



**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS
CaO/ZEOLITNANOPARTIKEL UNTUK
TRANSESTERIFIKASI MINYAK KELAPA SAWIT**

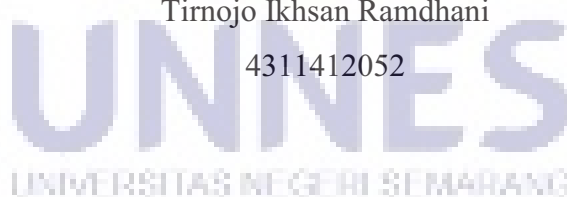
Skripsi

Disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia

Oleh

Tirnojo Ikhsan Ramdhani

4311412052



JURUSAN KIMIA

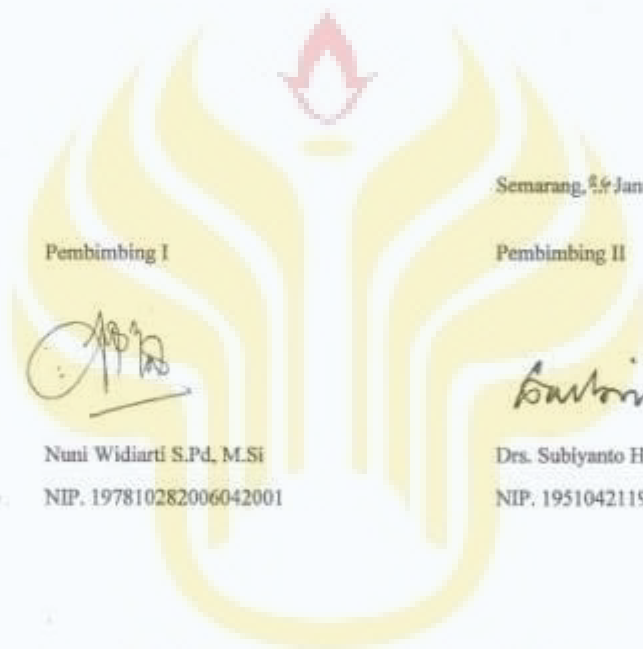
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2017

PERSETUJUAN PEMBIMBING

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



Semarang, 06 Januari 2017

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Drs. Subyanto H., M.Si
NIP. 195104211975011002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Sintesis dan Karakterisasi Katalis CaO/Zeolit Nanopartikel untuk Reaksi
Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit

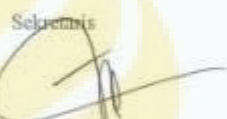
Disusun oleh

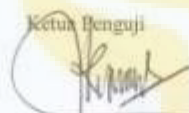
Nama : Timojo Ikhsan Ramdhani

NIM : 4311412052

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas
Negeri Semarang pada 26 Januari 2017


Ketua Ujian
Prof. Dr. Zuzuri S.E., M.Si, Akt
NIP. 196412231988031001


Sekretaris
Dr. Nanik Wijayati, M.Si.
NIP. 196910231996032002


Ketua Penguji
Ir. Sri Wahyuni M.Si.
NIP. 196512281991022001

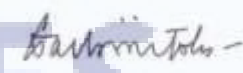
Anggota Penguji/

Anggota Penguji/

Pembimbing I

Pembimbing II


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


Drs. Subiyanto H., M.Si.
NIP. 195104211975011002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 26 Januari 2017

Penyusun



Timojo Ikhsan Ramdhani

NIM. 4311412052

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Esok harus lebih baik dari hari ini

Sebanyak apapun tumbang, sebanyak itulah mendapat pembelajaran

Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan

(QS. Al Insyroh: 6)

PERSEMBAHAN

Untuk Ibu, Ayah, Adik dan seluruh keluarga

Kawan-kawan serta sahabat

Jurusan Kimia FMIPA UNNES



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan KaruniaNya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Baginda Besar Nabi Muhammad SAW. Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Strata 1 (S1) pada Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang. Skripsi ini mengambil judul “Sintesis dan Karakterisasi Katalis CaO/Zeolit-nanopartikel untuk Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit”.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang
3. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang
4. Ibu Nuni Widiarti S.Pd, M.Si dan Bapak Drs. Subiyanto H., M.Si, Dosen Pembimbing yang selalu memberi bimbingan, arahan, dukungan, ilmu serta semangat
5. Ibu Ir. Sri Wahyuni M.Si, Dosen Penguji yang telah memberi masukan dan arahan
6. Bapak dan Ibu serta segenap keluarga atas pengorbanan, doa, arahan, dan kasih sayang yang tulus dan ikhlas
7. Dian Sri Asmorowati, S.Pd., Teknisi Laboratorium Jurusan Kimia Fisika yang telah memberikan berbagai pengalaman di laboratorium.

