



**SINTESIS SrO/ZEOLIT DAN APLIKASINYA PADA
REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK GORENG
BEKAS MENJADI BIODIESEL**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Kimia

oleh

Utami Nofita Sari

4311413011

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

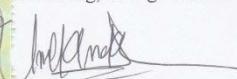
2017

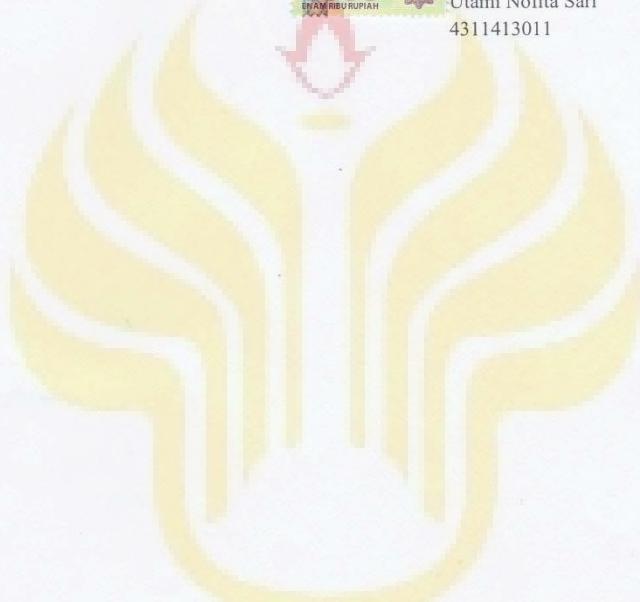
PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiarisme dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan perundang-undangan.

Semarang, 21 Agustus 2017




Utami Nofita Sari
4311413011



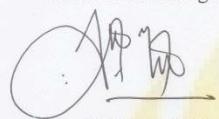
UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan di hadapan sidang
Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam, Universitas Negeri Semarang.

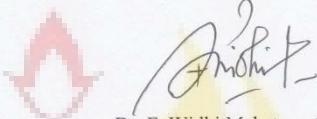
Semarang, 21 Agustus 2017

Mengetahui,
Dosen Pembimbing I



Nuni Widiarti, S.Pd., M.Si
197810282006042001

Dosen Pembimbing II



Dr. F. Widhi Mahatmanti, M.Si
196912171997022001



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

iii

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Sintesis SrO/Zeolit dan Aplikasinya Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel

disusun Oleh

Utami Nofita Sari

4311413011

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 16 Agustus 2017

Panitia:



Sekretaris

Dr. Nanik Wijayati, M.Si
196910231996032002

Ketua Pengaji

A handwritten signature in black ink.

Dr. Jumaeri, M. Si.
196210051993031002

Anggota Pengaji/
Pembimbing I

A handwritten signature in black ink.

Nuni Widarti, S.Pd., M.Si
197810282006042001

Anggota Pengaji/
Pembimbing II

A handwritten signature in black ink.

Dr. F. Widhi Mahatmanti, M.Si
196912171997022001

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Menjadi manusia sederhana tapi penuh semangat”

“Akan ada tanggung jawab yang tak pernah berhenti”

“Jangan pernah mengeluh, jangan pernah menyalahkan orang lain, dan jangan pernah banyak alasan”

“Biasakan bekerja dengan hati. bekerja seolah-olah pekerjaan itu milik saya. harus selalu berfikir positif dan percaya diri. tidak ada orang yang tiba-tiba sukses”

“kunci dari segala kebahagiaan adalah bersyukur. Jika banyak ia bersyukur, jika sedikit ia juga bersyukur, sehingga tak ada celah bagi kesedihan.

“Buktikan bahwa ketika semangat sebesar lautan maka kesabaran harus sebesar samudera”

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ini untuk:

1. *Untuk ayah dan ibu,*

Terimakasih atas doa, dukungan, dan pengorbanan.

2. *Untuk kakak-kakak saya,*

Terimakasih atas motivasi dan inspirasinya.

3. *Sahabat-sahabat dari semester satu sampai sekarang.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan Anugrah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul “Sintesis SrO/Zeolit dan Aplikasinya Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel”.

Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains program studi kimia di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Dalam kesempatan ini, perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang.
4. Nuni Widiarti, S.Pd., M.Si sebagai dosen pembimbing pertama yang telah memberikan perhatian, bimbingan, arahan, dan saran kepada penulis selama penyusunan Skripsi.
5. Dr. F. Widhi Mahatmanti, M.Si sebagai dosen pembimbing kedua yang telah memberikan masukan, arahan, dan saran kepada penulis selama penyusunan Skripsi.
6. Dr. Jumaeri, M.Si sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan, arahan, dan saran kepada penulis selama penyusunan Skripsi.
7. Dosen-dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang atas ilmu yang diberikan selama menempuh studi.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini.

Demikian ucapan terima kasih dari penulis, semoga Skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan kontribusi positif bagi para pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan dalam dunia penelitian.

ABSTRAK

Sari, Utami Nofita. 2017. *Sintesis SrO/Zeolit Dan Aplikasinya Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Nuni Widiarti, S.Pd., M.Si. dan Pembimbing Pendamping Dr. F. Widhi Mahatmanti, M.Si

Kata kunci: biodiesel, stronsium oksida, zeolit, minyak goreng bekas

Telah dilakukan sintesis SrO/zeolit, zeolit disintesis dari *Tetraethyl orthosilicate* (TEOS) sebagai prekursor SiO₂ dan *aluminium isopropoksida* (AIP) sebagai prekursor Al₂O₃. Zeolit disintesis dengan proses *aging* selama 3 hari dan hidrotermal selama 6 hari. SrO/zeolit yang telah disintesis dari proses impregnasi dan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) mempunyai kadar Silika tinggi. Pada zeolit hasil sintesis puncak absorpsi muncul pada daerah 1052,08 cm⁻¹ merupakan vibrasi rentangan asimetris dan 722,25 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi rentangan simetris. Interaksi antara SrO dan H-zeolit ditunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang 1055,5 cm⁻¹. Hasil karakterisasi *Surface Area Analyzer* (SAA) dengan analisis luas permukaan menunjukkan bahwa *loading* SrO/zeolit yang semakin tinggi mengurangi luas permukaan katalis, didukung dengan puncak 2θ yang lebih baik dari masing-masing katalis. Hasil analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan morfologi zeolit yang belum seragam dan setiap lempeng berukuran mikro. Katalis SrO/zeolit kemudian diaplikasikan untuk sintesis biodiesel dari minyak goreng bekas melalui reaksi transesterifikasi. Hasil optimasi reaksi diketahui SrO/zeolit hasil proses impregnasi menunjukkan aktivitas katalitik yang baik dalam reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas yang memberikan persen area biodiesel sebesar 94,09% pada penambahan katalis SrO/zeolit 8% (b/v). Komposisi biodiesel ditentukan dengan *Gas Chromatography – Mass Spectrometry* (GC-MS) menghasilkan metil palmitat, metil linoleat, metil oleat, dan metil stearat.

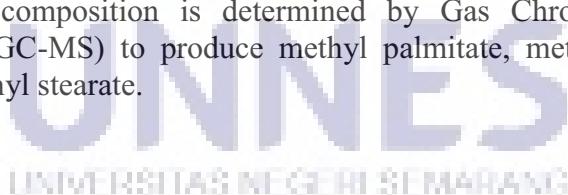


ABSTRACT

Sari, Utami Nofita. 2017. *Synthesis of SrO/Zeolite and Its Application On Transesterification Reactions of Used Cooking Oils to Biodiesel*. Undergraduate Thesis, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State University. Primary Supervisor Nuni Widiarti, S.Pd., M.Si. and Companion Supervisor Dr. F. Widhi Mahatmanti, M.Si.

