

## LAMPIRAN A

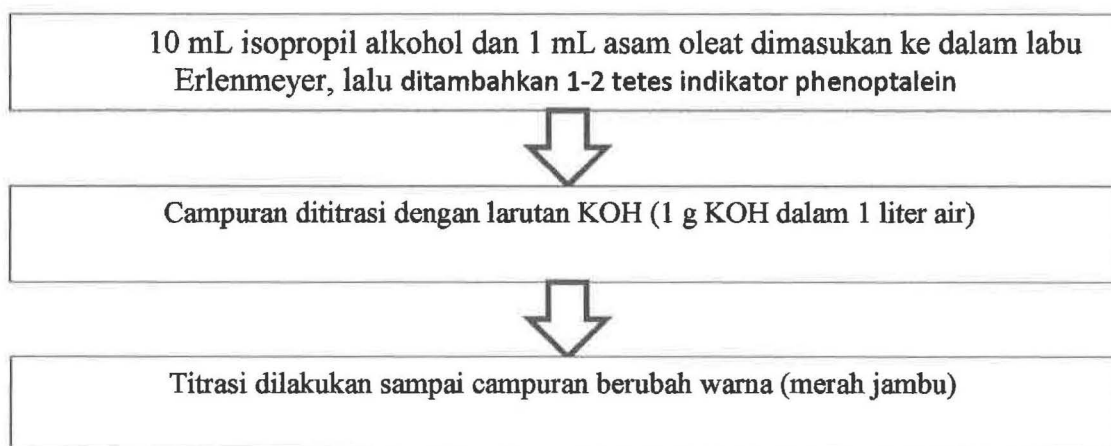
### METODE ANALISIS



#### A.1 Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas (FFA)

Kadar asam lemak bebas dari hasil reaksi esterifikasi ditentukan berdasarkan pengukuran jumlah bilangan asam. Besarnya bilangan asam tergantung dari kemurnian dan umur dari minyak atau lemak tersebut. Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas, yang dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak.

Bilangan asam dinyatakan dalam jumlah milligram KOH (Kalium Hidroksida) yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak. Penentuan bilangan asam dilakukan dengan mereaksikan asam lemak bebas dengan KOH dalam proses titrasi. Tahapan analisisnya adalah sebagai berikut :



Kadar FFA dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$AV = (v - b) \times N \times \frac{56}{w}$$

$$\%FFA = (v - b) \times N \times \frac{282}{1000} \times \frac{1}{w} \times 100\% = (v - b) \times N \times \frac{28,2\%}{w} = \frac{AV}{1,59}$$

Dimana :

v	=	volum KOH yang dibutuhkan untuk mentitrasi campuran minyak dan isopropil alkohol (ml)
b	=	volum KOH yang dibutuhkan dalam titrasi blank (ml)
N	=	normalitas dari larutan KOH (mmol/ml)
W	=	berat dari sampel minyak dalam gram.
AV	=	adalah bilangan asam (mg KOH/1 g sampel)
56	=	berat molekul KOH
282	=	berat molekul asam oleat

