

Sumber : Ditjen EBTKE 2019 & BPS 2020

Dari data Produksi tersebut dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data dari sumbu y dapat dilihat pada Gambar 1.1

a. Demand



**Gambar 1.1** Produksi Biodiesel Dalam Negeri (Kiloliter)

Dari persamaan yang didapatkan pada gambar diatas perkiraan produksi Pabrik biodiesel yang direncanakan didirikan pada tahun 2023 adalah sebagai berikut :

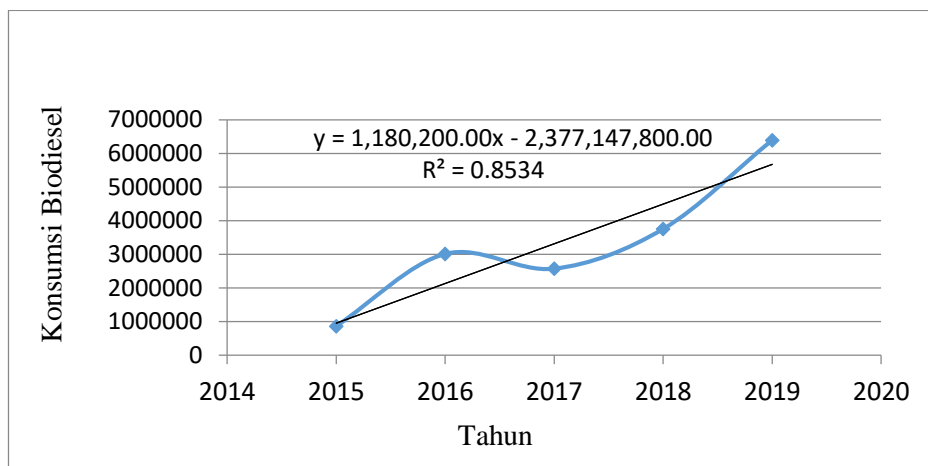
$$Y = 1.602.000x - 3.226.592.000$$

$$Y = 1.602.000(2023) - 3.226.592.000$$

$$Y = 14.254.000 \text{ KL/Tahun}$$

b. Supply

Dari data Konsumsi tersebut dapat dibuat grafik Linear antara data tahun pada sumbu x dan data dari sumbu y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2



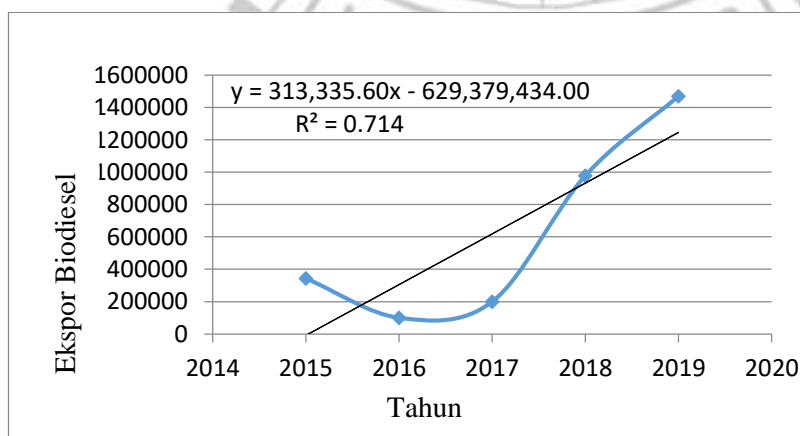
**Gambar 1.2** Konsumsi Biodiesel Dalam Negeri (Kiloliter)

