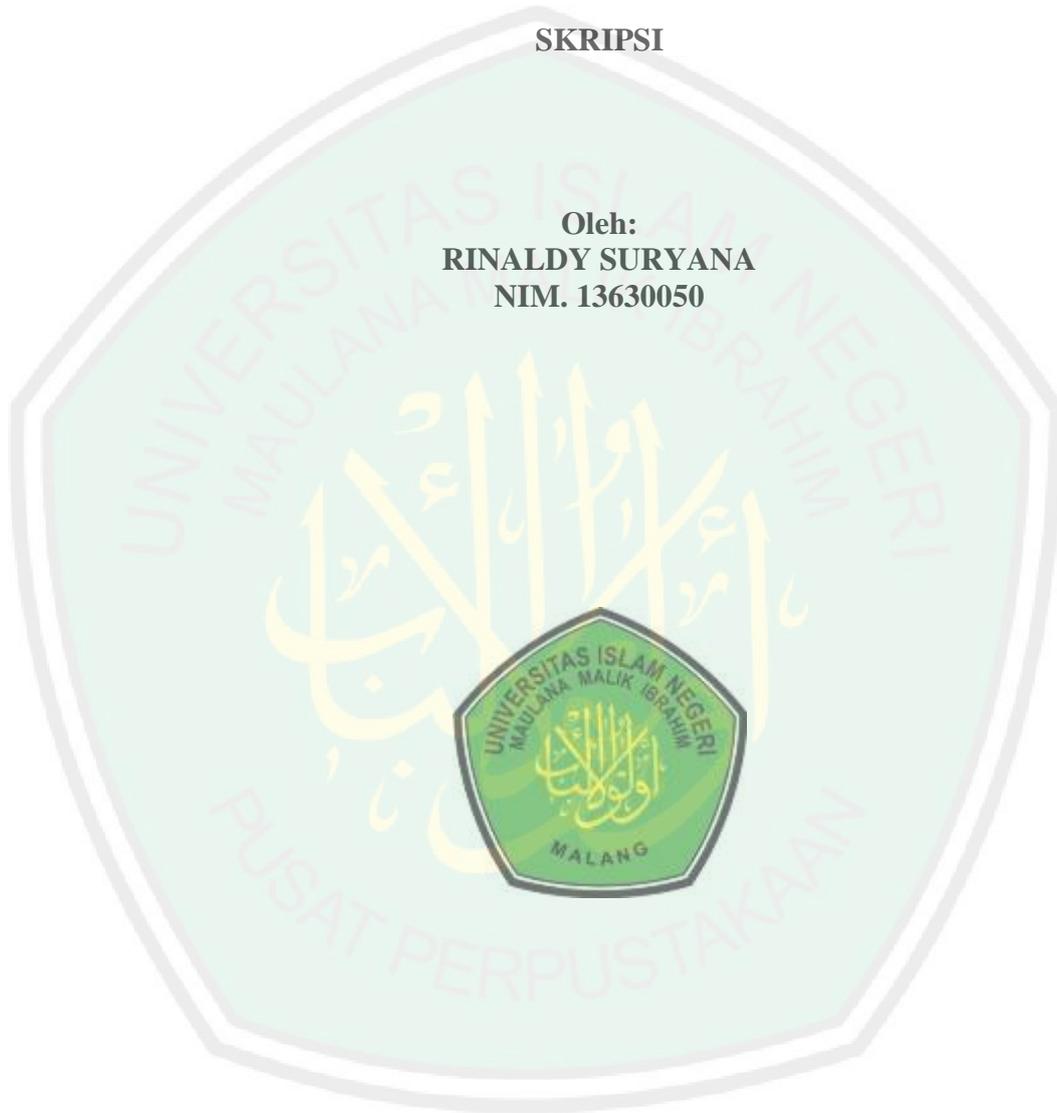


**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KOH/ ZEOLIT ALAM
TERAKTIVASI SEBAGAI KATALIS HETEROGEN PADA REAKSI
TRANSESTERIFIKASI MINYAK JARAK (*Ricinus communis*) DALAM
PEMBUATAN BIODIESEL**

SKRIPSI

Oleh:
RINALDY SURYANA
NIM. 13630050



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KOH/ZEOLIT ALAM
TERAKTIVASI SEBAGAI KATALIS HETEROGEN PADA REAKSI
TRANSESTERIFIKASI MINYAK JARAK (*Ricinus communis*) DALAM
PEMBUATAN BIODIESEL**

SKRIPSI

Oleh:
RINALDY SURYANA
NIM. 13630050

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KOH/ ZEOLIT ALAM
TERAKTIVASI SEBAGAI KATALIS HETEROGEN PADA REAKSI
TRANSESTERIFIKASI MINYAK JARAK (*Ricinus Communis*) DALAM
PEMBUATAN BIODISEL**

SKRIPSI

Oleh:
RINALDY SURYANA
NIM. 13630050

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 3 Juli 2018

Pembimbing I

Suci Amalla, M.Sc
NIP. 19821104 20901 2 007

Pembimbing II

Oky Bagas Prasetyo, M.Pd,I
NIDT. 19890113 20180201 1 244

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia



Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN KOH/ ZEOLIT ALAM
TERAKTIVASI SEBAGAI KATALIS HETEROGEN PADA REAKSI
TRANSESTERIFIKASI MINYAK JARAK (*Ricinus Communis*) DALAM
PEMBUATAN BIODISEL**

SKRIPSI

Oleh:
RINALDY SURYANA
NIM. 13630050

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 3 Juli 2018

Penguji Utama	: Eny Yulianty, M.Si NIP. 19760611 200501 2 006	(.....)
Ketua Penguji	: Arief Rahmatulloh, M.Si LB. 63027	(.....)
Sekretaris Penguji	: Suci Amalia, M.Sc NIP. 19821104 20901 2 007	(.....)
Anggota Penguji	: Oky Bagas Prasetyo, M.Pd.I NIDT. 1989011320180201 1 244	(.....)



Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia

Eluk Kamillah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rinaldy Suryana

NIM : 13630050

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Variasi Penambahan Koh/ Zeolit Alam Teraktivasi Sebagai Katalis Heterogen Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak (*Ricinus Communis*) Dalam Pembuatan Biodisel

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Juni 2018

Yang membuat pernyataan,



Rinaldy Suryana

NIM. 13630050

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Penambahan KOH/ Zeolit Alam Teraktivasi Sebagai Katalis Heterogen Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak (*Ricinus Communis*) Dalam Pembuatan Biodiesel”** dengan baik. Sholawat serta salam semoga senantiasa Allah SWT curahkan kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW, yang telah membawa suatu mukjizat besar dalam sejarah hidup umat islam di dunia sehingga penulis dapat berkesempatan menikmati hidup sebagai umatnya dalam keadaan damai hingga dapat menyusun naskah skripsi ini. Skripsi ini ditulis dalam rangka untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si).

Tanpa bimbingan, bantuan dan perhatian dari semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung, tentulah pengerjaan naskah skripsi ini tidak dapat berjalan dengan lancar dan semestinya. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu dan Ayah tercinta yang telah memberikan perhatian, kasih sayang dan dukungan baik berupa moril maupun materiil.
2. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku dosen penguji utama dan Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan saran dan koreksi dalam penulisan naskah skripsi ini.

3. Ibu Suci Amalia, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis di sela-sela kesibukan beliau, demi terselesainya naskah skripsi ini.
4. Bapak Arief Rahmatulloh, M.Si selaku dosen konsultan yang telah memberikan bimbingan, arahan serta masukan kepada penulis selama penulisan naskah skripsi ini.
5. Bapak Oky Prasetyo, M.Pd.I selaku pembimbing agama yang telah memberikan bimbingan, arahan serta masukan kepada penulis selama penulisan naskah skripsi ini.
6. Seluruh dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana dan wawasannya, sebagai pedoman dan bekal bagi penyusun.

Penulis menyadari naskah skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi tersusunnya naskah skripsi yang lebih baik. Penulis berharap dengan adanya naskah skripsi ini dapat memberikan manfaat baik bagi pembaca, peneliti selanjutnya, maupun bagi masyarakat luas.

Malang, 25 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Biodiesel	8
2.2 Proses Pembuatan Biodiesel	10
2.2.1 Reaksi Esterifikasi	10
2.2.2 Reaksi Transesterifikasi	11
2.3 Zeolit	15
2.3.1 Aktifasi Zeolit Alam	15
2.3.2 Modifikasi KOH pada Zeolit dengan bantuan <i>Sonicator Batch</i>	17
2.4 Karakterisasi Minyak dan Biodiesel	20
2.4.1 Analisis Densitas	20
2.4.2 Analisis Kadar Air	20
2.4.3 Analisis Asam Lemak Bebas	20
2.5 Pemanfaatan sumber daya alam dalam perspektif islam	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Pelaksanaan Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	25
3.3 Tahapan Penelitian	25
3.4 Prosedur Kerja	26
3.4.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam	26
3.4.2 Modifikasi Katalis	26
3.4.3 Karakterisasi Katalis KOH/Zeolit	27
3.4.3.1 Karakterisasi Katalis KOH/Zeolit dengan XRD	27
3.4.3.2 Karakterisasi Katalis KOH/Zeolit dengan XRF	27
3.4.4 Pembuatan Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi	27
3.4.5 Analisa Karakterisasi Minyak dan Biodiesel	28

3.4.5.1 Analisa Kadar Air.....	28
3.4.5.2 Analisa Angka Asam.....	28
3.4.5.3 Analisa Densitas	29
3.4.6 Analisa Komposisi Senyawa dalam Biodiesel dengan GC-MS.....	29

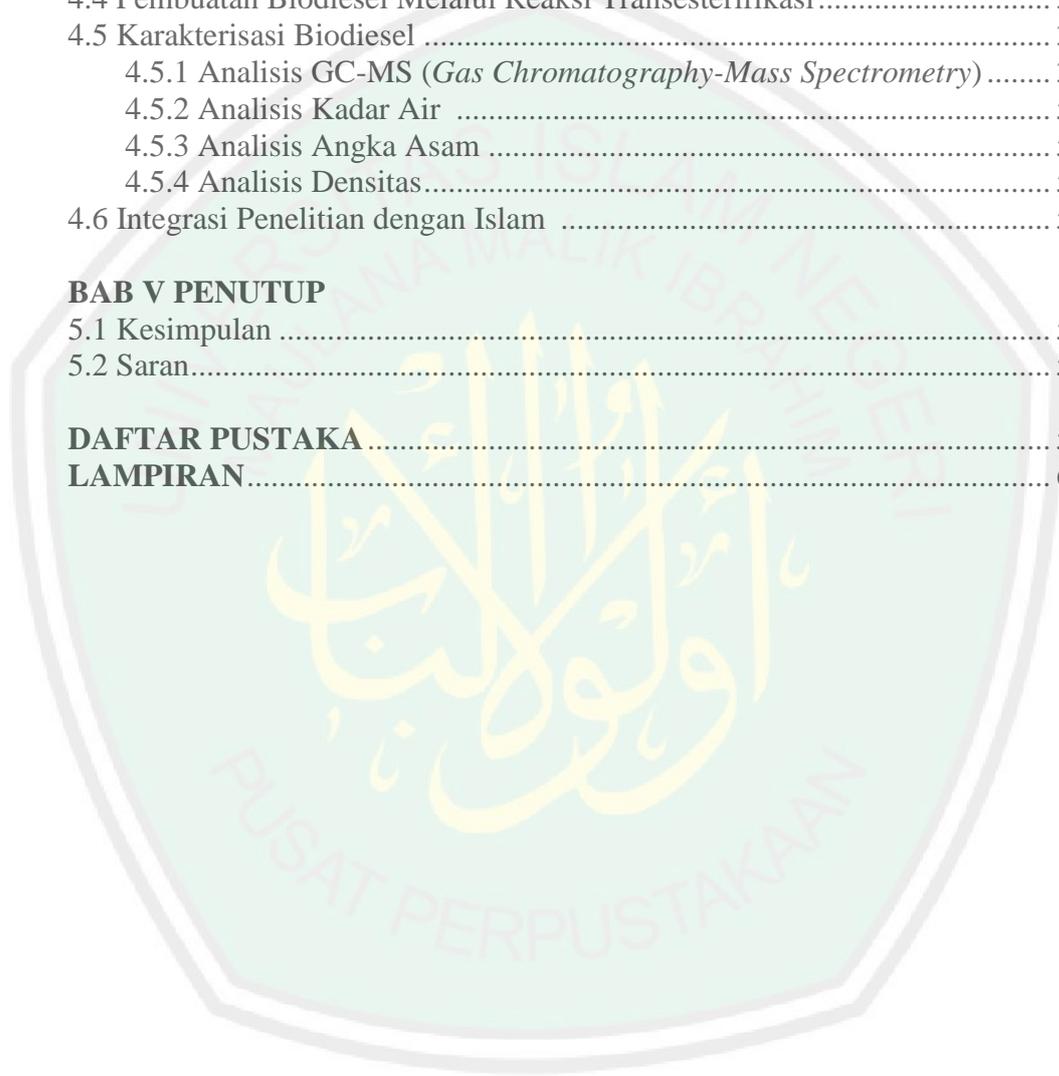
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit.....	30
4.2 Modifikasi Katalis.....	32
4.3 Karakterisasi Katalis dengan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	33
4.4 Pembuatan Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi.....	35
4.5 Karakterisasi Biodiesel	38
4.5.1 Analisis GC-MS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i>).....	38
4.5.2 Analisis Kadar Air	50
4.5.3 Analisis Angka Asam	51
4.5.4 Analisis Densitas.....	52
4.6 Integrasi Penelitian dengan Islam	53

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penurunan pencemaran udara dengan biodiesel	8
Tabel 2.2 Kandungan senyawa minyak jarak kepyar.....	9
Tabel 2.3 Sifat minyak jarak kepyar	9
Tabel 2.4 Persyaratan kualitas biodiesel menurut SNI	10
Tabel 4.1. Kandungan unsur pada zeolit dengan analisis XRF.....	31
Tabel 4.2. Komposisi biodiesel katalis KOH/zeolit 50, 60 dan 70 %.....	40
Tabel 4.3 Kandungan senyawa biodiesel hasil reaksi transesterifikasi.....	49
Tabel 4.4 Kandungan biodiesel hasil reaksi transesterifikasi minyak jarak	50
Tabel 4.5 Nilai kadar air hasil biodisel variasi KOH/zeolit 50, 60 dan 70 %	51
Tabel 4.6 Nilai angka asam hasil biodisel variasi KOH/zeolit 50, 60 dan 70%.....	52
Tabel 4.7 Nilai densitas hasil biodisel pada variasi KOH/zeolit 50, 60 dan 70 %	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Persamaan reaksi esterifikasi	11
Gambar 2.2 Persamaan reaksi transesterifikasi.....	12
Gambar 2.3 Kromatogram biodisel hasil GC-MS katalis KOH.....	13
Gambar 2.4 Kromatogram biodisel hasil GC-MS katalis H-zeolit.....	14
Gambar 2.5 Kromatogram biodisel hasil GC-MS katalis KOH/zeolit	14
Gambar 2.6 Struktur zeolit.....	15
Gambar 2.7 Pertukaran ion pada permukaan zeolit	16
Gambar 2.8 Ilustrasi gejala kavitasi.....	17
Gambar 2.9 Pola difraksi XRD zeolit alam	18
Gambar 2.10 Pola difraksi XRD zeolit modifikasi	19
Gambar 2.11 Reaksi antara asam lemak bebas dengan NaOH.....	21
Gambar 2.12 Reaksi antara indikator PP dengan NaOH	22
Gambar 4.1. Skema reaksi zeolit dengan HCl	30
Gambar 4.2. Skema reaksi zeolit dengan KOH	32
Gambar 4.3 Pola XRD zeolit alam dan zeolit modifikasi.....	34
Gambar 4.4. Pembuatan ion metoksida.....	36
Gambar 4.5. Pembentukan metil ester	37
Gambar 4.6. Pembentukan metil ester	37
Gambar 4.7. Pembentukan metil ester	38
Gambar 4.8. Kromatogram GC biodisel dengan penambahan 50% KOH/zeolit sebagai katalis	39
Gambar 4.9. Kromatogram GC biodisel dengan penambahan 60% KOH/zeolit sebagai katalis	39
Gambar 4.10. Kromatogram GC biodisel dengan penambahan 70% KOH/zeolit sebagai katalis	39
Gambar 4.11 Spektra massa yang diprediksi sebagai metil laurat.....	42
Gambar 4.12 Perkiraan pola fragmentasi metil ester laurat.....	42
Gambar 4.13 Spektra massa yang diprediksi sebagai metil palmitat	43
Gambar 4.14 Perkiraan pola fragmentasi metil ester palmitat	43
Gambar 4.15 Spektra massa yang diprediksi sebagai metil linoleat.....	44
Gambar 4.16 Perkiraan pola fragmentasi metil ester linoleat	45
Gambar 4.17 Spektra massa yang diprediksi sebagai metil oleat	45
Gambar 4.18 Perkiraan pola fragmentasi metil ester oleat	46
Gambar 4.19 Spektra massa yang diprediksi sebagai metil stearat	47
Gambar 4.20 Perkiraan pola fragmentasi metil ester stearat	47
Gambar 4.21 Spektra massa yang diprediksi sebagai metil risinoleat.....	48
Gambar 4.22 Perkiraan pola fragmentasi metil ester risinoleat	48

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Diagram Alir	64
LAMPIRAN 2 Perhitungan.....	67



ملخص البحث

سوريانا، رينلدي. 2018. تأثير اختلاف الاضاف KOH/الزيوليت الطبيعي المنشط كما المحفزات غير المتجانسة في التفاعل الاستبدال للزيت الخروع (*Ricinus communis*) لصنع وقود الديزل الحيوي. البحث الجامعي. قسم الكيمياء كلية العلوم والتكنولوجيا الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفة: سوجي أماليا، الماجستير، وأوكي باكوس فراستيو، الماجستير، والمستشار: عارف رحمة الله، الماجستير

الكلمات الرئيسية: وقود الديزل الحيوي، GC-MS، زيت الخروع، XRD، XRF، الزيوليت الطبيعي.

وقود الديزل الحيوي هو طاقة بديلة لتحل للوقود الأحفوري. المواد الخام الذي يأتي من النباتات وتجعلها وفيرة على عكس البترولية. حصلت عملية صنع وقود الديزل الحيوي من تفاعل الصرف الزيت الخروع والميثانول بمساعدة الحفاز في شكل الزيوليت الذي فعل التنشيط و التعديل. تم تنفيذ التنشيط الزيوليت مع إضافة HCL 6م لمدة 4 ساعات. تم تنفيذ محفزات الزيوليت المعدلة بالموجات فوق الصوتية لمدة 10 دقائق مع نسبة تركيزات KOH فهي 50 و 60 و 70%. نتيجة توصيف XRD للزيوليت المعدل ظهرت لتكوين K₂O، ولكن أثناء عملية التعديل، هناك تفاعل بين KOH والزيوليت الذي سبب التغير وتقليل ذروة الزيوليت. تنفيذ تفاعل الاستبدال من تكوين وقود الديزل الحيوي لمدة 7 ساعات في 60 درجات مئوية مع المقارنة مول النفط مع الميثانول بقدرة 1:15 والمئة من وزن المحفز بنسبة 17%. استخدم وقود الديزل الحيوي KOH / الزيوليت 50 و 60 و 70%. حصلت التحويلات للوقود الديزل الحيوي بقدرة 99.882 و 99.05 و 99.99%

ABSTRAK

Suryana, Rinaldy. 2018. Variation of KOH/zeolite Nature Activation as Heterogeneous Catalysts on Transesterification Reaction from Castor oil (*Ricinus communis*) for Biodiesel Production. Undergraduate Thesis. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, University Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.. Supervisor I: Suci Amalia, M.Sc. Supervisor II: Oky Bagas Prasetyo, M.Pd.I. Consultant: Arief Rahmatulloh, M.Si.

Keywords: Biodiesel, GC-MS, Castor Oil, XRD, XRF, Natural Zeolite.

Biodiesel is an alternative energy from plant oil. Raw material derived from plants makes its availability abundant unlike petroleum. In this research, biodiesel was obtained from transesterification reaction of castor oil and methanol with catalyst support in the form of zeolite which has been activated and modified. Zeolite activation was performed with the addition of HCL 6 M for 4 hours. Modified zeolite catalysts were performed in ultrasonic waves for 10 minutes with KOH concentration ratio of 50, 60, dan 70 %. XRD characterization results of modified zeolite showed that not formed of K₂O, but during the process of modification occurs interaction between KOH and zeolite resulting is shifting and reduction of zeolite peak. Transesterification reaction of biodiesel formation was carried out for 7 hours at temperature of 60 °C with mole ratio of oil and methanol was 1:15 and percentage of catalyst weight to oil weight was 17%. Biodiesel using KOH/zeolite 50 dan 60 dan 70 % catalyst resulted conversion of biodiesel up to 99,882; 99,05 dan 99,99 %.

ABSTRAK

Suryana, Rinaldy. 2018. Pengaruh Variasi Penambahan KOH/Zeolit Alam Teraktivasi Sebagai Katalis Heterogen Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak (*Ricinus communis*) Pembuatan Biodiesel. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Suci Amalia, M.Sc. Pembimbing II: Oki Bagus Prasetyo, M.Pd.I. Konsultan: Arief Rahmatulloh, M.Si.