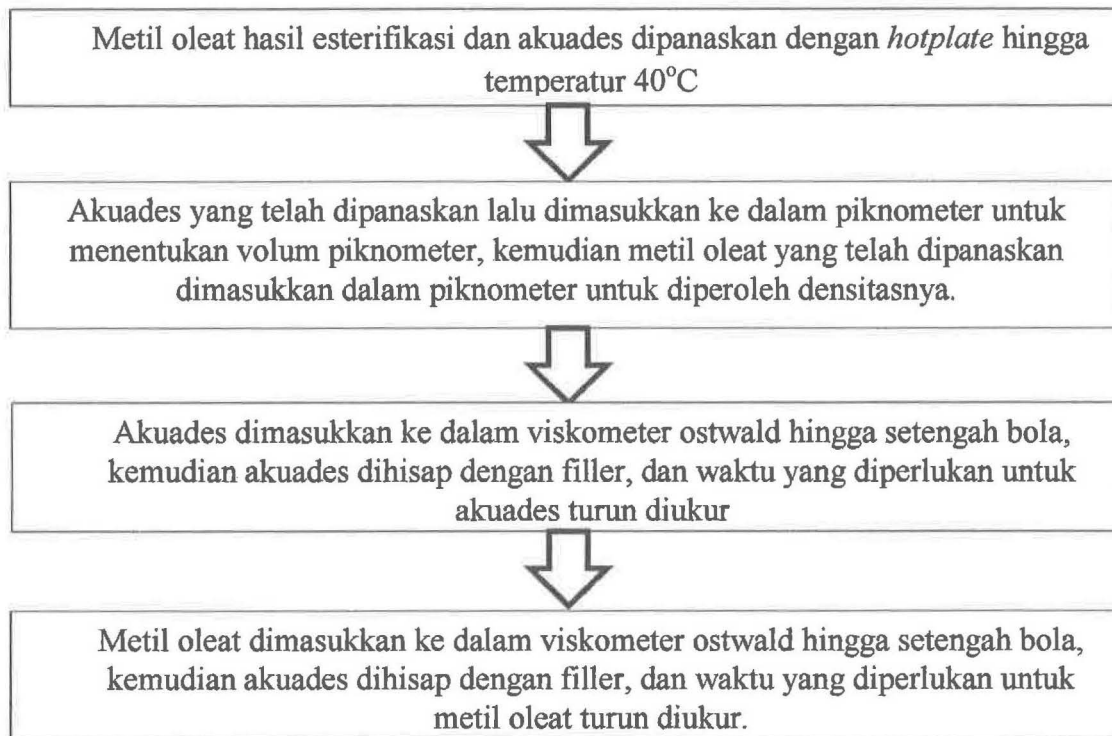
## A.2 Penentuan Konversi

Konversi reaksi dihitung menggunakan persamaan dibawah ini dengan kandungan % FFA awal adalah 100 %, karena asam oleat yang digunakan merupakan FFA murni.

$$Xa = \frac{\%FFA\ awal - \%FFA\ akhir}{\%FFA\ awal}$$

## A.3 Penentuan Sifat Fisik Produk Ester

Sifat fisik produk ester yang diperoleh dari hasil reaksi esterifikasi perlu diidentifikasi untuk mengetahui apakah metil oleat yang dihasilkan telah memenuhi ASTM sebagai produk biodiesel. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah viskositas kinematic dan densitas . Pengindentifikasian viskositas kinematik dan densitas metil oleat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:



Densitas metil oleat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\rho \text{ metil oleat} = \frac{\text{Massa metil oleat}}{\text{Volume piknometer}}$$

Viskositas metil oleat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

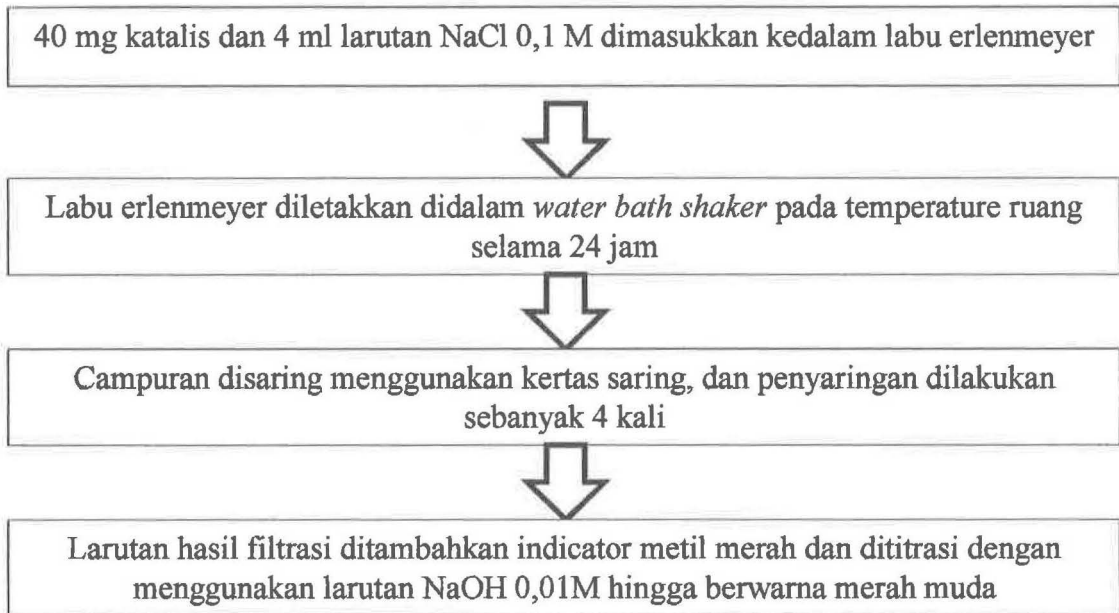
$$\mu \text{ metil oleat} = \mu_{\text{air}} \times \frac{t \text{ metil oleat} \times \rho \text{ metil oleat}}{t \text{ air} \times \rho \text{ air}}$$

