

**PENGARUH KADAR KATALIS TERHADAP PENURUNAN BILANGAN
ASAM MINYAK KEMIRI SUNAN (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy
Shaw) PADA REAKSI ESTERIFIKASI DALAM SINTESIS BODIESEL**

SKRIPSI

**Disusun untuk melengkapi syarat-syarat
guna memperoleh gelar Sarjana Sains**



Oleh

DEA ISTIQOMAH

3325111340

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM








UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2015

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH KADAR KATALIS TERHADAP PENURUNAN BILANGAN
ASAM MINYAK KEMIRI SUNAN (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy
Shaw) PADA REAKSI ESTERIFIKASI DALAM SINTESIS BIODIESEL

Nama : Dea Istiqomah
Noreg : 3325111340

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si</u> NIP. 19671218 199303 1 005		7-08-2015
Wakil Penanggung Jawab			
Pembantu Dekan I	: <u>Dr. Muktiningsih N., M.Si</u> NIP. 19640511 198903 2 001		6-08-2015
Ketua	: <u>Dr. Yusmaniar, M.Si</u> NIP. 19620626 199602 2 001		3-08-2015
Sekretaris	: <u>Drs. Zulhipri, M.Si</u> NIP. 19580703 198903 1 001		3-08-2015
Anggota			
Penguji	: <u>Irma R. K., M.Sc.Tech</u> NIP. 19721204 200501 2 001		3-08-2015
Pembimbing I	: <u>Dra. Zulmanelis Darwis, M.Si</u> NIP. 19560501 198803 2 001		3-08-2015
Pembimbing II	: <u>Drs. Darsef Darwis, M.Si</u> NIP. 19650806 199003 1 004		4-08-2015

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada 27 Juli 2015.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT dan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, aku persembahkan karya kecilku ini kepada:

Keluargaku tercinta

Mama dan Ayah, yang tak kenal lelah mendoakan yang terbaik untukku. Keempat jagoanku, Kakak Iim, Kakak Iyoy, Apat, dan Ijay. Mereka selalu bisa membuatku tertawa ditengah hiruk pikuknya penelitian dan penulisan skripsi. Rara, teman bertukar pikiran tentang banyak hal. Juga, Kak Cindy, terima kasih untuk sesi konsultasi yang menambah wawasanku.

Dosen-Dosen Kimia UINJ

Ibu Zulmanelis dan Pak Darsef yang telah membimbing selama ini sehingga akhirnya skripsi ini selesai. Ibu Yusmaniar yang telah banyak membantu sehingga aku bisa lulus tepat waktu.

Pak Hendra Natakarmana yang telah menyediakan bahan baku dan memberikan saran serta ilmu. Juga, Pak Jaswanto yang telah mengajari hal mengenai GCMS

Sahabatku tersayang

Asti, terima kasih atas segala doa dan dukungannya. Tuti, yang tidak pernah bosan mendengar semua keluhan dan tak pernah lelah mendukungku.

Teman satu perjuangan, Nurul. Terima kasih sudah menemaniku saat penelitian maupun penulisan skripsi. Terima kasih atas kerja sama selama ini. Juga Cica, yang menularkan rasa semangat dan rajin.

Teman-teman dari Playgroup: Meri, Risa, Come, Eka, dan Riri. Semua yang kita lewati selama 4 tahun ini tidak ada yang sia-sia. Selama kita saling mendoakan dan mendukung satu sama lain, kita pasti bisa meraih masa depan!

Teman-teman Kimia 2011.

Para kakak kelasku saat masih SMA, Kak Eka, Kak Pepe, dan Kak Deasy.

Teman-teman dari Kimia 2010, terkhusus Vidya yang sampai susah payah mencarikan almamater untukku :p

Mas Darma yang dengan baik hati selalu membantu dan rela direpotkan.

Terakhir, untuk seseorang yang mengajarkanku sesuatu: "Apabila kamu merasa letih karena berbuat kebaikan, maka sesungguhnya kelelahan itu akan hilang dan kebaikan itu akan kekal. Dan sekiranya kamu berseronok dengan dosa, maka sesungguhnya keseronokan itu akan hilang dan dosa yang dilakukan akan kekal". Terima kasih ☺

ABSTRAK

DEA ISTIQOMAH. Pengaruh Kadar Katalis Terhadap Penurunan Bilangan Asam Minyak Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) pada Reaksi Esterifikasi Dalam Sintesis Biodiesel.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar katalis terhadap penurunan bilangan asam minyak kemiri pada proses *pretreatment* dalam sintesis biodiesel. *Pretreatment* dilakukan secara esterifikasi dengan memvariasikan konsentrasi katalis H_3PO_4 serta menggunakan dua macam pemanasan, yaitu pemanasan konvensional dan pemanasan gelombang mikro. Esterifikasi menggunakan pemanasan konvensional memberikan hasil terbaik dengan bilangan asam sebesar 21 mg-KOH/g pada penggunaan katalis H_3PO_4 sebesar 10% terhadap berat minyak. Produk ester konvensional kemudian dilakukan transesterifikasi menggunakan katalis CaO 1,5% dan diperoleh biodiesel dengan karakteristik bilangan asam 30 mg-KOH/g, densitas $911,69 \text{ kg/m}^3$, dan viskositas 36,8 cSt.

Kata Kunci: *pretreatment*, esterifikasi, *microwave*, kemiri sunan, biodiesel

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Kadar Katalis Terhadap Penurunan Bilangan Asam Minyak Kemiri Sunan (*Reutalis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) pada Reaksi Esterifikasi dalam Sintesis Biodiesel”.

Dalam penyusunan skripsi ini, Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dra. Zulmanelis D., M.Si dan Drs. Darsef, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu, serta motivasi baik pada saat penelitian maupun pada saat penulisan hingga pada akhirnya skripsi ini selesai.

Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Drs. Sukro Muhab, M.Si selaku ketua jurusan kimia FMIPA UNJ, Dr. Yusmaniar, M.Si selaku ketua program studi kimia dan pengampu mata kuliah skripsi, Setia Budi, M.Sc selaku dosen penasehat akademik, dan Dr. Zulhipri, M.Si selaku kepala laboratorium kimia UNJ.
2. Dosen-dosen Jurusan Kimia UNJ.
3. Bapak Hendra Natarmana yang tidak hanya menyediakan bahan baku berupa kemiri sunan, tetapi juga memberikan ilmu dan masukan kepada Penulis.
4. Pihak-pihak lain yang tidak bisa Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan pada skripsi ini, oleh karena itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi Pembaca.

Jakarta, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Pembatasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Kemiri Sunan	7
B. Biodiesel.....	9
C. <i>Pretreatment</i> Secara Esterifikasi	10
D. Katalis dalam Reaksi Transesterifikasi	17
F. Gelombang Mikro	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
A. Tujuan Operasional Penelitian.....	23
B. Waktu dan Tempat	23
C. Metode Penelitian.....	23
D. Sampel	24

E. Alat dan Bahan	24
F. Prosedur Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
A. Ekstraksi Minyak dari Biji Kemiri Sunan.....	32
B. Esterifikasi Minyak Kemiri Sunan.....	34
C. Karakteristik Biodiesel	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
A. Kesimpulan.....	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Biji Kemiri Sunan	7
Gambar 2. Struktur Asam α -eleostearat	8
Gambar 3. Reaksi Esterifikasi.....	12
Gambar 4. Reaksi Transesterifikasi Trigliserida.....	13
Gambar 5. Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis Asam.....	16
Gambar 6. Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis Basa.....	17
Gambar 7. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi.....	19
Gambar 8. Orientasi Molekul Dipolar Berdasarkan Medan Listrik	21
Gambar 9. Grafik Hasil Esterifikasi Menggunakan <i>Microwave</i>	36
Gambar 10. Grafik Hasil Esterifikasi Secara Konvensional.....	37
Gambar 11. Kromatogram Komposisi Kimia Biodiesel.....	40

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi Biji Kemiri Sunan	9
Tabel 2. Perbandingan Katalis Homogen dan Heterogen	18
Tabel 3. Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Hasil Ekstraksi.....	32
Tabel 4. Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Hasil <i>Degumming</i>	34
Tabel 5. Hasil Esterifikasi Secara Konvensional dan <i>Microwave</i>	35
Tabel 6. Karakteristik Biodiesel	38
Tabel 7. Perbandingan Karakteristik Minyak Hasil Transesterifikasi.....	39
Tabel 8. Jenis Senyawa Metil Ester dalam Biodiesel	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Bagan Alir	48
Lampiran 2. Data Hasil Pengukuran Uji Bilangan Asam	50
Lampiran 3. Data Karakteristik Biodiesel	53
Lampiran 4. Data Spektrum MS Produk Transesterifikasi	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan akan energi terus melonjak seiring dengan meningkatnya populasi manusia di dunia. Sejauh ini, kebutuhan energi masih disuplai oleh bahan bakar fosil yang sifatnya tidak dapat diperbaharui, sehingga jika digunakan terus menerus akan mempercepat habisnya cadangan energi. Hal tersebut menyebabkan terjadinya kelangkaan dan kenaikan harga bahan bakar. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber bahan bakar alternatif yang sifatnya terbarukan, yaitu bahan bakar yang dibuat dari bahan baku yang dapat diperbaharui. Salah satu contoh bahan bakar terbarukan yang kini tengah dikembangkan adalah biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar cair yang diperoleh dari reaksi kimia antara minyak atau lemak dengan alkohol.

Penggunaan biodiesel tidak hanya digunakan untuk menjalankan mesin-mesin diesel di sektor industri, melainkan juga digunakan di sektor transportasi dan pembangkit listrik. Kebutuhan biodiesel di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya, apalagi sejak dikeluarkannya Peraturan Menteri ESDM Nomor 20 Tahun 2014 yang mewajibkan sektor industri dan transportasi untuk menggunakan 10% bahan bakar nabati (BBN).

Biodiesel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil, yaitu bersifat ramah lingkungan karena memiliki kadar toksik yang lebih rendah dan hampir tidak mengandung sulfur (Romano dan Sorichetti, 2011).

Namun, penggunaan minyak atau lemak yang bersifat *edibel* (dapat dimakan) bersaing dengan kebutuhan pangan manusia, sehingga bahan baku untuk produksi biodiesel mulai diarahkan pada sumber yang tidak memiliki fungsi pangan. Beberapa sumber yang telah digunakan antara lain minyak jarak dan minyak nyamplung. Selain dua sumber tersebut, ternyata di Indonesia ditemukan sumber lain yaitu kemiri sunan. Kemiri sunan adalah tanaman yang berasal dari Filipina yang saat ini sedang dikembangkan di Indonesia. Tanaman ini mempunyai nama latin *Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw dan tersebar di daerah dataran rendah hingga sedang, baik di hutan maupun di sekitar pemukiman, sehingga kemiri sunan dapat dimanfaatkan sebagai tanaman konservasi untuk merehabilitasi lahan-lahan kritis.

Sebagai golongan kemiri, kemiri sunan mengandung kadar minyak yang tinggi. Menurut Aunillah dan Pranowo (2012), rendemen minyak pada kemiri sunan bisa mencapai 50% dan rendemen terbesar berada pada kernelnya. Kemiri sunan tidak bersifat *edibel* karena mengandung bahan beracun yang dapat menyebabkan diare. Oleh karena itu, kemiri sunan dengan kadar minyak yang tinggi sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel.

Proses pengubahan minyak atau lemak menjadi biodiesel dapat dilakukan melalui reaksi transesterifikasi. Tujuan dari reaksi ini adalah untuk mengubah sifat fisik pada minyak yang dihasilkan sehingga dapat digunakan pada mesin diesel. Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu transesterifikasi menggunakan katalis asam atau basa. Transesterifikasi menggunakan katalis basa lebih banyak digunakan karena waktu reaksinya yang lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan katalis asam. Namun, penggunaan katalis basa memiliki kelemahan yaitu terbentuknya sabun yang dapat mengganggu proses pemisahan produk reaksi dengan produk-produk lain, terutama jika bahan baku yang digunakan mengandung asam lemak bebas yang tinggi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Aunillah dan Pranowo (2012), kemiri sunan memiliki bilangan asam yang tinggi, yaitu 18,16 mg-KOH/g. Tingginya bilangan asam pada kemiri sunan menunjukkan banyaknya kadar asam lemak bebas yang terkandung, sehingga diperlukan *pretreatment* untuk menurunkan kadar asam lemak bebas tersebut.

Pretreatment dilakukan dengan cara esterifikasi, yaitu suatu reaksi yang dapat mengubah asam lemak bebas menjadi ester. Reaksi tersebut menggunakan katalis asam. Katalis yang sering digunakan adalah asam kuat seperti asam sulfat dan asam klorida. Namun, penggunaan asam-asam kuat tersebut bersifat korosif sehingga dapat merusak lingkungan. Oleh karena itu, untuk mendukung program *Green Chemistry* maka dalam

penelitian ini digunakan katalis asam yang lebih ramah lingkungan, yaitu H_3PO_4 .

Reaksi transesterifikasi biasanya dilakukan dengan menggunakan pemanasan konvensional, di mana energi panas di transfer ke bahan dengan cara konveksi, konduksi dan radiasi dari permukaan bahan sehingga membutuhkan energi yang besar dan waktu reaksi yang lama. Berdasarkan literatur, waktu reaksi yang dibutuhkan untuk memperoleh biodiesel dengan hasil konversi 95% adalah satu jam. Hal tersebut menyebabkan reaksi transesterifikasi dengan pemanasan konvensional kurang efisien, sehingga dibutuhkan cara pemanasan lain yang dapat mengatasi kelemahan dari pemanasan konvensional.

Berdasarkan studi pustaka, terdapat sumber energi alternatif lain yang dapat digunakan untuk mempercepat reaksi transesterifikasi, yaitu dengan iradiasi gelombang mikro. Gelombang mikro adalah sebuah bentuk energi yang dimanifestasikan sebagai panas melalui interaksinya dengan medium atau bahan yang dapat diabsorpsi secara optimal sehingga pemanasan sampel dapat terjadi dengan cepat (Refaat dan Sheltawy, 2008).