Kata kunci: Biodiesel, GC-MS, Minyak jarak, XRD, XRF, Zeolit alam.

Biodiesel merupakan energi alternative pengganti bahan bakar fosil. Bahan baku yang berasal dari tumbuhan menjadikan ketersediaannya melimpah tidak seperti minyak bumi. Proses pembuatan biodiesel diperoleh dari reaksi transesterifikasi minyak jarak dan metanol dengan bantuan katalis berupa zeolit yang sudah diaktivasi dan dimodifikasi. Aktivasi zeolit dilakukan dengan penambahan HCL 6 M selama 4 jam. Modifikasi katalis zeolit dilakukan dengan gelombang ultrasonik selama 10 menit dengan perbandingan konsentrasi KOH sebesar 50, 60, dan 70 %. Hasil karakterisasi XRD zeolit modifikasi menunjukkan tidak terbentuknya K₂O, akan tetapi selama proses modifikasi terjadi interaksi antara KOH dan zeolit sehingga mengakibatkan pergeseran dan pengurangan puncak zeolit. Reaksi transesterifikasi pembentukan biodiesel dilakukan selama 7 jam pada suhu 60 °C dengan berbanding mol minyak dengan metanol sebesar 1:15 dan persen berat katalis terhadap berat minyak sebesar 17 %. Biodiesel yang menggunakan katalis KOH/zeolit 50 dan 60 dan 70 % menghasilkan konversi biodiesel sebesar 99,882; 99,05 dan 99,99 %.

Bab I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelangkaan sumber daya fosil yang terjadi akibat ketergantungan berbagai Negara terhadap bahan bakar fosil menyebabkan banyak penelitian dalam mengatasi kelangkaan bahan bakar fosil. Energy fosil yang bersifat tidak terbarukan apabila dimanfaatkan secara terus-menerus akan berkurang ketersediaannya. Penggunaan bahan bakar sebagai energi fosil dijelaskan dalam surah al-Isro ayat 49-51. Allah SWT berfirman bahwa api dapat diperoleh dari kayu atau tumbuhan.

وَقَالُوا أَنَّىٰ كُنَّا عِظَامًا وَرُفَاتًا أَيْنَا لَمَبْعُوثُونَ خَلْقًا جَدِيدًا (٤٩) قُلْ كُونُوا حِجَارَةً أَوْ حَدِيدًا (٥٠) أَوْ خَلْقًا مِّمَّا يَكْبُرُ فِي صُدُورِكُمْ فَسَيَقُولُونَ مَنْ يُعِيدُنَا قُلِ الَّذِي فَطَرَكُمْ أَوَّلَ مَرَّةٍ فَسَيُنْغِضُونَ إِلَيْكَ رُءُوسَهُمْ وَيَقُولُونَ مَتَىٰ هُوَ قُلْ عَسَىٰ أَنْ يَكُونَ قَرِيبًا (٥١)

Artinya: “Dan mereka berkata: ‘Apakah bila kami telah menjadi tulang-belulang dan benda-benda yang hancur, apakah benar kami akan dibangkitkan kembali sebagai makhluk yang baru?’. Katakanlah: ‘Jadilah kamu sekalian batu atau besi. atau suatu kejadian yang sangat besar dalam pikiranmu.’ Maka mereka akan bertanya: ‘Siapa yang akan menghidupkan kami kembali?’ Katakanlah: ‘Yang telah menciptakanmu pada kali yang pertama.’ Lalu mereka akan menggeleng-gelengkan kepala mereka kepadamu dan berkata: ‘Kapan itu (akan terjadi)?’ Katakanlah: ‘Mudah-mudahan waktu berbangkit itu dekat”

Ayat-ayat ini menjelaskan bahwa manusia akan dibangkitkan pada hari kebangkitan, meski tubuhnya telah hancur dan tercerai-berai. Allah SWT juga menjelaskan bahwa meski tubuh manusia sudah berubah menjadi fosil atau besi sekalipun, Allah tetap berkuasa untuk membangkitkan mereka.

Salah satu upaya untuk mengatasi krisis energi yaitu dengan menggunakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Kehadiran energi alternatif diharapkan dapat menggantikan peran energi fosil, karena energi alternatif dapat diperbarui dan tidak menimbulkan permasalahan lingkungan. Energi alternatif yang dikembangkan berasal minyak nabati seperti biodiesel.

Penggunaan bahan bakar nabati sebagai energi alternatif dijelaskan dalam surah al-Waqiah ayat 71-72. Allah SWT berfirman bahwa api dapat diperoleh dari kayu atau tumbuhan.

أَفَرَأَيْتُمُ النَّارَ الَّتِي تُورُونَ (٧١) أَأَنْتُمْ أَنْشَأْتُمْ شَجَرَتَهَا أَمْ نَحْنُ الْمُنشِئُونَ (٧٢)

Artinya: “Maka terangkanlah kepadaku tentang api yang kamu nyalakan (dari gosokan-gosokan kayu). Kamukah yang menjadikan kayu itu atau Kamukah yang menjadikannya?”

Menurut Zaqlul al-Najjar (2007) dilihat dari sudut pandang sains, ayat tersebut berkaitan dengan keadaan tumbuh-tumbuhan hijau yang menghasilkan sumber tenaga (api). Ayat tersebut menjelaskan bahwa api dapat terbentuk dari pohon.

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang cukup menjanjikan dan juga merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan. Biodiesel dalam penggunaannya dapat digunakan secara langsung maupun dicampur dengan solar pada mesin diesel (Widyanti, dkk., 2002). Biodiesel dapat diperoleh dari tanaman seperti minyak sawit, jarak pagar, minyak kelapa, kacang kedelai, bunga matahari dan biji-bijian.

Tanaman jarak merupakan salah satu tanaman yang cukup potensial untuk diproses menjadi biodiesel, hal ini dikarenakan tanaman jarak relatif mudah

ditanam, toleransinya tinggi terhadap berbagai jenis tanah dan iklim, produksi minyak tinggi, serta minyak yang dihasilkan tidak dapat dikonsumsi oleh manusia sehingga tidak mengalami persaingan dengan minyak untuk pangan. Minyak jarak adalah minyak nabati yang diperoleh dari biji tanaman jarak. Kandungan asam lemak esensialnya juga sangat rendah sehingga tidak dapat digunakan sebagai minyak makan dan bahan pangan (Ketaren, 1986). Kandungan asam lemak minyak jarak menggunakan kromatografi gas cair memperoleh hasil asam risinoleat 87%, asam palmitat 2%, asam stearat 1%, asam oleat 7% dan asam linoleat 3% (Formo, dkk., 1969).

Secara kimia, biodiesel merupakan senyawa metil ester rantai panjang yang dapat diproduksi melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani (Noiroj, dkk., 2009). Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara minyak atau lemak dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Menurut Bannon, dkk, (1988), alkohol yang digunakan adalah metanol karena alkohol dengan jumlah atom karbon sedikit mempunyai kereaktifan lebih besar dari pada alkohol dengan atom karbon lebih banyak. Dalam reaksi transesterifikasi, dibutuhkan katalis untuk meningkatkan laju reaksi dan jumlah alkil ester yang dihasilkan (Helwani, dkk, 2009).

Katalis yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah katalis homogen. Penggunaan katalis homogen menyebabkan produk biodiesel yang dihasilkan sulit dipisahkan dengan katalisnya (Karmee, dkk, 2006). Penelitian ini menggunakan katalis heterogen yaitu zeolit alam teraktivasi dengan suatu basa sehingga akan memudahkan pemisahan katalis dari produk.

Katalis heterogen memiliki kelebihan dibandingkan dengan katalis homogen yaitu dapat digunakan beberapa kali dan mudah untuk dipisahkan dari produk akhir. Prosesnya ramah lingkungan tanpa memerlukan pemurnian lagi (Yan, dkk, 2010). Proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa heterogen dapat menyederhanakan proses produksi dan proses pemurnian, jumlah air yang dihasilkan dapat dikurangi, menyederhanakan peralatan proses serta ramah lingkungan dan biaya proses dapat dikurangi (Zhang, dkk, 2010).

Zeolit adalah salah satu katalis yang dapat digunakan untuk reaksi transesterifikasi, zeolit memiliki sifat basa dan dapat ditingkatkan kebasaanya dengan pertukaran ion dengan logam alkali. Semakin tinggi alkalinitas zeolit maka akan menaikkan tingkat kebasaanya (Intarapong, dkk, 2013).

Zeolit merupakan kristal alumina silika dengan struktur kerangka tiga dimensi yang membentuk dimensi molekuler pori-pori dengan ukuran seragam (Cejka, dkk, 2007). Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, penukar ion, adsorben dan katalis. Kelemahan zeolit alam yaitu mengandung banyak pengotor (Lestari, 2010) serta memiliki kristalinitas yang rendah. Pengotor-pengotor pada zeolit dapat mengurangi aktivitas dari zeolit, sehingga untuk meningkatkannya dilakukan aktivasi dan modifikasi.

Penggunaan gelombang ultrasonik memberikan pengaruh positif untuk menaikkan produk metil ester. Pencampuran dengan menggunakan ultrasonik lebih baik dibandingkan dengan menggunakan pengadukan karena adanya efek kavitasi (Mahamuni dan Adewuyi, 2009; Deshmane dkk, 2009; Santos dkk, 2009). Kavitasi adalah salah satu efek akibat adanya gelombang ultrasonik di dalam cairan.

Soetaredjo, dkk. (2010) melakukan penelitian menggunakan katalis heterogen berupa KOH yang di impregnasi dalam zeolit bentonit selama 24 jam menghasilkan rendemen biodisel sebesar 90,70%. Penelitian tentang pengaruh katalis zeolit spesifik seperti zeolit NaY dilakukan Supamathanon, dkk (2011), akan tetapi rendemen biodisel yang dihasilkan kurang maksimal dimana nilainya kurang dari 80%. Kusuma, dkk, (2011) menggunakan katalis KOH yang diimpregnasi dalam zeolit alam. Kondisi optimum katalis KOH/zeolit adalah waktu reaksi 2 jam, konsentrasi KOH 100gr/100mL, katalis 3% berat minyak kelapa sawit, perbandingan minyak kelapa sawit dan metanol 1:7 serta suhu reaksi 60 °C. Pada kondisi optimum, rendemen biodiesel yang dihasilkan adalah 96,44%.

Intarapong, dkk, (2013) melaporkan menggunakan katalis 20% KOH/modernit dapat mengkonversi biodiesel sebesar 96,7% *wr%* menggunakan perbandingan rasio molar minyak dan metanol 1 : 15 pada temperature 60 °C dengan berat katalis 3 *wr%*. Rakmae, dkk., (2016) melakukan penelitian pembuatan biodisel dengan menggunakan katalis zeolit yang diimpregansi dengan gelombang ultrasonik. Zeolit yang digunakan berupa zeolit NaY dengan waktu ultrasonik 10 menit dihasilkan rendemen biodisel sebesar 72%.

Penelitian yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu metode perendaman biasa atau dengan bantuan refluks pada suhu 60 °C, hal ini berpengaruh terhadap lama waktu impregnasi dan pengaturan suhu. Pengembangan metode baru diperlukan untuk mengurangi waktu impregnasi, dan dapat menggunakan temperatur kamar, namun menghasilkan keteraturan pori yang tinggi. Metode sonikasi memanfaatkan gelombang ultrasonik. Reaksi yang

menggunakan metode sonikasi memungkinkan proses impregnasi lebih murah, cepat dan temperatur rendah.

Pada penelitian fokus pada proses modifikasi zeolit/KOH sebagai katalis Modifikasi zeolite metode sonikasi KOH secara ultrasonic dan dikarakterisasi dengan XRD dan XRF. Biodiesel di karakterisasi bilangan asam, densitas, kadar air, serta analisis menggunakan GC-MS (*Chromatography Gas Mass Spectrometry*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik KOH/ zeolit 50, 60, 70% hasil sintesis dengan bantuan ultrasonik dalam pembuatan biodiesel dari minyak jarak?
2. Bagaimana karakteristik biodiesel yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik KOH/ zeolit 50, 60,70% hasil sintesis dengan bantuan ultrasonik dalam pembuatan biodiesel dari minyak jarak.
2. Mengetahui karakteristik biodiesel yang dihasilkan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

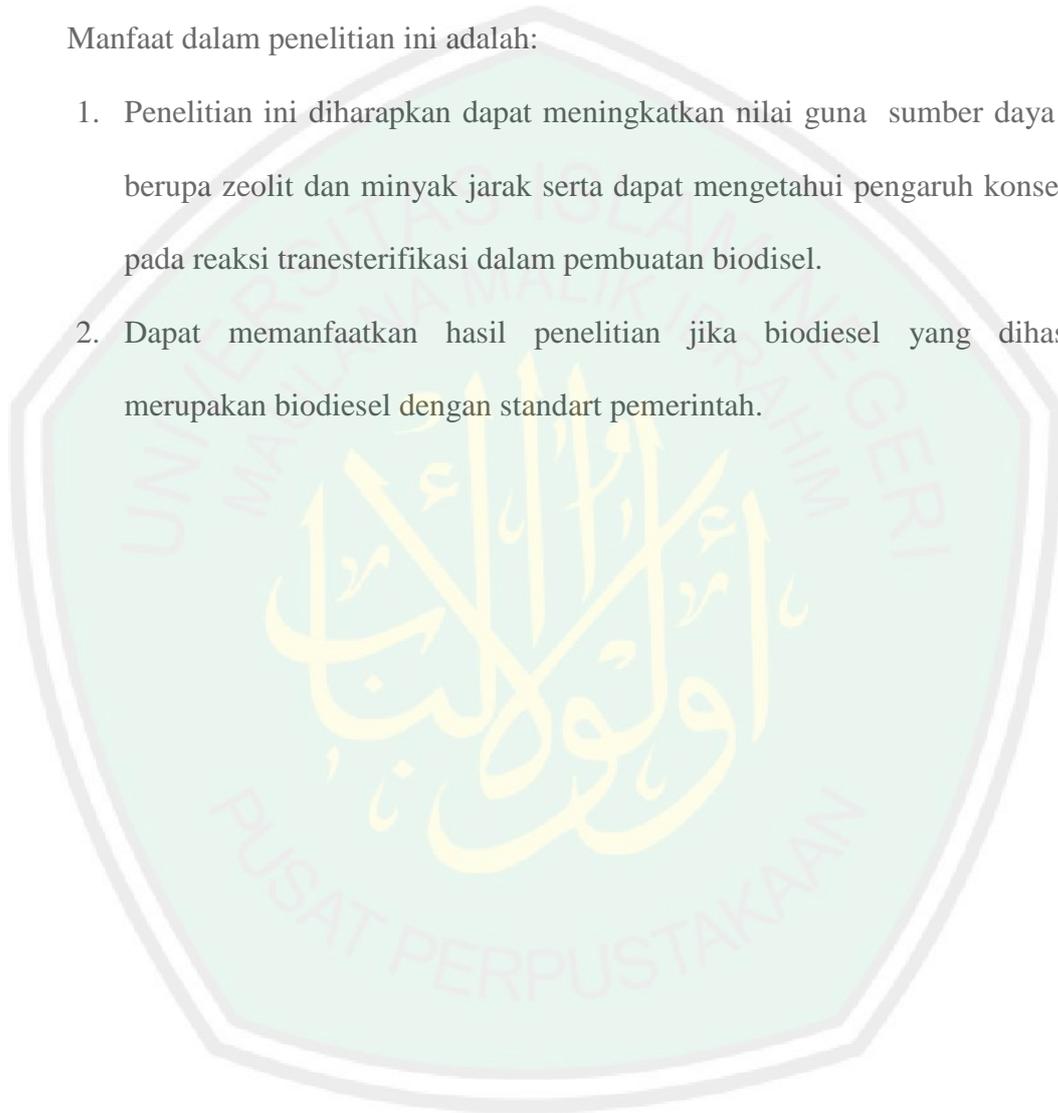
1. Zeolit alam yang digunakan merupakan zeolit alam Bandung.
2. Minyak jarak yang digunakan adalah jarak kepyar (*castor oil*).
3. Variasi konsentrasi KOH sebesar 50%, 60% dan 70%.

4. Karakterisasi katalis KOH/zeolit dengan menggunakan XRD dan XRF.
5. Karakterisasi biodiesel dengan menggunakan GC-MS (*Chromatography Gas Mass Spectrometry*), penentuan viskositas dan densitas pada suhu 40 °C.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai guna sumber daya lokal berupa zeolit dan minyak jarak serta dapat mengetahui pengaruh konsentrasi pada reaksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel.
2. Dapat memanfaatkan hasil penelitian jika biodiesel yang dihasilkan merupakan biodiesel dengan standart pemerintah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Bahan bakar minyak bumi masih menjadi sumber daya energi yang digunakan di hampir semua negara, termasuk Indonesia (Lina, dkk., 2011). Biodiesel adalah salah satu bahan alternatif terhadap bahan bakar minyak (Utomo, 2011). Biodiesel dibuat dari minyak atau lemak nabati dengan proses metanolisis atau etanolisis melalui transesterifikasi dengan produk samping berupa gliserol atau dari asam lemak bebas melalui proses esterifikasi dengan metanol atau etanol yang produk sampingnya berupa air (Knothe, dkk., 2005).

Biodiesel mempunyai manfaat yang besar, diantaranya bahan bakar biodiesel tidak beracun dan dapat dibiodegradasi sehingga dapat mengurangi emisi karbon monoksida, sulfur, NO_x dan zat-zat berbahaya lain. Penggunaan biodiesel dapat menurunkan tingkat pencemaran udara, bahkan untuk tingkat pencemaran sulfur dapat turun hingga 100% dari pada bahan bakar solar.

Tabel 2.1 Penurunan pencemaran udara dengan biodiesel (Widyanti, dkk., 2002)

No	Bahan Polusi	Biodiesel Murni	80% Solar dan 20% Biodiesel
1.	Hidrokarbon	Turun 93%	Turun hingga 30%
2.	Karbon monoksida	Turun 50%	Turun hingga 20%
3.	Partikel partikulat	Turun 30%	Turun hingga 22%
4.	Sulfur	Turun 100%	Turun hingga 20%

Biodiesel jika dicampur dengan solar tetap dapat menurunkan tingkat pencemaran udara, dimana penurunnya ini sesuai dengan kadar biodiesel yang

ditambahkan dalam solar tersebut (Widyanti, dkk., 2002). Tingkat penurunan pencemaran udara tersebut dirangkum dalam Tabel 2.1.

Biodiesel diproduksi dari bahan baku bervariasi yang terdiri dari minyak nabati dan lemak hewani. Pemanfaatan biodiesel berasal dari tanaman jarak merupakan salah satu alternatif guna mengatasi masalah krisis energi yang ditimbulkan dari semakin menipisnya bahan bakar minyak. Kandungan senyawa di dalam minyak jarak beragam, hal ini karena minyak jarak merupakan campuran dari berbagai senyawa asam dengan kandungan terbesarnya adalah asam risinoleat. Minyak jarak mempunyai sifat-sifat fisik yang dapat diamati seperti berbentuk cairan berwarna bening kekuning-kuningan. Kandungan senyawa dan sifat fisik minyak jarak dirangkum dalam Tabel 2.2 dan 2.3.

Tabel 2.2 Kandungan senyawa minyak jarak kepyar (Pena, dkk., 2009)

Senyawa Asam	Komposisi %
Asam risinoleat	87
Asam linoleat	5
Asam oleat	4
Asam palmitat	2
Asam stearate	1
Asam linolenik	1

Tabel 2.3 Sifat minyak jarak kepyar (Pena, dkk., 2009)

Sifat	Nilai
Asam lemak bebas (%)	0,63
Viskositas 40 °C (mm ² /s)	22,7
Angka Iod (g I ₂ /100 g sampel)	85,5
Kadar air (ppm)	36,7

Produk biodiesel yang dihasilkan dari berbagai bahan baku tentunya harus sesuai dengan peraturan pemerintah, dalam hal ini pemerintah sangat mendukung penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi.

Syarat baku mutu produk biodiesel menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) dirangkum dalam Tabel 2.4

Tabel 2.4 Persyaratan kualitas biodiesel menurut SNI (SNI-04-7182-2006)

No.	Karakteristik	Batas Nilai
1.	Massa jenis pada (g/mL)	0,85 – 0,89
2.	Viskositas pada (mm ² /s)	2,3 – 6,0
3.	Angka setana	min. 51
4.	Titik nyala (°C)	min. 100
5.	Air (% volume)	max. 0,05
6.	Gliserol bebas (% berat)	max. 0,02
7.	Angka asam (mg-KOH/g)	max. 0,8

2.2 Proses Pembuatan Biodiesel

Minyak nabati memiliki komposisi asam lemak berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Kandungan asam lemak bebas (FFA) bahan baku merupakan penentu jenis proses yang digunakan. Bahan baku yang memiliki kadar asam lemak bebas rendah, maksimal 2% bisa langsung diproses dengan metode transesterifikasi. Namun bila kadar FFA minyak tersebut masih tinggi, maka sebelumnya perlu dilakukan proses esterifikasi terhadap minyak tersebut dengan menentukan terlebih dahulu kadar FFA. Kandungan air dalam minyak nabati juga harus diperiksa sebelum dilakukan proses transesterifikasi. Kandungan air yang tinggi dapat mendeaktivasi katalis asam dan katalis basa, sehingga dapat menurunkan rendemen biodiesel (Gerpen, dkk., 2004).