Keywords: biodiesel, strontium oxide, zeolite, used cooking oil

The synthesis of SrO/zeolite, zeolite has been synthesized from Tetraethyl orthosilicate (TEOS) as precursors of SiO₂ and aluminum isopropoxide (AIP) as Al₂O₃ precursors. Zeolite were synthesized with aging for 3 days and hydrothermal for 6 days. SrO/zeolite that has been synthesized from the impregnation process and characterized using X-Ray Diffraction (XRD) has high Silica content. Zeolite synthesis results absorption peak at 1052,08 cm⁻¹ is the asymmetric spacing vibration and 722.25 cm⁻¹ which is a symmetric spacer vibration. The interaction between SrO and H-zeolite showed a shift of 1055.5 cm⁻¹ wave numbers and the appearance of new absorption bands at 2342.95 cm⁻¹. The result of Surface Area Analyzer (SAA) characterization by surface area analysis showed that the increasing loading of SrO/zeolite reduced the catalyst surface area, supported by a better 2 peak of each catalyst. The Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis results showed that the zeolite morphology was varied and each plate was micro size. The SrO/zeolite nanoparticle catalyst was then applied to the synthesis of biodiesel from used cooking oil through a transesterification reaction. The optimized reaction result of SrO/zeolite nanoparticle result of impregnation process showed good catalytic activity in transesterification reaction of used frying oil which gave percentage of biodiesel area equal to 94,09% in addition of catalyst of SrO/zeolite nanoparticle 8% (w/v). The biodiesel composition is determined by Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS) to produce methyl palmitate, methyl linoleate, methyl oleate, and methyl stearate.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Minyak Goreng Bekas.....	7
2.2 Biodiesel.....	8
2.3 Katalis SrO Pada Reaksi Pembentukan Biodiesel.....	12
2.4 Zeolit.....	13
2.5 Karakterisasi Katalis.....	14
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.2 Sampel.....	21
3.3 Variabel Penelitian.....	21
3.4 Alat dan Bahan.....	21
3.5 Langkah Kerja.....	22
1) Sintesis Zeolit.....	22
2) Karakterisasi Sintesis Zeolit.....	23
3) Sintesis Katalis X-SrO/Zeolit.....	23
4) Karakterisasi Katalis X-SrO/Zeolit.....	24
5) Preparasi Zeolit Alam Teraktivasi.....	24
6) Preparasi Minyak Goreng Bekas.....	25
7) Penentuan Angka Asam Minyak Goreng Bekas	25
8) Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas.....	26
9) Karakterisasi Biodiesel.....	26

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Sintesis Zeolit.....	27
4.2 Sintesis SrO/Zeolit.....	34
4.3 Preparasi Minyak Goreng Bekas.....	42
4.4 Sintesis Biodiesel.....	44
BAB 5 PENUTUP.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN - LAMPIRAN.....	64



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Segar dan Minyak.....	8
Tabel 2. Interpretasi bilangan gelombang pada sampel zeolit.....	15
Tabel 3. Senyawa yang terkandung dalam biodiesel.....	19
Tabel 4. Perbandingan Sifat Fisik Zeolit.....	30
Tabel 5. Interpretasi bilangan gelombang pada sampel zeolit.....	31
Tabel 6. Analisis Spektra Zeolit Menggunakan FTIR.....	33
Tabel 7. Hasil interpretasi spektra inframerah.....	39
Tabel 8. Hasil Pengukuran Luas Permukaan.....	40
Tabel 9. Data angka asam minyak goreng bekas.....	44
Tabel 10. Data Hasil Perolehan Variasi Waktu Reaksi.....	45
Tabel 11. Data Hasil Perolehan Variasi Jenis Katalis.....	47
Tabel 12. Hasil Perbandingan Karakterisasi Sifat Biodiesel	48
Tabel 13. Hasil Interpretasi Kromatogram GC MS biodiesel.....	51

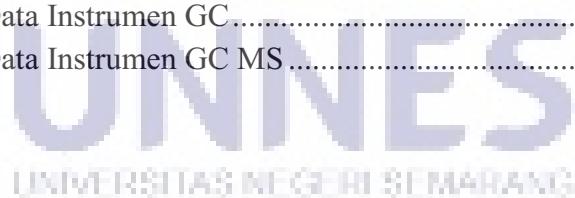


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Mekanisme Transesterifikasi.....	10
Gambar 2. Reaksi Trigliserida	10
Gambar 3. Zeolit Y	14
Gambar 4. Reaksi Sintesis Zeolit	29
Gambar 5. Analisis Kristalinitas XRD	31
Gambar 6. Spektrum Gugus Fungsi Zeolit	32
Gambar 7. Difraktogram Kristalinitas Katalis SrO/Zeolit	36
Gambar 8. Spektrum a) SrO/zeolit 8% b) H-zeolit c) SrO d) SrO/zeolit 4% e) SrO/zeolit 1% f) SrO/zeolit 2%	38
Gambar 9. Analisis Morfologi Ukuran Partikel Kristal	41
Gambar 10. Proses Preparasi Minyak Goreng Bekas Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi (a) dan Penyaringan Setelah Adsorpsi (b)	43
Gambar 11. Grafik Hubungan persen relatif dengan Waktu Reaksi Biodiesel	46
Gambar 12. Grafik Hubungan Jenis Katalis dengan Persen Relatif dan Luas Permukaan	48
Gambar 13. Kromatogram GC MS Biodiesel Hasil Optimasi	51
Gambar 14. Reaksi Transesterifikasi Katalis H-Zeolit.....	53
Gambar 15. Reaksi Transesterifikasi Katalis SrO/Zeolit 8%.	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Bagan Sintesis Nanopartikel Zeolit.....	64
Lampiran 2. Bagan Sintesis Katalis X-SrO/Zeolit.....	65
Lampiran 3. Bagan Preparasi zeolit alam teraktivasi.....	66
Lampiran 4. Bagan Preparasi minyak goreng bekas.....	67
Lampiran 5. Bagan Penentuan Angka Asam Minyak Goreng Bekas.....	67
Lampiran 6. Bagan Sintesis Biodiesel.....	68
Lampiran 7. Perhitungan Sintesis Zeolit	69
Lampiran 8. Perhitungan sintesis katalis X-SrO/Zeolit.....	70
Lampiran 9. Perhitungan Sintesis Biodiesel.....	72
Lampiran 10. Perhitungan Persen Relatif Biodiesel.....	73
Lampiran 11. Perhitungan Angka Asam Minyak Goreng Bekas.....	75
Lampiran 12. Perhitungan Persen Area Biodiesel.....	76
Lampiran 13. Perhitungan Viskositas Kinematik.....	78
Lampiran 14. Dokumentasi Sintesis Biodiesel.....	79
Lampiran 15. Dokumentasi sintesis SrO/Zeolit.....	80
Lampiran 16. Dokumentasi Aktivasi Zeolit Alam.....	81
Lampiran 17. Dokumentasi H-Zeolit.....	81
Lampiran 18. Dokumentasi Preparasi Minyak Goreng Bekas.....	81
Lampiran 19. Dokumentasi Sintesis Biodiesel.....	82
Lampiran 20. Data Instrumen XRD	84
Lampiran 21. Data Instrumen FTIR.....	114
Lampiran 22. Data Instrumen SAA	130
Lampiran 23. Data Instrumen SEM	133
Lampiran 24. Data Instrumen GC.....	135
Lampiran 25. Data Instrumen GC MS	147



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel merupakan energi terbarukan, bersifat *biodegradable*, ramah lingkungan karena hampir tidak ada pembuangan gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂), hidrokarbon (HC) dan partikel-partikel lain yang mengganggu pernafasan (Muhammad, 2013). Biodiesel dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi dari minyak nabati maupun lemak hewani dengan penambahan katalis, baik katalis asam maupun katalis basa (Guo & Fang, 2011).

Salah satu contoh minyak nabati yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan biodiesel antara lain minyak goreng bekas. Minyak goreng bekas merupakan minyak yang berasal dari sisa minyak penggorengan bahan makanan. Meningkatnya kadar Asam Lemak Bebas (ALB) pada minyak goreng dikarenakan penggunaan minyak goreng yang berulang-ulang, akibatnya minyak goreng tidak baik untuk dikonsumsi. Kualitas dari minyak goreng tersebut ditentukan dari kadar asam lemak bebas.

Universitas Negeri Semarang sebagai kampus konservasi yang mempunyai 7 pilar yang salah satunya adalah pengolahan limbah, maka digunakan minyak goreng bekas sebagai biodiesel. Penggunaan minyak goreng bekas sangat menguntungkan, karena biaya produksi biodiesel dapat dikurangi secara efektif menjadi 60-70% menggunakan bahan baku dengan biaya yang rendah (Math *et al.*, 2010). Adanya kandungan ALB yang tinggi perlu dilakukan proses esterifikasi terlebih dahulu sebelum proses transesterifikasi (Aldes, 2013).