8. Maretha Indriyanti S.AB., Pustakawan Jurusan Kimia yang telah memberikan berbagai arahan dan refrensinya
9. Teman-teman Jurusan Kimia angkatan 2012 yang telah memberi arahan, dukungan, dan semangat
10. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat kepada semuanya. Demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis sendiri pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Semarang, ... Januari 2017

Penulis



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Ramdhani, Tirnojo Ikhsan. 2017. *Sintesis dan Karakterisasi Katalis CaO/Zeolit-nanopartikel untuk Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit*. Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Nuni Widiarti S.Pd, M.Si dan Pembimbing Pendamping Drs. Subiyanto H., M.Si

Kata Kunci: CaO, Zeolit-nanopartikel, Impregnasi, Gelombang Mikro

Telah dilakukan sintesis katalis CaO/Zeolit-nanopartikel untuk reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit. Sintesis zeolit telah dilakukan dengan metode hidrotermal. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan menggunakan gelombang mikro. Modifikasi zeolit dengan CaO menggunakan metode impregnasi. Tujuan penelitian ini yaitu: (i) mengetahui karakteristik zeolit-nanopartikel yang telah disintesis, (ii) mengetahui karakteristik katalis CaO/Zeolit-nanopartikel yang dihasilkan, serta (iii) mengetahui karakteristik biodiesel hasil reaksi transesterifikasi menggunakan gelombang mikro. Zeolit-nanopartikel disintesis dari prekursor aluminium isopropoksida, tetraetil ortosilikat, tetrametil ammonium hidroksida dan NaOH sebagai agen hidrolisis. Proses sintesis dilakukan dengan reaktor autoklaf pada temperatur 100°C selama 6 hari. Proses modifikasi katalis melibatkan Zeolit-nanopartikel sebagai pengemban terhadap CaO dilakukan dengan metode impregnasi. Variasi CaO yang diembankan sebesar 9%, 12% dan 15% terhadap zeolit-nanopartikel. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan bantuan radiasi gelombang mikro. Masing-masing katalis digunakan pada reaksi transesterifikasi antara minyak kelapa sawit dengan metanol. Perbandingan volum minyak dan metanol sebesar 1:3 dengan katalis sebanyak 2% dari berat minyak. Reaksi dilakukan di dalam *microwave* dengan daya 160 watt dan frekuensi 2.450 MHz serta variasi waktu 30 detik, 40 detik dan 50 detik. Zeolit dan katalis modifikasi dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD dan dilengkapi dengan SAA. Sedangkan hasil reaksi transesterifikasi dianalisis menggunakan GC dan dilengkapi oleh GC-MS. Hasil analisis XRD dari zeolit menunjukkan ukuran sebesar 24,9915 nm. Panjang gelombang 776 cm^{-1} terdeteksi sebagai vibrasi ulur simetri dari Si-O dan Al-O. Hasil analisis SAA katalis 12%CaO/zeolit-nanopartikel dapat diketahui luas permukaan, ukuran pori, volum pori berturut-turut sebesar 206,222 m^2/g , 6,63380 10^1 \AA dan 6,840 10^{-1} cc/g . Hasil reaksi transesterifikasi yang bisa terdeteksi terjadi pada waktu 40 detik dengan bantuan katalis 12%CaO/zeolit-nanopartikel dengan area produk sebesar 88,9%.

ABSTRACT

Ramdhani, Tirnojo Ikhsan. 2017. *Synthesis and characterization of catalysts CaO/zeolite nanoparticles for transesterification reaction of palm oil*. Undergraduate Thesis. Department of Chemistry, Mathematics and Science Faculty, Semarang State University. First Advisor Nuni Widiarti S.Pd, M.Si and Second Advisor Drs. Subiyanto H., M.Si.

Keywords: CaO, Zeolite nanoparticles, impregnation, microwave

The Synthesis of catalyst CaO/Zeolite-nanoparticles for the transesterification reaction of palm oil have been done. Synthesis of zeolite has been carried out by hydrothermal method, whereas the transesterification reaction is carried out using microwaves. The Modification of zeolite with CaO performed by impregnation method. The purpose of this research are: (i) to knowing the characteristics of zeolite-nanopartikel has been synthesized, (ii) to knowing the characteristics of the catalyst CaO/Zeolite-nanoparticles has been produced, and (iii) to knowing the characteristic of result from transesterifikasi reactions by microwaves. Zeolite-nanoparticles is synthesized from the precursor aluminum isopropoxide, tetraethyl orthosilicate, tetramethyl ammonium hydroxide and sodium hydroxide as hydrolysis agent. The process of synthesis performed by the autoclave reactor at a temperature of 100°C for 6 days. The process of modification catalyst involves CaO to zeolite as carrier by the impregnation method. Variation of CaO about 9%, 12% and 15% to zeolite-nanoparticles. Transesterification reaction carried out with the aid of microwave radiation. Each catalyst are used in the transesterification reaction between palm oil with methanol. Oil and methanol volume have a ratio 1:3 with the catalyst as much as 2% of the weight of oil. The reaction is conducted in the oven microwave with 160 watts of power and frequency 2.450 MHz variation within 30 seconds, 40 seconds and 50 seconds. Zeolite and catalyst modified are characterized by FTIR, XRD and SAA as equipped. While the results of the transesterification reaction are analyzed by GC and GC-MS as equipped. XRD's result of zeolite shows a size of 24.9915 nm. A wavelength of 776 cm^{-1} was detected as symmetry stretching vibration of Si-O and Al-O. SAA's results of the catalyst 12%CaO/zeolite-nanoparticles knowable surface area, pore size, pore volume, respectively for 206.222 m^2 / g , 6.63380 10^{-1} 101 Å and 6.840 cc / g . The results of the transesterification reaction that can be detected occurs at the time of 40 seconds with the aid of a catalyst of 12%CaO/zeolite-nanoparticles to the product area amounted to 88.9%.