2.2.1 Reaksi Esterifikasi

Reaksi esterifikasi adalah reaksi antara asam lemak bebas dan alkohol (etanol atau metanol) dengan produk berupa metil ester dan air sebagai produk samping. Reaksi esterifikasi dapat berlangsung jika memiliki kandungan asam

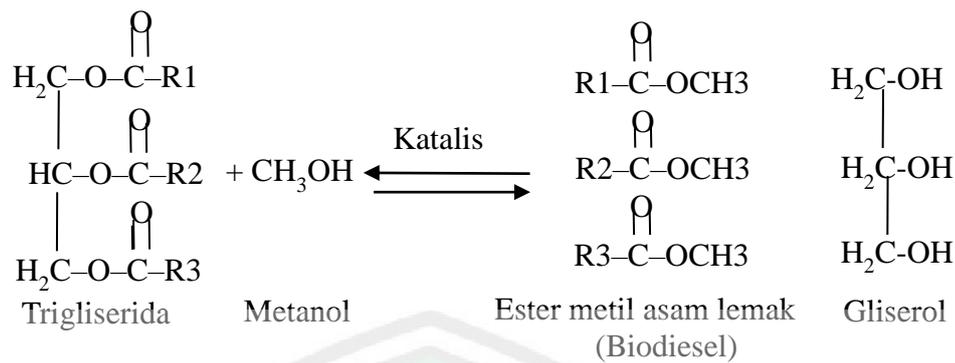
lemak bebas yang tinggi. Reaksi ini terjadi dimulai dari rute non alkohol dengan menggunakan katalis asam. Umumnya katalis asam yang digunakan adalah katalis asam homogen, yang berupa asam sulfat atau asam fosfat. Persamaan reaksi esterifikasi adalah sebagai berikut (Aziz, dkk., 2012):



Gambar 2.1 Persamaan reaksi esterifikasi (Aziz, dkk., 2011)

2.2.2 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara satu mol trigliserida dengan tiga mol alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) menghasilkan alkil ester dan produk samping berupa gliserol. Reaksi transesterifikasi sering menggunakan katalis basa homogen seperti natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH). Reaksi transesterifikasi dengan alkohol juga dikenal dengan nama alkoholisis. Sumber alkohol yang digunakan dalam reaksi alkoholisis dapat bermacam-macam, apabila direaksikan dengan metanol, maka akan didapat metil ester, apabila direaksikan dengan etanol akan didapat etil ester. Penggunaan etanol 1,4 kali lebih banyak dibanding metanol (Aziz, 2007). Menurut Banon, dkk. (1988) alkohol yang digunakan adalah metanol karena alkohol dengan jumlah karbon yang sedikit mempunyai kereaktifan lebih besar daripada alkohol dengan karbon lebih banyak. Persamaan reaksi transesterifikasi ditampilkan dalam Gambar 2.2 berikut:

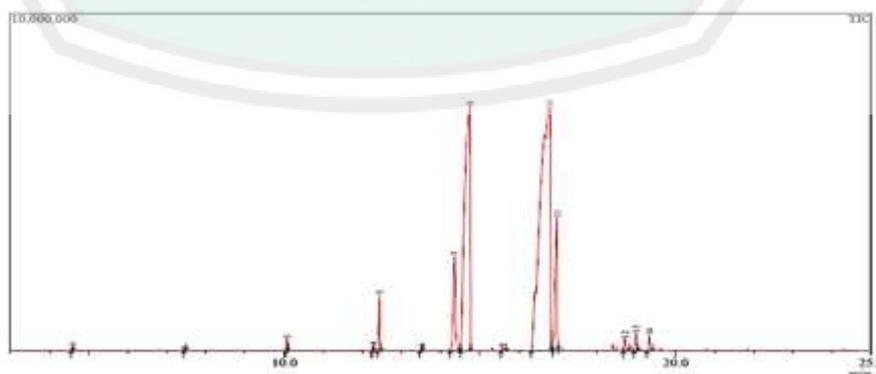


Gambar 2.2 Persamaan reaksi transesterifikasi (Aziz, dkk., 2012)

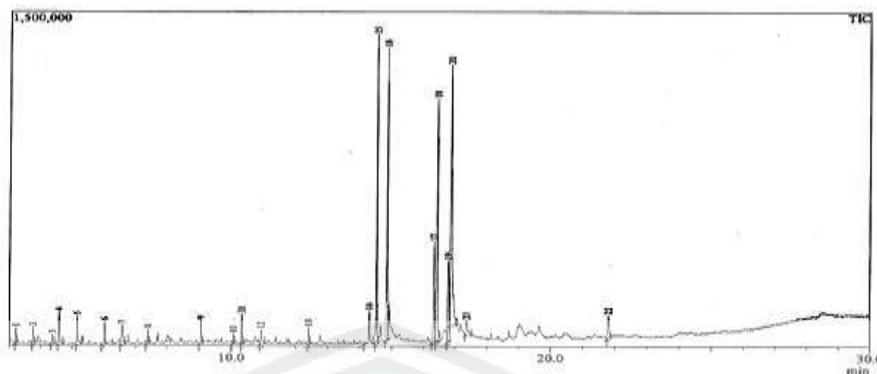
Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: rasio molar minyak dan alkohol, suhu, lama reaksi, tingkat kemurnian minyak, adanya air, berat katalis terhadap minyak, dan FFA (Subarani, dkk., 2007). Untuk memperoleh hasil maksimum dalam proses transesterifikasi maka minyak yang digunakan harus bebas dari air dan kandungan asam lemak bebas di dalam minyak harus kurang dari 2% (Gerpen, dkk., 2004).

Proses pembuatan biodiesel membutuhkan katalis untuk mempercepat reaksi, karena transesterifikasi merupakan reaksi bolak-balik. Katalis adalah senyawa yang mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi dan akan terbentuk kembali di akhir reaksi. Jenis katalis yang dapat digunakan pada proses produksi biodiesel terdiri dari katalis basa, katalis asam, katalis dengan logam transisi, katalis dengan silika dan katalis enzimatik. Produksi biodiesel saat ini lebih sering menggunakan KOH, dengan reaksi yang dilakukan pada suhu ruang, tingkat konversi 80-90% dapat dicapai dalam waktu 5 menit. Tingkat konversi metil ester bahkan bisa mencapai 99% pada proses transesterifikasi dua tahap (Knothe, dkk., 2005).

Aziz, dkk., (2012) melakukan analisis senyawa biodiesel menggunakan katalis KOH dan katalis H-zeolit. Hasil analisis GC-MS biodiesel dengan katalis KOH ditampilkan dalam Gambar 2.3 dan dengan katalis H-zeolit ditampilkan dalam Gambar 2.4 Biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan katalis KOH umumnya sudah merupakan senyawa ester kandungan terbesar dengan %luas area sebesar 55,80 yang merupakan metil-9-oktadekenoat. Sedangkan biodiesel yang menggunakan katalis H-zeolit mengandung senyawa yang terbesar berupa asam yang belum terkonversi menjadi ester. Kandungan terbesar ditunjukkan oleh puncak nomor 20 dengan %luas area sebesar 31,59 yang merupakan asam 9-oktadekanoat. Sedangkan puncak nomor 18 merupakan kandungan metil ester terbesar dengan %luas area sebesar 11,97% berupa metil-9-oktanoat. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi belum sempurna, akan tetapi dari segi warna dibandingkan dengan katalis KOH, hasil biodiesel dengan katalis H-zeolit lebih jernih, hal ini disebabkan karena H-zeolit yang berfungsi sebagai katalis juga dapat berfungsi sebagai adsorben. H-zeolit dapat mengadsorpsi senyawa pengotor yang terdapat dalam biodiesel sehingga warna biodiesel yang dihasilkan semakin jernih.

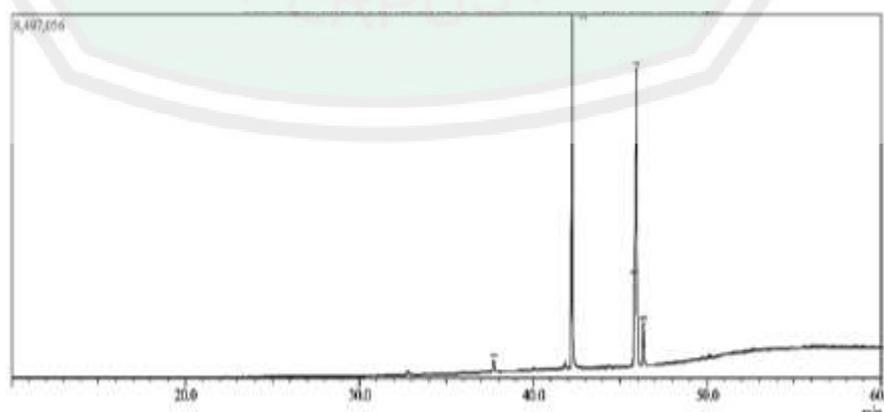


Gambar 2.3 Kromatogram biodiesel hasil analisis GC-MS dengan katalis KOH (Aziz, dkk., 2012)



Gambar 2.4 Kromatogram biodiesel hasil analisis GC-MS dengan katalis H-zeolit (Aziz, dkk., 2012)

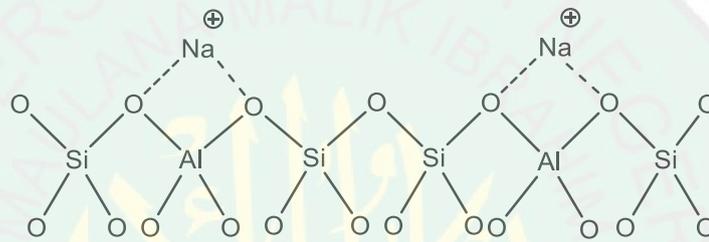
Arifin dan Latifah, (2015) melakukan analisis biodiesel yang menggunakan katalis zeolit alam termodifikasi. Modifikasi zeolit dilakukan melalui dealuminasi dengan larutan hidrogen florida (HF) dan impregansi dengan larutan basa. Hasil analisis biodiesel dengan GC-MS ditampilkan dalam Gambar 2.5. Kromatogram GC-MS dari biodiesel dengan katalis zeolit alam termodifikasi menunjukkan terbentuknya metil ester dengan persentase yang cukup tinggi, yaitu ditunjukkan oleh puncak nomor 2 dengan %area sebesar 44,93% yang merupakan metil palmitat. Hal ini membuktikan bahwa zeolit alam yang dimodifikasi dengan basa sangat baik digunakan sebagai katalis dalam reaksi sintesis biodiesel.



Gambar 2.5 Kromatogram biodiesel hasil analisis GC-MS dengan katalis KOH/zeolit (Arifin dan Latifah, 2015)

2.3 Zeolit

Zeolit adalah mineral dengan struktur kristal alumina silikat yang berbentuk tiga dimensi dan mempunyai rongga serta saluran yang diisi oleh kation logam alkali atau alkali tanah serta molekul air. Ion logam dan molekul air dapat digantikan oleh ion atau molekul lain tanpa merusak struktur zeolit, sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai adsorben, pertukaran ion dan katalis (Kusuma, dkk., 2011). Struktur zeolit ditampilkan dalam Gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Struktur zeolit (Kusuma, dkk., 2011)

Zeolit alam merupakan material mikropori sehingga mempunyai luas permukaan yang cukup besar, hal ini dapat dimanfaatkan sebagai katalis, adsorben dan pertukaran ion. Sifat zeolit yang dapat melakukan pertukaran ion dikarenakan pada gugus aktif zeolit terdapat logam-logam alkali dan alkali tanah yang bergerak bebas sehingga logam tersebut dapat dipertukarkan dengan logam lain (Kusuma, dkk., 2011).

2.3.1 Aktifasi Zeolit Alam

Zeolit dapat ditingkatkan aktivitasnya dengan cara menguraikan pengotor-pengotor yang berada di permukaan zeolit, hal ini bertujuan untuk memperbesar kemampuan zeolit sebagai katalis, adsorben ataupun pertukaran ion.

Aktivasi melalui penambahan asam atau basa kuat bertujuan untuk membersihkan permukaan pori dengan menghilangkan pengotor anorganik dengan pertukaran kation dengan H^+ . Botiavioni (2012) melaporkan hasil karakterisasi *x-Ray Flouresensi* (XRF) pada zeolit alam Malang mengandung logam Fe sekitar 25,3%, dengan aktivasi menggunakan HCl 6 M terbukti mampu menurunkan pengotor-pengotor yang ada pada zeolit alam seperti logam Fe menjadi 8,27%.

Proses aktivasi kimia dengan cara pertukaran ion karena kemampuan kation yang mampu untuk menggeser kation yang lain. Proses pertukaran kation dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi yang dijadikan larutan kation. Mekanisme pertukaran ion pada zeolit dimulai dengan absorpsi kation-kation pada zeolit. Kemudian kation tersebut berinteraksi secara kimia dengan sisi aktif pada permukaan zeolit. Intarapong, dkk., (2013) menjelaskan penambahan basa kuat (KOH) menyebabkan terjadinya pertukaran kation K^+ dengan ion pengotor pada zeolit. Aktivasi dengan HCl mengakitbakan permukaan zeolit dipenuhi H^+ dan setelah penambahan KOH, H^+ akan terdesak oleh kation K^+ . Mekanisme yang terjadi ditampilkan dalam Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Pertukaran ion pada permukaan zeolit (Intarapong, dkk., 2013)

2.3.2 Modifikasi KOH pada Zeolit dengan Bantuan *Sonicator Batch*

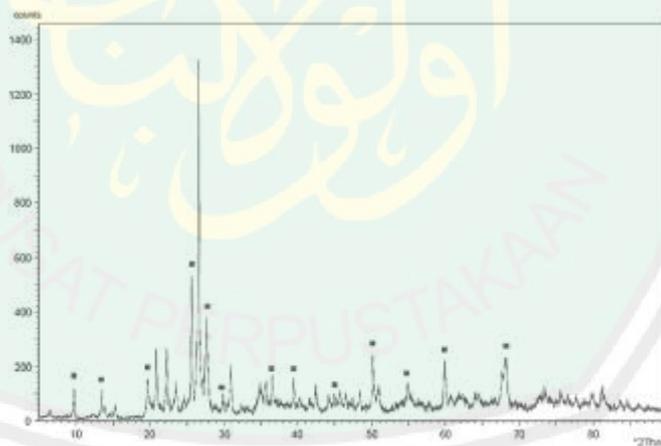
Sonikasi merupakan suatu metode sintesis material dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 20 kHz-10 MHz. Gelombang ultrasonik dapat menyebabkan perubahan fisika maupun kimia suatu material dalam medium cairan. Gelombang ultrasonik apabila berada dalam medium cair dapat menimbulkan gejala kavitasi, gejala ini mengakibatkan pecahnya partikel sehingga ukuran partikel menjadi berkurang, ilustrasinya ditampilkan dalam Gambar 2.9 (Suslick dan Bang, 2010). Energi yang dihasilkan gelombang ultrasonik cukup besar, sehingga menimbulkan kekhawatiran akan rusaknya struktur zeolit. Akan tetapi Rakmae, dkk., (2016) berhasil mengimpregnasikan kalium pada zeolit NaY dengan ultrasonik. Hal ini menunjukkan zeolit mempunyai kestabilan yang tinggi.



Gambar 2.8 Ilustrasi gejala kavitasi (Suslick dan Bang, 2010)

Berdasarkan frekuensinya, ultrasonik dibedakan menjadi tiga macam yaitu frekuensi rendah (20 kHz-100 kHz), ultrasonik berenergi tinggi; frekuensi sedang (100 kHz-2 MHz), ultrasonik berenergi sedang dan frekuensi tinggi (2-10

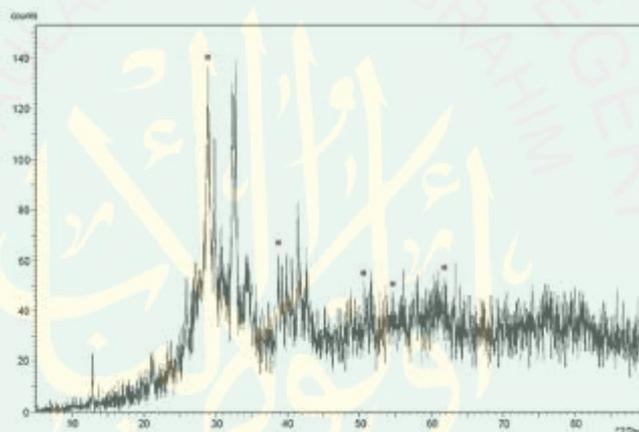
MHz), ultrasonik berenergi rendah. Frekuensi yang sering digunakan dalam proses sintesis umumnya adalah 20 kHz-2 MHz (Ningsih, 2016). Prinsip metode sonikasi adalah memanfaatkan efek kavitasi akustik. Ketika gelombang ultrasonik diradiasikan kedalam medium cair (larutan), maka partikel-partikel penyusun larutan tersebut akan saling bertumbukan dengan tekanan tinggi dan akan menghasilkan *bubble* (gelembung). Gelembung-gelembung yang terbentuk akan pecah akibat suara yang ditimbulkan oleh gelombang ultrasonik. Peristiwa ini disebut *bubble collapse* (ketidakstabilan gelembung). Pecahnya gelembung-gelembung ini akan mengakibatkan pemanasan lokal (*hotspot*) yang melibatkan energi yang sangat tinggi yaitu sekitar 5000 K dengan tekanan sekitar 1000 atm, laju pemanasan dan pendinginan bisa sangat cepat yaitu 1010 K/s (Suslick dan Price, 1999).



Gambar 2.9 Pola difraksi XRD zeolit alam (Kusuma, dkk., 2011)

Kusuma, dkk., (2011) melakukan analisis katalis KOH/zeolit alam dengan *x-Ray Diffraction* (XRD). Hasilnya terdapat perbedaan struktur zeolit sebelum dan sesudah kalsinasi seperti yang ditampilkan dalam Gambar 2.9 dan

2.110 Gambar 2.9 merupakan puncak-puncak dari zeolit alam belum termodifikasi, puncak-puncak tersebut muncul pada 2θ ($^{\circ}$) = 12,4; 19,4; 29,9; 37,1; 45, 56, dan 60,6. Gambar 2.10 merupakan zeolit yang telah termodifikasi, ketika terjadi peningkatan K/K₂O pada zeolit maka puncak-puncak mengalami penurunan intensitas, hal ini mengindikasikan terjadi penurunan sifat kristal dari zeolit tersebut. Zeolit yang telah termodifikasi menunjukkan adanya puncak-puncak K₂O pada 2θ ($^{\circ}$) = 31, 39, 51, 55, dan 62. Terbentuknya K₂O merupakan indikasi KOH berubah menjadi K₂O selama proses kalsinasi.



Gambar 2.10 Pola difraksi XRD zeolit modifikasi (Kusuma, dkk., 2011)

Kusuma, dkk., (2011) menjelaskan bahwa konsentrasi KOH yang digunakan berpengaruh terhadap produktivitas biodisel. KOH yang diimpreganasikan dengan zeolit kemudian dikalsinasi akan berubah menjadi K₂O. Semakin meningkatnya konsentrasi KOH dalam zeolit maka semakin banyak gugus K₂O yang terbentuk sehingga sifat kebasahan dari zeolit juga meningkat.

2.4 Karakterisasi Minyak dan Biodiesel

2.4.1 Analisis Densitas

Densitas atau berat jenis menunjukkan perbandingan berat per satuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar (Laksono, 2013).

2.4.2 Analisis Kadar Air

Kadar air dalam minyak merupakan salah satu tolak 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 dapat juga menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbusa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena membentuk asam.

2.4.3 Analisis Asam Lemak Bebas (ALB)

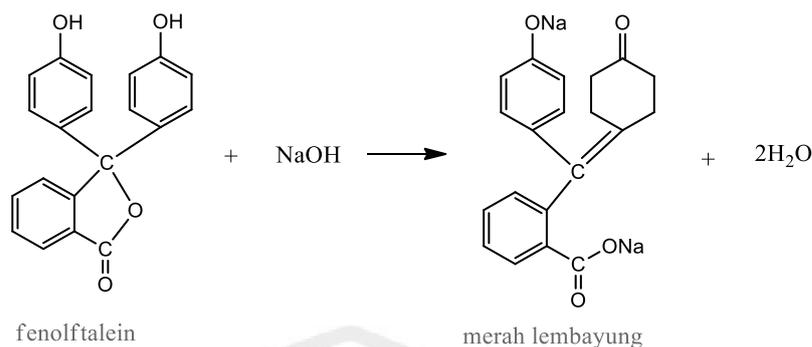
Angka asam dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan ALB yang terdapat dalam satu gram minyak atau lemak. Angka asam yang besar menunjukkan ALB yang besar berasal dari hidrolisa minyak ataupun karena proses pengolahan yang kurang baik. Makin tinggi angka asam makin rendah kualitasnya. Angka asam terkadang juga dinyatakan sebagai derajat asam yaitu banyaknya mililiter KOH 0,1 N yang diperlukan untuk menetralkan 100 gram minyak atau lemak. Selain itu sering dinyatakan sebagai kadar asam lemak bebas (Sudarmaji, dkk., 2007). Asam lemak bebas diperoleh dari proses hidrolisa, yaitu penguraian lemak atau trigliserida oleh molekul air yang menghasilkan gliserol dan asam lemak bebas. Kerusakan minyak atau lemak dapat juga diakibatkan oleh proses oksidasi, yaitu terjadinya kontak antara

sejumlah oksigen dengan minyak atau lemak, yang biasanya dimulai dengan pembentukan peroksida dan hidroperoksida (Ketaren, 1986).