Aziz *et al.*, (2011) melakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas dalam minyak goreng bekas. Produk esterifikasi selanjutnya dilakukan transesterifikasi. Pada penelitian Adhani (2016) digunakan proses adsorpsi menggunakan zeolit alam yang berasal dari Lampung untuk menurunkan kadar ALB dan dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Pemilihan zeolit alam dari Lampung ini didasarkan pada kualitasnya yang baik. Selain itu karena ketersediannya yang cukup melimpah, harga murah dan aman (Adhani *et al*, 2016).

Katalis dibedakan menjadi katalis homogen dan katalis heterogen. Penggunaan katalis heterogen merupakan suatu alternatif yang tepat untuk mengurangi biaya produksi biodiesel, karena mudah dipisahkan dari campuran reaksi dengan filtrasi, dapat digunakan kembali (*recovery*), dan memiliki sedikit sifat korosif (Carmo *et al.*, 2009). Beberapa contoh katalis heterogen misalnya CaO, MgO, SrO, Zeolit, Al₂O₃, ZnO, TiO₂, dan ZrO telah digunakan dalam proses transesterifikasi. Diantara katalis ini, oksida alkali (misalnya MgO, CaO, dan SrO) memiliki aktivitas yang tinggi untuk digunakan dalam proses transesterifikasi (Hameed, 2009). Salah satu katalis heterogen oksida alkali yang dapat digunakan untuk reaksi tranestefikasi adalah SrO.

Tuti (2010) menyatakan bahwa katalis SrO 4% mencapai persen konversi yang lebih tinggi dengan waktu reaksi yang cepat dibandingkan dengan katalis CaO 4% dengan waktu reaksi yang sama. Pada waktu reaksi 30 menit katalis SrO telah mencapai konversi 53,018% sedangkan katalis CaO hanya mencapai 18,3117%.

Strontium Oksida (SrO) merupakan katalis basa yang mempunyai aktivitas katalitik tinggi pada reaksi transesterifikasi membentuk biodiesel, pada proses transesterifikasi minyak kedelai dengan SrO sebagai katalis basa padat, dihasilkan metil ester 90% (Widiarti & Ella, 2015). SrO mempunyai aktifitas katalitik tinggi pada reaksi transesterifikasi menjadi biodiesel, namun katalis ini jika dilihat dari kemampuan kelarutannya mempunyai sifat homogenitas yang tinggi dan heterogenitas rendah, sehingga perlu media pengembang. Pemakaian pengembang akan memberikan dasar yang stabil sehingga dapat memperpanjang waktu pakai katalis dan luas permukaan pengembang yang besar sehingga meningkatkan dispersi logam (Saputro, 2015).

Zeolit merupakan aluminosilikat yang banyak digunakan sebagai media pengembang dari logam aktif. Pemanfaatan zeolit sebagai pengembang antara lain karena strukturnya yang berpori dan tahan panas. Struktur yang berpori mengakibatkan luas permukaan zeolit besar sehingga lebih banyak logam katalis yang dapat diembankan. Struktur pengembang yang tahan panas mencegah terjadinya proses *sintering* (kehilangan permukaan aktif karena perkembangan /perubahan kristal) logam katalis yang akan menurunkan efektifitas katalis (Saputro, 2015).

Zeolit merupakan material yang mempunyai ukuran mikropori, mesopori dan nanopori. Material berpori ini telah secara ekstensif digunakan dalam reaksi yang melibatkan katalis asam karena keberadaan struktur porinya yang unik dan keasaman intrinsiknya yang kuat. Akan tetapi, ukuran pori yang kecil dari kebanyakan material mikropori ini menghalangi aplikasinya dalam reaksi katalitik yang melibatkan molekul besar (Zhu *et al*, 2009).

Stabilitas hidrothermal material mesopori juga digunakan untuk memperbaiki sifat *amorph* pada dinding porinya. Dibandingkan dengan zeolit secara konvensional, stabilitas hidrothermal pada mesopori aluminosilikat tetap rendah, yang dihubungkan dengan mesopori semi kristalin (Wang *et al*, 2009).

ZSM-5 mesopori telah disintesis menggunakan nanoklaster zeolit sebagai prekursor dengan variasi waktu kristalisasi secara hidrotermal. Dua tahap kristalisasi telah dijalankan menggunakan *template* organik yaitu tetrapropil ammonium hidroksida dan setiltrimetil ammonium bromida. Aktivitas katalitik padatan pada esterifikasi asam lemak bebas menjadi bertambah seiring dengan jumlah sisi asam Brønsted. Akan tetapi, materi mesopori memiliki kelemahan intrinsik dalam hal keasaman dan stabilitas sintesis, yang sudah dibatasi aplikasinya (Prasetyoko, 2012).

Zeolit disintesis berdasarkan prosedur yang dilakukan oleh Taufiqurrahmi *et al*, (2011). Preparasi zeolit diawali dengan membuat larutan NaOH 0,05 N. Tahap selanjutnya menambahkan tetrametilamonium hidroksida (TEAOH) dan aluminium isopropoksida (AIP) kedalam larutan NaOH. Pada saat yang sama TEOS ditambahkan ke dalam campuran tetes demi tetes sampai larutan tak berwarna.

Pada penelitian ini, akan dilakukan pembuatan katalis SrO/zeolit sebagai katalis basa heterogen pada reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas. SrO/zeolit dihasilkan melalui dua tahap yaitu sintesis zeolit dan sintesis katalis SrO/zeolit. Proses reaksi transesterifikasi dilakukan dengan menggunakan minyak goreng bekas, selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Brunnauer Emmet Teller* (BET), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR),

Scanning Electron Microscopy (SEM), Gas Chromatography (GC) dan Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang disebut pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana karakteristik katalis SrO/zeolit berdasarkan analisis kristalinitas dengan XRD, luas permukaan dengan BET, gugus fungsi dengan FTIR dan morfologi permukaan dengan SEM?
2. Bagaimana aktivitas katalitik katalis SrO/zeolit pada reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas menjadi biodiesel?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian yang disebut pada latar belakang, maka tujuan pada penelitian ini adalah

1. Mengetahui karakter katalis SrO/zeolit berdasarkan analisis kristalinitas dengan XRD, luas permukaan dengan BET, gugus fungsi dengan FTIR dan morfologi permukaan dengan SEM.
2. Mengetahui aktivitas katalitik katalis SrO/zeolit pada reaksi transesterifikasi minyak goreng bekas menjadi biodiesel.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian yang disebut pada latar belakang, maka manfaat pada penelitian ini adalah

1. Menghasilkan biodiesel dengan kualitas yang baik untuk mengatasi kelangkaan bahan bakar minyak.
2. Memberikan nilai tambah minyak goreng bekas pada sintesis biodiesel.
3. Mendapatkan teknologi katalis berukuran nano dan aplikasinya pada sintesis biodiesel.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Goreng Bekas

Minyak goreng bekas (*waste cooking oil*) adalah minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti sawit, jagung, minyak sayur dan minyak samin yang telah digunakan sebagai minyak goreng. Menurut Ramdja *et al* (2010), minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sering digunakan oleh masyarakat saat ini, baik itu dalam skala rumah tangga maupun skala industri atau pabrik. Hal ini mengakibatkan konsumsi minyak goreng meningkat. Dengan meningkatnya konsumsi minyak goreng maka minyak goreng tersebut akan menjadi minyak goreng bekas yang jika tidak di daur ulang akan menjadi limbah yang mencemari lingkungan.

Beberapa penelitian tentang sintesis biodiesel dari minyak goreng bekas telah dilakukan. Setiawati & Edwar (2012) telah mensintesis biodiesel dari minyak jelantah dengan proses transesterifikasi yang menghasilkan biodiesel dengan kandungan terbesarnya yaitu 51,29% senyawa metil ester oleat, namun kualitas biodiesel dari minyak jelantah yang diuji hanya meliputi viskositas, gliserol bebas, dan gliserol total. Suirta (2009) telah mensintesis minyak jelantah menggunakan 2 tahapan reaksi yaitu reaksi esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan katalis asam sulfat menghasilkan 157 mL biodiesel dari 200 mL minyak jelantah setara dengan 78,5%.