Viskositas kinematik metil oleat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\mu \text{ metil oleat kinematik} = \frac{\mu \text{ metil oleat} \times 1000}{\rho \text{ metil oleat}}$$

#### A.4 Penentuan nilai *acid site density*

Nilai *acid site density* dari katalis yang dihasilkan di tentukan dengan cara kerja yang dapat dilihat dibawah ini :



Nilai *acid site density* di tentukan dengan menggunakan stoikiometri reaksi kimia.

$$\text{Acid site density} = \frac{\text{mol SO}_3^- (\text{mol})}{\text{massa katalis} (\text{mg})}$$

**LAMPIRAN B**  
**LEMBAR DATA KESELAMATAN BAHAN**

**A.1 Metanol**

**- Sifat Fisika-Kimia:**

Berat Molekul	: 32,04 g/mol
Warna	: tidak berwarna
Titik didih	: 64,5°C (148,1°F)
Titik lebur	: -97,8°C (-144°F)
Specific gravity	: 0,7915
Korosivitas	: -

**- Identifikasi Bahaya:**

Terkena mata	: iritasi
Terkena kulit	: iritasi ringan
Tertelan	: iritasi
Terhirup	: iritasi saluran pernafasan

**- Pertolongan Pertama:**

Terkena mata	: lepaskan lensa kontak. Segera bilas mata dengan air dingin atau hangat. Segera mencari perawatan medis.
Terkena kulit	: cuci bagian kulit yang kena dengan sabun dan air.
Terhirup	: Pindah ke tempat yang luas dan udara yang segar. Jika korban sulit untuk bernafas maka diberi bantuan pernapasan atau oksigen. Segera mencari perawatan medis.
Tertelan	: Jangan mencoba untuk memuntahkan langsung apabila tidak ada intruksi dari tim medis. Segera mencari perawatan medis

**- Penanganan dan Penyimpanan:**

- Penanganan : Zat yang mudah terbakar harus disimpan pada tempat yang terpisah dari sumber panas atau sumber api
- Penyimpanan : Jaga ruang penyimpanan tetap sejuk dan tertutup.

**A.2 Asam 2-hydroxyethylsulfonic**

**- Sifat Fisika-Kimia:**

- Berat Molekul : 126,13 gr/mol
- Warna : putih
- Titik didih : -
- Titik lebur : 1940C
- Densitas : 1,63 g/cm<sup>3</sup>
- Korosivitas : -

**- Identifikasi Bahaya:**

- Terkena mata : iritasi
- Terkena kulit : iritasi ringan
- Tertelan : berbahaya
- Terhirup : iritasi saluran pernafasan

**- Pertolongan Pertama:**

- Terkena mata : lepaskan lensa kontak. Segera bilas mata dengan air dingin atau hangat. Segera mencari perawatan medis.
- Terkena kulit : cuci bagian kulit yang kena dengan sabun dan air mengalir.
- Terhirup : Pindah ke tempat yang luas dan udara yang segar. Jika korban sulit untuk bernafas maka diberi bantuan pernapasan atau oksigen. Segera mencari perawatan medis.
- Tertelan : Jangan dimuntahkan, segera cuci mulut dengan air dan minum air atau susu 2-4 gelas, segera beri penanganan medis.



- **Penanganan dan Penyimpanan:**

- Penanganan : menjauhkan bahan dari panas atau sumber panas dan senyawa oksidator  
Penyimpanan : Wadah penampungan ditutup dengan baik dan disimpan di ruangan bertemperatur 2-4°C dengan sirkulasi udara yang baik

### A.3 Isopropanol

- **Sifat Fisika-Kimia:**

- Berat Molekul : 60,1 g/mol  
Warna : tidak berwarna  
Titik didih : 82,5°C (180,5°F)  
Titik lebur : -88,5°C (-127,3°F)  
Specific gravity : 0,78505

- **Identifikasi Bahaya:**

- Terkena mata : iritasi  
Terkena kulit : sedikit berbahaya  
Tertelan : iritasi  
Terhirup : iritasi saluran pernafasan

- **Pertolongan Pertama:**

- Terkena mata : lepaskan lensa kontak. Segera bilas mata dengan air dingin atau hangat. Segera mencari perawatan medis.  
Terkena kulit : Saat kontak dengan kulit, segera bilas dengan sejumlah air yang mengalir. Setelah bilas, oleskan kulit yang teriritasi dengan salap. Jika iritasi tetap muncul, segera tangani dengan pertolongan medis. Cuci peralatan yang terkena zat tersebut sebelum digunakan kembali.  
Terhirup : Pindah ke tempat yang luas dan udara yang segar. Jika korban sulit untuk bernafas maka diberi bantuan pernapasan atau oksigen. Segera mencari perawatan medis.