Minyak memiliki kandungan asam lemak bebas yang berbeda beda. Hal ini dapat terjadi karena proses dari pembuatan masing-masing minyak tidaklah sama. Jumlah NaOH yang menitrasi mejadi indikator kandungan ALB. Sebelum memasuki proses titrasi, minyak dicampur terlebih dahulu dengan etanol netral. Tujuanya adalah agar asam lemak bebas dapat terikat pada etanol sehingga lebih mudah terdeteksi oleh NaOH saat titrasi. Etanol bersifat asam dan NaOH bersifat basa. Reaksi antara asam lemak bebas dengan NaOH ditampilkan dalam Gambar 2.13. Penambahan indikator PP adalah untuk mengetahui tingkat equivalen larutan tersebut atau larutan menjadi netral. Penentuan asam lemak bebas dapat dilakukan dengan metode titrasi asam basa. Prinsip dari titrasi asam basa yaitu analisis jumlah asam lemak bebas dalam suatu sampel ekuivalen dengan jumlah basa (NaOH) yang ditambahkan dalam titrasi yang ditandai dengan berubahnya warna sampel menjadi warna merah jambu seperti ditampilkan dalam Gambar 2.14.



Gambar 2.11 Reaksi antara asam lemak bebas dengan NaOH



Gambar 2.12 Reaksi antara indikator PP dengan NaOH

2.5 Pemanfaatan sumber daya alam dalam perspektif islam

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ ذَائِبَةً ۚ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya : “Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang ada di langit dan di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir” (QS.al Jatsiyah:13).

Al Qarni (2007) menyampaikan bahwa Allah SWT menundukkan segala sesuatu yang ada di langit, seperti matahari, bulan, bintang, galaksi dan awan bagi hamba-hamba-Nya. Dia juga menundukkan semua yang ada di bumi, seperti hewan, tumbuhan dan benda-benda mati agar semuanya dimanfaatkan oleh hamba-hamba-Nya. Semua nikmat ini Allah berikan kepada manusia agar mereka bersyukur dan mengikhlaskan ibadah hanya kepada-Nya. Semua yang Allah tundukkan ini mengandung bukti-bukti kekuasaan, ke-Esaan, dan keagungan Allah SWT yang nyata bagi orang-orang yang mau memikirkan, merenungi dan mengambil manfaat darinya.

Ayat tersebut jika di hubungkan dengan penelitian, di alam sudah tersedia berbagai macam sumber daya seperti minyak, logam-logam dsb. Allah SWT befirman *وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ ذَائِبَةً* yang artinya

adalah “Dia telah menundukkan untukmu apa yang ada di langit dan di bumi semuanya”, Minyak jarak kepyar dan zeolit adalah sumber daya yang telah diturunkan oleh Allah SWT, semua yang diciptakan memiliki manfaat. Oleh karena itu, manusia diperintahkan untuk berfikir agar dapat memanfaatkan sumber daya alam tersebut , Allah SWT befirman *إِنَّ فِي ذَلِكَ لآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ*

artinya “Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir”, dari firman tersebut manusia diperintahkan untuk berfikir, minyak jarak yang tidak dapat dikonsumsi manusia dan dianggap tidak berguna sekarang dapat digunakan sebagai biodiesel yang ramah lingkungan dibandingkan minyak bumi. Zeolit yang melimpah di alam dianggap kurang memiliki manfaat, tetapi sekarang dapat dimanfaatkan oleh manusia sebagai katalis. Dari akal, manusia dapat memanfaatkan segala yang di langit dan di bumi.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا ۖ سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: *Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta perubahan malam dan siang, terdapat tanda-tanda bagi orang-orang berakal. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka”*. (QS. Ali-Imron: 190-191)

Ayat tersebut memerintahkan kita sebagai kaum pemikir dan pembelajar untuk memikirkan dan mempelajari apapun yang telah Allah ciptakan di langit dan di bumi. Manusia tidak boleh menyalahgunakan akal fikiran yang telah diberikan oleh Allah SWT dengan merusak lingkungan dalam memanfaatkan

sumberdaya alam. Manusia merupakan pemimpin di muka bumi ini dan haruslah berpegang teguh pada Qur'an dan al Hadits.



BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tepat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Mei 2017 sampai Januari 2018 di Laboratorium Instrumentasi UIN Malang, Laboratorium Anorganik dan Laboratorium Organik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain corong pisah, hot plate, kromatografi gas-spektrometri massa, buret, ayakan 200 mesh, *strirer*, oven, *falling ball viscometer* dan alat-alat gelas.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam, minyak jarak, aquades, kalium hidroksida, metanol, natrium asetat, asam asetat anhidrid, indikator PP, dan asam klorida.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Preparasi dan aktivasi zeolit alam
2. Modifikasi katalis heterogen KOH/zeolit
3. Karakterisasi katalis KOH/zeolit
 - a. Karakterisasi katalis KOH/zeolite dengan XRD

- b. Karakterisasi katalis KOH/zeolite dengan XRF
4. Pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi
5. Analisis karakterisasi minyak sebelum dan sesudah reaksi transesterifikasi
 - a. Analisa kadar air
 - b. Analisa angka asam
 - c. Analisa densitas
6. Analisa Karakteristik biodiesel dengan GC-MS

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam (Botianovi, 2012)

Serbuk zeolit diayak dengan ayakan 200 mesh. Hasil ayakan diayak lagi dengan ayakan 230 mesh. Diambil serbuk zeolit yang tidak lolos ayakan. Didapat ukuran zeolit 200-230 mesh. Kemudian 100 gram zeolit direndam dalam 200 mL HCl 6 M selama 4 jam dan *distirrer*. Campuran disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH filtrat netral. Endapan kemudian dikeringkan dalam oven 120 °C selama 4 jam (Botianovi, 2012). Didapat zeolit yang telah teraktivasi.

3.4.2 Modifikasi Katalis

Proses modifikasi katalis dilakukan dengan proses perendaman zeolit hasil aktivasi dalam larutan KOH dengan konsentrasi 50 %, 60% dan 70% dari berat zeolit. KOH tersebut dilarutkan dalam 100 mL aquades. Kemudian diletakkan dalam sonikasi dengan bantuan gelombang ultrasonik pada 43 kHz selama 10 menit. Setelah proses selesai, katalis termodifikasi dipisahkan dari larutannya menggunakan filtrasi vakum. Kemudian dicuci dengan aquades sampai pH netral. Katalis termodifikasi yang tertahan dikertas saring dikeringkan dalam

oven bersuhu 110 °C selama 24 jam. Katalis termodifikasi yang telah kering kemudian dikalsinasi pada suhu 450 °C selama 4 jam.

3.4.3 Karakterisasi Katalis KOH/Zeolit

3.4.3.1 Karakterisasi Katalis KOH/Zeolit dengan XRD

Karakterisasi XRD katalis KOH/zeolit menggunakan radiasi monokromator Cu K α ($\lambda = 1.5405 \text{ \AA}$) pada 30 kV dan 30 mA, $2\theta = 5\text{--}60^\circ$, step 0,020° dan waktu step 1 detik (Suiva, 2014). Difraktogram yang didapat dibandingkan dengan JCPDS dan *Standard X-ray Diffraction Powder Patterns*.

3.4.3.2 Karakterisasi Katalis KOH/Zeolit dengan XRF

Karakterisasi XRF katalis sebelum dan sesudah modifikasi dengan cara sampel serbuk dipress menggunakan *hydraulic press fused beads* untuk membentuk powder yang sebelumnya juga ditambahkan agen pengikat. Kemudian sampel dianalisis dengan instrumen XRF.

3.4.4 Pembuatan Biodisel Melalui Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi dilakukan selama 7 jam pada suhu 60 °C. Rasio molar untuk minyak terhadap metanol adalah 1:15, dengan jumlah katalis yang di variasi sebanyak 17 % (b/b) dari massa minyak. Metanol sebanyak 52,4 mL dan katalis termodifikasi dimasukkan ke dalam sistem refluks kemudian dipanaskan hingga 60 °C sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Secara perlahan-lahan, dimasukkan 100 mL minyak jarak ke dalam sistem refluks dan dibiarkan selama 2 jam. Setelah tahap transesterifikasi selesai, katalis dipisahkan dari hasil reaksi menggunakan filtrasi vakum. Campuran hasil reaksi dimasukkan ke dalam corong pisah. Lapisan atas yang terbentuk merupakan metil ester dan sisa minyak, sedangkan lapisan bawah merupakan gliserol. Kedua lapisan ini dipisahkan dan

pada lapisan ester dicuci dengan 3 mL aquades (Yaakob, dkk, 2012). Kemudian metil ester hasil pencucian dimasukkan ke dalam corong pisah sampai terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan atas (lapisan organik) dan lapisan bawah (lapisan air) (Yuniawati dan Karim). Lapisan organik merupakan biodisel yang diperoleh.

3.4.5 Analisa Karakterisasi Minyak dan Biodiesel

3.4.5.1 Analisa Kadar Air

Cawan porselen dikeringkan dalam oven selama 15 menit, lalu dimasukkan ke dalam desikator. Sebanyak 5 gram sampel minyak dimasukan ke dalam cawan tersebut dan ditimbang cawan tersebut dipanaskan selama 4 jam pada suhu 110°C. Cawan didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar air dicari dengan persamaan :

$$\text{Kadar Air \%} = \frac{W_2 - W_3}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan:

W_1 = berat sampel (g)

W_2 = berat cawan + sampel minyak sebelum dipanaskan (g)

W_3 = berat cawan + sampel minyak setelah dipanaskan (g)

3.4.5.2 Analisa asam lemak bebas

Sebanyak 5 gram minyak jarak dilarutkan dengan 5 mL etanol 95% dalam erlemeyer. Dipanaskan 40 °C selama 10 menit. Selanjutnya ditambah 2 tetes indikator fenolftalein 1%, lalu dilakukan titrasi dengan NaOH 0,1 N hingga menghasilkan warna merah muda.

$$\% FFA = \frac{V \times N \times BM}{\text{Massa sampel (g)} \times 1000} \times 100 \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

V = volume NaOH (mL)

N = normalitas NaOH (g/mol)

BM = berat molekul minyak (g/mol)

3.4.5.3 Analisa densitas (Aziz, 2012)

Piknometer dibersihkan dengan HCl lalu dibilas sebanyak 3 kali dengan aquadest, sekali dengan alkohol dan kemudian dikeringkan di dalam oven selama 5 menit. Setelah itu dimasukkan ke dalam desikator selama 10 menit, lalu ditimbang piknometer tersebut hingga diperoleh massa tetap. Piknometer diisi dengan larutan sampel, bagian luarnya dilap hingga kering dan ditimbang hingga diperoleh massa yang tetap. Massa jenis dicari dengan persamaan:

$$\rho = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

Keterangan :

- ρ = densitas, g/mL
- W_2 = massa piknometer + sampel, g
- W_1 = massa piknometer, g

3.4.6 Analisa Komposisi Senyawa dalam Biodiesel dengan GC-MS

Analisis kandungan metil ester dalam biodiesel hasil reaksi transesterifikasi menggunakan kromatografi gas dengan detektor FID dilakukan pada suhu terprogram dari 80-230 °C. Kolom yang digunakan adalah kolom kapiler dan sebagai standar internal digunakan metil-heptadekanoat. Sampel yang dianalisis merupakan hasil terbaik dari reaksi transesterifikasi. Gas pembawa yang digunakan berupa gas helium dengan laju alir sebesar 40 cm/s. Suhu oven diprogram pada suhu 190 °C, ditahan selama 2 menit, kemudian dinaikkan hingga 230 °C dengan kecepatan 10 °C per menit. Waktu separasi diprogram 8 menit. Sampel dengan volume 0,6 µL diinjeksikan ke dalam tempat injeksi. Ditunggu hingga waktu separasi berakhir. Hasil analisis berupa spektrum massa dibandingkan dengan *library software GCMS postum analysis*.

Senyawa kation zeolit alam yang telah lepas dari zeolit dan sisa anion Cl⁻ larut dalam aquades sehingga pengotor zeolit dan anion sisa dapat dihilangkan dengan proses penyaringan. Sedangkan sisa air dihilangkan dengan cara pengovenan sehingga hasil akhir yang didapat berupa H-zeolit. Zeolit alam yang digunakan terdiri dari berbagai mineral, ini menunjukkan bahwa zeolit yang digunakan tidak murni. Hal ini dapat ditunjukkan dengan adanya perbedaan hasil pada analisis XRF pada zeolit.

Tabel 4.1. Kandungan unsur pada zeolit dengan analisis XRF

Unsur	Zeolit Alam %	Zeolit Aktivasi %	Zeolit modifikasi
Al	8,4	7,2	-
Si	56,9	52,9	40,7
K	8,75	11,3	38,7
Ca	10,5	9,31	8,02
Ti	0,90	1,2	1,0
V	0,04	0,05	0,02
Cr	-	0,069	0,058
Mn	0,41	0,39	0,27
Fe	12,0	14,1	10,2
Ni	-	0,858	-
Cu	0,11	0,21	0,11
Zn	0,03	0,04	-
Sr	1,0	1,2	0,45
Ba	0,1	-	0,2
Eu	0,2	-	0,3
Zr	0,5	0,7	-
Re	0,2	-	-

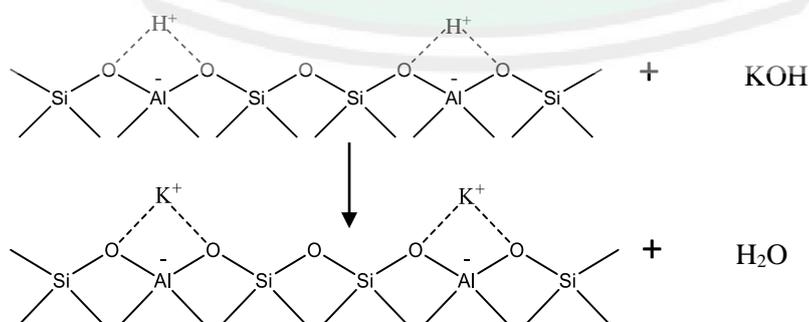
*Zeolit sebelum dan setelah aktivasi.

Hasil analisis ini menunjukkan sampel zeolit alam tidak terdapat unsur Cr dan Ni. Pada zeolit aktivasi terdapat unsur Cr dan pada unsur Ba, Eu dan Re tidak terdeteksi kandungannya. Perbedaan ini dapat dikarenakan sampel yang

diambil saat analisis XRF berukuran 200 mesh, sehingga sampel yang dianalisis bukan zeolit akan tetapi gabungan dari berbagai mineral. Selain itu Yuliusman, dkk. (2013), menyatakan bahwa rasio Si/Al yang menurun dapat disebabkan oleh proses kalsinasi yang mungkin merusak struktur yang bukan Kristal.

4.2 Modifikasi Katalis

Reaksi transesterifikasi berjalan lebih cepat menggunakan katalis basa dibanding katalis asam (Corro, dkk., 2013). Modifikasi katalis yaitu mencampurkan KOH yang dilarutkan dengan aquades dan zeolit alam aktivasi. Proses pencampuran dilakukan di *sonicator batch*. Metode sonikasi digunakan karena menimbulkan efek kavitasi, efek kavitasi ini dapat mengakibatkan proses modifikasi berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan metode lain seperti perendaman biasa. Sonikasi bertujuan untuk menempelkan ion-ion K^+ pada sisi aktif zeolit. Proses sonikasi terjadi pertukaran ion H^+ dengan ion K^+ sehingga konsentrasi unsur K akan meningkat pada tahap modifikasi zeolit. Menurut Intarapong, dkk. (2009) pada kerangka zeolit, kation K^+ dapat menempati posisi H^+ , sehingga pada saat proses modifikasi ion K^+ dapat mendesak ion H^+ dan akhirnya pada kerangka zeolit kation K^+ menempati posisi H^+ .



Gambar 4.2. Skema reaksi zeolit dengan KOH (Intarapong, dkk. 2008)

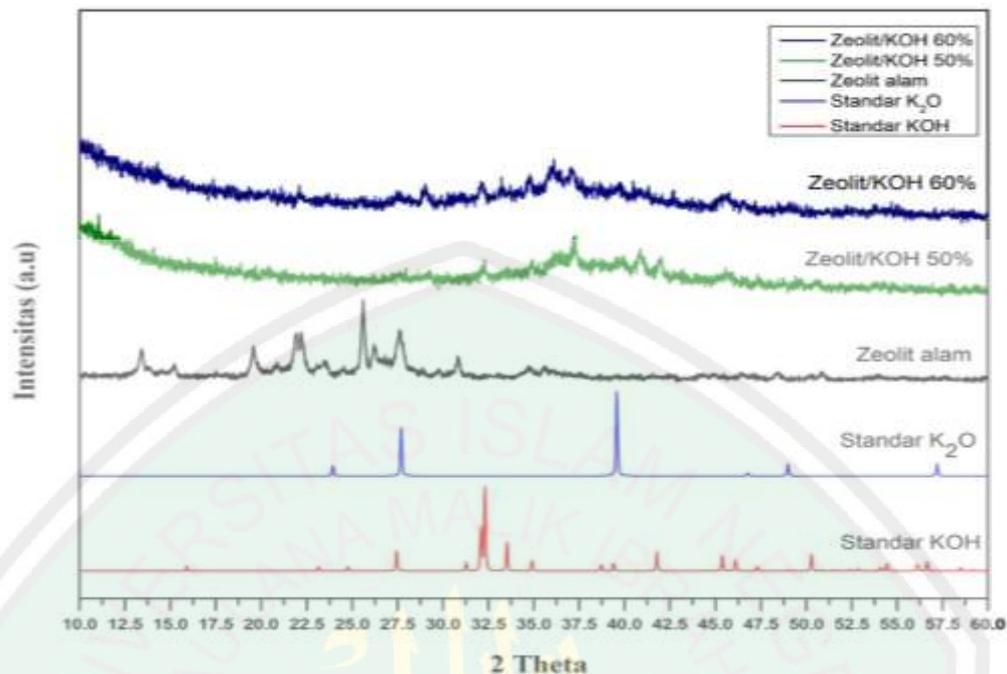
Menurut Miller, dkk. (2009) H^+ dapat ditukar dengan kation yang lebih reaktif. Mekanisme pertukaran kation ditampilkan pada Gambar 4.2.

Proses kalsinasi suhu $450\text{ }^{\circ}\text{C}$, suhu tinggi akan menguapkan sisa-sisa zat organik, sisa air dan merubah sisi aktif KOH menjadi K_2O . Gugus K_2O bersifat basa sehingga memiliki peranan penting dalam proses pembentukan ion metoksida pada reaksi transesterifikasi (Kusuma, dkk., 2011). Dalam hal ini pembentukan K_2O mengindikasikan selesainya proses modifikasi katalis, keberadaas K_2O diketahui dengan alat XRD.

4.3 Karakterisasi Katalis dengan XRD

Karakterisasi katalis dengan XRD mempunyai tujuan untuk mengetahui struktur dan fasa Kristal (Fatimah dan Utami, 2017). Hasil analisis XRD juga dapat digunakan untuk mengetahui keberhasilan dalam mensintesis katalis dengan melihat fasa-fasa yang terbentuk. Dari hasil XRD akan diketahui material-material penyusun komposit hasil sintesis.

Pola difraktogram XRD zeolit alam menunjukkan zeolit yang digunakan merupakan zeolit mordernit, karena muncul puncak di $2\theta(^{\circ}) = 13,4; 19,6; 22,2; 25,6; 26,2; 27,6; \text{ dan } 30,8$ (Intrapong, dkk., 2013). Pola difraktogram XRD zeolit alam dan katalis modifikasi menunjukkan semakin bertambahnya konsentrasi KOH pada zeolit maka sifat kristalinitas zeolit menurun, hal ini menunjukkan adanya interaksi antara zeolit dengan KOH. Sistem kristal K_2O berbentuk kubik dengan puncak standar K_2O terletak pada $2\theta(^{\circ}) = 27, 39, 48, 57, \text{ dan } 71$ (standar ICSD No 44674). Puncak K_2O pada zeolit modifikasi tidak terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa K_2O tidak terbentuk pada zeolit modifikasi yang diduga karena kurang tingginya suhu kalsinasi.



Gambar 4.3 Pola XRD zeolit alam dan zeolit modifikasi

Pola difraktogram XRD zeolit alam dan katalis modifikasi menunjukkan terjadi pengurangan puncak pada zeolit alam di $2\theta(^{\circ}) = 22$. Pengurangan puncak ini menunjukkan terjadi perubahan struktur zeolit, perubahan ini dapat disebabkan adanya perbedaan kation penyeimbang pada zeolit alam dan modifikasi. Pola difraktogram XRD zeolit alam dan katalis modifikasi juga menunjukkan terjadinya pergeseran puncak ke arah 2θ yang lebih besar. Hal ini dapat disebabkan karena adanya proses aktivasi dan modifikasi zeolit sehingga mengakibatkan terjadinya pemendekan jarak kisi kristal (d), dimana semakin tinggi KOH yang ditambahkan pada zeolit maka pergeseran puncaknya semakin besar (Sulton, 2018).