Selain digunakan untuk reaksi transesterifikasi, pada penelitian ini, pemanasan secara iradiasi gelombang mikro juga digunakan untuk mempercepat reaksi esterifikasi pada proses *pretreatment*. Sehingga, pada penelitian ini akan dilakukan studi mengenai pengaruh konsentrasi H_3PO_4 terhadap penurunan bilangan asam minyak kemiri sunan pada

proses *pretreatment* yang dilakukan dengan cara esterifikasi menggunakan dua macam pemanasan, yaitu pemanasan konvensional dan pemanasan gelombang mikro.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh kadar katalis terhadap penurunan bilangan asam minyak kemiri sunan pada reaksi esterifikasi?
2. Bagaimana pengaruh waktu reaksi terhadap penurunan bilangan asam minyak kemiri sunan pada reaksi esterifikasi?
3. Bagaimana pengaruh perbandingan minyak dan metanol terhadap penurunan bilangan asam minyak kemiri sunan pada reaksi esterifikasi?
4. Apakah *pretreatment* dengan cara esterifikasi mempengaruhi rendemen biodiesel yang dihasilkan?
5. Apakah *pretreatment* dengan cara esterifikasi mempengaruhi karakteristik biodiesel yang dihasilkan?

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, maka masalah pada penelitian ini hanya dibatasi pada pengaruh kadar katalis terhadap penurunan bilangan asam minyak kemiri sunan pada reaksi esterifikasi

yang dilakukan dengan dua cara pemanasan yaitu pemanasan konvensional dan pemanasan iradiasi gelombang mikro.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah yang ada, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah: “bagaimana pengaruh kadar katalis terhadap penurunan bilangan asam minyak kemiri sunan pada reaksi esterifikasi dalam sintesis biodiesel?”

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar katalis terhadap penurunan bilangan asam minyak kemiri sunan pada reaksi esterifikasi dalam sintesis biodiesel.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi mengenai pemanfaatan kemiri sunan sebagai bahan baku biodiesel.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kemiri Sunan

Kemiri sunan (*Reutalis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) atau dikenal dengan nama kemiri cina karena pada awalnya tanaman ini dikembangkan secara besar-besaran dalam area perkebunan di daerah Karawaci dan Cilongok (Tangerang) sebagai tanaman penghasil minyak yang dimanfaatkan untuk pengawet kayu pada perahu oleh pedagang yang berasal dari Cina. Nama lain dari tanaman ini adalah kemiri racun, muncang leuweung, jarak bandung, jarak kebo, dan kaliki banten.



Gambar 1. Biji Kemiri Sunan (Pranowo *et al.*, 2014)

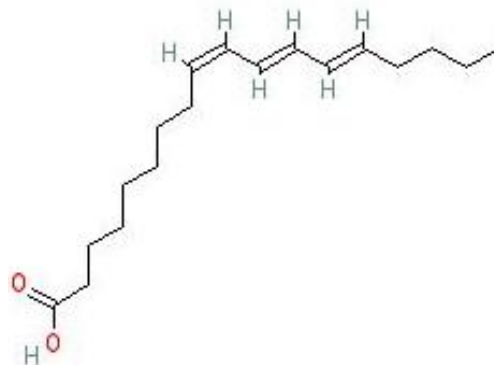
Klasifikasi tanaman kemiri sunan berdasarkan USDA (2008) adalah sebagai berikut (Pranowo *et al.*, 2014):

Dunia : Plantae
Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Euphorbiales
Famili : Euphorbiaceae
Genus : *Reutalis* Airy Shaw sinonim *Aleurites*
Spesies : *R. Trisperma* (Blanco) Airy Shaw

Asam α -eleostearat merupakan asam lemak penyusun utama minyak kemiri sunan dengan kandungan sebesar 51% (Pranowo *et al.*, 2014).

Berikut adalah gambar struktur dari asam α -eleostearat:



Gambar 2. Struktur Asam α -eleostearat

Tanaman kemiri sunan memiliki kandungan minyak yang tinggi, sehingga bersifat potensial sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel. Rendemen minyak tertinggi pada tanaman kemiri sunan berada di bagian kernel, yang dapat diekstrak dengan menggunakan pelarut kimia atau dengan pengepresan (Aunillah dan Pranowo, 2012). Komposisi biji kemiri sunan antara lain adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Biji Kemiri Sunan (Pranowo *et al.*, 2014)

Analisa	Nilai rata-rata
Kadar Air	10,23%
Kadar Minyak	51,34%
Kadar Serat	7,29%
Kadar Protein	17,06%
Kadar Abu	3,30%
Kadar Karbohidrat	10,78%

Menurut Pranowo *et al.* (2014), biji kemiri sunan yang telah dipisahkan dari buahnya memiliki kadar air yang tinggi. Tingginya kadar air pada kernel kemiri sunan dapat menyebabkan hasil ekstraksi yang kurang optimal dan mempengaruhi sifat fisika minyak kasar kemiri sunan. Oleh karena itu, dalam pembuatan biodiesel dari minyak kemiri sunan, perlu dilakukan pengeringan terhadap biji kemiri sunan atau kernelnya untuk mengurangi kadar airnya.

B. Biodiesel

Menurut ASTM (American Society for Testing and Materials), biodiesel adalah alkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang diperoleh untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Berbeda dengan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui, biodiesel dapat diproduksi dari minyak atau lemak sehingga bersifat terbarukan. Bahan baku untuk membuat biodiesel terdiri dari minyak atau lemak dan alkohol. Minyak atau lemak yang digunakan dapat bersifat edibel (dapat dimakan) atau non edibel (tidak dapat dimakan). Minyak atau lemak yang bersifat

edibel contohnya adalah minyak kelapa sawit, minyak kemiri, minyak zaitun, dan lain sebagainya. Sedangkan, minyak atau lemak yang bersifat non edibel contohnya adalah minyak jelantah, minyak jarak, dan minyak nyamplung.

Biodiesel dihasilkan dari minyak atau lemak dengan alkohol melalui reaksi transesterifikasi. Minyak atau lemak tersebut tidak dapat langsung digunakan pada mesin diesel karena perbedaan viskositas dan volatilitas yang dapat menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna. Oleh karena itu, dibutuhkan reaksi transesterifikasi untuk merubah sifat fisik dari minyak atau lemak tersebut sehingga cocok dengan mesin diesel. Biodiesel memiliki keuntungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil, seperti kadar toksik yang lebih rendah karena hampir tidak mengandung sulfur, *biodegradable*, dan bersifat *renewable energy* (Romero et al., 2011).

C. *Pretreatment* Secara Esterifikasi

Kandungan asam lemak bebas dan air merupakan kunci parameter untuk memperoleh konversi dengan hasil yang tinggi dan efisien pada reaksi transesterifikasi. Penggunaan katalis basa pada bahan baku yang mengandung asam lemak bebas tinggi dapat menyebabkan reaksi penyabunan. Akibatnya, sejumlah katalis akan terbuang karena bereaksi dengan bahan baku sehingga tidak lagi dapat digunakan untuk reaksi transesterifikasi. Efisiensi reaksi transesterifikasi akan berkurang seiring

dengan banyaknya kandungan asam lemak bebas pada bahan baku. Transesterifikasi berkatalis basa dapat dilakukan pada bahan baku yang mengandung asam lemak bebas dengan kadar kurang dari 2% (Romano dan Sorichetti, 2011).

Sabun yang terbentuk pada reaksi penyabunan dapat mengurangi rendemen produk karena terbentuknya emulsi yang mengganggu proses pemisahan biodiesel dari produk samping. Transesterifikasi berkatalis asam dapat digunakan pada bahan baku yang mengandung kadar asam lemak bebas tinggi karena tidak menyebabkan reaksi penyabunan, namun karena sifatnya yang korosif dan membutuhkan waktu reaksi yang lama menyebabkan katalis basa lebih banyak digunakan dibandingkan katalis asam. Maka dari itu, bahan baku dengan kadar asam lemak bebas yang tinggi perlu diberi perlakuan awal atau *pretreatment* (Kombe *et al.*, 2012).

Pretreatment dapat dilakukan dengan cara esterifikasi, yaitu suatu reaksi antara asam lemak bebas dengan suatu alkohol dan berkataliskan asam, sehingga asam lemak bebas akan dikonversi menjadi ester (Kombe *et al.*, 2012).

Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi esterifikasi antara lain adalah sebagai berikut:

1. Waktu reaksi

Semakin lama waktu reaksi yang digunakan, maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga memperbesar konversi yang dihasilkan.

2. Pengadukan

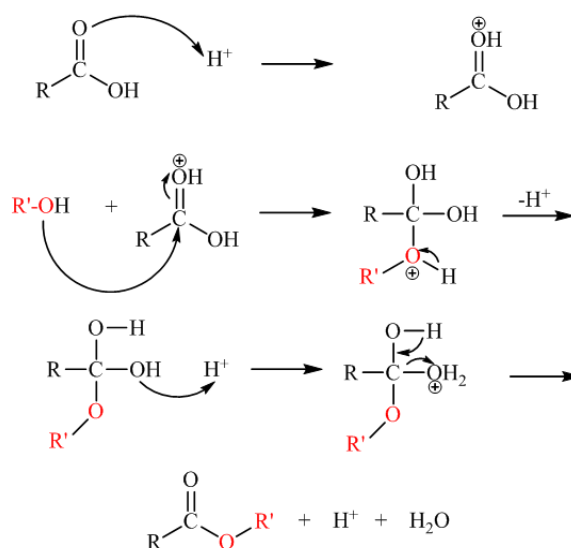
Pengadukan akan meningkatkan frekuensi tumbukan antar zat sehingga mempercepat reaksi dan reaksi yang terjadi lebih sempurna.

3. Katalis

Penggunaan katalis dapat menurunkan energi aktivasi pada suatu reaksi, sehingga meningkatkan laju reaksi tersebut.

4. Suhu reaksi

Semakin tinggi suhu reaksi maka semakin besar konversi yang dihasilkan, karena suhu yang tinggi dapat meningkatkan laju kinetik molekul untuk melakukan tumbukan efektif, sehingga reaksi berjalan cepat (Hikmah dan Zuliyana, 2010).

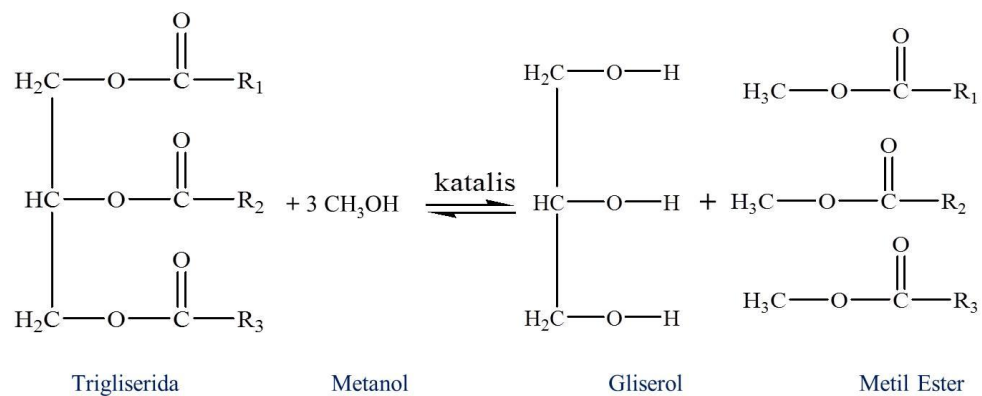


Gambar 3. Reaksi Esterifikasi

Transesterifikasi adalah tahap perubahan trigliserida dari minyak atau lemak menjadi metil ester asam lemak, melalui reaksi dengan alkohol

rantai pendek, dan menghasilkan gliserol sebagai produk samping (Romano dan Sorichetti, 2011).

Jika alkohol yang digunakan adalah metanol, maka reaksi transesterifikasi adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Reaksi Transesterifikasi Trigliserida (Pranowo *et al.*, 2014)

Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi antara lain sebagai berikut:

1. Kandungan air

Kandungan air pada bahan baku akan mempercepat reaksi hidrolisis dan mengurangi jumlah ester yang terbentuk. Kandungan air tidak boleh melebihi 0,5% agar dapat menghasilkan 90% biodiesel (Gnanaprakasam *et al.*, 2013).

2. Asam lemak bebas

Asam lemak bebas dengan kadar yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya sabun dan air. Penggunaan katalis homogen basa pada reaksi transesterifikasi tidak dapat berlangsung jika kadar asam lemak

bebas pada minyak atau lemak melebihi 3%. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan katalis heterogen dan *pretreatment*.

3. Jenis katalis

Katalis yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel dapat berupa katalis homogen, heterogen, maupun enzim yang sifatnya dapat berupa basa atau asam. Katalis yang paling sering digunakan adalah katalis homogen. Tetapi karena katalis homogen sulit untuk dipisahkan dari produk akhir, maka penggunaan katalis heterogen menjadi alternatif guna mengatasi kelemahan katalis homogen. Sedangkan penggunaan katalis enzim membutuhkan waktu reaksi yang paling lama jika dibandingkan dengan katalis homogen dan heterogen.

4. Konsentrasi katalis

Jika konsentrasi katalis dinaikkan, maka produk yang dihasilkan akan meningkat. Hal ini disebabkan terjadinya peningkatan pada laju reaksi. Namun, penggunaan konsentrasi katalis yang berlebih dapat menyebabkan berkurangnya produk yang dihasilkan, yang disebabkan meningkatnya viskositas pada campuran reaksi.

5. Perbandingan alkohol dan minyak

Secara teoritis, untuk menghasilkan tiga mol ester dan satu mol dari satu mol trigliserida dibutuhkan tiga mol alkohol. Penggunaan alkohol berlebih bertujuan untuk memastikan bahwa semua minyak atau lemak telah terkonversi menjadi ester. Perbandingan alkohol yang

lebih besar dapat meningkatkan konversi ester dalam waktu yang lebih cepat (Leung *et al.*, 2010).