Dari persamaan yang didapatkan pada gambar diatas perkiraan Konsumsi Pabrik biodiesel yang direncanakan didirikan pada tahun 2023 adalah sebagai berikut:

$$Y = 1.180.200x - 2.377.147.800$$

$$Y = 1.525.200(2023) - 2.377.147.800$$

$$Y = 10.396.800 \text{ KL/Tahun}$$



**Gambar 1.3** Ekspor Biodiesel (Kiloliter)

Dari persamaan yang didapatkan pada gambar tersebut perkiraan Ekspor Pabrik biodiesel yang direncanakan didirikan pada tahun 2023 adalah sebagai berikut :

$$Y = 313.335,60x - 628.379.434$$

$$Y = 313.335,60(2023) - 628.379.434$$

$$Y = 5.498.484 \text{ KL/Tahun}$$

Pabrik akan direncanakan dibangun pada tahun 2023 dengan target produksi tahun 2023.

$$\begin{aligned} \text{Densitas Biodiesel} &= 0,867 \frac{g}{cm^3} \text{ (diubah ke } \frac{kg}{L}) \\ &= 0,867 \frac{g}{cm^3} \times 1 \frac{kg}{1000} g \times 1000 cm^3/1 L \\ &= 0,867 \frac{kg}{L} \end{aligned}$$

$$\text{Rumus Densitas} \quad = \rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots \text{(pers.1)}$$

Dengan menggunakan rumus  $\rho = \frac{m}{v}$ , jika  $m = \rho \times v$  maka :

$$\begin{aligned} m &= 0,867 \frac{kg}{L} \times 1 \text{ KL} \\ &= 0,867 \frac{kg}{L} \times 1000 L \\ &= 867 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi untuk mengubah Kiloliter ke Ton, maka harus dikalikan dengan 867 :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Biodiesel} &= \text{Konsumsi dalam negeri} + \text{Kebutuhan ekspor} \\ &= (10.396.800 + 5.498.484) \text{ KL/Ton} \\ &= 15.892.284 \text{ KL/Tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan perkiraan jumlah kebutuhan biodiesel dalam negeri dan kebutuhan ekspor adalah 15.892.284 KL/Tahun, maka kapasitas produksi pabrik yang akan di dirikikan untuk kebutuhan ekspor adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Perkiraan Kebutuhan Biodiesel} &= (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - \text{Produksi Biodiesel} \\
&= (15.892.284 - 14.254.000) \text{ KL/Tahun} \\
&= 1.638.284 \text{ KL/Tahun} \\
\text{Jadi} &= 1.638.284 \text{ KL/Tahun} \times 897 \text{ kg} \\
&= 1.404.009.388 \text{ kg} \\
&= 1.404.009 \text{ Ton/Tahun}
\end{aligned}$$

Melihat pesatnya perkembangan industri biodiesel di Indonesia serta mempertimbangkan bahan baku POME yang tersedia, maka dapat ditetapkan kapasitas produksi pabrik biodiesel yang akan dirancang 5% dari kebutuhan biodiesel pada tahun 2023 yaitu 70.000 Ton/Tahun.

### 1.3 Tinjauan Proses

Berdasarkan beberapa jurnal, perbandingan kondisi operasi dapat dilihat pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.3** Perbandingan kondisi operasi.

No.	Jenis Proses	T(°C)	t(Jam)	Katalis	FFA POME	Konversi (%)
1.	Esterifikasi & Transesterifikasi	350	24	-	68,53	81,87
2.	Pemanasan dengan Microwave	-	-	-	-	-
3.	Esterifikasi & Transesterifikasi	60	2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> & NaOH	19,62	93,46
4.	Pirolisis	450	30 menit	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-
5.	Mikroemulasi	30	-	Tween 80, oleiqueplurol,	-	-
6.	Katalis Biologis	70	2	CaO	-	87,41
7.	Ultrasonik	40-70	1	Na <sub>2</sub> O	-	89,53

Berdasarkan beberapa perbandingan macam-macam proses dan kondisi operasi tersebut, maka dipilih kondisi 3 yaitu Operasi dengan menggunakan Metode Esterifikasi dan Transesterifikasi dengan Katalis karena memiliki suhu yang lebih rendah dan tekanan rendah sehingga lebih aman. Selain itu konversi yang digunakan juga lebih tinggi. Melalui reaksi esterifikasi terlebih dahulu karena kadar FFA dalam POME 8%, maka dari itu perlu diturunkan melalui reaksi esterifikasi.