Tertelan : Jangan dimuntahkan, segera cuci mulut dengan air dan minum air atau susu 2-4 gelas, segera beri penanganan medis.

**- Penanganan dan Penyimpanan:**

Penanganan : menjauhkan bahan dari panas atau sumber panas dan senyawa oksidator

Penyimpanan : menyimpan ditempat yang sejuk

#### **A.4 Natrium Hidroksida (NaOH)**

**- Sifat Fisika-Kimia:**

Titik didih : 102°C

Kelarutan dalam air : Larut

Bentuk fisik dan bau : Cairan bening

Kestabilan : Stabil (tidak stabil jika terkena uap air, udara lembab, dan bahan inkompatibel)

Kebakaran : tidak mudah terbakar

Reaktivitas : sangat reaktif terhadap logam. Reaktif terhadap oksidator, reduktor, asam, alkali, dan uap air

**- Identifikasi Bahaya:**

Terkena mata : dapat menyebabkan iritasi dan kerusakan mata secara permanen

Terkena kulit : dapat menyerap ke dalam kulit menyebabkan iritasi dan luka

Tertelan : menyebabkan iritasi saluran pencernaan

Terhirup : menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan

**- Pertolongan Pertama:**

Terkena mata : mata dialiri air selama 15 menit. Jika iritasi masih berlanjut, berikan pengobatan

Terkena kulit : bersihkan kulit dengan air dan sabun. Jika iritasi masih berlanjut berikan pengobatan

Tertelan : jika tertelan cukup banyak, berikan air dan perawatan medis



Terhirup : bawa korban ke ruang terbuka sesegera mungkin. Jika tidak bernafas, berikan bantuan pernafasan. Jika sulit bernafas, berikan oksigen

**- Penanganan dan Penyimpanan:**

Penanganan : cuci tangan sampai bersih setelah memegang. Jauhkan pakaian yang terkontaminasi dan cuci dahulu sebelum digunakan kembali

Penyimpanan : jauhkan dari sinar matahari langsung, panas, dan api. Simpan di tempat yang sejuk, kering, dan berventilasi baik

**A.5 Tetra Orto Silikat ( TEOS )**

**- Sifat Fisika-Kimia:**

Titik didih : 168 °C

Titik lebur : -77 °C

Warna : tanpa warna

Densitas : 0,933 g/cm<sup>3</sup> di 20 °C

**- Identifikasi Bahaya:**

Terkena mata : dapat menyebabkan iritasi .

Terkena kulit : dapat menyebabkan iritasi .

Tertelan : menyebabkan iritasi saluran pencernaan .

Terhirup : menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan.

**- Pertolongan Pertama:**

Terkena mata : mata dialiri air selama 15 menit. Jika iritasi masih berlanjut, berikan pengobatan

Terkena kulit : bersihkan kulit dengan air dan sabun. Jika iritasi masih berlanjut berikan pengobatan

Tertelan : jika tertelan cukup banyak, berikan air atau susu dan bawa ke dokter.

Terhirup : bawa korban ke ruang terbuka sesegera mungkin. Jika tidak bernafas, berikan bantuan pernafasan.

- **Penanganan dan Penyimpanan:**

- Penanganan : cuci tangan sampai bersih setelah memegang. Jauhkan pakaian yang terkontaminasi dan cuci dahulu sebelum digunakan kembali
- Penyimpanan : jauhkan dari sinar matahari langsung, panas, dan api. Simpan di tempat yang sejuk, kering, dan berventilasi baik

**LAMPIRAN C**  
**HASIL ANTARA**

**C.1 Penentuan % FFA Hasil Esterifikasi Asam Oleat**

**Tabel C.1 Penentuan % FFA Hasil Esterifikasi Asam Oleat**

Pati (g)	Asam (g)	TEOS (g)	Waktu hidrotermal (jam)	Kode	Konversi (%)
3	1	3	4	TS13	28.16
3	1	1	4	TS11	2.73
3	3	3	4	TS33	51.33
3	3	1	4	TS31	43.90
3	1	3	24	TL13	82.62
3	1	1	24	TL11	41.85
3	3	3	24	TL33	87.55
3	3	1	24	TL31	60.84