6. Suhu

Suhu reaksi yang tinggi dapat menurunkan viskositas minyak atau lemak, sehingga meningkatkan laju dan waktu reaksi. Suhu reaksi yang digunakan harus dibawah titik didih alkohol agar alkohol tidak menguap.

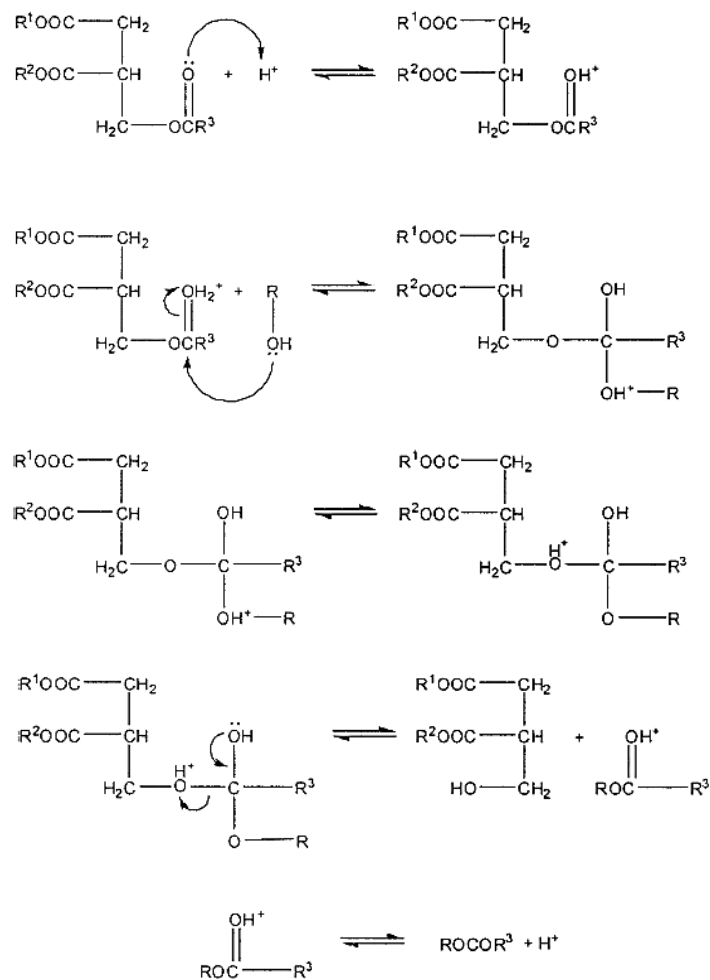
7. Waktu reaksi

Laju konversi ester meningkat seiring dengan meningkatnya waktu reaksi. Pada awalnya, reaksi berjalan dengan lambat karena alkohol tercampur dan terdispersi ke dalam minyak atau lemak. Setelah itu, reaksi berjalan dengan cepat. Namun, penggunaan waktu reaksi yang terlalu lama dapat mengakibatkan penurunan ester yang dihasilkan, diakibatkan oleh terjadinya reaksi balik pada transesterifikasi.

Reaksi transesterifikasi dapat dipercepat dengan katalis asam maupun katalis basa. Baik transesterifikasi dengan katalis asam maupun katalis basa masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan, antara lain sebagai berikut:

1. Transesterifikasi dengan katalis asam memiliki keunggulan yaitu tidak menghasilkan sabun, sehingga cocok digunakan untuk bahan baku yang mengandung kadar asam lemak bebas tinggi. Kelemahan dari transesterifikasi dengan katalis asam adalah membutuhkan waktu reaksi yang lebih lama jika dibandingkan

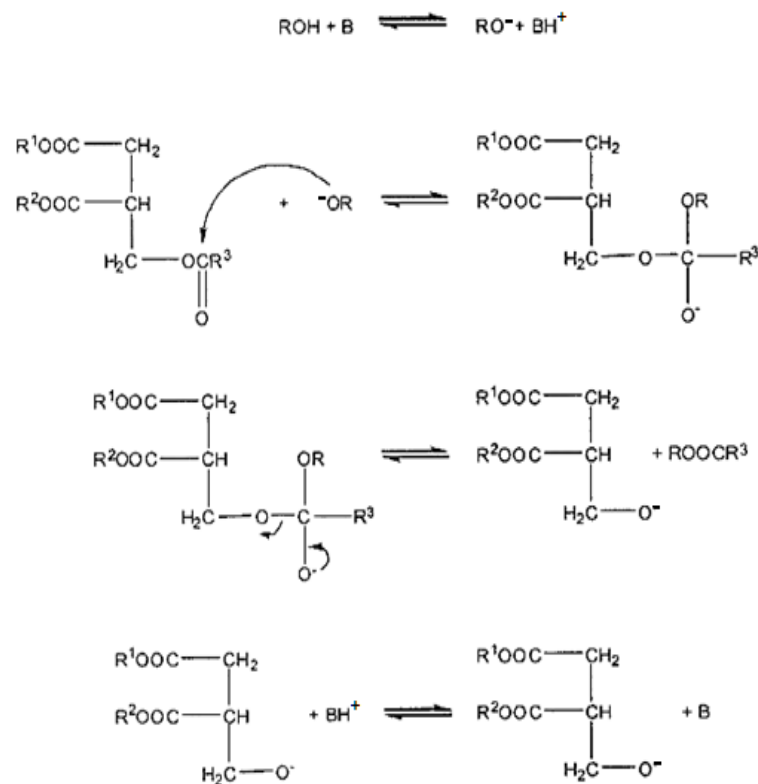
dengan katalis basa dalam jumlah yang sama (Sivasamy *et.al*, 2009).



Gambar 5. Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis Asam (Sivasamy *et al.*, 2009)

- Transesterifikasi berkatalis basa membutuhkan waktu reaksi yang relatif lebih cepat. Namun, transesterifikasi ini menghasilkan sabun jika bahan baku yang digunakan mengandung kadar asam lemak bebas tinggi. Sabun tersebut dapat menurunkan kualitas biodiesel yang dihasilkan, sehingga diperlukan tahapan tambahan

untuk memisahkan sabun dari biodiesel (Hee Kay dan Yasir, 2012).



Gambar 6. Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis Basa (Sivasamy *et al.*, 2009)

D. Katalis dalam Reaksi Transesterifikasi

Katalis ialah zat yang meningkatkan laju reaksi kimia tanpa ikut terpakai. Katalis dapat bereaksi membentuk zat antara, tetapi akan diperoleh kembali dalam tahap reaksi berikutnya. Katalis yang digunakan untuk mempercepat reaksi transesterifikasi pada pembuatan biodiesel dapat berupa asam, basa, atau enzim. Biasanya, katalis yang digunakan adalah katalis homogen, yaitu katalis yang fasanya sama dengan reaktan. Katalis homogen memiliki kekurangan, yaitu tidak dapat digunakan

kembali. Selain itu, katalis homogen sulit dipisahkan dari produk reaksi, sehingga dibutuhkan tahapan tambahan untuk pemisahannya (Dang *et al.*, 2013).

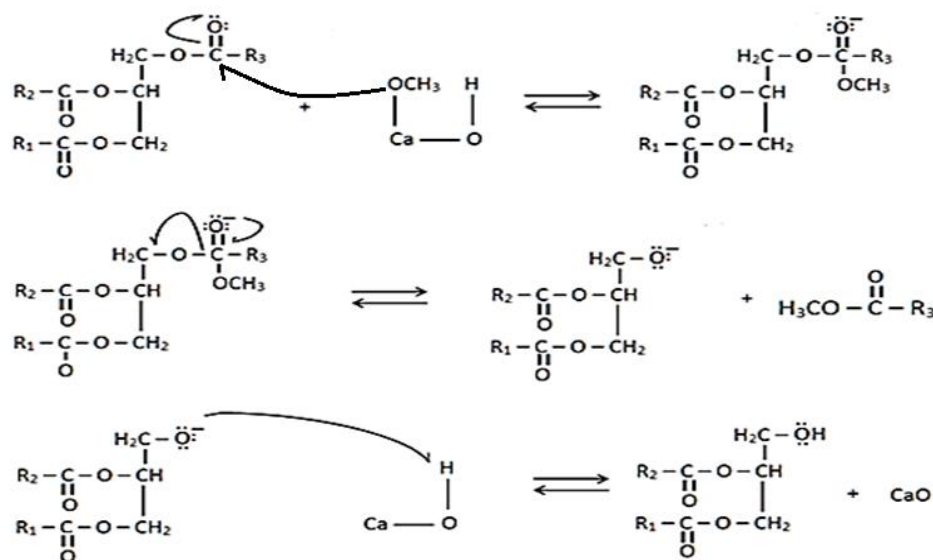
Katalis heterogen adalah katalis yang fasanya berbeda dengan reaktan. Penggunaan katalis heterogen mulai berkembang guna mengatasi kelemahan dari katalis homogen, dimana dengan katalis heterogen dapat digunakan kembali dan mudah dipisahkan dari produk. Selain itu, katalis heterogen memiliki keunggulan lain yaitu kurang sensitif terhadap asam lemak bebas, kadar toksik yang lebih rendah, dan kurang korosif (Ortiz *et al.*, 2012).

Tabel 2. Perbandingan Katalis Homogen dan Heterogen (Mat *et al.*, 2012)

Faktor	Katalis Homogen	Katalis Heterogen
Laju reaksi	Cepat dan tingkat konversinya tinggi.	Sedang.
Setelah penggunaan	Katalis tidak dapat dipulihkan kembali. Dibutuhkan proses netralisasi karena menyebabkan limbah kimia.	Dapat dipulihkan kembali.
Metode yang dapat digunakan	Metode alir tertentu.	Dapat digunakan pada metode alir.
Keberadaan air atau asam lemak bebas	Sensitif.	Tidak sensitif.
Penggunaan kembali	Tidak memungkinkan.	Memungkinkan.

Sebagai katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel, CaO merupakan jenis yang paling banyak dikembangkan karena kekuatan basanya yang relatif tinggi, kelarutannya rendah, dan harganya relatif

mudah (Ridlo, 2010). Berikut ini adalah mekanisme reaksi transesterifikasi menggunakan katalis CaO:



Gambar 7. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Katalis CaO

F. Gelombang Mikro

Gelombang mikro adalah sebuah bentuk energi yang dimanifestasikan sebagai panas melalui interaksinya dengan medium atau bahan yang dapat dipantulkan pada logam, ditransmisikan pada isolator baik, atau diabsorpsi sehingga dapat mengurangi konsumsi energi dan memanaskan sampel dengan cepat. Gelombang mikro merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang 1 nm sampai 1 m dan frekuensinya berkisar antara 300 MHz sampai 300 GHz (Refaat dan Sheltawy, 2008).

Radiasi gelombang mikro ditemukan sebagai metode pemanasan pada tahun 1946, dengan produk komersial *microwave* pertama pada

tahun 1950. Penggunaan *microwave* komersial untuk keperluan laboratorium mulai digunakan pada tahun 1978. Kini, pemanasan dengan radiasi gelombang mikro telah banyak dikembangkan karena lebih efisien dibandingkan dengan pemanasan konvensional, seperti konsumsi energi yang lebih rendah, transfer energi dan bukan transfer panas, serta laju pemanasan yang lebih tinggi (Stoytcheva dan Montero, 2011).

Pemanasan pada *microwave* berdasarkan pada pemanasan dielektrik, yaitu kemampuan cairan dan padatan polar untuk mengabsorpsi dan mengubah energi gelombang mikro menjadi panas. Sifat yang mempengaruhi adalah mobilitas dipol-dipol dari konduksi ionik maupun polarisasi dipolar, dan kemampuan untuk mengorientasikan mereka berdasarkan arah medan listrik (Stoytcheva dan Montero, 2011).

Pemanasan dielektrik pada *microwave* terbagi menjadi dua mekanisme yang utama, antara lain:

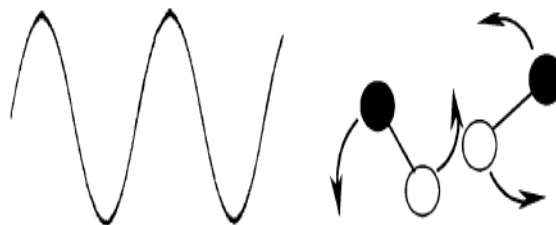
1. Mekanisme polarisasi dipolar

Bahan yang menghasilkan panas ketika diiradiasi gelombang mikro adalah bahan yang memiliki momen dipol. Dipol sangat sensitif terhadap medan listrik dari luar dan akan mensejajarkan diri terhadap medan listrik dengan cara berotasi. Energi untuk berotasi diperoleh dari medan listrik itu sendiri.

Kemampuan molekul untuk mensejajarkan diri dengan medan listrik bergantung pada frekuensi iradiasi dan viskositas cairan. Jika diberi iradiasi dengan frekuensi yang rendah, molekul akan berotasi sefase

dengan osilasi medan listrik. Molekul memperoleh sejumlah energi dengan cara ini, namun efek pemanasan yang dihasilkan kecil. Sebaliknya, pada frekuensi yang tinggi, dipol-dipol tidak sempat merespon osilasi medan listrik dan tidak berotasi. Akibatnya, tidak ada pergerakan yang terinduksi dari molekul, sehingga tidak ada transfer energi dan tidak terjadi panas.

Jika medan listrik yang diberikan berasal dari gelombang mikro, maka fenomena yang terjadi adalah diantara keduanya. Radiasi gelombang mikro memiliki frekuensi yang cukup rendah sehingga dipol-dipol dapat merespon medan listrik dan berotasi. Namun, frekuensinya tidak cukup untuk dipol-dipol berotasi secara tepat mengikuti medan listrik. Sehingga, ketika dipol-dipol berorientasi untuk mensejajarkan diri dengan medan listrik, medan listriknya telah berubah sehingga fasenya berbeda dengan orientasi dipol. Reorientasi dipol-dipol tersebut yang berusaha mensejajarkan diri dengan medan listrik menyebabkan gesekan dan tumbukan molekular, sehingga menimbulkan pemanasan dielektrik.