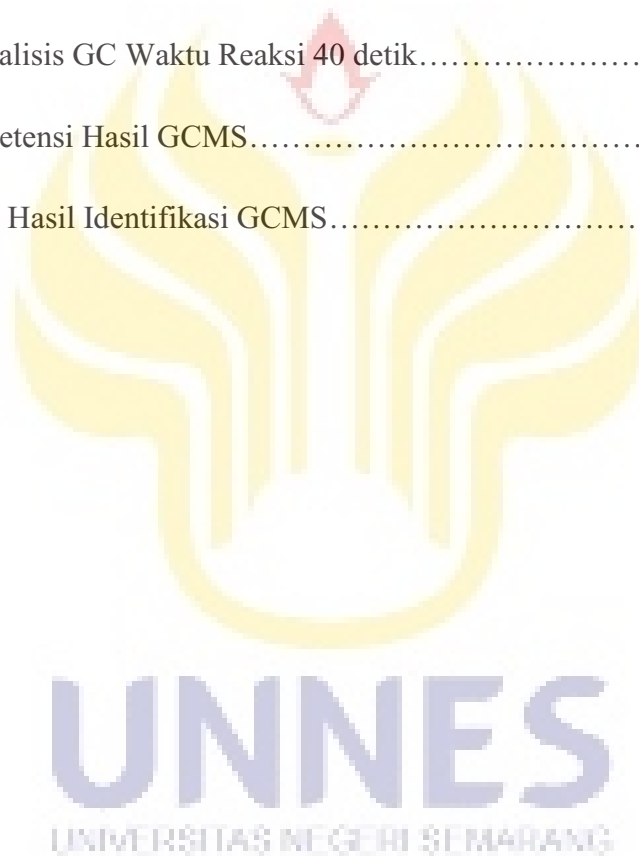
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	I
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	V
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Rumusan Masalah.....	4
1.3.Tujuan.....	4
1.4.Manfaat.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Katalis.....	6
2.2 Kalsium Oksida (CaO).....	8
2.3 Zeolit.....	10

2.4 Biodiesel.....	13
2.5 Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Gelombang Mikro.....	16
2.6 Karakterisasi.....	17
2.7 Penelitian Terkait.....	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Variabel Penelitian.....	23
3.3 Alat dan Bahan.....	24
3.4 Prosedur Penelitian.....	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1.Sintesis Zeolit-nanopartikel.....	27
4.2.Impregnasi Katalis CaO/zeolit-nanopartikel.....	35
4.3.Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Gelombang Mikro.....	40
BAB 5 PENUTUP.....	45
Simpulan dan Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1. Daftar bilangan gelombang pada sampel zeolit-nanopartikel.....	30
4.2. Letak puncak pola difraktogram analisis XRD Zeolit-nanopartikel.....	32
4.3. Ukuran partikel Zeolit-nanopartikel.....	33
4.4. Hasil analisa SAA dengan metode BET.....	40
4.5. Hasil Analisis GC Waktu Reaksi 40 detik.....	41
4.6. Waktu Retensi Hasil GCMS.....	43
4.7. Senyawa Hasil Identifikasi GCMS.....	44



DAFTAR GAMBAR

Tabel	Halaman
2.1 Jenis katalis.....	6
2.2 Mekanisme reaksi transesterifikasi basa heterogen dengan katalis CaO..	9
2.3 Struktur kimia Zeolit.....	10
2.4 Material berpori.....	12
2.5 Reaksi Transesterifikasi Pembuatan Biodiesel.....	14
2.6 Mekanisme reaksi tranesterikasi antara trigliserida dan metanol dengan Katalis CaO.....	16
2.7 Spektrum XRD Nanokristalin zeolite Y dan mikrokristlin zeolite Y.....	18
2.8 Spektrum FTIR Nanokristalin zeolite Y dan mikrokristlin zeolite Y.....	19
4.1.Hasil Spektrum IR Zeolit-nanopartikel (a) dan zeolite alam (b)	29
4.2.Pola XRD Zeolit Sintesis Nanopartikel dan Zeolit Standar.....	31
4.3.Pola XRD Zeolit Sintesis Nanopartikel (a) dan Zeolit alam (b).....	34
4.4.Spektrum FTIR katalis 9% CaO/Zeolit-nanopartikel (A), 12% CaO/Zeolit-nanopartikel (B) dan 15% CaO/Zeolit-nanopartikel (C).....	36
4.5.Pola Difraktogram Analisis Katalis hasil impregnasi dengan XRD.....	37
4.6.Isoterm adsorpsi-desorpsi katalis 12%CaO/Zeolit-nanopartikel.....	39
4.7.Hasil Analisis GCMS Peoduk rekasi Transesterifikasi.....	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suatu proses produksi, pada hakikatnya selalu menghendaki hasil yang maksimal dan jangka waktu yang relatif pendek. Begitu juga dengan produksi biodiesel. Dalam proses produksi biodiesel, reaksi kimia yang terjadi secara keseluruhan berlangsung lambat, oleh karena itu dibutuhkan suatu zat yang dapat meningkatkan kecepatan reaksi kimia pada proses pembuatan biodiesel.