Menurut Mahreni (2010), proses pemanasan dengan suhu tinggi dapat mempercepat hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak

bebas di dalam minyak. Minyak goreng bekas lebih kental disebabkan oleh pembentukan dimer, polimer asam dan gliserida didalam minyak goreng bekas pada saat pemanasan sewaktu digunakan. Kadar asam lemak bebas yang ada didalam minyak goreng bekas lebih tinggi dibandingkan dengan didalam minyak goreng segar. Tabel komposisi asam lemak bebas didalam minyak segar dan minyak goreng bekas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Segar dan Minyak Goreng Bekas

Asam Lemak	Minyak Bunga Matahari	Minyak Kedelai	Minyak Goreng Bekas
Lauric (12:1)	-	-	9,95
Myristic (14:1)	0,06	0,07	0,19
Palmitic (16:0)	5,68	10,87	8,9
Palmitoleic (16:0)	0,14	0,10	0,22
Searic (18:0)	3,61	3,66	3,85
Oleic (18:0)	34,27	23,59	30,71
Linoleic (18:3)	54,79	53,86	54,35
Linonelic (18:3)	0,07	6,49	0,27
Arachidic (20:0)	0,25	0,37	0,29
Gidoleic (20:1)	0,13	0,22	0,18
Bahenic (22:0)	0,69	0,45	0,61

(Mahreni, 2010)

2.2 Biodiesel

Biodiesel terdiri dari alkil ester minyak nabati, dari rantai hidrokarbon trigliserida yang diubah secara kimia menjadi ester asam lemak. Penggunaan minyak nabati dan lemak hewani secara langsung pada mesin diesel tidak tepat, dikarenakan tingginya viskositas kinematik dan rendahnya volatilitas pada minyak tersebut. Minyak nabati dan lemak hewani perlu mengalami suatu proses reaksi kimia, yaitu reaksi transesterifikasi dan esterifikasi (Lam *et al*, 2010).

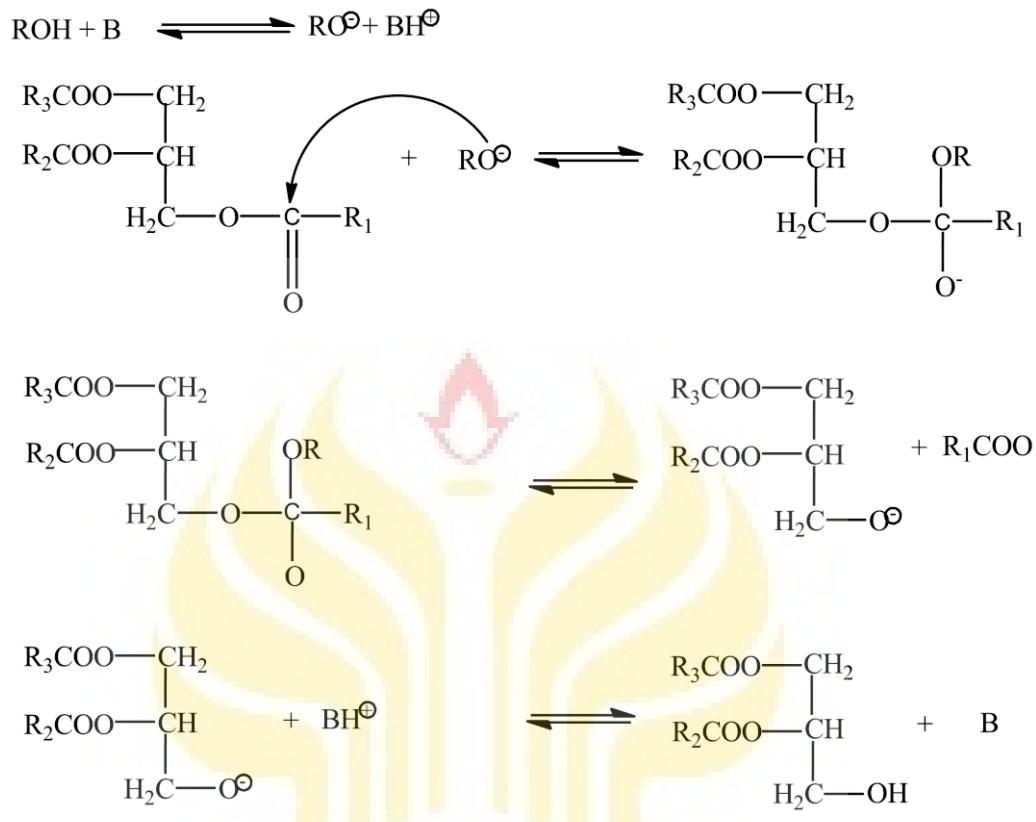
Biodiesel merupakan mono alkil ester asam lemak yang berasal dari minyak sayuran dan lemak hewan. Biodiesel dibuat dari reaksi kimia antara minyak sayur atau lemak dengan alkohol, dengan atau tanpa dibantu katalis.

Katalis digunakan untuk meningkatkan laju reaksi transesterifikasi dengan reaksi ke kanan (Ramadhas, 2009). Proses transesterifikasi dua langkah (esterifikasi asam diikuti oleh transesterifikasi alkali) dikembangkan untuk menghilangkan ALB yang tinggi dan untuk meningkatkan hasil biodiesel (Prafulla *et al*, 2012).

Transesterifikasi menggunakan katalis basa heterogen dapat menyederhanakan proses produksi dan proses pemurnian, menurunkan jumlah limbah air, mengurangi ukuran peralatan proses, mengurangi masalah lingkungan dan biaya proses (Zhang *et al*, 2010). Namun demikian penggunaan katalis basa heterogen ini dibatasi oleh kandungan ALB yang ada dalam bahan berkualitas rendah seperti minyak goreng bekas. Meskipun demikian, katalis ini dapat digunakan ketika kualitas bahannya bagus. Beberapa keuntungan penggunaan katalis basa heterogen adalah penggunaan kembali katalis, penyederhanaan dalam pemisahan katalis, temperatur reaksi rendah dan waktu reaksi yang pendek (Issariyakul & Dalai, 2014).



Mekanisme transesterifikasi trigliserida dengan alkohol adanya katalis asam atau basa dapat ditampilkan sebagai berikut



Dimana, R, R₁, R₂, R₃ adalah kelompok alkil

Dan B adalah Sr (Strontium)

Gambar 1. Mekanisme Transesterifikasi (Lee *et al*, 2009)

Reaksi-reaksi pada Gambar 1 menunjukkan perubahan trigliserida menjadi digliserida. Reaksi mekanisme digliserida dan monogliserida, yang diubah menjadi monogliserida dan gliserol, masing-masing, berlangsung dengan cara yang sama seperti trigliserida. Reaksi keseluruhan ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 2. Reaksi Trigliserida (Lee *et al*, 2009)

Menurut Hikmah (2010) beberapa kondisi reaksi yang mempengaruhi konversi serta perolehan biodiesel melalui transesterifikasi adalah:

- a. Pengaruh air dan asam lemak bebas

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air. Karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang.

- b. Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol alkohol untuk setiap 1 mol trigliserida agar diperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah.

- c. Pengaruh jenis alkohol metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol dan butanol.

- d. Pengaruh jenis katalis

Katalis basa akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam.

- e. Metanolisis dan kemurnian minyak nabati

Perolehan metil ester akan lebih tinggi jika menggunakan minyak nabati murni. Namun apabila produk metil ester akan digunakan sebagai bahan bakar diesel, cukup digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya dan disaring.

f. Pengaruh temperatur

Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30-65°C (titik didih metanol sekitar 65°C). Semakin tinggi temperatur, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat (Hikmah, 2010).

2.3 Katalis SrO Pada Reaksi Pembentukan Biodiesel

Strontium Oksida (SrO) terbentuk ketika stronsium bereaksi dengan oksigen. Pembakaran strontium di udara dihasilkan dari campuran stronsium oksida dan stronsium nitrida. SrO merupakan katalis basa yang mempunyai aktivitas katalitik tinggi pada reaksi transesterifikasi membentuk biodiesel. Katalis SrO jarang digunakan didalam penelitian, salah satu penyebabnya ialah harga katalis SrO yang relatif cukup mahal dibandingkan dengan katalis basa heterogen lainnya. Namun, katalis SrO mampu mempercepat reaksi dalam waktu yang sama dan konversi hasil biobiesel lebih banyak dari pada oksida alkali tanah lainnya. Urutan aktivitas antar katalis oksida alkali tanah seperti berikut $\text{BaO} > \text{SrO} > \text{CaO} > \text{MgO}$ (Tuti, 2011). Stronium oksida merupakan oksida logam yang sangat aktif dan akan larut dalam media reaksi. Pada proses transesterifikasi minyak kedelai dengan SrO sebagai katalis basa padat akan menghasilkan metil ester 90% *yield*. SrO yang didoping dengan Silika (SrO/SiO) menghasilkan lebih dari 95 % dengan waktu 10 menit (Chen *et al*, 2012). Dan pada Nayebzadeh, (2013) melaporkan SrO yang diembankan pada zirkonia sulfat (SrO/S-ZrO) menghasilkan 91,13 % biodiesel dari prekursor asam oleat.