4.4 Pembuatan Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi

Minyak jarak tidak dapat dikonsumsi karena minyak jarak mengandung racun sehingga penelitian ini menggunakan minyak jarak karena tidak berkompetisi dengan minyak pangan. Kadar air minyak jarak setelah dilakukan pengujian yaitu sebesar 0,003% sedangkan kadar asam lemak bebas yaitu 0,08%. Tingginya kadar air dalam bahan baku pembuatan biodiesel akan mengakibatkan deaktivasi katalis, sedangkan kadar asam lemak bebas dalam bahan baku akan menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan, hal ini karena kalium bereaksi dengan asam lemak bebas menghasilkan sabun.

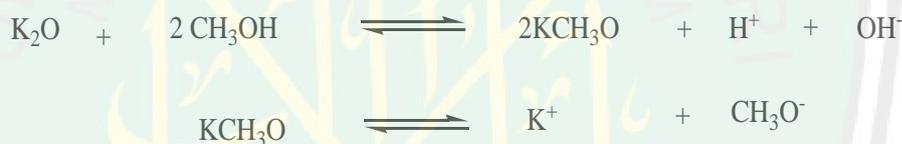
Pembuatan biodiesel dari minyak jarak dilakukan melalui proses reaksi transesterifikasi selama 7 jam pada suhu 60 °C. Reaksi transesterifikasi minyak jarak menggunakan metanol. Metanol merupakan alkohol dengan rantai paling pendek, berbentuk cairan dan tergolong reaktif sehingga diharapkan dapat meningkatkan produk biodiesel yang dihasilkan (Aziz, 2007). Rasio molar antara minyak dan metanol adalah 1:15, hal ini dilakukan untuk meningkatkan molar reaktan dan tentu saja untuk memaksimalkan produk yang dihasilkan. Semakin tinggi molar reaktan diharapkan reaksi keseimbangan transesterifikasi bergeser ke arah produk sehingga produk biodiesel yang dihasilkan maksimal.

Proses transesterifikasi selesai dihasilkan beberapa lapisan. Lapisan yang paling atas adalah metanol sisa yang tidak bereaksi dengan minyak jarak, lapisan bawah merupakan metil ester/biodiesel yang terbentuk dan lapisan yang paling bawah adalah gliserol dan sisa-sisa katalis. Proses selanjutnya adalah dipisahkan ketiga lapisan metanol, gliserol dan sisa katalis, hasil metil ester yang diperoleh dimasukkan ke dalam corong pisah, kemudian ditambahkan dengan aquades.

Setelah ditambahkan maka terbentuk 2 lapisan. Lapisan atas merupakan biodiesel yang diperoleh sedangkan lapisan bawah merupakan campuran air dengan gliserol.

Biodiesel yang diperoleh menggunakan katalis KOH/zeolit 50, 60 dan 70% saat analisa menggunakan GC-MS terdapat puncak yang terbentuk. Ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kusuma, dkk. (2011) bahwa katalis yang menghasilkan biodiesel paling tinggi adalah katalis dengan penambahan KOH terbanyak yaitu 100/100 dari berat zeolit.

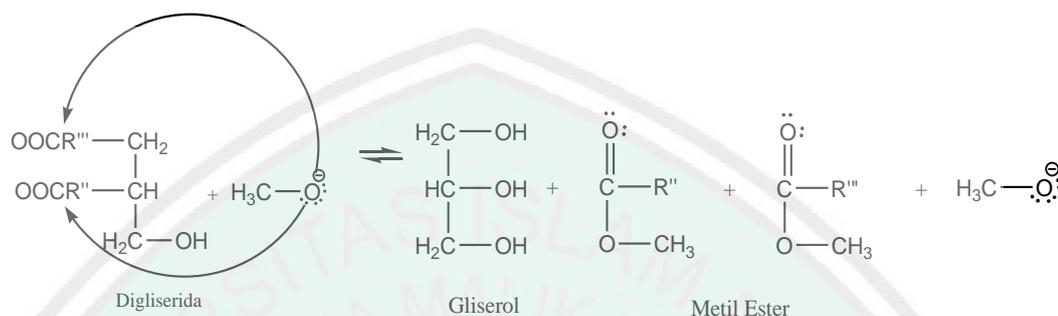
Mekanisme reaksi transesterifikasi minyak diawali dengan K^+ pada zeolit yang bereaksi dengan metanol menghasilkan ion metoksida.



Gambar 4.4. Pembuatan ion metoksida (Kusuma, dkk. 2011)

Ion metoksida yang bersifat nukleofil kuat sehingga mampu menyerang gugus karbonil ($C=O$) yang terdapat pada pada minyak. Penyerangan ini mengakibatkan ikatan *phi* (π) pada gugus karbonil putus sehingga membentuk zat antara tetrahedral dimana atom O kelebihan elektron sehingga bermuatan negatif. Zat antara ini sangat tidak stabil sehingga untuk menstabilkan diri terjadi penataan elektron. Elektron pada atom O yang bermuatan negatif berpindah ke atom C menjadi ikatan rangkap sehingga atom C kelebihan elektron, akibatnya ikatan antara C-O yang terikat pada trigliserida minyak putus.

Terbentuknya ion metoksida kembali mengakibatkan ion metoksida menyerang gugus karbonil C'' dan C''' sehingga reaksinya berlanjut sampai dihasilkan 2 metil ester lagi dari digliserida dan satu molekul gliserol.



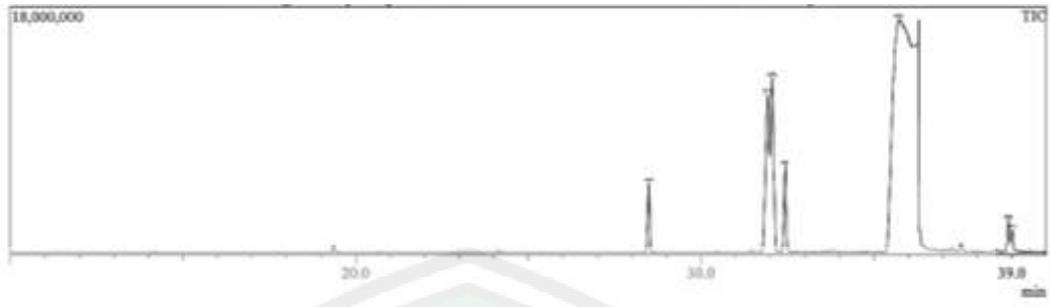
Gambar 4.7. Pembentukan metil ester (Kusuma, dkk. 2011)

4.5 Karakterisasi Biodeisel

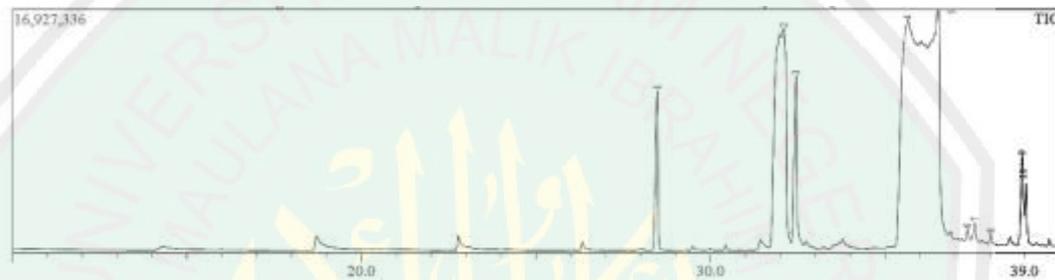
Karakterisasi biodiesel bertujuan untuk mengetahui mutu biodiesel yang diperoleh. Karakterisasi biodiesel meliputi kadar air, densitas, viskositas, kadar asam lemak bebas dan tentunya analisis senyawa-senyawa yang terkandung dalam biodiesel tersebut.

4.5.1. Analisis GC-MS (*Gas Chromatography-Massa Spectrometry*)

Analisis GC-MS bertujuan untuk mengetahui senyawa apa saja yang terkandung dalam produk biodiesel berdasarkan banyaknya jumlah puncak pada kromatogram GC dan juga dapat untuk meramalkan struktur senyawa tersebut dilihat dari fragmentasi yang dihasilkan pada MS. Pola fragmentasi yang diperoleh dibandingkan dengan standart WILLEY7.LIB. Hasil analisis GC biodiesel dengan variasi KOH/zeolit sebagai katalis yaitu 50, 60, dan 70% jam ditampilkan pada Gambar 4.8, 4.9, dan 4.10.



Gambar 4.8. Kromatogram GC biodisel dengan penambahan 50% KOH/zeolit sebagai katalis



Gambar 4.9. Kromatogram GC biodisel dengan penambahan 60% KOH/zeolit sebagai katalis



Gambar 4.10. Kromatogram GC biodisel dengan penambahan 70% KOH/zeolit sebagai katalis

Hasil kromatogram pada penambahan katalis KOH/zeolit 50% di atas terdapat 7 puncak kromatogram, menunjukkan bahwa terdapat 7 senyawa yang

terbentuk dan terbaca oleh alat kromatografi gas. Kromatogram diperoleh satu puncak mempunyai intensitas yang sangat tinggi pada puncak ke 5.

Hasil kromatogram pada penambahan katalis KOH/zeolit 60% di atas terdapat 10 puncak, menunjukkan bahwa terdapat 10 senyawa yang terbentuk dan terbaca oleh alat kromatografi gas. Pada kromatogram diperoleh salah satu puncak yang mempunyai intensitas yang sangat tinggi pada puncak ke 5.

Hasil kromatogram pada penambahan 70% katalis KOH/zeolit di atas terdapat 8 puncak kromatogram, menunjukkan bahwa terdapat 8 senyawa yang terbentuk dan terbaca oleh alat kromatografi gas. Pada kromatogram diperoleh salah satu puncak yang mempunyai intensitas yang sangat tinggi pada puncak ke 6.

Tabel 4.2. Komposisi metil ester biodiesel dengan katalis KOH/zeolit 50, 60 dan 70 %

KOH/ Zeolit	Waktu retensi (menit)	Metil Ester	Area Relatif (%)
50%	28,485	Metil Ester Palmitat	2,28
	31,934	Metil Ester Linoleat	4,45
	32,056	Metil Ester Oleat	3,20
	32,437	Metil Ester Stearat	3,22
	35,731	Metil Ester Risinoleat	86,14
	38,899	-	0,58
	39,010	-	0,12
	60%	28,474	Metil Ester Palmitat
32,106		Metil Ester Oleat	38,5
32,451		Metil Ester Stearat	8,19
35,642		Metil Ester Risinoleat	23,65
36,555		Metil Ester Risinoleat	22,05
38,938		-	2,25
70%	19,376	Metil Ester Laurat	0,15
	28,517	Metil Ester Palmitat	2,15
	32,007	Metil Ester Linoleat	1,33
	32,124	Metil Ester Oleat	1,20
	32,486	Metil Ester Stearat	2,09
	36,495	Metil Ester Risinoleat	92,11
	38,966	-	0,75
	39,082	-	0,21

Perbedaan waktu retensi (tR) pada setiap senyawa disebabkan oleh perbedaan struktur senyawa. Semakin panjang rantai karbon senyawa tersebut, akan semakin besar titik didihnya dan semakin non polar. Selain itu, semakin panjang rantai karbon menyebabkan interaksi senyawa dengan fasa diam. Sehingga senyawa cukup lama tertahan dalam kolom sehingga waktu retensi semakin besar.

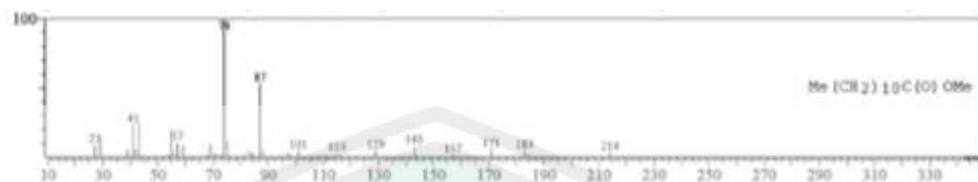
Jumlah ikatan rangkap pada senyawa juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi waktu retensi, dimana semakin banyak ikatan rangkap menyebabkan semakin besar kepolaran senyawa, karena elektronegatifitas $Csp^2 > Csp^3$. Sehingga adanya ikatan rangkap pada rantai karbon menyebabkan sifat kepolaran bertambah (Efendy, 2006)

Hasil kromatogram pada variasi KOH/zeolit 50, 60, dan 70% menunjukkan bahwa pada KOH/zeolit 70% lebih banyak metil ester yang terbentuk. KOH/zeolit 70% merupakan waktu optimum diantara 3 variasi KOH/zeolit yang digunakan. Kadar metil risinoleat yang dihasilkan pada variasi KOH/zeolit 70% lebih tinggi dibandingkan variasi KOH/zeolit 50 dan 60%. Berdasarkan hasil GC-MS kadar metil risinoleat yang terbentuk pada KOH/zeolit 70% sebesar 92,11%, sedangkan pada KOH/zeolit 50 dan 60% sebesar 86,14% dan 45,80%.

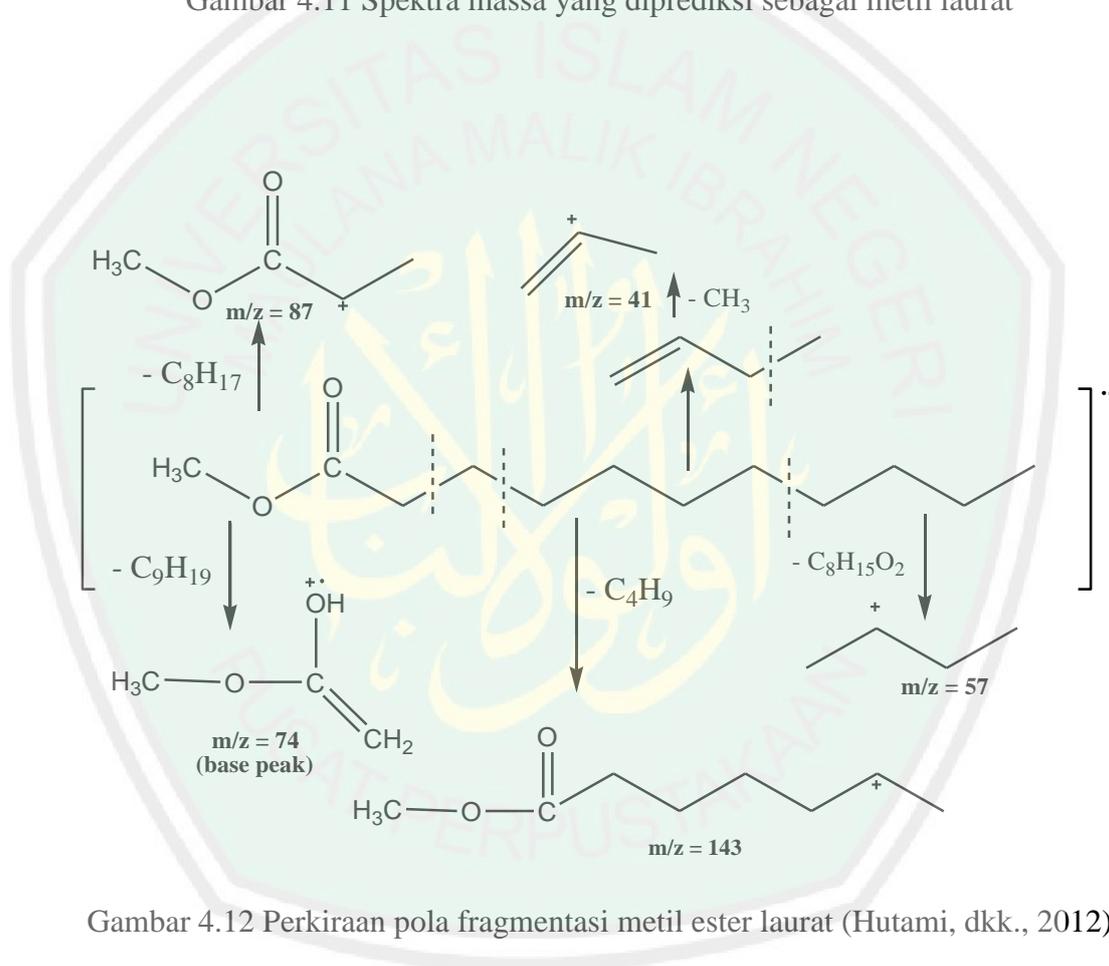
Analisis GC-MS produk reaksi transesterifikasi

Puncak metil ester pertama waktu retensi 19,376 menit dan kelimpahan 0,15% pada KOH/zeolit 70% fragmentasi m/z sebesar 41, 57, 74, 87 dan 143 dengan 74 sebagai puncak dasar. Pola fragmentasi seperti ini mirip dengan pola

fragmentasi standar metil ester laurat. Spektrum massa dan perkiraan fragmentasi metil ester laurat ditampilkan pada Gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4.11 Spektra massa yang diprediksi sebagai metil laurat

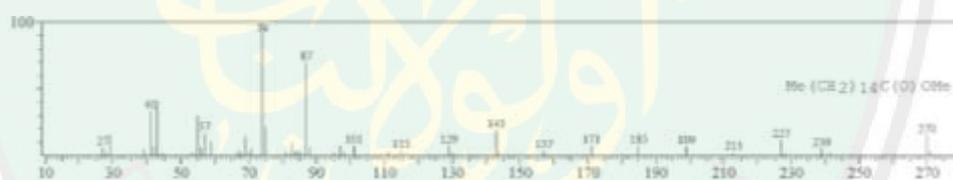


Gambar 4.12 Perkiraan pola fragmentasi metil ester laurat (Hutami, dkk., 2012)

Mekanisme fragmentasi metil laurat pada Gambar 4.12 saat pemutusan pada m/z 74 merupakan fragmentasi β -cleavage. Hal ini dikarenakan gugus alkil yang diikat oleh gugus karbonil mengandung lebih dari 3 atom karbon dan pada

atom karbon nomor 4 mengikat atom hydrogen. Puncak dasar pada senyawa target adalah m/z 74 yang diperoleh melalui penataan ulang Mc Lafferty dengan struktur $C_3H_6O_2^+$. Puncak ion molekuler tersebut terbentuk akibat pemutusan ikatan didekat gugus karbonil yang kemudian terfragmentasi mengikuti deret khas hidrokarbon. Ion molekuler m/z 74 dan 87 memiliki kelimpahan lebih besar karena dari pola fragmentasinya melepas gugus yang lebih besar.

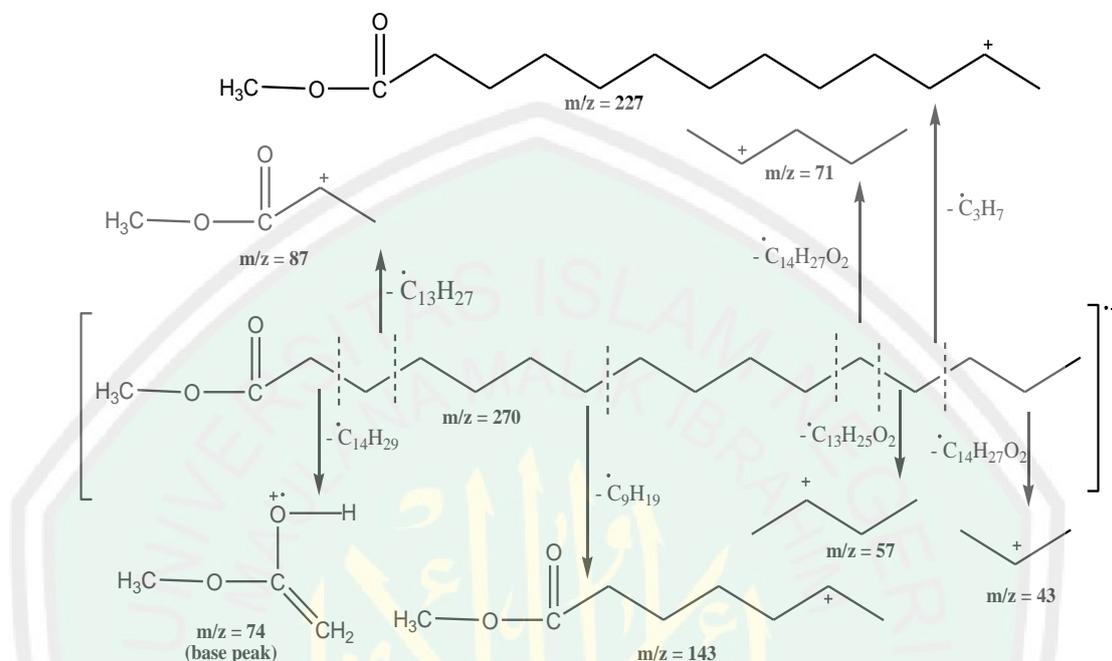
Puncak metil ester dengan waktu retensi 28,485; 28,474 dan 28,517 menit dengan kelimpahan 2,28; 6,97 dan 2,15 % memiliki fragmentasi m/z sebesar 41, 57, 74, 87 143, 227 dan 270 dengan 74 sebagai puncak dasar. Pola fragmentasi seperti ini mirip dengan pola fragmentasi standar metil ester palmitat. Spektrum massa dan perkiraan fragmentasi metil ester palmitat ditampilkan pada Gambar 4.13 dan 4.14.