Katalis merupakan zat yang dapat meningkatkan kecepatan suatu reaksi kimia tanpa mengubah atau mempengaruhi hasil reaksi yang terjadi di dalam proses. Artinya, zat yang disebut katalis akan sama setelah dan sebelum reaksi. Selama reaksi berlangsung, katalis mungkin memperoleh keadaan yang berbeda, tetapi setelah siklus katalitik selesai, katalis akan kembali ke keadaan semula (Smith, Gerard V. & Ferenc Notheisz, 2000:2).

Sebagai penunjang dalam sebuah reaksi kimia, katalis sangat dibutuhkan keberadaannya. Karena jumlah katalis yang bermacam maka sering diperlukan istilah untuk mengklasifikasikan katalis menjadi katalis homogen dan katalis heterogen. Klasifikasi ini didasarkan fasa sistem agregasi dari reaktan dan produk serta katalis (Triyono, 2008). Katalis homogen adalah katalis yang fasanya sama dengan fasa sistem reaksi. Bila sistem reaksi berfase padat maka katalis yang digunakan berfase padat, sedangkan bila fase sistem berfase cair maka katalis yang digunakan juga berfase cair. Katalis heterogen adalah katalis yang fasanya berbeda dengan fasa sistem reaksi. Apabila sistem reaksi berfase cair maka katalis yang digunakan memiliki fasa padat dan sebaliknya.

Katalis heterogen menjadi suatu kajian yang cukup menarik, karena penerapannya yang semakin berkembang pesat. Katalis heterogen menawarkan keunggulan pada kemudahan pemisahan produk setelah reaksi. Salah satu bidang penerapan katalis heterogen adalah bidang produksi biodiesel. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif ramah lingkungan yang terbuat dari minyak nabati dan minyak hewani yang berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui (Buasri dkk., 2012). Biodiesel didefinisikan sebagai monoalkil ester dari asam lemak minyak nabati atau minyak hewani. Biodiesel menghasilkan lebih sedikit polusi dibandingkan bahan bakar petroleum, selain itu biodiesel dapat digunakan di semua mesin diesel tanpa perlu modifikasi ulang (Rachmaniah, 2005).

Biodiesel dapat diperoleh dari reaksi esterifikasi dari asam lemak minyak nabati atau hewani dengan alkohol menggunakan katalis asam atau reaksi transesterifikasi dari trigliserida dengan alkohol menggunakan katalis basa (McNeff dkk, 2008). Sintesis biodiesel memerlukan suatu katalis dalam reaksinya dengan asam lemak bebas maupun trigliserida. Katalis yang digunakan dapat bersifat homogen maupun heterogen. Metode paling umum untuk menghasilkan biodiesel adalah menggunakan katalis heterogen basa kuat seperti NaOH ataupun KOH melalui proses transesterifikasi. Pada katalis heterogen kelemahan tersebut dapat teratasi karena fase katalis dan produk yang berbeda (Padil dkk, 2010). Sintesis biodiesel dengan katalis heterogen cenderung diminati oleh industri, karena dapat menekan biaya produksi biodiesel, mudah dipisahkan dari campuran reaksi dengan filtrasi, dapat digunakan kembali (*direcovery*), serta sifatnya yang sedikit korosi (Carmo dkk, 2009).

Katalis heterogen yang sedang diminati adalah kombinasi oksida basa logam golongan IIA berupa oksida mangan (Mn), kalsium (Ca), stronsium (Sr) dan yang lainnya. Kombinasi oksida basa logam golongan IIA memang menghasilkan katalis dengan tingkat aktivitas yang besar pada sintesis biodiesel, namun sifat homogenitas katalis ini masih relatif tinggi, yang dibuktikan dengan kadar oksida logam yang berkurang setelah reaksi selesai. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengembangan yang cocok dan dapat mendukung untuk mengurangi sifat homogenitas dari katalis yang dibuat dari kombinasi oksida basa dengan logam golongan IIA.

Zeolit merupakan kelompok material aluminosilikat kristalin bermikropori, yang tersusun dari unit tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 yang saling berhubungan satu sama lain (Corma dkk., 2013). Struktur zeolit terdiri dari kerangka aluminosilikat dengan muatan netto negatif, serta kation penyeimbang yang dapat dipertukarkan (*exchangeable cation*). Upaya peningkatan aktivitas katalitik zeolit pada beberapa reaksi kimia selain mengubah ukuran pori dari mikropori menjadi mesopori, dapat juga dengan cara mengubah ukuran partikel zeolit menjadi berukuran nano, yaitu material yang memiliki ukuran partikel sebesar 1 -100 nanometer (10^{-9} m). Sintesis material nano tidak hanya menghasilkan butiran yang berukuran nano, tetapi juga membentuk struktur pori yang dapat meningkatkan selektivitas sifat katalitik dan stabilitas katalis pada temperatur tinggi.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti akan mencoba mensintesis zeolit dengan ukuran nano. Kemudian melakukan modifikasi dengan menambahkan oksida logam CaO untuk meningkatkan aktivitas katalitik. Reaksi transesterifikasi

akan dilakukan menggunakan gelombang mikro. Penelitian ini diharapkan dapat membantu membuka wawasan dengan permasalahan-permasalahan katalis khususnya zeolit.