SrO telah banyak dikembangkan menjadi katalis basa padat, karena SrO merupakan katalis aktif yang memiliki aktivitas katalitik yang relatif tinggi dan membutuhkan waktu yang relatif singkat. Dibuktikan pada hasil penelitian

Tuti (2011) yang menggunakan katalis SrO dengan rasio reaktan 1 : 6, jumlah katalis 4% menghasilkan konversi yang maksimum pada waktu 180 menit sebesar 72,2110 %.

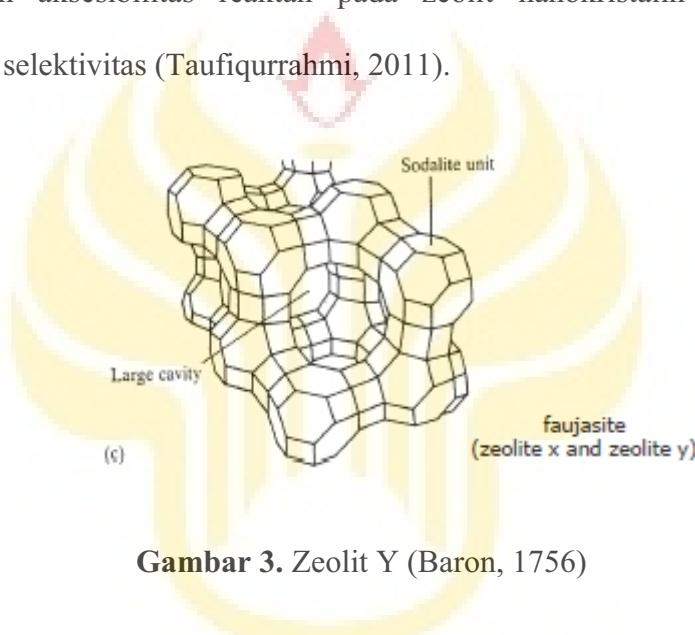
2.4 Zeolit

Zeolit merupakan jenis aluminosilikat yang memiliki tiga karakteristik utama yaitu struktur kristal yang baik dan teratur, ion didalam struktur *framework* dapat mudah ditukar dengan ion yang lain, dan pertukaran ion didalam *framework* sangat mempengaruhi sifat-sifat dari zeolit tersebut. Kerangka zeolit memiliki lubang dengan ukuran kurang lebih 0,3 hingga 1 nm. Zeolit bersifat sebagai “*molecular sieve*” yang menunjukkan bahwa zeolit merupakan salah satu katalis yang selektif terhadap ukuran dan bentuk dari molekul reaktan tertentu (Istadi, 2011).

Zeolit sintetik dikembangkan untuk mengatasi kelemahan dari zeolit alam antara lain karena komposisi mineral yang bervariasi dan ukuran pori-pori yang tidak seragam. Pengembangan zeolit sintetik ini dapat dilakukan dengan mengatur pori-porinya sehingga lebih spesifik pemanfaatannya. Salah satu tipe zeolit sintetik adalah zeolit faujasit yang memiliki komposisi mineral $\text{Na}_{58}(\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}).18\text{H}_2\text{O}$ (Weitkamp *et al*, 2013).

Zeolit nanokristalin dengan ukuran kristal lebih kecil dari 100 nm mempunyai potensial pengganti katalis zeolit konvensional karena karakteristiknya yang unik dan menguntungkan. Dalam penelitian Taufiqurrahmi (2011), sintesis nanokristalin zeolit Y (FAU) dan nanokristalin zeolit beta (BEA) di bawah kondisi hidrotermal. Pengaruh ukuran kristal pada karakteristik fisiko-kimia menghasilkan zeolit Y (FAU) dan beta (BEA). Sifat

nanokristalin zeolit Y dan Beta dengan ukuran kristal sekitar 50 nm dibandingkan dengan mikrokristalin zeolit Y dan mikrokristalin zeolit beta. Kinerja nanokristalin zeolit sebagai katalis diteliti dalam *cracking* menggunakan minyak kelapa sawit untuk produksi biofuel. Kedua zeolit nanokristalin memberi kinerja yang lebih baik dalam hal konversi yang menggunakan minyak kelapa sawit serta selektivitas untuk pembentukan fraksi bensin. Peningkatan luas permukaan dan meningkatkan aksesibilitas reaktan pada zeolit nanokristalin meningkatkan aktivitas dan selektivitas (Taufiqurrahmi, 2011).



Gambar 3. Zeolit Y (Baron, 1756)

2.5 Karakterisasi Katalis

2.5.1. Difraktometer Sinar-X (XRD)

Analisis menggunakan alat difraktometer sinar-X didasarkan pada pola difraksi dari paduan atau senyawa yang dihasilkan oleh proses difraksi, ukuran panjang gelombang sinar-X harus tidak berbeda jauh dengan jarak antar atom di dalam kristal, sehingga pola berulang dari kisi kristal akan berfungsi seolah-olah seperti kisi difraksi untuk panjang gelombang sinar-X (Callister Jr, 2009).

2.5.2. Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Karakterisasi zeolit dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi penyusun kerangka zeolit. Analisa FT-IR dilakukan pada rentang bilangan gelombang gelombang (4000–500) cm⁻¹.

Tabel 2. Interpretasi bilangan gelombang pada sampel zeolit

Range	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)						Interpretasi
	A550	A550S	A750	A750S	A950	A950S	
1250-950	966,65	964,18	963,33	969,03	965,87	960,88	Vibrasi regangan asimetri Si-O dan Al-O
820 – 650	687,5	656,25	681,31	660,06	657,65	659,36	Vibrasi regangan asimetri Si-O dan Al-O
650 – 500	554,37	548,88	562,5	562,57	562,6	-	Double Ring

(Sriwahyuni, 2015)

Pita serapan yang tinggi dan tajam pada panjang gelombang 966,65 cm⁻¹, 964,18 cm⁻¹, 963,33 cm⁻¹, 969,03 cm⁻¹, 965,87 cm⁻¹ dan 960,88 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya Al tersubtitusi dalam bentuk tetrahedral dari kerangka silika (Fatiha, 2013). Pada panjang gelombang tersebut terlihat adanya vibrasi regangan asimetri Si-O atau Al-O dalam SiO₄ atau AlO₄ tetrahedral, dimana ikatan ini berada antara panjang gelombang (1250-950) cm⁻¹. Pita serapan ini muncul pada semua sampel zeolit yang diuji. Selain itu, pita absorban antara panjang gelombang (650- 750) cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur simetri Si-O dan Al-O. Dimana, semua sampel dalam sintesis zeolit menunjukkan pita serapan pada daerah ini. Untuk lebih jelasnya, keterangan ini ditampilkan pada Tabel 2. yang merupakan interpretasi dari spectra yang dihasilkan oleh grafik FTIR. Selain itu, karakteristik gugus fungsi yang sangat penting yang dimiliki zeolit dari karakterisasi zeolit dengan FTIR adalah struktur *double ring* yang dimiliki oleh

zeolit. Puncak yang muncul pada daerah serapan (650-500) cm^{-1} yang berasal dari vibrasi diakibatkan oleh cincin ganda (*double ring*). Cincin ganda adalah jalinan eksternal antara kerangka zeolit yang satu dengan kerangka yang lainnya (Ahkam, 2011).

2.5.3. Adsorpsi Nitrogen

Luas permukaan (*surface area*, Sg, m^2g^{-1}) merupakan parameter yang paling penting dalam katalis heterogen. Luas permukaan total merupakan kriteria krusial untuk katalis padat karena sangat menentukan jumlah situs aktif di dalam katalis yang berhubungan dengan aktifitas katalis. Pada penelitian Widiarti (2016) penentuan luas permukaan katalis dilakukan dengan adsorpsi-desorpsi nitrogen. Adsorpsi-desorpsi nitrogen dilakukan dengan menggunakan instrumen *Quantochrome NovaWin* dengan suhu *bath* 77,3 K.