Gambar 8. Orientasi Molekul Dipolar Berdasarkan Medan Listrik

2. Mekanisme konduksi

Larutan yang mengandung ion, ketika dipengaruhi medan listrik, maka ion tersebut akan bergerak sehingga dapat menghasilkan energi karena meningkatnya laju tumbukan, mengubah energi kinetik menjadi panas. Mekanisme konduksi lebih kuat dalam menghasilkan panas jika dibandingkan dengan mekanisme polarisasi dipolar (Lidstrom *et al.*, 2001).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Operasional Penelitian

Tujuan operasional dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimal reaksi esterifikasi dalam sintesis biodiesel dari minyak kemiri sunan.

B. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari - Juli 2015. Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah di Laboratorium Penelitian Kampus A Universitas Negeri Jakarta. Karakterisasi biodiesel menggunakan GCMS dilakukan di Pusat Laboratorium Forensik Mabes Polri.

C. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen mengenai pengaruh kadar katalis terhadap penurunan bilangan asam minyak kemiri sunan pada reaksi esterifikasi dalam sintesis biodiesel. Sintesis biodiesel pada penelitian ini dilakukan melalui transesterifikasi minyak kemiri sunan menggunakan iradiasi gelombang mikro.

D. Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah biji kemiri sunan yang diperoleh dari Majalengka, Jawa Barat.

E. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari *microwave oven* (Sharp tipe R-222Y), neraca analitik (KERN & GmbH tipe ABS 220-4), *vacuum rotatory evaporator* (EYELA USA N-1001-S-WD), viskometer Ostwald, piknometer, peralatan kaca dengan spesifikasi Iwaki-Pyrex, serta GC/MS (Agilent Technologies seri 7890A/5975C).

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi biji kemiri sunan, KOH 0.1 M, indikator PP, H_3PO_4 , CaO, metanol, air, alkohol 95%, $MgSO_4$ anhidrat, $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$.

F. Prosedur Penelitian

1. Tahap ekstraksi minyak dari biji kemiri sunan

Biji kemiri sunan dikupas dan diambil kernelnya. Kernelnya kemudian dikeringkan dengan menggunakan panas matahari. Kernel kemiri sunan yang telah kering dihaluskan menggunakan blender dan dipanaskan dalam oven pada suhu $60-65^\circ C$ selama 25 menit. Kemudian kernel kemiri sunan yang telah halus dimaserasi

menggunakan pelarut n-heksana selama 2 jam. Setelah itu, minyak kemiri sunan dipisahkan dari pelarut n-heksana menggunakan rotatory evaporator. Minyak yang dihasilkan kemudian dilakukan analisis sifat fisika dan kimianya.

2. Tahap *degumming*

Minyak kemiri sunan yang dihasilkan dari tahap ekstraksi kemudian dipanaskan sampai mencapai suhu 100°C sambil diaduk. Setelah itu ditambahkan H₃PO₄ 85% sebanyak 0,8% (v/v) (Djenar dan Lintang, 2012) dan diaduk selama 20 menit. Kemudian ditambah aquades sebanyak 10% dari berat minyak, dan diaduk selama 5 menit. Campuran minyak tersebut didiamkan dan disentrifugasi selama 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Fasa minyak dipisahkan dan dicuci dengan aquades, lalu ditambah MgSO₄ untuk mengikat air yang mungkin masih terdapat dalam minyak. Setelah itu minyak disaring untuk memisahkan dari MgSO₄.

3. *Pretreatment* dengan cara esterifikasi

Minyak hasil *degumming* kemudian dilakukan esterifikasi menggunakan katalis H₃PO₄ pada variasi 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% terhadap berat minyak. Perbandingan massa minyak:metanol yang digunakan adalah 1:1 seperti yang telah dilakukan oleh Holilah *et al.*, (2014).

a. Esterifikasi menggunakan *microwave*

Sebanyak 30 gram minyak dimasukkan ke gelas kimia kemudian ditambah dengan metanol dan H_3PO_4 . Campuran tersebut diaduk lalu diiradiasi dengan gelombang mikro pada daya 30% selama 3 menit. Setelah dilakukan esterifikasi, campuran didiamkan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan metanol-air dipisahkan, sedangkan lapisan minyak dihitung bilangan asamnya (Bojan dan Durairaj, 2012).

b. Esterifikasi secara konvensional

Sebanyak 50 gram minyak dimasukkan ke labu alas bulat yang telah diisi *magnetic bar*, kemudian ditambahkan metanol dan H_3PO_4 . Labu alas bulat tersebut diletakkan di atas *hotplate stirrer* dan esterifikasi dilakukan selama 2 jam pada suhu $68^\circ C$ seperti yang dilakukan oleh Holilah *et al.*, (2014). Setelah dilakukan esterifikasi, campuran didiamkan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan metanol-air dipisahkan, sedangkan lapisan minyak dihitung bilangan asamnya (Bojan dan Durairaj, 2012).

4. Tahap pembuatan biodiesel dari minyak kemiri sunan

a. Transesterifikasi

Produk esterifikasi dengan hasil terbaik dilakukan transesterifikasi menggunakan katalis CaO 1,5% terhadap berat minyak (Refaat, 2011) dan metanol dengan perbandingan massa

minyak terhadap metanol 1:4. Metanol dan katalis dicampurkan terlebih dahulu, setelah itu ditambahkan minyak. Kemudian diaduk sebelum dimasukkan ke *microwave* untuk diiradiasi selama 3 menit. Setelah itu, campuran dibiarkan dan didinginkan untuk selanjutnya dilakukan pemisahan biodiesel dari gliserol.

b. Pemisahan dan pemurnian biodiesel dari gliserol

Pemisahan metil ester (biodiesel) dari gliserol dilakukan dengan menggunakan corong pisah. Biodiesel yang telah dipisahkan dari gliserol dicuci menggunakan air sebanyak 10% dari bobot minyak sebanyak 3 kali. Setelah itu ditambahkan $MgSO_4$ untuk mengikat aquades yang masih tersisa, lalu disaring.

c. Karakterisasi biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan kemudian dianalisis sifat fisika dan kimianya. Analisis komposisi kimia dari biodiesel yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan instrumen GCMS.

3. Uji karakterisasi

a. Uji densitas 40°C (Metode uji ASTM D 1928)

Piknometer kosong yang telah bersih ditimbang bobotnya menggunakan neraca analitik dan dicatat hasilnya. Setelah itu piknometer diisi dengan air aquades bersuhu 40°C hingga meluap dan tidak ada gelembung udara, lalu ditimbang menggunakan neraca analitik dan dicatat hasilnya. Aquades dikeluarkan dari

piknometer lalu dibilas dengan alkohol 70%, setelah itu dikeringkan. Piknometer yang telah kosong diisi dengan sampel dan ditimbang bobotnya dengan prosedur yang sama. Densitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{densitas} = \frac{(\text{massa botol kosong} + \text{sampel}) - \text{massa botol kosong}}{(\text{massa botol kosong} + \text{aquades}) - \text{massa botol kosong}}$$

b. Uji bilangan asam (Metode Uji AOCS Cd 3-63)

1) Tahap pembuatan reagen

a) Pembuatan larutan standar KOH 0,1 M alkoholis

Sebanyak 1,435 gram kristal KOH dilarutkan menggunakan metanol. Lalu, dimasukkan ke labu ukur 250 mL dan ditambahkan metanol sampai tanda batas.

2) Standarisasi larutan KOH 0,1 M

Sebanyak 0,1260 gram kristal $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan 10 mL aquades. Lalu, larutan tersebut dimasukkan ke labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Kemudian, sebanyak 10 mL larutan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ hasil pengenceran dimasukkan ke erlenmeyer dan ditambahkan tiga tetes indikator phenolftalein. Selanjutnya, larutan tersebut dititrasi dengan KOH 0,1 M hingga mencapai titik akhir. Titik akhir titrasi ditandai dengan terbentuknya warna merah muda

seulas. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali dan molaritas KOH dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Molaritas KOH} = \frac{M_{H_2C_2O_4} \times V_{H_2C_2O_4} \times 2}{V_{KOH}}$$

Keterangan:

$M_{H_2C_2O_4}$ = Molaritas asam oksalat (molar)

$V_{H_2C_2O_4}$ = Volume asam oksalat (mL)

V_{KOH} = Volume rata-rata KOH pada titrasi (mL)

3) Penentuan bilangan asam

Sebanyak 0,5 gram sampel dimasukkan ke labu alas bulat dan ditambahkan 20 mL metanol yang telah dinetralkan. Kemudian campuran tersebut direfluks selama satu jam, lalu didinginkan hingga mencapai suhu ruang dan ditambahkan tiga tetes indikator phenolftalein. Kemudian, dititrasi dengan larutan standar KOH hingga terbentuk warna merah seulas Bilangan asam sampel dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{(V_{KOH} \times M_{KOH} \times Mr_{KOH})}{\text{Massa Sampel}}$$

Keterangan :

V_{KOH} = Volume KOH (mL)

M_{KOH} = Molaritas KOH (M)

Mr_{KOH} = Massa molekul relatif KOH

$Massa\ Sampel$ = Massa sampel (gram)

c. Uji viskositas

Viskositas dari metil ester diukur dengan menggunakan viskometer sesuai dengan metode Ostwald. Viskometer yang telah dibersihkan diisi dengan sampel melalui reservoir (A) sampai terbawa ke reservoir (B) dan melewati garis tanda, namun pada reservoir A masih terisi sampel setengahnya. Lalu, viskometer diletakkan pada posisi vertikal di dalam penangas air atau termostat. Viskometer dibiarkan sampai suhunya 40°C dan dijaga agar konstan. Kemudian, dari reservoir (B) sampel dihisap sampai terbawa ke atas garis tanda batas atas pada reservoir (B). Lalu, dicatat waktu yang dibutuhkan sampel untuk mengalir dari batas atas ke batas bawah dan dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan air pada suhu yang sama dengan menggunakan viskometer yang sama. Viskositas sampel dihitung dengan rumus:

$$\eta = \frac{n_o \cdot t \cdot \rho}{t_o \cdot \rho_o}$$

$$v = \frac{\eta}{\rho}$$

Keterangan :

η = viskositas sampel (cP)

n_o = viskositas air (cP)

t = waktu alir sampel (s)

ρ = densitas sampel (g/mL)

t_o = waktu alir air (s)

ρ_o = densitas air (g/mL)

ν = viskositas kinematik biodiesel (cSt)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekstraksi Minyak dari Biji Kemiri Sunan

Sampel bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah kernel kemiri sunan yang diperoleh dari Majalengka, Jawa Barat. Kernel tersebut diekstraksi dan diperoleh minyak dengan karakteristik sebagai berikut:

Tabel 3. Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Hasil Ekstraksi

No.	Uji	Hasil	Satuan
1	Warna	Cokelat	
2	Bilangan Asam	43	mg-KOH/g
3	Densitas	916,94	kg/m ³
4	Viskositas	74,3	cSt

Minyak yang diperoleh pada penelitian ini berwarna cokelat dengan bilangan asam sebesar 43 mg-KOH/g, densitas 916,94 kg/m³, dan viskositas 74,3 cSt. Menurut Pranowo *et al.*, (2014), buah kemiri sunan yang telah matang secara fisiologis akan menghasilkan minyak dengan warna kuning jernih. Perubahan warna ke arah yang lebih gelap menunjukkan adanya proses hidrolisis yang menyebabkan peningkatan kandungan asam lemak bebas dan sifat fisik minyak seperti viskositas.

Kernel kemiri sunan kemudian dikeringkan untuk mengurangi kadar airnya dengan cara dipanaskan menggunakan oven pada suhu 60-65°C

selama 25 menit. Sebelum dikeringkan, kernel dihaluskan menggunakan blender untuk memperbesar luas permukaan sehingga penguapan air dapat berlangsung dengan optimal.

Kernel kemiri sunan yang sudah kering dan halus kemudian diekstraksi untuk memperoleh minyak kasar kemiri sunan. Pelarut yang digunakan adalah n-heksana yang memiliki sifat kepolaran yang sama dengan minyak kemiri sunan, yaitu non polar. Prinsipnya, minyak kemiri sunan yang bersifat non polar dilarutkan dalam pelarut n-heksana yang juga bersifat non polar sehingga minyak kemiri sunan akan larut dalam n-heksana. Ekstraksi dilakukan selama 2 jam. Setelah itu, minyak yang terlarut dalam n-heksana disaring agar terpisah dari ampas kernel kemiri sunan. Lalu, minyak dan pelarutnya dipisahkan menggunakan *vacuum rotary evaporator*.

Setelah dievaporasi, minyak kasar kemiri sunan juga diaduk sambil dipanaskan pada suhu 40°C untuk memastikan bahwa pelarut n-heksana benar-benar telah menguap semua. Kondisi ini ditandai dengan stabilnya massa minyak yang ditimbang setiap satu jam pada saat dipanaskan dan diaduk.

Menurut Djenar dan Lintang (2012), minyak kemiri sunan mengandung banyak pengotor seperti getah atau lendir campuran dari fosfatida, protein, karbohidrat, dan air. Keberadaan getah akan mengakibatkan kekeruhan pada minyak, selain itu akan berikatan dengan air dan bercampur dengan metil ester yang dihasilkan. Oleh karena itu

perlu dilakukan pemurnian dengan cara *degumming* menggunakan H_3PO_4 0,8% (v/v). Asam fosfat ini dapat menginisiasi terbentuknya gumpalan sehingga mempermudah pengendapan dalam minyak. Setelah itu dilakukan uji sifat fisik dan kimia pada minyak hasil *degumming*.

Tabel 4. Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Hasil *Degumming*

No.	Uji	Hasil	Satuan
1	Warna	Cokelat	
2	Bilangan Asam	46	mg-KOH/g
3	Densitas	916,51	kg/m ³
4	Viskositas	66,2	cSt

Berdasarkan tabel 4, terjadi penurunan viskositas minyak kemiri sunan di mana jika dibandingkan dengan minyak awal, nilai viskositasnya turun dari 74,3 cSt menjadi 66,2 cSt dengan penurunan sebesar 11%. Hal tersebut menunjukkan bahwa ada pengotor pada minyak yang telah hilang dalam proses *degumming*. Bilangan asam yang tinggi pada minyak kemiri sunan hasil *degumming* menunjukkan bahwa minyak tersebut mengandung kadar asam lemak bebas yang tinggi. Oleh karena itu, dilakukan reaksi esterifikasi untuk mengurangi kandungan asam lemak bebas pada minyak tersebut.