**C.2 Perhitungan Densitas dan Viskositas Produk Esterifikasi ( Metil Oleat )**

**Tabel C.2 Perhitungan Densitas dan Viskositas Produk Esterifikasi ( Metil Oleat )**

Pati (g)	Asam (g)	TEOS (g)	Waktu hidrotermal (jam)	Kode	Densitas ( gr/ml )	Viskositas Kinematik ( mm <sup>2</sup> /s )
3	1	3	4	TS13	0.8819	9.14
3	1	1	4	TS11	0.8849	12.06
3	3	1	4	TS31	0.8810	4.76
3	3	3	4	TS33	0.8732	5.67
3	1	3	24	TL13	0.8712	3.58
3	1	1	24	TL11	0.8829	8.06
3	3	1	24	TL31	0.8771	6.65
3	3	3	24	TL33	0.8693	3.45

### C.3 Penentuan Nilai *Acid Site Density* dari Katalis

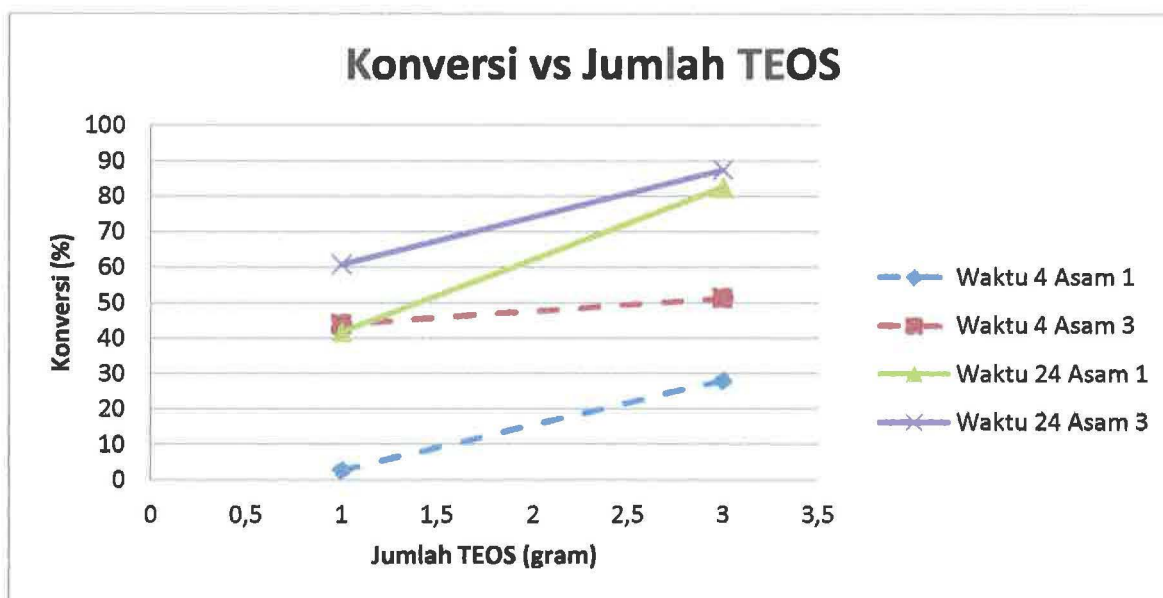
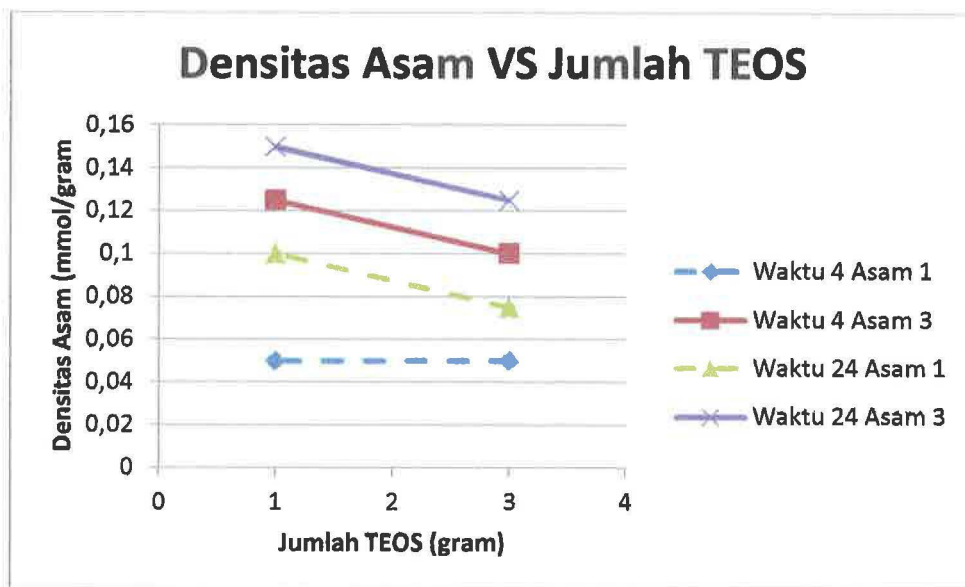
**Tabel C.3** Penentuan Nilai *Acid Site Density* dari Katalis