#### 1.4 Spesifikasi Bahan Baku

##### 1.4.1 Bahan baku Utama

Produk samping dari proses pembuatan CPO, yang berupa limbah cair atau lebih dikenal dengan POME. POME merupakan campuran dari air, serpihan kulit sawit, serta residu lemak yang masih memiliki nilai ekonomi dan yang tinggi apabila dapat dimanfaatkan dengan maksimal (Ahmad,2003). Kandungan limbah POME dapat dilihat pada 1.4

**Tabel 1.4** Kandungan limbah POME

Komponen	Komposisi
Air	73,5 %
Ampas	2,4 %
FFA	8 %
Trigliserida	16,1 %

Sumber : Labchem.com

Beberapa karakteristik dari POME yaitu pH antara 3,3 hingga 4,6, kental, berwarna kecoklatan, serta memiliki kandungan padatan, minyak, lemak, COD dan BOD yang tinggi. Berikut spesifikasi Bahan Baku POME yang digunakan dapat

dilihat pada Tabel 1.5

**Tabel 1.5** Spesifikasi POME

Wujud	Slurry
Titik leleh	36 °C
Densitas	0,85-0,88 g/ml
Kelarutan	Tidak larut dalam air
Warna	Kekuning-kuningan
Temperatur Limbah	40-45 °C

Sumber : Labchem.com

#### 1.4.2 Bahan Pendukung

Selain POME, dalam proses pembuatan biodiesel dibutuhkan bahan- bahan pendukung seperti, asam sulfat, dan natrium hidroksida.

##### a. Metanol

Metanol merupakan senyawa kimia dalam bentuk yang paling sederhana. Pada kondisi atmosfer, berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, beracun, dan memiliki bau yang khas. Sedangkan untuk sifat dari dapat dilihat sebagai berikut :

**Tabel 1.6** Spesifikasi Metanol

Rumus molekul	CH <sub>3</sub> OH
Jenis	Liquid
Kemurnian (%)	99
Berat molekul (g/mol)	32,04
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0,7918

Titik leleh (°C)	-97
Titik didih (°C)	64,7
Titik nyala (°C)	11
Kelarutan dalam air	Fully miscible
Keasaman (pKa)	~ 15,5
Viskositas pada 20 °C (mPa)	0,59 Momen
Dipol	1,69

Sumber : Labchem.com

#### b. Asam Sulfat

Asam sulfat merupakan asam mineral anorganik yang dapat larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat terbentuk melalui oksidasi mineral (besi) secara alami. Asam sulfat cenderung tidak berwarna hingga aberwarna agak kekuningan. Sifat dari asam sulfat dapat dilihat sebagai berikut :

**Tabel 1.7** Spesifikasi Asam Sulfat

Rumus molekul	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Jenis	Liquid
Kemurniaan	96 %
Berat molekul (g/mol)	98,079
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	1,84
Titik leleh (°C)	10
Titik didih (°C)	337
Kelarutan dalam air	Fully miscible
Tekanan uap (mmHg)	1

Sumber : Labchem.com

c. Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida terbentuk dari oksida basa natrium oksida yang dilarutkan di dalam air. Natrium hidroksida murni berwarna putih dengan bentuk berupa pellet, serpihan, butiran, maupun larutan jenuh 50%. Untuk sifat fisis dari natrium hidroksida dapat dilihat sebagai berikut:

**Tabel 1.8** Spesifikasi Natrium Monoksida

Rumus molekul	NaOH
Berat molekul (g/mol)	39,8871
Jenis	Solid
Densitas (gm/cm <sup>3</sup> )	2,1
Titik lebur (°C)	32
Titik didih (°C)	1390
Kelarutan dalam air	Fully miscible

Sumber : Labchem.com

d. Spesifikasi Produk

Biodiesel merupakan campuran metil ester dengan asam lemak rantai panjang yang dihasilkan dari minyak nabati dan lemak hewani, yang bersifat terbarukan dan dapat diproduksi dalam skala besar, serta ramah lingkungan (Wenten, 2010).