1.2. Rumusan Masalah

- 1 Bagaimanakah karakteristik zeolit-nanopartikel yang disintesis secara hidrotermal?
- 2 Bagaimanakah karakteristik katalis CaO/zeolit-nanopartikel yang dihasilkan?
- 3 Bagaimanakah karakteristik biodiesel yang dihasilkan dengan katalis CaO/zeolit-nanopartikel?

1.3. Tujuan

- 1 Mengetahui karakteristik dari zeolit-nanopartikel yang telah disintesis meliputi ukuran partikel dan tingkat kristalinitasnya.
- 2 Mengetahui karakteristik katalis CaO/zeolit-nanopartikel yang dihasilkan meliputi ukuran partikel katalis, luas permukaan katalis serta tingkat kristalinitas katalis.
- 3 Mengetahui karakteristik biodiesel yang dihasilkan dengan katalis CaO/zeolit-nanopartikel.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai zeolit-nanopartikel sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi. Demi mengetahui karakter dari zeolit sintesis dengan ukuran nanopartikel. Kegunaan lain juga untuk mengetahui kemampuan zeolit yang digunakan sebagai pengemban CaO melalui

impregnasi. Teknik sintesis yang dilakukan dalam penelitian ini juga dapat digunakan sebagai acuan demi menghasilkan zeolit dengan karakter yang baik.

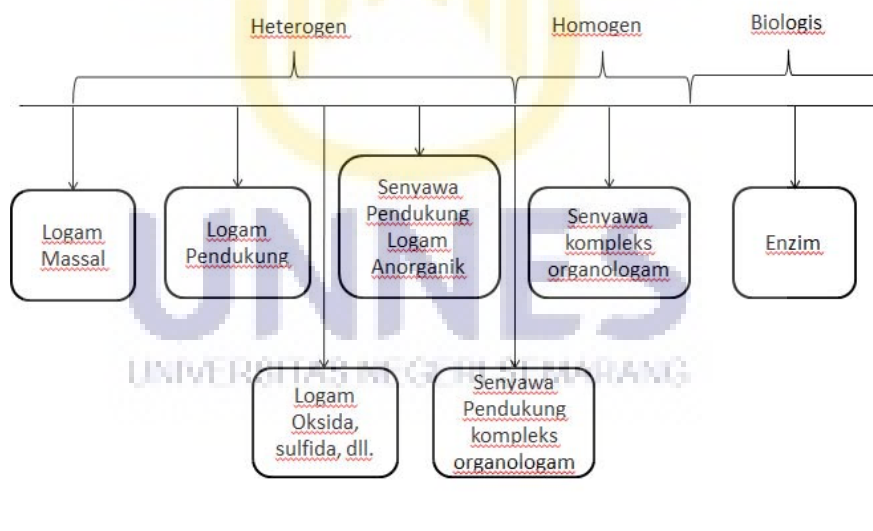


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Katalis

Katalis merupakan material yang dapat meningkatkan kecepatan suatu reaksi kimia dengan menurunkan energi aktivasi dari reaksi yang bersangkutan. Pada penerapannya, katalis tidak hanya meningkatkan laju reaksi tetapi dapat berfungsi sebagai pengarah reaksi dan menghasilkan produk samping yang minimum (selektif). Menurut Endahroyani (2009), katalis dapat menyebabkan reaksi berlangsung lebih cepat pada kondisi temperatur yang relatif rendah. Katalis juga dapat digunakan untuk mencapai laju reaksi dengan menyediakan jalur alternatif dari energi aktivasi yang lebih rendah untuk reaksi yang berlangsung.



Gambar 2.1. Jenis katalis (Smith, Gerard V, 2000)

Secara umum, katalis terbagi menjadi jenis katalis biologis, katalis homogen dan katalis heterogen. Pembagian katalis ini dapat di perhatikan pada

gambar 2.1. Katalis homogen adalah katalis yang fasanya sama dengan fasa sistem reaksi. Bila sistem reaksi berfase padat maka katalis yang digunakan berfase padat, sedangkan bila fase sistem berfase cair maka katalis yang digunakan juga berfase cair. Katalis heterogen adalah katalis yang fasanya berbeda dengan fasa sistem reaksi. Apabila sistem reaksi berfase cair maka katalis yang digunakan memiliki fasa padat dan sebaliknya (Triyono, 2008).

Katalis digunakan sebagai penunjang dalam suatu sistem reaksi kimia. Sistem reaksi kimia yang sering terjadi dan dilakukan adalah sistem cair. Penggunaan katalis homogen pada sistem cair terdapat berbagai aplikasi yang telah dikembangkan. Seperti penggunaan katalis asam kuat dalam reaksi esterifikasi dan penggunaan KOH pada reaksi transesterifikasi biodiesel.