Pati (g)	Asam (g)	TEOS (g)	Waktu hidrotermal (jam)	Kode	Acid site dencity ( mmol/ gram )
3	1	3	4	TS13	0.05
3	1	1	4	TS11	0.05
3	3	3	4	TS33	0.1
3	3	1	4	TS31	0.125
3	1	3	24	TL13	0.075
3	1	1	24	TL11	0.1
3	3	3	24	TL33	0.125
3	3	1	24	TL31	0.15

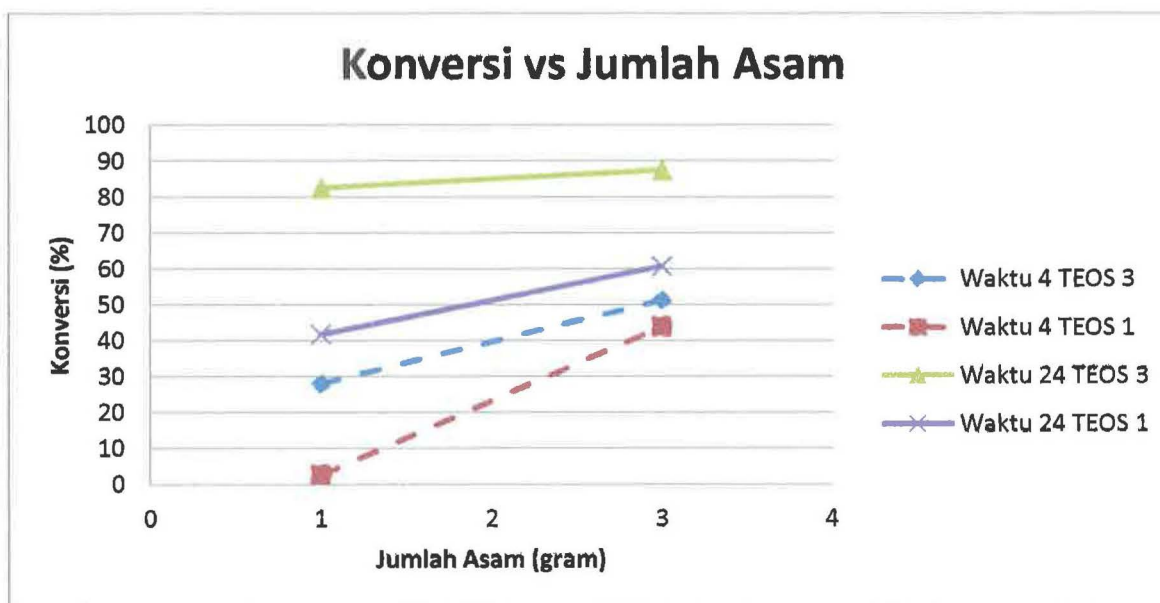
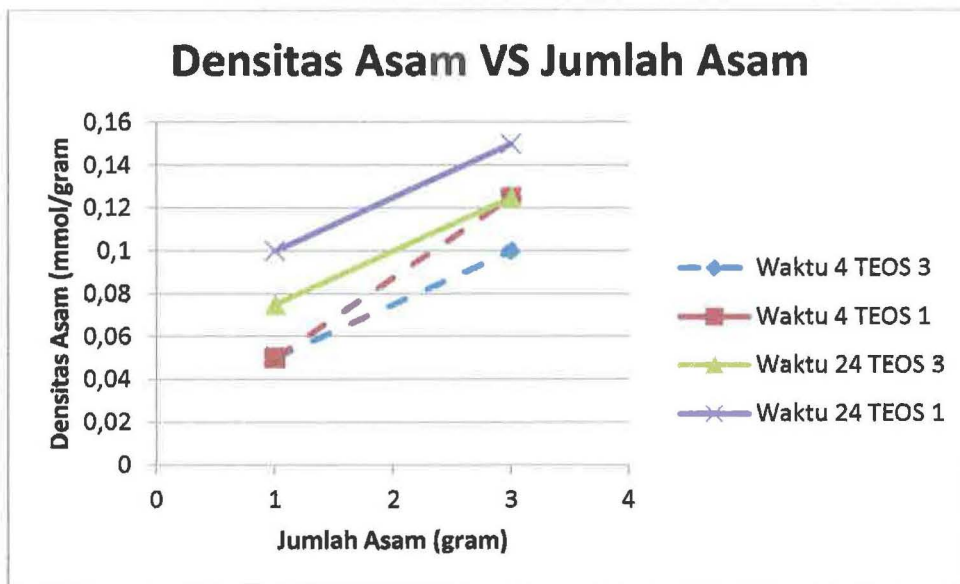
## LAMPIRAN D