Gambar 4.13 Spektra massa dengan waktu retensi 28, 474-28,517 menit

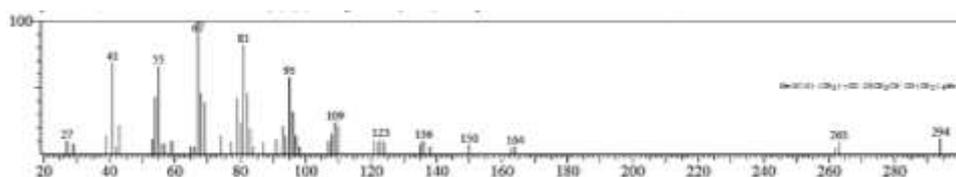
Mekanisme fragmentasi metil palmitat pada gambar 4.14 saat pemutusan pada m/z 74 merupakan fragmentasi β -cleavage. Hal ini dikarenakan gugus alkil yang diikat oleh gugus karbonil mengandung lebih dari 3 atom karbon dan pada atom karbon nomor 4 mengikat atom hydrogen. Puncak dasar pada senyawa target adalah m/z 74 yang diperoleh melalui penataan ulang Mc Lafferty dengan struktur $C_3H_6O_2^+$. Puncak ion molekuler adalah m/z 270 berasal dari senyawa $C_{17}H_{34}O_2^+$.

Ion molekuler m/z 43 diperoleh dari terlepasnya gugus $C_{13}H_{25}O_2$ pada ion molekuler m/z 270.

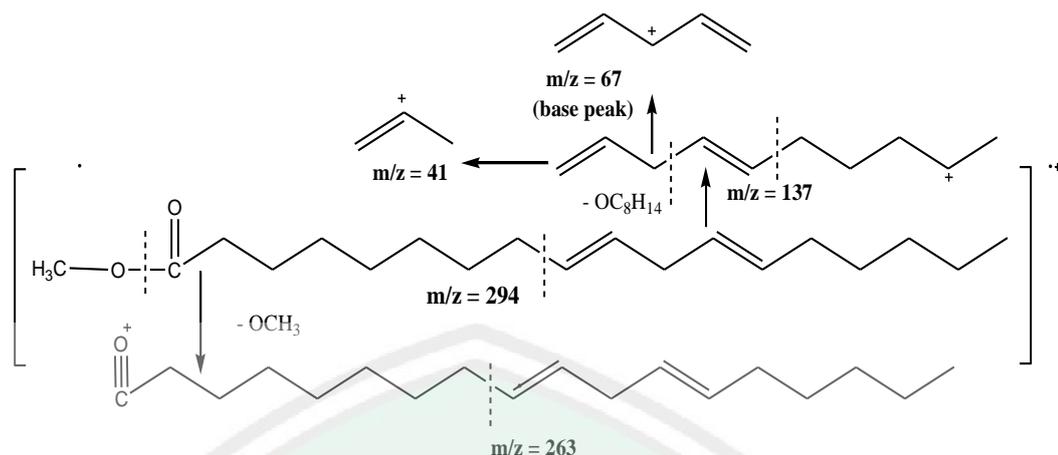


Gambar 4.14 Perkiraan pola fragmentasi metil ester palmitat (Zahriyah, 2009)

Puncak metil ester dengan waktu retensi 31,934 dan 32, 007 menit. Kelimpahan 4,45 dan 1,33 %, fragmentasi m/z sebesar 41, 55, 67, 81, 95, 263, dan 294 dengan 67 sebagai puncak dasar. Pola fragmentasi seperti ini mirip dengan pola fragmentasi standar metil ester linoleat. Spektrum massa dan perkiraan fragmentasi metil ester linoleat ditampilkan pada Gambar 4.15 dan 4.16.



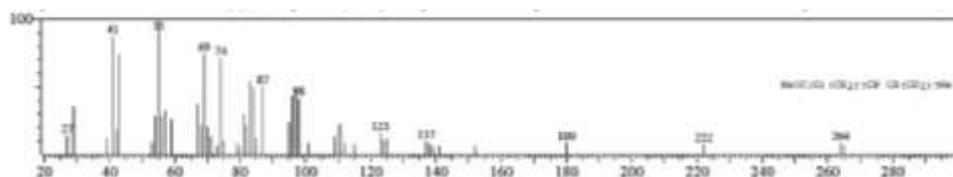
Gambar 4.15 Spektra massa dengan waktu retensi 31,934 dan 32, 007 menit.



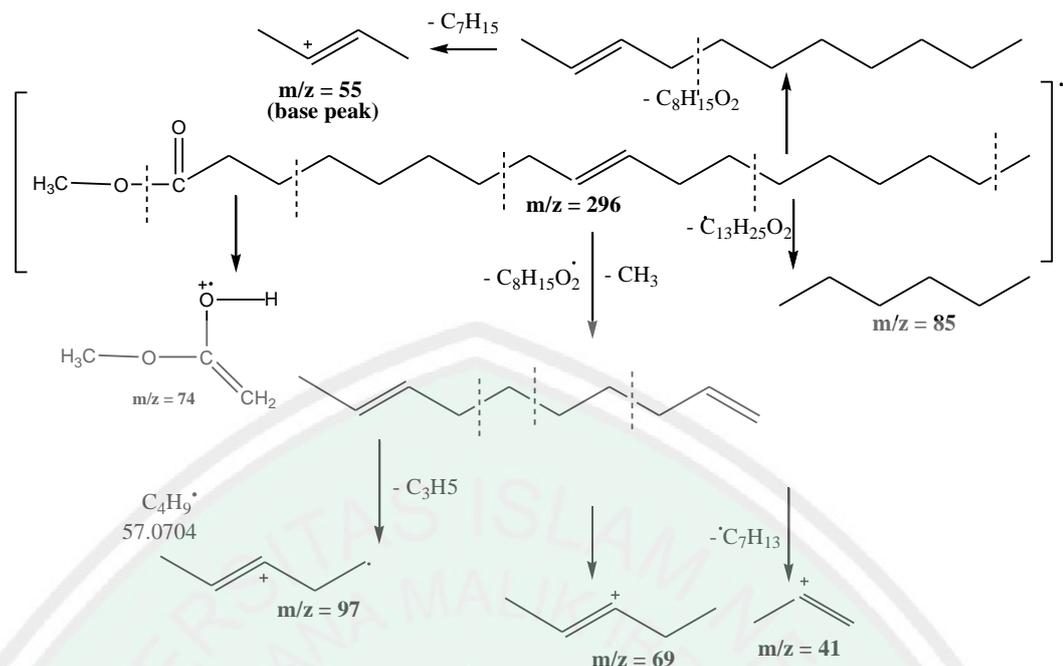
Gambar 4.16 Perkiraan pola fragmentasi metil ester linoleat (Fajriyah, dkk., 2014)

Puncak dasar pada senyawa target adalah m/z 67 yang diperoleh melalui pemutusan dan penataan ulang seperti reaksi pada gambar 4.15 dengan senyawa $C_5H_7^+$. Puncak ion molekuler adalah m/z 294 berasal dari senyawa $C_{19}H_{34}O_2$. Puncak ion molekuler m/z 263 berasal dari $C_{18}H_{31}O^+$. Ion molekuler m/z 263 berasal dari terputusnya gugus OCH_3 pada ion molekuler m/z 294.

Puncak metil ester dengan waktu retensi 32,056; 32,106 dan 32,124 menit. Kelimpahan 3,20; 38,5 dan 1,20%. Fragmentasi m/z sebesar 41, 55, 69, 74, 97, 180, 222 dan 264 dengan 55 sebagai puncak dasar. Pola fragmentasi seperti ini mirip dengan pola fragmentasi standar metil ester oleat. Spektrum massa dan perkiraan fragmentasi metil ester oleat ditampilkan pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18.



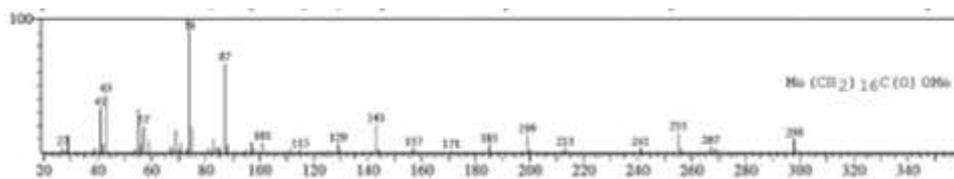
Gambar 4.17 Spektra massa dengan waktu retensi 32,056-32,124 menit



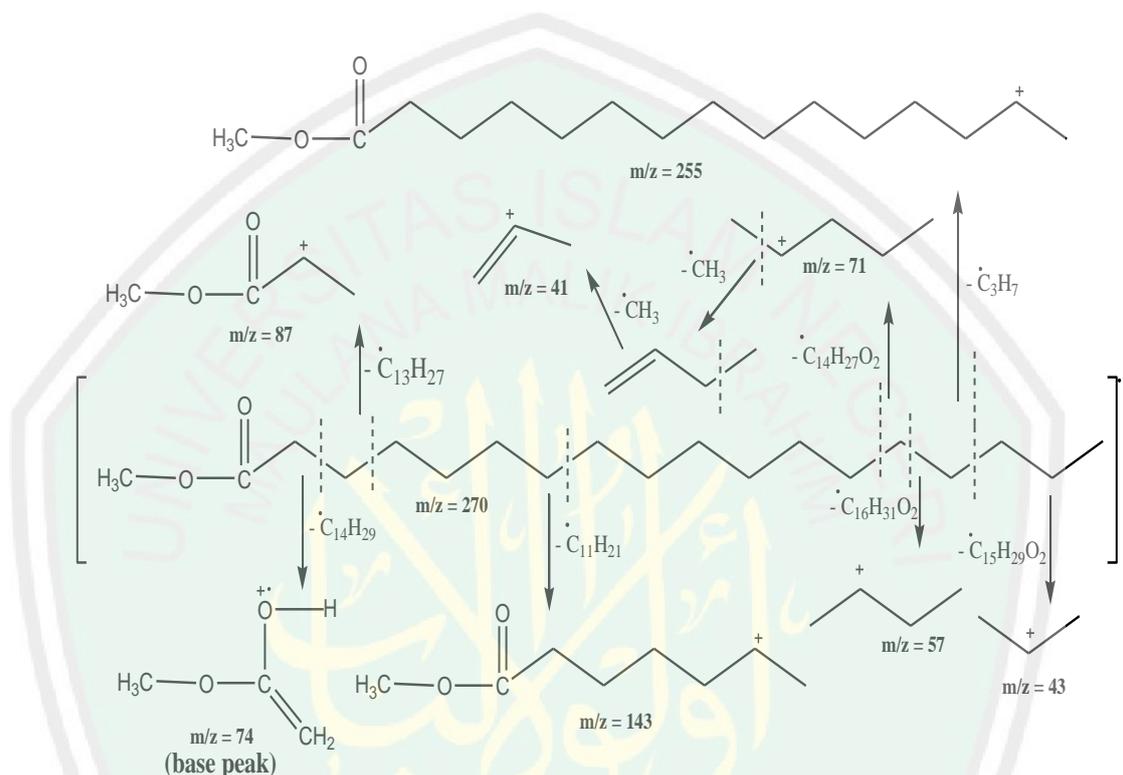
Gambar 4.18 Perkiraan pola fragmentasi metil ester oleat (Zahriyah, 2009)

Puncak ion molekuler m/z 296 diperoleh dari struktur metil oleat yaitu $C_{19}H_{36}O_2^+$. Ion molekuler m/z 74 berasal dari penataan ulang Mc Lafferty. Ion molekuler m/z 55 merupakan puncak dasar yang berasal dari penataan ulang Mc Lafferty.

Puncak metil ester dengan waktu retensi 32,437; 32, 451 dan 32,486 menit. Kelimpahan 3,22; 8,19 dan 2,09 %. Fragmentasi m/z sebesar 41, 43, 57, 74, 87, 143, 255, dan 298 dengan 74 sebagai puncak dasar. Pola fragmentasi seperti ini mirip dengan pola fragmentasi standar metil ester stearat. Spektrum massa dan perkiraan fragmentasi metil ester stearat ditampilkan pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20.



Gambar 4.19 Spektra massa dengan waktu retensi 32,437-32,486 menit

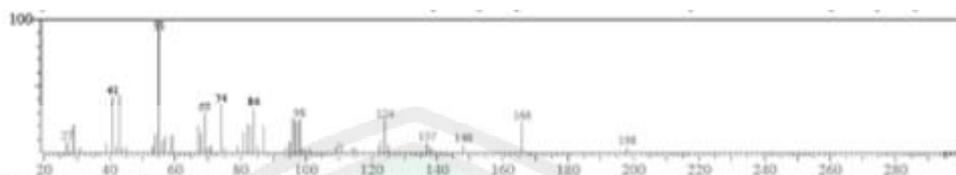


Gambar 4.20 Perkiraan pola fragmentasi metil ester stearat (Fajriyah, dkk., 2012)

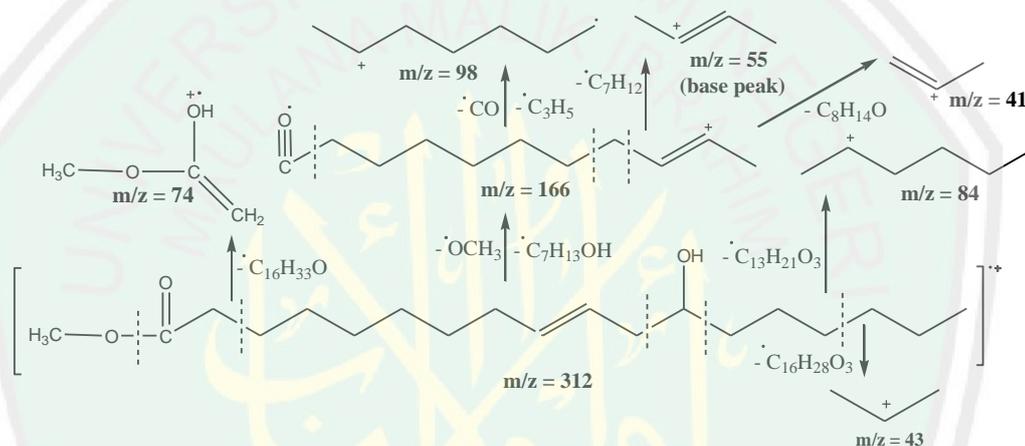
Puncak ion molekuler adalah m/z 298 berasal dari $C_{19}H_{38}O_2^+$. Ion molekuler m/z 43 diperoleh dari terlepasnya gugus $C_{15}H_{29}O_2$. Ion molekuler puncak dasar (*base peak*) m/z 74 diperoleh dari penataan ulang Mc Lafferty.

Puncak metil ester dengan waktu retensi 35,731; 35, 642 dan 36,495 menit. Kelimpahan 86,16; 23,65 dan 92,11 %. Fragmentasi m/z sebesar 41, 55, 69, 74, 84, 98, 124 dan 166 dengan 55 sebagai puncak dasar. Pola fragmentasi seperti ini mirip dengan pola fragmentasi standar metil ester risinoleat. Spektrum

massa dan perkiraan fragmentasi metil ester resinoleat ditampilkan pada Gambar 4.21 dan 4.22.



Gambar 4.21 Spektra massa dengan waktu retensi 35,731-36,495 menit



Gambar 4.22 Perkiraan pola fragmentasi metil ester resinoleat (Amalia, 2016)

Hasil akhir analisis GC-MS ini diketahui senyawa-senyawa yang terkandung dalam produk reaksi beserta kadarnya. Menurut Pena (2009) kandungan senyawa di dalam minyak jarak beragam, hal ini dikarenakan minyak jarak merupakan campuran dari berbagai senyawa asam. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan waktu retensi setiap senyawa. Faktor yang pertama yaitu panjang rantai metil ester. Semakin panjang rantai karbon senyawa metil ester, semakin tinggi pula titik didihnya, sehingga waktu retensinya semakin besar. Faktor kedua yaitu ikatan rangkap yang terdapat dalam rantai karbon. Metil

ester tidak jenuh (memiliki ikatan rangkap) mempunyai titik didih yang lebih rendah dan bersifat lebih polar dibanding metil ester jenuh dengan jumlah atom karbon yang sama. Semakin banyak ikatan rangkap yang ada dalam metil ester, semakin rendah titik didihnya dan semakin polar sifatnya sehingga lebih terdistribusi kedalam fase gerak dan memiliki waktu retensi yang lebih kecil. Perbedaan metil ester jenuh dan tidak jenuh juga dapat dilihat dari pola fragmentasinya. Metil ester jenuh memiliki puncak dasar pada m/z 74, sedangkan metil ester tidak jenuh memiliki puncak dasar bervariasi, seperti pada m/z 55 dan m/z 67. Selain itu juga diketahui bahwa ketiga produk reaksi merupakan senyawa metil ester (biodiesel) dengan komposisi terbesar berupa senyawa metil risinoleat (Tabel 4.3). Hal ini sesuai dengan penelitian (Ola, dkk., (2013) bahwa komposisi terbesar dalam biodiesel hasil reaksi transesterifikasi minyak jarak (*castor oil*) adalah metil risinoleat.

Kadar senyawa biodiesel yang dihasilkan pada KOH/zeolit 50% dan 70% mempunyai nilai mendekati kadar dari senyawa-senyawa yang terkandung didalam minyak jarak (Tabel 4.3). Hal ini menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan memiliki komposisi metil ester yang sama dengan komposisi biodiesel yang dihasilkan dari minyak jarak.

Tabel 4.3 Kandungan senyawa biodiesel hasil reaksi transesterifikasi

Senyawa Asam	Komposisi			
	Sandar (Pena,2009)	50%	60%	70%
Asam risinoleat	87%	86%	45,7%	92,11%
Asam linoleat	5%	4,45%	-	2,15%
Asam oleat	4%	3,20%	38,5%	1,20%
Asam palmitat	2%	2,28%	6,97%	2,15%
Asam stearate	1%	3,22%	8,19%	2,09%
Asam linolenik	1%	-	-	-

Sedangkan pada KOH/zeolit 60% tidak terbentuk metil ester linoleat, hal ini dikarenakan sampel yang terbentuk sangat sedikit sehingga tidak dapat terdeteksi. Selain itu biodiesel yang terbentuk juga tidak murni karena masih terdapat banyak air yang dapat mengganggu mutu dari biodiesel tersebut. Proses pembuatan biodiesel yang dilakukan Kusumaningsih, dkk., (2006) pada Tabel 4.4 melakukan reaksi transesterifikasi minyak jarak dengan katalis homogen KOH dan mendapatkan hasil biodiesel dari reaksi transesterifikasi dengan suhu 65°C, dengan kandungan terbesar yaitu metil ester oleat sebesar 43,97 %. Sedangkan Ola, dkk., (2013) dengan katalis homogen NaOH mendapatkan metil ester risinoleat sebesar 93,46 %.

Tabel 4.4 Kandungan senyawa biodiesel hasil reaksi transesterifikasi minyak jarak

Kusumaningsih, dkk., (2006) Katalis KOH		Ola, dkk., (2013) Katalis NaOH			
Metil ester	Waktu retensi (Menit)	Area (%)	Metil ester	Waktu retensi (Menit)	Area (%)
Risinoleat	19,143	10,758	Risinoleat	27,143	93,46
Linoleat	23,931	12,588	Linoleat	20,38	2,63
11-oktadekanoat	25,979	43,97	Stearat	6,842	0,9
Oleat	29,243	43,97	14-metil pentadekanoat	20,05	0,8

4.5.2. Analisis Kadar Air

Analisis kadar air merupakan salah satu indikator mutu biodiesel yang dihasilkan. Kadar air yang tinggi pada bahan bakar dapat menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbisa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur. Serta kadar air yang tinggi pada minyak dapat mengakibatkan proses hidrolisis sehingga

menurunkan *yield* biodiesel Kadar biodiesel yang dihasilkan dapat dilihat melalui Tabel 4.4.

Kadar air yang dihasilkan pada KOH/zeolit 50% dan 70% mempunyai nilai yang mendekati angka Kadar air SNI 04-7182-2006 yaitu 0,05%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air biodiesel yang dihasilkan memiliki angka yang rendah, sehingga tidak menyebabkan resiko yang tinggi ketika digunakan sebagai bahan bakar. Sedangkan pada KOH/zeolite 60% yang dihasilkan melampaui standar SNI, hal ini disebabkan kurang sempurnanya proses pemisahan setelah dilakukan reaksi. Kadar air yang tinggi dimungkinkan berasal dari proses pencucian yang kurang sempurna.

