



SKRIPSI - TK 141581

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA
DENGAN KATALIS KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$
MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO
(*MICROWAVE*) SECARA BATCH**

Oleh:

Rahmawati Jazilah Q.

NRP. 2311 100 054

Nurchayanti Arifah

NRP. 2311 100 091

Dosen Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

NIP. 1961 08 02 1986 01 1001

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



SKRIPSI - TK 141581

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA
DENGAN KATALIS KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$
MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO
(*MICROWAVE*) SECARA BATCH**

Oleh:

Rahmawati Jazilah Q.

NRP. 2311 100 054

Nurchayanti Arifah

NRP. 2311 100 091

Dosen Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

NIP. 1961 08 02 1986 01 1001

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



FINAL PROJECT - TK 141581

**BATCH PRODUCTION OF BIODIESEL FROM
COCONUT OIL WITH KOH, Ca(OH)₂, AND Mg(OH)₂
CATALYSTS USING MICROWAVE**

By:

**Rahmawati Jazilah Q.
NRP. 2311 100 054**

**Nurchayanti Arifah
NRP. 2311 100 091**

Academic Advisor:

**Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 1961 08 02 1986 01 1001**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DENGAN KATALIS KOH, Ca(OH)_2 , dan Mg(OH)_2 MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (*MICROWAVE*) SECARA BATCH

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Rahmawati Jazilah Q.
Nurchayanti Arifah

NRP 2311 100 054
NRP 2311 100 091

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

 (Pembimbing)

2. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoallah, Dipl. EST

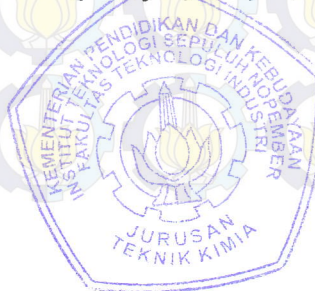
 (Penguji I)

3. Ir. Rr. Pantjawarni Prihatini

 (Penguji II)

4. Dr. Lailatul Qadariah, S.T., M.T.

 (Penguji III)



Surabaya
Juli, 2015

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA
DENGAN KATALIS KOH, Ca(OH)₂, dan Mg(OH)₂
MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO
(*MICROWAVE*) SECARA BATCH**

**Nama / NRP : Rahmawati Jazilah Q/2311100054
Nurchayanti Arifah / 2311100091
Jurusan : Teknik Kimia FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA**

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi, esterifikasi, atau proses esterifikasi-transesterifikasi. Proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan metode pemanasan konvensional maupun dengan metode pemanasan *microwave*. Dengan radiasi *microwave*, maka waktu yang dibutuhkan saat proses transesterifikasi lebih singkat dibandingkan dengan konvensional. Disisi lain, minyak kelapa memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel karena ketersediaannya yang melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat biodiesel dari minyak kelapa secara *batch* melalui proses transesterifikasi methanol dengan menggunakan radiasi *microwave* dengan katalis KOH, Ca(OH)₂, dan Mg(OH)₂ dan mempelajari pengaruh konsentrasi tiap katalis, daya, dan waktu yang digunakan terhadap yield dan viskositas biodiesel yang dihasilkan. Reaksi dilakukan sesuai dengan variabel waktu yang ditentukan, yaitu 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 menit. Variabel konsentrasi tiap katalis adalah 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 (% berat) dari berat minyak kelapa dan variasi daya *microwave* (100, 264, dan 400 Watt). Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu persiapan, transesterifikasi, pemisahan,

pencucian, dan tahap analisis. Pada tahap persiapan, melarutkan metanol dan katalis sesuai dengan variabel. Selanjutnya dilakukan tahap transesterifikasi dengan mencampurkan larutan methanol (methanol dan katalis) dengan minyak kelapa dengan *mol ratio* 1 (minyak) : 9 (methanol) dan mengatur daya *microwave* serta memulai proses transesterifikasi. Tahap selanjutnya adalah pemisahan hasil transesterifikasi dari katalis padat, dilanjutkan dengan tahap pencucian dengan aquadest untuk memisahkan *impurities* yang masih tersisa dalam biodiesel. Tahap akhir yang dilakukan adalah analisis hasil biodiesel dengan menganalisis densitas, viskositas dan %FFA. Standar Nasional Indonesia (SNI) menjadi standar dari pembuata biodiesel dari penelitian. Dari percobaan yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis maka *yield*nya akan semakin tinggi dan viskositasnya juga menurun. Hal ini juga berlaku pada variabel daya dan waktu. Dimana ketiga variabel tersebut memiliki pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* yang dihasilkan. Nilai *yield* tertinggi dari variabel di atas adalah 93,225 % pada katalis KOH dengan konsentrasi 0,2 %, daya 400 Watt, dan waktu 150 detik, dimana viskositasnya sebesar 3,45 cSt. Biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ menghasilkan *yield* di bawah 10 % dan viskositas di atas 25 cSt.

Kata kunci: Biodiesel, Minyak Kelapa, Transesterifikasi, *Microwave*

BATCH PRODUCTION OF BIODIESEL FROM COCONUT OIL WITH KOH, Ca(OH)₂, AND Mg(OH)₂ CATALYSTS USING MICROWAVE

**Name / NRP : Rahmawati Jazilah Q /2311100054
Nurcahyanti Arifah / 2311100091**
Department : Chemical Engineering FTI – ITS
Academic Advisor : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRACT

Biodiesel is a bioenergy or natural energy resource produced by trans-esterification, esterification, or esterification — trans-esterification. The production of biodiesel may proceed by conventional heating method and heating with microwave. By using microwave radiation, the trans-esterification process needs less time than using conventional method. However, coconut oil has a great potential to be used as material for biodiesel production due to its large number of availability. This experiment intends to produce biodiesel from coconut oil by batch trans-esterification process using microwave radiation with KOH, Ca(OH)₂ and Mg(OH)₂ catalysts, also to observe the effect of each catalyst concentration, power of heat source and time needed to the yield and the viscosity of biodiesel produced. Time assigned variably; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 minutes. Concentration also assigned variably; 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 (% weight) of coconut oil weight while the power of microwave assigned; 100; 264 and 400 Watt. Several steps conducted in this experiment are preparation, trans-esterification, separation, cleaning and analysis. In preparation, solute the methanol and catalyst using variables assigned. Then the trans-esterification step conducted by mixing methanol solution (methanol and catalyst) with coconut oil (mol ratio of oil and methanol respectively 1:9) and set the power of microwave assigned. Next, separate the trans-

esterification product from solid catalyst, continued by cleaning with aquadest to separate impurities left in biodiesel. Finally, analyse the product by its density, viscosity and %FFA. Standar Nasional Indonesia will be chosen as the standard. We conclude that the higher concentration catalysts, power, and time used made yield of biodiesel increased and decreasing its viscosity. All of the those variables affects the viscosity and yield of biodiesel product. The highest yield of biodiesel produced was 93,225 %, by using 0,2 % of KOH catalyst, 400 Watt power assigned, and 150 sec, while the viscosity was 3,45 cSt. The production of Biodiesel using $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and $\text{Mg}(\text{OH})_2$ catalysts produced below 10 % yield and its viscosity was above 25 cSt.

Keywords: *Biodiesel, Coconut Oil, Trans-esterification, Microwave*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyusun skripsi kami dengan judul :

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA
DENGAN KATALIS KOH, Ca(OH)₂, dan Mg(OH)₂
MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (*MICROWAVE*)
SECARA BATCH**

Skripsi ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

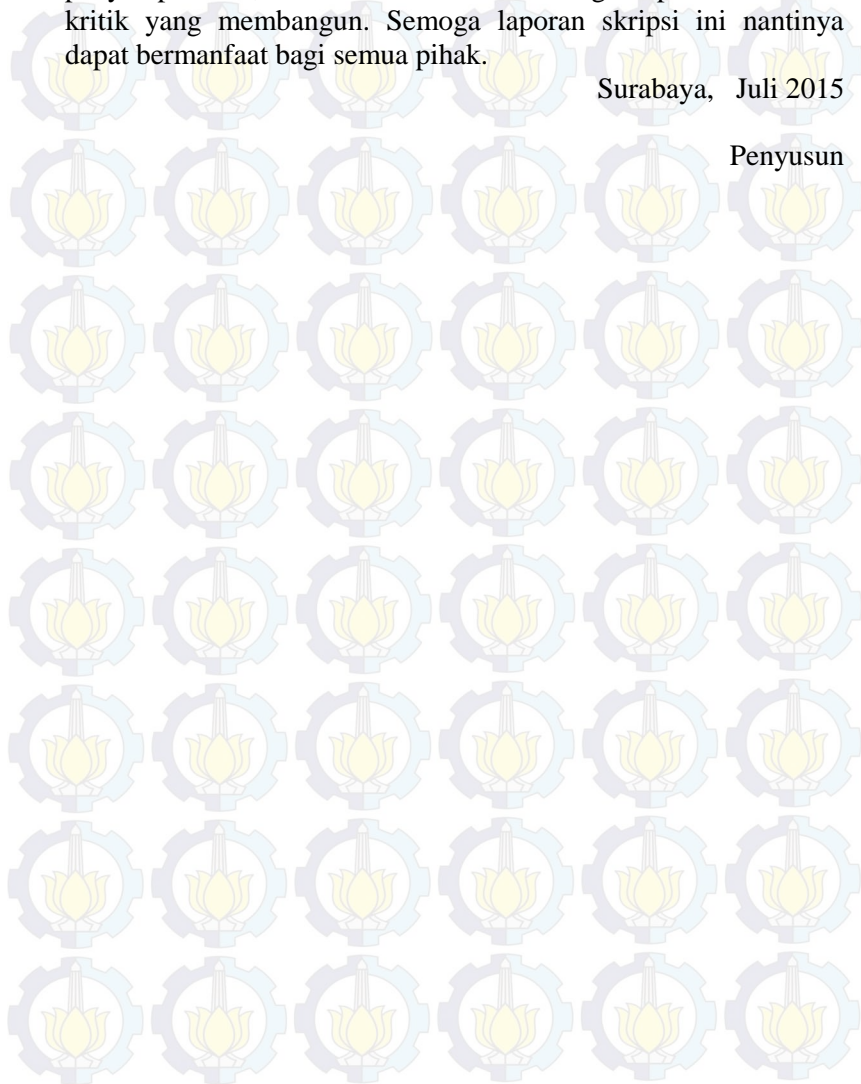
Pada kesempatan kali ini kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA, selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Teknologi Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
3. Bapak Setiyo Gunawan, ST., Ph.D, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
4. Bapak dan Ibu Dosen pengajar yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Rekan-rekan Laboratorium Teknologi Proses Kimia atas semangat dan kerjasamanya.
6. Orang tua dan saudara-saudara penulis serta teman - teman, atas doa, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
7. Keluarga besar Institut Teknologi Sepuluh Nopember FTI-ITS, khususnya teman-teman K51 NUMERO UNO! Atas semangat, dukungan, dan kerjasamanya.

Kami menyadari bahwa laporan skripsi ini masih perlu penyempurnaan, oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan skripsi ini nantinya dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2015

Penyusun



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Biodiesel	5
II.2 Minyak Kelapa.....	7
II.3 Gelombang Mikro.....	9
II.4 Reaksi Trans-Esterifikasi	11
II.5 Metanol	12
II.6 Katalis	13
II.7 Parameter Yang Diperlukan Dalam Penentuan Karakteristik Biodiesel.....	17
II.7.1 Viskositas Kinematik	17
II.7.2 <i>Flash Point</i>	17
II.7.3 Densitas	18
II.7.4 Kadar Air.....	18
II.7.5 <i>Pour Point</i>	18
II.8 Penelitian Terdahulu	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Garis Besar Penelitian.....	21
III.2 Bahan dan Alat.....	21
III.2.1 Bahan	21
III.2.2 Peralatan.....	21
III.3 Prosedur Penelitian	22
III.3.1 Tahap Penelitian.....	23

III.3.2 Tahap Analisis Produk.....	24
III.4 Variabel Penelitian.....	27
III.5 Kondisi Operasi	27
III.6 Flowchart Prosedur Percobaan.....	27
III.7 Analisa Data.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk Biodiesel.....	31
IV.1.1 Konsentrasi KOH.....	32
IV.1.2 Konsentrasi Ca(OH) ₂	35
IV.1.3 Konsentrasi Mg(OH) ₂	36
IV.2 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap <i>Yield</i> Produk Biodiesel.....	37
IV.2.1 Konsentrasi KOH.....	38
IV.2.2 Konsentrasi Ca(OH) ₂	40
IV.2.3 Konsentrasi Mg(OH) ₂	41
IV.3 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Viskositas Produk Biodiesel.....	42
IV.4 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap <i>Yield</i> Produk Biodiesel.....	44
IV.5 Perbandingan Metode Pemanasan Menggunakan <i>Microwave</i> dan secara Konvensional terhadap <i>Yield</i> Biodiesel	46
IV.6 Perbedaan Katalis KOH, Ca(OH) ₂ , dan Mg(OH) ₂ terhadap Viskositas dan <i>Yield</i> Produk Biodiesel...	48
IV.7 Karakteristik Kualitas Produk Biodiesel.....	50
IV.8 Hasil Analisa <i>Gas Chromatography</i> (GC) Pada Produk Biodiesel dan Minyak Kelapa.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan	57
V.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....	xiv
DAFTAR NOTASI	xviii
APPENDIKS A	A-1
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel II.1.	Standar Biodiesel Berdasarkan SNI 7182-2012.	6
Tabel II.2.	Komposisi Asam Lemak Beberapa Minyak Nabati.....	8
Tabel II.3.	Karakteristik Beberapa Minyak Nabati.....	8
Tabel II.4.	Data Standard Minyak Kelapa	9
Tabel II.5.	Perbandingan Katalis Homogen dan Heterogen	14
Tabel IV.1.	Perbandingan <i>Yield</i> Biodiesel dengan Menggunakan Metode Pemanasan <i>Microwave</i> Pada Daya 400 Watt dan Konvensional	47
Tabel IV.2.	Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis KOH.....	50
Tabel IV.3.	Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$	51
Tabel IV.4.	Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$	52
Tabel IV.5.	Komposisi dari Analisis GC pada Biodiesel	53
Tabel IV.6.	Komposisi dari Analisis GC pada Minyak Kelapa	54
Tabel A.1.	Perhitungan BM Minyak Kelapa.....	A-1
Tabel A.2.	Komposisi dari Analisi GC pada Minyak Kelapa	A-6
Tabel A.3.	Komposisi dari Analisi GC pada Biodiesel	A-7
Tabel A.4.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 100Watt	A-8
Tabel A.5.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 264Watt	A-10
Tabel A.6.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 400Watt	A-12
Tabel A.7.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 100 Watt	A-14
Tabel A.8.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 264 Watt	A-16

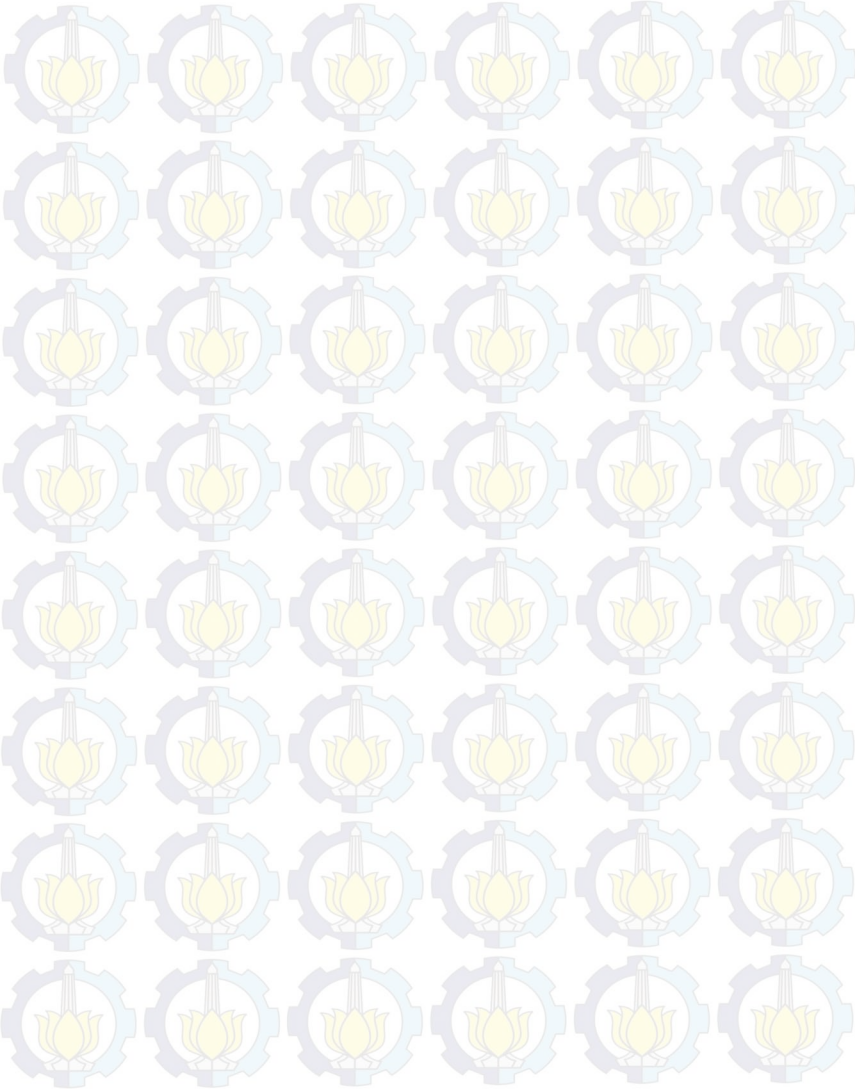
Tabel A.9.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 400 Watt	A-18
Tabel A.10.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan daya 400Watt.....	A-20
Tabel A.11.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> Biodiesel pada Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan daya 400Watt.....	A-20
Tabel A.12.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan daya 400Watt	A-21
Tabel A.13.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> pada Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan daya 400 Watt.....	A-21



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Minyak Kelapa	7
Gambar II.2a	Perbandingan Temperatur <i>Microwave</i> Dengan Pemanasan Konvensional.....	10
Gambar II.2b	Kondisi Thermal Pemanasan pada <i>Microwave</i> dan Konvensional	10
Gambar II.3	Reaksi Transesterifikasi	11
Gambar II.4	Kalium Hidroksida (KOH)	15
Gambar II.5	Kalsium Hidroksida (Ca(OH) ₂)	16
Gambar II.6	Magnesium Hidroksida (Mg(OH) ₂).....	17
Gambar III.1	Skema Reaktor dan <i>Microwave</i>	22
Gambar III.2	Flowchart Prosedur Percobaan	28
Gambar IV.1	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 100 Watt pada Katalis KOH.....	32
Gambar IV.2	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 264 Watt pada Katalis KOH.....	33
Gambar IV.3	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Katalis KOH.....	33
Gambar IV.4	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis Ca(OH) ₂ 0,2 dan 0,25 %	35
Gambar IV.5	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis Mg(OH) ₂ 0,2 dan 0,25 %	38
Gambar IV.6	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 100 Watt pada Katalis KOH.....	38
Gambar IV.7	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 264	

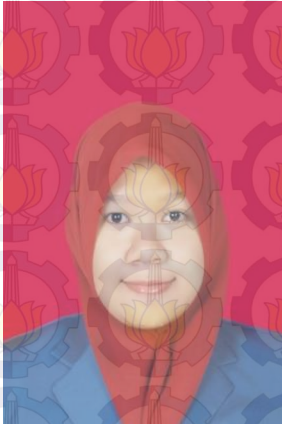
	Watt pada Katalis KOH.....	38
Gambar IV.8	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 400 Watt pada Katalis KOH.....	39
Gambar IV.9	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2% dan 0,25%	40
Gambar IV.10	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %	41
Gambar IV.11	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 100 Watt	42
Gambar IV.12	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 264 Watt	43
Gambar IV.13	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 400 Watt	43
Gambar IV.14	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap <i>Yield</i> Produk pada Daya 100 Watt.....	44
Gambar IV.15	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap <i>Yield</i> Produk pada Daya 264 Watt.....	45
Gambar IV.16	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap <i>Yield</i> Produk pada Daya 400 Watt.....	45
Gambar IV.17	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 400 Watt dan Konsentrasi Katalis 0,2 % pada Katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$	48
Gambar IV.18	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt dan Konsentrasi Katalis 0,2 % pada Katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$	49
Gambar IV.19	Hasil Analisa GC dari Biodiesel pada Konsentrasi Katalis KOH 0,2% dengan daya 400 Watt pada waktu 150 detik	53



DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
η_1	Viskositas minyak kelapa awal sebelum proses trans-esterifikasi	cSt
η_2	Viskositas standard (80% biodiesel dan 20% solar)	cSt
η_{BIO}	Vikositas produk biodiesel	cSt
ρ	Densitas	gram/mL
t	Waktu	detik
k	Ketetapan <i>viscometer Ostwald</i> (2,5)	
m_1	Massa piknometer kosong	gram
m_2	Massa piknometer kosong + sampel	gram
v	volume larutan sampel	mL
FFA	<i>Free Fatty Acid</i>	%
x_1	kadar minyak kelapa awal (<i>mass fraction</i>)	-
x_2	kadar biodiesel (<i>mass fraction</i>)	-
N	Normalitas	N

BIODATA PENULIS



RAHMAWATI JAZILAH Q,

lahir di Surabaya pada tanggal 27 Oktober 1992. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Penulis mengawali pendidikan formalnya di TK Islam Delima, dilanjutkan di SD Negeri Kalirungkut IV/ 580, SMP Negeri 6 Surabaya. Setelah itu, pada tahun 2008 penulis menimba ilmu di SMA Negeri 4 Surabaya.

Pada tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, di Jurusan S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS. Semasa dikampus perjuangan ITS, penulis aktif di kegiatan kemahasiswaan sebagai Staff Non Redaksi Emissivity. Penulis mendapatkan Beasiswa PPA dari DIKTI. Pada tugas akhir S-1 ini penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ menggunakan Gelombang Mikro (*Microwave*) secara *Batch*”, di laboratorium Teknologi Proses Teknik Kimia.

Nama : Rahmawati Jazilah Q

Alamat : Jl. Baruk Utara IX/ 136 ND. Pondok Nirwana. Surabaya
61298

HP : +62 87855043242

Email : rahmawatijazilah@gmail.com

BIODATA PENULIS



NURCAHYANTI ARIFAH, lahir pada 25 November 1992 di Surabaya-Jawa Timur. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Wedoro 1, SMPN 1 Waru, dan SMAN 2 Surabaya. Pada tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, di Jurusan S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS. Semasa dikampus perjuangan ITS, penulis aktif di kegiatan kemahasiswaan sebagai Head of Internal Affair SPE ITS Student Chapter 2013-2014.

Penulis merupakan anak ke 4 dari empat bersaudara. Penulis mendapatkan dana Hibah pada Program PKM yang didanai oleh DIKTI dan mendapatkan Beasiswa PPA dari DIKTI. Penulis mempunyai hobi membaca dan menulis. Pada tugas akhir S-1 ini penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ menggunakan Gelombang Mikro (*Microwave*) secara *Batch*”, di laboratorium Teknologi Proses Teknik Kimia.

Nama : Nurcahyanti Arifah

Alamat : Jl. Garuda V No. 39, REWWIN-Waru-Sidoarjo, Jawa Timur, 61256

HP : +62 8563252941

Email : nurcahyanti.arifah@gmail.com

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi adalah salah satu kebutuhan dasar dari semua kebutuhan industri dan rumah tangga dalam lingkup sosial. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi penduduk, pengembangan wilayah dan pembangunan dari tahun ke tahun, kebutuhan akan pemenuhan energi di seluruh sektor secara nasional juga semakin besar. Hasil kajian Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral memaparkan bahwa total konsumsi energi per kapita Indonesia meningkat setiap tahunnya dengan pertumbuhan di atas 5% (Kementerian ESDM, 2010).

Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak adalah biodiesel. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar diesel yang baik bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel berbasis petroleum, karena lebih sedikit menyebabkan kerusakan lingkungan. Kelebihan lain yang dimiliki biodiesel adalah biodiesel menghasilkan lebih sedikit asap dan partikulat, mempunyai angka setana yang lebih tinggi, menghasilkan emisi karbon monoksida dan hidrokarbon lainnya lebih sedikit, dapat diperbarui, dan tidak beracun (Agarwal dan Das, 2001).

Biodiesel mempunyai titik beku yang lebih rendah disbanding minyak nabati, sehingga dapat digunakan lebih rendah disbanding minyak nabati, sehingga dapat digunakan di daerah-daerah bersuhu rendah. Biodiesel ini mempunyai sifat fisik yang mirip dengan minyak diesel mineral sehingga langsung dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak diesel (Widodo dkk, 2011). Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati, minyak hewani atau dari minyak goreng bekas (daur ulang).

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kelapa. Digunakan minyak kelapa karena karakteristik minyak kelapa yang baik dan mendukung untuk diolah sebagai bahan bakar renewable.

Reaksi transesterifikasi digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Pemilihan dan penggunaan katalis dalam proses transesterifikasi merupakan bagian yang sangat penting. Variable yang digunakan dalam pemilihan katalis adalah perbedaan persen katalis berbanding berat minyak. Katalis yang digunakan adalah katalis padat KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Dipilih menggunakan katalis padat karena katalis padat mempunyai kecenderungan mudah untuk berpisah tanpa menggunakan pemisahan yang kompleks. Digunakan tiga titik pengambilan variable konsentrasi untuk mengetahui konsentrasi mana yang dapat memberikan hasil paling baik dalam proses transesterifikasi. Penggunaan katalis dapat berpengaruh terhadap hasil yang didapatkan. Dari segi lama waktu reaksi bergantung pada karakteristik masing-masing katalis.

Metode batch yang digunakan ini lebih baik dibandingkan dengan metode kontinyu sebab kemudahan dalam mengontrol reaksinya, serta tidak membutuhkan banyak peralatan. Proses tahap transesterifikasi merupakan bagian terpenting pada rangkaian proses pemurnian pasca reaksi. Pemanasan menggunakan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro. Pemilihan wadah sampel sangat berpengaruh dalam pemanasan, maka dipilihlah bahan yang dapat ditembus oleh gelombang mikro sehingga gelombang mikro dapat diteruskan dan langsung memanaskan bahan sampel terlebih dahulu memanaskan wadahnya. Sehingga reaksi berjalan lebih cepat dan waktu reaksi juga akan lebih singkat.

Biodiesel yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan standar kualitas biodiesel sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 7182-2012). Uji tersebut meliputi densitas, viskositas, dan yield biodiesel. Diharapkan penelitian ini akan memberikan kontribusi yang cukup berarti bagi ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi, dalam hal penemuan

sumber energi alternatif dan dapat lebih dikembangkan lagi sehingga dapat diperoleh kualitas biodiesel yang lebih bagus dengan proses yang lebih mudah.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pembuatan biodiesel dengan metode radiasi *microwave*?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh daya terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan?
4. Bagaimana pengaruh waktu pemanasan yang digunakan terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini meliputi:

1. Mempelajari pembuatan biodiesel dengan metode radiasi *microwave*.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan.
3. Mempelajari pengaruh daya terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan.
4. Mempelajari pengaruh waktu pemanasan yang digunakan terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan.

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai salah satu alternatif proses dalam pembuatan biodiesel yang lebih mudah, cepat, dan ekonomis.

2. Sebagai informasi dan bahan pertimbangan kepada masyarakat luas serta pihak-pihak yang terkait mengenai pendayagunaan minyak nabati dan mengurangi eksploitasi terhadap minyak bumi yang dapat menimbulkan dampak bagi lingkungan
3. Sebagai bahan referensi dan informasi pada penulis lainnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti proses pembuatan biodiesel terutama yang berasal dari minyak kelapa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. (Hikmah dkk, 2010)

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 biodiesel 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 dkk, 2006).

Dalam suhu ruang, biodiesel, baik jenis *Methyl Ester* atau *Ethyl Ester* adalah senyawa yang relative stabil yang berfase cair. Senyawa ini tidak korosif dan memiliki titik didih rendah. Secara ekonomi, biodiesel jenis *Methyl Ester* lebih disukai daripada *Ethyl Ester*. (Sivasamy et al, 2009)

Karena sebagian besar tanaman memiliki kandungan minyak dan *free fatty acid* (FFA) yang berbeda-beda maka minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dikelompokkan menjadi tiga jenis berdasarkan kandungan FFA, yaitu:

1. Refined oils : Minyak nabati dengan kandungan FFA kurang dari 1,5%
2. Minyak nabati dengan kandungan FFA rendah kurang dari 4%

3. Minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi lebih dari 20%

(Joelianingsih dkk, 2006)

Jika bahan baku biodiesel memiliki kandungan FFA, tahap pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi, pemisahan gliserol dari metil ester, pemurnian metil ester, pengambilan gliserol sebagai produk samping dan pemurnian metanol tak bereaksi secara destilasi/rectification. Proses esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA di atas 5%. Sedangkan, jika bahan baku minyak kelapa berkadar FFA tinggi (>5%) maka diperlukan proses pendahuluan yaitu proses esterifikasi. Apabila langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. (Hikmah, 2010). Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian.

Kualitas biodiesel sebagai produk bahan bakar mesin diesel ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain bilangan setana, kekentalan kinematik, masa jenis, dan lain-lain. Rumusan standar biodiesel Indonesia dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel II.1 Standar Biodiesel berdasarkan SNI 7182-2012

Parameter	SNI 7182-2012
Massa jenis pada 40°C (kg/m ³)	850 - 890
Viskositas Kinematik pada 40°C, (cSt)	2,3 – 6,0
Angka Setana	Min. 51
Titik Nyala (°C)	Min. 100
Titik Tuang(°C)	Max.18
Kadar Air (% volume)	Max. 0,05
Kadar Fosfor (mg/kg)	Max. 10

II.2 Minyak Kelapa



Gambar II.1 Minyak Kelapa

Minyak kelapa merupakan minyak yang diperoleh dari kopra (daging buah kelapa yang dikeringkan). Kandungan minyak dalam kopra mencapai 63-65%. Minyak kelapa sebagaimana minyak nabati lainnya merupakan senyawa trigliserida yang terdiri berbagai asam lemak. Sekitar 90% asam lemak jenuh. Selain itu dalam minyak kelapa yang belum dimurnikan juga terdapat kandungan sejumlah kecil komponen bukan lemak seperti fosfatida, gum, sterol (0,06-0,08%), tokoferol (0,003%), dan asam lemak bebas (<5%) dan sedikit protein dan karotene. Sterol berfungsi sebagai stabilizer dalam minyak dan tokoserol sebagai antioksidan (Ketaren, 1986). Minyak kelapa kaya akan asam lemak brantai sedang (C8-C14), khususnya asam Laurat dan meristat. Komposisi asam lemak pada minyak kelapa diperlihatkan pada table II.2 di bawah ini

Tabel II.2 Komposisi Asam Lemak pada Minyak Kelapa (SNI 01-3741-1995)

Asam Lemak	Jumlah Atom C	Komposisi (%)
Asam Lemak jenuh		
Oktanoat	8	8
Dekanoat	10	7
Laurat	12	48
Miristat	14	17
Palmitat	16	9
Stearat	18	2
Asam Lemak tidak jenuh		
Oleat	18	6
Linoleat	18	3
Linolenat	18	-
Total		100

Tabel II.3 Karakteristik Beberapa Minyak Nabati

Asam lemak	Kelapa	Sawit (palm)	Kanola	Bunga Matahari	Kacang Tanah	Kedelai	Lin Seed
Suhu memadat (°C)	20-25	30-35	-10	-17	3	-16	-14
Bilangan Iod	10	54	98	125	93	130	179
Bilangan penyabunan	268	199	175	189	192	191	190

(Physics Dept, 1983)

Berdasarkan kajian yang dilakukan Physics Department (1983), disimpulkan bahwa minyak kelapa memiliki karakteristik yang paling baik sebagai bahan bakar bila dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Ester dari minyak kelapa merupakan bahan bakar terbaik untuk mesin diesel, bahkan lebih baik dibanding minyak diesel sendiri.

Tabel II.4 Data Standar Minyak Kelapa

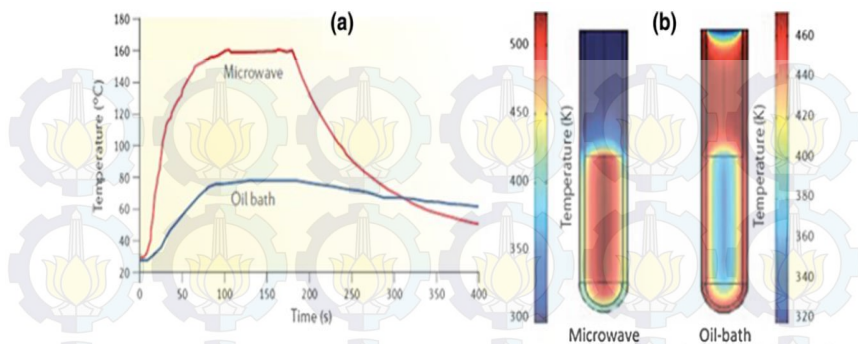
Parameter	Standar
Moisture (%)	Max 0,1 – 0,5
Free Fatty Acid (%)	Max 0,5
Relative Density	0,915-0,92
Viskositas (Cst)	25-30

(APCC Standard for Virgin Coconut Oil, 2008)

II.3 Gelombang Mikro (*Microwave*)

Gelombang mikro atau mikro gelombang (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency*, SHF) yaitu di atas 3GHz (3×10^9 Hz). Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa atau dapat dikategorikan sebagai *ultrashort* (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro.

Gelombang ini tidak dapat dilihat mata kita karena panjang gelombangnya (walaupun sangat kecil dibanding gelombang radio) jauh lebih besar dari panjang gelombang cahaya (di luar spektrum sinar tampak). Keduanya terdapat dalam spektrum gelombang elektromagnetik.



Gambar II.2 a) Perbandingan Temperatur *Microwave* dengan Pemanasan Konvensional. b) Kondisi *thermal* Pemanasan pada *Microwave* dan Pemanasan Konvensional

Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata karena bukan mentransfer panas dari luar tetapi membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut. Pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan. Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan. Selain itu waktu reaksi pemanasan dengan gelombang mikro jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu reaksi pemanasan konvensional. Pemanasan dengan *microwave* memiliki panas yang hilang lebih kecil dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Hal ini menandakan bahwa efisiensi energi pemanasan menggunakan *microwave* lebih kecil dibandingkan pemanasan konvensional. (Gude et al,2013)

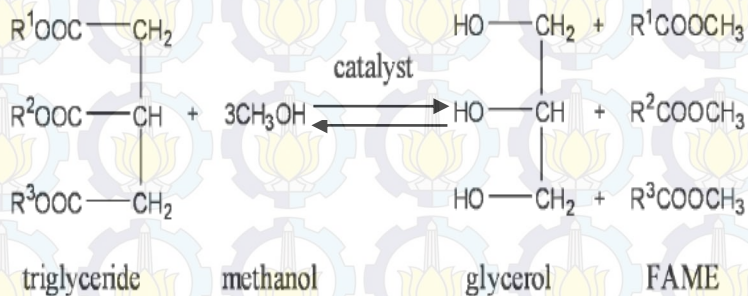
Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan, yaitu:

1. Pemanasan lebih merata karena membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut.
2. Pemanasannya bersifat selektif artinya tergantung dari konstanta dielektrik bahan.

3. Waktu reaksi pemanasan dengan Gelombang Mikro jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu reaksi pemanasan konvensional.
4. Pemanasan dengan microwave memiliki panas hilang lebih kecil dibandingkan dengan pemanasan konvensional.

II.4 Reaksi Trans-esterifikasi

Dalam transesterifikasi minyak nabati, trigliserida bereaksi dengan alkohol dengan adanya asam kuat atau basa kuat sebagai katalis menghasilkan campuran fatty acid alkyl ester dan gliserol. (Schuchardt, et al, 1998). Reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak alami dengan methanol digambarkan sebagai berikut: reaktifitasnya paling tinggi. Reaksi transesterifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Gambar II.3 Reaksi Transesterifikasi

(Sivasamy et al, 2009)

Freedman et al. (1986) juga menuliskan bahwa 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 alkhohol. Alkohol digunakan secara berlebih untuk meningkatkan yield alkyl ester dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk.

Beberapa hal yang mempengaruhi proses transesterifikasi antara lain, suhu, kecepatan pengadukan, jenis dan konsentrasi katalis dan perbandingan antara metanol dan asam lemak. Proses transesterifikasi akan berlangsung lebih cepat apabila suhu reaksi dinaikkan mendekati titik didih alkhohol yang digunakan. Semakin tinggi kecepatan pengadukan akan menaikkan pergerakan molekul dan menaikkan pergerakan molekul dan menyebabkan terjadinya tumbukan. Pada awal terjadinya reaksi, pengadukan akan menyebabkan terjadinya difusi antara minyak atau lemak sampai terbentuk metil ester. Pemakaian alkhohol berlebih akan mendorong reaksi kearah pembentukan etil ester dan semakin besar kemungkinan terjadinya tumbukan antara molekul-molekul methanol dan minyak yang bereaksi. (Hui, 1996).

Menurut Schuchdart et al. (1998), kemurnian reaktan terutama kandungan air dan kandungan asam lemak (FFA) juga merupakan faktor yang mempengaruhi keberlangsungan transesterifikasi.