Metode adsorpsi Gas N₂ merupakan metode yang digunakan untuk menganalisa luas permukaan spesifik dari suatu material padatan dengan menerapkan teori BET (*Brauneur-Emmet-Teller*). Teori BET diperkenalkan oleh Stephen Brunauer, Paul Hugh Emmett, dan Edward Teller. Teori ini menjelaskan mengenai adsorpsi molekul gas di permukaan zat padat (melekatnya molekul gas di permukaan zat padat). Kuantitas molekul gas yang diadsorpsi sangat bergantung pada luas permukaan zat tersebut. BET digunakan untuk karakterisasi permukaan suatu material yang meliputi *surface area* (SA, m^2/g), diameter pori (d_{pori}/cm), dan volume pori (V_{pori}, cm^3/g) (Abdullah & Khairurrijal, 2009).

Landasan utama teori BET adalah sebagai berikut :

- a. Menempelnya molekul pada permukaan zat padat membentuk lapisan *monolayer*

- b. Menempelnya molekul pada lapisan *monolayer* membentuk lapisan *multilayer*

Secara umum, mekanisme kerja dari metode ini adalah sampel terlebih dahulu dipanaskan sampai keadaan vakum untuk menghilangkan kontaminan yang terdapat dalam sampel misalnya air dan minyak. Selanjutnya gas dimasukkan secara bertahap sampai gas membentuk lapisan *monolayer* diseluruh permukaan material padatan pada rentang P/P_0 yaitu antara 0,05-0,30. Dengan menggunakan pendekatan teori isotherm adsorpsi *Brauneur-Emmet-Teller* (BET), dapat diketahui luas permukaan padatan dari perbandingan jumlah partikel teradsorpsi yang membentuk *monolayer* (V_m) seperti persamaan 1 :

$$\frac{V}{V_m} = \frac{CX}{(1-X)(1-x)+CX} \quad (1)$$

dengan $X = P/P_0$, P adalah tekanan gas yang terdasorpsi dan P_0 adalah tekanan gas yang membentuk *monolayer*, sedangkan C adalah konstanta adsorpsi-desorpsi ($C = K_{ads}/K_{des}$). Oleh karena itu, persamaan tersebut dapat disesuaikan dengan hasil eksperimen yang menghasilkan data P atau V dengan cara membuat resiprok dari kedua sisi persamaan tersebut, kemudian mengalikan kedua sisi dengan V_m dan $X/(1-X)$. Sehingga akan diperoleh persamaan 2 :

$$\frac{P/P_0}{V(1-P/P_0)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(c-1)(P/P_0)}{V_m C} \quad (2)$$

Persamaan di atas dapat diaplikasikan pada plot $(x/1-x)1/V$ terhadap $0 P/P_0$, sehingga V_m dan c dapat ditentukan (Abdullah & Khairurrijal, 2009).

2.5.4. Analisis Morfologi permukaan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) (JEOL 6360 LA) digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan sampel. SEM merupakan teknik analisis menggunakan elektron sebagai sumber pencitraan dan medan elektromagnetik sebagai lensanya. Morfologi ZSM-5 mesopori dengan variasi hidrotermal 12, 24, 48 dan 72 jam ditunjukkan pada Gambar 8. Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin lama waktu hidrotermal maka ukuran partikel semakin kecil, sedangkan jumlah partikel yang dihasilkan semakin banyak. Pada waktu hidrotermal 12 jam terlihat bahwa ukuran dan bentuknya tidak seragam. Hal ini mendukung data hasil analisis XRD bahwa hidrotermal 12 jam masih berupa material amorf. Pada waktu hidrotermal 24 jam masih terlihat seperti lembaran-lembaran, sedangkan waktu hidrotermal 48 jam sudah mulai terlihat adanya partikel yang berbentuk kubus dan bentuknya yang semakin seragam (Prasetyoko *et al*, 2012).

2.5.5. Kromatografi Untuk Analisis Hasil Reaksi

1) Analisis Hasil Reaksi pembentukan biodiesel dengan Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS)

Karakterisasi biodiesel dilakukan dengan *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk mengetahui komponen-komponen metil ester asam lemaknya. Metil ester yang diperoleh dari reaksi transesterifikasi selanjutnya dianalisis dengan menggunakan GC-MS.

Berdasarkan kromatogram dan Tabel 3, komponen utama yang terdapat di dalam sampel biodiesel adalah metil 9-oktadekanoat (49,45%), metil heksadekanoat (20,79%), dan metil 9,12-oktaekanoat (18,87%). Data tersebut dapat dinyatakan benar bahwa terdapat senyawa biodiesel, yaitu metil ester.

Analisa dengan GC-MS menunjukkan bahwa tidak terdapat senyawa asam lemak bebas yang terkandung dalam biodiesel. Analisis tersebut menunjukkan bahwa proses adsorpsi mampu menghasilkan biodiesel dalam bentuk metil ester (Adhani *et al*, 2016).

Malia (2016) menyatakan bahwa kromatogram GC-MS dari biodiesel hasil sintesis menunjukkan terbentuknya metil ester dengan persentase yang cukup tinggi. Hal ini membuktikan bahwa zeolit alam yang dimodifikasi dengan basa dapat digunakan sebagai katalis dalam reaksi sintesis biodiesel. Karakterisasi fisik biodiesel dilakukan menurut SNI 7182:2012 yang memberikan hasil nilai densitas biodiesel sebesar 0,87 g/mL. Nilai ini telah sesuai dengan densitas biodiesel yang disyaratkan SNI yaitu 0,85-0,89 g/mL dan lebih kecil jika dibandingkan dengan densitas bahan awal berupa minyak goreng bekas yang memiliki densitas 0,90 g/mL. Penurunan ini terjadi karena trigliserida dalam minyak goreng bekas telah terkonversi menjadi metil ester, yang memiliki densitas lebih rendah dari pada trigliserida (Kartika & Widyaningsih, 2012). Setelah melewati proses reaksi dengan metanol densitas turun dari 0,90 menjadi 0,87 g/mL.

Tabel 3. Senyawa yang terkandung dalam biodiesel

Puncak	Luas area (%)	Waktu retensi	Nama senyawa	Rumus molekul	Indeks Similaritas
1	0.19	12.582	Metil dodekanoat	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	88
2	1.36	15.864	Metil tetradekanoat	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	92
3	0.96	18.527	Metil 9-heksadekanoat	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	88
4	20.79	18.841	Metil heksadekanoat	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	93
5	0.11	20.241	14-Metil heksadekanoat	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	78
6	18.87	21.116	Metil 9,12 oktadekanoat	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	93
7	49.45	21.214	Metill 9-oktadekanoat	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	92
8	7.68	21.579	Metil oktadekanoat	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	95
9	0.19	23.758	Metil 11-eikosenoat	C ₂₁ H ₄₀ O ₂	81
10	0.41	24.095	Metil eikosenoat	C ₂₁ H ₄₂ O ₂	89

(Adhani *et al*, 2016)

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan analisis kristalinitas menggunakan XRD didapatkan katalis SrO/zeolit yang mempunyai struktur amorf dan mempunyai kadar silika tinggi. Analisis gugus fungsi menggunakan FTIR menunjukkan pergeseran pada bilangan gelombang $1043,91\text{ cm}^{-1}$. Analisis luas permukaan menggunakan SAA semakin tinggi *loading* katalis, semakin kecil luas permukaan. Analisis morfologi permukaan menggunakan SEM menunjukkan morfologi katalis SrO/zeolit yang belum seragam.
- 2) Aktivitas katalis SrO/zeolit konversi paling tinggi pada *loading* 8% dengan waktu reaksi 30 menit, dihasilkan konversi *yield* 94,09% yang terdiri dari metil palmitat, metil linoleat, metil oleat, dan metil stearat.