Tabel 4.5 Nilai kadar air hasil biodiesel pada variasi KOH/zeolit 50, 60 dan 70%

Sampel	KOH/Zeolit	Kadar air (%)	Kadar air SNI 04-7182-2006
Minyak jarak	-	0,5	0,05 %
	50%	0,036	
Metil ester	60%	0,2529	
	70%	0,051	

4.5.3. Analisa Angka Asam

Angka asam adalah jumlah milligram KOH atau NaOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram lemak. Hasil angka asam yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.6 Nilai angka asam hasil biodiesel pada variasi KOH/zeolit 50, 60 dan 70%

Sampel	KOH/Zeolit	Angka asam (mg-NaOH/g)	Angka asam SNI 047182
Minyak jarak	-	0,946	Maks 0,8 mg-KOH/g
	50%	0,04	
Metil ester	60%	0,09	
	70%	0,06	

Kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam sampel minyak jarak dan biodiesel mempunyai angka lebih rendah dibandingkan dengan standart SNI yaitu kurang dari 0,8 mg-KOH/g pada katalis 50 dan 70 %. Hal ini menunjukkan angka asam lemak bebas yang terkandung pada sampel minyak dan biodiesel di bawah standart SNI. Angka asam yang lebih kecil menunjukkan bahwa konsentrasi asam lemak bebas yang terkandung dalam sampel minyak dan biodiesel sangat sedikit. Sedangkan pada katalis KOH/zeolit 60 % lebih dari standart SNI, hal ini dikarenakan terjadinya proses hidrolisis menyebabkan naiknya kadar asam lemak bebas pada saat reaksi (Ketaren, 1986).

4.5.4 Analisa Densitas

Densitas atau massa jenis merupakan salah satu parameter kualitas biodiesel. Nilai densitas merupakan indikator banyak tidaknya zat-zat pengotor dalam biodiesel. Pengotor yang mungkin ada pada biodiesel yang dihasilkan seperti air, sabun dan sisa minyak, katalis maupun metanol. Adanya zat pengotor pada biodiesel dapat mengakibatkan nilai densitas biodiesel tidak sesuai dengan mutu yang diharapkan. Nilai densitas biodiesel yang dihasilkan disajikan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.7 Nilai densitas hasil biodisel pada variasi KOH/zeolit 50, 60 dan 70%

Sampel	KOH/Zeolit	Densitas (g/mL)	Standart SNI max. (g/mL)
Minyak jarak	-	0,946	0,80-0,89
	50%	0,952	
Metil ester	60%	0,993	0,80-0,89
	70%	0,961	

Densitas yang dihasilkan dari minyak jarak dan biodisel masih memiliki nilai yang tinggi dari standar SNI yaitu di atas 0,89 g/mL. Hal tersebut menjadi salah satu ciri dari densitas pada minyak jarak kepyar. Menurut Conceicao, dkk. (2007) Nilai densitas yang tinggi dikarenakan komposisi tertinggi asam lemak bebas adalah asam risinoleat yang memiliki gugus -OH.

4.5 Integrasi Penelitian dengan Islam

Terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah SWT dalam penciptaan langit dan bumi. Allah SWT menciptakan langit tanpa tiang, menciptakan gunung-gunung, mengembangbiakan segala jenis binatang dan menurunkan air hujan untuk menumbuhkan segala macam tumbuhan. Ini merupakan sebagian kecil tanda-tanda kekuasaan Allah SWT. Allah SWT berfirman dalam surat Luqman ayat 10:

خَلَقَ السَّمَاوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا ۗ وَالْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ ۗ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ (١٠)

“Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik.”

Langit yang ada sekarang sampai tiba hari kiamat merupakan langit yang kokoh tanpa adanya tiang satu pun. Semua benda langit bergerak tanpa adanya tiang yang menyangga dan tidak khawatir akan roboh. Hal ini dapat terjadi atas kehendak Allah SWT. Dipermukaan bumi terlihat gunung-gunung yang menjulang tinggi dan tanpa disadari gunung-gunung tersebut juga menancap ke dalam perut bumi, dengan adanya gunung-gunung yang seperti ini maka bumi menjadi stabil dan tidak tergoayakan. Allah SWT dapat mengembangkan semua jenis binatang, baik binatang yang paling sederhana seperti bakteri maupun binatang tingkat tinggi seperti mamalia tentunya dengan cara dan proses masing-masing. Hal ini dapat menjadi pembelajaran bagi kaum yang memikirkan dan bertaqwa kepada Allah SWT.

Allah SWT menurunkan air hujan dan menumbuhkan bermacam-macam tumbuhan yang baik. Baik disini dapat bermakna indah dipandang maupun dalam segi pemanfaatannya. Penelitian ini menggunakan minyak jarak. Tanaman jarak merupakan tanaman yang tidak terlalu indah dipandang, buahnya yang dapat menghasilkan minyak juga tidak dapat digunakan dalam minyak pangan, akan tetapi dari segi pemanfaatan untuk energi mempunyai manfaat yang besar. Minyak jarak jika diolah dengan baik dapat menjadi bahan yang sangat berguna seperti biodiesel. Hal ini menunjukkan bahwa segala sesuatu baik yang ada di langit maupun yang ada di bumi diciptakan Allah SWT tidak ada yang sia-sia, ini sesuai dengan tafsir Quraish Shihab bahwa makhluk yang kami saksikan menjadi bukti atas kesempurnaan penciptaanMu.

Penelitian ini menggunakan zeolit alam Bandung, dimana hasilnya kurang memuaskan untuk digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel.

Penelitian terdahulu yang tidak menggunakan zeolit bandung hasilnya cukup baik, hal ini menunjukkan bahan yang digunakan dapat mempengaruhi hasil yang didapatkan.

Allah berfirman dalam Q.S al-Qamar ayat 49:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

Artinya: *Sesungguhnya kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran.*

Lafadz بِقَدَرٍ “ukuran” dapat diartikan sebagai kadar (Qurthubi, 2009). Allah menciptakan segala sesuatu berdasarkan apa yang telah ditetapkan ilmu-Nya. Tidak ada satu peristiwa pun yang terjadi melainkan kehendaknya. Begitu pula dengan kadar kadar/kandungannya zeolit alam Bandung berbeda dengan zeolit alam lain, ini sebagai petunjuk bagi manusia dalam memahami penciptaan langit dan bumi sehingga dapat meningkatkan ilmu maupun keimanan kita terhadap Allah SWT.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Puncak K_2O pada katalis zeolit modifikasi tidak terbentuk, tetapi pada proses modifikasi terjadi interaksi antara KOH dan zeolit sehingga terjadi pengurangan puncak pada $2\theta(^{\circ}) = 22$ dan pergeseran puncak pada $2\theta(^{\circ}) = 27,5$ dan $34,8$. Biodiesel yang dihasilkan pada analisis GCMS dengan katalis KOH/zeolit 50, 60 dan 70% menghasilkan kandungan asam risinoleat sebesar 86,14; 45,70 dan 92,11 %.
2. Karakterisasi biodiesel yang dihasilkan pada penambahan katalis KOH/zeolit 50, 60 dan 70 % secara berturut-turut meliputi kadar air 0,036; 0,252 dan 0,051 %. Kadar asam lemak bebas 0,04; 0,06 dan 0,06 mg-NAOH/g. Densitas 0,952; 0,993 dan 0,961 g/mL.

5.2. Saran

1. Zeolit yang digunakan tidak terlalu murni, sehingga perlu pemilihan zeolit yang lebih murni lagi untuk memaksimalkan proses modifikasi.
2. Perubahan metode diperlukan untuk memaksimalkan pembentukan biodiesel dengan cara menambahkan, konsentrasi KOH, suhu kalsinasi dan waktu reaksi transesterifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qurthubi, S. I. 2009. *Al Jami'li Ahkaam Al-Qur'an*. Terjemahan Hamid, F. A. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Arifin dan Latifah. (2015). Sintesis Biodisel dari Minyak Goreng Bekas dengan Menggunakan Katalis Zeolit Alam Termodifikasi. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 2(4).
- Atkins, P.W. (1997). *Kimia Fisika*; Alih Bahasa: Irma L.K., Jilid 2, Cetakan Pertama. Jakarta: Erlangga.
- Atadashi, I. M., Aroua, M. K., Aziz, A. R. A., & Sulaiman, N. M. N. (2013). Journal of Industrial and Engineering Chemistry The effects of catalysts in biodiesel production : A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19(1): 14–26.
- Aziz, I. (2007). Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. *Valensi*, 1(1): 19-23.
- Aziz, I., Nurbayati, S., dan Hakim, A. R. (2012). Penggunaan Zeolit Alam sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel . *Valensi*, 2(5): 541-547.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *SNI 7182:2015*. Jakarta: BSN.
- Bannon, Cecil D., Craske, John D. & Norman, Lynette M. (1988). Limitation of Ambient Temperature Methods for the Methanolysis of Triacylglycerols in the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters With High Accuracy and Realibility. *Journal of American Oil Chemist*, 65(2): 1-8.
- Banon,C. dan Suharto. 2008. Adsorpsi Amoniak oleh Adsorben Zeolit Alam yang Diaktivasi dengan Larutan Amonium Nitrat. *Jurnal Gradien*, 4: 354-360.
- Botianovi, A. 2012. Modifikasi Zeolit Alam Malang dari Mikropori ke Mesopori dengan Penambahan Surfaktan CtaBr (Cetyl trimethyl ammonium bromide). *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Canoira, L., Galean, J. G., Alcantara, R., Lapuerta, M., & Contreras, R. G. (2010). Fatty Acid Methyl Esters (FAMES) from Castor Oil: Production Process Assessment and Synergistic Effects in Its Properties. *Renewable Energy*, 35: 208–217.
- Cejka, J., Bekkum, H.V. & Corma, A. (2007). *Introduction to Zeolite Science and Practice*. Elsevier: Oxford.

- Chakrabarti, M. H., & Ahmad, R. (2008). Trans Esterification Studies on Castor Oil As A First Step Towards Its Use in Biodiesel Production. *Pak, J, Bot*, 40(3): 1153–1157.
- Chung, K. (2010). Journal of Industrial and Engineering Chemistry Transesterification of *Camellia japonica* and *Vernicia fordii* Seed Oils on Alkali Catalysts for Biodiesel Production. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 16: 506–509.
- Elsheikh, Y. A., Man, Z., Bustam, M. A., Yusup, S., & Wilfred, C. D. (2011). Brønsted Imidazolium Ionic Liquids : Synthesis and Comparison of Their Catalytic Activities as Pre-catalyst for Biodiesel Production through Two Stage Process. *Energy Conversion and Management*, 52: 804–809.
- Enggawati, E. R., & Ediati, R. (2013). Pemanfaatan Kulit Telur Ayam dan Abu Layang Batubara sebagai Katalis Heterogen untuk Reaksi Transesterifikasi Minyak Nyamplung. *Jurnal Sains dan Semi Pomits*, 2(1).
- Falah, A. S. A. 2017. Modifikasi Katalis Zeolit menggunakan Ultrasonik dengan Variasi Konsentrasi Kalium Hidroksida dan Aplikasinya untuk Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak (*Ricinus communis*). *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Fatimah, N. F. dan Utami, B. 2017. Sintesis dan Analisis Spektra IR, Difraktogram XRD, SEM pada Material Katalis Berbahan Ni/zeolit Alam Teraktivasi dengan Metode Impregnasi. *Journal Cis-Trans (JC-T)*, 1(1): 35-39.
- Felizardo, P., Joana, M., Correia, N., Raposo, I., Mendes, J. F., Berkemeier, R., and Bordado, J. M. (2006). Production of Biodiesel from Waste Frying Oils. *Waste Management*, 26 (5): 487-494.
- Formo, M.N., Jungermann, E., Nornis, F. A., Sonntag, N. O. V. (1969). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, vol. 1, 4th edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Freedman, B., Butterfield, R.O., and Pryde, E.H. (1986). Transesterifikasi of Kinetic of Soybean Oil . *Journal of American Oil Chemist Soc.*, 63: 1375-1380.
- Freedman, B. (1984). Variables Affecting the Yield of Fatty Esters from Transesterified Soybeans Oils. *Journal of American Oil Chemist*, 61(10): 4-10.
- Gerpen, J.V., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D., dan Knothe, G. 2004. Biodiesel Production Technology. United State of America: National Renewable Energi Laboratory.

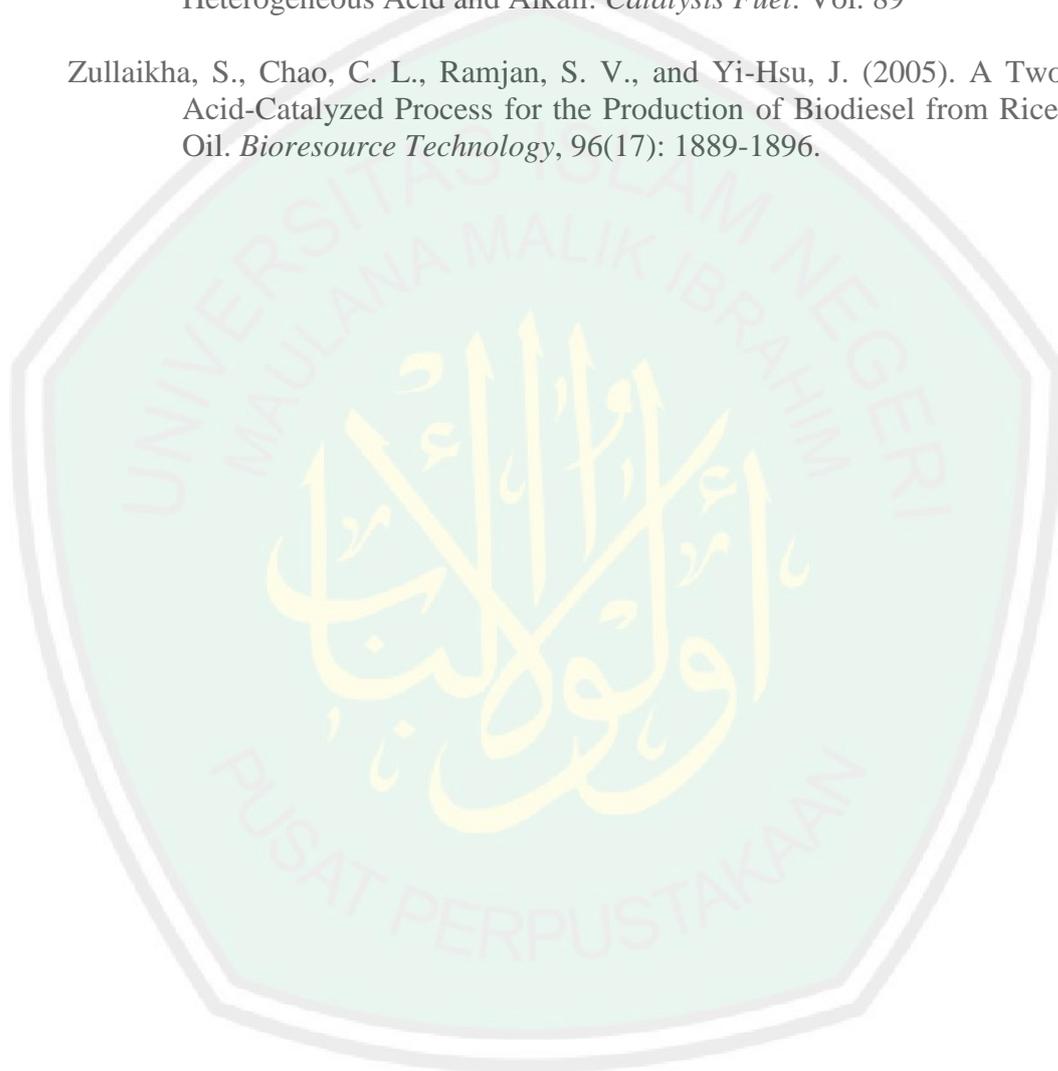
- Harjanti, R. S. (2008). Pemanfaatan Zeolit Alam Klinoptilolite sebagai Katalisator dalam Alkoholisasi Minyak Jarak. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(1): 28–32.
- Hart, H. (1983). *Organic Chemistry, Sixth edition*. Michigan: Houghton Mifflin Co.
- Havendri, A. (2008). Kaji Eksperimental Prestasi dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Campuran Bahan Bakar Biodiesel Minyak Jarak (*Jatropha Curcas* L) dengan Solar. *Teknik A*, 1(29): 65-72.
- Helwani, Z., Othman, M. R., Aziz, N., Kim, J. & Fernando, W. J. N. (2009). Solid Heterogeneous Catalysts for Transesterification of Triglycerides with Methanol: A review. *Applied Catalysis A: General*, 363: 1-10.
- Heraldy, E., Hisyam, S.W. & Sulistyono. (2003). Karakterisasi dan Aktivasi Zeolit Alam Ponorogo. *Indo J. Chem*, 3(2): 91-97.
- Husin, H., Mahidin & Marwan. (2011). Studi Penggunaan Katalis Abu Sabut Kelapa, Abu Tandan Sawit dan K_2CO_3 untuk Konversi Minyak Jarak Menjadi Biodiesel. *Reaktor*, 13(4): 254-261.
- Intarapong, P., Iangthanasat, S., Luengnaruemitcha, A. dan Jai, S. (2013). Activity and Basic Properties of KOH/mordenite for Transesterification of Palm Oil. *Journal of Energy Chemistry*, 22: 690-700.
- Irma, L.K. (1996). *Kimia Fisika*, Jilid 2, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta, Terjemahan Physical Chemistry, Atkins, P.W., 1990.
- Jitputti, J., B. Kitiyanan, P. Rangsunvigit, K. Bunyakiat, L., Attanatho, dan P. Jenvanitpanjakul. (2006). Transesterification of Crude Palm Kernel Oil and Crude Coconut Oil by Different Solid Catalysts. *Chemical Engineering Journal*, 116: 61-66.
- Kartika, D dan Widyaningsih, S. (2012). Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif (ZAH) dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Natur Indonesia* 14(3): 219-226.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2017. Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia 2017. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral RI.
- Ketaren, S. (1986). *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Khairinal & Trisunaryanti, W. (2000). Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari dengan Perlakuan Asam dan Proses Hidrotermal. *Prosiding Seminar Nasional Kimia VIII*. Yogyakarta: FMIPA-UGM.

- Kusuma, R.I., Hadinoto, J. P., Ayucitra, A., Soetaredjo, F. E., dan Ismadji, S. (2011). Natural zeolite from Pacitan Indonesia, as catalyst support for transesterification of Palm oil. *Applied Clay Science*, 74: 121-126.
- Kusumaningsih, T., Pranoto, & Saryoso, R. (2006). Pembuatan Bahan Bakar Biodisel dari Minyak Jarak ; Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa. *Bioteknologi*, 3(1), 20–26.
- Knothe, G. 2005. Dependence of Biodiesel Fuel Properties on the Structure of Fatty Acid Alkyl Esters. *Fuel Processing Technology*, Vol. 86. Hal. 1059 – 1070
- Laila, L. dan Oktavia, L. 2017. Kaji Eksperimen Angka Asam dan Viskositas Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit dari PT. Smart Tbk. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, 2(1): 27-31.
- Laksono, T. (2013). Pengaruh Jenis Katalis NaOH dan KOH serta Rasio Lemak dengan Metanol Terhadap Kualitas Biodiesel Berbahan Baku Lemak Sapi. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Majid, A. B.; Wega T.; Yoga P.; Erna F.; Syafitri H. dan Again N. 2012. Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Indonesia pada Hidrorengkah Ban Bekas dengan Preparasi Sederhana. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Surabaya: UNESA.
- Najar, Zaghlul al. 2007. *Ayat al-Kawniyyat fi Al-Qur'an*. Kaheran, Mesir: Maktabat al-Dawliyyat.
- Nadapdap, M.J. (2009). Analisa Karakteristik Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit. *Karya Akhir*. Program Diploma IV Fakultas Teknik, Prodi Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara.
- Nadiah, T. 2014. *Buku Pintar Sains dalam Al-Qur'an Mengerti Mukjizat Ilmiah Firman Allah*, Cetakan III. Jakarta: Zaman Press.
- Ningsih, S. K. W. 2016. *Sintesis Anorganik*. Padang: UNP Press Padang.
- Noiroj; Krisada; Pisitpong I.; Apanee L. dan Samai Jai-In. 2009. A Comparative Study of KOH/Al₂O₃ and KOH/NaY Catalysts for Biodiesel Production Via Transesterification from Palm Oil. *Science Direct*, 34: 1145-1150.
- Pachenkov, G.M & Lebedev, V.P. (1976). *Chemical Kinetic and Catalysis*, 2nd Ed. Moscow: Mir Publishers.
- Pena, R., Romero, R., Martinez, S. L., Ramos, M. J., Martinez, A., dan Natividad, R. (2009). Transesterification of Castor Oil: Effect of Catalyst and Co-Solvent. *Industrial Engineering Chemistry Research*, 48: 1186-1189.