II.5 Metanol

Metanol disebut juga dengan metil alkhohol yaitu merupakan senyawa organik yang paling sederhana dari alkhohol. Formula molekularnya adalah CH_3OH . Metanol mempunyai bilangan oktan yang tinggi. Metanol pada umumnya dibuat dari gas alam, dapat juga dihasilkan dari *biomass*. Metanol bersifat racun, jika terhirup menyebabkan sesak nafas dan jika terminum akan berbahaya.

a. Sifat Fisika

Berat Molekul	: 32,04 kg/kmol
Sp.gr	: 0,791
Kekentalan	: 0,86 cP
Titik didih	: 64,7 °C
Titik nyala	: 15,6 °C
Titik leleh	: -97,68 °C

Suhu <i>Autoignition</i>	: 464 °C
Panas Penguapan	: 1128,8 kJ/kg
Suhu Kritis (T_c)	: 239,49 °C
Tekanan Kritis (P_c)	: 79,94 atm
C_p (<i>Liquid</i>)	: 81,08 J/gmol.K

b. Sifat Kimia

- Kelarutan dalam air (1g/100g air) : tak terhingga, bersifat polar
- Metanol merupakan zat yang mudah terbakar dan bersifat eksplosif ketika bercampur dengan udara

II.6 Katalis

Katalis adalah zat yang ditambahkan ke dalam suatu reaksi dengan maksud memperbesar kecepatan reaksi. Katalis terkadang ikut terlibat dalam reaksi tetapi tidak mengalami perubahan kimiawi yang permanen, dengan kata lain pada akhir reaksi katalis akan dijumpai kembali dalam bentuk dan jumlah yang sama seperti sebelum reaksi. Katalis mempercepat reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Adanya penambahan katalis akan menyebabkan terbentuknya tahap-tahap reaksi tambahan, yaitu tahap pengikatan katalis dan tahap pelepasan katalis pada akhir reaksi. Katalis ini bersifat spesifik, artinya hanya berfungsi untuk suatu reaksi tertentu.

Fungsi katalis adalah memperbesar kecepatan reaksinya (mempercepat reaksi) dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang

baru. Dengan menurunnya energi pengaktifan maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Reaksi yang berlangsung lambat dapat dipercepat dengan menambahkan katalis yang sesuai untuk reaksi tersebut. Katalis akan mempercepat reaksi karena katalis akan mencari jalan dengan energi aktivasi yang lebih rendah sehingga reaksinya akan berlangsung lebih cepat.

Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama :

- Katalis homogen adalah katalis yang fasenya sama dengan fase zat yang bereaksi maupun zat hasil reaksi.
- Katalis heterogen adalah katalis yang fasenya berbeda dengan fase zat yang bereaksi maupun zat hasil reaksi.

Tabel II.5. Perbandingan Katalis Homogen dan Heterogen

Katalis Homogen	Katalis Heterogen
1. Fasa cair atau gas.	1. Fasa padat.
2. Setiap molekul katalis aktif sebagai katalis.	2. Memiliki pusat aktif yang tidak seragam.
3. Aktivitas dan selektivitas tinggi.	3. Aktivitas dan selektivitas rendah-tinggi.
4. Tidak mudah teracuni oleh adanya sedikit kotoran.	4. Dapat/mudah teracuni oleh adanya kotoran
5. Sukar dipisahkan dari campuran reaksi.	5. Mudah dipisahkan dari campuran reaksi.
6. Mudah terurai pada temperatur tinggi	6. Stabil pada temperatur tinggi.

Dalam penelitian ini akan digunakan jenis katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Berikut adalah penjelasan singkat tiap katalis:

1. Kalium Hidroksida (KOH)

a. Sifat fisik

Rumus Molekul	:KOH
Berat Molekul	:56.10 g/mol
Titik didih	:1320 °C
Titik lebur	:380 °C
<i>Specific Gravity</i>	:2.044
Warna	:putih

(Perry, 2008)



Gambar II.4 Kalium Hidroksida (KOH)

Katalis basa homogen seperti kalium hidroksida (KOH) merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan biodiesel karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan operasi yang relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Akan tetapi, katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat

digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan.

2. Kalsium Hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$

a. Sifat fisik

Rumus Molekul	: $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Berat Molekul	:74,10 g/mol
Titik lebur	:580 °C
<i>Spesific Gravity</i>	:2,2
Warna	:tak berwarna atau putih

(Perry, 2008)



Gambar II.5 Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

3. Magnesium Hidroksida $\text{Mg}(\text{OH})_2$

a. Sifat fisik

Rumus Molekul	: $\text{Mg}(\text{OH})_2$
Berat Molekul	:58,34 g/mol
<i>Spesific Gravity</i>	:2,4
Warna	:putih

(Perry, 2008)



Gambar II.6 Magnesium Hidroksida ($Mg(OH)_2$)

II.7 Parameter yang Digunakan dalam Penentuan Karakteristik Biodiesel

Beberapa parameter dalam biodiesel diantaranya (Atabani et al, 2012)

II.7.1 Viskositas Kinematik

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan terhadap gaya gravitasi. Viskositas yang tinggi menunjukkan sifat pelumasan yang lebih baik. Pada umumnya bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar dapat mudah mengalir dan teratomisasi. Hal ini disebabkan oleh putaran mesin yang cepat membutuhkan injeksi bahan bakar yang cepat pula.

II.7.2 Flash Point

Flash Point adalah temperatur dimana pada temperatur tersebut akan memicu pembakaran saat terkena api. Hal ini berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar. Jika *flash point* terlalu rendah dapat menyebabkan bahaya api. Oleh karena itu *flash point* sebaiknya ditingkatkan di atas nilai minimum yang diizinkan.

II.7.3 Densitas

Densitas adalah perbandingan jumlah massa suatu zat terhadap volumenya. Untuk mengukur densitas liquid dapat menggunakan hydrometer. Adapun alat yang lebih sering digunakan adalah piknometer. Densitas dapat berubah, tergantung pada tekanan atau temperatur.

II.7.4 Kadar Air

Kadar air dalam minyak merupakan salah satu tolok ukur mutu minyak. Makin kecil kadar air dalam minyak maka mutunya makin baik. Hal ini dapat memperkecil kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas. Kandungan air dalam bahan bakar juga dapat menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbusa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam.

II.7.5 Pour Point

Pour point atau titik tuang adalah temperatur terendah dari suatu bahan bakar untuk mengalir. Suhu dimana bahan bakar itu berhenti mengalir sekitar 5 detik ketika *sample* dari bahan bakar itu dituangkan. Alat yang digunakan untuk menguji titik tuang ini adalah ASTM D-97. (Mahajan et al, 2011)

II.8 Penelitian Terdahulu

- Adam Karl Khan (2002) Melakukan penelitian terhadap kinetika dan katalis pada proses pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini diteliti beberapa katalis antara lain KOH, H₂SO₄, CaCO₃ dan CaO pada suhu 50-240°C, tekanan 1-50 bar dan waktu 45-180 menit, dimana pada penelitian ini menunjukkan bahwa katalis CaO dan CaCO₃ mempunyai potensi untuk dipakai sebagai katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel.

- Lertsathapornsuk, V., R. Pairintra, K. Krisnangkura, S. Chindaruksa. (2005)

Penelitian pembuatan biodiesel dari *used vegetable oil* dengan menggunakan gelombang mikro. Penelitian dilakukan dengan daya listrik 800 watt dengan menggunakan variasi rasio metanol dan katalis NaOH 1%. Dari penelitian tersebut didapatkan yield 100% minyak kelapa pada rasio metanol 1:9 pada waktu 30 detik.

- Masato Kouzu, Takekazu Kasuno, Masahiko Tajika, Yoshikazu Sugimoto, Shinya Yamanaka, dan Jusuke Hidaka (2008)

Pembuatan biodiesel dengan menggunakan minyak kacang kedelai dan katalis CaO, Ca(OH)₂, CaCO₃. Pada waktu pemanasan selama 1 jam, didapatkan yield sebesar 93 % (CaO), 12 % (Ca(OH)₂), dan 0 % (CaCO₃). Dimana CaO menghasilkan biodiesel dengan yield sama besarnya dengan menggunakan katalis NaOH.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Garis Besar Penelitian

Proses pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan radiasi gelombang mikro (*microwave*). Penggunaan *microwave* akan mempercepat waktu reaksi dengan menggunakan katalis padat. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan daya pada *microwave* pada waktu tetap. Selanjutnya digunakan ratio methanol dan jumlah katalis dalam persen massa minyak sebagai variabel dengan waktu tetap pula.

III.2 Bahan dan Peralatan

III.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

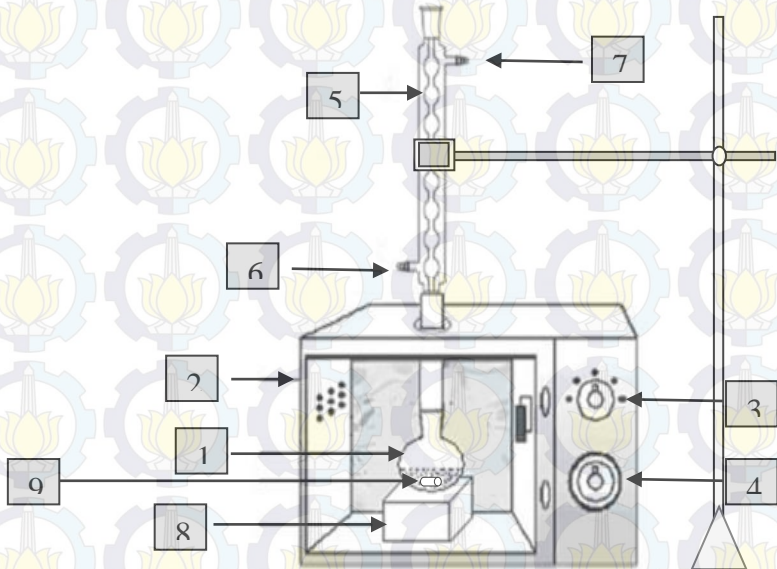
1. Minyak kelapa
2. Metanol (CH_3OH 98%)
3. Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$
4. Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$
5. Katalis KOH
6. Aquadest

III.2.2 Peralatan

Peralatan proses yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. *Microwave*
Daya output : 264 – 800 W
Frekuensi : 2450 MHz
2. Corong Pemisah
3. Reaktor Labu Leher Satu

Rancangan peralatan yang digunakan pada proses reaksi transesterifikasi seperti pada gambar III.1 di bawah ini.



Gambar III.1 Skema Reaktor dan Microwave

Keterangan gambar :

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1. Reaktor labu leher satu | 6. Aliran air pendingin masuk |
| 2. Microwave | 7. Aliran air pendingin keluar |
| 3. Kontrol daya | 8. Alas labu leher satu |
| 4. Kontrol waktu | 9. <i>Magnetic stirrer</i> |
| 5. Kondensor reflux | |

III.3 Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dari minyak kelapa adalah proses reaksi transesterifikasi dengan menggunakan radiasi gelombang *micro* dari *microwave*. Adapun langkah-langkah pengerjaannya secara singkat dijelaskan sebagai berikut:

III.3.1 Tahap Penelitian

Tahap penelitian ini meliputi beberapa tahapan, diantaranya yaitu :

A. Perlakuan Pendahuluan

1. Mengukur densitas dan viskositas minyak kelapa
2. Mencampur dan mengaduk katalis dengan metanol sesuai perbandingan yang telah ditentukan.

B. Tahap Transesterifikasi dan Pemisahan

1. Menambahkan minyak kelapa ke dalam larutan metanol dan katalis yang telah dicampur sebelumnya, dengan tetap menghidupkan pengaduknya.
2. Mengatur daya dan waktu pemanasan di dalam *microwave* yang disesuaikan dengan variabel.
3. Memanaskan campuran di dalam *microwave* dengan waktu yang sesuai dengan variabel.
4. Setelah proses transesterifikasi selesai, menghentikan pemanasan dan pengadukan *stirrer*
5. Memindahkan hasil proses reaksi ke dalam corong pemisah.
6. Mendinginkan dan mendinginkan campuran selama 12 - 24 jam hingga terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas dan bawah
7. Memisahkan lapisan atas (biodiesel) dan lapisan bawah (gliserol) dengan corong pemisah
8. Mencuci biodiesel dan *impurities* yang masih tersisa selama pemisahan menggunakan *aquadest* pada suhu 40 °C dengan volume 30% dari volume total larutan
9. Mendinginkan campuran kurang lebih satu jam sampai terbentuk dua lapisan
10. Memisahkan biodiesel dengan air bersama *impurities*.
11. Memanaskan produk biodiesel selama 1 jam di dalam oven.

III.3.2 Tahap Analisis Produk

Menganalisa biodiesel yang diperoleh untuk mengetahui kualitas biodiesel dengan parameter uji sebagai berikut:

a. Densitas

- Peralatan
 - Piknometer
 - Neraca analitik
 - Pipet mata
- Pelaksanaan
 - Menimbang massa piknometer kosong dan mencatat beratnya sebagai massa pikno awal
 - Memasukkan *sample* produk biodiesel dalam piknometer dan menutup piknometer sampai penuh
 - Membersihkan sisa tumpahan *sample* yang ada dibagian luar piknometer
 - Menimbang piknometer + *sample* lalu mencatat hasil penimbangan tersebut sebagai massa pikno+*sample*
 - Menghitung selisih antara massa pikno awal dengan massa pikno+*sample*
 - Mencatat hasil uji density: density 40°C, dengan satuan gram/ml

b. Viskositas

- Peralatan
 - *Viscometer oswald*
 - *Stopwatch*
 - Karet penghisap
 - Gelas ukur 10 ml
- Pelaksanaan
 - Merendam viskometer dalam *water bath* pada suhu 40°C
 - Memasukkan *sample* produk biodiesel sebanyak 7 ml ke dalam *viscometer oswald*.
 - Menghisap *sample* melalui pipa kapiler sampai batas teratas dari alat viskometer

- Menutup bagian ujung pipa agar permukaan *sample* tetap berada di atas batas teratas
- Membuka penutup bagian ujung pipa hingga *sample* turun sampai batas terbawah dan mencatat waktu yang diperlukan *sample* untuk turun dari batas teratas sampai batas terbawah sebagai t_{sample} (dalam detik)
- Menghitung viskositas kinematik *sample* dengan persamaan :

$$\mu = t \times \text{faktor koreksi dari viskometer (dalam satuan cSt)}$$
- Hasil uji viskositas 40°C, dengan satuan cSt

c. % FFA

- Peralatan
 - Buret 25 ml
 - Etanol
 - Indikator PP
 - NaOH
 - Erlenmeyer
 - Pipet tetes
 - Sampel produk biodiesel
- Pelaksanaan
 - Menetralkan etanol dengan titrasi NaOH 0,1 N yang sebelumnya etanol ditambahkan indikator PP 3 tetes
 - Mencampurkan 5 gram sample dengan 25 ml etanol yang telah dinetralkan.
 - Memanaskan sampai suhu 50°C (hingga larut) dalam erlenmeyer
 - Campuran sample tersebut dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga larutan sample berubah menjadi warna ungu dan bertahan selama 5 detik
 - Mencatat volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi tersebut.
 - Menghitung % FFA

d. Analisis *Flash Point*

- Peralatan
 - ASTM D-93
 - Sampel produk biodiesel
- Pelaksanaan
 - Menyalakan alat ASTM D-93
 - Membuka valve aliran gas yang digunakan pada alat
 - Mengatur batasan suhu yang diinginkan atau diperkirakan
 - Menuangkan lebih kurang 100 mL *sample* produk biodiesel ke dalam tempat yang sudah disediakan pada alat sampai batasnya
 - Menaruh *sample* tadi pada alat ASTM D-93 dan memulai memanaskan *sample*
 - Mencatat suhu yang didapat saat proses pemanasan sudah berhenti
 - Hasil *Flash Point* pada °C

e. Analisis *Pour Point*

- Peralatan
 - ASTM D-97
 - Sampel produk biodiesel
- Pelaksanaan
 - Menyalakan alat ASTM D-97
 - Menyiapkan gelas yang digunakan sebagai tempat *sample* produk biodiesel
 - Menuangkan produk biodiesel tersebut lebih kurang 100 mL sampai batas yang sudah ditentukan pada gelas
 - Meletakkan *thermometer* pada sampel dalam gelas
 - Meletakkan gelas dengan *thermometer* tadi ke dalam alat ASTM D-97
 - Mencatat suhu yang didapat jika sampel dalam gelas itu ketika dituangkan tidak mengalir

- Suhu yang dicatat ditambah 3 °C sebagai hasil dari *Pour Point*

- Hasil *Pour Point* °C

f. Analisis *Gas Chromatographic* (GC)

III.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 4 jenis, yaitu katalis yang digunakan, variabel konsentrasi katalis, daya *microwave*, dan waktu pemanasan di *microwave*. Variabel tiap jenisnya adalah sebagai berikut:

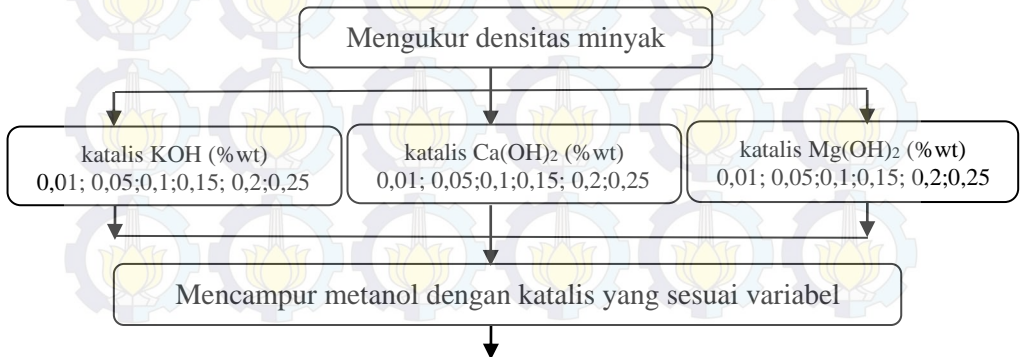
- Katalis : KOH, Ca(OH)₂, Mg(OH)₂
- Konsentrasi Katalis (%) : 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 (% wt)
- Daya (watt) : 100, 264, 400 Watt
- Waktu (menit) : 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5

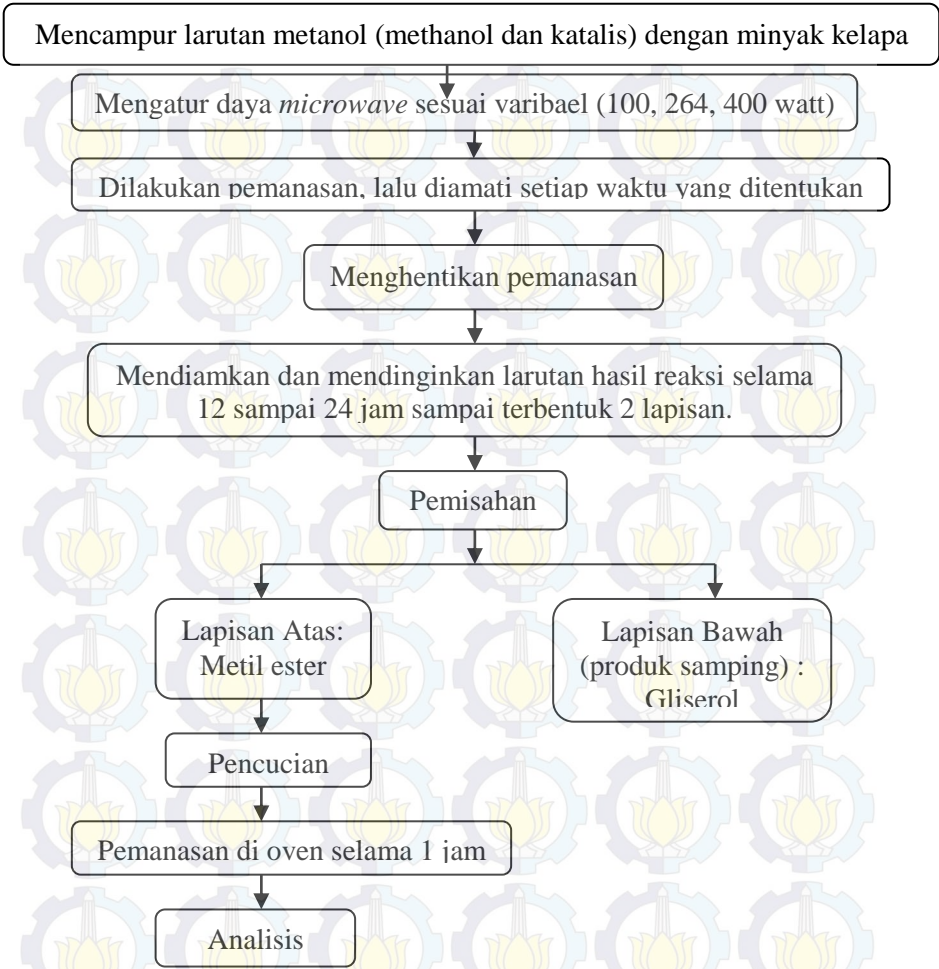
III.5 Kondisi Operasi

Kondisi operasi yang tetap dijaga dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tekanan atmosferik
2. Ratio minyak dan metanol 1 : 9 (mol)

III.6 Flowchart Prosedur Percobaan





Gambar III.2. Flowchart Prosedur Percobaan

III.7 Analisis Data

Biodiesel yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi minyak kelapa menggunakan katalis padat dianalisa dengan beberapa pengukuran untuk mengetahui kadar dan kualitas

1. Yield

$$\text{Yield} = \frac{\text{massa produk biodiesel} \times \text{kadar biodiesel}}{\text{massa minyak kelapa}} \times 100\%$$

2. % FFA

$$\% \text{ FFA biodiesel} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM asam lemak}}{m \text{ sampel} \times 1000} \times 100\%$$

3. Densitas

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Massa pikno dan sample} - \text{massa pikno kosong}}{\text{Volume larutan sampel}}$$

4. Viskositas

$$\text{Viskositas} = \text{waktu pengukuran} \times \text{faktor koreksi}$$

Untuk menganalisis pengaruh variabel terhadap parameter yang diuji maka dilakukan plotting data antara:

1. % Yield biodiesel versus Waktu Pemanasan pada tiap daya, konsentrasi katalis, dan jenis katalis.
2. % Yield biodiesel versus % Konsentrasi katalis pada tiap waktu, daya dan jenis katalis.
3. Viskositas biodiesel versus Waktu Pemanasan pada tiap daya, konsentrasi katalis, dan jenis katalis.
4. Viskositas biodiesel versus % Konsentrasi katalis pada tiap waktu, daya dan jenis katalis.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian pembuatan biodiesel ini, bahan baku yang digunakan adalah minyak kelapa, katalis padat KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ serta methanol. Perbandingan mol minyak kelapa dengan methanol yang digunakan adalah 1:9. Pembuatan biodiesel dilakukan pada variasi daya microwave yang digunakan yaitu 100, 264, dan 400 Watt pada masing-masing katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Jumlah persen katalis masing-masing adalah 0,01%; 0,05%; 0,1%; 0,15%; 0,2%; dan 0,25%. Waktu yang digunakan pada penelitian ini adalah 30, 60, 90, 120, dan 150 detik. Pembuatan biodiesel ini dilakukan dengan semua variabel yang ada untuk mengetahui pengaruh dari keempat macam variabel pada produk biodiesel yang dihasilkan.

Tahapan awal sebelum melakukan percobaan dilakukan beberapa analisis data fisis minyak kelapa, yaitu densitas, viskositas, dan %FFA (*Free Fatty Acid*). Didapatkan data minyak kelapa dengan densitas sebesar 0,913 g/ml, viskositas minyak kelapa yaitu 27,15 cSt dan %FFA minyak kelapa sebesar 0,1712 %.

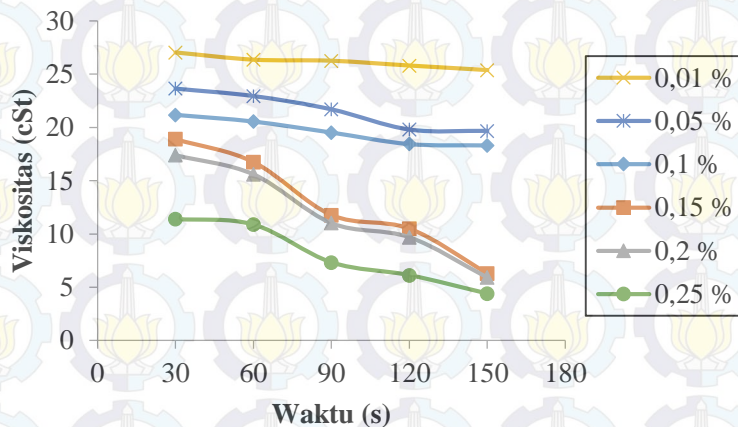
IV.1 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk Biodiesel

Minyak kelapa mempunyai viskositas kinematik yang tinggi, yaitu sebesar 25 - 30 cSt. (APCC Standard for Virgin Coconut Oil, 2008)

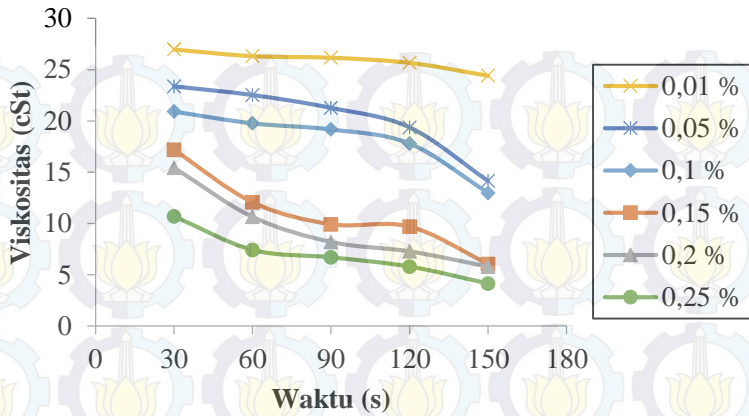
Dengan adanya proses transesterifikasi minyak kelapa menjadi biodiesel, maka akan terjadi penurunan pada viskositas kinematiknya. Dimana sesuai SNI 7182-2012, standar viskositas pada biodiesel adalah 2,3 – 6,0 cSt. Dari uji yang dilakukan pada biodiesel standard (80 % biodiesel dan 20 % solar) didapatkan viskositasnya adalah 3,035 cSt. Dimana nilai viskositas ini akan digunakan sebagai acuan pada analisis penelitian ini. Berdasarkan

penelitian yang telah dilakukan, pengaruh waktu pemanasan terhadap viskositas produk yang dihasilkan dapat terlihat pada grafik-grafik di bawah ini :

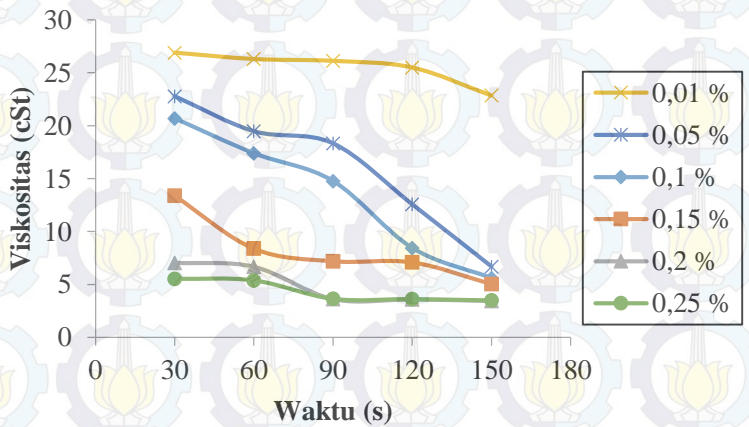
IV.1.1 Konsentrasi KOH



Gambar IV.1 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 100 Watt pada Katalis KOH



Gambar IV.2 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 264 Watt pada Katalis KOH



Gambar IV.3 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Katalis KOH

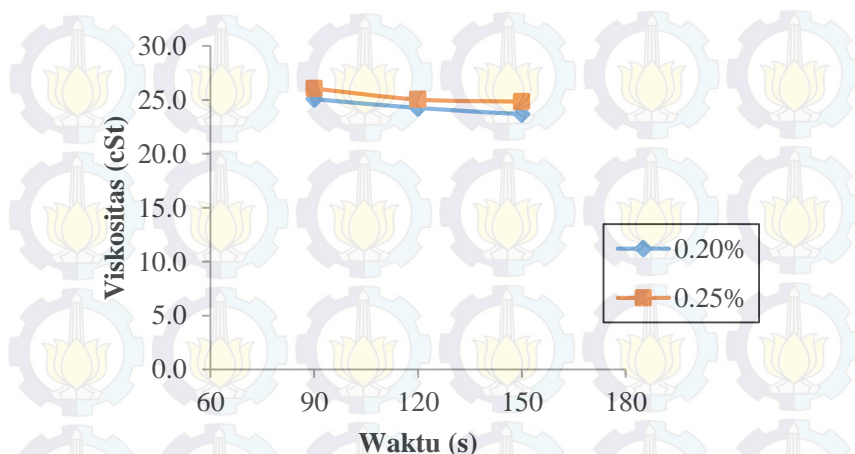
Gambar IV.1, IV.2, dan IV.3 menunjukkan bahwa nilai viskositas biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan katalis

KOH cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan pada proses transesterifikasi, maka nilai viskositas yang didapatkan semakin kecil. Viskositas terkecil yang didapatkan adalah 3,45 cSt (Gambar IV.3) dimana nilai ini sesuai dengan standard viskositas pada SNI 7182-2012. Nilai ini didapatkan pada waktu 150 detik dengan variable konsentrasi 0,2 % dan daya 400 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa pada daya 400 Watt (Gambar IV.3) merupakan daya yang terbaik dari ketiga variabel daya yang diujikan. Hal ini dikarenakan pada 100 dan 264 Watt masih menunjukkan adanya kecenderungan nilai dari viskositas yang terus menurun. Dengan demikian, adanya peningkatan daya akan memberikan efek thermal yang besar yang ditandai dengan adanya kenaikan suhu dan penurunan viskositas produk biodiesel yang dihasilkan. (Quitain et al, 2011).

Pada daya tersebut, nilai viskositas yang sesuai standard SNI adalah pada waktu 90-150 detik. Dimana nilai viskositasnya (konsentrasi 0,2 %) pada waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 3,625; 3,6; 3,45 cSt, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah 3,65; 3,625; 3,5 cSt. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu reaksi yang digunakan berbanding lurus dengan penurunan viskositas produk biodiesel yang dihasilkan. (Evangelista et al, 2012) Untuk nilai viskositas lainnya dapat dilihat pada tabel A.4 – tabel A.6. Dari pembahasan di atas terlihat bahwa waktu dan daya memberikan pengaruh yang besar terhadap viskositas yang dihasilkan.

Pentingnya nilai viskositas biodiesel ini karena dapat mempengaruhi kinerja dari mesin dan karakter emisinya. Semakin tinggi nilai viskositas menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk memompa dan menginjeksi bahan bakar. (Tesfa et al, 2010)

IV.1.2 Konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$

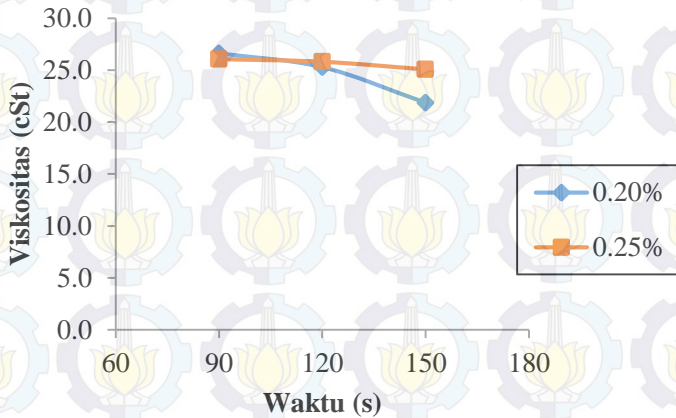


Gambar IV.4 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %

Dari Gambar IV.4 terlihat bahwa nilai viskositas biodiesel yang didapatkan dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ masih belum memenuhi standard dari biodiesel pada SNI, yaitu 2,3 – 6 cSt. Dimana nilai yang didapatkan pada konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 25,075; 24,25; 23,675 cSt, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah sebesar 26,05; 25,025; 24,825 cSt. Penggunaan variabel waktu pemanasan pada katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ini adalah 90-150 detik. Hal ini dikarenakan merujuk pada penelitian menggunakan katalis KOH, nilai viskositas terendah yang didapat berada pada waktu 90-150 detik. Katalis KOH menjadi rujukan disebabkan banyak penelitian terdahulu yang menggunakan KOH dan NaOH sebagai katalis homogen dalam proses pembuatan biodiesel. (Viriya-empikul et al, 2012) Dari pembahasan di atas terlihat bahwa variabel waktu yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang

besar terhadap viskositas yang dihasilkan dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

IV.1.3 Konsentrasi $\text{Mg}(\text{OH})_2$



Gambar IV.5 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %

Pada gambar IV.5 terlihat bahwa nilai viskositas biodiesel yang didapatkan dengan menggunakan katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ masih belum memenuhi standard dari biodiesel pada SNI. Dimana nilai yang didapatkan pada konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 26,625; 25,3; 21,875 cSt, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah sebesar 26,05; 25,8; 25,075 cSt. Sama halnya dengan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$, penggunaan variabel waktu pemanasan pada katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ adalah 90-150 detik. Tingginya nilai viskositas yang didapat dengan menggunakan katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dikarenakan lambatnya proses reaksi yang terjadi sehingga untuk mendapatkan produk biodiesel dengan viskositas 2,3 – 6 cSt, dibutuhkan waktu yang lebih lama. (Gryglewicz, 1999) Dari pembahasan di atas

terlihat bahwa variabel waktu yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap viskositas yang dihasilkan dengan menggunakan katalis $Mg(OH)_2$.

IV.2 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap *Yield* Produk Biodiesel

Yield merupakan perbandingan antara massa biodiesel yang dihasilkan (produk) dengan massa bahan baku (minyak kelapa awal). Data (massa biodiesel) yang didapat dari percobaan bukan merupakan biodiesel murni dikarenakan adanya *impurities* selama proses berlangsung. Namun, kemurnian suatu produk tersebut dapat dicari dengan menggunakan persamaan Arrhenis sebagai berikut

$$\ln(\eta_{\max}) = x_1 \ln(\eta_1) + x_2 \ln(\eta_2)$$

dimana η_{\max} : viskositas kinematik produk biodiesel

η_1 : viskositas kinematik minyak kelapa awal

η_2 : viskositas kinematik biodiesel standard
(80 % biodiesel dan 20 % solar)

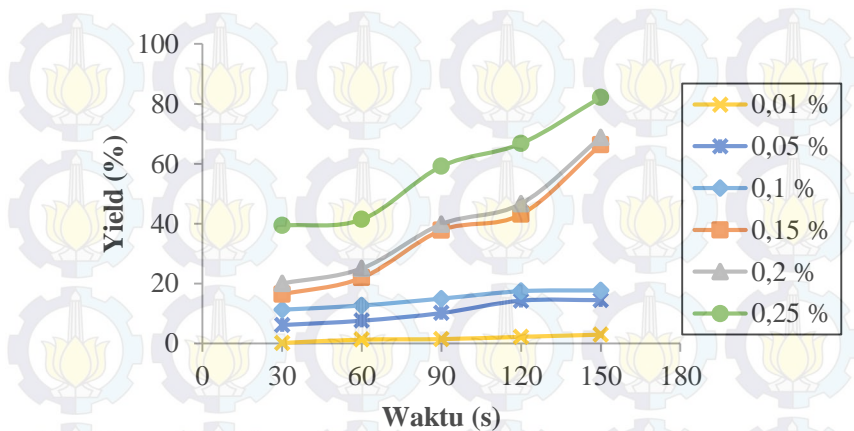
x_1 : kadar minyak kelapa awal (*mass fraction*)

x_2 : kadar biodiesel (*mass fraction*)

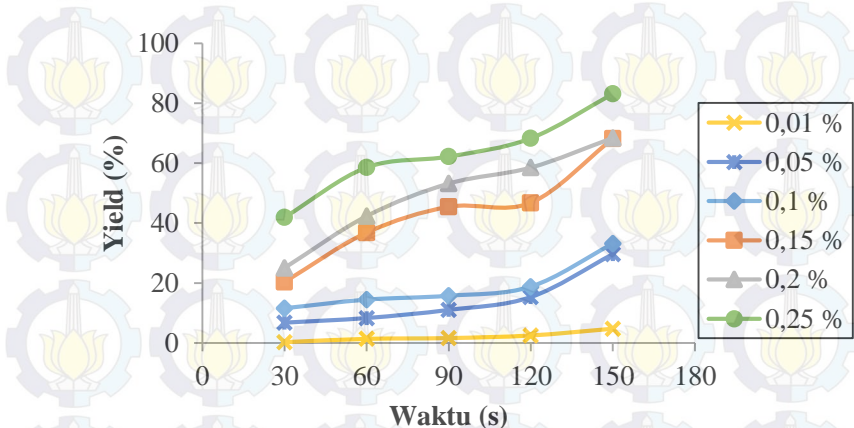
(Tesfa et al, 2010)

Dari hasil perhitungan, diperoleh grafik pengaruh waktu pemanasan terhadap *yield* produk yang dihasilkan sebagai berikut:

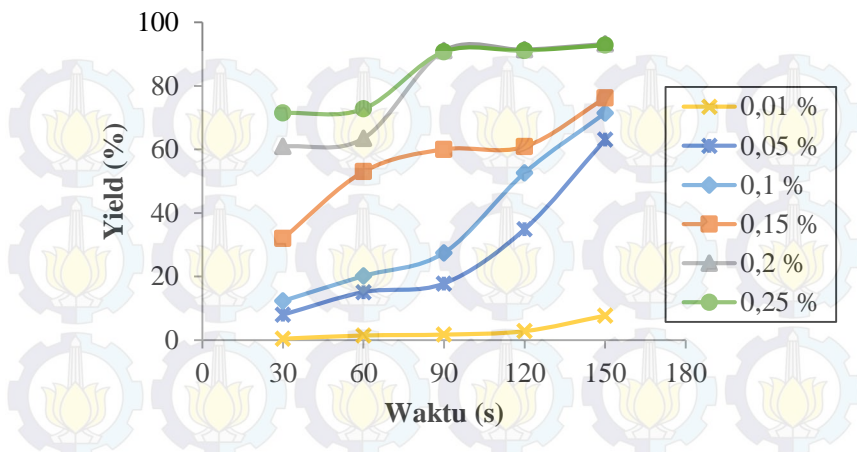
IV.2.1 Konsentrasi KOH



Gambar IV.6 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Yield Produk dengan Daya 100 Watt pada Katalis KOH



Gambar IV.7 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Yield Produk dengan Daya 264 Watt pada Katalis KOH

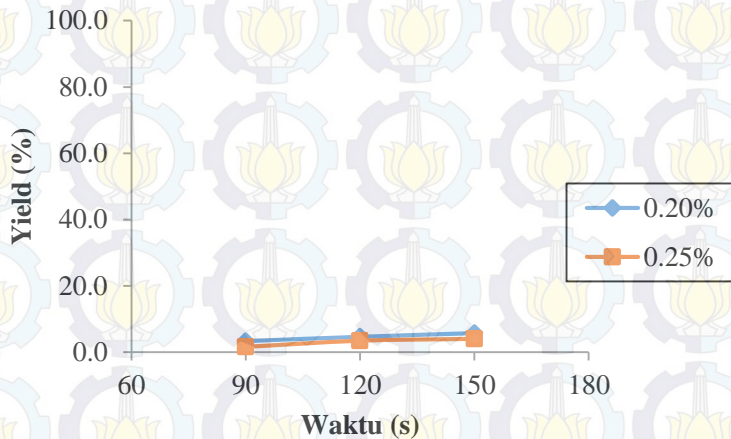


Gambar IV.8 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap *Yield* Produk dengan Daya 400 Watt pada Katalis KOH

Dari gambar IV.6 sampai IV.8 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pemanasan, maka *yield* yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Meningkatnya nilai dari *yield* ini dikarenakan semakin lama waktu dari percobaan, maka semakin banyak trigliserida dalam minyak kelapa yang akan bereaksi dengan methanol dan menghasilkan biodiesel lebih banyak. Pada daya 100 dan 264 Watt terlihat bahwa masih ada kecenderungan dari *yield* itu naik, tetapi pada daya 400 Watt sudah mulai ada nilai yang konstan atau tidak ada perubahan yang signifikan pada *yield*-nya. Dimana *yield* yang konstan tersebut berada pada waktu 90-150 detik dan pada konsentrasi 0,2 dan 0,25 %. Nilai *yield* pada daya 400 Watt dan konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 91,140; 91,458; 93,225 %, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah 90,747; 91,093; 92,805 %. Dari data-data tersebut terlihat bahwa pada waktu 90 detik sudah mendapatkan *yield* di atas 90 % dan *yield* tertinggi pada waktu 150 detik. Untuk nilai *yield* lainnya dapat dilihat pada tabel A.7 – tabel A.9. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama

waktu yang dibutuhkan pada proses transesterifikasi maka akan menghasilkan tingginya *yield* dari biodiesel. (Serio et al, 2008) Dari pembahasan di atas terlihat bahwa waktu pemanasan memberikan pengaruh yang besar terhadap *yield* yang dihasilkan.