### GRAFIK

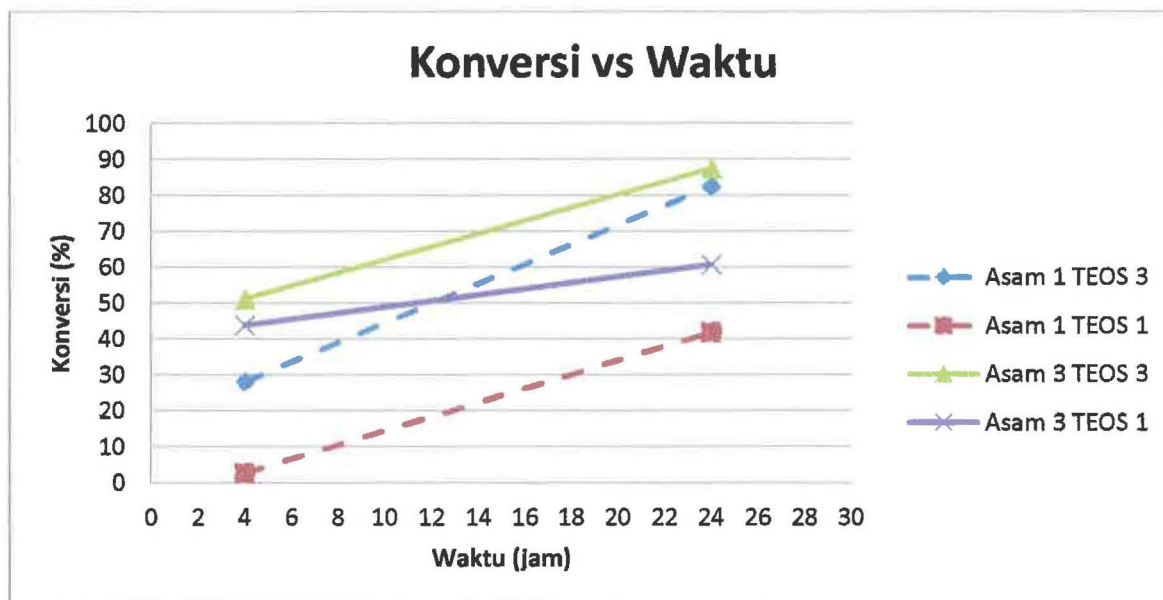
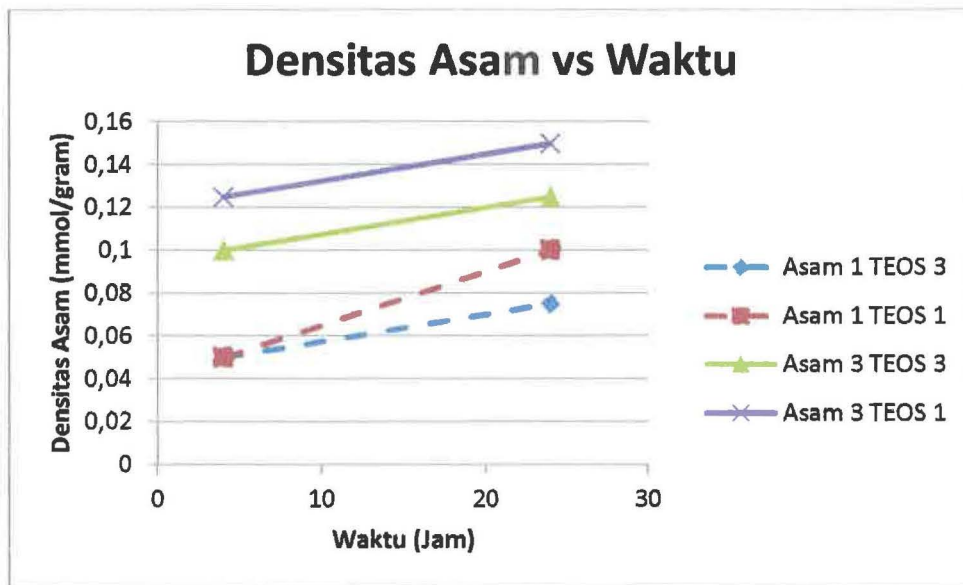
#### D.1 Pengaruh Variasi Jumlah TEOS