- Pinto, A.C., Guarieiro, L.L.N., Rezende, M.J.C., Ribeiro, N.M., Torres, E.A., Lopes, W.A., de P Pereira, P.A & de Andrade, J.B. (2005). Biodiesel: An Overview. *Braz Chem Soc*, 16(6B): 1313-1330.
- Purwono, S., Yulianto, N., Pasaribu, R. (2003). Biodiesel dari Minyak Kelapa. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia. Yogyakarta.
- Ramadhas. (2005). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit dengan Esterifikasi Dua Tahap. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Tehnik Kimia UGM.
- Rakmae, S., Keawkumay, C., Osakoo, N., Montalbo, K. D., Leon, R. L., Kidkhunthod, P., Chanlek, N., Roessner, F., Prayoonpokarach, S., dan Wittayakun, J. (2016). Realization of Active Species in Potassium Catalysts on Zeolite NaY Prepared by Ultrasound-assisted Impregnation with Acetate Buffer and Improved Performance in Transesterification of Palm Oil. *Fuel*, 184: 512-517.
- Saba, T., Estephane, J., Khoury, B., Khoury, M., Khazma, M., Zakhem, H., dan Aouad, S. (2015). Biodiesel production from refined sunflower vegetable oil over KOH/ZSM5 Catalysts. *Renewable Energy*, 90: 301-306.
- Salimon, J.; Dina A. M. Noor; A. T. Nazrizawati; M. Y. Mohd Firdaus dan A. Noraishah. 2010. Fatty Acid Composition and Physicochemical of Malaysian Castor Bean *Ricinus communis* L. Seed Oil. *Journal Sains Malaysiana*, 39: 761-764.
- Selvabala, V.S., Selvaraj, K.D., kalimuthu, J., Periyaraman, P.M. & Subramanian, S. (2011). Two Step Biodiesel Production from Chalophyllum inophyllum Oil: Optimization of Modified β -zeolite Catalyzed Pre-treatment. *Bioresource Technology*, 102: 1066-1072.
- Sharma, Y.C., Singh, B. & Upadhyay, S.N. (2008). Advancements in Development and Characterization of Biodiesel: A Review. *Fuel*, 87: 2355-2373.
- Sibarani, J., et al. (2007). Effect of Palm Empty Bunch Ash on Transesterification of Palm Oil into Biodiesel. *Indo J. Chem*, 7(3): 314- 319.
- Soetaredjo, F. E., Ayucitra, A., Ismadji, S. & Maukar, A. L. (2010). KOH/Bentonite Catalysts for Transesterification of Palm Oil to Biodiesel. *Applied Clay Science, In Press, Corrected Proof*, 53: 341-346.
- Srihapsari, D. 2006. Penggunaan Zeolit Alam yang Telah Diaktivasi dengan Larutan HCl untuk Menjerap Logam-logam Penyebab Kesadahan Air. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. dan Suhardi. (1989). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.

- Sudradjat, H. R. 2006. *Memproduksi Biodiesel Jarak Pagar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Supamathanon, N., Wittayakun, J., dan Prayoonpokarach, S. (2011). Properties of Jatropha seed oil from Northeastern Thailand and its Transesterification Catalyzed by Potassium Supported on NaY Zeolite. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 17: 182-185.
- Syah, A.N.A. (2006). Mengenal Lebih Dekat Biodiesel Jarak Pagar Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan. Jakarta: Agromedia.
- Susilowati. (2006). Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk dengan Katalis Zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1): 10-14.
- Suslick, K. S., dan Bang, B. J. H. (2010). Applications of Ultrasound to Materials Chemistry. *Advanced Materials*, 22: 295-326.
- Utomo, Anthony Satriyo. 2011. Preparasi NaOH/Zeolit Sebagai Katalis Heterogen untuk Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Secara Transesterifikasi. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Wang, L dan Yang, J. (2007). Transesterification of Soybean Oil with Nano-MgO or Not in Supercritical and Subcritical Methanol. *Fuel*, 86: 328-333.
- Watanabe, Y.Y., Shimada, A., Sugihara, H., Noda, H. F., Tomigana. (2000). Continues Production of Biodiesel Fuel from Vegetable Oil Using Immobilized *Candida antarctica*. *JAACS*, 77(3) : 355-360.
- WebBook. NIST Chemistry WebBook. <https://webbook.nist.gov/chemistry>. Diakses pada 11 Mei 2018.
- Weiss, E.A. 1983. *Oil Seed Crops*. USA: Logman Inc. New York.
- Widyati, M., Emanuela, dan Kasdadi, J. 2002. Aplikasi Metode Mike Pelly dan Foolproof dalam Pembuatan Biodiesel
- Xie, W and Yang, Z. (2007). Ba-ZnO Catalysts for Soybean Oil Transesterification. *Catalysis Letters*, 117: 159-165.
- Yaakob, Z., Sukarman, I.S.B., Narayanan, B., Abdullah, R.S.S. & Ismail, M. (2012). Utilization of Palm Empty Fruit Bunch for the Production of Biodiesel from *Jatropha Curcas* Oil. *Bioresource Technology*, 104: 695-700.
- Yan, S., Salley, S. O., 2009. Simultaneous Transesterification and Esterification of Unrefined or Waste Oil Over ZnO-La₂O₃ Catalysts. *Applied Catalysts*, Vol. 353. Hal 203-214.

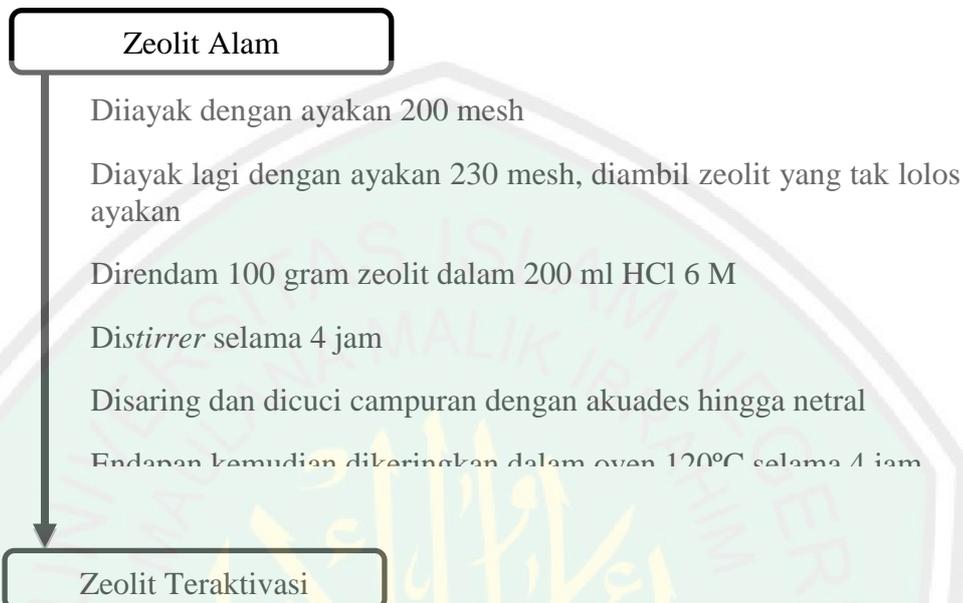
- Yuliusman, Purwanto, W. W. dan Nugroho, Y. S. 2013. Pemilihan Adsorben untuk Penjerapan Karbon Monoksida menggunakan Model Adsorpsi Isotermis Langmuir. *Reaktor*, 14(3): 225-233.
- Yuniwati, M dan Karim, A.A. (2009). Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas (Jelantah) dan Metanol dengan Katalisator KOH. *Jurnal Teknologi*, 2(2): 130-136.
- Zhang, J., Chen, s., yang, R. 2010. Biodiesel Production from Vegetable Oil using Heterogeneous Acid and Alkali. *Catalysts Fuel*. Vol. 89
- Zullaikha, S., Chao, C. L., Ramjan, S. V., and Yi-Hsu, J. (2005). A Two-Step Acid-Catalyzed Process for the Production of Biodiesel from Rice Bran Oil. *Bioresource Technology*, 96(17): 1889-1896.



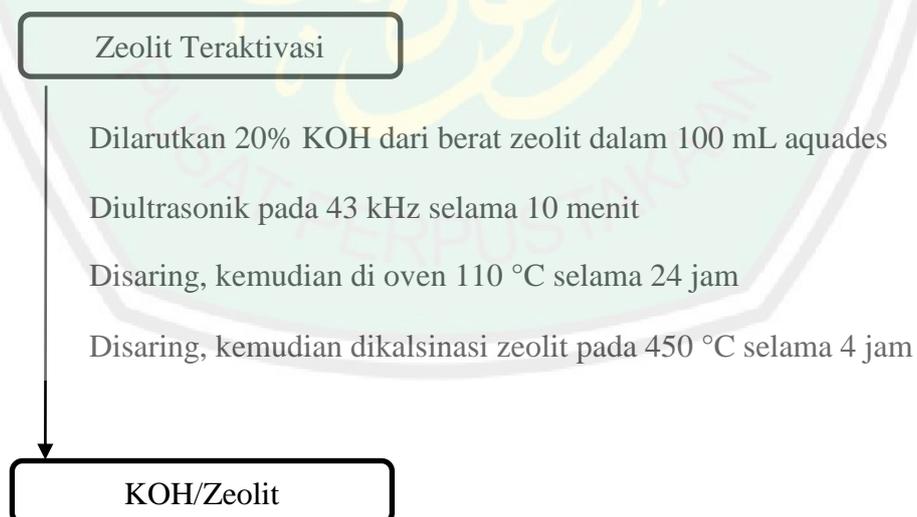
Lampiran 1

Diagram Alir

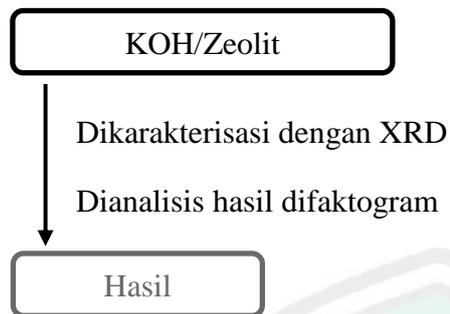
1.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit



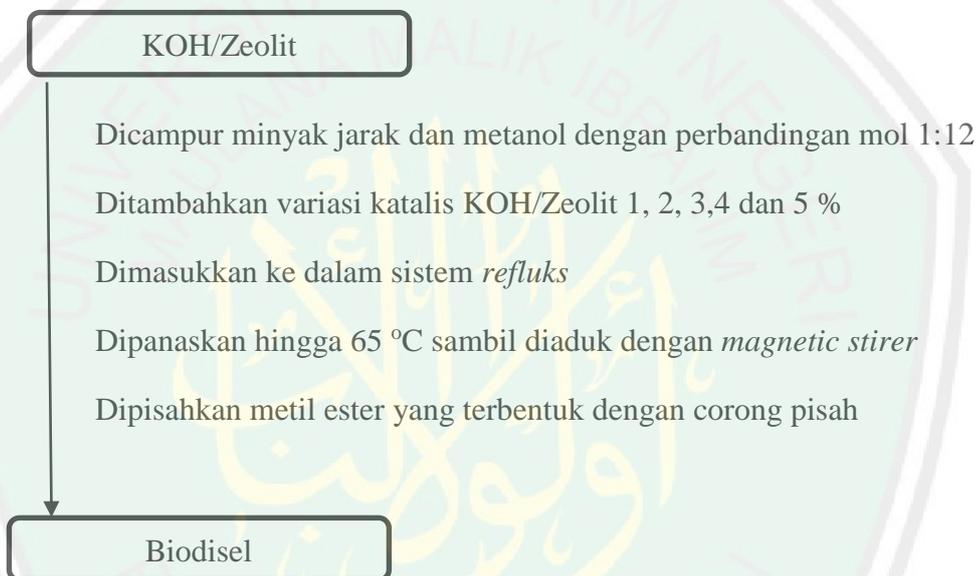
1.2 Modifikasi Katalis



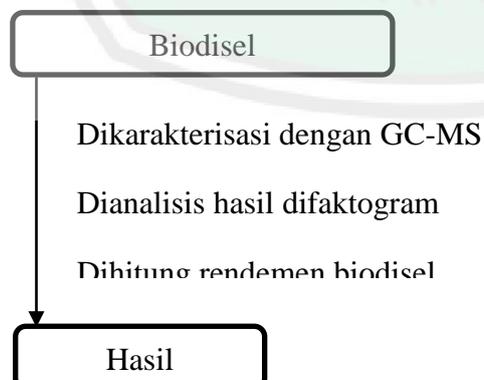
1.3 Karakterisasi Komposit KOH/Zeolit dengan *X-Ray Diffraction*



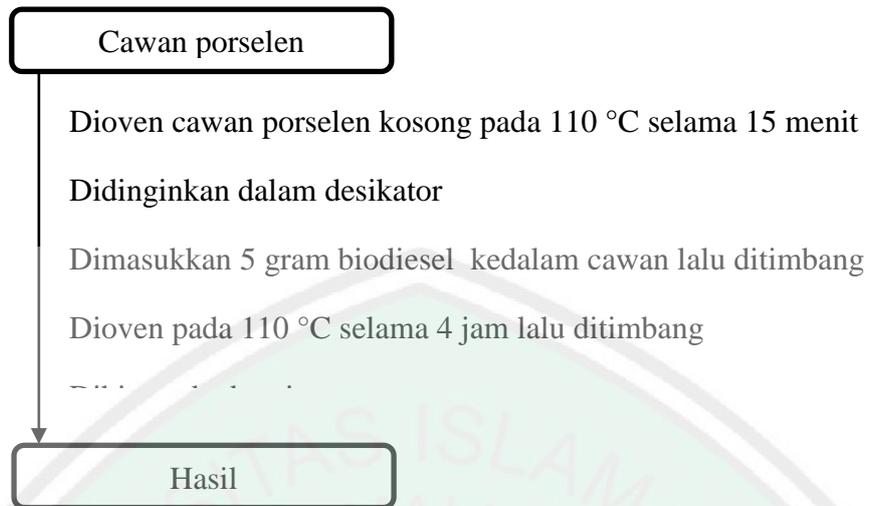
1.4 Pembuatan Biodisel



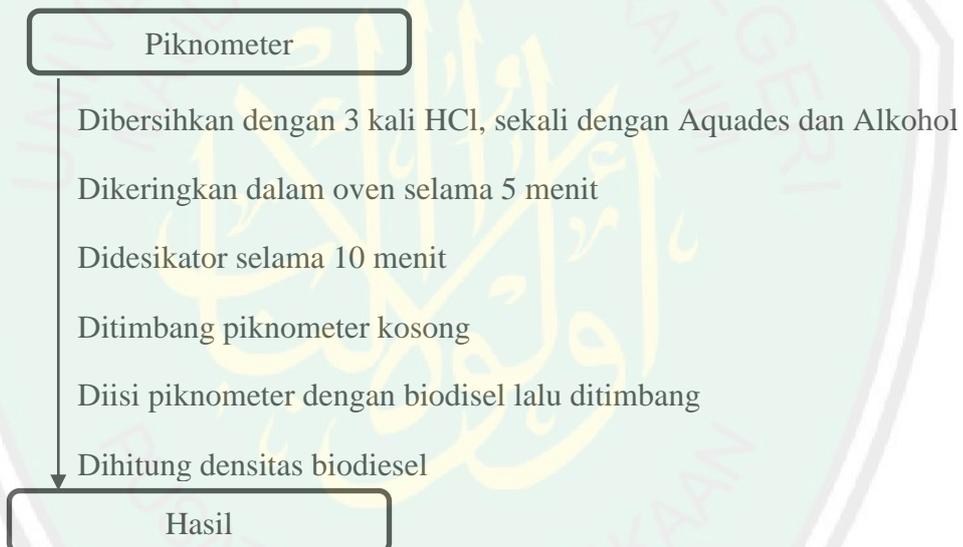
1.5 Karakterisasi Komposit Biodisel dengan GC-MS



1.6 Analisis Kadar Air



1.7 Analisis Penentuan Densitas



LAMPIRAN II

PERHITUNGAN

L.2.1 Pengenceran HCl

1. Penentuan Konsentrasi Larutan pekat HCl

$$\begin{aligned} \text{Massa jenis HCl} &= 1,19 \text{ kg/L} \\ &= 1190 \text{ g/L} \\ \text{Massa 1 L HCl pekat} &= 1190 \text{ g/L} \times 1 \text{ L} \\ &= 1190 \text{ gram} \\ \text{Massa HCl dalam 1 L larutan pekat} &= 37 \% \times 1190 \text{ g} \\ &= 440,3 \text{ g} \\ \text{Mr HCl} &= 36,5 \text{ g/mol} \\ [\text{HCl } 37 \%] &= 440,3 \text{ g} / (36,5 \text{ g/mol} \times 1\text{L}) \\ &= 12,06 \text{ M} \end{aligned}$$

2. Pengenceran HCl menjadi 6 M

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 12,06 \text{ M} \times V_1 &= 6 \text{ M} \times 500 \text{ mL} \\ V_1 &= 248,75 \text{ mL} \end{aligned}$$

L.2.2 Persen KOH dalam Zeolit

$$\begin{aligned} \text{Diketahui massa zeolit yang digunakan} &= 50 \text{ gram} \\ \text{Untuk } 50\% \text{ KOH} &= 10 \% \times 50 = 25 \text{ gram} \\ 60\% \text{ KOH} &= 20 \% \times 50 = 30 \text{ gram} \\ 70\% \text{ KOH} &= 30 \% \times 50 = 35 \text{ gram} \end{aligned}$$

L.2.3 Proses Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan mol minyak dengan metanol } &1:15 \\ \text{Volume minyak} &= 100 \text{ mL} \\ \text{Densitas minyak jarak saat dilakukan analisis pendahuluan} &= 0,94 \text{ g/mL} \\ \text{BM minyak jarak (castor oli)} &= 928,30 \text{ g/mol (Da Silva, dkk., 2007)} \\ \rho \text{ minyak jarak} &= 0,96 \text{ g/ml} \\ \text{BM metanol} &= 32 \text{ g/mol} \\ \rho \text{ metanol} &= 0,790 \text{ g/mol} \\ \text{Massa minyak} &= \rho \text{ minyak} \times \text{volume minyak} \\ &= 0,94 \text{ g/mL} \times 100 \text{ mL} = 94 \text{ gram} \end{aligned}$$

- $\text{Mol minyak} = \frac{\text{massa minyak}}{\text{BM minyak}}$

$$\text{Mol minyak} = \frac{96 \text{ gram}}{928,30 \text{ gram/mol}}$$

Mol minyak = 0,10341 mol

- Mol metanol = 15 x mol minyak jarak

Mol metanol = 15 x 0,10341 mol

Mol metanol = 1,55115 mol

- Massa metanol = BM metanol x mol metanol

Massa metanol = 32 g/mol x 1,55115 mol

Massa metanol = 49,637 gram

- Volume metanol = $\frac{\text{massa metanol}}{\rho \text{ metanol}}$

Volume metanol = 62,83 ml

L.2.4 Perhitungan Kadar Air

$$\% \text{ kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_1} \times 100$$

Keterangan:

W₁: berat sampel (g)

W₂: berat cawan + sampel biodiesel sebelum dipanaskan (g)

W₃: berat cawan + sampel biodiesel setelah dipanaskan (g)

1. Minyak jarak

$$\% \text{ kadar air} = \frac{545,4650 - 45,4644}{45,4650 - 43,8176} \times 100 = 0,0003\%$$

2. Biodiesel 50%

$$\% \text{ kadar air} = \frac{45,9918 - 45,9039}{45,9918 - 43,9477} \times 100 = 0,036\%$$

3. Biodiesel 60%

$$\% \text{ kadar air} = \frac{31,8474 - 28,4524}{31,8474 - 30,9887} \times 100 = 0,2529\%$$

4. Biodiesel 70%

$$\% \text{ kadar air} = \frac{31,5092 - 30,5125}{31.5092 - 314582} \times 100 = 0,0511\%$$

L.2.5 Perhitungan Densitas

$$\rho = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

Keterangan:

 ρ : densitas (g/mL) W_2 : massa piknometer + sampel (g) W_1 : massa piknometer (g)

1. Minyak jarak

$$\rho = \frac{23,5 \text{ g}}{25 \text{ mL}} = 0,94 \text{ g/mL}$$

2. Biodiesel 50%

$$\rho = \frac{17,589 - 12,83}{5} = 0,952 \text{ g/mL}$$

3. Biodiesel 60%

$$\rho = \frac{17,845 - 12,88}{5} = 0,993 \text{ g/mL}$$

4. Biodiesel 70%

$$\rho = \frac{17,922 - 13,12}{5} = 0,961 \text{ g/mL}$$

L.2.6 Perhitungan kadar asam lemak bebas (FFA)

Konsentrasi KOH yang digunakan ;

$$M = \frac{\text{mol}}{V(L)} \text{ atau } = \frac{\text{gram}}{\text{mr}} \times \frac{1000}{v}$$

$$M = \frac{0,4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{100 \text{ mL}} = 0,1 \text{ M}$$

$$N = n \times M$$

$$= 1 \times 0,1 \text{ M} = 0,1 \text{ N}$$

Volume NaOH yang digunakan dalam titrasi = 1 mL

$$\% FFA = \frac{V \times N \times BM}{\text{massa sampel (g)} \times 1000} \times 100$$

$$\% FFA = \frac{1 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N} \times 40 \text{ g/mol}}{5 \text{ g} \times 1000} \times 100 = 0,08\%$$

1. Biodiesel 50%

V : 0,4 mL

N : 0,1 (g/mol)

BM : 40 (g/mol)

Massa sampel : 3,525 g

$$\% FFA = \frac{0,4 \times 0,1 \times 40}{3,525 \times 1000} \times 100 = 0,04\%$$

2. Biodiesel 60%

V : 0,5 mL

N : 0,1 (g/mol)

BM : 40 (g/mol)

Massa sampel : 3525 g

$$\% FFA = \frac{0,8 \times 0,1 \times 40}{3,525 \times 1000} \times 100 = 0,09\%$$

3. Biodiesel 70%

V : 0,5 mL

N : 0,1 (g/mol)

BM : 40 (g/mol)

Massa sampel : 3525 g

$$\% FFA = \frac{0,8 \times 0,1 \times 40}{3,525 \times 1000} \times 100 = 0,09\%$$