B. Esterifikasi Minyak Kemiri Sunan

Esterifikasi dilakukan dengan dua cara pemanasan, yaitu dengan menggunakan pemanasan gelombang mikro dan pemanasan

konvensional. Katalis yang digunakan adalah H_3PO_4 dengan variasi konsentrasi sebesar 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15%. Berikut adalah nilai bilangan asam dari minyak hasil esterifikasi yang diperoleh:

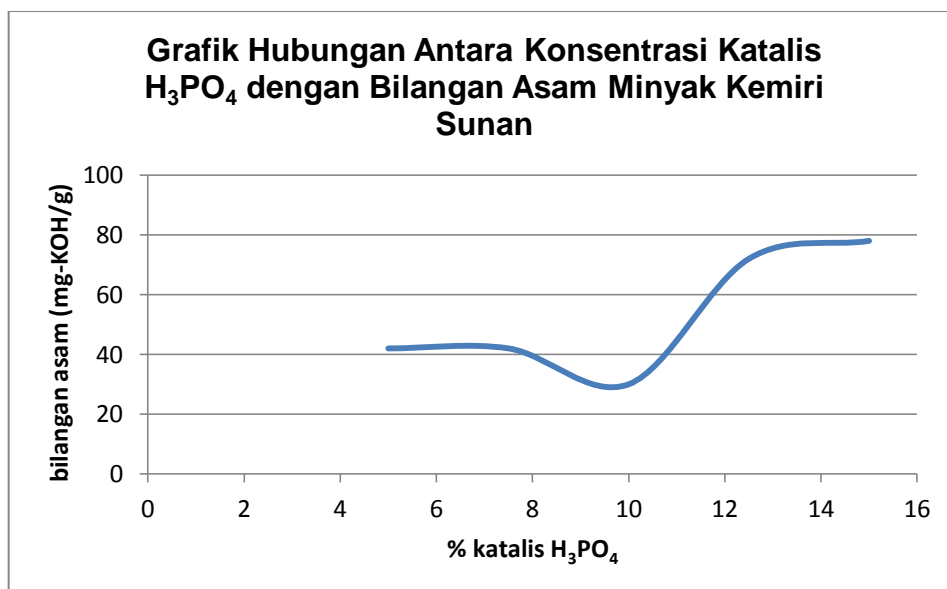
Tabel 5. Hasil Esterifikasi Menggunakan *Microwave* dan Esterifikasi Secara Konvensional

% Katalis	Bilangan asam minyak hasil esterifikasi <i>microwave</i> (mg-KOH/g)	Bilangan asam minyak hasil esterifikasi konvensional (mg-KOH/g)
5	42	27
7,5	42	30
10	30	21
12,5	72	31
15	78	36

Biasanya, katalis yang sering digunakan untuk reaksi esterifikasi adalah H_2SO_4 . Namun, agar proses pembuatan biodiesel lebih ramah lingkungan, digunakan katalis lain yang sifatnya kurang korosif jika dibandingkan H_2SO_4 . Katalis asam yang dipilih adalah H_3PO_4 karena kekuatan asamnya yang lebih besar jika dibandingkan katalis ramah lingkungan lainnya seperti CH_3COOH (asam asetat). Reaksi esterifikasi yang dilakukan biasanya menggunakan panas konvensional, tetapi pada penelitian ini juga dilakukan esterifikasi menggunakan *microwave* untuk mempercepat reaksi esterifikasi.

Berdasarkan tabel 5, dapat dilihat bahwa pada penggunaan *microwave* sebagai sumber pemanasan untuk esterifikasi dapat

menurunkan bilangan asam. Esterifikasi merupakan reaksi organik yang membutuhkan pemanasan. Pemanasan pada reaksi esterifikasi menggunakan *microwave* dihasilkan dari pergerakan ion-ion atau dipol-dipol pada sampel dalam merespon gelombang mikro. Reaksi esterifikasi dapat terjadi karena pelarut polar, dalam hal ini adalah metanol, berinteraksi dengan gelombang mikro yang menyebabkan meningkatnya rotasi dipol-dipol, sehingga menghasilkan gesekan dan energi tumbukan sebagai panas (Mazo dan Rios, 2010).

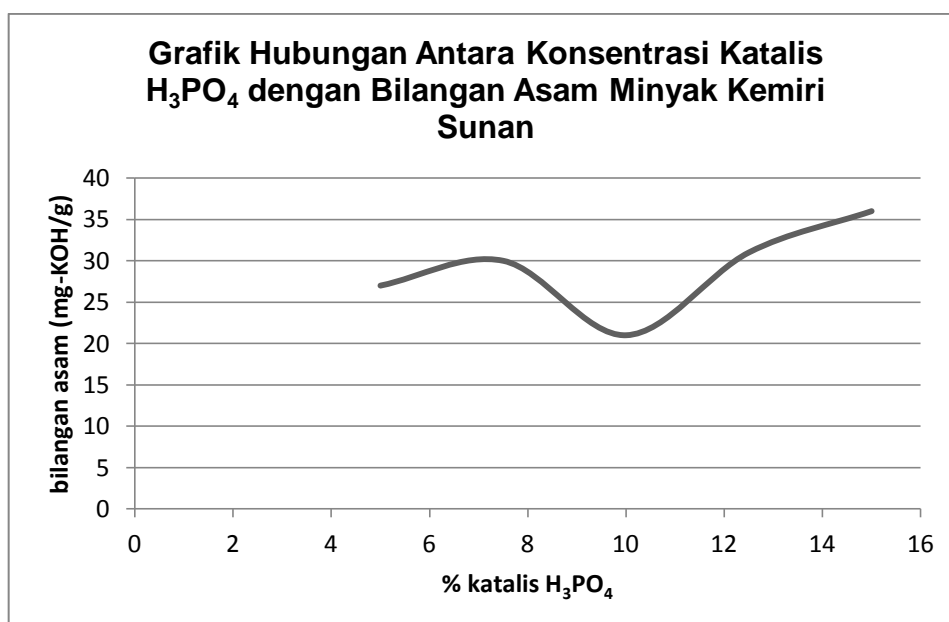


Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Katalis H₃PO₄ dengan Bilangan Asam Minyak Kemiri Sunan pada Proses Esterifikasi Menggunakan *Microwave*

Berdasarkan gambar 9, bilangan asam pada esterifikasi menggunakan *microwave* mengalami penurunan dengan hasil terbaik diperoleh pada penggunaan H₃PO₄ dengan konsentrasi 10%. Bilangan asam turun sebesar 35%, yaitu dari 46 mg-KOH/g menjadi 30 mg-KOH/g.

Penggunaan katalis pada konsentrasi yang lebih besar dari 10% menyebabkan meningkatnya bilangan asam. Hal ini diduga karena penggunaan katalis dengan jumlah berlebih dapat meningkatkan viskositas pada campuran sehingga menghambat reaksi antara molekul trigliserida dengan molekul metanol.

Penurunan bilangan asam pada esterifikasi secara konvensional sejalan dengan esterifikasi menggunakan *microwave*, di mana bilangan asam mengalami penurunan dengan hasil terbaik diperoleh pada penggunaan H_3PO_4 dengan konsentrasi 10%. Bilangan asam turun sebesar 54%, yaitu dari 46 mg-KOH/g menjadi 21 mg-KOH/g. Berikut adalah grafik bilangan asam minyak hasil esterifikasi konvensional.



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Katalis H_3PO_4 dengan Bilangan Asam Minyak Kemiri Sunan pada Proses Esterifikasi Secara Konvensional

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa baik esterifikasi secara konvensional maupun esterifikasi menggunakan *microwave* dapat menurunkan bilangan asam.

Minyak kemiri sunan dengan bilangan asam yang paling rendah, yaitu hasil esterifikasi secara konvensional menggunakan katalis H_3PO_4 10%, dilanjutkan ke tahap transesterifikasi untuk mengetahui karakteristik biodiesel yang dihasilkan.

C. Karakteristik Biodiesel

Minyak kemiri sunan hasil esterifikasi secara konvensional dengan bilangan asam sebesar 21 mg-KOH/g dilakukan transesterifikasi menggunakan katalis CaO 1,5% dan perbandingan massa minyak:metanol sebesar 1:4. Transesterifikasi menggunakan *microwave* pada daya sebesar 30% dan waktu iradiasi selama 3 menit. Berikut adalah karakteristik biodiesel yang diperoleh:

Tabel 6. Karakteristik Biodiesel dari Minyak Kemiri Sunan

No.	Uji	Hasil	Satuan
1	Warna	Cokelat kemerahan	
2	Bilangan Asam	30	Mg-KOH/g
3	Densitas	911,69	kg/m ³
4	Viskositas	36,8	cSt

Biodiesel yang dihasilkan berwarna cokelat kemerahan dengan bilangan asam sebesar 30 mg-KOH/g, densitas 911,69 kg/m³, dan

viskositas 36,8 cSt. Jika dibandingkan dengan minyak produk *degumming*, maka dapat dilihat perbedaan karakteristik sebagai berikut:

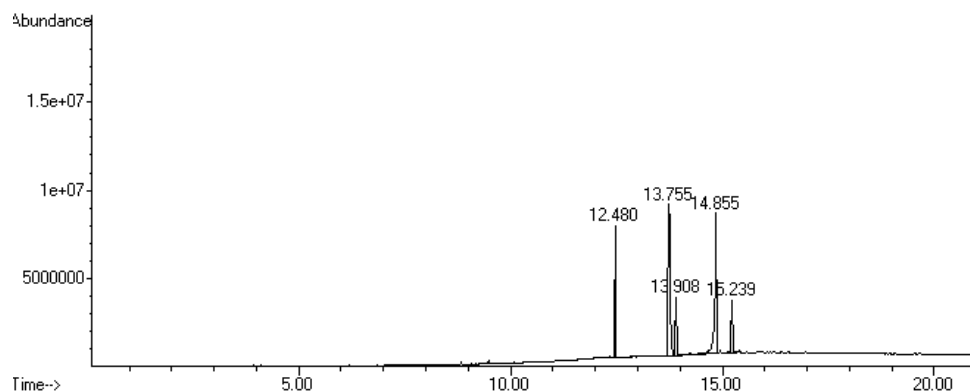
Tabel 7. Perbandingan Karakteristik Minyak Hasil Transesterifikasi dengan Minyak Hasil *Degumming*

Sampel minyak	Bilangan asam (mg-KOH/g)	Densitas (kg/m³)	Viskositas (cSt)
Minyak hasil <i>degumming</i>	46	916,51	66,2
Minyak hasil transesterifikasi	30	911,69	36,8

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai bilangan asam, densitas, dan viskositas biodiesel (minyak hasil transesterifikasi) yang dihasilkan mengalami penurunan jika dibandingkan dengan keadaan sebelumnya (minyak hasil *degumming*). Penurunan nilai bilangan asam, densitas, dan viskositas secara berturut-turut sebesar 40%, 0,526%, dan 44%. Hal ini sesuai dengan tujuan dari reaksi transesterifikasi, yaitu untuk mengubah karakteristik minyak kemiri sunan dengan cara mengubah trigliserida menjadi metil ester, sehingga menurunkan nilai bilangan asam, densitas, dan viskositas.

Biodiesel yang dihasilkan juga dilakukan uji menggunakan GCMS. Pengujian tersebut dilakukan untuk membuktikan bahwa produk yang terbentuk merupakan senyawa metil ester dari asam lemak penyusun biodiesel. Selain itu, pengujian menggunakan GCMS juga bertujuan untuk mengetahui jenis metil ester yang terkandung dalam biodiesel. Berikut

adalah kromatogram komposisi kimia penyusun biodiesel dari minyak kemiri sunan menggunakan GCMS:



Gambar 11. Kromatogram Komposisi Kimia Biodiesel dari Minyak Kemiri Sunan dengan Menggunakan GCMS

Berdasarkan gambar 11 diperoleh 5 (lima) puncak senyawa dengan waktu retensi 12,480; 13,755; 13,908; 14,855; dan 15,239. Waktu retensi yang diperoleh kemudian dicocokkan dengan data waktu retensi dari literatur, sehingga diketahui bahwa kelima puncak tersebut menunjukkan senyawa metil ester, yang secara berurutan yaitu metil palmitat, metil oleat, metil stearat, metil α -eleostearat, dan metil linolenat.

Kelima puncak pada kromatogram kemudian dilihat pola fragmentasi masing-masing untuk memastikan dugaan jenis metil ester yang terkandung dalam biodiesel. Pola fragmentasi dari masing-masing senyawa dapat dilihat pada lampiran 4 halaman 57. Pola fragmentasi tersebut dicocokkan dengan data fragmentasi senyawa standar yang terdapat pada data literatur. Suatu puncak dapat dikatakan senyawa yang

sama dengan senyawa standar jika memiliki berat molekul dan pola fragmentasi yang sama, serta nilai indeks kemiripan yang tinggi.

Tabel 8. Jenis Senyawa Metil Ester dalam Biodiesel

No	Waktu Retensi	Berat Molekul	% Komposisi	Data Literatur	Indeks Kemiripan
1	12,480	270,26	16,341	Metil Palmitat	98
2	13,755	296,27	38,523	Metil Oleat	99
3	13,908	298,29	5,312	Metil Stearat	99
4	14,855	292,24	32,262	Metil α -eleostearat	99
5	15,239	292,24	7,562	Metil Linolenat	89

Menurut literatur, asam α -eleostearat merupakan asam lemak penyusun utama minyak kemiri sunan yang kandungannya mencapai 51%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, kelimpahan metil α -eleostearat pada biodiesel sebesar 32,262%. Hasil ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini hanya sebagian asam α -eleostearat yang terkonversi menjadi metil α -eleostearat. Banyaknya asam α -eleostearat yang tidak terkonversi menjadi metil ester diduga berupa asam lemak bebas yang menjadi penyebab tingginya bilangan asam pada biodiesel yang dihasilkan.