Pada proses penggunaan katalis heterogen, sistem reaksi tidak berada dalam fasa yang sama (padat-cair, padat-gas, atau padat-cair-gas) sehingga tidak terjadi distribusi katalis, yang biasanya berfase padat, secara baik di dalam medium reaksi, yang berfase fluida atau cairan. Reaksi hanya terjadi pada bidang batas antar lapis yakni pada bidang antar muka sehingga semakin luas bidang antarmuka reaksi akan berlangsung semakin baik. Reaksi yang terjadi pada sistem reaksi antara katalis padat dengan reaktan fasa cair terdapat beberapa tahapan, yaitu:

1. Transfer molekul-molekul reaktan ke permukaan katalis (difusi).
2. Adsorpsi molekul-molekul reaktan pada permukaan katalis.
3. Reaksi molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan katalis menghasilkan produk.
4. Desorpsi molekul-molekul produk reaksi dari permukaan katalis.

5. Transfer reaksi ke permukaan fluida.

(Triyono, 2008)

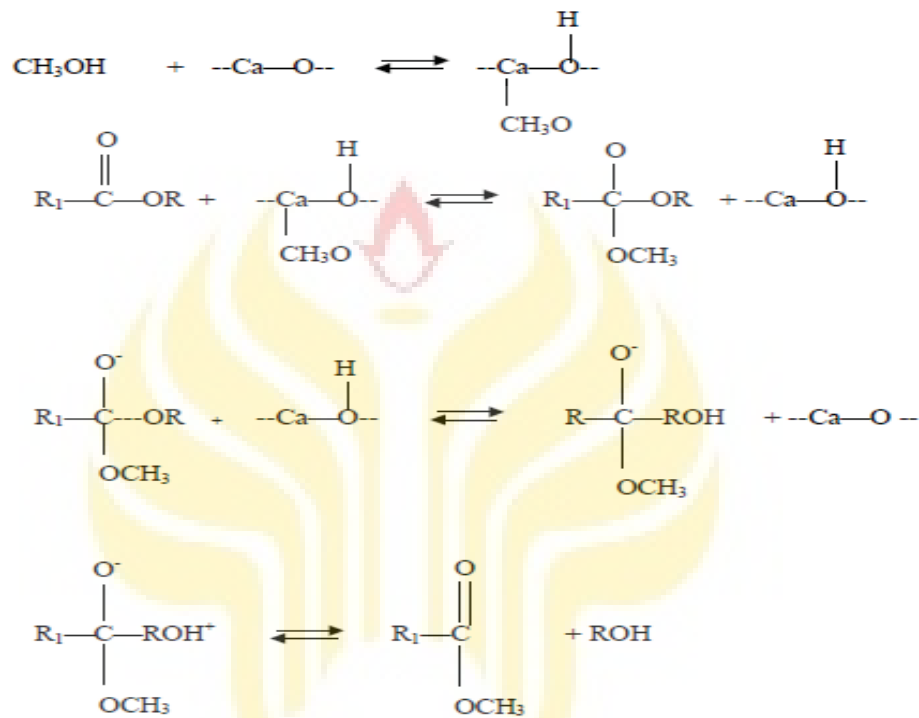
2.2. Kalsium Oksida (CaO)

CaO (Massa relatif 56,08 g/mol) memiliki sifat higroskopis, titik leleh 2600°C dan titik didih 2850°C, tidak larut dalam asam, struktur kristal oktahedral serta memiliki luas permukaan 0,56 m²/g (West, 1984). CaO biasanya digunakan sebagai mortir, dimanfaatkan dalam industri pupuk, industri kertas, industri semen, pemutih (*bleaching*) dan sebagai katalis (Austin, 1984 ; Liu, 2008). CaO memiliki sisi-sisi yang bersifat basa yang telah diteliti sebagai salah satu katalis basa kuat dalam menghasilkan biodiesel. Sebagai katalis basa, CaO mempunyai banyak manfaat, misalnya aktivitas yang tinggi, kondisi reaksi yang rendah, masa katalis yang lama, serta biaya katalis yang rendah. Liu, dkk (2008) telah memperoleh 93% hasil dari minyak jarak pagar menggunakan katalis CaO, tetapi katalis tersebut harus direaksikan dengan larutan amonium karbonat dan dikalsinasi pada suhu yang tinggi. (Liu dkk, 2008)

Zhang, dkk, (2010) menemukan bahwa air menyebabkan peningkatan aktivitas dan selektivitas alkohol aseton ketika MgO digunakan sebagai basa. Mereka menduga bahwa ion OH⁻ merupakan sisi aktif dalam adisi aldol pada aseton. Baru baru ini aktivitas katalitik CaO dalam reaksi transesterifikasi minyak kedelai menjadi biodiesel meningkat dengan penambahan sedikit air dalam methanol.

Mekanisme reaksi transesterifikasi padat dengan katalis basa CaO di dalam penambahan sedikit air adalah sebagai berikut. CaO sebagai katalis

heterogen, menghasilkan O^{2-} yang bereaksi dengan H^+ dari H_2O untuk membentuk OH^- , direaksikan lebih mudah oleh reaktan pada reaksi kimia. Kemudian OH^- direaksikan dengan H^+ dari metanol untuk membentuk metoksi anion dan Air. Metoksi anion merupakan sisi aktif (Liu dkk, 2008).