IV.2.2 Konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$



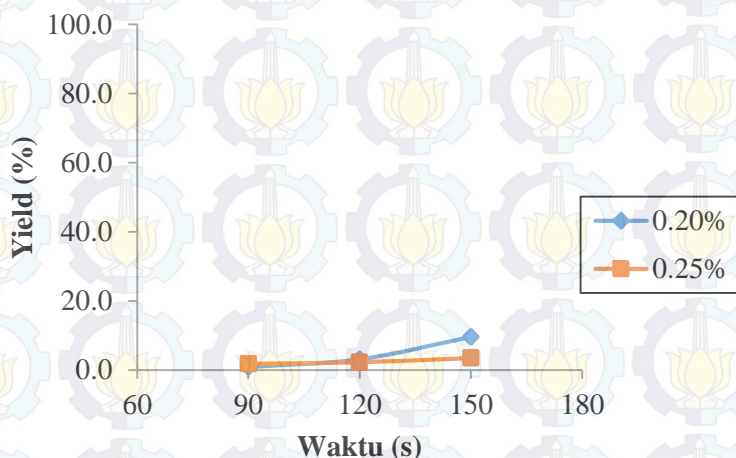
Gambar IV.9 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap *Yield* Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %

Pada katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terlihat bahwa *yield* yang didapatkan masih sangat rendah, meskipun variabel yang digunakan adalah variabel yang menghasilkan *yield* di atas 90% pada katalis KOH. Nilai *yield* pada konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 3,379; 4,692; 5,822 %, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % *yield*-nya sebesar 1,621; 3,488; 4,044 %. Rendahnya nilai *yield* ini dikarenakan lambatnya kecepatan reaksi dari proses transesterifikasi menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sehingga untuk mendapatkan *yield* yang lebih besar dibutuhkan waktu yang lebih lama. (Gryglewicz,

1999) Hal ini membuktikan bahwa variabel waktu yang diberikan dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tidak memberikan pengaruh pada *yield* yang didapatkan.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Serio et al, untuk mencapai *yield* sekitar 81 % dibutuhkan waktu selama 20 menit dan konsentrasinya sebesar 2 %. (Serio et al, 2008)

IV.2.3 Konsentrasi $\text{Mg}(\text{OH})_2$

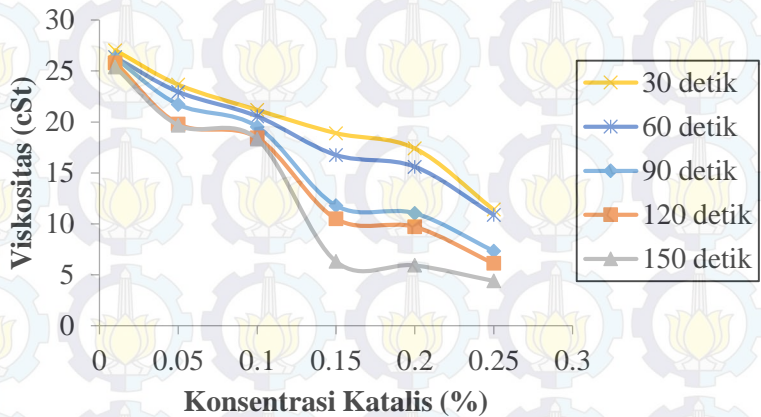


Gambar IV.10 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap *Yield* Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %

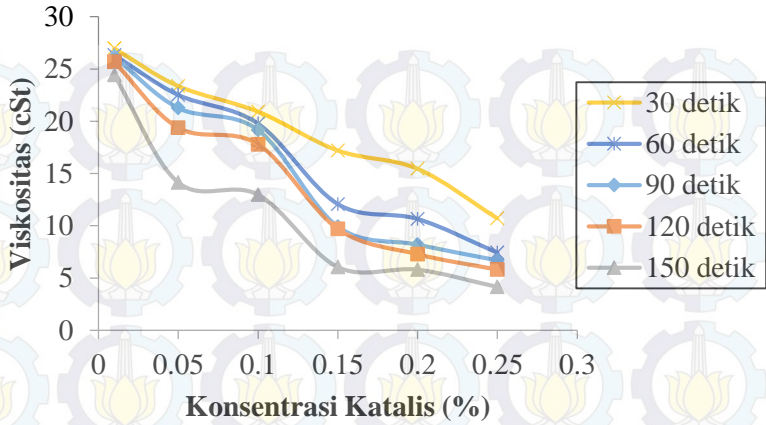
Pada gambar IV.10 juga menunjukkan bahwa katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan variabel konsentrasi, waktu, dan daya yang diberikan masih belum menghasilkan *yield* di atas 90 %. Dimana *yield* yang dihasilkan pada katalis ini adalah 0,828; 3,075; 9,529 % pada konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik. Pada konsentrasi 0,25 % didapatkan *yield* sebanyak 1,779; 2,248; 3,466 % dengan waktu berturut-turut 90, 120, dan 150 detik. Rendahnya nilai *yield* ini dikarenakan lambatnya kecepatan reaksi

dari proses transesterifikasi menggunakan katalis $Mg(OH)_2$ sehingga untuk mendapatkan *yield* yang lebih besar dibutuhkan waktu yang lebih lama. (Gryglewicz, 1999) Hal ini membuktikan bahwa variabel waktu yang diberikan dengan menggunakan katalis $Mg(OH)_2$ tidak memberikan pengaruh pada *yield* yang didapatkan.

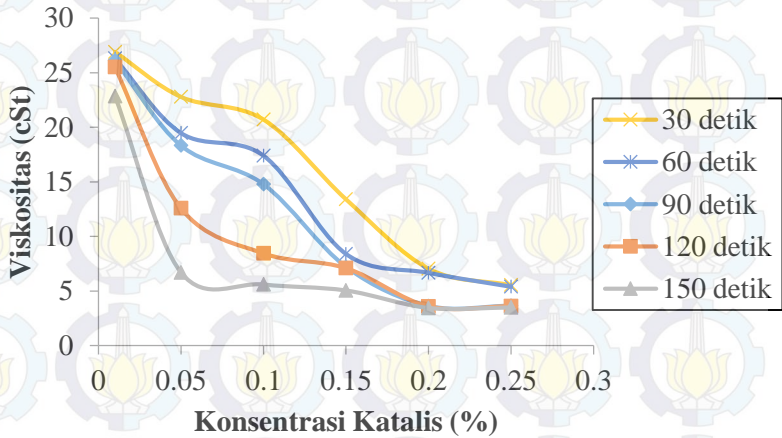
IV.3 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Viskositas Produk Biodiesel



Gambar IV.11 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 100 Watt



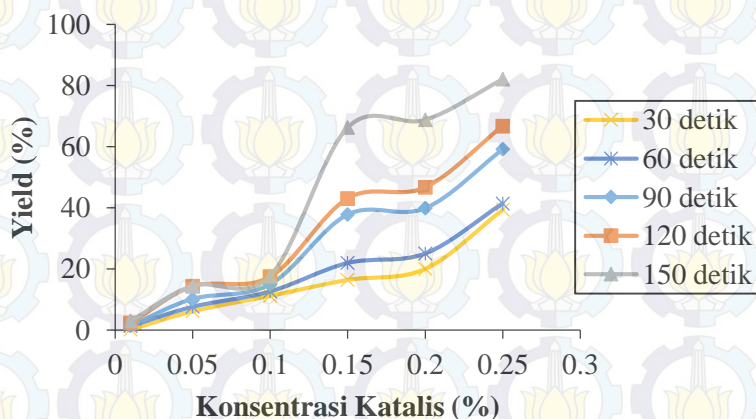
Gambar IV.12 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 264 Watt



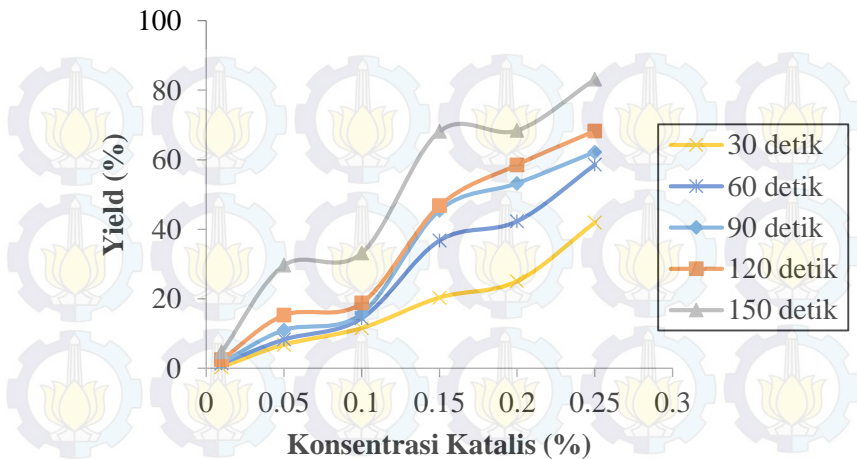
Gambar IV.13 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 400 Watt

Dari gambar IV.11 dan IV.12 menunjukkan bahwa pada konsentrasi katalis KOH 0,01%, 0,05%, 0,1% dan 0,15% dengan waktu 30 – 150 detik belum menghasilkan viskositas yang sesuai standard SNI dari biodiesel yaitu 2,3 – 6 cSt. Sedangkan pada gambar IV.13 dapat dilihat bahwa pada daya 400 watt sudah mendapatkan viskositas biodiesel yang sesuai standard SNI dan viskositas tersebut tidak mengalami perubahan (konstan) di beberapa titik. Dimana nilai tersebut berada pada konsentrasi katalis 0,2% dan 0,25% dengan waktu reaksi 90 – 150 detik. Dimana nilai viskositasnya (konsentrasi 0,2 %) pada waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 3,625; 3,6; 3,45 cSt, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah 3,65; 3,625; 3,5 cSt. Untuk nilai viskositas lainnya dapat dilihat pada tabel A.4 – tabel A.6. Dari pembahasan di atas terlihat bahwa konsentrasi katalis dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap viskositas dari biodiesel.

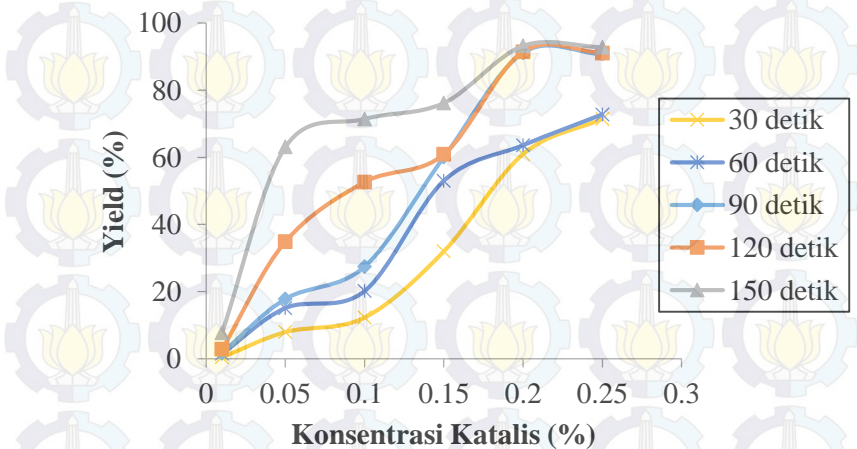
IV.4 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Yield Produk Biodiesel



Gambar IV.14 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Yield Produk pada Daya 100 Watt



Gambar IV.15 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Yield Produk pada Daya 264 Watt



Gambar IV.16 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Yield Produk pada Daya 400 Watt

Dari gambar IV.14 sampai IV.16 dapat dilihat bahwa semakin banyak konsentrasi katalis dari KOH yang digunakan, maka *yield* yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Meningkatnya nilai dari *yield* ini dikarenakan semakin banyak trigliserida dalam minyak kelapa yang akan bereaksi dengan methanol dengan bantuan katalis yang lebih banyak yang akan menghasilkan biodiesel lebih banyak. Pada daya 100 dan 264 Watt terlihat bahwa masih ada kecenderungan dari *yield* itu naik, tetapi pada daya 400 Watt sudah mulai ada nilai yang konstan atau tidak ada perubahan yang signifikan pada *yield*-nya. Dimana *yield* yang konstan tersebut berada pada waktu 90-150 detik dan pada konsentrasi 0,2 dan 0,25 %. Nilai *yield* pada daya 400 Watt dan konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 91,140; 91,458; 93,225 %, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah 90,747; 91,093; 92,805 %. Dari data-data tersebut terlihat bahwa pada waktu 90 detik sudah mendapatkan *yield* di atas 90 % dan *yield* tertinggi pada waktu 150 detik. Untuk nilai *yield* lainnya dapat dilihat pada tabel A.7 – tabel A.9.

Dari pembahasan di atas terlihat bahwa penambahan konsentrasi dari katalis memberikan pengaruh yang besar terhadap *yield* yang dihasilkan. Namun, terlihat bahwa nilai 0,2 % menghasilkan *yield* yang lebih tinggi dibandingkan dengan 0,25 %. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi katalis yang melebihi kadar optimum akan meningkatkan pembentukan sabun sehingga *yield* berkurang. Menurut penelitian Ong, penambahan katalis juga menaikkan *yield* hingga suatu titik optimal. Apabila melebihi titik optimal tersebut, penambahan katalis justru akan mengurangi *yield*. (Ong, 2013)

IV.5 Perbandingan Metode Pemanasan menggunakan Microwave dan secara Konvensional terhadap Yield Biodiesel

Metode pemanasan menggunakan *microwave* sudah banyak diteliti dikarenakan hal tersebut dapat mengurangi

penggunaan katalis yang dibutuhkan dan waktu yang diberikan pada saat proses transesterifikasi pembuatan biodiesel. Dimana hal tersebut dapat memberikan efisiensi yang lebih dan *low cost* dibandingkan dengan menggunakan metode pemanasan secara konvensional. Pada pemanasan secara konvensional dibutuhkan waktu yang lebih lama dan penggunaan katalis yang lebih banyak untuk menghasilkan yang tinggi. Hal ini dapat ditunjukkan dari tabel di bawah ini tentang perbandingan *yield* hasil percobaan dari penelitian ini (penggunaan *microwave*) dan penelitian oleh Azcan (secara konvensional) (Azcan et al, 2007).

Tabel IV.1 Perbandingan *Yield* Biodiesel dengan menggunakan Metode Pemanasan *Microwave* pada Daya 400 Watt dan Konvensional

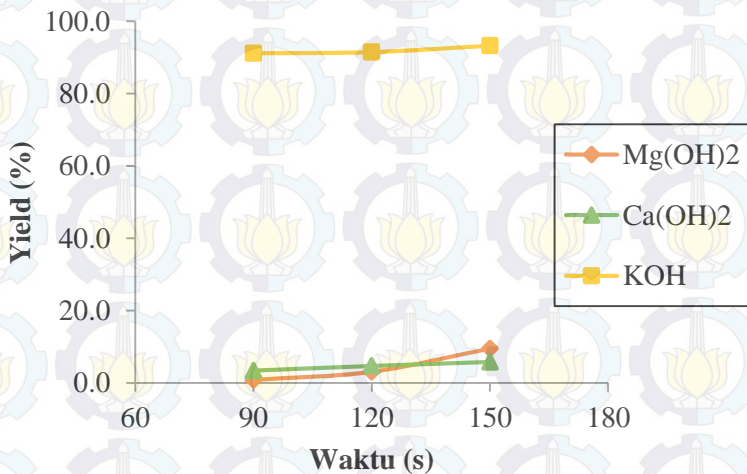
Metode Pemanasan	Waktu Reaksi	Konsentrasi Katalis KOH (%)	<i>Yield</i> Biodiesel (%)
Microwave	90 detik	0,2	91,14
	120 detik		91,458
	150 detik		93,225
Konvensional (Azcan et al, 2007)	30 menit	1,5	91,4
	45 menit		88,6
	60 menit		88,5

Dari tabel di atas terlihat bahwa untuk menghasilkan *yield* di atas 90 %, pada metode konvensional dibutuhkan waktu reaksi selama 30 menit, sedangkan waktu yang dibutuhkan dengan menggunakan *microwave* adalah 90 detik. Hal ini juga berlaku pada konsentrasinya, dimana dengan menggunakan metode konvensional dibutuhkan 1,5 % katalis KOH, sedangkan pada *microwave* hanya dibutuhkan 0,2 % katalis KOH. Perbedaan ini menunjukkan bahwa proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan gelombang mikro dapat memberikan *yield* yang maksimal meskipun dengan waktu

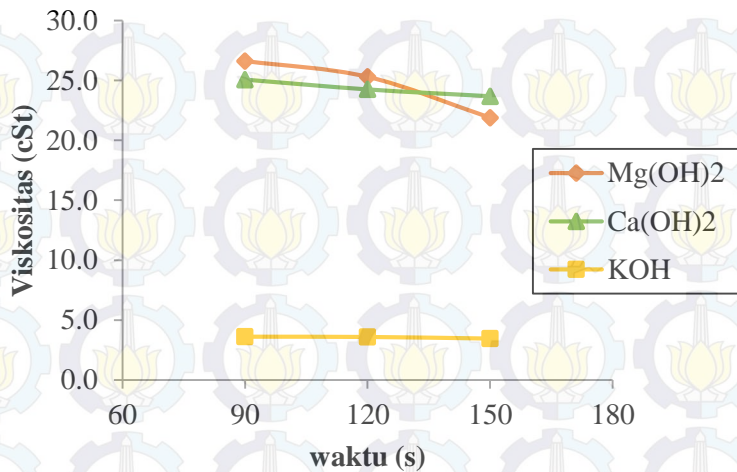
pemanasan yang lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional (Gude et al, 2013). Persamaan ini juga berlaku pada penggunaan konsentrasi katalis, dimana dengan menggunakan katalis yang lebih sedikit sudah menghasilkan *yield* di atas 90 % pada microwave dibandingkan dengan metode konvensional (Azcan et al, 2007).

IV.6 Perbedaan Katalis KOH, Ca(OH)_2 , dan Mg(OH)_2 terhadap Viskositas dan *Yield* Produk Biodiesel

Dalam pembuatan biodiesel, katalis sangat berperan penting dalam memecah ikatan molekul dari minyak menjadi metil atau etil ester pada bahan bakar biodiesel secara kimiawi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui katalis mana yang dapat menghasilkan biodiesel dengan maksimal. Di bawah ini menunjukkan perbedaan viskositas dan *yield* dari biodiesel dari tiap katalis.



Gambar IV.17 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap *Yield* Produk dengan Daya 400 Watt dan Konsentrasi Katalis 0,2 % pada Katalis KOH, Ca(OH)_2 , dan Mg(OH)_2



Gambar IV.18 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt dan Konsentrasi Katalis 0,2 % pada Katalis KOH, Ca(OH)₂, dan Mg(OH)₂

Pada gambar di atas, dapat terlihat bahwa katalis KOH memberikan hasil yang lebih baik dimana viskositasnya berada pada kisaran nilai 2,3 – 6 cSt dan yieldnya di atas 90%. Namun, viskositas dan yield pada katalis Ca(OH)₂ dan Mg(OH)₂ masih belum memenuhi standard SNI dari biodiesel dimana viskositasnya di atas 20 cSt dan belum menghasilkan biodiesel yang banyak dimana yieldnya di bawah 10%. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, dimana *alkaline metal hydroxides* (KOH dan NaOH) adalah salah satu katalis yang memberikan konversi tinggi pada pembuatan biodiesel hanya dengan menaikkan sedikit (1% atau 2% mol) konsentrasi katalisnya. (Schuchardt et al, 1998)

IV.7 Karakteristik Kualitas Produk Biodiesel

Pada tabel IV.2, IV.3, dan IV.4 menunjukkan karakteristik kualitas sampel produk biodiesel dengan menggunakan katalis KOH, katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa hasil produk biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi kualitas SNI 7128:2012.

Tabel IV.2 Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan Katalis KOH

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	0,863	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	3,45	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	110	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	3	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	280	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	0,9172	X-RAY

Tabel IV.3 Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$

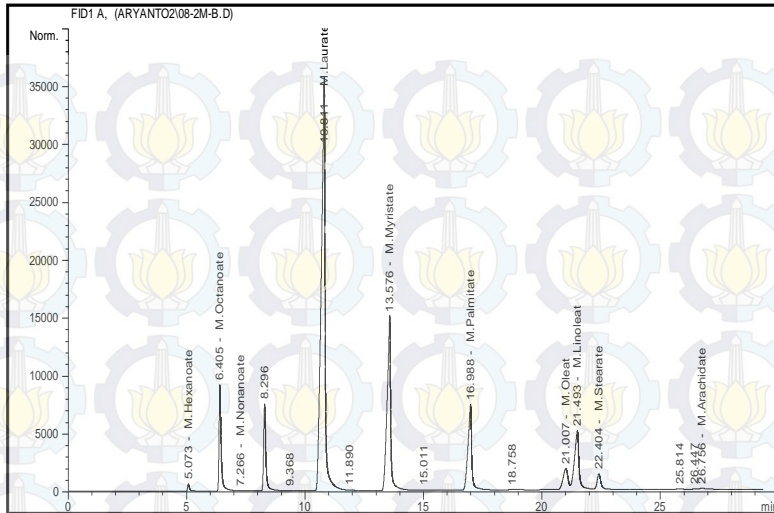
No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	-	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	-	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	>200	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	23	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	-	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	-	X-RAY

Tabel IV.4 Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis $Mg(OH)_2$

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	-	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	-	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	>200	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	23	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	-	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	-	X-RAY

IV.8 Hasil Analisis *Gas Chromatography* (GC) pada Produk Biodiesel dan Minyak Kelapa

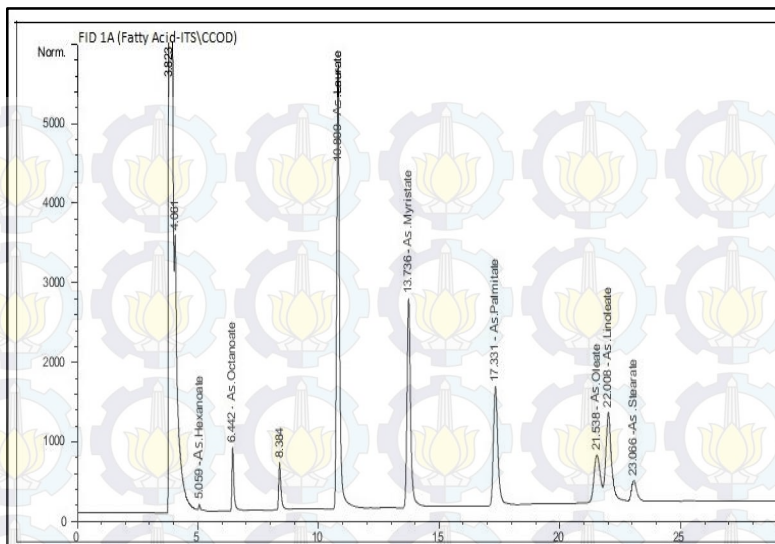
Analisa *Gas Chromatography* (GC) bertujuan untuk mengetahui komponen asam lemak yang terbentuk menjadi *fatty acid methyl ester* (FAME).



Gambar IV.19 Hasil Analisa GC dari Biodiesel pada Konsentrasi Katalis KOH 0,2 % dengan daya 400 watt pada waktu 150 detik

Tabel IV.5 Komposisi dari Analisis GC pada Biodiesel

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
M. Hexanoate	9.926,78029	0,008
M. Octanoate	168.319	0,143
M. Nonanoate	390,41786	0,0003
M. Laurate	622.972	0,531
M. Myristate	225.639	0,192
M. Palmitate	103.452	0,088
M. Heptadecanoate	-	0
M. Oleat	12.557,8	0,011
M. Linoleat	21.649,2	0,018
M. Stearate	4.789,48584	0,004
M. Arachidate	3.373,69923	0,003
TOTAL	1.173.070	1



Gambar IV.20 Hasil Analisa GC pada Minyak Kelapa Barco

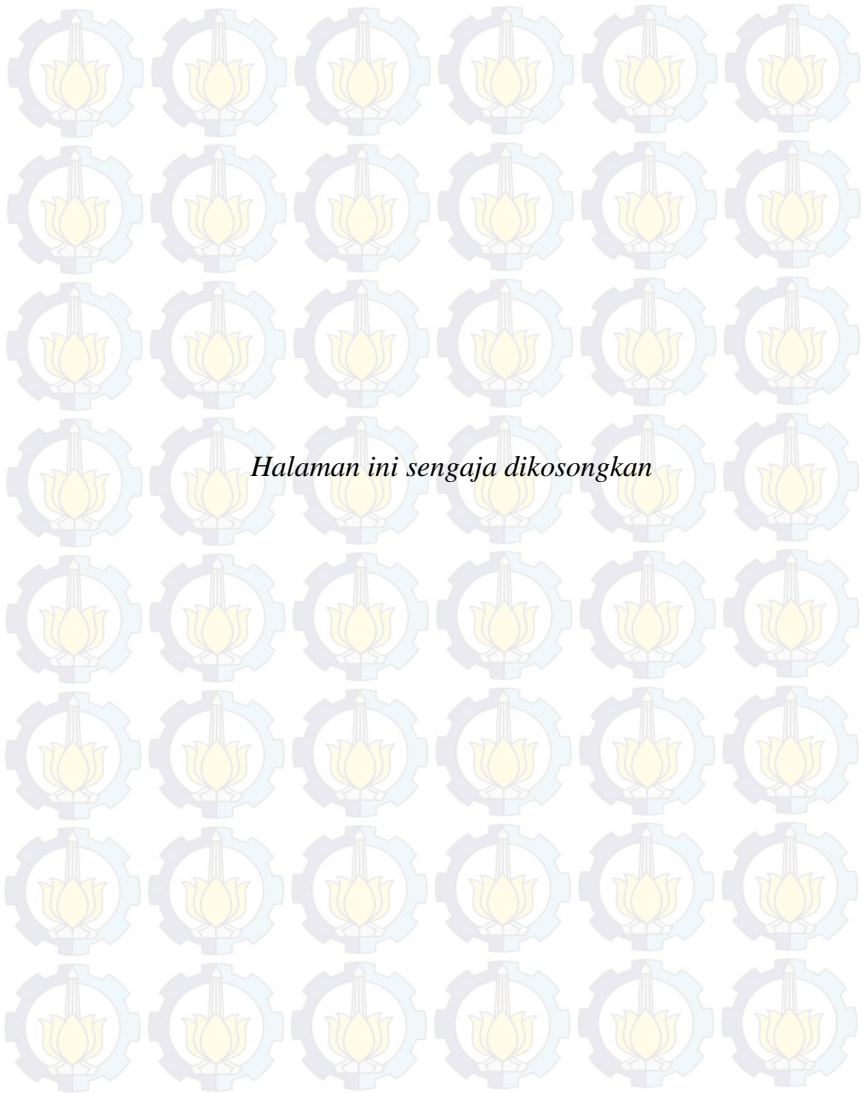
Tabel IV.6 Komposisi dari Analisis GC pada Minyak Kelapa

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
As. Hexanoate	1.157,10499	0,007
As. Octanoate	129.985	0,075
As. Nonanoate	-	0
As. Laurate	70.447,9	0,409
As. Myristate	37.924,6	0,22
As. Palmitate	23.459,5	0,136
As. Heptadecanoate	-	0
As. Oleat	16.347,5	0,095
As. Linoleat	8.753,38182	0,051
As. Stearate	1.096,94699	0,006
As. Arachidate	-	0
TOTAL	172.185	1

Berdasarkan hasil analisa GC di atas, diketahui bahwa komposisi asam lemak minyak kelapa merk Barco yang terbentuk

menjadi metil ester di dominasi oleh Metil Laurat sebesar 53,1 % dan Metil Miristat sebesar 19,2 %. Hasil ini sesuai dengan hasil GC bahan baku dengan komposisi minyak kelapa yang menyebutkan bahwa asam lemak yang dominan dalam minyak kelapa adalah Asam Laurat adalah 40,9 % dan Asam Miristat 22 %. Dimana Asam Laurat memiliki kandungan unsur C 12 dan menurut standarnya, biodiesel memiliki kandungan unsur C 12 – C 20.

Dari data diatas menunjukkan bahwa asam lemak bebas yang berada pada minyak kelapa mengikat gugus alkil pada methanol dan menghasilkan metil ester tiap komponen asam lemak bebasnya. Metil ester ini biasa disebut dengan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) atau biodiesel.



DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, A.K. dan L.M. Das. 2001. "*Biodiesel Development and Characterization for Use as a Fuel in Compression Ignition Engines*". Madison: University of Wisconsin

Atabani, A.E., Silitonga A.S., Irfan Anjum Badruddin, Mahlia T.M.I., Masjuki H.H., dan Mekhilef S. 2012. "*A Comprehensive Review on Biodiesel as An Alternative Energy Resource and Its Characteristic*". Malaysia: University of Malaysia

Azcan, Nezihe dan Aysegul Danisman. 2007. "*Alkali Catalyzed Transesterification of Cottonseed Oil by Microwave Irradiation*". Turkey: Anadolu University

Department, Physics. 1983. "*Thermal Efficiency of Coconut Oil as A Compression Ignition Fuel*". Townsville Australia: James Cook University of North Queensland

Evangelista, Joao P.C., Thiago Chellapa, Ana C.F. Coriolano, Valter J. Fernandes Jr., Luiz D. Souza, dan Antonio S. Araujo. 2012. "*Synthesis of Alumina Impregnated with Potassium Iodide Catalyst for Biodiesel Production from Rice Bran Oil*". Brazil: Federal University of Rio Grande do Norte

Freedman, B., Butterfield R.O., dan Pryde E.H. 1986. "*Transesterification Kinetics of Soybean Oil*". Amerika: J. Am. Oil Chem. Society

Gryglewicz, S. 1999. "*Rapeseed Oil Methyl Esters Preparation using Heterogeneous Catalysts*". Poland: Institute of Chemistry and Technology of Petroleum and Coal

Gude, Veera Gnaneswar, Prafulla Patil, Edith Martinez-Guerra, Shuguang Deng, dan Nagamany Nirmalakhandan. 2013.

“Microwave Energy Potential for Biodiesel Production”.
Amerika: Sustainable Chemical Processes

Hikmah, Maharani Nurul dan Zuliyana. 2010. *“Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi”*. Semarang: Universitas Diponegoro

Hui, Y.H. 1996. *“Bailey’s Industrial Oil and Fat Products: Industrial and Consumer Non Edible Products from Oils and Fats”*. New York: John Wiley & Sons

Joelianingsih, Armansyah H. Tambunan, Hiroshi Nabetani, Yasuyuki Sagara, dan Kamaruddin Abdullah. 2006. *“Perkembangan Proses Pembuatan Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Nabati (BBN)”*. Bogor: Institut Pertanian Bogor

Kementrian ESDM. 2010. *“Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia”*. Jakarta: Kementrian ESDM

Ketaren, S. 1986 *“Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan”*. Jakarta: UI-Press

Khan, Adam Karl. 2002. *“Research into Biodiesel Kinetics & Catalyst Development”*. Brisbane: University of Queensland

Kouzu, Masato. Takekazu Kasuno, Masahiko Tajika, Yoshikazu Sugimoto, Shinya Yamanaka, dan Jusuke Hidaka. 2008. *“Calcium Oxide as a Solid Base Catalyst for Transesterification of Soybean Oil and Its Application to Biodiesel Production”*. Kyoto: Doshisha University

Lertsathapornsuk, V., R. Pairintra, K. Krisnangkura, dan S. Chindaruksa. 2005. *“Direct Conversion of Used Vegetable Oil to Biodiesel and Its Use as an Alternative Fuel for Compression Ignition Engine”*. Bangkok: King Mongkut’s University of Technology Thonburi

- Mahajan, Amita, A.S. Ahluwalia, dan Pururava Mahajan. 2011. *“Properties of Biodiesel Produced from Various Oilseeds”*. India: Rayat and Bahra Institute of Engg. And Biotechnology
- Ong, H.C., A.S. Silitonga, H.H. Masjuki, T.M.I. Mahlia, W.T. Chong dan M.H. Boosroh. 2013 *“Production and Comparative Fuel Properties of Biodiesel From Non-Edible Oils : Jatropha curcas, Sterculia foetida and Ceiba pentandra”*. Kuala Lumpur: University of Malaya
- Perry, Robert H. 2008. *“Perry’s Chemical Engineers’ Handbook”*. New York: Mc Graw-Hill
- Quitain, T.A., Hrioyuki D., Katoh, S., dan Moriyoshi, T. 2011. *“Microwave-Assisted Hydrothermal Degradation of Silk Protein to Amino Acids”*. Japan: Kumamoto University
- Serio, Martino Di, Riccardo Tesser, Lu Pengmei, dan Elio Santacesaria. 2008. *“Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production”*. Napoli: Universita di Napoli
- Schuchardt, Ulf, Ricardo Sercheli, dan Rogerio Matheus Vargas. 1998. *“Transesterification of Vegetable Oils: a Review”*. Brazil: Universidade federal da Bahia
- Silva, Nivea De Lima Da, Cesar Batistella, Rubens Maciel Filho, dan Maria Regina Wolf Maciel. 2011. *“Determination of Castor Oil Molecular Weight by Vapour Pressure Osmometry Technique”*. Brazil: University of Campinas
- Sivasamy, Arumugam, Kien Yoo Cheah, Paolo Fornasiero, Francis Kemausuor, Sergey Zinoviev, dan Stanislav Miertus. 2009. *“Catalytic Applications in the Production of Biodiesel from Vegetable Oils”*. Weinheim: Willey-VCH Verlag GmbH & Co
- SNI. 1995. *“SNI 01-3741-1995 Syarat Mutu Minyak Goreng”*. Jakarta: Departemen Perindustrian

SNI. 2012. “SNI 7182:2012 Biodiesel”. Jakarta: BSN

Tesfa, B., Mishra R., Gu F., dan Powles N. 2010. “*Prediction Models for Density and Viscosity of Biodiesel and Their Effects on Fuel Supply System in CI Engines*”. Queensgate: University of Huddersfield

Viriya-empikul, N, Krasae P., Nualpaeng W., Yoosuk B., dan Faungnawakij K. 2012. “*Biodiesel Production over Ca-based Solid Catalysts Derived from Industrial Wastes*”. Thailand: National Nanotechnology Center (NANOTEC)

Widodo, T.W. dan Elita R. 2011. “*Current Status of Bioenergy Development in Indonesia*”. Serpong: Indonesian Center for Agricultural Engineering Research and Development (ICAERD)

www.apccsec.org . “*APCC Standard for Virgin Coconut Oil*”. diakses pada tanggal 3 Juni 2015, pukul 14:16

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Produk Biodiesel dapat dihasilkan menggunakan metode radiasi *microwave* dengan katalis KOH dimana konsentrasi katalisnya 0,2 % serta kondisi operasinya pada waktu reaksi 90 detik dan daya 400 Watt.
2. Konsentrasi katalis memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* dari biodiesel yang dihasilkan sampai pada konsentrasi 0,2 % pada KOH. Pada konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ tidak memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* dari biodiesel yang dihasilkan.
3. Daya memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* dari biodiesel yang dihasilkan sampai pada daya 400 Watt.
4. Waktu pemanasan memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* dari biodiesel yang dihasilkan sampai pada waktu 90 detik.