Biodiesel merupakan bahan bakar yang berwarna kuning cerah hingga kuning kecoklatan. Secara umum, rantai hidrokarbon pada biodiesel terdiri dari 16 –20 atom karbon dengan rantai yang sederhana dan berbentuk lurus dengan dua buah atom oksigen pada setiap cabangnya (mono alkil ester).

Sifat kimia yang terkandung dalam biodiesel menyebabkan biodiesel dapat

terbakar dengan sempurna dan meningkatkan pembakaran pada campurannya dengan minyak bumi. Biodiesel tidak mengandung nitrogen maupun senyawa dan hanya mengandung kurang dari 155 ppm sulfur. Sifat fisis dari biodiesel menurut international Biodiesel (2001), sebagai berikut:

**Tabel 1.9** Spesifikasi Metyl Ester

Komposisi	Metyl Ester
Densitas (g/ml)	0,8624
Viskositas (cSt)	5,55
Titik kilat (°C)	172
Angka setana	62,4
Energi yang dihasilkan (MJ/kg)	40,1
Kemurnian Biodiesel Yang dihasilkan(%)	97

Sumber : Labchem.com

## 1.5 Uraian Proses

Proses pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan bahan baku POME, Proses pembuatan biodiesel dilakukan dalam tahapan proses yaitu:

### 1.5.1 Proses Esterifikasi

Proses pembuatan biodiesel, digunakan POME atau limbah cair dari minyak kelapa sawit. Kandungan dari POME yaitu 73,5% H<sub>2</sub>O, 2,4% Ampas, 16,1% trigliserida, dan 8% FFA, dimana kadar FFA akan diturunkan melalui proses reaksi esterifikasi dan trigliserida akan menggunakan reaksi transesterifikasi. Pada proses pembuatan biodiesel, POME disimpan di dalam tangki pada suhu 40°C dan tekanan 1 atm. Dari tangki, POME dialirkan ke dalam filter pada suhu 40°C dan tekanan 1

atm. Ampas yang dihasilkan pada filter dibawa menuju UPL (Unit Pengolahan Limbah), sedangkan filtratnya (FFA, trigliserida, dan H<sub>2</sub>O) dialirkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk untuk dilakukan reaksi esterifikasi.

FFA yang terkandung dalam POME akan direaksikan dalam reaktor alir tangki berpengaduk dengan CH<sub>3</sub>OH dengan menggunakan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, yang sebelumnya sudah dicampur dengan menggunakan mixer, CH<sub>3</sub>OH dialirkan dari tangki. Sedangkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dialirkan dari tangki. Mixer dijalankan pada suhu 40°C dan tekanan 1 atm. Hasil keluaran mixer yang berupa CH<sub>3</sub>OH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>O kemudian dimasukkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Reaktor alir tangki berpengaduk bekerja pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm hingga menghasilkan metil ester dan H<sub>2</sub>O.



Hasil keluaran reaktor alir tangki berpengaduk yang terdiri dari FFA, trigliserida, CH<sub>3</sub>OH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, metil ester dan H<sub>2</sub>O. Selanjutnya dialirkan ke dalam decanter untuk dipisahkan dari pengotor. Hasil atas decanter yang terdiri dari Trigliserida dan metil ester kemudian dialirkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk selanjutnya untuk dilakukan proses reaksi berikutnya. Sedangkan hasil bawah dari decanter yang berupa CH<sub>3</sub>OH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>O dialirkan ke dalam evaporator untuk diuapkan CH<sub>3</sub>OH dan H<sub>2</sub>O nya.