5.2 Saran

- 1) Perlu dilakukan kombinasi metode sintesis zeolit agar diperoleh waktu aging dan hidrotermal yang efisien dan hasil maksimal.
- 2) Saat proses hidrotermal, perlu adanya peningkatan temperatur untuk meningkatkan kristalinitas zeolit.
- 3) Pada proses kalsinasi katalis, temperatur harus dinaikkan untuk memperoleh hasil katalis dengan kristalinitas yang baik.
- 4) Perlu adanya koordinasi dengan pihak laboratorium untuk disiapkan alat pembangkit listrik cadangan, agar ketika mati lampu temperatur tetap stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. & Khairurrijal. 2009. "Review: Karakterisasi Nanomaterial". *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1): 1-9.
- Adhani, L., Isalmi, A., Nurbayti, S, & Cristie, O.O. 2016. Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas. *Valensi*, 2(1): 71-80.
- Ahkam, M. 2011. *Sintesis dan Karakterisasi Membran Nanozeolit Y untuk Aplikasi Pemisahan Gas Metanol-Etanol*. Skripsi. Depok: Depart. Kimia, Universitas Indonesia.
- Ahmedzeki N. S., Selahattin Y & Ban A. A. 2016. Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Zeolite Y. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 12(1): 79-89.
- Aldes, L., Risma, K.M, & Risfidian, M. 2013. Produksi Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Katalis Cangkang Kerang darah (*Anadara granosa*) Hasil Dekomposisi. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*, 1(2): 1-7.
- Alfaruqi, M. H. 2008. *Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Klorida (HCl) dan Temperatur Perlakuan Hidrotermal terhadap Kristalinitas Material Mesopori Silika SBA-15*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Teknik UI.
- Ali, Ibraheem.O., El-Sheikh, Said.M., Salama, Tarek M., Bakr, Mostafa F, & Fodila, Mohamed H. 2015. Controllable Synthesis of NaP Zeolit and its Application in Calcium Adsorption. *Jurnal Science China Materials-Springer*, 58(8):621-633.
- Ayoup, M., Ghrair, J.I, & Thilo, S. 2009. Preparation and Characterization, Water Air Soil Pollut. *Journal of Nanoparticulate Zeolitic Tuff for Immobilizing Heavy Metals in Soil*, (203):155 168.
- Aziz, I., Nurbaiti, S, & Ulum, B. 2011. Pembuatan Produk Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Cara Esterifikasi Dan Transesterifikasi. *Valensi*, 2(2): 384-388.
- Baron, Swedish mineralogist . 1756. *Chapter 6: Microporous and Mesoporous Solids*. Axel Cronstedt, (1-16).
- Bohra, Subha., Debotosh Kundu, & Milan Kanti Naskar. 2013. Synthesis of cashew nut-like zeolite NaP powders using agro-waste material as silica source. *Journal Materials Letters*. 106:182–185.
- Callister, J.r. & William, D. 2009. *Materials Science And Engineering An Introduction*, 8th Edition, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.

- Carmo, A.C., Luiz, K.C., Carlos, E.F., Longo, E, José, R.Z, & Geraldo, N. 2009. Production of biodiesel by esterification of palmitic acid over mesoporous aluminosilicate Al-MCM-41. *Fuel*, 88: 461-468.
- Chen, C., Chien-Chang, H., Dang-Thuan, T, & Jo-Shu, C. 2012. Biodiesel Synthesis Via Heterogeneous Catalysis Using Modified Strontium Oxides As The Catalysts. *Bioresource Technology*, (113): 8-13.
- Effendy. 2008. *Teori VSEPR, Kepolaran dan Gaya Antarmolekul*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Eric, G.D. 2006. *Microporous and mesoporous solid catalysts*. John Wiley & Sons Ltd.
- Faraon, V. & Ion, R. M. 2010, Zeolites as Mesoporous Materials, *The Scientific Bulletin of Valahia University–Materials And Mechanics*, 71-74.
- Fatiha, W.Y. 2013. *Sintesis Zeolit dari Fly Ash Batubara Ombilin pada Temperatur Rendah dengan Menggunakan Air Laut*. Skripsi. Padang: Universitas Andalas.
- Fatimah, Dewi. 2009. Modifikasi Zeolit Alam Melalui Penanaman Inhibitor Cu Dengan Metode Batch Sebagai Bahan Baku Obat Anti-Septik. *Journal Of Indonesia Zeolites*, 8(2): 1411-6723.
- Guo, F. & Z. Fang. 2011. *Biodiesel Production with solid Catalysts*, Chinese Academy of Sciences, Biomass Group, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, China.
- Hameed, B.H., Lai, L.F. & Chin, L.H. 2009. Production of Biodiesel from Palm Oil (*Elaeis guineensis*) Using Heterogeneous Catalyst:An Optimized Process. *Fuel Processing Technology*, 90: 606-610.
- Hapsari, Yanuar Rita. 2010. *Konversi Jelantah Menjadi Biodiesel dan Uji Unjuk Kerjanya*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Hariska, Angga., R.F. Suciati, & A. F. Ramdja. 2012. Pengaruh Metanol dan Katalis Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Secara Esterifikasi dengan Menggunakan Katalis K_2CO_3 . *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1).
- Hartanto, Djoko., T. E. Purbaningtias., H. Fansuri, & D. Prasetyoko. 2011. Karakterisasi Struktur Pori dan Morfologi ZSM-2 Mesopori yang Disintesis dengan Variasi Waktu Aging. *Jurnal Ilmu Dasar*, 12(1): 80-90.
- Hikmah, M.N. & Zulyiana. 2010. *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Issariyakul, T. & Dalai, A.K. 2014. Biodiesel from vegetable oils. *Renewable and*

- Sustainable Energy Reviews*, 31: 446–471.
- Istadi, I., Yudhistira, A.D., Anggoro, D.D, & Buchori, L. 2014. Electro-Catalysis System for Biodiesel Synthesis from Palm Oil over Dielectric-Barrier Discharge Plasma Reactor. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 9(2): 111–120.
- Kartika, D. & 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.
- Ketaren, S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak Dan Lemak Pangan. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Kusmardiana, Vian., M. Ridho Ulya, & Heri Rustamaji. 2015. Metanolisis Minyak Kelapa pada Pembuatan Biodiesel dengan Menggunakan Continuous Microwave Biodiesel Reactor (CMBR). *Jurnal Rekayasa Produk dan Proses Kimia*, 1-5.
- Kusumaningsih, Triana., Pranoto & Saryoso, Ragil., 2006. Pembuatan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Jarak; Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa. *Biotehnologi*, 3(1): 20-26.
- Lam, M.K., Lee, K.T. & Mohamed, A.R. 2010. Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: a review. *Biotechnology Advances*, 28(4): 500–18.
- Lee, Dae-Won., Park, Young-Moo, & Lee, Kwan-Young. 2009. “Heterogeneous Base Catalysts for Transesterification in Biodiesel Synthesis”, *Catal Surv Asia*, 13: 63-77.
- Mahreni. 2010. Peluang dan Tantangan Komersialisasi Biodiesel Review. *Prosiding 3rd Eksergi Forum*, 10(2): 15-26.
- Majid, Astsari, Abdul., Prasetyo, Dhani, & Danarto, Y, C. 2012. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Iradiasi Gelombang Mikro. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS-2012*. ISSN : 1412-9612.
- Math, M.C., Kumar, S.P, & Chetty, S.V. 2010. Technologies for biodiesel production from used cooking oil-A review. *Energy Sustainable Develop*, 14: 339-345.
- Monshi, A., Foroughi, M. R., & Monshi, M. R. 2012. Modified Scerrer Equation to Estimate More Accurately Nano-Crystallite Size Using XRD. *World Journal of Nano Science and Engineering*, 154-160.
- Muhammad, Y. R., Doni, H. S, & Allen, R.S. 2013. Pengaruh Kadar Kalium Abu