## D.2 Pengaruh Variasi Jumlah Asam



### D.3 Pengaruh Variasi Waktu Hidrotermal terhadap Konversi Metil Oleat





**LAMPIRAN E**  
**CONTOH PERHITUNGAN**

**E.1 Standardisasi KOH**

- Larutan standar primer asam oksalat 0,1125 M dibuat dengan melarutkan 1,4175 g padatan asam oksalat dihidrat dalam 100 ml akuades.
- Larutan KOH 0,0179 M dibuat dengan melarutkan 5,04 gr padatan KOH dalam 1 L akuades.
- V KOH yang dibutuhkan untuk titrasi dengan 10 ml asam oksalat 0,1125 M = (1) 142 ml ; (2) 143 ml
- V KOH rata-rata yang dibutuhkan untuk titrasi = 142,5 ml

$$M \text{ KOH} \times V \text{ KOH} \times 1 = V \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times M \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times 2$$

$$M \text{ KOH} \times 142,5 \text{ ml} \times 1 = 0,1125 \text{ M} \times 10 \text{ ml} \times 2$$

$$M \text{ KOH} \text{ aktual} = 0,0158 \text{ M}$$

**E.2 Penentuan %Konversi FFA**

- V Metil oleat = 1 ml
- V KOH yang dibutuhkan untuk titrasi = 144 ml
- V KOH yang dibutuhkan untuk titrasi blank (IPA) = 1,7 ml
- Massa metil oleat (1 ml) = 0,87 g
- %FFA asam oleat awal = 100%

$$\% \text{FFA} = \frac{(V \text{ KOH} - V \text{ Blank}) \times N \text{ KOH} \times 28,2 \%}{\text{Massa Metil Oleat}}$$

$$\% \text{FFA} = \frac{(144 - 1,7) \text{ ml} \times 0,0158 \text{ N} \times 28,2 \%}{0,87 \text{ g}}$$

$$\% \text{FFA} = 71,84 \%$$

$$\% \text{Konversi} = \frac{\% \text{FFA awal} - \% \text{FFA akhir}}{\% \text{FFA awal}}$$

$$\% \text{Konversi} = \frac{100\% - 71,84 \%}{100\%} = 28,157\%$$

### E.3 Penentuan Viskositas Kinematik Produk Ester

- Densitas air (40°C) = 0,994 g/ml
- Viskositas air (40°C) = 0,000622 Pa.s
- Waktu yang dibutuhkan air (40°C) = 75 s
- Massa piknometer kosong = 10,77 g
- Massa piknometer + air (40°C) = 20,97 g
- Massa air (40 °C) = 10,2 g
- Volum piknometer :

$$V \text{ piknometer} = \frac{\text{massa air}}{\rho \text{ air}}$$

$$V \text{ piknometer} = \frac{10,2 \text{ g}}{0,994 \text{ g/ml}} = 10,26 \text{ ml}$$

- Massa metil oleat (40°C) = 9,05 g
- Waktu yang dibutuhkan metil oleat (40°C) = 1095 s
- Densitas metil oleat (40°C)

$$\rho = \frac{9,05 \text{ g}}{10,26 \text{ ml}} = 0,882 \text{ g/ml}$$

- Viskositas dan viskositas kinematik metil oleat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\mu \text{ ester} = \mu \text{ air} \times \frac{t \text{ ester} \times \rho \text{ ester}}{t \text{ air} \times \rho \text{ air}}$$

$$\mu \text{ ester kinematik} = \frac{\mu \text{ ester} \times 1000}{\rho \text{ ester}}$$

- Viskositas dan viskositas kinematik ester dengan katalis kopolimer singkong-HEtS :

$$\mu \text{ ester} = 0,008 \text{ Pa.s}$$

$$\mu \text{ ester kinematik} = 9,136 \text{ mm}^2/\text{s}$$

#### E.4 Penentuan Nilai *Acid Side Density*

- V NaOH = 0,2 ml
- M NaOH = 0,01 M

Molaritas NaOH ditentukan dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned} \text{mol NaOH} &= M \text{ NaOH} \times V \text{ NaOH} \\ &= 0,01 \text{ M} \times 0,2 \text{ ml} \\ &= 0,002 \text{ mmol} \end{aligned}$$

- Massa katalis = 0,04 gram

*Acid site density* dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini

$$\begin{aligned} \text{Acid site density} &= \frac{\text{mol NaOH}}{\text{massa katalis}} \\ &= \frac{0,002 \text{ mmol}}{0,04 \text{ gram}} \\ &= 0,05 \text{ mmol/gram} \end{aligned}$$