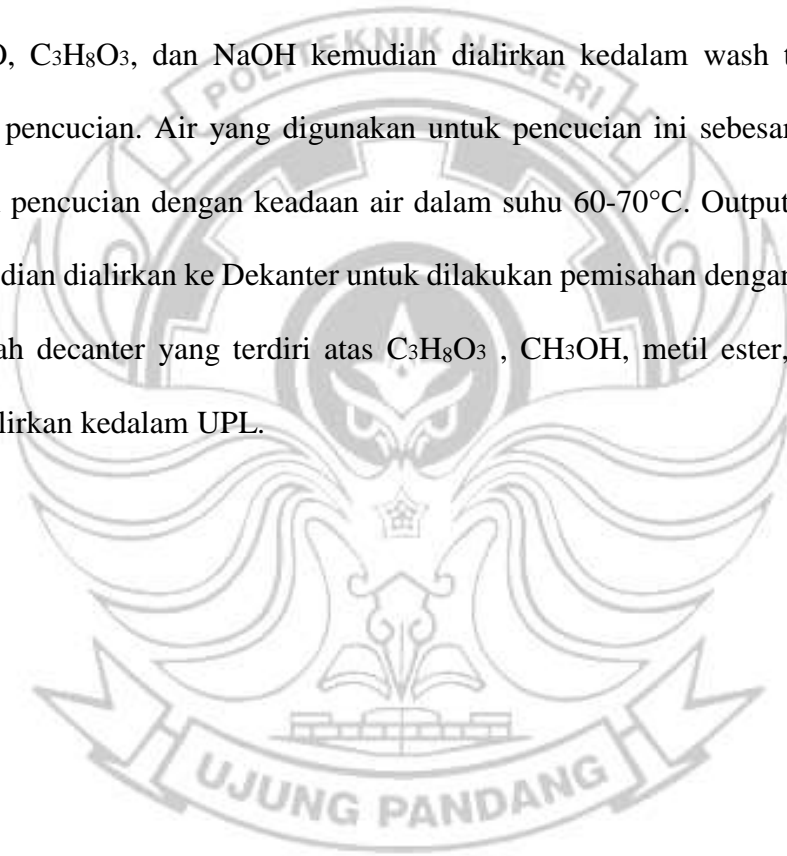
### 1.5.2 Proses Transesterifikasi

Hasil atas dari evaporator (CH<sub>3</sub>OH dan H<sub>2</sub>O) kemudian dialirkan ke dalam mixer untuk dicampur dengan tambahan CH<sub>3</sub>OH dan katalis NaOH. Hasil bawah

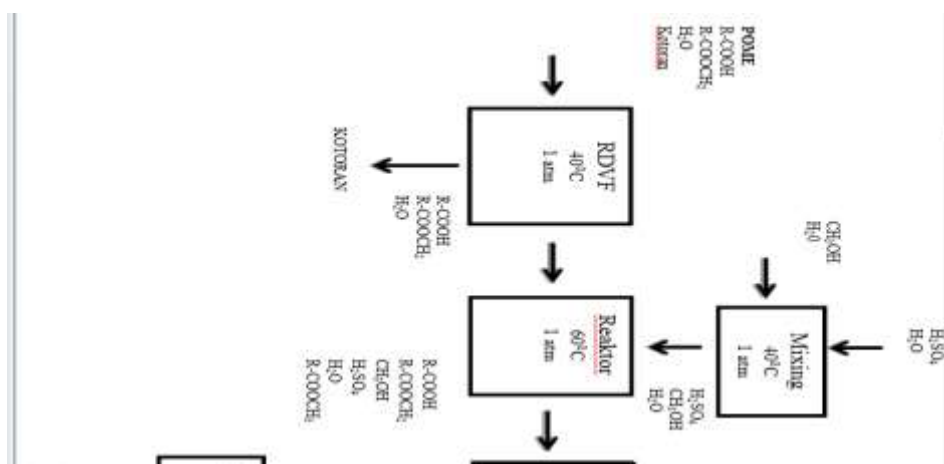
dari evaporator yang berupa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O dialirkan ke IPAL. Pada reaktor alir tangki berpengaduk, reaksi transesterifikasi terjadi antara trigliserida dan CH<sub>3</sub>OH dengan bantuan katalis NaOH menghasilkan produk berupa metil ester dan C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> (Gliserol). Berikut reaksi transesterifikasi yang terjadi :