- Kulit Abu Kelapa Dalam Mengkatalisis Reaksi Transesterifikasi *Crude Palm Oil* (CPO) Menjadi Metil Ester, *Jurnal Teknik Kimia* : 1-97.
- Murniati, Nurul Hidayat, & Mudasir. 2009. Pemanfaatan Limbah Abu Dasar Batubara Sebagai Bahan Dasar Sintesis Zeolit Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Logam Berat Cu (II). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, 228-238.
- Nufida, Baiq, Asma., Kurnia, Nova, & Kurniasih, Yeti. 2014. Aktivasi Tanah Liat dari Tanak Awu secara Asam dan Penggunaannya sebagai Adsorben untuk Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Kependidikan Kimia Hydrogen*, 2(2).
- Prafulla, D. Patil, Veera, G.G., Harvind, K. R., Tapaswy, M, & Shuguang, D., 2012. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Sulfuric Acid and Microwave Irradiation Processes. *Journal of Environmental Protection*, 3: 107-113.
- Prasetyoko, D. R.S., Handayani, H., Fansuri, & D, Hartanto. 2012. Sintesis ZSM-5 Mesopori Menggunakan Prekursor Zeolit Nanoklaster Sebagai Building Block Dan Aktivitasnya Pada Esterifikasi Asam Lemak Bebas. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*, 225-234.
- Purbaningtias, Tri Esti, & D. Prasetyoko. 2011. Heterogenisasi Katalis Homogen: Impregnasi AlCl_3 Pada Aluminosilikat Mesopori. *Ikatan zeolit indonesia*. Seminar nasional zeolit vii & workshop zeolit. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. Indonesia.
- Putera, Dhani Dwi. 2008. *Sintesis Fotokatalisis CuO/ZnO untuk Konversi Metanol Menjadi Hidrogen*. Skripsi. Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung.
- Raida, Ariyanti. 2012. *Pengaruh garam prekursor terhadap aktivitas katalis $\text{CuO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ Yang Digunakan Dalam Reaksi Hidrogenasi Minyak Jarak*. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Ramadhas, A.S. 2009. Biodiesel Production Technologies and Substrates. *Handbook of Plant-Based Biofuels*. New York : CRC Press Taylor & Francis Group, 183.
- Ramdja, A., Lisa, F, & Daniel, K. 2010. Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Ampas Tebu sebagai Adsorben, *Jurnal Teknik Kimia*, 1(17): 7-14.
- Santoso, H., Kristianto, I, & Setyadi, A. 2013. Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur. *Research Report-Engineering Science*, 1.
- Saputro, Suroso, A., Enda, E.G, & Widayat. 2015. Uji Karakteristik Pada Preparasi Katalis Zn/Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan*

- Teknologi Fakultas Teknik, 1(1).*
- Saraswati, Indah. 2015. Zeolite-A Synthesis from Glass. *Jurnal Sains dan Matematika*, 23(4): 112-115.
- Setiawati, E. & Edwar, F. 2012. Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Teknik Mikrofiltrasi Dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. *Jurnal Riset Industri*, 6 (2): 117-127.
- Socrates, G. 1994. *Infrared Spectroscopy*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Sriatun. 2004. *Sintesis Zeolit A dan Kemungkinan Penggunaannya sebagai Penukaran Kation*, 7(3): 66-72.
- Sri, N., Afdhal, M, & Astuti. 2015. Pengaruh Temperatur Peleburan Alkali Terhadap Konduktivitas Listrik Zeolit Sintetik Dari Bahan Abu Dasar Batubara Dengan Metode Peleburan Alkali Hidrotermal. *Jurnal Fisika Unand*, 4(1).
- Standar Nasional Indonesia. 2006. SNI 04-7182-2006 Biodiesel. Jakarta: Bahan Standardisasi Nasional.
- Subagjo. 2008. Pembuatan Zeolit Y Dan USY Untuk Komponen Aktif Katalis Perengkahan. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 7(1): 1411-6723.
- Sudiyono, Dinda Atikah. 2016. *Sintesis Dan Karakterisasi Zeolit Nay Sebagai Pengembangan Senyawa Antikanker Hasil Ekstrak Etanol Akar Rumput Bambu (Lophatherum Gracile Brongn)*. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Suirta. 2009. Preparasi Biodiesel dari Minyak Jelantah Kelapa Sawit, *Jurnal Kimia*, 3(1): 1-6.
- Taufiqurrahmi, N., Abdul, R.M, & Subhash, B. 2011. Nanocrystalline zeolite beta and zeolite Y as catalysts in used palm oil cracking for the production of biofuel. *J Nanopart Res*, 13: 3177-3189.
- Treacy, M.M.J. & Higgins, J.B., 2007, *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites 5th edition*, Structure Commission of the International Zeolite Association, Elsevier.
- Tuti, I.S., Adhitya, Summa, W, & Ani, K.Sari. 2011. Katalis Basa Heterogen Campuran CaO & SrO pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3*, 482-493.
- Wahyudi, A., Amalia, D., Sariman, & Rochani, S. 2010. Sintesis Nanopartikel Zeolit Secara Top Down Menggunakan Planetary Ball Mill dan Ultrasonikator. *M & E*, 8(1): 32 – 36.
- Wang, L. & Yang, J., 2007. Transesterification of soybean oil with nano-MgO or

- not in supercritical and subcritical methanol. *Fuel*, 86 (3): 328-333
- Wang, L., Chengyang, Y., Zhichao, S., Sen, L., Yunchen, Du, & Feng-Shou Xiao. 2009. "Bread-template synthesis of hierarchical mesoporous ZSM-5 zeolite with hydrothermally stable mesoporosity". *J. Colloid and Surface area*, 126–130.
- Warsito, S., Sriatun, S., & Taslimah, T. 2008. Pengaruh Penambahan Surfaktan Cetyltrimethylammonium Bromide (n-CTMABr) Pada Sintesis Zeolit-Y. *Seminar Tugas Akhir ST*, 1-14.
- Weitkamp, J. & Puppe, L. 2013. *Catalysis and zeolites: fundamentals and applications*, Springer Science & Business Media.
- Widiarti, N. & D. Prasetyoko. 2011. *Sintesis dan Karakterisasi Katalis Cu/Ts-1*. Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Widiarti, N. & E.F. Rahayu. 2016. Sintesis CaO.SrO Dan Aplikasinya Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel. *Indo. J. Chem. Sci*, 5 (1).
- Widiarti, N. & E. Kusumastuti. 2015. Modifikasi Katalis CaO Dengan SrO Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Menggunakan. *Jurnal MIPA*, 38(1): 49-56.
- Widiarti, N., Lisa A.S., Nanik W., Endah F.R., Harjito H., Samuel B. W., Didik P., & S. Suprapto. 2017. Synthesis of SrO.SiO₂ Catalyst and Its Application in The Transesterification Reactions of Soybean Oil. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 12(2): 299-305.
- Widajantti, Endang. 2007. *Kinetika Kimia*. Makalah disampaikan dalam kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat. FMIPA UNY.
- Wiratini. A. F., Subagjo, & Prakoso, T. 2012. Pengembangan Katalis Kalsium Oksida Untuk Sintesis Biosiesel, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11 (2): 66-73.
- Witanto, Esis., Triyono, & Wega Trisunaryanti. 2010. *Preparasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam Aktif*. PhD Thesis. Universitas Gadjah Mada.
- Xia, Y. & Mokaya, R. 2006. Molecularly Ordered Layered Aluminosilicate-Surfactant Mesophases and Their Conversion to Hydrothermally Stable Mesoporous Aluminosilicates, *Microporous and Mesoporous Materials*, 94: 295–303.
- Yee, Maxine. & Yaacob, Iskandar. I. 2004. Synthesis and characterization of iron oxide nanostructured particles in Na-Y zeolite matrix. *Journal of materials research*, 19(3): 930-936.
- Yustinah & Hartini. 2011. Adsorbsi Minyak Goreng Bekas Menggunakan Arang Aktif dari Sabut Kelapa. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*

- “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Zabeti, M., Wan, D.W.M.A, & Aroua, M.K. 2009. Activity of solid catalysts for biodiesel production: A review. *Fuel Process Technol* 90: 770–777.
- Zahriyah, S. 2009. *Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dalam Minyak Jelantah dengan Katalis TiO₂/Montmorillonit dan Pengaruhnya Terhadap Biodiesel yang Dihasilkan*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Zahro, A. 2014. *Sintesis dan Karakterisasi Zeolit Y dari Abu Ampas Tebu Variasi Rasio Molar SiO₂/Al₂O₃ dengan Metode Sol-Gel Hidrotermal*. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Malang.
- Zhang, J., Chen, S., Yang, R, & Yan, Y. 2010. Biodiesel production from vegetable oil using heterogenous acid and alkali catalyst. *Fuel*, 89(10): 2939–2944.
- Zhu, H., Liu Z., Kong, D.Y., Wang, X. Yuan, Z, & Xie. 2009. Synthesis Of ZSM-5 With Intracrystal Or Intercrystal Mesopori By Polyvinyl Butyral Templating Method. *J. Colloid and Interface Science*, 331: 432–438.