V.2 Saran

1. Penelitian lebih lanjut tentang pembuatan biodiesel dari minyak kelapa menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan konsentrasi lebih besar dan waktu yang lebih lama.
2. Melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dengan menggunakan bahan baku minyak yang berbeda, dengan konsentrasi yang sama.



Halaman ini sengaja dikosongkan

APPENDIKS A CARA PERHITUNGAN

A.1 Perhitungan BM minyak kelapa :

Tabel A.1 Perhitungan BM Minyak Kelapa

Asam Lemak Jenuh	BM (mg/mmol)	Massa (mg)	Mol (mmol)
Asam Hexanoate	144	1157,10499	8,035
Asam Octanoate	172	12998,5	75,573
Asam Laurate	200	70447,9	352,240
Asam Myristate	228	37924,6	166,336
Asam Palmitate	256	23459,5	91,639
Asam Stearate	284	1096,94699	3,862
Total		147084,55198	697,685

Asam Lemak Tidak Jenuh	BM (mg/mmol)	Massa (mg)	Mol (mmol)
Asam Oleat	282	16347,5	57,970
Asam Linoleat	280	8753,38182	31,262
Total		25100,88182	89,232

- Total massa asam lemak = massa Asam Lemak Jenuh
+ massa Asam Lemak Tidak Jenuh
= 147084,55198mg+25100,88182mg
Total massa asam lemak = 172185,43380 mg

- Total mol Asam lemak = mol Asam Lemak Jenuh
+ mol Asam Lemak Tidak Jenuh
= 697,685 mmol + 89,232 mmol
= 786,917 mmol

- BM campuran asam lemak = $\frac{\text{Total massa asam lemak}}{\text{Total mol Asam Lemak}}$
 = $\frac{172185,43380 \text{ mg}}{786,917 \text{ mmol}}$
 = 218, 810 mg/mmol
 = 218, 810 g/mol

- Sehingga, BM Minyak Kelapa = $(\text{BM}_{\text{campuran asam lemak}} * 3) + \text{BM}_{\text{gliserol}} - (\text{BM}_{\text{air}} * 3)$
 = $(218,810 \text{ g/mol} * 3) + 92 \text{ g/mol} - 54 \text{ g/mol}$
 = 694,431 g/mol
 (Silva et al, 2011)

A.2 Perhitungan kebutuhan katalis :

ρ minyak kepala = 0,913 g/mL
 V minyak kelapa = 50 mL
 Kebutuhan KOH = $\frac{\text{volume MK} \times \rho \text{ MK} \times \% \text{ katalis}}{100}$

Contoh perhitungan :

0,01 % KOH = $\frac{50 \text{ mL} \times 0,913 \text{ g/mL} \times 0,01}{100}$
 = 0,004565 gram

A.3 Perhitungan kebutuhan metanol :

BM minyak kelapa = 694,431 g/mol
 BM metanol = 32 g/mol
 ρ metanol = 0,784 g/mL
 Kebutuhan metanol = $\frac{\text{volume MK} \times \rho \text{ MK} \times \text{ratio metanol} \times \text{BM metanol}}{\text{BM MK} \times \rho \text{ metanol}}$

Rasio 1:9 = $\frac{50 \text{ mL} \times 0,913 \text{ g/mL} \times 9 \times 32 \text{ g/mol}}{694,431 \text{ g/mol} \times 0,784 \text{ g/mL}}$
 = 24,148 mL \approx 25 mL

A.4 Perhitungan viskositas :

Viskositas = $t \times k$

dimana : t = waktu yang dibutuhkan sample dari titik a sampai b (detik)

k = faktor pengali dari viskometer yang digunakan (2,5)

Contoh perhitungan :

-Viskositas pada variabel daya 400 Watt, konsentrasi katalis KOH 0,2% pada waktu 150 detik

-Waktu (t) = 1,38 sekon

-Viskositas = 1,38 sekon \times 2,5 = 3,45 cSt

-Hasil perhitungan untuk variabel lain ditampilkan dalam tabel A.4, tabel A.5 dan tabel A.6 (katalis KOH), Sedangkan pada tabel A.10 (katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan tabel A.12 (katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$)

A.5 Perhitungan densitas :

$$\text{Densitas } (\rho) = \frac{m_2 - m_1}{v \text{ larutan sampel}}$$

dimana : m_1 = massa kosong pikno (gram)

m_2 = massa pikno + sampel (gram)

v larutan sampel = 4,9975 ml

Contoh perhitungan pada konsentrasi variabel daya 400 Watt, konsentrasi katalis KOH 0,2% pada waktu 150 detik,

Massa piknometer kosong = 8,7146 gram

Massa piknometer + Biodiesel = 13,0275 gram

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{13,0275 - 8,7146}{4,9975} = 0,8630 \text{ gram/mL}$$

Hasil perhitungan untuk variabel lain ditampilkan dalam tabel A.4, tabel A.5 dan tabel A.6 (katalis KOH), Sedangkan pada tabel A.10 (katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan tabel A.12 (katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$)

A.6 Perhitungan %FFA minyak kelapa

$$\bullet \text{ \% FFA} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM asam lemak}}{m \text{ sampel} \times 1000} \times 100\%$$

Dimana :

V NaOH = Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi(mL)

N NaOH = Normalitas NaOH

BM asam lemak = Berat Molekul asam lemak
m sampel = massa sampel (g)

Contoh perhitungan % FFA pada minyak kelapa:

Normalitas NaOH = 0,1 N

BM rata-rata Asam Lemak = 214 gram/mol

Volume NaOH untuk titrasi = 0,4 mL

Massa sampel = 5 gram

$$\% \text{ FFA} = \frac{0,4 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N} \times 214 \text{ gram/mol}}{5 \text{ gram} \times 1000} \times 100\% = 0,1712 \%$$

A.7 Perhitungan yield biodiesel :

Perhitungan yield menggunakan pendekatan penurunan viskositas dari minyak kelapa menjadi biodiesel, Kadar produk biodiesel didapat dari :

$$\ln \eta_{\text{Biodiesel}} = \eta_1 \ln \eta_1 + x_2 \ln \eta_2$$

dimana,

$$x_1 + x_2 = 1, \text{ sehingga}$$

$$\ln \eta_{\text{biodiesel}} = (1 - x_2) \ln \eta_1 + x_2 \ln \eta_2$$

$$\ln \eta_{\text{biodiesel}} = \ln \eta_1 - x_2 \ln \eta_1 + x_2 \ln \eta_2$$

$$\ln \eta_{\text{biodiesel}} = \ln \eta_1 - x_2 (\ln \eta_1 - \ln \eta_2)$$

$$x_2 (\ln \eta_1 - \ln \eta_2) = \ln \eta_1 - \ln \eta_{\text{biodiesel}}$$

$$x_2 = \frac{\ln \eta_1 - \ln \eta_{\text{biodiesel}}}{\ln \eta_1 - \ln \eta_2}$$

(Tesfa et al, 2010)

dimana :

η_1 = Viskositas minyak kelapa awal sebelum proses trans-esterifikasi

$\eta_{\text{biodiesel}}$ = Viskositas produk biodiesel

η_2 = Viskositas standard (80% biodiesel dan 20% solar)

x_2 = kadar biodiesel dalam produk (hasil trans-esterifikasi)

Persamaan yang digunakan adalah :

$$Yield = \frac{\text{massa produk biodiesel}}{\text{massa minyak kelapa}} \times 100\%$$

$$Yield = \frac{\text{massa sampel produk} \times \text{kadar biodiesel pada sampel}}{\text{massa minyak kelapa}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan variabel daya 400 Watt dengan konsentrasi katalis 0,2 % KOH pada waktu 150 detik,

$$\eta_1 = 27,15 \text{ cSt}$$

$$\eta_2 = 3,035 \text{ cSt}$$

$$\eta_{\text{biodiesel}} = 3,45 \text{ cSt}$$

Sehingga;

$$x_2 = \frac{\ln \eta_1 - \ln \eta_{\text{biodiesel}}}{\ln \eta_1 - \ln \eta_2} \times 100\%$$

$$x_2 = \frac{\ln 27,15 - \ln 3,45}{\ln 27,15 - \ln 3,035} \times 100\%$$

$$x_2 = 94,151\%$$

Menghitung yield biodiesel

$$\text{Kadar biodiesel} = 94,151\%$$

$$\text{Massa biodiesel} = 45,201 \text{ gram}$$

$$\text{Massa minyak kelapa} = 45,650 \text{ gram}$$

$$Yield = \frac{\text{massa sampel produk} \times \text{kadar biodiesel pada sampel}}{\text{massa minyak kelapa}} \times 100\%$$

$$Yield = \frac{45,201 \times 0,94151}{45,650} \times 100\%$$

$$Yield = 93,225\%$$

Hasil perhitungan variabel lain ditampilkan dalam tabel A.7, tabel A.8 dan tabel A.9 (katalis KOH), Sedangkan pada tabel A.11 (katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan tabel A.13 (katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$)

A.8 Perhitungan komposisi dari Analisa GC pada Minyak Kelapa

Tabel A.2 Komposisi dari Analisis GC pada Minyak Kelapa

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
Asam Hexanoate	1.157,10499	0,007
Asam Octanoate	129,985	0,075
Asam Nonanoate	-	0
Asam Laurate	70.447,9	0,409
Asam Myristate	37.924,6	0,22
Asam Palmitate	23.459,5	0,136
Asam Heptadecanoate	-	0
Asam Oleat	16.347,5	0,095
Asam Linoleat	8.753,38182	0,051
Asam Stearate	1.096,94699	0,006
Asam Arachidate	-	0
TOTAL	172.185	1

Contoh perhitungan komposisi pada Minyak kelapa

Asumsi : 1L larutan

Asam Hexanoate :

Massa = 1.157,10499 mg , Massa Total = 172.185 mg

Maka, komposisi = $\frac{\text{massa Asam Hexanoate}}{\text{massa total Asam Lemak}}$

$$= \frac{1.157,10499 \text{ mg}}{172.185 \text{ mg}} = 0,007$$

A.9 Perhitungan komposisi dari Analisa GC pada Biodiesel :

Tabel A.3 Komposisi dari Analisis GC pada Biodiesel

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
M, Hexanoate	9.926,78029	0,008
M, Octanoate	168,319	0,143
M, Nonanoate	390,41786	0,0003
M, Laurate	622,972	0,531
M, Myristate	225,639	0,192
M, Palmitate	103,452	0,088
M, Heptadecanoate	-	0
M, Oleat	12.557,8	0,011
M, Linoleat	21.649,2	0,018
M, Stearate	4.789,48584	0,004
M, Arachidate	3.373,69923	0,003
TOTAL	1.173,070	1

Contoh perhitungan komposisi pada Minyak kelapa

Asumsi : 1L larutan

Asam Hexanoate :

Massa = 9.926,78029 mg , Massa Total = 1.173,070 mg

Maka, komposisi = $\frac{\text{massa Asam Hexanoate}}{\text{massa total Asam Lemak}}$

$$= \frac{9.926,78029 \text{ mg}}{1.173,070 \text{ mg}} = 0,008$$

Tabel A.4 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 100Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
100	0,01	30	44,232	10,81	27,025	0,912
		60	44,237	10,54	26,350	0,911
		90	44,239	10,50	26,250	0,911
		120	44,242	10,32	25,800	0,910
		150	44,247	10,15	25,375	0,909
	0,05	30	44,771	9,46	23,650	0,909
		60	45,347	9,18	22,950	0,907
		90	45,474	8,68	21,700	0,905
		120	45,437	7,92	19,800	0,905
		150	45,063	7,87	19,675	0,905
	0,10	30	45,307	8,47	21,175	0,906
		60	45,445	8,22	20,550	0,905
		90	45,442	7,81	19,525	0,904
		120	45,209	7,38	18,450	0,904
		150	45,128	7,33	18,325	0,900

	0,15	30	45,422	7,56	18,900	0,905
		60	45,483	6,70	16,750	0,902
		90	45,294	4,71	11,775	0,901
		120	45,374	4,20	10,500	0,899
		150	45,389	2,52	6,300	0,887
	0,20	30	45,073	6,96	17,400	0,903
		60	45,233	6,24	15,600	0,900
		90	44,246	4,41	11,025	0,898
		120	45,379	3,88	9,700	0,895
		150	45,218	2,37	5,925	0,880
	0,25	30	45,394	4,56	11,400	0,903
		60	45,285	4,35	10,875	0,895
		90	45,162	2,93	7,325	0,893
		120	44,831	2,45	6,125	0,885
		150	45,121	1,76	4,400	0,872

Tabel A.5 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 264Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
264	0,01	30	44,496	10,79	26,975	0,911
		60	44,496	10,53	26,325	0,911
		90	44,497	10,47	26,175	0,910
		120	44,498	10,27	25,675	0,909
		150	44,500	9,77	24,425	0,908
	0,05	30	45,042	9,35	23,375	0,908
		60	44,382	9,01	22,525	0,906
		90	45,091	8,51	21,275	0,904
		120	45,336	7,75	19,375	0,904
		150	45,465	5,66	14,150	0,899
	0,10	30	44,282	8,37	20,925	0,906
		60	45,481	7,91	19,775	0,904
		90	45,182	7,67	19,175	0,904
		120	44,476	7,12	17,800	0,903
		150	44,911	5,19	12,975	0,894

	0,15	30	44,482	6,88	17,200	0,903
		60	45,386	4,83	12,075	0,896
		90	45,125	3,97	9,925	0,894
		120	45,432	3,88	9,700	0,887
		150	45,407	2,42	6,050	0,884
	0,20	30	44,400	6,18	15,450	0,902
		60	45,232	4,26	10,650	0,894
		90	44,432	3,28	8,200	0,892
		120	44,457	2,91	7,275	0,885
		150	44,342	2,32	5,800	0,880
	0,25	30	45,027	4,28	10,700	0,896
		60	45,177	2,97	7,425	0,894
		90	44,446	2,68	6,700	0,890
		120	44,254	2,32	5,800	0,881
		150	44,272	1,66	4,150	0,870

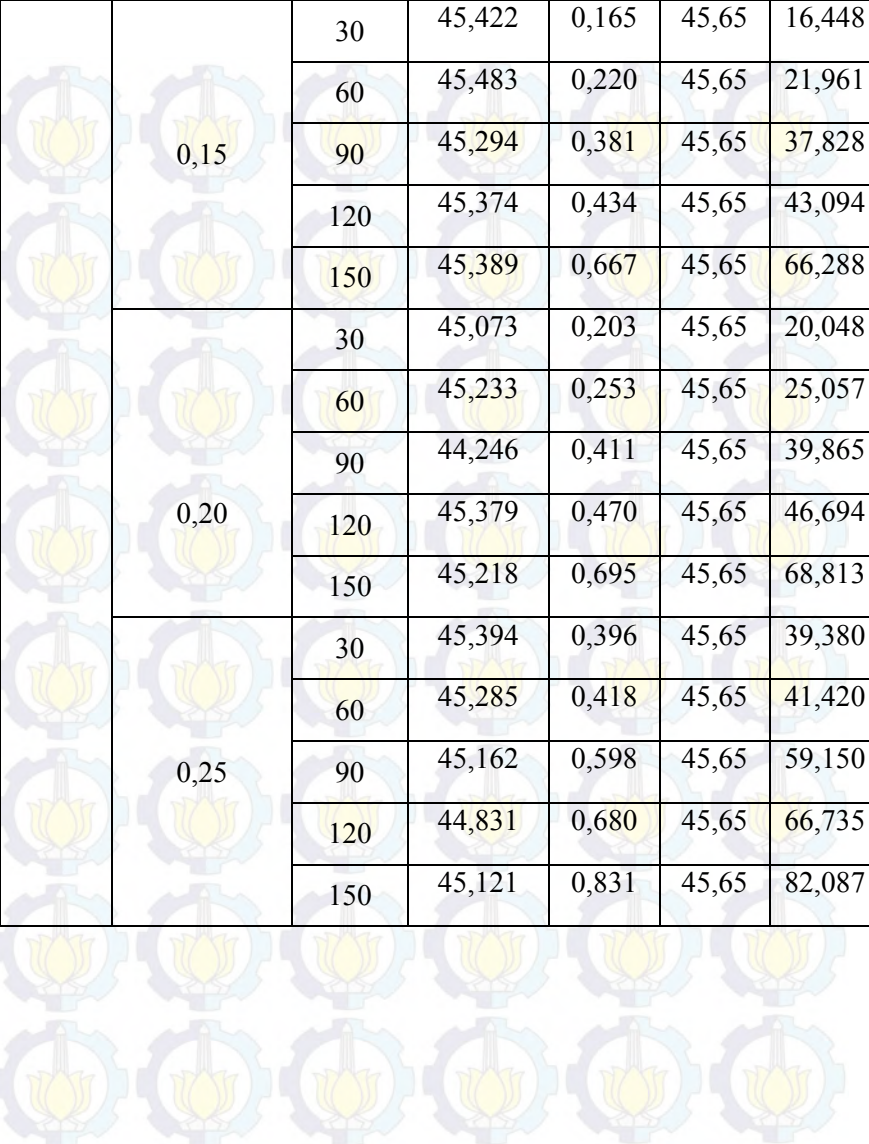
Tabel A.6 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 400Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
400	0,01	30	45,352	10,76	26,900	0,911
		60	45,353	10,52	26,300	0,910
		90	44,753	10,45	26,125	0,910
		120	44,754	10,20	25,500	0,909
		150	44,754	9,14	22,850	0,908
	0,05	30	45,243	9,11	22,775	0,908
		60	45,377	7,79	19,475	0,905
		90	45,261	7,33	18,325	0,903
		120	45,324	5,03	12,575	0,902
		150	45,099	2,68	6,700	0,890
	0,10	30	45,282	8,28	20,700	0,905
		60	45,282	6,96	17,400	0,902
		90	45,102	5,91	14,775	0,901
		120	45,088	3,38	8,450	0,884
		150	45,263	2,24	5,600	0,880

	0,15	30	45,315	5,36	13,400	0,897
		60	45,182	3,36	8,400	0,897
		90	45,245	2,88	7,200	0,884
		120	45,398	2,84	7,100	0,882
		150	45,304	2,02	5,050	0,876
	0,20	30	45,218	2,82	7,050	0,889
		60	45,311	2,67	6,675	0,882
		90	45,276	1,45	3,625	0,866
		120	45,278	1,44	3,600	0,866
		150	45,201	1,38	3,450	0,863
	0,25	30	45,019	2,22	5,550	0,879
		60	45,056	2,16	5,400	0,878
		90	45,235	1,46	3,650	0,866
		120	45,253	1,45	3,625	0,865
		150	45,314	1,40	3,500	0,863

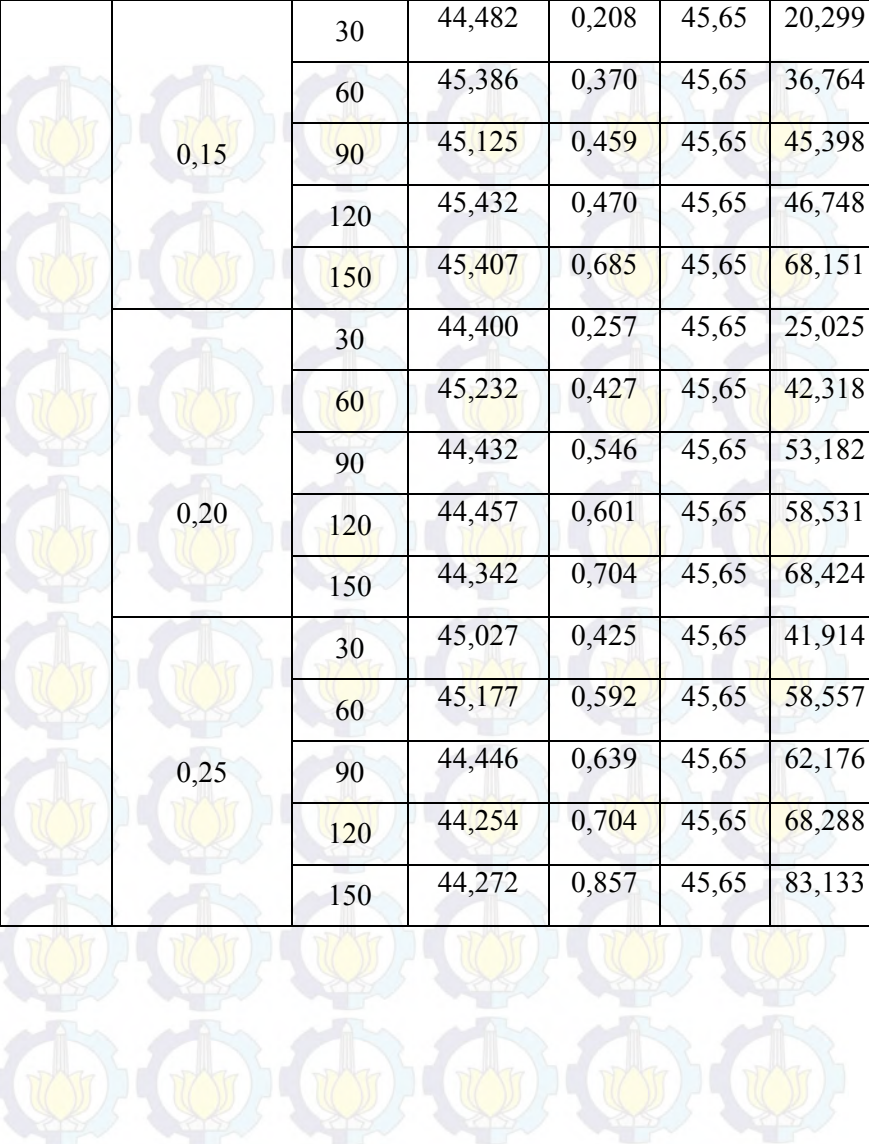
Tabel A.7 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 100 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	Yield (%)
100	0,01	30	44,232	0,002	45,65	0,204
		60	44,237	0,014	45,65	1,323
		90	44,239	0,015	45,65	1,491
		120	44,242	0,023	45,65	2,256
		150	44,247	0,031	45,65	2,991
	0,05	30	44,771	0,063	45,65	6,177
		60	45,347	0,077	45,65	7,619
		90	45,474	0,102	45,65	10,186
		120	45,437	0,144	45,65	14,341
		150	45,063	0,147	45,65	14,508
	0,10	30	45,307	0,113	45,65	11,258
		60	45,445	0,127	45,65	12,654
		90	45,442	0,150	45,65	14,978
		120	45,209	0,176	45,65	17,460
		150	45,128	0,179	45,65	17,735

	0,15	30	45,422	0,165	45,65	16,448
		60	45,483	0,220	45,65	21,961
		90	45,294	0,381	45,65	37,828
		120	45,374	0,434	45,65	43,094
		150	45,389	0,667	45,65	66,288
	0,20	30	45,073	0,203	45,65	20,048
		60	45,233	0,253	45,65	25,057
		90	44,246	0,411	45,65	39,865
		120	45,379	0,470	45,65	46,694
		150	45,218	0,695	45,65	68,813
	0,25	30	45,394	0,396	45,65	39,380
		60	45,285	0,418	45,65	41,420
		90	45,162	0,598	45,65	59,150
		120	44,831	0,680	45,65	66,735
		150	45,121	0,831	45,65	82,087

Tabel A.8 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 264 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	Yield (%)
264	0,01	30	44,496	0,003	45,65	0,288
		60	44,496	0,014	45,65	1,373
		90	44,497	0,017	45,65	1,627
		120	44,498	0,025	45,65	2,485
		150	44,500	0,048	45,65	4,705
	0,05	30	45,042	0,068	45,65	6,741
		60	44,382	0,085	45,65	8,286
		90	45,091	0,111	45,65	10,992
		120	45,336	0,154	45,65	15,292
		150	45,465	0,297	45,65	29,620
	0,10	30	44,282	0,119	45,65	11,529
		60	45,481	0,145	45,65	14,412
		90	45,182	0,159	45,65	15,709
		120	44,476	0,193	45,65	18,772
		150	44,911	0,337	45,65	33,151

	0,15	30	44,482	0,208	45,65	20,299
		60	45,386	0,370	45,65	36,764
		90	45,125	0,459	45,65	45,398
		120	45,432	0,470	45,65	46,748
		150	45,407	0,685	45,65	68,151
	0,20	30	44,400	0,257	45,65	25,025
		60	45,232	0,427	45,65	42,318
		90	44,432	0,546	45,65	53,182
		120	44,457	0,601	45,65	58,531
		150	44,342	0,704	45,65	68,424
	0,25	30	45,027	0,425	45,65	41,914
		60	45,177	0,592	45,65	58,557
		90	44,446	0,639	45,65	62,176
		120	44,254	0,704	45,65	68,288
		150	44,272	0,857	45,65	83,133

Tabel A.9 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 400 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	Yield (%)
400	0,01	30	45,352	0,004	45,65	0,419
		60	45,353	0,015	45,65	1,442
		90	44,753	0,018	45,65	1,722
		120	44,754	0,029	45,65	2,805
		150	44,754	0,079	45,65	7,715
	0,05	30	45,243	0,080	45,65	7,948
		60	45,377	0,152	45,65	15,072
		90	45,261	0,179	45,65	17,788
		120	45,324	0,351	45,65	34,875
		150	45,099	0,639	45,65	63,089
	0,10	30	45,282	0,124	45,65	12,279
		60	45,282	0,203	45,65	20,141
		90	45,102	0,278	45,65	27,434
		120	45,088	0,533	45,65	52,613
		150	45,263	0,720	45,65	71,434

	0,15	30	45,315	0,322	45,65	31,989
		60	45,182	0,535	45,65	52,990
		90	45,245	0,606	45,65	60,037
		120	45,398	0,612	45,65	60,875
		150	45,304	0,768	45,65	76,180
	0,20	30	45,218	0,615	45,65	60,953
		60	45,311	0,640	45,65	63,555
		90	45,276	0,919	45,65	91,140
		120	45,278	0,922	45,65	91,458
		150	45,201	0,942	45,65	93,225
	0,25	30	45,019	0,725	45,65	71,452
		60	45,056	0,737	45,65	72,745
		90	45,235	0,916	45,65	90,747
		120	45,253	0,919	45,65	91,093
		150	45,314	0,935	45,65	92,805

Tabel A.10 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan daya 400Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
400	0,2	90	42,511	10,03	25,075	0,910
		120	41,551	9,70	24,250	0,708
		150	42,519	9,47	23,675	0,910
	0,25	90	39,212	10,42	26,050	0,913
		120	42,813	10,01	25,025	0,909
		150	45,178	9,93	24,825	0,908

Tabel A.11 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan daya 400 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	<i>Yield</i> (%)
400	0,2	90	42,511	0,036	25,075	3,379
		120	41,551	0,052	24,250	4,692
		150	42,519	0,063	23,675	5,822
	0,25	90	39,212	0,019	26,050	1,621
		120	42,813	0,037	25,025	3,488
		150	45,178	0,041	24,825	4,044

Tabel A.12 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis $Mg(OH)_2$ dengan daya 400Watt

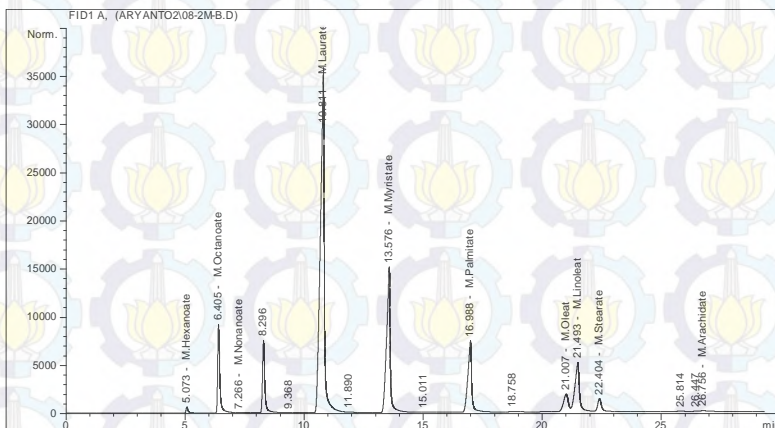
Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
400	0,2	90	42,410	10,65	26,625	0,915
		120	43,587	10,12	25,300	0,911
		150	44,120	8,75	21,875	0,907
	0,25	90	43,022	10,42	26,050	0,911
		120	43,274	10,32	25,800	0,910
		150	43,608	10,03	25,075	0,910

Tabel A.13 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis $Mg(OH)_2$ dengan daya 400 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	<i>Yield</i> (%)
400	0,2	90	42,410	0,009	26,625	0,828
		120	43,587	0,032	25,300	3,075
		150	44,120	0,099	21,875	9,529
	0,25	90	43,022	0,019	26,050	1,779
		120	43,274	0,023	25,800	2,248
		150	43,608	0,036	25,075	3,466

LAMPIRAN

1. Hasil Analisis Gas Chromatography (GC) pada produk Biodiesel dengan katalis KOH 0,2%, Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\ARYANTO2\0.2% KOH.D
Sample Name: 0.2%/KOH
Instrument 1 4/6/2015 2:12:36 PM
HP-INNOWAX-1uL
DIRECT\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M

=====
Injection Date : 4/6/2015 2:12:36 PM
Sample Name : 0.2%/KOH.D
Location : Vial 1
Acq. Operator :
Inj : 1
Inj Volume : Manually
=====

External Standard Report (Sample Amount is 0!)


```

=====
Sorted By      :      Signal
Calib. Data Modified :      4/6/2015 2:12:36 PM
Multiplier     :      1.0000
Dilution       :      1.0000
Signal 1: FID1 A,

```

```

RetTime Type   Area   Amt/Area   Amount
Grp   Name
[min]          [pA*s]          [ (mg/L) ]
-----|-----|-----|-----|-----

```

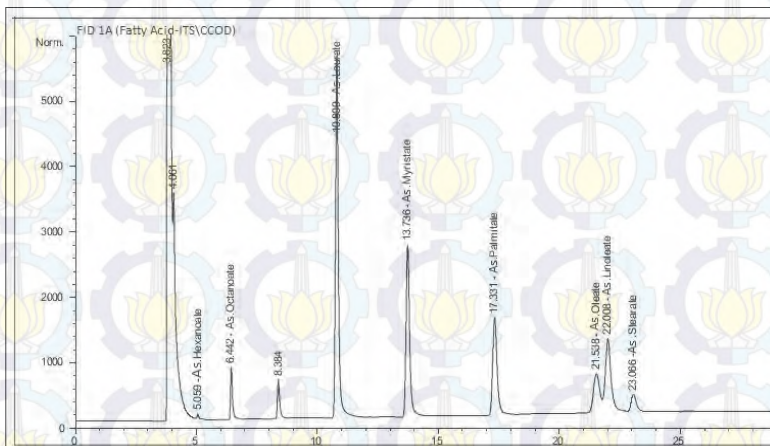
5.073	PB +	3493.27759	2.84168	9926.78029
M.Hexanoate				
6.405	PB S+	5.79343e4	2.90534	1.68319e5
M.Octanoate				
7.266	BB X+	31.37832	12.44228	390.41786
M.Nonanoate				
10.811	PV +	4.12636e5	1.50974	6.22972e5
M.Laurate				
13.576	PB +	1.60903e5	1.40233	2.25639e5
M.Myristate				
16.988	PB +	8.29273e4	1.24750	1.03452e5
M.Palmitate				
19.303		-	-	-
M.Heptadecanoate				
21.007	BV +	2.60195e4	4.82630e-1	1.25578e4
M.Oleat				
21.493	VV +	6.78977e4	3.18850e-1	2.16492e4
M.Linoleat				
22.404	VB +	1.51080e4	3.17017e-1	4789.48584
M.Stearate				
26.756	VB +	1525.68555	2.21127	3373.69923
M.Arachidate				
Totals :				1.17307e6

```

=====
*** End of Report ***
=====

```

2. Hasil Analisis Gas Chromatography (GC) pada Minyak Kelapa Barco



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\FATTY ACID-ITS\CCO.D

Sample Name: CCO-DILUTION

Instrument 1 8/27/2014 12:56:57 PM

HP-INNOWAX 1uL DIRECT

=====
=====
Injection Date : 8/27/2014 12:27:33 PM

Sample Name : CCO-DILUTION

Location : Vial 1

Acq. Operator :