Tingginya kandungan asam lemak bebas tersebut juga disebabkan oleh bilangan asam pada minyak hasil esterifikasi yang masih tinggi.

Sedangkan, selain dari pengaruh asam lemak bebas, tingginya densitas dan viskositas pada biodiesel juga diduga disebabkan oleh adanya pengaruh dari senyawa-senyawa lain seperti senyawa pengotor berupa getah akibat proses *degumming* yang kurang optimal.

Jika dilihat dari sifat fisik dan kimianya, biodiesel yang dihasilkan belum bisa ditentukan bahwa biodiesel tersebut tidak memenuhi standar mutu SNI, karena pada penggunaannya sebagai bahan bakar di Indonesia, biodiesel masih harus dicampur dengan solar. Sehingga, untuk memperoleh biodiesel yang sesuai dengan standar mutu SNI, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai perbandingan campuran biodiesel dengan solar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa *pretreatment* secara esterifikasi memberikan hasil terbaik pada pemanasan konvensional menggunakan katalis H_3PO_4 pada konsentrasi sebesar 10% dengan perolehan bilangan asam sebesar 21 mg-KOH/g.

Biodiesel yang dihasilkan berwarna coklat kemerahan dengan bilangan asam sebesar 30 mg-KOH/g, densitas $911,69 \text{ kg/m}^3$, dan viskositas 36,8 cSt. Berdasarkan hasil uji GCMS, jenis metil ester yang terkandung adalah metil α -eleostearat, metil palmitat, metil oleat, metil stearat, dan metil linolenat.

Biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini belum bisa dikatakan tidak memenuhi standar mutu SNI, karena masih perlu dicampur dengan bahan bakar solar.

B. Saran

Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan, sehingga perlu dilakukan penelitian selanjutnya. Dilihat dari segi kualitas biodiesel, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai pencampuran antara solar dengan biodiesel. Sedangkan dilihat dari bilangan asam, dapat dikatakan bahwa

katalis H_3PO_4 belum mampu memberikan hasil yang optimal, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai penggunaan *support catalyst* untuk H_3PO_4 .

DAFTAR PUSTAKA

- Aunillah, A., Pranowo, D. (2012). Karakteristik Biodiesel Kemiri Sunan Menggunakan Proses Transesterifikasi Dua Tahap. *Journal of Industrial and Beverage Crops*, 3 (3), 193-200.
- Bojan, S.G., Durairaj, S.K. (2012). Producing Biodiesel from High Free Fatty Acid *Jatropha curcas* Oil by A Two Step Method- An Indian Case Study. *Journal of Sustainable Energy and Environment*, 3, 63-66.
- Dang, T. H., Chen, B.-H., Lee, D.-J. (2013). Application of Kaoline-based Catalysts in Biodiesel Production Via Transesterification of Vegetable Oils in Excess Methanol. *Bioresource Technology*, 145, 175-181.
- Djenar, N., Lintang, N. (2012). Esterifikasi Minyak Kemiri Sunan dalam Pembuatan Biodiesel. *Bionatura-Jurnal Ilmu Hayati dan Fisik*, 14 (3), 229-235.
- Gnanaprakasam, A., Sivakumar, V., Surendhar, A., Thirumarimurugan, M., Kannadasan, T. (2013). Recent Strategy of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil and Process Influencing Parameters: A Review. *Journal of Energy*, 1-10.
- Hikmah, M. N., Zuliyana. (2010). *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Holilah, H., Prasetyoko, D., Oetami, T. P., Santosa, E. B., Zein, Y. M., Bahruji, H., Fansuri, H., Ediati, R., Juwari, J. (2014). The Potential of *Reutalis trisperma* Seed As A New Non-edible Source for Biodiesel Production. *Biomass Conversion and Biorefenery*, 1-7.
- Kay, K. H., Yasir, S. M. (2012). Biodiesel Production from Low Quality Crude *Jatropha* Oil Using Heterogeneous Catalyst. *APCBEE Procedia*, 3, 23-27.
- Kombe, G. G., Temu, A. K., Rajabu, H. M., Mrema, G. D. (2012). *High Free Fatty Acid (FFA) Feedstock Pre-treatment Method for Biodiesel Production. Second International Conference on Advances in Engineering Technology (ble. 176-182)*. Tanzania: University of Dar es salaam.

- Leung, D. Y., Wu, X., Leung, M. (2010). A Review on Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification. *Applied Energy*, 87 (4), 1083-1095.
- Lidstrom, P., Tierney, J., Wathey, B., Westman, J. (2001). Microwave Assisted Organic Synthesis-A Review. *Tetrahedron*, 57 (45), 9225-9283.
- Mat, R., Samsudin, R. A., Mohamed, M., Johari, A. (2012). Solid Catalysts and Their Application in Biodiesel Production. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*, 7 (2), 142-149.
- Mazo, P. C., Rios, L. A. (2010). Esterification and Transesterification Assisted by Microwaves of Crude Palm Oil. Heterogeneous Catalysis. *Latin American Applied Research*, 40 (4), 343-349.
- Pranowo, D., Syakir, M., Prastowo, B., Herman, M., Aunillah, A., Sumanto. (2014). *Pembuatan Biodiesel dari Kemiri Sunan dan Pemanfaatan Hasil Samping*. Jakarta: IAARD Press.
- Ramirez-Ortiz, J., Martinez, M., Flores, H. (2012). Metakaolinite As A Catalyst for Biodiesel Production from Waste Cooking Oil. *Front. Chem. Sci. Eng.*, 6 (4), 403-409.
- Refaat, A. (2011). Biodiesel Production Using Solid Metal Oxide Catalysts. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 8 (1), 203-221.
- Refaat, A., El Sheltawy, S. (2008). Time Factor in Microwave-enhanced Biodiesel Production. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 4 (4), 279-288.
- Ridlo, R. (2010). *Optimasi Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dan Jarak Pagar dengan Menggunakan Katalis Heterogen Kalsium Oksida*. Jakarta: BPPT.
- Romano, S.D., Sorichetti, P.A. (2011). *Dielectric Spectroscopy in Biodiesel Production and Characterization*. London: Springer.
- Romero, R., Martinez, S. L., Natividad, R. (2011). *Biodiesel Production by Using Heterogeneous Catalysts*. Croatia: InTech.
- Sani, Y. M., Wan, A. M., Daud, W., Aziz, A. A. (2014). Activity of Solid Acid Catalysts for Biodiesel Production: A Critical Review. *Applied Catalysis A: General*, 470, 140-161.

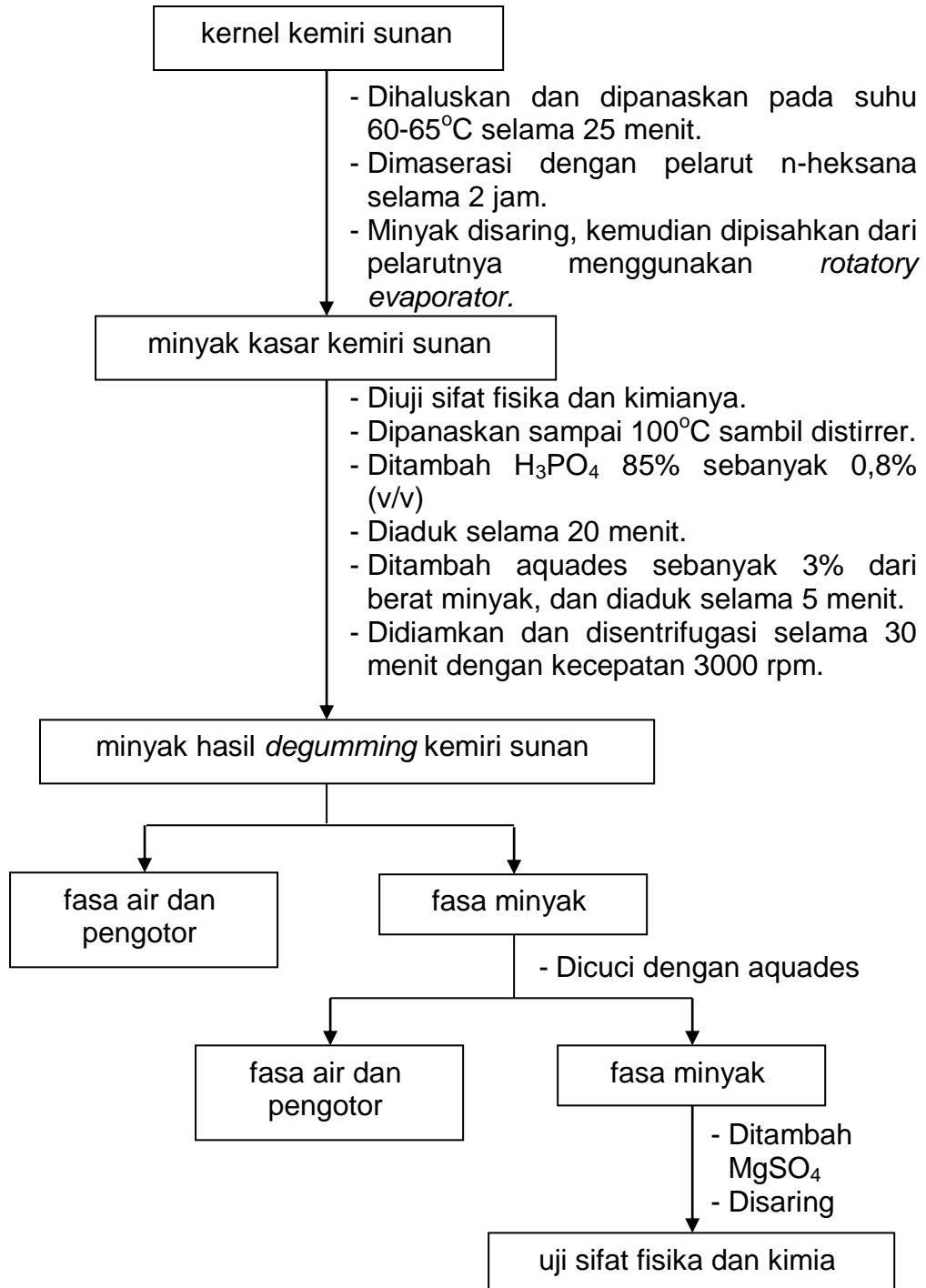
Sivasamy, A., K. Y., Fornasiero, P., Kemausuor, F., Zinoviev, S., Miertus, S. (2009). Catalytic Applications in the Production of Biodiesel from Vegetable Oils. *ChemSusChem*, 2 (4), 278-300.

Stoytcheva, M., Montero, G. (2011). *Biodiesel-Feedstock and Processing Technologies*. Croatia: InTech.

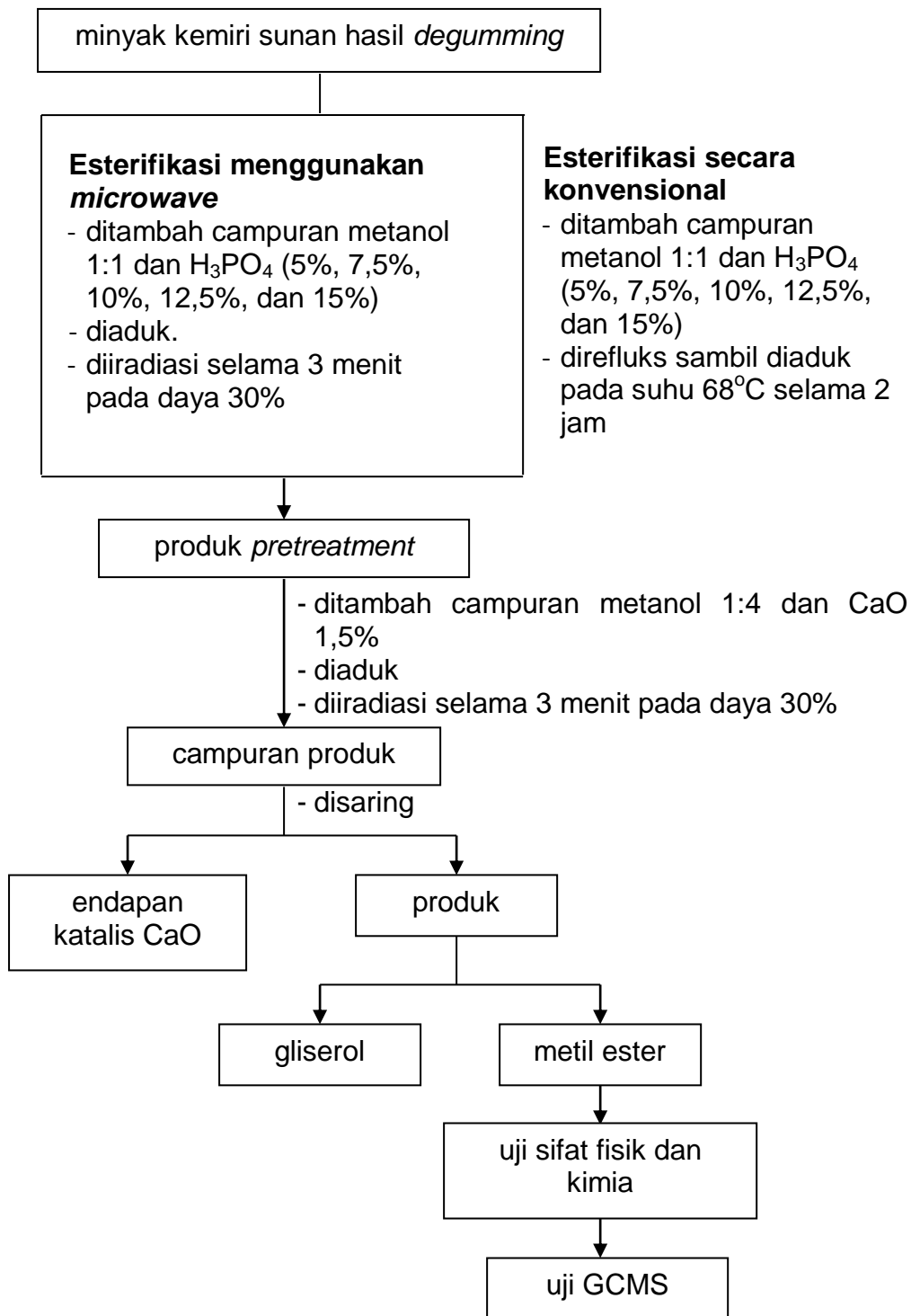
LAMPIRAN

Lampiran 1. Bagan Alir

Tahap I. Ekstraksi dan *degumming* minyak dari kernel kemiri sunan



Tahap II. Pembuatan biodiesel dari minyak kemiri sunan



Lampiran 2. Data Hasil Pengukuran Uji Bilangan Asam

a. Esterifikasi Menggunakan *Microwave*

% katalis	Massa sampel (gram)	Ulangan	Titration			Volume KOH rata-rata (mL)	Bilangan asam (mg-KOH/g)	Bilangan asam rata-rata (mg-KOH/g)
			1	2	3			
5	0,5006	1	4,2	4,1	4,2	4,2	42	42
	0,5033	2	4,2	4,2	4,1	4,2	42	
7,5	0,5042	1	4,2	4,2	4,2	4,2	42	42
	0,5049	2	4,1	4,1	4,2	4,1	41	
10	0,5047	1	3,0	3,0	3,0	3,0	30	30
	0,5020	2	3,1	3,0	3,1	3,1	31	
12,5	0,5002	1	7,1	7,1	7,1	7,1	72	72
	0,5082	2	7,2	7,1	7,1	7,1	71	
15	0,5027	1	7,8	7,8	7,9	7,8	79	78
	0,5055	2	7,8	7,8	7,8	7,8	78	

Perhitungan bilangan asam produk hasil esterifikasi menggunakan katalis H_3PO_4 5% terhadap berat minyak.