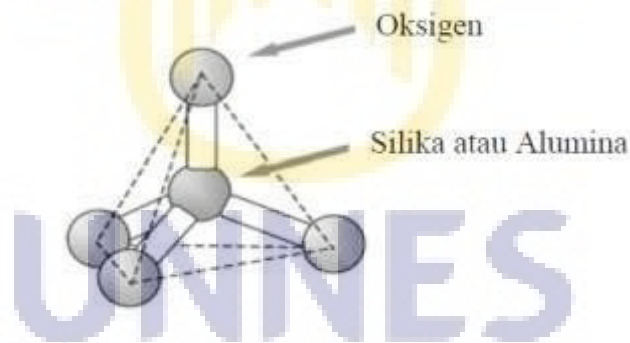
Gambar 2.2. Mekanisme reaksi transesterifikasi basa heterogen dengan katalis CaO (Liu, 2008)

Liu (2008), menyebutkan bahwa mekanisme transesterifikasi gliserida untuk menghasilkan biodiesel yaitu :

1. Metoksi anion meyerang karbon yang terikat dengan karbonil dari molekul trigliserida untuk membentuk zat antara tetrahedral
2. Tetrahedral intermediate mengambil H^+ dari CaO .Tetrahedral metoksi juga dapat bereaksi dengan metanol untuk membentuk metoksi anion
3. Langkah terakhir adalah pengaturan kembali zat antara tetrahedral yang akan menghasilkan biodiesel dan gliserol.

2.3. Zeolit

Zeolit merupakan kelompok material aluminosilikat kristalin bermikropori (kurang dari 2 nm), yang tersusun dari unit tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 yang saling berhubungan satu sama lain (Corma dkk., 2013). Struktur zeolit terdiri dari kerangka aluminosilikat dengan muatan netto negatif, serta kation penyeimbang yang dapat dipertukarkan (*exchangeable cation*). Berdasarkan asalnya, zeolit dibedakan menjadi dua jenis, yaitu zeolit alam yang terbentuk akibat proses vulkanik di dalam lapisan perut bumi dan zeolit sintetis yang dapat disintesis dari prekursor silika dan alumina. Zeolit sintetis banyak digunakan dalam berbagai bidang penelitian maupun industri. Penggunaan zeolit sintetis banyak diminati berbagai kalangan karena zeolit mudah direkayasa baik struktur, ukuran partikel maupun sifat-sifatnya.



Gambar 2.3. Struktur kimia Zeolit (Haag, 1984)

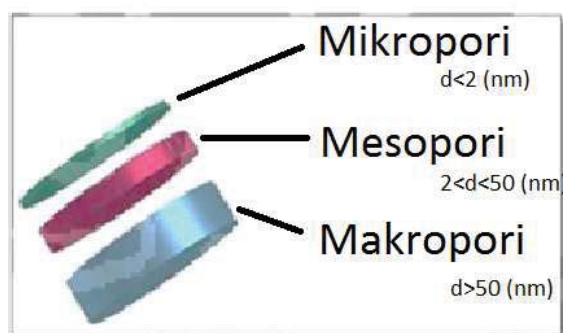
Umumnya, struktur zeolit adalah suatu polimer anorganik berbentuk tetrahedral unit TO_4 , dimana T adalah ion Si^{4+} atau Al^{3+} dengan atom O berada diantara dua atom T, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.3.

Struktur zeolit memiliki rumus umum $\text{M}_{x/n} [(\text{AlO}_2)_x(\text{SiO}_2)_y] \cdot w\text{H}_2\text{O}$, dimana M adalah kation alkali atau alkali tanah, n adalah jumlah valensi kation, w

adalah banyaknya molekul air per satuan unit sel, x dan y adalah angka total tetrahedral per satuan unit sel, dan nisbah y/x biasanya bernilai 1 sampai 5, meskipun ditemukan juga zeolit dengan nisbah y/x antara 10 sampai 100 (Bekkum dkk., 1991).

Zeolit telah lama digunakan sebagai adsorben dan katalis. Zeolit dapat digunakan sebagai katalis karena mempunyai ukuran pori yang seragam sehingga menghasilkan selektivitas terhadap molekul yang tinggi. Beberapa penggunaan zeolit sintesis pada reaksi sintesis biodiesel antara lain ZSM-5 mesopori untuk esterifikasi minyak jelantah (Khalifah, 2010), Zeolit komposit Pd/H-ZSM-5 pada reaksi perengkahan minyak kelapa sawit (Budianto dkk, 2002), Zeolit H-ZSM- 5 yang disintesis dengan metode nanoprekursor, digunakan pada reaksi esterifikasi lemak stearin kelapa sawit (Prasetyoko dkk, 2012). Penggunaan katalis zeolit mesopori lebih menguntungkan dibanding ukuran mikro karena minyak merupakan molekul dengan ukuran partikel besar, sehingga zeolit dengan ukuran pori mikro kurang efektif karena molekul minyak kesulitan masuk dalam pori-pori yang merupakan sisi aktif zeolit.

Material berpori, menurut *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan ukuran diameter pori-porinya seperti pada Gambar 2.4. Material mikropori dengan diameter pori kurang dari 2 nm, material mesopori dengan diameter pori 2 sampai 50 nm, dan material makropori dengan diameter pori lebih besar dari 50 nm (Corma, 1997 dalam Octaviani 2012).