Inj : 1

Inj Volume : Manually

Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M

Last changed : 8/27/2014 11:07:39 AM

(modified after loading)
=====
=====

External Standard Report (Sample
Amount is 0!)

```

=====
Sorted By           :      Signal
Calib. Data Modified :      5/20/2014 11:41:33
AM
Multiplier         :      1.0000
Dilution           :      1.0000
  
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime Grp	Type Name	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [(mg/L)]
[min]				
5.059	BB X+	304.42325	3.80097	1157.10499
	As.Hexanoate			
6.442	PB +	4417.74902	2.94235	1.29985e4
	As.Octanoate			
7.399		-	-	-
	As.Nonanoate			
10.809	PB +	4.65455e4	1.51353	7.04479e4
	As.Laurate			
13.736	PB +	2.69955e4	1.40485	3.79246e4
	As.Myristate			
17.331	PB +	1.86329e4	1.25904	2.34595e4
	As.Palmitate			
19.303		-	-	-
	As.Heptadecanoate			
21.538	BV +	1.06924e4	1.52888	1.63475e4
	As.Oleate			
22.008	VB +	1.81463e4	4.82379e-1	8753.38182
	As.Linoleate			
23.066	PB +	3545.80908	3.09364e-1	1096.94699
	As.Stearate			
26.717		-	-	-
	As.Arachidate			

Totals :

1.72185e5

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)

Warning : Time reference compound(s) not found

*** End of Report ***

3. Hasil Analisis *Gas Chromatography* (GC) pada produk Biodiesel dengan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2%, Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\SURYA\CAOH2.D Sample Name: CAOH2

Instrument 1 6/10/2015 4:06:10 PM

HP-INNOWAX 1uL DIRECT

=====
=====
Injection Date : 6/10/2015 3:37:34 PM
Sample Name : CAO2
Location : Vial 1
Acq. Operator :
Inj : 1

Inj Volume : Manually
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M
Last changed : 6/10/2015 12:43:44 PM
(modified after loading)

=====
=====
External Standard Report (Sample
Amount is 0!)

=====
=====
Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 6/10/2015 12:43:39
PM
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Signal 1: FID1 A,

RetTime	Type	Area	Amt/Area	Amount
Grp	Name			
[min]		[pA*s]		[(mg/L)]
5.091		-	-	-
M.Hexanoate				

6.381	-	-	-
M.Octanoate			
7.399	-	-	-
M.Nonanoate			
10.159 BB +	1.64335e4	1.52136	2.50013e4
M.Laurate			
13.322	-	-	-
M.Myristate			
16.086 PB +	1.02019e4	1.27134	1.29701e4
M.Palmitate			
19.303	-	-	-
M.Heptadecanoate			
20.419 VB +	8491.71582	3.15194e-1	2676.53522
M.Oleat			
20.840	-	-	-
M.Linoleat			
21.382 PB +	1944.23560	4.75482e-1	924.44845
M.Stearate			
26.717	-	-	-
M.Arachidate			
Totals :			4.15724e4

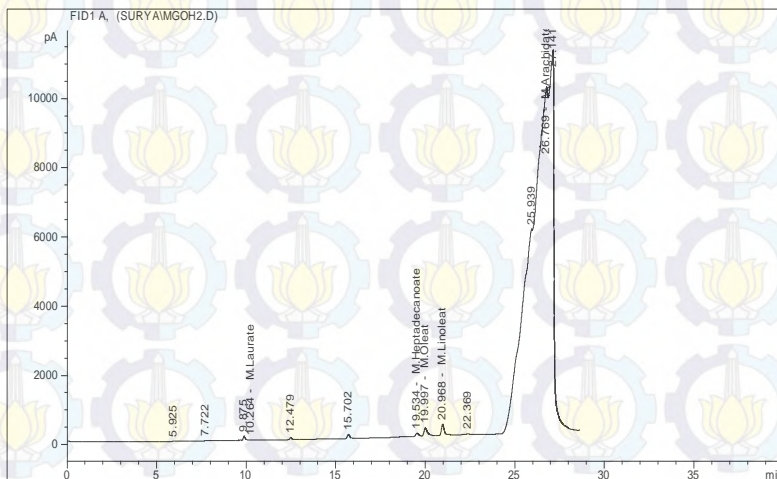
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)

Warning : Time reference compound(s) not found

=====
 *** End of Report ***

4. Hasil Analisis Gas Chromatography (GC) pada produk Biodiesel dengan katalis $Mg(OH)_2$ 0,2%, Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\SURYA\MGOH2.D Sample Name: MGOH2 Instrument 1 6/10/2015 5:09:03 PM

HP-INNOWAX 1uL DIRECT

=====
 Injection Date : 6/10/2015 4:40:20 PM
 Sample Name : MGOH2
 Location : Vial 1
 Acq. Operator :
 Inj : 1

Inj Volume : Manually
 Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M
 Last changed : 6/10/2015 12:43:44 PM
 (modified after loading)

=====
 External Standard Report (Sample
 Amount is 0!)
 =====

Sorted By : Signal
 Calib. Data Modified : 6/10/2015 12:43:39
 PM
 Multiplier : 1.0000
 Dilution : 1.0000

Signal 1: FID1 A,

RetTime Grp	Type Name	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [(mg/L)]
[min]				
5.091	M.Hexanoate	-	-	-
6.381	M.Octanoate	-	-	-
7.399	M.Nonanoate	-	-	-
10.264	BB +	84.33321	3.86834	326.22929
13.322	M.Laurate	-	-	-
16.492	M.Myristate	-	-	-
19.534	BV +	1102.94653	1.30031	1434.17773
19.997	VB +	2935.40039	3.07283e-1	901.99904
20.968	PB +	3227.63696	3.08375e-1	995.32280
21.564	M.Linoleat	-	-	-
	M.Stearate			

26.769 VV + 4.34886e5 2.37480 1.03277e6
M.Arachidate
Totals : 1.03642e6

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration
table listing)

Warning : Time reference compound(s) not found

=====
=====
*** End of Report ***

5. Hasil Analisis Properti Fisik pada Produk Biodiesel dengan Katalis KOH 0,2%, Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	0,863	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	3,45	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	110	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	3	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	280	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	0,9172	X-RAY

6. Hasil Analisis Properti Fisik pada Produk Biodiesel dengan Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2% Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	-	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	-	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	>200	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	23	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	-	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	-	X-RAY

7. Hasil Analisis Properti Fisik pada Produk Biodiesel dengan Katalis $Mg(OH)_2$ 0,2% Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	-	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	-	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	>200	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	23	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	-	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	-	X-RAY



FINAL PROJECT - TK 141581

**BATCH PRODUCTION OF BIODIESEL FROM
COCONUT OIL WITH KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, AND $\text{Mg}(\text{OH})_2$
CATALYSTS USING MICROWAVE**

By:
Rahmawati Jazilah Q.
NRP. 2311 100 054

Nurchayanti Arifah
NRP. 2311 100 091

Academic Advisor:
Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA
NIP. 1961 08 02 1986 01 1001

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA DENGAN KATALIS KOH, Ca(OH)_2 , dan Mg(OH)_2 MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (*MICROWAVE*) SECARA BATCH

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Rahmawati Jazilah Q.
Nurchayanti Arifah

NRP 2311 100 054
NRP 2311 100 091

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

 (Pembimbing)

2. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoallah, Dipl. EST

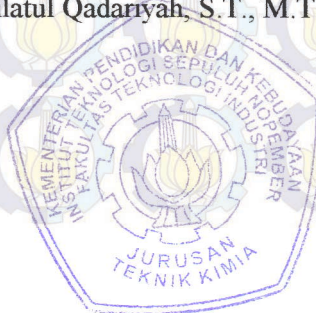
 (Penguji I)

3. Ir. Rr. Pantjawarni Prihatini

 (Penguji II)

4. Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M.T.

 (Penguji III)



Surabaya
Juli, 2015

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA
DENGAN KATALIS KOH, Ca(OH)₂, dan Mg(OH)₂
MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO
(MICROWAVE) SECARA BATCH**

Nama / NRP : Rahmawati Jazilah Q/2311100054

Nurchayanti Arifah / 2311100091

Jurusan : Teknik Kimia FTI – ITS

Dosen Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bioenergi atau bahan bakar nabati yang dibuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi, esterifikasi, atau proses esterifikasi-transesterifikasi. Proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan metode pemanasan konvensional maupun dengan metode pemanasan *microwave*. Dengan radiasi *microwave*, maka waktu yang dibutuhkan saat proses transesterifikasi lebih singkat dibandingkan dengan konvensional. Disisi lain, minyak kelapa memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel karena ketersediaannya yang melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat biodiesel dari minyak kelapa secara *batch* melalui proses transesterifikasi methanol dengan menggunakan radiasi *microwave* dengan katalis KOH, Ca(OH)₂, dan Mg(OH)₂ dan mempelajari pengaruh konsentrasi tiap katalis, daya, dan waktu yang digunakan terhadap yield dan viskositas biodiesel yang dihasilkan. Reaksi dilakukan sesuai dengan variabel waktu yang ditentukan, yaitu 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 menit. Variabel konsentrasi tiap katalis adalah 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 (% berat) dari berat minyak kelapa dan variasi daya *microwave* (100, 264, dan 400 Watt). Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu persiapan, transesterifikasi, pemisahan,

pencucian, dan tahap analisis. Pada tahap persiapan, melarutkan metanol dan katalis sesuai dengan variabel. Selanjutnya dilakukan tahap transesterifikasi dengan mencampurkan larutan methanol (methanol dan katalis) dengan minyak kelapa dengan *mol ratio* 1 (minyak) : 9 (methanol) dan mengatur daya *microwave* serta memulai proses transesterifikasi. Tahap selanjutnya adalah pemisahan hasil transesterifikasi dari katalis padat, dilanjutkan dengan tahap pencucian dengan aquadest untuk memisahkan *impurities* yang masih tersisa dalam biodiesel. Tahap akhir yang dilakukan adalah analisis hasil biodiesel dengan menganalisis densitas, viskositas dan %FFA. Standar Nasional Indonesia (SNI) menjadi standar dari pembuata biodiesel dari penelitian. Dari percobaan yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis maka *yield*nya akan semakin tinggi dan viskositasnya juga menurun. Hal ini juga berlaku pada variabel daya dan waktu. Dimana ketiga variabel tersebut memiliki pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* yang dihasilkan. Nilai *yield* tertinggi dari variabel di atas adalah 93,225 % pada katalis KOH dengan konsentrasi 0,2 %, daya 400 Watt, dan waktu 150 detik, dimana viskositasnya sebesar 3,45 cSt. Biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ menghasilkan *yield* di bawah 10 % dan viskositas di atas 25 cSt.

Kata kunci: Biodiesel, Minyak Kelapa, Transesterifikasi, *Microwave*

BATCH PRODUCTION OF BIODIESEL FROM COCONUT OIL WITH KOH, Ca(OH)₂, AND Mg(OH)₂ CATALYSTS USING MICROWAVE

Name / NRP : Rahmawati Jazilah Q /2311100054
Nurcahyanti Arifah / 2311100091
Department : Chemical Engineering FTI – ITS
Academic Advisor : Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA

ABSTRACT

Biodiesel is a bioenergy or natural energy resource produced by trans-esterification, esterification, or esterification — trans-esterification. The production of biodiesel may proceed by conventional heating method and heating with microwave. By using microwave radiation, the trans-esterification process needs less time than using conventional method. However, coconut oil has a great potential to be used as material for biodiesel production due to its large number of availability. This experiment intends to produce biodiesel from coconut oil by batch trans-esterification process using microwave radiation with KOH, Ca(OH)₂ and Mg(OH)₂ catalysts, also to observe the effect of each catalyst concentration, power of heat source and time needed to the yield and the viscosity of biodiesel produced. Time assigned variably; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 minutes. Concentration also assigned variably; 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 (% weight) of coconut oil weight while the power of microwave assigned; 100; 264 and 400 Watt. Several steps conducted in this experiment are preparation, trans-esterification, separation, cleaning and analysis. In preparation, solute the methanol and catalyst using variables assigned. Then the trans-esterification step conducted by mixing methanol solution (methanol and catalyst) with coconut oil (mol ratio of oil and methanol respectively 1:9) and set the power of microwave assigned. Next, separate the trans-

esterification product from solid catalyst, continued by cleaning with aquadest to separate impurities left in biodiesel. Finally, analyse the product by its density, viscosity and %FFA. Standar Nasional Indonesia will be chosen as the standard. We conclude that the higher concentration catalysts, power, and time used made yield of biodiesel increased and decreasing its viscosity. All of the those variables affects the viscosity and yield of biodiesel product. The highest yield of biodiesel produced was 93,225 %, by using 0,2 % of KOH catalyst, 400 Watt power assigned, and 150 sec, while the viscosity was 3,45 cSt. The production of Biodiesel using $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and $\text{Mg}(\text{OH})_2$ catalysts produced below 10 % yield and its viscosity was above 25 cSt.

Keywords: Biodiesel, Coconut Oil, Trans-esterification, Microwave

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyusun skripsi kami dengan judul :

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA
DENGAN KATALIS KOH, Ca(OH)₂, dan Mg(OH)₂
MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (*MICROWAVE*)
SECARA BATCH**

Skripsi ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

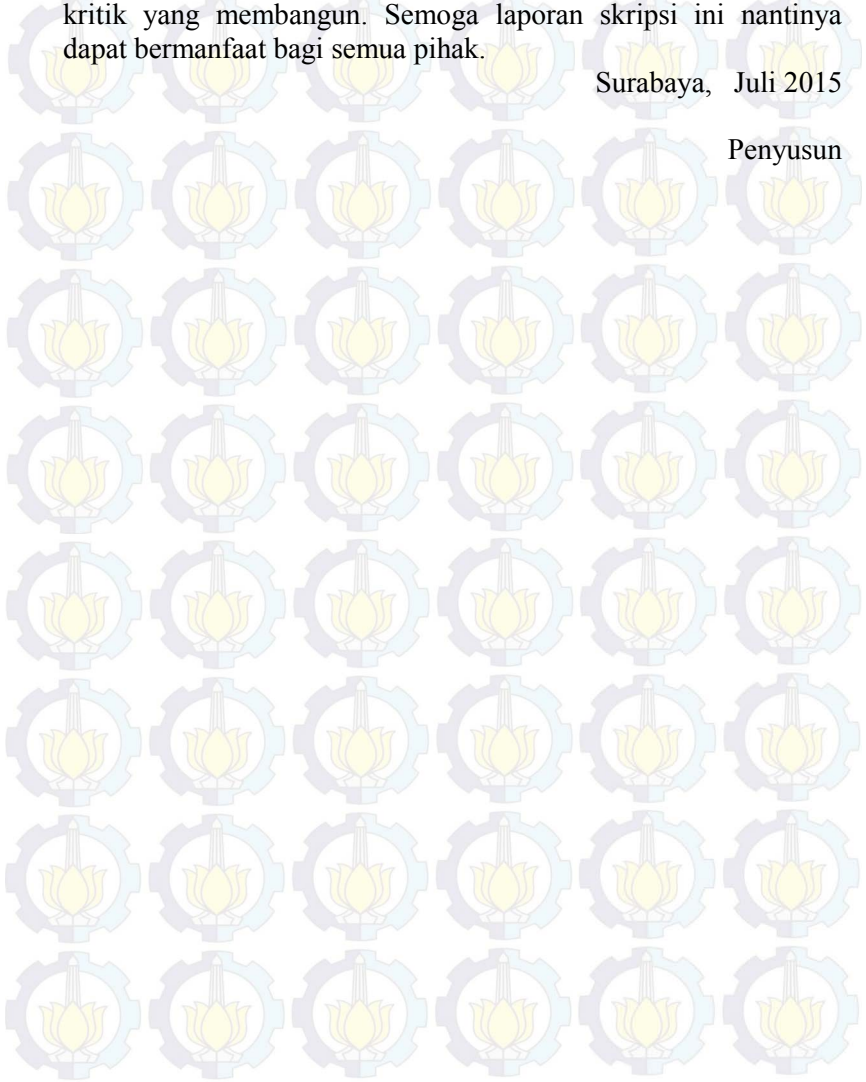
Pada kesempatan kali ini kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA, selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Teknologi Proses Kimia, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
3. Bapak Setiyo Gunawan, ST., Ph.D, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
4. Bapak dan Ibu Dosen pengajar yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Rekan-rekan Laboratorium Teknologi Proses Kimia atas semangat dan kerjasamanya.
6. Orang tua dan saudara-saudara penulis serta teman - teman, atas doa, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
7. Keluarga besar Institut Teknologi Sepuluh Nopember FTI-ITS, khususnya teman-teman K51 NUMERO UNO! Atas semangat, dukungan, dan kerjasamanya.

Kami menyadari bahwa laporan skripsi ini masih perlu penyempurnaan, oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan skripsi ini nantinya dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2015

Penyusun



DAFTAR ISI

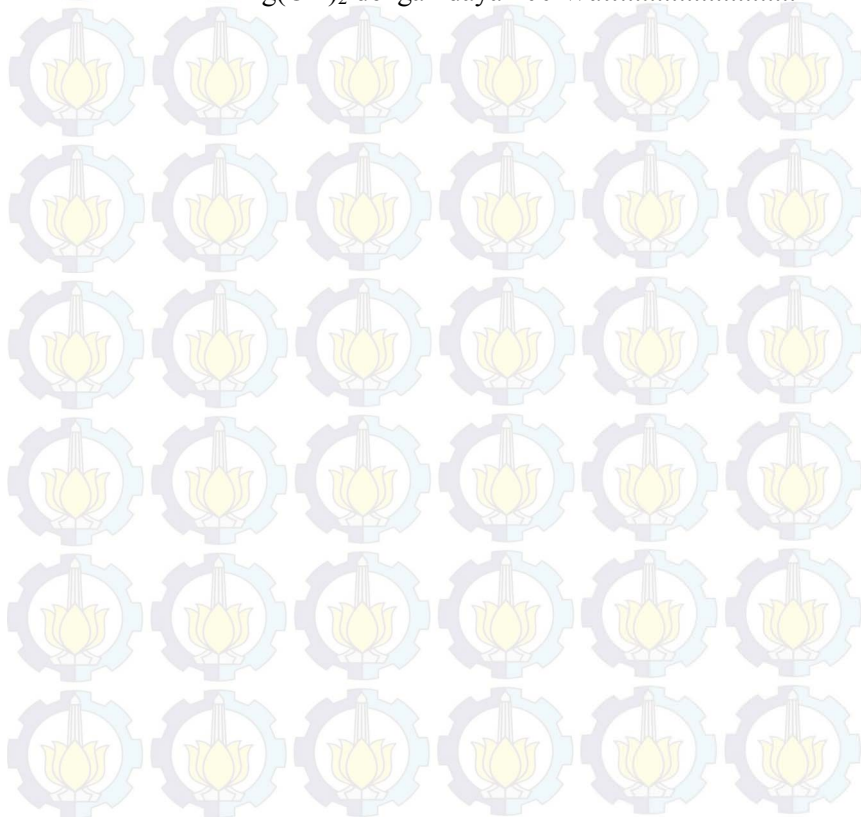
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Biodiesel.....	5
II.2 Minyak Kelapa.....	7
II.3 Gelombang Mikro.....	9
II.4 Reaksi Trans-Esterifikasi.....	11
II.5 Metanol.....	12
II.6 Katalis.....	13
II.7 Parameter Yang Diperlukan Dalam Penentuan Karakteristik Biodiesel.....	17
II.7.1 Viskositas Kinematik.....	17
II.7.2 <i>Flash Point</i>	17
II.7.3 Densitas.....	18
II.7.4 Kadar Air.....	18
II.7.5 <i>Pour Point</i>	18
II.8 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Garis Besar Penelitian.....	21
III.2 Bahan dan Alat.....	21
III.2.1 Bahan.....	21
III.2.2 Peralatan.....	21
III.3 Prosedur Penelitian.....	22
III.3.1 Tahap Penelitian.....	23

III.3.2 Tahap Analisis Produk.....	24
III.4 Variabel Penelitian.....	27
III.5 Kondisi Operasi	27
III.6 Flowchart Prosedur Percobaan.....	27
III.7 Analisa Data.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk Biodiesel.....	31
IV.1.1 Konsentrasi KOH.....	32
IV.1.2 Konsentrasi Ca(OH) ₂	35
IV.1.3 Konsentrasi Mg(OH) ₂	36
IV.2 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap <i>Yield</i> Produk Biodiesel.....	37
IV.2.1 Konsentrasi KOH.....	38
IV.2.2 Konsentrasi Ca(OH) ₂	40
IV.2.3 Konsentrasi Mg(OH) ₂	41
IV.3 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Viskositas Produk Biodiesel.....	42
IV.4 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap <i>Yield</i> Produk Biodiesel.....	44
IV.5 Perbandingan Metode Pemanasan Menggunakan <i>Microwave</i> dan secara Konvensional terhadap <i>Yield</i> Biodiesel	46
IV.6 Perbedaan Katalis KOH, Ca(OH) ₂ , dan Mg(OH) ₂ terhadap Viskositas dan <i>Yield</i> Produk Biodiesel...	48
IV.7 Karakteristik Kualitas Produk Biodiesel.....	50
IV.8 Hasil Analisa <i>Gas Chromatography</i> (GC) Pada Produk Biodiesel dan Minyak Kelapa.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan.....	57
V.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xviii
APPENDIKS A.....	A-1
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel II.1.	Standar Biodiesel Berdasarkan SNI 7182-2012.	6
Tabel II.2.	Komposisi Asam Lemak Beberapa Minyak Nabati.....	8
Tabel II.3.	Karakteristik Beberapa Minyak Nabati.....	8
Tabel II.4.	Data Standard Minyak Kelapa	9
Tabel II.5.	Perbandingan Katalis Homogen dan Heterogen	14
Tabel IV.1.	Perbandingan <i>Yield</i> Biodiesel dengan Menggunakan Metode Pemanasan <i>Microwave</i> Pada Daya 400 Watt dan Konvensional	47
Tabel IV.2.	Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis KOH.....	50
Tabel IV.3.	Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$	51
Tabel IV.4.	Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$	52
Tabel IV.5.	Komposisi dari Analisis GC pada Biodiesel	53
Tabel IV.6.	Komposisi dari Analisis GC pada Minyak Kelapa	54
Tabel A.1.	Perhitungan BM Minyak Kelapa.....	A-1
Tabel A.2.	Komposisi dari Analisi GC pada Minyak Kelapa	A-6
Tabel A.3.	Komposisi dari Analisi GC pada Biodiesel	A-7
Tabel A.4.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 100Watt.....	A-8
Tabel A.5.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 264Watt	A-10
Tabel A.6.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 400Watt	A-12
Tabel A.7.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 100 Watt	A-14
Tabel A.8.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 264 Watt	A-16

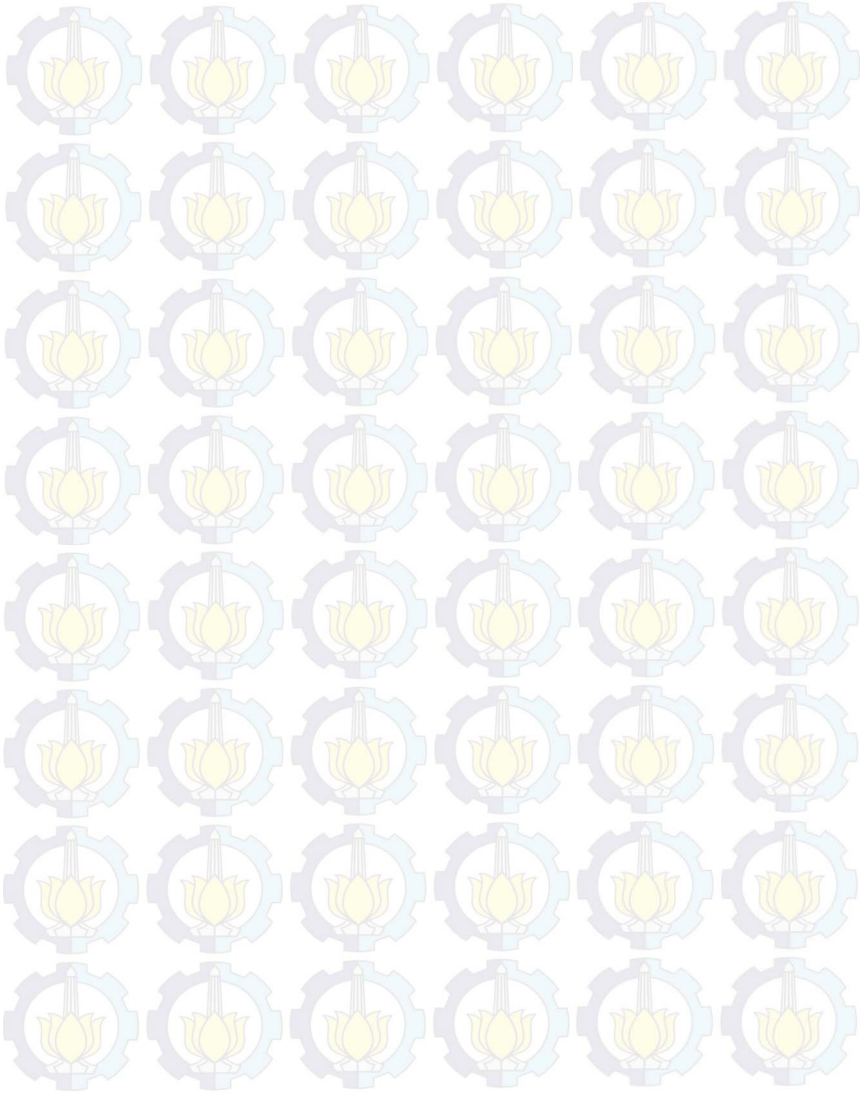
Tabel A.9.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 400 Watt	A-18
Tabel A.10.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan daya 400Watt.....	A-20
Tabel A.11.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> Biodiesel pada Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan daya 400Watt.....	A-20
Tabel A.12.	Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan daya 400Watt	A-21
Tabel A.13.	Hasil perhitungan <i>Yield</i> pada Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan daya 400 Watt.....	A-21



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Minyak Kelapa	7
Gambar II.2a	Perbandingan Temperatur <i>Microwave</i> Dengan Pemanasan Konvensional.....	10
Gambar II.2b	Kondisi Thermal Pemanasan pada <i>Microwave</i> dan Konvensional	10
Gambar II.3	Reaksi Transesterifikasi	11
Gambar II.4	Kalium Hidroksida (KOH)	15
Gambar II.5	Kalsium Hidroksida (Ca(OH) ₂).....	16
Gambar II.6	Magnesium Hidroksida (Mg(OH) ₂).....	17
Gambar III.1	Skema Reaktor dan <i>Microwave</i>	22
Gambar III.2	Flowchart Prosedur Percobaan	28
Gambar IV.1	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 100 Watt pada Katalis KOH.....	32
Gambar IV.2	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 264 Watt pada Katalis KOH.....	33
Gambar IV.3	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Katalis KOH.....	33
Gambar IV.4	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis Ca(OH) ₂ 0,2 dan 0,25 %	35
Gambar IV.5	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis Mg(OH) ₂ 0,2 dan 0,25 %.....	38
Gambar IV.6	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 100 Watt pada Katalis KOH.....	38
Gambar IV.7	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 264	

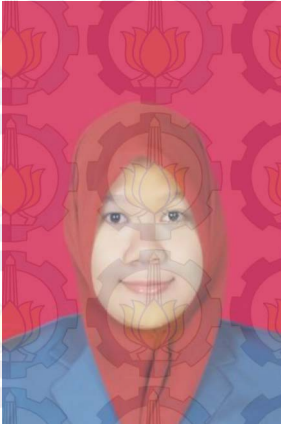
	Watt pada Katalis KOH.....	38
Gambar IV.8	Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 400 Watt pada Katalis KOH.....	39
Gambar IV.9	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2% dan 0,25%.....	40
Gambar IV.10	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %.....	41
Gambar IV.11	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 100 Watt	42
Gambar IV.12	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 264 Watt	43
Gambar IV.13	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 400 Watt	43
Gambar IV.14	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap <i>Yield</i> Produk pada Daya 100 Watt.....	44
Gambar IV.15	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap <i>Yield</i> Produk pada Daya 264 Watt.....	45
Gambar IV.16	Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap <i>Yield</i> Produk pada Daya 400 Watt.....	45
Gambar IV.17	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap <i>Yield</i> Produk dengan Daya 400 Watt dan Konsentrasi Katalis 0,2 % pada Katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$	48
Gambar IV.18	Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt dan Konsentrasi Katalis 0,2 % pada Katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$	49
Gambar IV.19	Hasil Analisa GC dari Biodiesel pada Konsentrasi Katalis KOH 0,2% dengan daya 400 Watt pada waktu 150 detik.....	53



DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
η_1	Viskositas minyak kelapa awal sebelum proses trans-esterifikasi	cSt
η_2	Viskositas standard (80% biodiesel dan 20% solar)	cSt
η_{BIO}	Vikositas produk biodiesel	cSt
ρ	Densitas	gram/mL
t	Waktu	detik
k	Ketetapan <i>viscometer Ostwald</i> (2,5)	
m_1	Massa piknometer kosong	gram
m_2	Massa piknometer kosong + sampel	gram
v	volume larutan sampel	mL
FFA	<i>Free Fatty Acid</i>	%
x_1	kadar minyak kelapa awal (<i>mass fraction</i>)	-
x_2	kadar biodiesel (<i>mass fraction</i>)	-
N	Normalitas	N

BIODATA PENULIS



RAHMAWATI JAZILAH Q, lahir di Surabaya pada tanggal 27 Oktober 1992. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Penulis mengawali pendidikan formalnya di TK Islam Delima, dilanjutkan di SD Negeri Kalirungkut IV/ 580, SMP Negeri 6 Surabaya. Setelah itu, pada tahun 2008 penulis menimba ilmu di SMA Negeri 4 Surabaya.

Pada tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, di Jurusan S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS. Semasa dikampus perjuangan ITS, penulis aktif di kegiatan kemahasiswaan sebagai Staff Non Redaksi Emissivity. Penulis mendapatkan Beasiswa PPA dari DIKTI. Pada tugas akhir S-1 ini penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ menggunakan Gelombang Mikro (*Microwave*) secara *Batch*”, di laboratorium Teknologi Proses Teknik Kimia.

Nama : Rahmawati Jazilah Q

Alamat : Jl. Baruk Utara IX/ 136 ND. Pondok Nirwana. Surabaya
61298

HP : +62 87855043242

Email : rahmawatijazilah@gmail.com

BIODATA PENULIS



NURCAHYANTI ARIFAH, lahir pada 25 November 1992 di Surabaya-Jawa Timur. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Wedoro 1, SMPN 1 Waru, dan SMAN 2 Surabaya. Pada tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, di Jurusan S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS. Semasa dikampus perjuangan ITS, penulis aktif di kegiatan kemahasiswaan sebagai Head of Internal Affair SPE ITS Student Chapter 2013-2014.

Penulis merupakan anak ke 4 dari empat bersaudara. Penulis mendapatkan dana Hibah pada Program PKM yang didanai oleh DIKTI dan mendapatkan Beasiswa PPA dari DIKTI. Penulis mempunyai hobi membaca dan menulis. Pada tugas akhir S-1 ini penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ menggunakan Gelombang Mikro (*Microwave*) secara *Batch*”, di laboratorium Teknologi Proses Teknik Kimia.

Nama : Nurcahyanti Arifah

Alamat : Jl. Garuda V No. 39, REWWIN-Waru-Sidoarjo, Jawa Timur, 61256

HP : +62 8563252941

Email : nurcahyanti.arifah@gmail.com

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi adalah salah satu kebutuhan dasar dari semua kebutuhan industri dan rumah tangga dalam lingkup sosial. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi penduduk, pengembangan wilayah dan pembangunan dari tahun ke tahun, kebutuhan akan pemenuhan energi di seluruh sektor secara nasional juga semakin besar. Hasil kajian Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral memaparkan bahwa total konsumsi energi per kapita Indonesia meningkat setiap tahunnya dengan pertumbuhan di atas 5% (Kementrian ESDM, 2010).

Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak adalah biodiesel. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar diesel yang baik bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel berbasis petroleum, karena lebih sedikit menyebabkan kerusakan lingkungan. Kelebihan lain yang dimiliki biodiesel adalah biodiesel menghasilkan lebih sedikit asap dan partikulat, mempunyai angka setana yang lebih tinggi, menghasilkan emisi karbon monoksida dan hidrokarbon lainnya lebih sedikit, dapat diperbarui, dan tidak beracun (Agarwal dan Das, 2001).

Biodiesel mempunyai titik beku yang lebih rendah disbanding minyak nabati, sehingga dapat digunakan lebih rendah disbanding minyak nabati, sehingga dapat digunakan di daerah-daerah bersuhu rendah. Biodiesel ini mempunyai sifat fisik yang mirip dengan minyak diesel mineral sehingga langsung dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak diesel (Widodo dkk, 2011). Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati, minyak hewani atau dari minyak goreng bekas (daur ulang).

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kelapa. Digunakan minyak kelapa karena karakteristik minyak kelapa yang baik dan mendukung untuk diolah sebagai bahan bakar renewable.

Reaksi transesterifikasi digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Pemilihan dan penggunaan katalis dalam proses transesterifikasi merupakan bagian yang sangat penting. Variable yang digunakan dalam pemilihan katalis adalah perbedaan persen katalis berbanding berat minyak. Katalis yang digunakan adalah katalis padat KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Dipilih menggunakan katalis padat karena katalis padat mempunyai kecenderungan mudah untuk berpisah tanpa menggunakan pemisahan yang kompleks. Digunakan tiga titik pengambilan variable konsentrasi untuk mengetahui konsentrasi mana yang dapat memberikan hasil paling baik dalam proses transesterifikasi. Penggunaan katalis dapat berpengaruh terhadap hasil yang didapatkan. Dari segi lama waktu reaksi bergantung pada karakteristik masing-masing katalis.

Metode batch yang digunakan ini lebih baik dibandingkan dengan metode kontinyu sebab kemudahan dalam mengontrol reaksinya, serta tidak membutuhkan banyak peralatan. Proses tahap transesterifikasi merupakan bagian terpenting pada rangkaian proses pemurnian pasca reaksi. Pemanasan menggunakan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro. Pemilihan wadah sampel sangat berpengaruh dalam pemanasan, maka dipilihlah bahan yang dapat ditembus oleh gelombang mikro sehingga gelombang mikro dapat diteruskan dan langsung memanaskan bahan sampel terlebih dahulu memanaskan wadahnya. Sehingga reaksi berjalan lebih cepat dan waktu reaksi juga akan lebih singkat.

Biodiesel yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan standar kualitas biodiesel sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 7182-2012). Uji tersebut meliputi densitas, viskositas, dan yield biodiesel. Diharapkan penelitian ini akan memberikan kontribusi yang cukup berarti bagi ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi, dalam hal penemuan

sumber energi alternatif dan dapat lebih dikembangkan lagi sehingga dapat diperoleh kualitas biodiesel yang lebih bagus dengan proses yang lebih mudah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pembuatan biodiesel dengan metode radiasi *microwave*?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh daya terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan?
4. Bagaimana pengaruh waktu pemanasan yang digunakan terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini meliputi:

1. Mempelajari pembuatan biodiesel dengan metode radiasi *microwave*.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan.
3. Mempelajari pengaruh daya terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan.
4. Mempelajari pengaruh waktu pemanasan yang digunakan terhadap viskositas dan *yield* biodiesel yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai salah satu alternatif proses dalam pembuatan biodiesel yang lebih mudah, cepat, dan ekonomis.

2. Sebagai informasi dan bahan pertimbangan kepada masyarakat luas serta pihak-pihak yang terkait mengenai pendayagunaan minyak nabati dan mengurangi eksploitasi terhadap minyak bumi yang dapat menimbulkan dampak bagi lingkungan
3. Sebagai bahan referensi dan informasi pada penulis lainnya yang tertarik untuk mengkaji dan meneliti proses pembuatan biodiesel terutama yang berasal dari minyak kelapa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. (Hikmah dkk, 2010)

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 biodiesel 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 dkk, 2006).

Dalam suhu ruang, biodiesel, baik jenis *Methyl Ester* atau *Ethyl Ester* adalah senyawa yang relative stabil yang berfase cair. Senyawa ini tidak korosif dan memiliki titik didih rendah. Secara ekonomi, biodiesel jenis *Methyl Ester* lebih disukai daripada *Ethyl Ester*. (Sivasamy et al, 2009)

Karena sebagian besar tanaman memiliki kandungan minyak dan *free fatty acid (FFA)* yang berbeda-beda maka minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dikelompokkan menjadi tiga jenis berdasarkan kandungan FFA, yaitu:

1. Refined oils : Minyak nabati dengan kandungan FFA kurang dari 1,5%
2. Minyak nabati dengan kandungan FFA rendah kurang dari 4%

3. Minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi lebih dari 20%

(Joelianingsih dkk, 2006)

Jika bahan baku biodiesel memiliki kandungan FFA, tahap pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi, pemisahan gliserol dari metil ester, pemurnian metil ester, pengambilan gliserol sebagai produk samping dan pemurnian metanol tak bereaksi secara destilasi/rectification. Proses esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA di atas 5%. Sedangkan, jika bahan baku minyak kelapa berkadar FFA tinggi (>5%) maka diperlukan proses pendahuluan yaitu proses esterifikasi. Apabila langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. (Hikmah, 2010). Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian.

Kualitas biodiesel sebagai produk bahan bakar mesin diesel ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain bilangan setana, kekentalan kinematik, masa jenis, dan lain-lain. Rumusan standar biodiesel Indonesia dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel II.1 Standar Biodiesel berdasarkan SNI 7182-2012

Parameter	SNI 7182-2012
Massa jenis pada 40°C (kg/m ³)	850 - 890
Viskositas Kinematik pada 40°C, (cSt)	2,3 – 6,0
Angka Setana	Min. 51
Titik Nyala (°C)	Min. 100
Titik Tuang(°C)	Max.18
Kadar Air (%volume)	Max. 0,05
Kadar Fosfor (mg/kg)	Max. 10

II.2 Minyak Kelapa



Gambar II.1 Minyak Kelapa

Minyak kelapa merupakan minyak yang diperoleh dari kopra (daging buah kelapa yang dikeringkan). Kandungan minyak dalam kopra mencapai 63-65%. Minyak kelapa sebagaimana minyak nabati lainnya merupakan senyawa trigliserida yang terdiri berbagai asam lemak. Sekitar 90% asam lemak jenuh. Selain itu dalam minyak kelapa yang belum dimurnikan juga terdapat kandungan sejumlah kecil komponen bukan lemak seperti fosfatida, gum, sterol (0,06-0,08%), tokoferol (0,003%), dan asam lemak bebas (<5%) dan sedikit protein dan karotene. Sterol berfungsi sebagai stabilizer dalam minyak dan tokoserol sebagai antioksidan (Ketaren, 1986). Minyak kelapa kaya akan asam lemak brantai sedang (C8-C14), khususnya asam Laurat dan meristat. Komposisi asam lemak pada minyak kelapa diperlihatkan pada table II.2 di bawah ini

Tabel II.2 Komposisi Asam Lemak pada Minyak Kelapa (SNI 01-3741-1995)

Asam Lemak	Jumlah Atom C	Komposisi (%)
Asam Lemak jenuh		
Oktanoat	8	8
Dekanoat	10	7
Laurat	12	48
Miristat	14	17
Palmitat	16	9
Stearat	18	2
Asam Lemak tidak jenuh		
Oleat	18	6
Linoleat	18	3
Linolenat	18	-
Total		100

Tabel II.3 Karakteristik Beberapa Minyak Nabati

Asam lemak	Kelapa	Sawit (palm)	Kanola	Bunga Matahari	Kacang Tanah	Kedelai	Lin Seed
Suhu memadat (°C)	20-25	30-35	-10	-17	3	-16	-14
Bilangan Iod	10	54	98	125	93	130	179
Bilangan penyabunan	268	199	175	189	192	191	190

(Physics Dept, 1983)

Berdasarkan kajian yang dilakukan Physics Department (1983), disimpulkan bahwa minyak kelapa memiliki karakteristik yang paling baik sebagai bahan bakar bila dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Ester dari minyak kelapa merupakan bahan bakar terbaik untuk mesin diesel, bahkan lebih baik dibanding minyak diesel sendiri.

Tabel II.4 Data Standar Minyak Kelapa

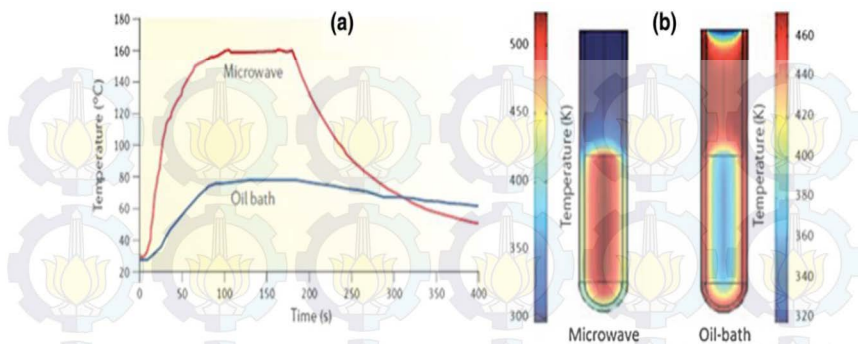
Parameter	Standar
Moisture (%)	Max 0,1 – 0,5
Free Fatty Acid (%)	Max 0,5
Relative Density	0,915-0,92
Viskositas (Cst)	25-30

(APCC Standard for Virgin Coconut Oil, 2008)

II.3 Gelombang Mikro (*Microwave*)

Gelombang mikro atau mikro gelombang (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency*, SHF) yaitu di atas 3GHz (3×10^9 Hz). Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa atau dapat dikategorikan sebagai *ultrashort* (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro.

Gelombang ini tidak dapat dilihat mata kita karena panjang gelombangnya (walaupun sangat kecil dibanding gelombang radio) jauh lebih besar dari panjang gelombang cahaya (di luar spektrum sinar tampak). Keduanya terdapat dalam spektrum gelombang elektromagnetik.



Gambar II.2 a) Perbandingan Temperatur *Microwave* dengan Pemanasan Konvensional. b) Kondisi *thermal* Pemanasan pada *Microwave* dan Pemanasan Konvensional

Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata karena bukan mentransfer panas dari luar tetapi membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut. Pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan. Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan. Selain itu waktu reaksi pemanasan dengan gelombang mikro jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu reaksi pemanasan konvensional. Pemanasan dengan *microwave* memiliki panas yang hilang lebih kecil dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Hal ini menandakan bahwa efisiensi energi pemanasan menggunakan *microwave* lebih kecil dibandingkan pemanasan konvensional. (Gude et al,2013)

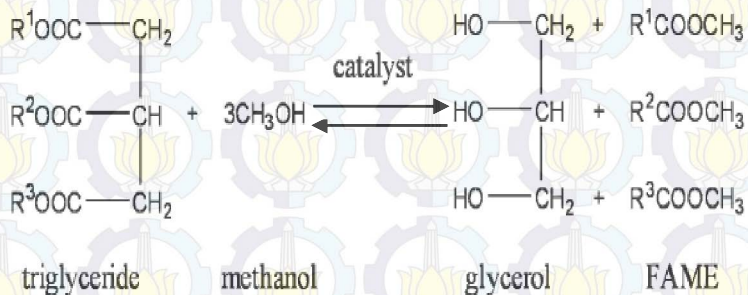
Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan, yaitu:

1. Pemanasan lebih merata karena membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut.
2. Pemanasannya bersifat selektif artinya tergantung dari konstanta dielektrik bahan.

3. Waktu reaksi pemanasan dengan Gelombang Mikro jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu reaksi pemanasan konvensional.
4. Pemanasan dengan microwave memiliki panas hilang lebih kecil dibandingkan dengan pemanasan konvensional.

II.4 Reaksi Trans-esterifikasi

Dalam transesterifikasi minyak nabati, trigliserida bereaksi dengan alkohol dengan adanya asam kuat atau basa kuat sebagai katalis menghasilkan campuran fatty acid alkyl ester dan gliserol. (Schuchardt, et al, 1998). Reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak alami dengan methanol digambarkan sebagai berikut: reaktifitasnya paling tinggi. Reaksi transesterifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Gambar II.3 Reaksi Transesterifikasi

(Sivasamy et al, 2009)

Freedman et al. (1986) juga menuliskan bahwa 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 alkhohol. Alkohol digunakan secara berlebih untuk meningkatkan yield alkyl ester dan untuk memudahkan pemisahan fasanya dari gliserol yang terbentuk.

Beberapa hal yang mempengaruhi proses transesterifikasi antara lain, suhu, kecepatan pengadukan, jenis dan konsentrasi katalis dan perbandingan antara metanol dan asam lemak. Proses transesterifikasi akan berlangsung lebih cepat apabila suhu reaksi dinaikkan mendekati titik didih alkhohol yang digunakan. Semakin tinggi kecepatan pengadukan akan menaikkan pergerakan molekul dan menaikkan pergerakan molekul dan menyebabkan terjadinya tumbukan. Pada awal terjadinya reaksi, pengadukan akan menyebabkan terjadinya difusi antara minyak atau lemak sampai terbentuk metil ester. Pemakaian alkhohol berlebih akan mendorong reaksi kearah pembentukan etil ester dan semakin besar kemungkinan terjadinya tumbukan antara molekul-molekul methanol dan minyak yang bereaksi. (Hui, 1996).

Menurut Schuchdart et al. (1998), kemurnian reaktan terutama kandungan air dan kandungan asam lemak (FFA) juga merupakan faktor yang mempengaruhi keberlangsungan transesterifikasi.

II.5 Metanol

Metanol disebut juga dengan metil alkhohol yaitu merupakan senyawa organik yang paling sederhana dari alkhohol. Formula molekularnya adalah CH_3OH . Metanol mempunyai bilangan oktan yang tinggi. Metanol pada umumnya dibuat dari gas alam, dapat juga dihasilkan dari *biomass*. Metanol bersifat racun, jika terhirup menyebabkan sesak nafas dan jika terminum akan berbahaya.

a. Sifat Fisika

Berat Molekul	: 32,04 kg/kgmol
Sp.gr	: 0,791
Kekentalan	: 0,86 cP
Titik didih	: 64,7 °C
Titik nyala	: 15,6 °C
Titik leleh	: -97,68 °C

Suhu <i>Autoignition</i>	: 464 °C
Panas Penguapan	: 1128,8 kJ/kg
Suhu Kritis (T _c)	: 239,49 °C
Tekanan Kritis (P _c)	: 79,94 atm
C _p (<i>Liquid</i>)	: 81,08 J/gmol.K

b. Sifat Kimia

- Kelarutan dalam air (1g/100g air) : tak terhingga, bersifat polar
- Metanol merupakan zat yang mudah terbakar dan bersifat eksplosif ketika bercampur dengan udara

II.6 Katalis

Katalis adalah zat yang ditambahkan ke dalam suatu reaksi dengan maksud memperbesar kecepatan reaksi. Katalis terkadang ikut terlibat dalam reaksi tetapi tidak mengalami perubahan kimiawi yang permanen, dengan kata lain pada akhir reaksi katalis akan dijumpai kembali dalam bentuk dan jumlah yang sama seperti sebelum reaksi. Katalis mempercepat reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Adanya penambahan katalis akan menyebabkan terbentuknya tahap-tahap reaksi tambahan, yaitu tahap pengikatan katalis dan tahap pelepasan katalis pada akhir reaksi. Katalis ini bersifat spesifik, artinya hanya berfungsi untuk suatu reaksi tertentu.

Fungsi katalis adalah memperbesar kecepatan reaksinya (mempercepat reaksi) dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang

baru. Dengan menurunnya energi pengaktifan maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Reaksi yang berlangsung lambat dapat dipercepat dengan menambahkan katalis yang sesuai untuk reaksi tersebut. Katalis akan mempercepat reaksi karena katalis akan mencari jalan dengan energi aktivasi yang lebih rendah sehingga reaksinya akan berlangsung lebih cepat.

Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama :

- Katalis homogen adalah katalis yang fasenya sama dengan fase zat yang bereaksi maupun zat hasil reaksi.
- Katalis heterogen adalah katalis yang fasenya berbeda dengan fase zat yang bereaksi maupun zat hasil reaksi.

Tabel II.5. Perbandingan Katalis Homogen dan Heterogen

Katalis Homogen	Katalis Heterogen
1. Fasa cair atau gas.	1. Fasa padat.
2. Setiap molekul katalis aktif sebagai katalis.	2. Memiliki pusat aktif yang tidak seragam.
3. Aktivitas dan selektivitas tinggi.	3. Aktivitas dan selektivitas rendah-tinggi.
4. Tidak mudah teracuni oleh adanya sedikit kotoran.	4. Dapat/mudah teracuni oleh adanya kotoran
5. Sukar dipisahkan dari campuran reaksi.	5. Mudah dipisahkan dari campuran reaksi.
6. Mudah terurai pada temperatur tinggi	6. Stabil pada temperatur tinggi.

Dalam penelitian ini akan digunakan jenis katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Berikut adalah penjelasan singkat tiap katalis:

1. Kalium Hidroksida (KOH)

a. Sifat fisik

Rumus Molekul	:KOH
Berat Molekul	:56.10 g/mol
Titik didih	:1320 °C
Titik lebur	:380 °C
<i>Specific Gravity</i>	:2.044
Warna	:putih

(Perry, 2008)



Gambar II.4 Kalium Hidroksida (KOH)

Katalis basa homogen seperti kalium hidroksida (KOH) merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan biodiesel karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan operasi yang relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Akan tetapi, katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat

digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan.

2. Kalsium Hidroksida Ca(OH)_2

a. Sifat fisik

Rumus Molekul	: Ca(OH)_2
Berat Molekul	:74,10 g/mol
Titik lebur	:580 °C
<i>Spesific Gravity</i>	:2,2
Warna	:tak berwarna atau putih

(Perry, 2008)



Gambar II.5 Kalsium Hidroksida (Ca(OH)_2)

3. Magnesium Hidroksida Mg(OH)_2

a. Sifat fisik

Rumus Molekul	: Mg(OH)_2
Berat Molekul	:58,34 g/mol
<i>Spesific Gravity</i>	:2,4
Warna	:putih

(Perry, 2008)



Gambar II.6 Magnesium Hidroksida ($Mg(OH)_2$)

II.7 Parameter yang Digunakan dalam Penentuan Karakteristik Biodiesel

Beberapa parameter dalam biodiesel diantaranya (Atabani et al, 2012)

II.7.1 Viskositas Kinematik

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan terhadap gaya gravitasi. Viskositas yang tinggi menunjukkan sifat pelumasan yang lebih baik. Pada umumnya bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar dapat mudah mengalir dan teratomisasi. Hal ini disebabkan oleh putaran mesin yang cepat membutuhkan injeksi bahan bakar yang cepat pula.

II.7.2 Flash Point

Flash Point adalah temperatur dimana pada temperatur tersebut akan memicu pembakaran saat terkena api. Hal ini berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar. Jika *flash point* terlalu rendah dapat menyebabkan bahaya api. Oleh karena itu *flash point* sebaiknya ditingkatkan di atas nilai minimum yang diizinkan.

II.7.3 Densitas

Densitas adalah perbandingan jumlah massa suatu zat terhadap volumenya. Untuk mengukur densitas liquid dapat menggunakan hydrometer. Adapun alat yang lebih sering digunakan adalah piknometer. Densitas dapat berubah, tergantung pada tekanan atau temperatur.

II.7.4 Kadar Air

Kadar air dalam minyak merupakan salah satu tolok ukur mutu minyak. Makin kecil kadar air dalam minyak maka mutunya makin baik. Hal ini dapat memperkecil kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas. Kandungan air dalam bahan bakar juga dapat menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbusa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam.

II.7.5 *Pour Point*

Pour point atau titik tuang adalah temperatur terendah dari suatu bahan bakar untuk mengalir. Suhu dimana bahan bakar itu berhenti mengalir sekitar 5 detik ketika *sample* dari bahan bakar itu dituangkan. Alat yang digunakan untuk menguji titik tuang ini adalah ASTM D-97. (Mahajan et al, 2011)

II.8 Penelitian Terdahulu

- Adam Karl Khan (2002) Melakukan penelitian terhadap kinetika dan katalis pada proses pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini diteliti beberapa katalis antara lain KOH, H₂SO₄, CaCO₃ dan CaO pada suhu 50-240°C, tekanan 1-50 bar dan waktu 45-180 menit, dimana pada penelitian ini menunjukkan bahwa katalis CaO dan CaCO₃ mempunyai potensi untuk dipakai sebagai katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel.

- Lertsathapornsuk, V., R. Pairintra, K. Krisnangkura, S. Chindaruksa. (2005)

Penelitian pembuatan biodiesel dari *used vegetable oil* dengan menggunakan gelombang mikro. Penelitian dilakukan dengan daya listrik 800 watt dengan menggunakan variasi rasio metanol dan katalis NaOH 1%. Dari penelitian tersebut didapatkan yield 100% minyak kelapa pada rasio metanol 1:9 pada waktu 30 detik.

- Masato Kouzu, Takekazu Kasuno, Masahiko Tajika, Yoshikazu Sugimoto, Shinya Yamanaka, dan Jusuke Hidaka (2008)

Pembuatan biodiesel dengan menggunakan minyak kacang kedelai dan katalis CaO, Ca(OH)₂, CaCO₃. Pada waktu pemanasan selama 1 jam, didapatkan yield sebesar 93 % (CaO), 12 % (Ca(OH)₂), dan 0 % (CaCO₃). Dimana CaO menghasilkan biodiesel dengan yield sama besarnya dengan menggunakan katalis NaOH.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Garis Besar Penelitian

Proses pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan radiasi gelombang mikro (*microwave*). Penggunaan *microwave* akan mempercepat waktu reaksi dengan menggunakan katalis padat. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan daya pada *microwave* pada waktu tetap. Selanjutnya digunakan ratio methanol dan jumlah katalis dalam persen massa minyak sebagai variabel dengan waktu tetap pula.

III.2 Bahan dan Peralatan

III.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

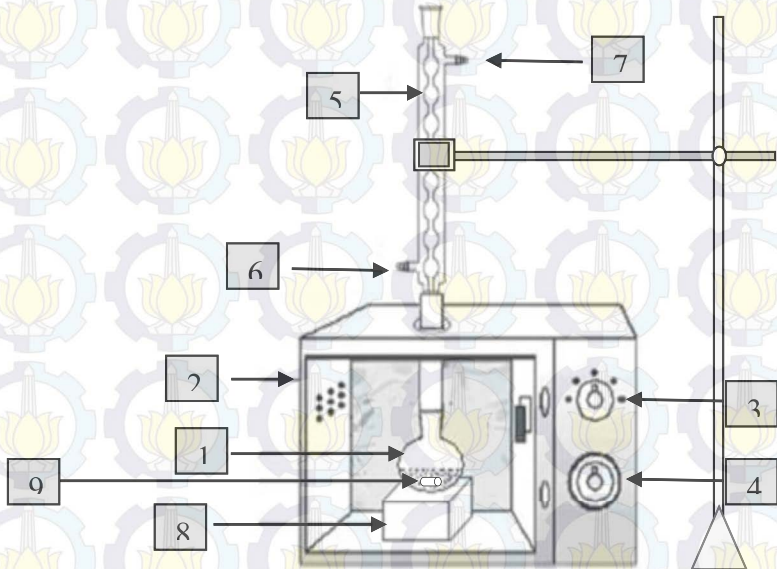
1. Minyak kelapa
2. Metanol (CH_3OH 98%)
3. Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$
4. Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$
5. Katalis KOH
6. Aquadest

III.2.2 Peralatan

Peralatan proses yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. *Microwave*
Daya output : 264 – 800 W
Frekuensi : 2450 MHz
2. Corong Pemisah
3. Reaktor Labu Leher Satu

Rancangan peralatan yang digunakan pada proses reaksi transesterifikasi seperti pada gambar III.1 di bawah ini.



Gambar III.1 Skema Reaktor dan *Microwave*

Keterangan gambar :

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1. Reaktor labu leher satu | 6. Aliran air pendingin masuk |
| 2. Microwave | 7. Aliran air pendingin keluar |
| 3. Kontrol daya | 8. Alas labu leher satu |
| 4. Kontrol waktu | 9. <i>Magnetic stirrer</i> |
| 5. Kondensor reflux | |

III.3 Prosedur Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan biodiesel dari minyak kelapa adalah proses reaksi transesterifikasi dengan menggunakan radiasi gelombang *micro* dari *microwave*. Adapun langkah-langkah pengerjaannya secara singkat dijelaskan sebagai berikut:

III.3.1 Tahap Penelitian

Tahap penelitian ini meliputi beberapa tahapan, diantaranya yaitu :

A. Perlakuan Pendahuluan

1. Mengukur densitas dan viskositas minyak kelapa
2. Mencampur dan mengaduk katalis dengan metanol sesuai perbandingan yang telah ditentukan.

B. Tahap Transesterifikasi dan Pemisahan

1. Menambahkan minyak kelapa ke dalam larutan metanol dan katalis yang telah dicampur sebelumnya, dengan tetap menghidupkan pengaduknya.
2. Mengatur daya dan waktu pemanasan di dalam *microwave* yang disesuaikan dengan variabel.
3. Memanaskan campuran di dalam *microwave* dengan waktu yang sesuai dengan variabel.
4. Setelah proses transesterifikasi selesai, menghentikan pemanasan dan pengadukan *stirrer*
5. Memindahkan hasil proses reaksi ke dalam corong pemisah.
6. Mendinginkan dan mendinginkan campuran selama 12 - 24 jam hingga terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas dan bawah
7. Memisahkan lapisan atas (biodiesel) dan lapisan bawah (gliserol) dengan corong pemisah
8. Mencuci biodiesel dan *impurities* yang masih tersisa selama pemisahan menggunakan *aquadest* pada suhu 40 °C dengan volume 30% dari volume total larutan
9. Mendinginkan campuran kurang lebih satu jam sampai terbentuk dua lapisan
10. Memisahkan biodiesel dengan air bersama *impurities*.
11. Memanaskan produk biodiesel selama 1 jam di dalam oven.

III.3.2 Tahap Analisis Produk

Menganalisa biodiesel yang diperoleh untuk mengetahui kualitas biodiesel dengan parameter uji sebagai berikut:

a. Densitas

- Peralatan
 - Piknometer
 - Neraca analitik
 - Pipet mata
- Pelaksanaan
 - Menimbang massa piknometer kosong dan mencatat beratnya sebagai massa pikno awal
 - Memasukkan *sample* produk biodiesel dalam piknometer dan menutup piknometer sampai penuh
 - Membersihkan sisa tumpahan *sample* yang ada dibagian luar piknometer
 - Menimbang piknometer + *sample* lalu mencatat hasil penimbangan tersebut sebagai massa pikno+*sample*
 - Menghitung selisih antara massa pikno awal dengan massa pikno+*sample*
 - Mencatat hasil uji density: density 40°C, dengan satuan gram/ml

b. Viskositas

- Peralatan
 - *Viscometer oswald*
 - *Stopwatch*
 - Karet penghisap
 - Gelas ukur 10 ml
- Pelaksanaan
 - Merendam viskometer dalam *water bath* pada suhu 40°C
 - Memasukkan *sample* produk biodiesel sebanyak 7 ml ke dalam *viscometer oswald*.
 - Menghisap *sample* melalui pipa kapiler sampai batas teratas dari alat viskometer

- Menutup bagian ujung pipa agar permukaan *sample* tetap berada di atas batas teratas
- Membuka penutup bagian ujung pipa hingga *sample* turun sampai batas terbawah dan mencatat waktu yang diperlukan *sample* untuk turun dari batas teratas sampai batas terbawah sebagai t *sample* (dalam detik)
- Menghitung viskositas kinematik *sample* dengan persamaan :

$$\mu = t \times \text{faktor koreksi dari viskometer (dalam satuan cSt)}$$
- Hasil uji viskositas 40°C, dengan satuan cSt

c. % FFA

- Peralatan
 - Buret 25 ml
 - Etanol
 - Indikator PP
 - NaOH
 - Erlenmeyer
 - Pipet tetes
 - Sampel produk biodiesel
- Pelaksanaan
 - Menetralkan etanol dengan titrasi NaOH 0,1 N yang sebelumnya etanol ditambahkan indikator PP 3 tetes
 - Mencampurkan 5 gram sample dengan 25 ml etanol yang telah dinetralkan.
 - Memanaskan sampai suhu 50°C (hingga larut) dalam erlenmeyer
 - Campuran sample tersebut dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga larutan sample berubah menjadi warna ungu dan bertahan selama 5 detik
 - Mencatat volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi tersebut.
 - Menghitung %FFA

d. Analisis *Flash Point*

- Peralatan
 - ASTM D-93
 - Sampel produk biodiesel
- Pelaksanaan
 - Menyalakan alat ASTM D-93
 - Membuka valve aliran gas yang digunakan pada alat
 - Mengatur batasan suhu yang diinginkan atau diperkirakan
 - Menuangkan lebih kurang 100 mL *sample* produk biodiesel ke dalam tempat yang sudah disediakan pada alat sampai batasnya
 - Menaruh *sample* tadi pada alat ASTM D-93 dan memulai memanaskan *sample*
 - Mencatat suhu yang didapat saat proses pemanasan sudah berhenti
 - Hasil *Flash Point* pada °C

e. Analisis *Pour Point*

- Peralatan
 - ASTM D-97
 - Sampel produk biodiesel
- Pelaksanaan
 - Menyalakan alat ASTM D-97
 - Menyiapkan gelas yang digunakan sebagai tempat *sample* produk biodiesel
 - Menuangkan produk biodiesel tersebut lebih kurang 100 mL sampai batas yang sudah ditentukan pada gelas
 - Meletakkan *thermometer* pada sampel dalam gelas
 - Meletakkan gelas dengan *thermometer* tadi ke dalam alat ASTM D-97
 - Mencatat suhu yang didapat jika sampel dalam gelas itu ketika dituangkan tidak mengalir

- Suhu yang dicatat ditambah 3 °C sebagai hasil dari *Pour Point*

- Hasil *Pour Point* °C

f. Analisis *Gas Chromatographic* (GC)

III.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 4 jenis, yaitu katalis yang digunakan, variabel konsentrasi katalis, daya *microwave*, dan waktu pemanasan di *microwave*. Variabel tiap jenisnya adalah sebagai berikut:

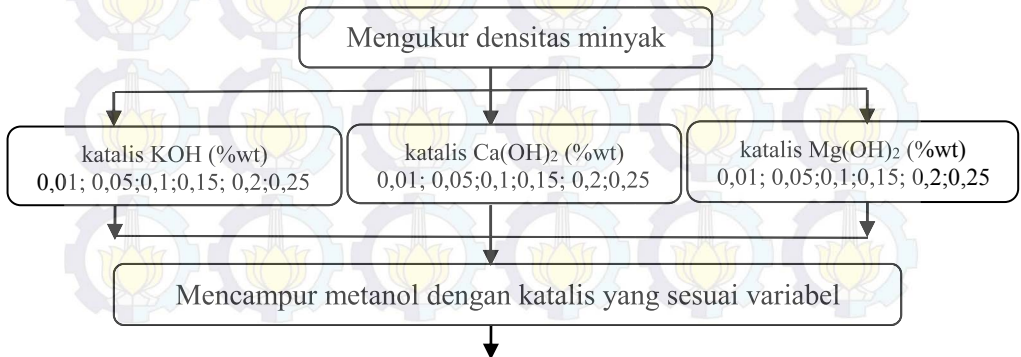
- o Katalis : KOH, Ca(OH)₂, Mg(OH)₂
- o Konsentrasi Katalis (%) : 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 (%wt)
- o Daya (watt) : 100, 264, 400 Watt
- o Waktu (menit) : 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5

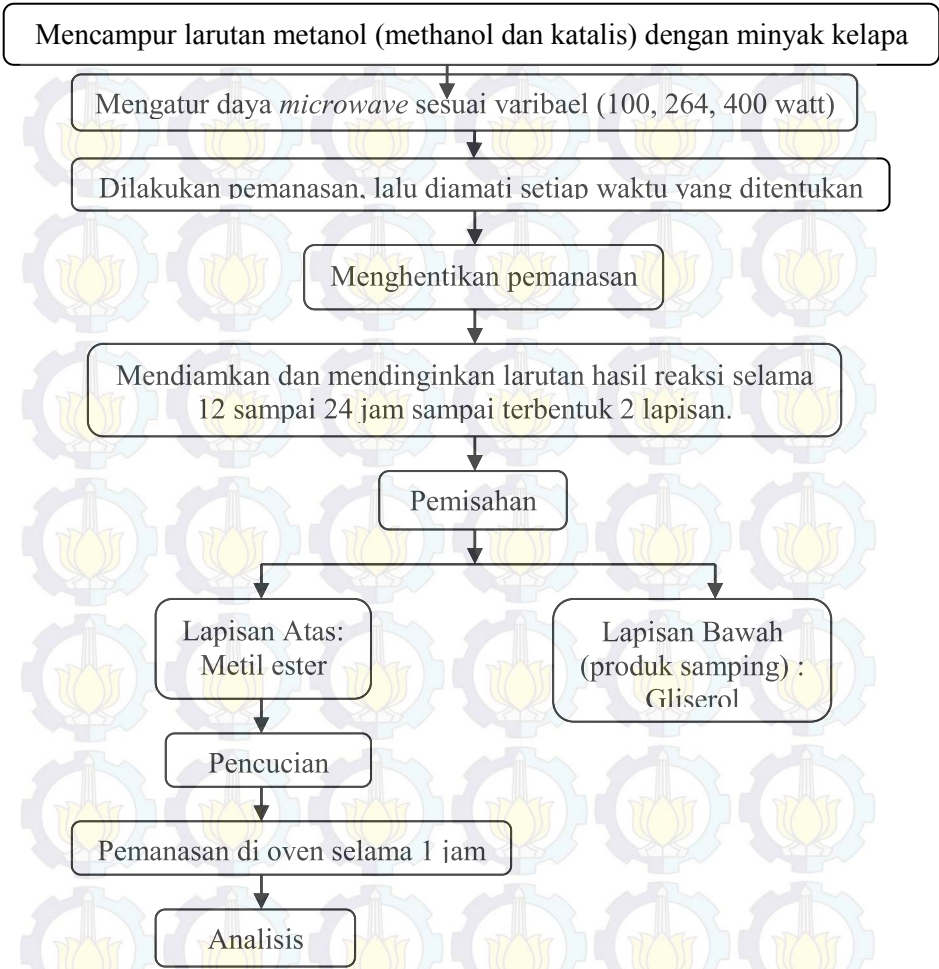
III.5 Kondisi Operasi

Kondisi operasi yang tetap dijaga dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tekanan atmosferik
2. Ratio minyak dan metanol 1 : 9 (mol)

III.6 Flowchart Prosedur Percobaan





Gambar III.2. Flowchart Prosedur Percobaan

III.7 Analisis Data

Biodiesel yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi minyak kelapa menggunakan katalis padat dianalisa dengan beberapa pengukuran untuk mengetahui kadar dan kualitas

1. Yield

$$\text{Yield} = \frac{\text{massa produk biodiesel} \times \text{kadar biodiesel}}{\text{massa minyak kelapa}} \times 100\%$$

2. % FFA

$$\% \text{ FFA biodiesel} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM asam lemak}}{m \text{ sampel} \times 1000} \times 100\%$$

3. Densitas

$$\text{Densitas} = \frac{\text{Massa pikno dan sample} - \text{massa pikno kosong}}{\text{Volume larutan sampel}}$$

4. Viskositas

$$\text{Viskositas} = \text{waktu pengukuran} \times \text{faktor koreksi}$$

Untuk menganalisis pengaruh variabel terhadap parameter yang diuji maka dilakukan plotting data antara:

1. % Yield biodiesel versus Waktu Pemanasan pada tiap daya, konsentrasi katalis, dan jenis katalis.
2. % Yield biodiesel versus % Konsentrasi katalis pada tiap waktu, daya dan jenis katalis.
3. Viskositas biodiesel versus Waktu Pemanasan pada tiap daya, konsentrasi katalis, dan jenis katalis.
4. Viskositas biodiesel versus % Konsentrasi katalis pada tiap waktu, daya dan jenis katalis.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian pembuatan biodiesel ini, bahan baku yang digunakan adalah minyak kelapa, katalis padat KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ serta methanol. Perbandingan mol minyak kelapa dengan methanol yang digunakan adalah 1:9. Pembuatan biodiesel dilakukan pada variasi daya microwave yang digunakan yaitu 100, 264, dan 400 Watt pada masing-masing katalis KOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Jumlah persen katalis masing-masing adalah 0,01%; 0,05%; 0,1%; 0,15%; 0,2%; dan 0,25%. Waktu yang digunakan pada penelitian ini adalah 30, 60, 90, 120, dan 150 detik. Pembuatan biodiesel ini dilakukan dengan semua variabel yang ada untuk mengetahui pengaruh dari keempat macam variabel pada produk biodiesel yang dihasilkan.

Tahapan awal sebelum melakukan percobaan dilakukan beberapa analisis data fisis minyak kelapa, yaitu densitas, viskositas, dan %FFA (*Free Fatty Acid*). Didapatkan data minyak kelapa dengan densitas sebesar 0,913 g/ml, viskositas minyak kelapa yaitu 27,15 cSt dan %FFA minyak kelapa sebesar 0,1712 %.

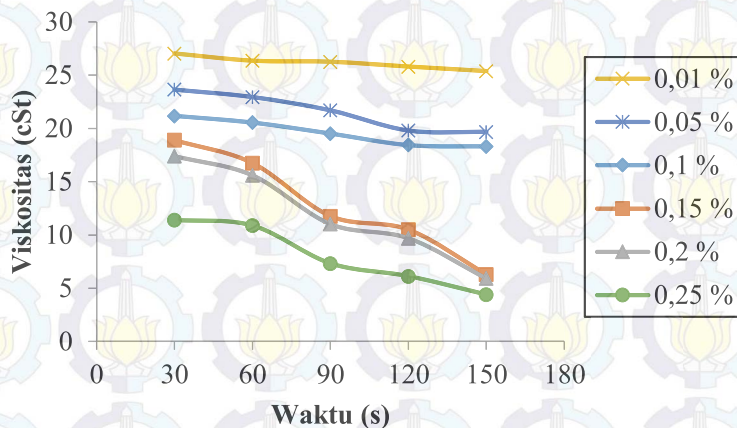
IV.1 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk Biodiesel

Minyak kelapa mempunyai viskositas kinematik yang tinggi, yaitu sebesar 25 - 30 cSt. (APCC Standard for Virgin Coconut Oil, 2008)

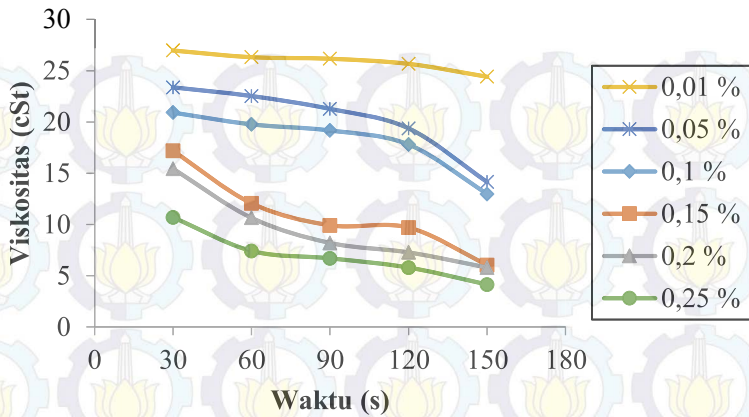
Dengan adanya proses transesterifikasi minyak kelapa menjadi biodiesel, maka akan terjadi penurunan pada viskositas kinematiknya. Dimana sesuai SNI 7182-2012, standar viskositas pada biodiesel adalah 2,3 – 6,0 cSt. Dari uji yang dilakukan pada biodiesel standard (80 % biodiesel dan 20 % solar) didapatkan viskositasnya adalah 3,035 cSt. Dimana nilai viskositas ini akan digunakan sebagai acuan pada analisis penelitian ini. Berdasarkan

penelitian yang telah dilakukan, pengaruh waktu pemanasan terhadap viskositas produk yang dihasilkan dapat terlihat pada grafik-grafik di bawah ini :

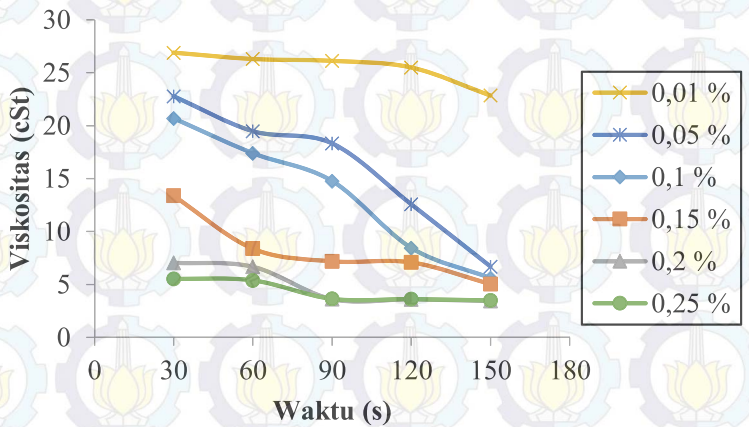
IV.1.1 Konsentrasi KOH



Gambar IV.1 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 100 Watt pada Katalis KOH



Gambar IV.2 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 264 Watt pada Katalis KOH



Gambar IV.3 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Katalis KOH

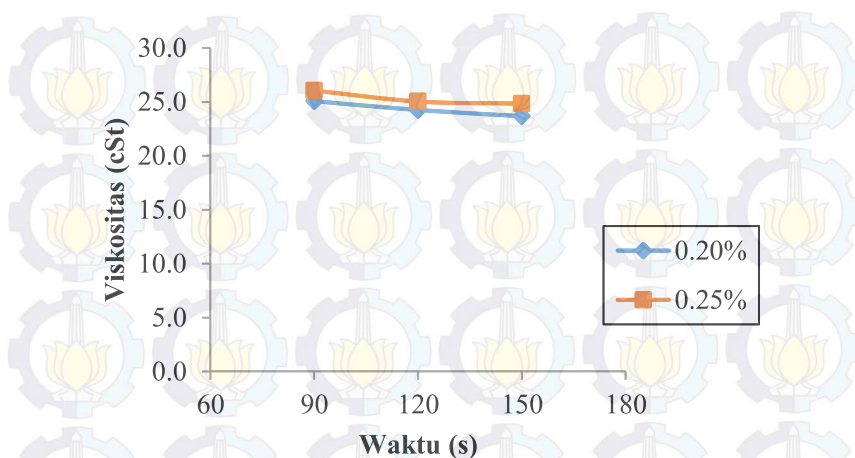
Gambar IV.1, IV.2, dan IV.3 menunjukkan bahwa nilai viskositas biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan katalis

KOH cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan pada proses transesterifikasi, maka nilai viskositas yang didapatkan semakin kecil. Viskositas terkecil yang didapatkan adalah 3,45 cSt (Gambar IV.3) dimana nilai ini sesuai dengan standard viskositas pada SNI 7182-2012. Nilai ini didapatkan pada waktu 150 detik dengan variable konsentrasi 0,2 % dan daya 400 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa pada daya 400 Watt (Gambar IV.3) merupakan daya yang terbaik dari ketiga variabel daya yang diujikan. Hal ini dikarenakan pada 100 dan 264 Watt masih menunjukkan adanya kecenderungan nilai dari viskositas yang terus menurun. Dengan demikian, adanya peningkatan daya akan memberikan efek thermal yang besar yang ditandai dengan adanya kenaikan suhu dan penurunan viskositas produk biodiesel yang dihasilkan. (Quitain et al, 2011).

Pada daya tersebut, nilai viskositas yang sesuai standard SNI adalah pada waktu 90-150 detik. Dimana nilai viskositasnya (konsentrasi 0,2 %) pada waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 3,625; 3,6; 3,45 cSt, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah 3,65; 3,625; 3,5 cSt. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu reaksi yang digunakan berbanding lurus dengan penurunan viskositas produk biodiesel yang dihasilkan. (Evangelista et al, 2012) Untuk nilai viskositas lainnya dapat dilihat pada tabel A.4 – tabel A.6. Dari pembahasan di atas terlihat bahwa waktu dan daya memberikan pengaruh yang besar terhadap viskositas yang dihasilkan.

Pentingnya nilai viskositas biodiesel ini karena dapat mempengaruhi kinerja dari mesin dan karakter emisinya. Semakin tinggi nilai viskositas menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk memompa dan menginjeksi bahan bakar. (Tesfa et al, 2010)

IV.1.2 Konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$

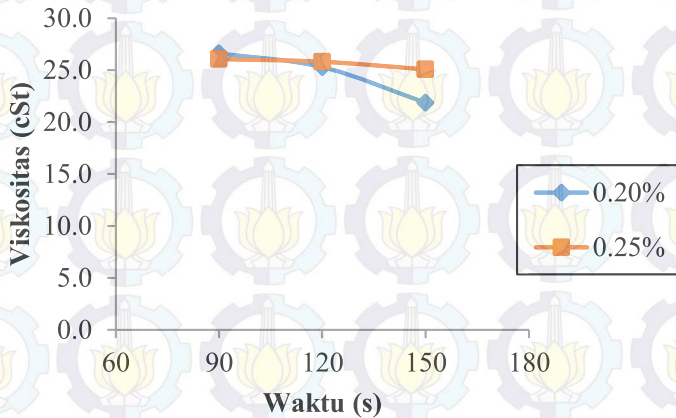


Gambar IV.4 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %

Dari Gambar IV.4 terlihat bahwa nilai viskositas biodiesel yang didapatkan dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ masih belum memenuhi standard dari biodiesel pada SNI, yaitu 2,3 – 6 cSt. Dimana nilai yang didapatkan pada konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 25,075; 24,25; 23,675 cSt, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah sebesar 26,05; 25,025; 24,825 cSt. Penggunaan variabel waktu pemanasan pada katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ini adalah 90-150 detik. Hal ini dikarenakan merujuk pada penelitian menggunakan katalis KOH, nilai viskositas terendah yang didapat berada pada waktu 90-150 detik. Katalis KOH menjadi rujukan disebabkan banyak penelitian terdahulu yang menggunakan KOH dan NaOH sebagai katalis homogen dalam proses pembuatan biodiesel. (Viriya-empikul et al, 2012) Dari pembahasan di atas terlihat bahwa variabel waktu yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang

besar terhadap viskositas yang dihasilkan dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

IV.1.3 Konsentrasi $\text{Mg}(\text{OH})_2$



Gambar IV.5 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %

Pada gambar IV.5 terlihat bahwa nilai viskositas biodiesel yang didapatkan dengan menggunakan katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ masih belum memenuhi standar dari biodiesel pada SNI. Dimana nilai yang didapatkan pada konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 26,625; 25,3; 21,875 cSt, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah sebesar 26,05; 25,8; 25,075 cSt. Sama halnya dengan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$, penggunaan variabel waktu pemanasan pada katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ adalah 90-150 detik. Tingginya nilai viskositas yang didapat dengan menggunakan katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dikarenakan lambatnya proses reaksi yang terjadi sehingga untuk mendapatkan produk biodiesel dengan viskositas 2,3 – 6 cSt, dibutuhkan waktu yang lebih lama. (Gryglewicz, 1999) Dari pembahasan di atas

terlihat bahwa variabel waktu yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap viskositas yang dihasilkan dengan menggunakan katalis $Mg(OH)_2$.

IV.2 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap *Yield* Produk Biodiesel

Yield merupakan perbandingan antara massa biodiesel yang dihasilkan (produk) dengan massa bahan baku (minyak kelapa awal). Data (massa biodiesel) yang didapat dari percobaan bukan merupakan biodiesel murni dikarenakan adanya *impurities* selama proses berlangsung. Namun, kemurnian suatu produk tersebut dapat dicari dengan menggunakan persamaan Arrhenis sebagai berikut

$$\ln(\eta_{\max}) = x_1 \ln(\eta_1) + x_2 \ln(\eta_2)$$

dimana η_{\max} : viskositas kinematik produk biodiesel

η_1 : viskositas kinematik minyak kelapa awal

η_2 : viskositas kinematik biodiesel standard
(80 % biodiesel dan 20 % solar)

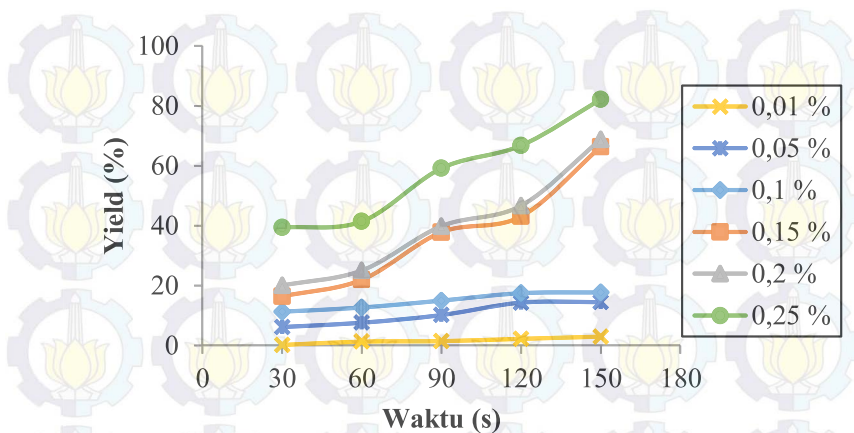
x_1 : kadar minyak kelapa awal (*mass fraction*)

x_2 : kadar biodiesel (*mass fraction*)

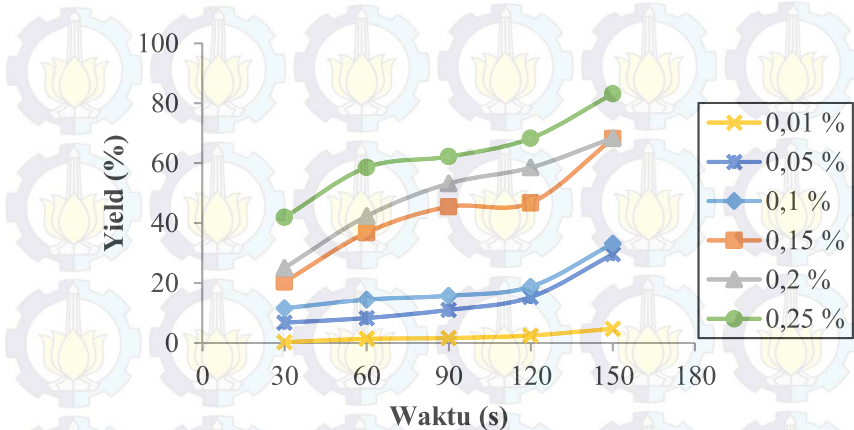
(Tesfa et al, 2010)

Dari hasil perhitungan, diperoleh grafik pengaruh waktu pemanasan terhadap *yield* produk yang dihasilkan sebagai berikut:

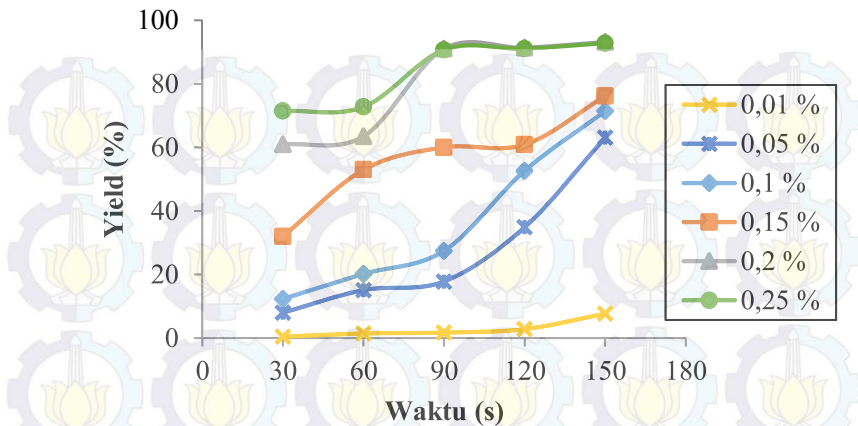
IV.2.1 Konsentrasi KOH



Gambar IV.6 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Yield Produk dengan Daya 100 Watt pada Katalis KOH



Gambar IV.7 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Yield Produk dengan Daya 264 Watt pada Katalis KOH

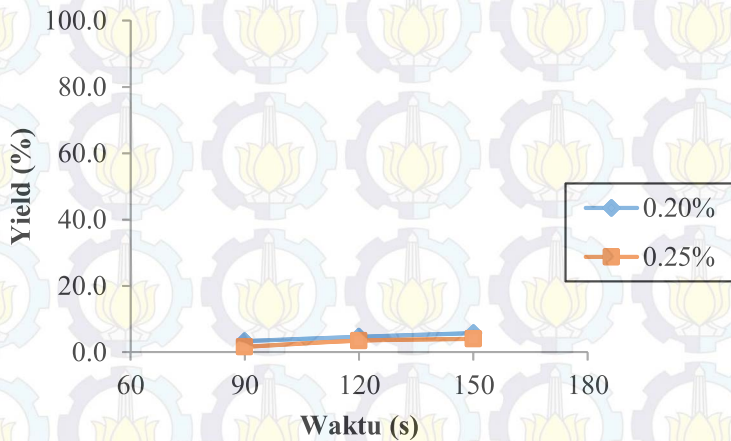


Gambar IV.8 Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap *Yield* Produk dengan Daya 400 Watt pada Katalis KOH

Dari gambar IV.6 sampai IV.8 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pemanasan, maka *yield* yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Meningkatnya nilai dari *yield* ini dikarenakan semakin lama waktu dari percobaan, maka semakin banyak trigliserida dalam minyak kelapa yang akan bereaksi dengan methanol dan menghasilkan biodiesel lebih banyak. Pada daya 100 dan 264 Watt terlihat bahwa masih ada kecenderungan dari *yield* itu naik, tetapi pada daya 400 Watt sudah mulai ada nilai yang konstan atau tidak ada perubahan yang signifikan pada *yield*-nya. Dimana *yield* yang konstan tersebut berada pada waktu 90-150 detik dan pada konsentrasi 0,2 dan 0,25 %. Nilai *yield* pada daya 400 Watt dan konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 91,140; 91,458; 93,225 %, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah 90,747; 91,093; 92,805 %. Dari data-data tersebut terlihat bahwa pada waktu 90 detik sudah mendapatkan *yield* di atas 90 % dan *yield* tertinggi pada waktu 150 detik. Untuk nilai *yield* lainnya dapat dilihat pada tabel A.7 – tabel A.9. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama

waktu yang dibutuhkan pada proses transesterifikasi maka akan menghasilkan tingginya *yield* dari biodiesel. (Serio et al, 2008) Dari pembahasan di atas terlihat bahwa waktu pemanasan memberikan pengaruh yang besar terhadap *yield* yang dihasilkan.

IV.2.2 Konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$



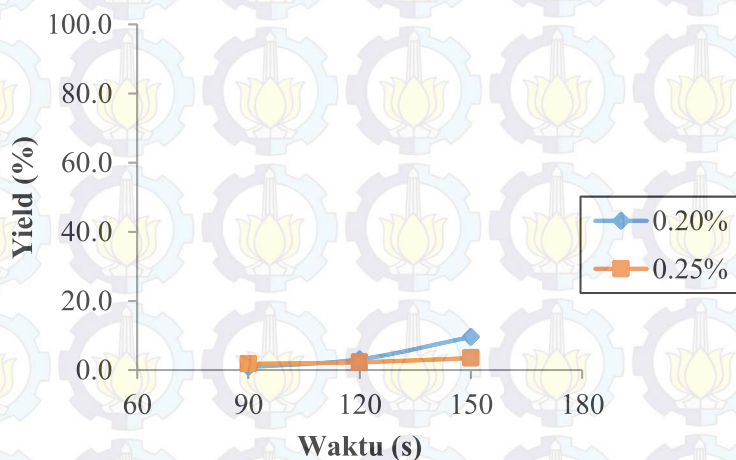
Gambar IV.9 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap *Yield* Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %

Pada katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terlihat bahwa *yield* yang didapatkan masih sangat rendah, meskipun variabel yang digunakan adalah variabel yang menghasilkan *yield* di atas 90% pada katalis KOH. Nilai *yield* pada konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 3,379; 4,692; 5,822 %, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % *yield*-nya sebesar 1,621; 3,488; 4,044 %. Rendahnya nilai *yield* ini dikarenakan lambatnya kecepatan reaksi dari proses transesterifikasi menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sehingga untuk mendapatkan *yield* yang lebih besar dibutuhkan waktu yang lebih lama. (Gryglewicz,

1999) Hal ini membuktikan bahwa variabel waktu yang diberikan dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tidak memberikan pengaruh pada *yield* yang didapatkan.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Serio et al, untuk mencapai *yield* sekitar 81 % dibutuhkan waktu selama 20 menit dan konsentrasinya sebesar 2 %. (Serio et al, 2008)

IV.2.3 Konsentrasi $\text{Mg}(\text{OH})_2$

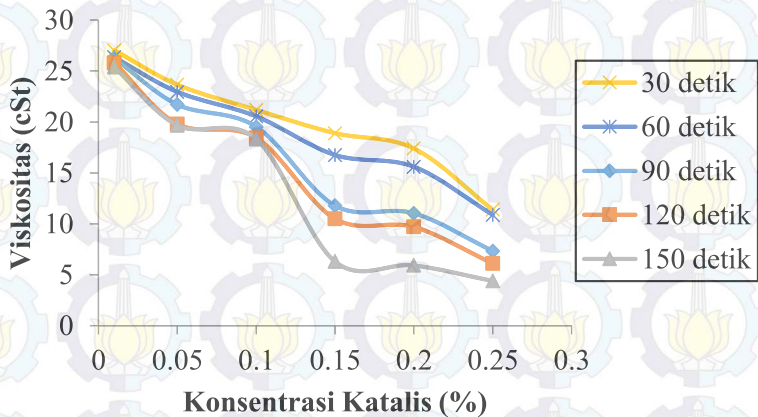


Gambar IV.10 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap *Yield* Produk dengan Daya 400 Watt pada Konsentrasi Katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 0,2 dan 0,25 %

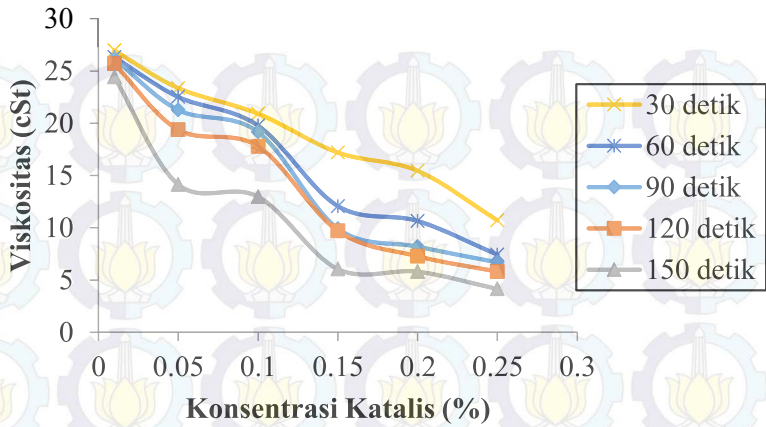
Pada gambar IV.10 juga menunjukkan bahwa katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan variabel konsentrasi, waktu, dan daya yang diberikan masih belum menghasilkan *yield* di atas 90 %. Dimana *yield* yang dihasilkan pada katalis ini adalah 0,828; 3,075; 9,529 % pada konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik. Pada konsentrasi 0,25 % didapatkan *yield* sebanyak 1,779; 2,248; 3,466 % dengan waktu berturut-turut 90, 120, dan 150 detik. Rendahnya nilai *yield* ini dikarenakan lambatnya kecepatan reaksi

dari proses transesterifikasi menggunakan katalis $Mg(OH)_2$ sehingga untuk mendapatkan *yield* yang lebih besar dibutuhkan waktu yang lebih lama. (Gryglewicz, 1999) Hal ini membuktikan bahwa variabel waktu yang diberikan dengan menggunakan katalis $Mg(OH)_2$ tidak memberikan pengaruh pada *yield* yang didapatkan.

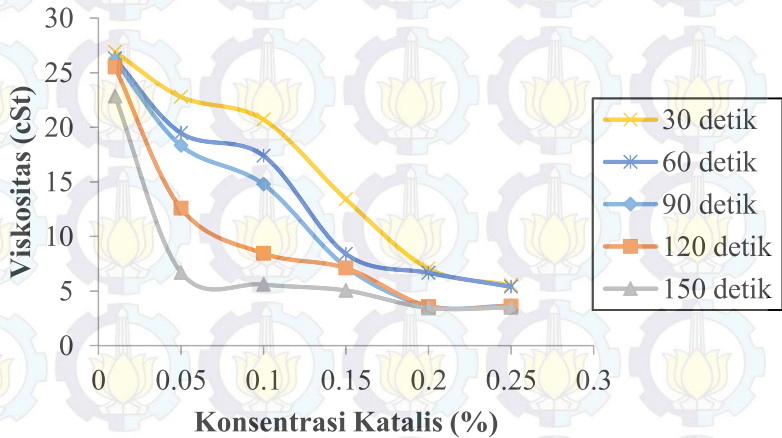
IV.3 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Viskositas Produk Biodiesel



Gambar IV.11 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 100 Watt



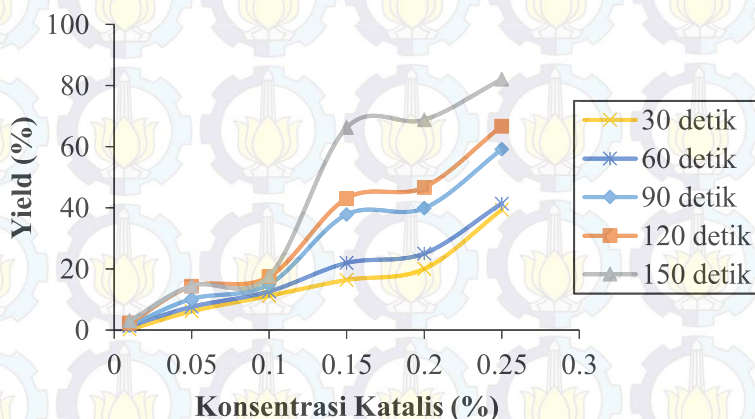
Gambar IV.12 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 264 Watt



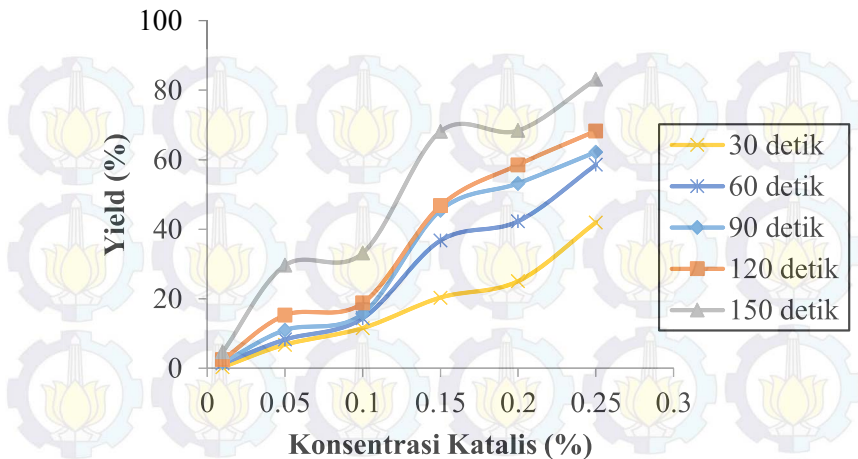
Gambar IV.13 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Viskositas Produk pada Daya 400 Watt

Dari gambar IV.11 dan IV.12 menunjukkan bahwa pada konsentrasi katalis KOH 0,01%, 0,05%, 0,1% dan 0,15% dengan waktu 30 – 150 detik belum menghasilkan viskositas yang sesuai standard SNI dari biodiesel yaitu 2,3 – 6 cSt. Sedangkan pada gambar IV.13 dapat dilihat bahwa pada daya 400 watt sudah mendapatkan viskositas biodiesel yang sesuai standard SNI dan viskositas tersebut tidak mengalami perubahan (konstan) di beberapa titik. Dimana nilai tersebut berada pada konsentrasi katalis 0,2% dan 0,25% dengan waktu reaksi 90 – 150 detik. Dimana nilai viskositasnya (konsentrasi 0,2 %) pada waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 3,625; 3,6; 3,45 cSt, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah 3,65; 3,625; 3,5 cSt. Untuk nilai viskositas lainnya dapat dilihat pada tabel A.4 – tabel A.6. Dari pembahasan di atas terlihat bahwa konsentrasi katalis dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap viskositas dari biodiesel.

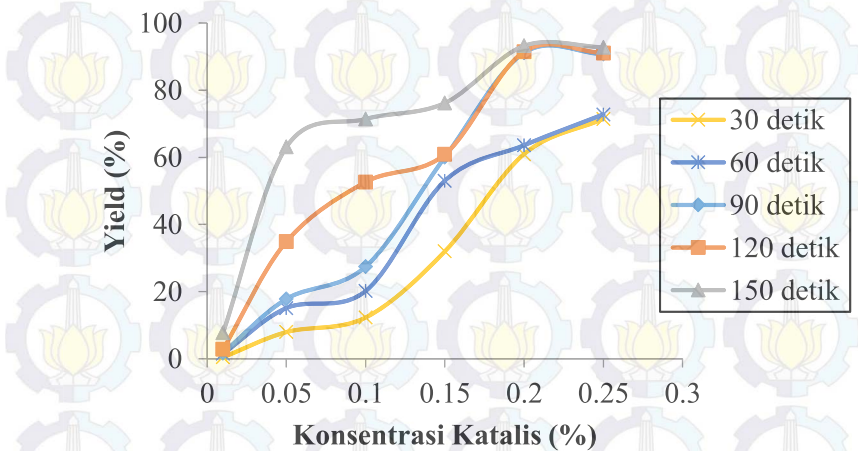
IV.4 Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap *Yield* Produk Biodiesel



Gambar IV.14 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap *Yield* Produk pada Daya 100 Watt