Diketahui:

Molaritas KOH = 0,09 M

$$1. \text{ Volume KOH rata-rata} = \frac{(4,2 + 4,2 + 4,2) \text{ mL}}{3} = 4,2 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol KOH} &= \text{Volume KOH} \times \text{Molaritas KOH} \\ &= 4,2 \text{ mL} \times 0,09 \text{ mmol/mL} \\ &= 0,38 \text{ mmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KOH} &= \text{mol KOH} \times \text{Mr KOH} \\ &= 0,38 \text{ mmol} \times 56,11 \text{ mg/mmol} \\ &= 21 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{\text{Massa KOH}}{\text{Massa sampel}} = \frac{21 \text{ mg}}{0,5006 \text{ g}} = 42 \text{ mg-KOH/g}$$

$$2. \text{ Volume KOH rata-rata} = \frac{(4,2 + 4,2 + 4,1) \text{ mL}}{3} = 4,2 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol KOH} &= \text{Volume KOH} \times \text{Molaritas KOH} \\ &= 4,2 \text{ mL} \times 0,09 \text{ mmol/mL} \\ &= 0,38 \text{ mmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KOH} &= \text{mol KOH} \times \text{Mr KOH} \\ &= 0,38 \text{ mmol} \times 56,11 \text{ mg/mmol} \\ &= 21 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{\text{Massa KOH}}{\text{Massa sampel}} = \frac{21 \text{ mg}}{0,5006 \text{ g}} = 42 \text{ mg-KOH/g}$$

Bilangan asam (BA) rata-rata untuk produk hasil esterifikasi menggunakan katalis H_3PO_4 5% terhadap berat minyak adalah:

$$\begin{aligned} \frac{\text{BA 1} + \text{BA 2}}{2} &= \frac{(42 + 42) \text{ mg-KOH/g}}{2} \\ &= 42 \text{ mg-KOH/g.} \end{aligned}$$

*Data bilangan asam lainnya juga dihitung dengan cara yang sama seperti di atas.

b. Esterifikasi secara konvensional

% katalis	Massa sampel (gram)	Ulangan	Titration			Volume KOH rata-rata (mL)	Bilangan asam (mg-KOH/g)	Bilangan asam rata-rata (mg-KOH/g)
			1	2	3			
5	0,5042	1	2,7	2,7	2,7	2,7	27	27
	0,5007	2	2,6	2,7	2,7	2,7	27	
7,5	0,4963	1	3,0	3,0	3,0	3,0	30	30
	0,5033	2	3,1	3,1	3,1	3,1	31	
10	0,5060	1	2,1	2,1	2,1	2,1	21	21
	0,5024	2	2,0	2,1	2,1	2,1	21	
12,5	0,5060	1	3,1	3,1	3,1	3,1	31	31
	0,5006	2	3,1	3,1	3,1	3,1	31	
15	0,5026	1	3,5	3,6	3,6	3,6	36	36
	0,5052	2	3,6	3,6	3,7	3,6	36	

*Data bilangan asam pada produk esterifikasi secara konvensional juga dihitung dengan cara yang sama seperti esterifikasi menggunakan *microwave*.

Lampiran 3. Data Karakteristik Biodiesel

a. Bilangan Asam

Massa sampel (gram)	Ulangan	Titration			Volume KOH rata-rata (mL)	Angka asam (mg-KOH/g)	Angka asam rata-rata (mg-KOH/g)
		1	2	3			
0,4998	1	2,9	3,0	3,0	3,0	30	30
0,5000	2	3,0	2,9	3,0	3,0	30	

*Data bilangan asam biodiesel juga dihitung dengan cara yang sama seperti produk esterifikasi.

b. Densitas

Ulangan	Massa botol kosong+sampel (gram)			Massa botol kosong+sampel rata-rata (gram)	Densitas (kg/m ³)	Densitas rata-rata (kg/m ³)
	1	2	3			
1	15,9564	15,9565	15,9565	15,9565	912,70	911,69
2	15,9470	15,9471	15,9471	15,9470	910,68	

Perhitungan

Diketahui:

Massa botol kosong = 11,6711 gram

Massa botol kosong+aquades = 16,3664 gram

Densitas dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{densitas} = \frac{(\text{massa botol kosong} + \text{sampel}) - \text{massa botol kosong}}{(\text{massa botol kosong} + \text{aquades}) - \text{massa botol kosong}}$$

$$1. \text{ Massa botol kosong+sampel rata-rata} = \frac{(15,9564+15,9565+15,9565)\text{gram}}{3} \\ = 15,9565 \text{ gram}$$

$$\text{Densitas} = \frac{(15,9565 - 11,6711)\text{gram}}{(16,3664 - 11,6711)\text{gram}} = 0,91270 \text{ g/mL}$$

$$= 912,70 \text{ kg/m}^3$$

$$2. \text{ Massa botol kosong+sampel rata-rata} = \frac{(15,9470 + 15,9471 + 15,9471)\text{gram}}{3}$$

$$= 15,9470 \text{ gram}$$

$$\text{Densitas} = \frac{(15,9470 - 11,6711)\text{gram}}{(16,3664 - 11,6711)\text{gram}} = 0,91068 \text{ g/mL}$$

$$= 910,68 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densitas rata-rata} = \frac{\text{densitas 1} + \text{densitas 2}}{2} = \frac{(912,70 + 910,68)\text{kg/m}^3}{2}$$

$$= 911,69 \text{ kg/m}^3$$

c. Viskositas

Ulangan	Waktu alir (sekon)			Waktu alir rata-rata (sekon)	Viskositas (cSt)	Viskositas rata-rata (cSt)
	1	2	3			
1	106	106	103	105	36,8	36,8
2	105	105	106	105	36,8	

Viskositas dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{n_o \cdot t \cdot \rho}{t_o \cdot \rho_o}$$

$$v = \frac{\eta}{\rho}$$

η = viskositas dinamik produk (40°C)

η_o = viskositas dinamik air (40°C)

t = waktu alir produk (40°C)

ρ = massa jenis produk

t_o = waktu alir air (40°C)

ρ_o = massa jenis air

ν = viskositas kinematik produk (cSt)

Perhitungan viskositas Biodiesel:

Volume aquades	= 5 mL
Massa botol kosong	= 11,6711 gram
Massa botol kosong+aquades	= 16,3664 gram
Massa aquades	= (16,3664 - 11,6711) gram = 4,6953 gram
Densitas aquades(ρ_o) (40°C)	= $\frac{\text{massa aquades}}{\text{volume aquades}} = \frac{4,6953 \text{ gram}}{5 \text{ ml}}$ = 0,93906 g/mL = 939,06 kg/m ³
Waktu alir air	= 2 s
Viskositas dinamik air (η_o)(40°C)	= 0,658 x 10 ⁻³ kg/ms

1. waktu alir rata-rata	= $\frac{(106+106+103)s}{3} = 105 \text{ s.}$
densitas produk (ρ)	= 912,70 kg/m ³ .
viskositas dinamik produk (η)	= $\frac{\eta_o \cdot t \cdot \rho}{t_o \cdot \rho_o}$ = $\frac{0,658 \times 10^{-3} \text{ kg/ms} \cdot 105 \text{ s} \cdot 912,70 \text{ kg/m}^3}{2 \text{ s} \cdot 939,06 \text{ kg/m}^3}$ = 0,0336 kg/m.s
viskositas kinematik produk (ν)	= $\frac{\eta}{\rho}$ = $\frac{0,0336 \text{ kg/m.s}}{912,70 \text{ kg/m}^3}$ = $3,68 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \times \frac{1 \text{ cSt}}{10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$ = 36,8 cSt

$$2. \text{ waktu alir rata-rata} = \frac{(105+105+106)s}{3} = 105 \text{ s.}$$

$$\text{densitas produk } (\rho) = 910,68 \text{ kg/m}^3.$$

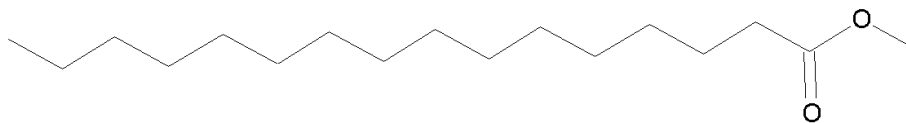
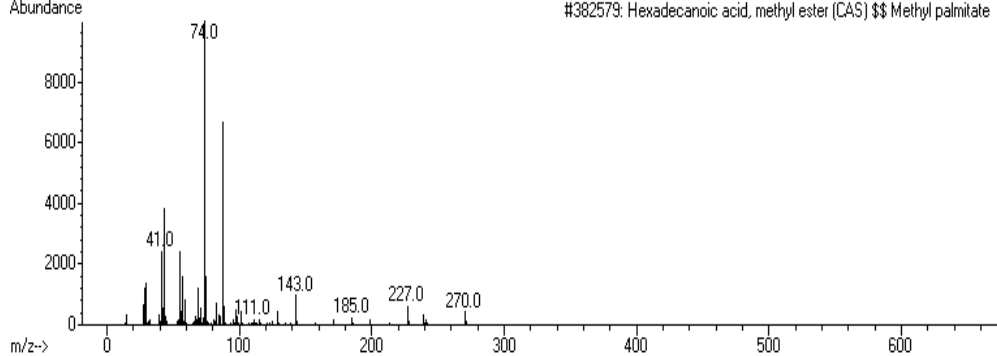
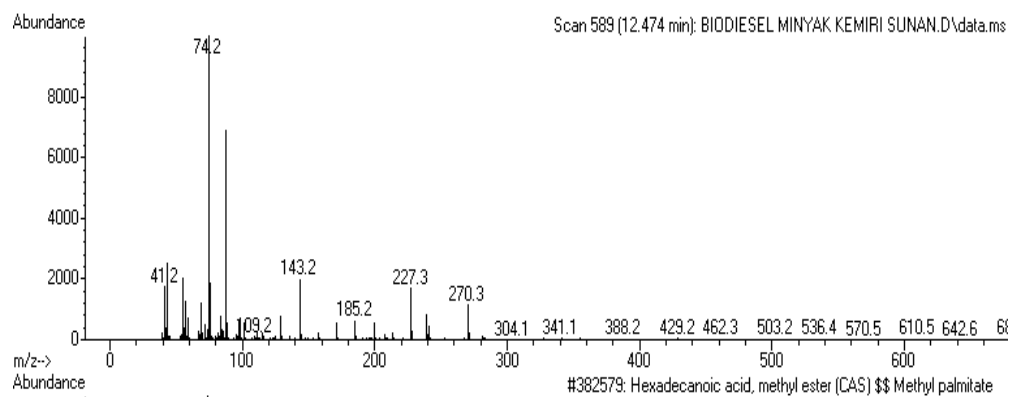
$$\begin{aligned} \text{viskositas dinamik produk } (\eta) &= \frac{\eta_o \cdot t \cdot \rho}{t_o \cdot \rho_o} \\ &= \frac{0,658 \times 10^{-3} \text{ kg/ms} \cdot 105 \text{ s} \cdot 910,68 \text{ kg/m}^3}{2 \text{ s} \cdot 939,06 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,0335 \text{ kg/ms} \end{aligned}$$