Hasil keluaran reaktor alir tangki berpengaduk yaitu FFA, CH<sub>3</sub>OH, metil ester, H<sub>2</sub>O, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>, dan NaOH kemudian dialirkan kedalam wash tank untuk dilakukan pencucian. Air yang digunakan untuk pencucian ini sebesar 50% dari kebutuhan pencucian dengan keadaan air dalam suhu 60-70°C. Output dari wash tank kemudian dialirkan ke Dekanter untuk dilakukan pemisahan dengan pengotor, hasil bawah decanter yang terdiri atas C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> , CH<sub>3</sub>OH, metil ester, H<sub>2</sub>O, dan NaOH dialirkan kedalam UPL.



### 1.6 Diagram Alir Kuantitatif





## 1.7 Tinjauan Termodinamika

Untuk menentukan sifat reaksi apakah berjalan secara eksotermis atau endotermis maka perlu pembuktian dengan menggunakan panas reaksi ( $\Delta H^{\circ}f$ ) yang dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\Delta H^{\circ}f_{reaksi} = \Sigma \Delta H^{\circ}f_{produk} - \Sigma \Delta H^{\circ}f_{reaktan} \dots \dots \dots (pers.2)$$

Menghitung besarnya nilai  $\Delta G^{\circ}f$  total dengan menggunakan persamaan *Van't Hoff*.

$$\Delta G^{\circ}f_{total} = \Sigma \Delta G^{\circ}f_{produk} - \Sigma \Delta G^{\circ}f_{reaktan} \dots \dots \dots (pers.3)$$

Menentukan nilai konstanta kesetimbangan (K) pada suhu 298,15 dengan persamaan:

$$\Delta G^{\circ}f = -RT \ln K, \text{ dengan } R = 8,314 \text{ KJ/mol.K}$$

$$K_{298,15} = \exp \frac{\Delta G^{\circ}f}{RT} \dots \dots \dots (pers.4)$$

Menentukan nilai konstanta kesetimbangan reaksi (K) pada suhu 333,15 K dengan persamaan (Yaws,1999) :

$$d(\ln K) = \frac{-\Delta H^{\circ}r}{RT^2} dT \dots \dots \dots (pers.5)$$

Data  $\Delta H^{\circ}f$  untuk masing- masing komponen:

**Tabel 1.** Harga  $\Delta H^{\circ}f$  untuk beberapa komponen

Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ , KJ/mol
Trigliserida	-672,0918
CH <sub>3</sub> OH	-201,1945
RCOOCH <sub>3</sub>	-626,3119
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	-582,9225
H <sub>2</sub> O	-68,3174
RCOOH	-671,78

Sumber: (Yaws,1999)

Keterangan :

Jika  $\Delta H^{\circ}_{\text{reaksi}} = -$  (Negatif), maka reaksi bersifat eksotermis.

Jika  $\Delta H^{\circ}_{\text{reaksi}} = +$  (positif), maka reaksi bersifat endotermis.