Gambar IV.15 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Yield Produk pada Daya 264 Watt



Gambar IV.16 Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH terhadap Yield Produk pada Daya 400 Watt

Dari gambar IV.14 sampai IV.16 dapat dilihat bahwa semakin banyak konsentrasi katalis dari KOH yang digunakan, maka *yield* yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Meningkatnya nilai dari *yield* ini dikarenakan semakin banyak trigliserida dalam minyak kelapa yang akan bereaksi dengan methanol dengan bantuan katalis yang lebih banyak yang akan menghasilkan biodiesel lebih banyak. Pada daya 100 dan 264 Watt terlihat bahwa masih ada kecenderungan dari *yield* itu naik, tetapi pada daya 400 Watt sudah mulai ada nilai yang konstan atau tidak ada perubahan yang signifikan pada *yield*-nya. Dimana *yield* yang konstan tersebut berada pada waktu 90-150 detik dan pada konsentrasi 0,2 dan 0,25 %. Nilai *yield* pada daya 400 Watt dan konsentrasi 0,2 % dengan waktu 90, 120, dan 150 detik berturut-turut adalah 91,140; 91,458; 93,225 %, sedangkan pada konsentrasi 0,25 % adalah 90,747; 91,093; 92,805 %. Dari data-data tersebut terlihat bahwa pada waktu 90 detik sudah mendapatkan *yield* di atas 90 % dan *yield* tertinggi pada waktu 150 detik. Untuk nilai *yield* lainnya dapat dilihat pada tabel A.7 – tabel A.9.

Dari pembahasan di atas terlihat bahwa penambahan konsentrasi dari katalis memberikan pengaruh yang besar terhadap *yield* yang dihasilkan. Namun, terlihat bahwa nilai 0,2 % menghasilkan *yield* yang lebih tinggi dibandingkan dengan 0,25 %. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi katalis yang melebihi kadar optimum akan meningkatkan pembentukan sabun sehingga *yield* berkurang. Menurut penelitian Ong, penambahan katalis juga menaikkan *yield* hingga suatu titik optimal. Apabila melebihi titik optimal tersebut, penambahan katalis justru akan mengurangi *yield*. (Ong, 2013)

IV.5 Perbandingan Metode Pemanasan menggunakan *Microwave* dan secara Konvensional terhadap *Yield Biodiesel*

Metode pemanasan menggunakan *microwave* sudah banyak diteliti dikarenakan hal tersebut dapat mengurangi

penggunaan katalis yang dibutuhkan dan waktu yang diberikan pada saat proses transesterifikasi pembuatan biodiesel. Dimana hal tersebut dapat memberikan efisiensi yang lebih dan *low cost* dibandingkan dengan menggunakan metode pemanasan secara konvensional. Pada pemanasan secara konvensional dibutuhkan waktu yang lebih lama dan penggunaan katalis yang lebih banyak untuk menghasilkan yang tinggi. Hal ini dapat ditunjukkan dari tabel di bawah ini tentang perbandingan *yield* hasil percobaan dari penelitian ini (penggunaan *microwave*) dan penelitian oleh Azcan (secara konvensional) (Azcan et al, 2007).

Tabel IV.1 Perbandingan *Yield* Biodiesel dengan menggunakan Metode Pemanasan *Microwave* pada Daya 400 Watt dan Konvensional

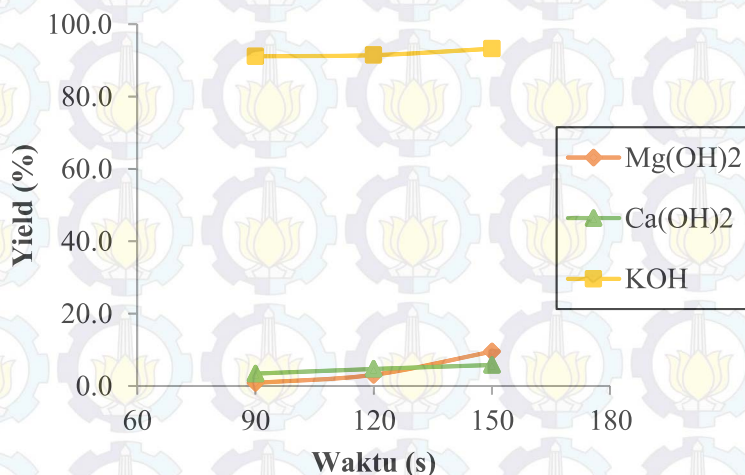
Metode Pemanasan	Waktu Reaksi	Konsentrasi Katalis KOH (%)	<i>Yield</i> Biodiesel (%)
Microwave	90 detik	0,2	91,14
	120 detik		91,458
	150 detik		93,225
Konvensional (Azcan et al, 2007)	30 menit	1,5	91,4
	45 menit		88,6
	60 menit		88,5

Dari tabel di atas terlihat bahwa untuk menghasilkan *yield* di atas 90 %, pada metode konvensional dibutuhkan waktu reaksi selama 30 menit, sedangkan waktu yang dibutuhkan dengan menggunakan *microwave* adalah 90 detik. Hal ini juga berlaku pada konsentrasi katalisnya, dimana dengan menggunakan metode konvensional dibutuhkan 1,5 % katalis KOH, sedangkan pada *microwave* hanya dibutuhkan 0,2 % katalis KOH. Perbedaan ini menunjukkan bahwa proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan gelombang mikro dapat memberikan *yield* yang maksimal meskipun dengan waktu

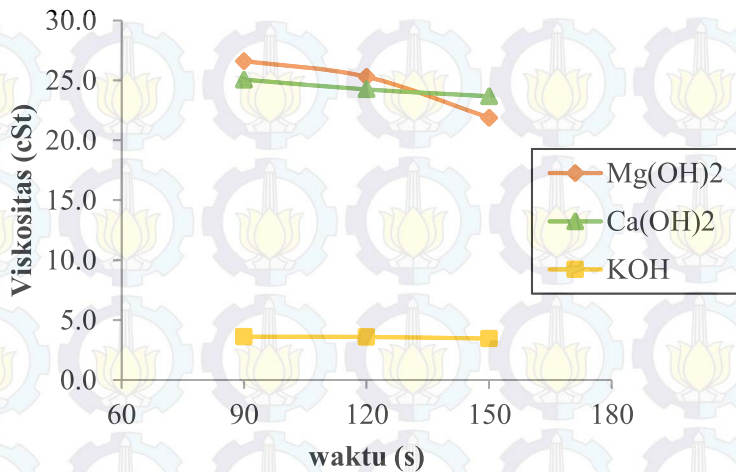
pemanasan yang lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional (Gude et al, 2013). Persamaan ini juga berlaku pada penggunaan konsentrasi katalis, dimana dengan menggunakan katalis yang lebih sedikit sudah menghasilkan *yield* di atas 90 % pada microwave dibandingkan dengan metode konvensional (Azcan et al, 2007).

IV.6 Perbedaan Katalis KOH, Ca(OH)_2 , dan Mg(OH)_2 terhadap Viskositas dan *Yield* Produk Biodiesel

Dalam pembuatan biodiesel, katalis sangat berperan penting dalam memecah ikatan molekul dari minyak menjadi metil atau etil ester pada bahan bakar biodiesel secara kimiawi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui katalis mana yang dapat menghasilkan biodiesel dengan maksimal. Di bawah ini menunjukkan perbedaan viskositas dan *yield* dari biodiesel dari tiap katalis.



Gambar IV.17 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap *Yield* Produk dengan Daya 400 Watt dan Konsentrasi Katalis 0,2 % pada Katalis KOH, Ca(OH)_2 , dan Mg(OH)_2



Gambar IV.18 Pengaruh Waktu Pemanasan (90-150 detik) terhadap Viskositas Produk dengan Daya 400 Watt dan Konsentrasi Katalis 0,2 % pada Katalis KOH, Ca(OH)₂, dan Mg(OH)₂

Pada gambar di atas, dapat terlihat bahwa katalis KOH memberikan hasil yang lebih baik dimana viskositasnya berada pada kisaran nilai 2,3 – 6 cSt dan yieldnya di atas 90%. Namun, viskositas dan yield pada katalis Ca(OH)₂ dan Mg(OH)₂ masih belum memenuhi standard SNI dari biodiesel dimana viskositasnya di atas 20 cSt dan belum menghasilkan biodiesel yang banyak dimana yieldnya di bawah 10%. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, dimana *alkaline metal hydroxides* (KOH dan NaOH) adalah salah satu katalis yang memberikan konversi tinggi pada pembuatan biodiesel hanya dengan menaikkan sedikit (1% atau 2% mol) konsentrasi katalisnya. (Schuchardt et al, 1998)

IV.7 Karakteristik Kualitas Produk Biodiesel

Pada tabel IV.2, IV.3, dan IV.4 menunjukkan karakteristik kualitas sampel produk biodiesel dengan menggunakan katalis KOH, katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa hasil produk biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi kualitas SNI 7128:2012.

Tabel IV.2 Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan Katalis KOH

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	0,863	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	3,45	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	110	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	3	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	280	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	0,9172	X-RAY

Tabel IV.3 Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$

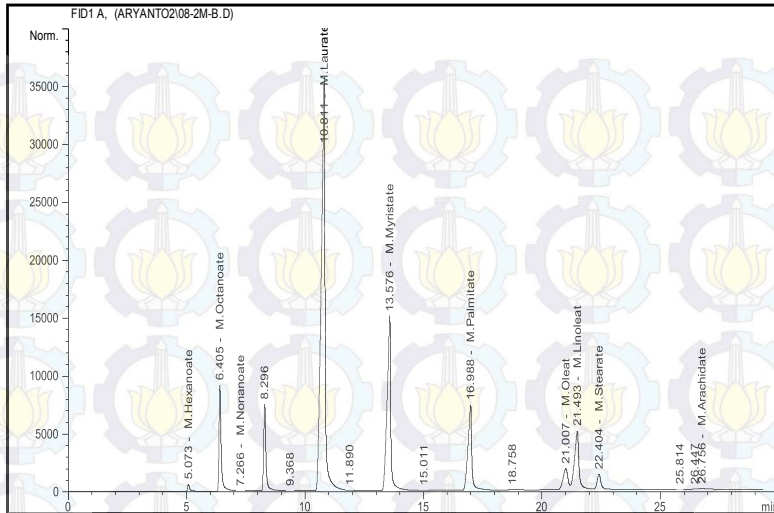
No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	-	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	-	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	>200	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	23	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	-	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	-	X-RAY

Tabel IV.4 Karakteristik Kualitas Biodiesel dengan menggunakan katalis $Mg(OH)_2$

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	-	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	-	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	>200	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	23	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	-	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	-	X-RAY

IV.8 Hasil Analisis *Gas Chromatography* (GC) pada Produk Biodiesel dan Minyak Kelapa

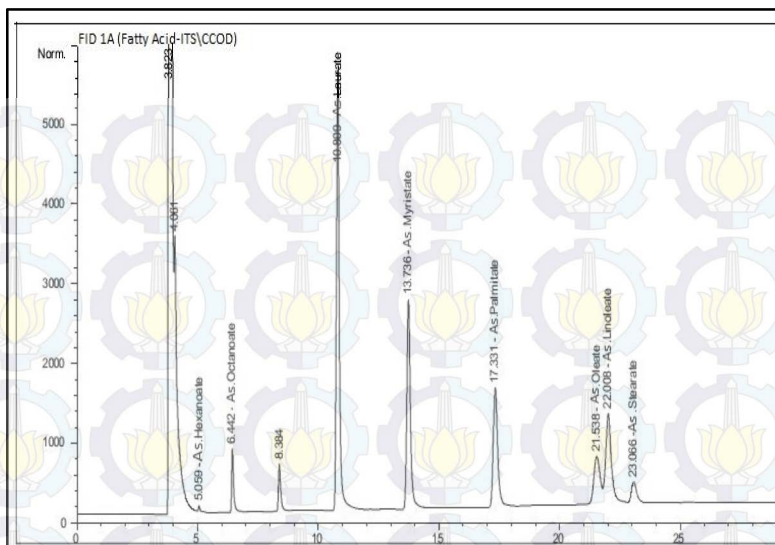
Analisa *Gas Chromatography* (GC) bertujuan untuk mengetahui komponen asam lemak yang terbentuk menjadi *fatty acid methyl ester* (FAME).



Gambar IV.19 Hasil Analisa GC dari Biodiesel pada Konsentrasi Katalis KOH 0,2 % dengan daya 400 watt pada waktu 150 detik

Tabel IV.5 Komposisi dari Analisis GC pada Biodiesel

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
M. Hexanoate	9.926,78029	0,008
M. Octanoate	168.319	0,143
M. Nonanoate	390,41786	0,0003
M. Laurate	622.972	0,531
M. Myristate	225.639	0,192
M. Palmitate	103.452	0,088
M. Heptadecanoate	-	0
M. Oleat	12.557,8	0,011
M. Linoleat	21.649,2	0,018
M. Stearate	4.789,48584	0,004
M. Arachidate	3.373,69923	0,003
TOTAL	1.173.070	1



Gambar IV.20 Hasil Analisa GC pada Minyak Kelapa Barco

Tabel IV.6 Komposisi dari Analisis GC pada Minyak Kelapa

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
As. Hexanoate	1.157,10499	0,007
As. Octanoate	129.985	0,075
As. Nonanoate	-	0
As. Laurate	70.447,9	0,409
As. Myristate	37.924,6	0,22
As. Palmitate	23.459,5	0,136
As. Heptadecanoate	-	0
As. Oleat	16.347,5	0,095
As. Linoleat	8.753,38182	0,051
As. Stearate	1.096,94699	0,006
As. Arachidate	-	0
TOTAL	172.185	1

Berdasarkan hasil analisa GC di atas, diketahui bahwa komposisi asam lemak minyak kelapa merk Barco yang terbentuk

menjadi metil ester di dominasi oleh Metil Laurat sebesar 53,1 % dan Metil Miristat sebesar 19,2 %. Hasil ini sesuai dengan hasil GC bahan baku dengan komposisi minyak kelapa yang menyebutkan bahwa asam lemak yang dominan dalam minyak kelapa adalah Asam Laurat adalah 40,9 % dan Asam Miristat 22 %. Dimana Asam Laurat memiliki kandungan unsur C 12 dan menurut standarnya, biodiesel memiliki kandungan unsur C 12 – C 20.

Dari data diatas menunjukkan bahwa asam lemak bebas yang berada pada minyak kelapa mengikat gugus alkil pada methanol dan menghasilkan metil ester tiap komponen asam lemak bebasnya. Metil ester ini biasa disebut dengan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) atau biodiesel.



DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, A.K. dan L.M. Das. 2001. "*Biodiesel Development and Characterization for Use as a Fuel in Compression Ignition Engines*". Madison: University of Wisconsin

Atabani, A.E., Silitonga A.S., Irfan Anjum Badruddin, Mahlia T.M.I., Masjuki H.H., dan Mekhilef S. 2012. "*A Comprehensive Review on Biodiesel as An Alternative Energy Resource and Its Characteristic*". Malaysia: University of Malaysia

Azcan, Nezihe dan Aysegul Danisman. 2007. "*Alkali Catalyzed Transesterification of Cottonseed Oil by Microwave Irradiation*". Turkey: Anadolu University

Department, Physics. 1983. "*Thermal Efficiency of Coconut Oil as A Compression Ignition Fuel*". Townsville Australia: James Cook University of North Queensland

Evangelista, Joao P.C., Thiago Chellapa, Ana C.F. Coriolano, Valter J. Fernandes Jr., Luiz D. Souza, dan Antonio S. Araujo. 2012. "*Synthesis of Alumina Impregnated with Potassium Iodide Catalyst for Biodiesel Production from Rice Bran Oil*". Brazil: Federal University of Rio Grande do Norte

Freedman, B., Butterfield R.O., dan Pryde E.H. 1986. "*Transesterification Kinetics of Soybean Oil*". Amerika: J. Am. Oil Chem. Society

Gryglewicz, S. 1999. "*Rapeseed Oil Methyl Esters Preparation using Heterogeneous Catalysts*". Poland: Institute of Chemistry and Technology of Petroleum and Coal

Gude, Veera Gnaneswar, Prafulla Patil, Edith Martinez-Guerra, Shuguang Deng, dan Nagamany Nirmalakhandan. 2013.

“Microwave Energy Potential for Biodiesel Production”.
Amerika: Sustainable Chemical Processes

Hikmah, Maharani Nurul dan Zuliyana. 2010. *“Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi”*. Semarang: Universitas Diponegoro

Hui, Y.H. 1996. *“Bailey’s Industrial Oil and Fat Products: Industrial and Consumer Non Edible Products from Oils and Fats”*. New York: John Wiley & Sons

Joelianingsih, Armansyah H. Tambunan, Hiroshi Nabetani, Yasuyuki Sagara, dan Kamaruddin Abdullah. 2006. *“Perkembangan Proses Pembuatan Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Nabati (BBN)”*. Bogor: Institut Pertanian Bogor

Kementrian ESDM. 2010. *“Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia”*. Jakarta: Kementrian ESDM

Ketaren, S. 1986 *“Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan”*. Jakarta: UI-Press

Khan, Adam Karl. 2002. *“Research into Biodiesel Kinetics & Catalyst Development”*. Brisbane: University of Queensland

Kouzu, Masato. Takekazu Kasuno, Masahiko Tajika, Yoshikazu Sugimoto, Shinya Yamanaka, dan Jusuke Hidaka. 2008. *“Calcium Oxide as a Solid Base Catalyst for Transesterification of Soybean Oil and Its Application to Biodiesel Production”*. Kyoto: Doshisha University

Lertsathapornasuk, V., R. Pairintra, K. Krisnangkura, dan S. Chindaruksa. 2005. *“Direct Conversion of Used Vegetable Oil to Biodiesel and Its Use as an Alternative Fuel for Compression Ignition Engine”*. Bangkok: King Mongkut’s University of Technology Thonburi

- Mahajan, Amita, A.S. Ahluwalia, dan Pururava Mahajan. 2011. *“Properties of Biodiesel Produced from Various Oilseeds”*. India: Rayat and Bahra Institute of Engg. And Biotechnology
- Ong, H.C., A.S. Silitonga, H.H. Masjuki, T.M.I. Mahlia, W.T. Chong dan M.H. Boosroh. 2013 *“Production and Comparative Fuel Properties of Biodiesel From Non-Edible Oils : Jatropha curcas, Sterculia foetida and Ceiba pentandra”*. Kuala Lumpur: University of Malaya
- Perry, Robert H. 2008. *“Perry’s Chemical Engineers’ Handbook”*. New York: Mc Graw-Hill
- Quitain, T.A., Hrioyuki D., Katoh, S., dan Moriyoshi, T. 2011. *“Microwave-Assisted Hydrothermal Degradation of Silk Protein to Amino Acids”*. Japan: Kumamoto University
- Serio, Martino Di, Riccardo Tesser, Lu Pengmei, dan Elio Santacesaria. 2008. *“Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production”*. Napoli: Universita di Napoli
- Schuchardt, Ulf, Ricardo Sercheli, dan Rogerio Matheus Vargas. 1998. *“Transesterification of Vegetable Oils: a Review”*. Brazil: Universidade federal da Bahia
- Silva, Nivea De Lima Da, Cesar Batistella, Rubens Maciel Filho, dan Maria Regina Wolf Maciel. 2011. *“Determination of Castor Oil Molecular Weight by Vapour Pressure Osmometry Technique”*. Brazil: University of Campinas
- Sivasamy, Arumugam, Kien Yoo Cheah, Paolo Fornasiero, Francis Kemausuor, Sergey Zinoviev, dan Stanislav Miertus. 2009. *“Catalytic Applications in the Production of Biodiesel from Vegetable Oils”*. Weinheim: Willey-VCH Verlag GmbH & Co
- SNI. 1995. *“SNI 01-3741-1995 Syarat Mutu Minyak Goreng”*. Jakarta: Departemen Perindustrian

SNI. 2012. “SNI 7182:2012 Biodiesel”. Jakarta: BSN

Tesfa, B., Mishra R., Gu F., dan Powles N. 2010. “*Prediction Models for Density and Viscosity of Biodiesel and Their Effects on Fuel Supply System in CI Engines*”. Queensgate: University of Huddersfield

Viriya-empikul, N, Krasae P., Nualpaeng W., Yoosuk B., dan Faungnawakij K. 2012. “*Biodiesel Production over Ca-based Solid Catalysts Derived from Industrial Wastes*”. Thailand: National Nanotechnology Center (NANOTEC)

Widodo, T.W. dan Elita R. 2011. “*Current Status of Bioenergy Development in Indonesia*”. Serpong: Indonesian Center for Agricultural Engineering Research and Development (ICAERD)

www.apccsec.org . “*APCC Standard for Virgin Coconut Oil*”. diakses pada tanggal 3 Juni 2015, pukul 14:16

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Produk Biodiesel dapat dihasilkan menggunakan metode radiasi *microwave* dengan katalis KOH dimana konsentrasi katalisnya 0,2 % serta kondisi operasinya pada waktu reaksi 90 detik dan daya 400 Watt.
2. Konsentrasi katalis memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* dari biodiesel yang dihasilkan sampai pada konsentrasi 0,2 % pada KOH. Pada konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ tidak memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* dari biodiesel yang dihasilkan.
3. Daya memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* dari biodiesel yang dihasilkan sampai pada daya 400 Watt.
4. Waktu pemanasan memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas dan *yield* dari biodiesel yang dihasilkan sampai pada waktu 90 detik.

V.2 Saran

1. Penelitian lebih lanjut tentang pembuatan biodiesel dari minyak kelapa menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dengan konsentrasi lebih besar dan waktu yang lebih lama.
2. Melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dengan menggunakan bahan baku minyak yang berbeda, dengan konsentrasi yang sama.



Halaman ini sengaja dikosongkan

APPENDIKS A CARA PERHITUNGAN

A.1 Perhitungan BM minyak kelapa :

Tabel A.1 Perhitungan BM Minyak Kelapa

Asam Lemak Jenuh	BM (mg/mmol)	Massa (mg)	Mol (mmol)
Asam Hexanoate	144	1157,10499	8,035
Asam Octanoate	172	12998,5	75,573
Asam Laurate	200	70447,9	352,240
Asam Myristate	228	37924,6	166,336
Asam Palmitate	256	23459,5	91,639
Asam Stearate	284	1096,94699	3,862
Total		147084,55198	697,685

Asam Lemak Tidak Jenuh	BM (mg/mmol)	Massa (mg)	Mol (mmol)
Asam Oleat	282	16347,5	57,970
Asam Linoleat	280	8753,38182	31,262
Total		25100,88182	89,232

- Total massa asam lemak = massa Asam Lemak Jenuh
+ massa Asam Lemak Tidak Jenuh
= 147084,55198mg+25100,88182mg
Total massa asam lemak = 172185,43380 mg

- Total mol Asam lemak = mol Asam Lemak Jenuh
+ mol Asam Lemak Tidak Jenuh
= 697,685 mmol + 89,232 mmol
= 786,917 mmol

- BM campuran asam lemak = $\frac{\text{Total massa asam lemak}}{\text{Total mol Asam Lemak}}$
 = $\frac{172185,43380 \text{ mg}}{786,917 \text{ mmol}}$
 = 218, 810 mg/mmol
 = 218, 810 g/mol

- Sehingga, BM Minyak Kelapa = $(\text{BM}_{\text{campuran asam lemak}} * 3) + \text{BM}_{\text{gliserol}} - (\text{BM}_{\text{air}} * 3)$
 = $(218,810 \text{ g/mol} * 3) + 92 \text{ g/mol} - 54 \text{ g/mol}$
 = 694,431 g/mol
 (Silva et al, 2011)

A.2 Perhitungan kebutuhan katalis :

ρ minyak kepala = 0,913 g/mL
V minyak kelapa = 50 mL
Kebutuhan KOH = $\frac{\text{volume MK} \times \rho \text{ MK} \times \% \text{ katalis}}{100}$
Contoh perhitungan :
0,01 % KOH = $\frac{50\text{mL} \times 0,913 \text{ g/mL} \times 0,01}{100}$
= 0,004565 gram

A.3 Perhitungan kebutuhan metanol :

BM minyak kelapa = 694,431 g/mol
BM metanol = 32 g/mol
 ρ metanol = 0,784 g/mL
Kebutuhan metanol = $\frac{\text{volume MK} \times \rho \text{ MK} \times \text{ratio metanol} \times \text{BM metanol}}{\text{BM MK} \times \rho \text{ metanol}}$

Rasio 1:9 = $\frac{50\text{mL} \times 0,913\text{g/mL} \times 9 \times 32 \text{ g/mol}}{694,431 \text{ g/mol} \times 0,784 \text{ g/mL}}$
= 24,148 mL \approx 25 mL

A.4 Perhitungan viskositas :

Viskositas = $t \times k$

dimana : t = waktu yang dibutuhkan sample dari titik a sampai b (detik)

k = faktor pengali dari viskometer yang digunakan (2,5)

Contoh perhitungan :

-Viskositas pada variabel daya 400 Watt, konsentrasi katalis KOH 0,2% pada waktu 150 detik

-Waktu (t) = 1,38 sekon

-Viskositas = 1,38 sekon \times 2,5 = 3,45 cSt

-Hasil perhitungan untuk variabel lain ditampilkan dalam tabel A.4, tabel A.5 dan tabel A.6 (katalis KOH), Sedangkan pada tabel A.10 (katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan tabel A.12 (katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$)

A.5 Perhitungan densitas :

$$\text{Densitas } (\rho) = \frac{m_2 - m_1}{v \text{ larutan sampel}}$$

dimana : m_1 = massa kosong pikno (gram)

m_2 = massa pikno + sampel (gram)

v larutan sampel = 4,9975 ml

Contoh perhitungan pada konsentrasi variabel daya 400 Watt, konsentrasi katalis KOH 0,2% pada waktu 150 detik,

Massa piknometer kosong = 8,7146 gram

Massa piknometer + Biodiesel = 13,0275 gram

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{13,0275 - 8,7146}{4,9975} = 0,8630 \text{ gram/mL}$$

Hasil perhitungan untuk variabel lain ditampilkan dalam tabel A.4, tabel A.5 dan tabel A.6 (katalis KOH), Sedangkan pada tabel A.10 (katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan tabel A.12 (katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$)

A.6 Perhitungan %FFA minyak kelapa

$$\bullet \text{ \% FFA} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{BM asam lemak}}{m \text{ sampel} \times 1000} \times 100\%$$

Dimana :

V NaOH = Volume NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi(mL)

N NaOH = Normalitas NaOH

BM asam lemak = Berat Molekul asam lemak
m sampel = massa sampel (g)

Contoh perhitungan % FFA pada minyak kelapa:

Normalitas NaOH = 0,1 N

BM rata-rata Asam Lemak = 214 gram/mol

Volume NaOH untuk titrasi = 0,4 mL

Massa sampel = 5 gram

$$\% \text{ FFA} = \frac{0,4 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N} \times 214 \text{ gram/mol}}{5 \text{ gram} \times 1000} \times 100\% = 0,1712 \%$$

A.7 Perhitungan yield biodiesel :

Perhitungan yield menggunakan pendekatan penurunan viskositas dari minyak kelapa menjadi biodiesel, Kadar produk biodiesel didapat dari :

$$\ln \eta_{\text{Biodiesel}} = \eta_1 \ln \eta_1 + x_2 \ln \eta_2$$

dimana,

$$x_1 + x_2 = 1, \text{ sehingga}$$

$$\ln \eta_{\text{biodiesel}} = (1 - x_2) \ln \eta_1 + x_2 \ln \eta_2$$

$$\ln \eta_{\text{biodiesel}} = \ln \eta_1 - x_2 \ln \eta_1 + x_2 \ln \eta_2$$

$$\ln \eta_{\text{biodiesel}} = \ln \eta_1 - x_2 (\ln \eta_1 - \ln \eta_2)$$

$$x_2 (\ln \eta_1 - \ln \eta_2) = \ln \eta_1 - \ln \eta_{\text{biodiesel}}$$

$$x_2 = \frac{\ln \eta_1 - \ln \eta_{\text{biodiesel}}}{\ln \eta_1 - \ln \eta_2}$$

(Tesfa et al, 2010)

dimana :

η_1 = Viskositas minyak kelapa awal sebelum proses trans-esterifikasi

$\eta_{\text{biodiesel}}$ = Viskositas produk biodiesel

η_2 = Viskositas standard (80% biodiesel dan 20% solar)

x_2 = kadar biodiesel dalam produk (hasil trans-esterifikasi)

Persamaan yang digunakan adalah :

$$Yield = \frac{\text{massa produk biodiesel}}{\text{massa minyak kelapa}} \times 100\%$$

$$Yield = \frac{\text{massa sampel produk} \times \text{kadar biodiesel pada sampel}}{\text{massa minyak kelapa}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan variabel daya 400 Watt dengan konsentrasi katalis 0,2 % KOH pada waktu 150 detik,

$$\eta_1 = 27,15 \text{ cSt}$$

$$\eta_2 = 3,035 \text{ cSt}$$

$$\eta_{\text{biodiesel}} = 3,45 \text{ cSt}$$

Sehingga;

$$x_2 = \frac{\ln \eta_1 - \ln \eta_{\text{biodiesel}}}{\ln \eta_1 - \ln \eta_2} \times 100\%$$

$$x_2 = \frac{\ln 27,15 - \ln 3,45}{\ln 27,15 - \ln 3,035} \times 100\%$$

$$x_2 = 94,151\%$$

Menghitung yield biodiesel

$$\text{Kadar biodiesel} = 94,151\%$$

$$\text{Massa biodiesel} = 45,201 \text{ gram}$$

$$\text{Massa minyak kelapa} = 45,650 \text{ gram}$$

$$Yield = \frac{\text{massa sampel produk} \times \text{kadar biodiesel pada sampel}}{\text{massa minyak kelapa}} \times 100\%$$

$$Yield = \frac{45,201 \times 0,94151}{45,650} \times 100\%$$

$$Yield = 93,225\%$$

Hasil perhitungan variabel lain ditampilkan dalam tabel A.7, tabel A.8 dan tabel A.9 (katalis KOH), Sedangkan pada tabel A.11 (katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan tabel A.13 (katalis $\text{Mg}(\text{OH})_2$)

A.8 Perhitungan komposisi dari Analisa GC pada Minyak Kelapa

Tabel A.2 Komposisi dari Analisis GC pada Minyak Kelapa

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
Asam Hexanoate	1.157,10499	0,007
Asam Octanoate	129,985	0,075
Asam Nonanoate	-	0
Asam Laurate	70.447,9	0,409
Asam Myristate	37.924,6	0,22
Asam Palmitate	23.459,5	0,136
Asam Heptadecanoate	-	0
Asam Oleat	16.347,5	0,095
Asam Linoleat	8.753,38182	0,051
Asam Stearate	1.096,94699	0,006
Asam Arachidate	-	0
TOTAL	172.185	1

Contoh perhitungan komposisi pada Minyak kelapa

Asumsi : 1L larutan

Asam Hexanoate :

Massa = 1.157,10499 mg , Massa Total = 172.185 mg

Maka, komposisi = $\frac{\text{massa Asam Hexanoate}}{\text{massa total Asam Lemak}}$

$$= \frac{1.157,10499 \text{ mg}}{172.185 \text{ mg}} = 0,007$$

A.9 Perhitungan komposisi dari Analisa GC pada Biodiesel :

Tabel A.3 Komposisi dari Analisis GC pada Biodiesel

Nama Komponen	Jumlah (mg/L)	Komposisi
M, Hexanoate	9.926,78029	0,008
M, Octanoate	168,319	0,143
M, Nonanoate	390,41786	0,0003
M, Laurate	622,972	0,531
M, Myristate	225,639	0,192
M, Palmitate	103,452	0,088
M, Heptadecanoate	-	0
M, Oleat	12.557,8	0,011
M, Linoleat	21.649,2	0,018
M, Stearate	4.789,48584	0,004
M, Arachidate	3.373,69923	0,003
TOTAL	1.173,070	1

Contoh perhitungan komposisi pada Minyak kelapa

Asumsi : 1L larutan

Asam Hexanoate :

Massa = 9.926,78029 mg , Massa Total = 1.173,070 mg

Maka, komposisi = $\frac{\text{massa Asam Hexanoate}}{\text{massa total Asam Lemak}}$

$$= \frac{9.926,78029 \text{ mg}}{1.173,070 \text{ mg}} = 0,008$$

Tabel A.4 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 100Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
100	0,01	30	44,232	10,81	27,025	0,912
		60	44,237	10,54	26,350	0,911
		90	44,239	10,50	26,250	0,911
		120	44,242	10,32	25,800	0,910
		150	44,247	10,15	25,375	0,909
	0,05	30	44,771	9,46	23,650	0,909
		60	45,347	9,18	22,950	0,907
		90	45,474	8,68	21,700	0,905
		120	45,437	7,92	19,800	0,905
		150	45,063	7,87	19,675	0,905
	0,10	30	45,307	8,47	21,175	0,906
		60	45,445	8,22	20,550	0,905
		90	45,442	7,81	19,525	0,904
		120	45,209	7,38	18,450	0,904
		150	45,128	7,33	18,325	0,900

	0,15	30	45,422	7,56	18,900	0,905
		60	45,483	6,70	16,750	0,902
		90	45,294	4,71	11,775	0,901
		120	45,374	4,20	10,500	0,899
		150	45,389	2,52	6,300	0,887
	0,20	30	45,073	6,96	17,400	0,903
		60	45,233	6,24	15,600	0,900
		90	44,246	4,41	11,025	0,898
		120	45,379	3,88	9,700	0,895
		150	45,218	2,37	5,925	0,880
	0,25	30	45,394	4,56	11,400	0,903
		60	45,285	4,35	10,875	0,895
		90	45,162	2,93	7,325	0,893
		120	44,831	2,45	6,125	0,885
		150	45,121	1,76	4,400	0,872

Tabel A.5 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 264Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
264	0,01	30	44,496	10,79	26,975	0,911
		60	44,496	10,53	26,325	0,911
		90	44,497	10,47	26,175	0,910
		120	44,498	10,27	25,675	0,909
		150	44,500	9,77	24,425	0,908
	0,05	30	45,042	9,35	23,375	0,908
		60	44,382	9,01	22,525	0,906
		90	45,091	8,51	21,275	0,904
		120	45,336	7,75	19,375	0,904
		150	45,465	5,66	14,150	0,899
	0,10	30	44,282	8,37	20,925	0,906
		60	45,481	7,91	19,775	0,904
		90	45,182	7,67	19,175	0,904
		120	44,476	7,12	17,800	0,903
		150	44,911	5,19	12,975	0,894

	0,15	30	44,482	6,88	17,200	0,903
		60	45,386	4,83	12,075	0,896
		90	45,125	3,97	9,925	0,894
		120	45,432	3,88	9,700	0,887
		150	45,407	2,42	6,050	0,884
	0,20	30	44,400	6,18	15,450	0,902
		60	45,232	4,26	10,650	0,894
		90	44,432	3,28	8,200	0,892
		120	44,457	2,91	7,275	0,885
		150	44,342	2,32	5,800	0,880
	0,25	30	45,027	4,28	10,700	0,896
		60	45,177	2,97	7,425	0,894
		90	44,446	2,68	6,700	0,890
		120	44,254	2,32	5,800	0,881
		150	44,272	1,66	4,150	0,870


Tabel A.6 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis KOH dengan daya 400Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
400	0,01	30	45,352	10,76	26,900	0,911
		60	45,353	10,52	26,300	0,910
		90	44,753	10,45	26,125	0,910
		120	44,754	10,20	25,500	0,909
		150	44,754	9,14	22,850	0,908
	0,05	30	45,243	9,11	22,775	0,908
		60	45,377	7,79	19,475	0,905
		90	45,261	7,33	18,325	0,903
		120	45,324	5,03	12,575	0,902
		150	45,099	2,68	6,700	0,890
	0,10	30	45,282	8,28	20,700	0,905
		60	45,282	6,96	17,400	0,902
		90	45,102	5,91	14,775	0,901
		120	45,088	3,38	8,450	0,884
		150	45,263	2,24	5,600	0,880

	0,15	30	45,315	5,36	13,400	0,897
		60	45,182	3,36	8,400	0,897
		90	45,245	2,88	7,200	0,884
		120	45,398	2,84	7,100	0,882
		150	45,304	2,02	5,050	0,876
	0,20	30	45,218	2,82	7,050	0,889
		60	45,311	2,67	6,675	0,882
		90	45,276	1,45	3,625	0,866
		120	45,278	1,44	3,600	0,866
		150	45,201	1,38	3,450	0,863
	0,25	30	45,019	2,22	5,550	0,879
		60	45,056	2,16	5,400	0,878
		90	45,235	1,46	3,650	0,866
		120	45,253	1,45	3,625	0,865
		150	45,314	1,40	3,500	0,863


Tabel A.7 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 100 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	Yield (%)
100	0,01	30	44,232	0,002	45,65	0,204
		60	44,237	0,014	45,65	1,323
		90	44,239	0,015	45,65	1,491
		120	44,242	0,023	45,65	2,256
		150	44,247	0,031	45,65	2,991
	0,05	30	44,771	0,063	45,65	6,177
		60	45,347	0,077	45,65	7,619
		90	45,474	0,102	45,65	10,186
		120	45,437	0,144	45,65	14,341
		150	45,063	0,147	45,65	14,508
	0,10	30	45,307	0,113	45,65	11,258
		60	45,445	0,127	45,65	12,654
		90	45,442	0,150	45,65	14,978
		120	45,209	0,176	45,65	17,460
		150	45,128	0,179	45,65	17,735

	0,15	30	45,422	0,165	45,65	16,448
		60	45,483	0,220	45,65	21,961
		90	45,294	0,381	45,65	37,828
		120	45,374	0,434	45,65	43,094
		150	45,389	0,667	45,65	66,288
	0,20	30	45,073	0,203	45,65	20,048
		60	45,233	0,253	45,65	25,057
		90	44,246	0,411	45,65	39,865
		120	45,379	0,470	45,65	46,694
		150	45,218	0,695	45,65	68,813
	0,25	30	45,394	0,396	45,65	39,380
		60	45,285	0,418	45,65	41,420
		90	45,162	0,598	45,65	59,150
		120	44,831	0,680	45,65	66,735
		150	45,121	0,831	45,65	82,087


Tabel A.8 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 264 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	Yield (%)
264	0,01	30	44,496	0,003	45,65	0,288
		60	44,496	0,014	45,65	1,373
		90	44,497	0,017	45,65	1,627
		120	44,498	0,025	45,65	2,485
		150	44,500	0,048	45,65	4,705
	0,05	30	45,042	0,068	45,65	6,741
		60	44,382	0,085	45,65	8,286
		90	45,091	0,111	45,65	10,992
		120	45,336	0,154	45,65	15,292
		150	45,465	0,297	45,65	29,620
	0,10	30	44,282	0,119	45,65	11,529
		60	45,481	0,145	45,65	14,412
		90	45,182	0,159	45,65	15,709
		120	44,476	0,193	45,65	18,772
		150	44,911	0,337	45,65	33,151

	0,15	30	44,482	0,208	45,65	20,299
		60	45,386	0,370	45,65	36,764
		90	45,125	0,459	45,65	45,398
		120	45,432	0,470	45,65	46,748
		150	45,407	0,685	45,65	68,151
	0,20	30	44,400	0,257	45,65	25,025
		60	45,232	0,427	45,65	42,318
		90	44,432	0,546	45,65	53,182
		120	44,457	0,601	45,65	58,531
		150	44,342	0,704	45,65	68,424
	0,25	30	45,027	0,425	45,65	41,914
		60	45,177	0,592	45,65	58,557
		90	44,446	0,639	45,65	62,176
		120	44,254	0,704	45,65	68,288
		150	44,272	0,857	45,65	83,133

Tabel A.9 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis KOH dengan daya 400 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	Yield (%)
400	0,01	30	45,352	0,004	45,65	0,419
		60	45,353	0,015	45,65	1,442
		90	44,753	0,018	45,65	1,722
		120	44,754	0,029	45,65	2,805
		150	44,754	0,079	45,65	7,715
	0,05	30	45,243	0,080	45,65	7,948
		60	45,377	0,152	45,65	15,072
		90	45,261	0,179	45,65	17,788
		120	45,324	0,351	45,65	34,875
		150	45,099	0,639	45,65	63,089
	0,10	30	45,282	0,124	45,65	12,279
		60	45,282	0,203	45,65	20,141
		90	45,102	0,278	45,65	27,434
		120	45,088	0,533	45,65	52,613
		150	45,263	0,720	45,65	71,434

	0,15	30	45,315	0,322	45,65	31,989
		60	45,182	0,535	45,65	52,990
		90	45,245	0,606	45,65	60,037
		120	45,398	0,612	45,65	60,875
		150	45,304	0,768	45,65	76,180
	0,20	30	45,218	0,615	45,65	60,953
		60	45,311	0,640	45,65	63,555
		90	45,276	0,919	45,65	91,140
		120	45,278	0,922	45,65	91,458
		150	45,201	0,942	45,65	93,225
	0,25	30	45,019	0,725	45,65	71,452
		60	45,056	0,737	45,65	72,745
		90	45,235	0,916	45,65	90,747
		120	45,253	0,919	45,65	91,093
		150	45,314	0,935	45,65	92,805

Tabel A.10 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan daya 400Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
400	0,2	90	42,511	10,03	25,075	0,910
		120	41,551	9,70	24,250	0,708
		150	42,519	9,47	23,675	0,910
	0,25	90	39,212	10,42	26,050	0,913
		120	42,813	10,01	25,025	0,909
		150	45,178	9,93	24,825	0,908

Tabel A.11 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan daya 400 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	<i>Yield</i> (%)
400	0,2	90	42,511	0,036	25,075	3,379
		120	41,551	0,052	24,250	4,692
		150	42,519	0,063	23,675	5,822
	0,25	90	39,212	0,019	26,050	1,621
		120	42,813	0,037	25,025	3,488
		150	45,178	0,041	24,825	4,044

Tabel A.12 Hasil perhitungan viskositas dan densitas pada Katalis $Mg(OH)_2$ dengan daya 400Watt

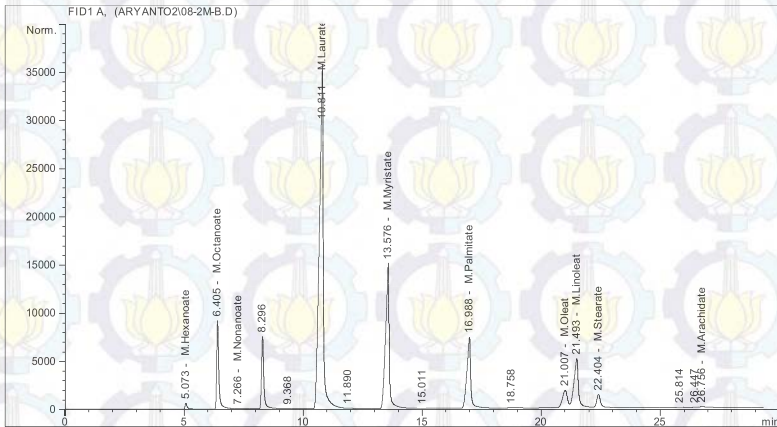
Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	t (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (g/mL)
400	0,2	90	42,410	10,65	26,625	0,915
		120	43,587	10,12	25,300	0,911
		150	44,120	8,75	21,875	0,907
	0,25	90	43,022	10,42	26,050	0,911
		120	43,274	10,32	25,800	0,910
		150	43,608	10,03	25,075	0,910

Tabel A.13 Hasil perhitungan *Yield* Biodiesel pada Katalis $Mg(OH)_2$ dengan daya 400 Watt

Daya (Watt)	Konsentrasi Katalis (%)	Waktu (s)	Massa Biodiesel (g)	Kadar (%)	Massa Bahan Baku (g)	<i>Yield</i> (%)
400	0,2	90	42,410	0,009	26,625	0,828
		120	43,587	0,032	25,300	3,075
		150	44,120	0,099	21,875	9,529
	0,25	90	43,022	0,019	26,050	1,779
		120	43,274	0,023	25,800	2,248
		150	43,608	0,036	25,075	3,466

LAMPIRAN

1. Hasil Analisis Gas Chromatography (GC) pada produk Biodiesel dengan katalis KOH 0,2%, Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\ARYANTO2\0.2% KOH.D
Sample Name: 0.2%/KOH
Instrument 1 4/6/2015 2:12:36 PM
HP-INNOWAX-1uL
DIRECT\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M

=====
Injection Date : 4/6/2015 2:12:36 PM
Sample Name : 0.2%/KOH.D
Location : Vial 1
Acq. Operator :
Inj : 1
Inj Volume : Manually
=====

External Standard Report (Sample Amount is 0!)