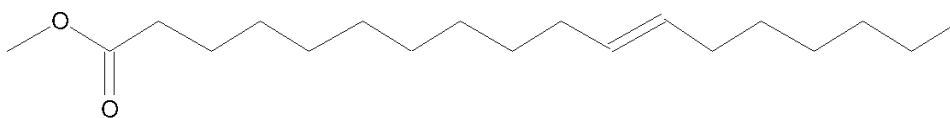
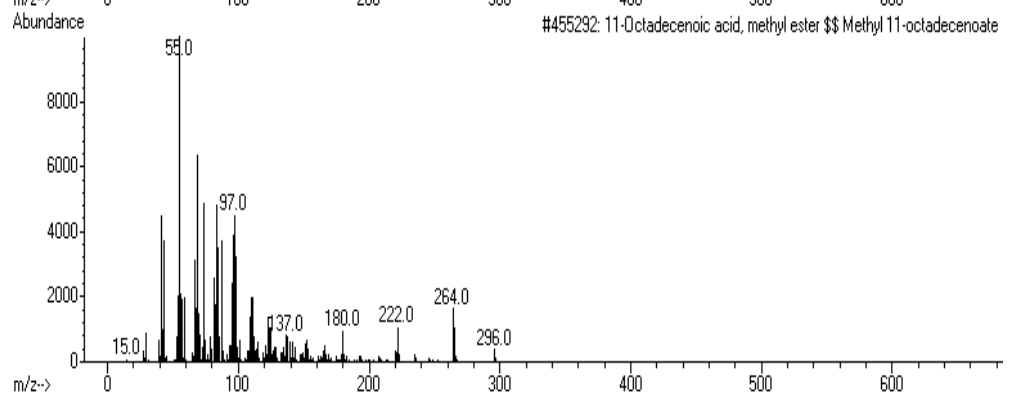
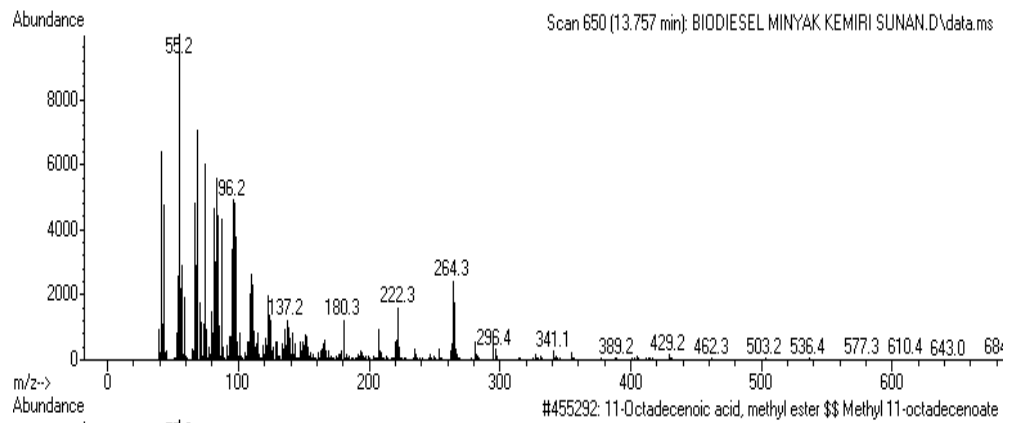
$$\begin{aligned} \text{viskositas kinematik produk } (v) &= \frac{\eta}{\rho} \\ &= \frac{0,0335 \text{ kg/m.s}}{910,68 \text{ kg/m}^3} \\ &= 3,68 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \times \frac{1 \text{ cSt}}{10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= 36,8 \text{ cSt} \end{aligned}$$

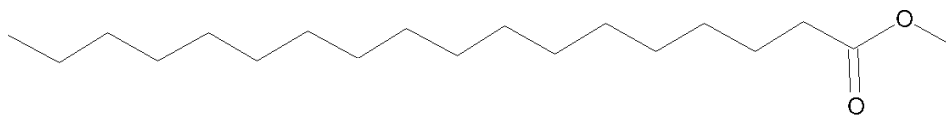
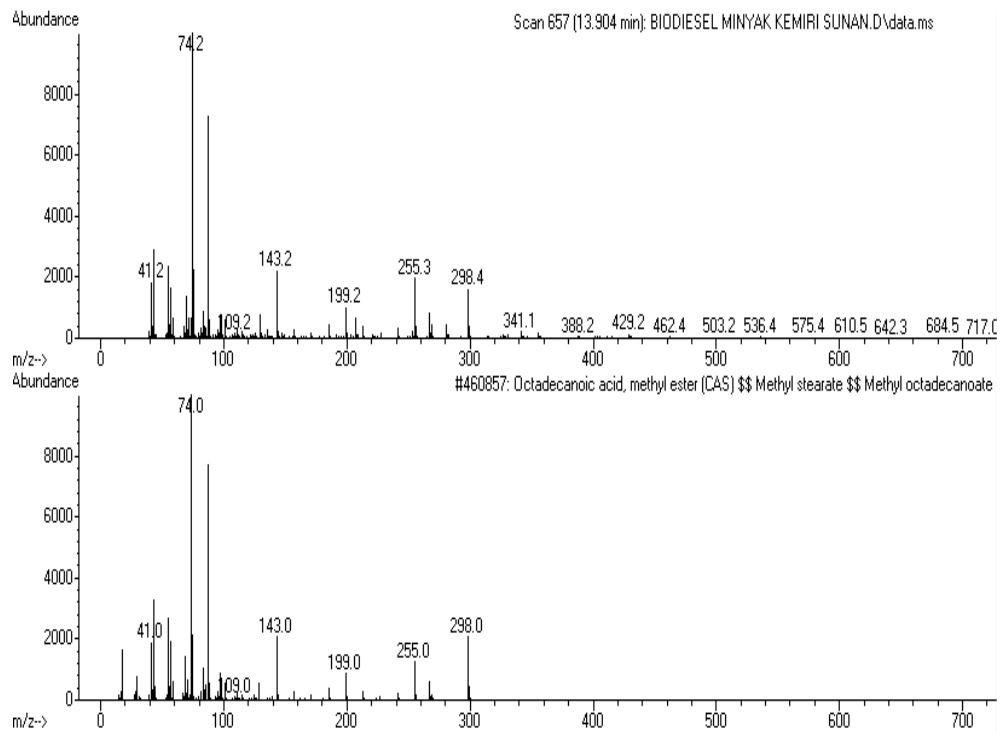
$$\begin{aligned} \text{viskositas kinematik rata-rata} &= \frac{\text{viskositas 1} + \text{viskositas 2}}{2} \\ &= \frac{(36,8+36,8) \text{ cSt}}{2} \\ &= 36,8 \text{ cSt} \end{aligned}$$

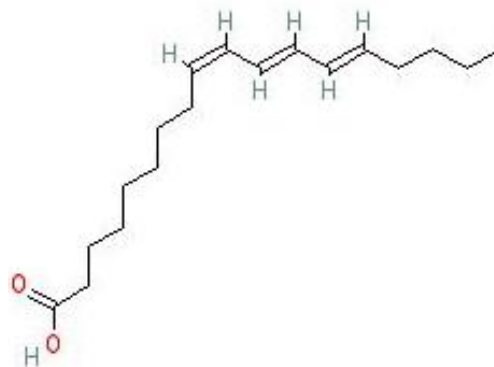
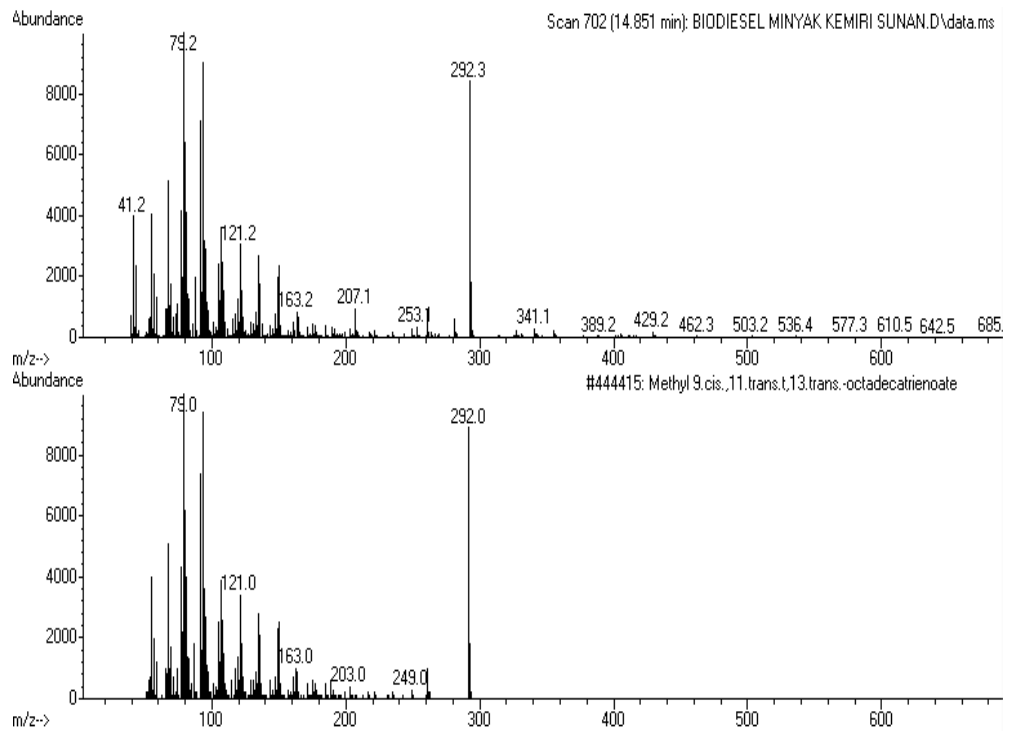
Lampiran 4. Data Spektrum MS Produk Transesterifikasi dengan Perbandingan Minyak dan Metanol 1:4

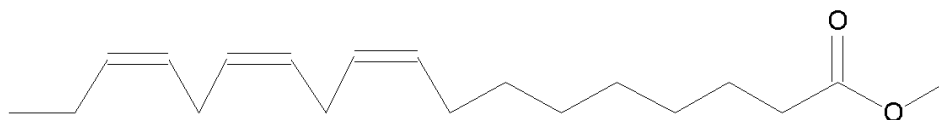
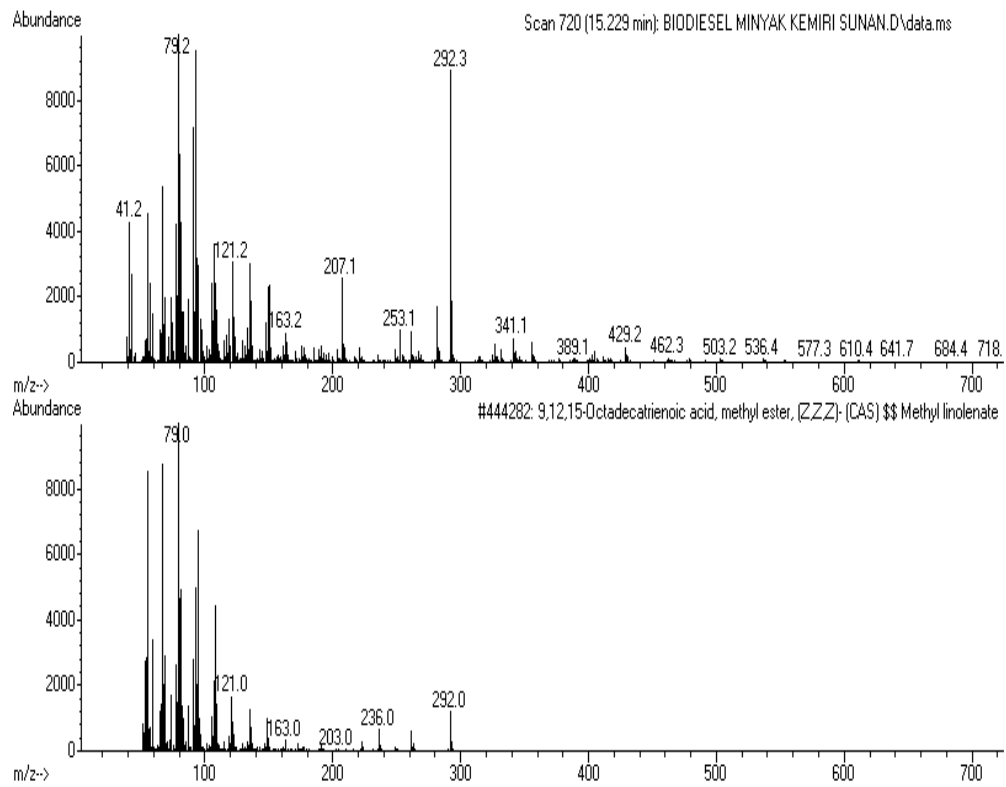
a. Metil ester asam heksadekanoat (metil palmitat)



b. Metil ester asam oktadekanoat (metil oleat)

c. Metil ester asam oktadekanoat (metil stearat)

d. Metil ester asam oktadekatrienoat (metil α -eleostearat)

e. Metil ester asam oktadekatrinoat (metil linolenat)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Dea Istiqomah
No. Reg. : 3325111340
Jurusan : Kimia
Program Studi : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang Saya buat dengan judul "Pengaruh Kadar Katalis Terhadap Penurunan Bilangan Asam Minyak Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) pada Reaksi Esterifikasi Dalam Sintesis Biodiesel" adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan oleh Saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil percobaan pada bulan Febuari 2015 - Juli 2015.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini Saya buat dengan sesungguhnya, dan bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan Saya tersebut tidak benar.

Jakarta, 4 Agustus 2015

Yang Membuat Pernyataan,


Dea Istiqomah

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DEA ISTIQOMAH. Anak kelima dari enam bersaudara dari pasangan Usman Bin Kalan dan Nurjanah. Lahir di Tangerang, 28 Desember 1992 dan bertempat tinggal di Perumahan Pondok Cabe Indah Blok L No. 2 RT 3 RW 6 Pamulang, Tangerang Selatan. Penulis memulai pendidikan di TK Tunas Tangerang dan melanjutkan sekolah di SDN Cipayung I Tangerang (1995-2005). Kemudian, penulis melanjutkan sekolah di SMPN 87 Jakarta (2005-2008) dan di SMAN 47 Jakarta (2008-2011). Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Negeri Jakarta, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia, Program Studi Kimia melalui jalur SNMPTN Tulis pada tahun 2011.

Penulis aktif dalam organisasi non akademik, yaitu bela diri silat Perisai Diri sejak SMA. Penulis pernah menjabat sebagai sekretaris organisasi silat Perisai Diri SMAN 47 Jakarta dan kini masih aktif menjadi anggota silat Perisai Diri di Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Selama berorganisasi, penulis aktif dalam mengikuti berbagai pertandingan dan menjadi juara, diantaranya menjadi juara III teknik kerapihan beregu bersenjata di Kejuaraan Internasional Silat Perisai Diri di Samarinda, Kalimantan Selatan (2012). Penulis juga pernah menjadi Asisten Laboratorium untuk Praktikum Kimia Umum (2014) dan Kimia Analisis Instrumen (2015).