### 1.3.1.1 Reaksi Esterifikasi

Dengan menggunakan persamaan 2 dan selanjutnya dari buku Yaws, 1999 pada reaksi esterifikasi didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= [\Delta H^{\circ}_{\text{fH}_2\text{O}} + 3 \times \Delta H^{\circ}_{\text{fRCOOCH}_3}] - [\Delta H^{\circ}_{\text{fRCOOH}} + 3 \times \Delta H^{\circ}_{\text{fCH}_3\text{OH}}] \\ &= [(-68,3174) + (3 \times -626,3119)] - [-671,78 + (3 \times -201,1945)] \\ &= (-1947,2531) - (-1275,3635) \\ &= -671,8896 \text{ KJ/mol.jam} \end{aligned}$$

#### b. Reaksi transesterifikasi

Dengan menggunakan persamaan 2 pada reaksi Tranesterifikasi didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= [\Delta H^{\circ}_{\text{fC}_3\text{H}_8\text{O}_3} + (3 \times \Delta H^{\circ}_{\text{fRCOOCH}_3})] - [\Delta H^{\circ}_{\text{fTgd}} + (3 \times \Delta H^{\circ}_{\text{fCH}_3\text{OH}})] \\ &= [-582,9225 + (3 \times -626,3119)] - [-672,0918 + (3 \times (-201,1945))] \\ &= (-2461,8582) - (-1275,6754) \\ &= -1186,183 \text{ KJ/mol.jam} \end{aligned}$$

Kedua reaksi tersebut termasuk reaksi Eksotermis. Oleh karena itu dalam perancangan menggunakan dengan jaket pendingin, sehingga suhu operasi dalam tetap dalam kondisi yang diinginkan yaitu 60°C. Reaksi berlangsung dengan waktu tinggal 1 jam dan dihasilkan konversi Gliserol dan Biodiesel.

## Menghitung Energi Gibbs

Dengan menggunakan persamaan 3 pada reaksi esterifikasi didapatkan hasil sebagai berikut:

#### 1.8.1 Reaksi Esterifikasi

$$\begin{aligned} &= [\Delta G^{\circ}f_{H_2O} + (3 \times \Delta G^{\circ}f_{RCOOCH_3})] - [\Delta G^{\circ}f_{RCOOH} + (3 \times \Delta G^{\circ}f_{CH_3OH})] \\ &= [(-56,6899) + (3 \times (-118,2250))] - [-189,69 + (-162,6575)] \\ &= (-411,3649) - (-352,3475) \\ &= -59,0125 \text{ KJ/mol} \end{aligned}$$

#### b. Reaksi Transesterifikasi

Dengan menggunakan persamaan kedua didapatkan hasil perhitungan energy bebas Gibbsnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= [\Delta G^{\circ}f_{C_3H_8O_3} + (3 \times \Delta G^{\circ}f_{C_{18}H_{36}O_2})] - [\Delta G^{\circ}f_{Tgd} + (3 \times \Delta G^{\circ}f_{CH_3OH})] \\ &= [-448,7931 + (3 \times (-118,2250))] - [-190,8463 + (3 \times (-162,6575))] \\ &= -124,6493 \text{ KJ/mol} \end{aligned}$$

#### 1.9 Tinjauan Kinetika Reaksi

Proses pembentukan biodiesel berlangsung melalui reaksi esterifikasi dan Transesterifikasi didalam pada suhu 60°C dan tekanan 1 Atm. Sehingga dari suhu tersebut dapat dihitung dan diketahui reaksi berjalan secara reversible atau ireversibel dengan melihat nilai K nya.

Apabila  $K \geq 1$ , Maka reaksi tersebut bolak-balik (*reversible*)

Apabila  $K \leq 1$ , Maka reaksi tersebut searah (*irreversible*)