```

=====
Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified : 4/6/2015 2:12:36 PM
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Signal 1: FID1 A,

```

```

RetTime Type      Area      Amt/Area      Amount
Grp   Name
[min]                [pA*s]                [(mg/L)]
-----|-----|-----|-----|-----

```

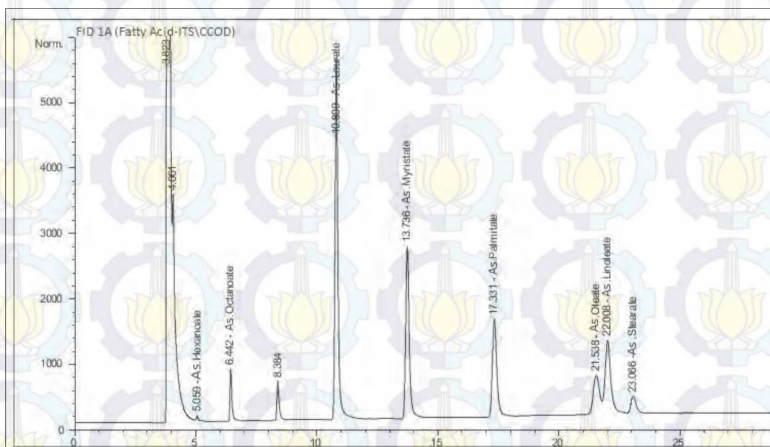
5.073	PB +	3493.27759	2.84168	9926.78029
M.Hexanoate				
6.405	PB S+	5.79343e4	2.90534	1.68319e5
M.Octanoate				
7.266	BB X+	31.37832	12.44228	390.41786
M.Nonanoate				
10.811	PV +	4.12636e5	1.50974	6.22972e5
M.Laurate				
13.576	PB +	1.60903e5	1.40233	2.25639e5
M.Myristate				
16.988	PB +	8.29273e4	1.24750	1.03452e5
M.Palmitate				
19.303		-	-	-
M.Heptadecanoate				
21.007	BV +	2.60195e4	4.82630e-1	1.25578e4
M.Oleat				
21.493	VV +	6.78977e4	3.18850e-1	2.16492e4
M.Linoleat				
22.404	VB +	1.51080e4	3.17017e-1	4789.48584
M.Stearate				
26.756	VB +	1525.68555	2.21127	3373.69923
M.Arachidate				
Totals :				1.17307e6

```

=====
*** End of Report ***

```

2. Hasil Analisis *Gas Chromatography* (GC) pada Minyak Kelapa Barco



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\FATTY ACID-ITS\CCO.D

Sample Name: CCO-DILUTION

Instrument 1 8/27/2014 12:56:57 PM

HP-INNOWAX 1uL DIRECT

=====
Injection Date : 8/27/2014 12:27:33 PM

Sample Name : CCO-DILUTION

Location : Vial 1

Acq. Operator :

Inj : 1

Inj Volume : Manually

Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M

Last changed : 8/27/2014 11:07:39 AM

(modified after loading)
=====

External Standard Report (Sample
Amount is 0!)

Sorted By : Signal
 Calib. Data Modified : 5/20/2014 11:41:33 AM
 Multiplier : 1.0000
 Dilution : 1.0000

Signal 1: FID1 A,

RetTime Grp	Type Name	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [(mg/L)]
[min]				
5.059	BB X+	304.42325	3.80097	1157.10499
	As.Hexanoate			
6.442	PB +	4417.74902	2.94235	1.29985e4
	As.Octanoate			
7.399		-	-	-
	As.Nonanoate			
10.809	PB +	4.65455e4	1.51353	7.04479e4
	As.Laurate			
13.736	PB +	2.69955e4	1.40485	3.79246e4
	As.Myristate			
17.331	PB +	1.86329e4	1.25904	2.34595e4
	As.Palmitate			
19.303		-	-	-
	As.Heptadecanoate			
21.538	BV +	1.06924e4	1.52888	1.63475e4
	As.Oleate			
22.008	VB +	1.81463e4	4.82379e-1	8753.38182
	As.Linoleate			
23.066	PB +	3545.80908	3.09364e-1	1096.94699
	As.Stearate			
26.717		-	-	-
	As.Arachidate			

Totals :

1.72185e5

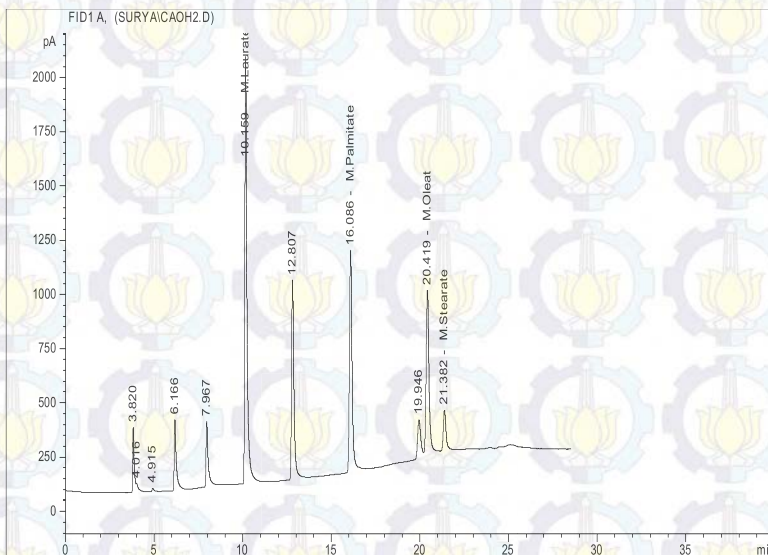
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)

Warning : Time reference compound(s) not found

*** End of Report ***

3. Hasil Analisis *Gas Chromatography* (GC) pada produk Biodiesel dengan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2%, Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\SURYA\CAOH2.D Sample Name: CAOH2

Instrument 1 6/10/2015 4:06:10 PM

HP-INNOWAX 1uL DIRECT

=====
=====
Injection Date : 6/10/2015 3:37:34 PM
Sample Name : CAO2
Location : Vial 1
Acq. Operator :
Inj : 1

Inj Volume : Manually
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M
Last changed : 6/10/2015 12:43:44 PM
(modified after loading)

=====
=====
External Standard Report (Sample
Amount is 0!)

=====
=====
Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 6/10/2015 12:43:39
PM
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Signal 1: FID1 A,

RetTime	Type	Area	Amt/Area	Amount
Grp	Name			
[min]		[pA*s]		[(mg/L)]
5.091		-	-	-
	M.Hexanoate			

6.381	-	-	-
M.Octanoate			
7.399	-	-	-
M.Nonanoate			
10.159 BB +	1.64335e4	1.52136	2.50013e4
M.Laurate			
13.322	-	-	-
M.Myristate			
16.086 PB +	1.02019e4	1.27134	1.29701e4
M.Palmitate			
19.303	-	-	-
M.Heptadecanoate			
20.419 VB +	8491.71582	3.15194e-1	2676.53522
M.Oleat			
20.840	-	-	-
M.Linoleat			
21.382 PB +	1944.23560	4.75482e-1	924.44845
M.Stearate			
26.717	-	-	-
M.Arachidate			
Totals :			4.15724e4

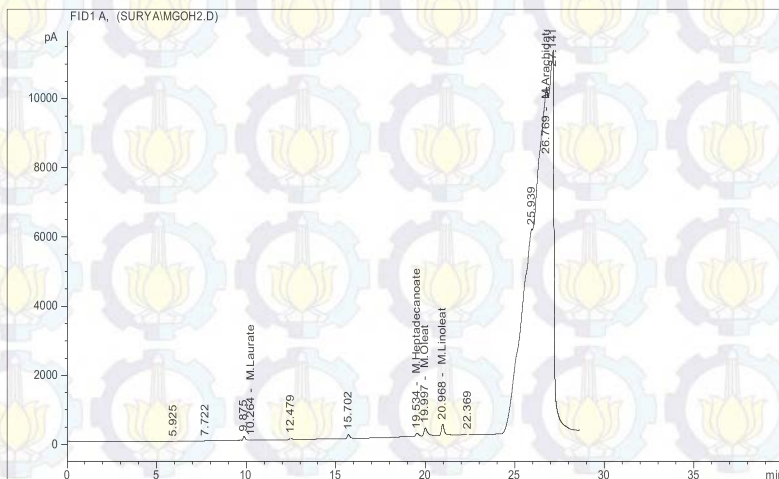
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)

Warning : Time reference compound(s) not found

=====
 *** End of Report ***

4. Hasil Analisis *Gas Chromatography* (GC) pada produk Biodiesel dengan katalis $Mg(OH)_2$ 0,2%, Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik



Data File C:\HPCHEM\1\DATA\SURYA\MGOH2.D Sample Name: MGOH2
Instrument 1 6/10/2015 5:09:03 PM

HP-INNOWAX 1uL DIRECT

=====
=====
Injection Date : 6/10/2015 4:40:20 PM
Sample Name : MGOH2
Location : Vial 1
Acq. Operator :
Inj : 1

Inj Volume : Manually
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\FAMEINOX.M
Last changed : 6/10/2015 12:43:44 PM
(modified after loading)

=====
 External Standard Report (Sample
 Amount is 0!)
 =====

Sorted By : Signal
 Calib. Data Modified : 6/10/2015 12:43:39
 PM
 Multiplier : 1.0000
 Dilution : 1.0000

Signal 1: FID1 A,

RetTime Grp	Type Name	Area [pA*s]	Amt/Area	Amount [(mg/L)]
[min]				
5.091	M.Hexanoate	-	-	-
6.381	M.Octanoate	-	-	-
7.399	M.Nonanoate	-	-	-
10.264	BB +	84.33321	3.86834	326.22929
13.322	M.Laurate	-	-	-
16.492	M.Myristate	-	-	-
19.534	BV +	1102.94653	1.30031	1434.17773
19.997	VB +	2935.40039	3.07283e-1	901.99904
20.968	PB +	3227.63696	3.08375e-1	995.32280
21.564	M.Linoleat	-	-	-
	M.Stearate	-	-	-

5. Hasil Analisis Properti Fisik pada Produk Biodiesel dengan Katalis KOH 0,2%, Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	0,863	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	3,45	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	110	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	3	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	280	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	0,9172	X-RAY

6. Hasil Analisis Properti Fisik pada Produk Biodiesel dengan Katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,2% Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	-	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	-	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	>200	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	23	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	-	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	-	X-RAY

7. Hasil Analisis Properti Fisik pada Produk Biodiesel dengan Katalis $Mg(OH)_2$ 0,2% Daya 400 Watt, dan Waktu 150 detik

No.	Pengujian	SNI 7128:2012	Hasil Pengujian	Metode Uji
1.	Densitas pada 40 °C (gram/cm ³)	0,850-0,890	-	ASTM D-1298
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C (cSt)	2,3 – 6,0	-	ASTM D-7279
3.	Titik nyala (°C)	≥100	>200	ASTM D-93
4.	Titik tuang (°C)	≤18	23	ASTM D-97
5.	Air dalam % volume (mg/kg)	≤ 500	-	KARL FISCHER COLOMETRI
6.	Fosfor (mg/kg)	≤10	-	X-RAY