Menentukan nilai konstanta kesestimbang (K) pada suhu 298,15 dengan

persamaan:

$$\begin{aligned}K_{298,15} &= \exp \frac{\Delta G_{of}}{RT} \\ &= \exp \frac{-124,6493}{8,314 \times 298,15} \\ &= \exp (0,0503)\end{aligned}$$

$$K_{298,15} = 1,0516$$

Menentukan nilai konstanta kesetimbangan reaksi (K) pada suhu 333,15 K dengan persamaan :

$$d(\ln K) = \frac{-\Delta H_r}{RT^2} dT \dots\dots\dots(\text{pers.5})$$

$$K = 333,15 \text{ K}$$

Menghitung nilai K suhu operasi 333,15 (60°C) :

$$d(\ln K) = \frac{-\Delta H_r}{RT^2}$$

$$\ln \frac{K_{\text{operasi}}}{K_{298,15}} = \frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \left[ \frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298,15}} \right]$$

$$\ln \frac{K_{333,15}}{1,05159} = \frac{-1186,1827}{8,314} \left[ \frac{1}{333,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$\ln \frac{K_{333,15}}{1,05159} = 0,0025$$

$$K_{T \text{ Operasi}} = 1,0025$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai  $K_{T \text{ Operasi}}$  sebesar 1,0025. Jadi, reaksi tersebut berjalan *reversible*.

## BAB VIII

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan prarancangan pabrik selulosa asetat dari selulosa dapat diambil kesimpulan bahwa rencana pendirian pabrik ini cukup menguntungkan dengan memperhitungkan beberapa aspek:

1. Biodiesel dapat diproduksi dengan menggunakan bahan baku POME.
2. Proses utama dalam memproduksi Biodiesel yaitu dengan proses Esterifikasi dan Transesterifikasi dengan menggunakan larutan Metanol.
3. Lokasi pabrik yang digunakan untuk pembangunan pabrik ini cukup strategis karena berada pada daerah dengan kawasan industri.
4. Berdasarkan hasil analisa ekonomi prarancangan pabrik sebagai berikut:

Modal investasi : Rp 1.087.974.938.063

Biaya produksi : Rp 2.827.031.876.515

Hasil penjualan : Rp 3.742.550.000.000

Laba bersih : Rp 222.128.095.714

Pay Out Time : 2,5 tahun

Break Event Point : 40,85%

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A.L., Ismail, S., dan Bhatia, S. 2003. *Water Recycling from Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Membrane Technology*. Desalination 157, 87.
- Aries, R.S and Newton, R.D, 1954, “*Chemical Engineering Cost Estimation*”, Mc GrawHill Book Co. Inc, New York.
- Brown, G.G, 1978, “*Unit Operation*”, 14th ed, Modern Asia Edition, John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Brownell, L.E and Young, E.H, 1983, “*Process Equipment Design*”, JohnWiley and Sons. Inc, New York.
- Budyanto. 2012. Optimalisasi Kinerja Pembuatan dan Peningkatan Kualitas Biodiesel dari Fraksi Minyak Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit dengan Memanfaatkan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. Bengkulu.
- Coulson, J.J and Richardson, J.F, 1983, “*Chemical Equipment Design*”, John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Coulson, J.J and Richardson, J.F, 1983, “*Chemical Equipment Design*”, vol 6, Pergamon Press, Oxford.
- <https://www.labchem.com/tools/msds/msds/VT430.pdf> diakses pada 05 Oktober 2021 pukul 15.45 WIB.
- Ngan, M.A., 2000. *Management of Palm Oil Industrial Effluents. Advance in Oil Palm Research Vol. 2*, Malaysian Palm Oil Board, Malaysia. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014
- Permana, S. dan Mulyani, S. 2008. Proses Gliserolisis CPO Menjadi Mono dan Diacyl Gliserol Dengan Pelarut Ter-Butanol dan Katalis MgO. *Teknik Kimia Universitas Diponegoro*.
- Perry, R.H and Chilton, C.H, “*Chemical engineering’s Hand Book*”, 6th ed, McGrawHill Book Kogakusha, Tokyo.
- Smith, J.M and Van Ness, H.C, “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic’s*”, 2nd ed, Mc GrawHill Book Co. Ltd., New York.

Utami, Tsania Surya. 2007. Kinetika Reaksi Transesterifikasi CPO terhadap Produk Metil Palmitat dalam Reaktor Tumpak. FTI ITS. Depok.

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