Gambar 2.4. Material berpori (Corma, 1997)

Upaya peningkatan aktivitas katalitik zeolit pada beberapa reaksi kimia selain mengubah ukuran pori dari mikropori menjadi mesopori, dapat juga dengan cara mengubah ukuran partikel zeolit menjadi berukuran nano, yaitu material yang memiliki ukuran partikel sebesar 1 -100 nanometer (10^{-9} m). Sintesis material nano tidak hanya menghasilkan butiran yang berukuran nano, tetapi juga membentuk struktur pori yang dapat meningkatkan selektivitas sifat katalitik dan stabilitas katalis pada temperatur tinggi. Sifat fisika dan kimia material nano juga berbeda dengan material yang sama namun dalam ukuran yang besar (*bulk*). Pada ukuran yang sangat kecil (nanometer), partikel magnetik menjadi domain tunggal, sedangkan pada *bulk* material berupa multidomain. Partikel magnetik yang sangat kecil menampilkan sifat yang khas seperti supermagnetik dan quantum tunneling magnetization, sehingga partikel nano magnetik merupakan bahan yang sangat potensial untuk direkayasa atau diproduksi untuk suatu tujuan tertentu (Ariyanto dkk, 2000).

Berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki zeolit dan material nano, maka zeolit juga dapat direkayasa menjadi partikel dengan ukuran nanometer atau

campurannya. Pengubahan zeolit menjadi nano dapat dilakukan dengan cara *Topdown* dengan *high energy milling* yang telah dilakukan pada zeolit alam, Nanokristalin zeolit betha dan zeolit Y juga telah disintesis dan digunakan untuk reaksi cracking untuk menghasilkan biodiesel (Taufiqurrahmi dkk, 2011).

Ukuran mesopori ini berada pada kisaran nanometer, oleh karena itu 'nanopori' sering digunakan untuk menyatakan ukuran mesopori. Material berpori secara luas diterapkan sebagai katalis (*support* katalis), absorben, pemisahan, terkait dengan struktur yang terbuka serta luas permukaan yang besar.

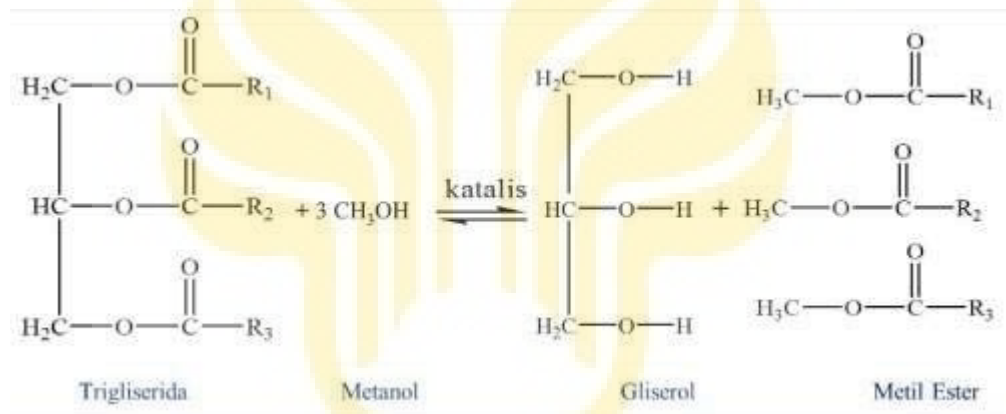
Taufiqurrahmi dkk (2011) melaporkan telah mensintesis zeolit dengan ukuran nanopartikel menggunakan persamaan Scherrer, yang memperoleh ukuran sebesar 25 nm. Zeolit yang disintesis merupakan zeolit Y yang termasuk golongan zeolit mesopori.

2.4. Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif ramah lingkungan yang terbuat dari minyak nabati dan minyak hewani yang berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui (Buasri dkk., 2012). Biodiesel didefinisikan sebagai monoalkil ester dari asam lemak minyak nabati atau minyak hewani. Minyak nabati yang umum digunakan adalah minyak nabati (*crude vegetable oil*) seperti *crude palm oil* (CPO), minyak jarak, minyak goreng bekas, minyak biji karet, minyak biji kapuk, minyak kedelai dan lain-lain. Biodiesel menghasilkan lebih sedikit polusi dibandingkan bahan bakar petroleum, selain itu biodiesel dapat

digunakan di semua mesin diesel tanpa perlu modifikasi ulang (Rachmaniah, 2005).

Lee dkk., (2009) menjelaskan bahwa sintesis biodiesel secara kimiawi digambarkan sebagai reaksi transesterifikasi trigliserida yang berasal dari minyak nabati menjadi alkil ester menggunakan alkohol, biasanya menggunakan katalis asam, basa, homogen maupun heterogen. Ester alkil dihasilkan dengan berbagai kelompok alkil dapat langsung dimanfaatkan sebagai biodiesel di dalam proses industri. Reaksi pembentukan biodiesel secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Reaksi Transesterifikasi Pembuatan Biodiesel (Lee, 2009)

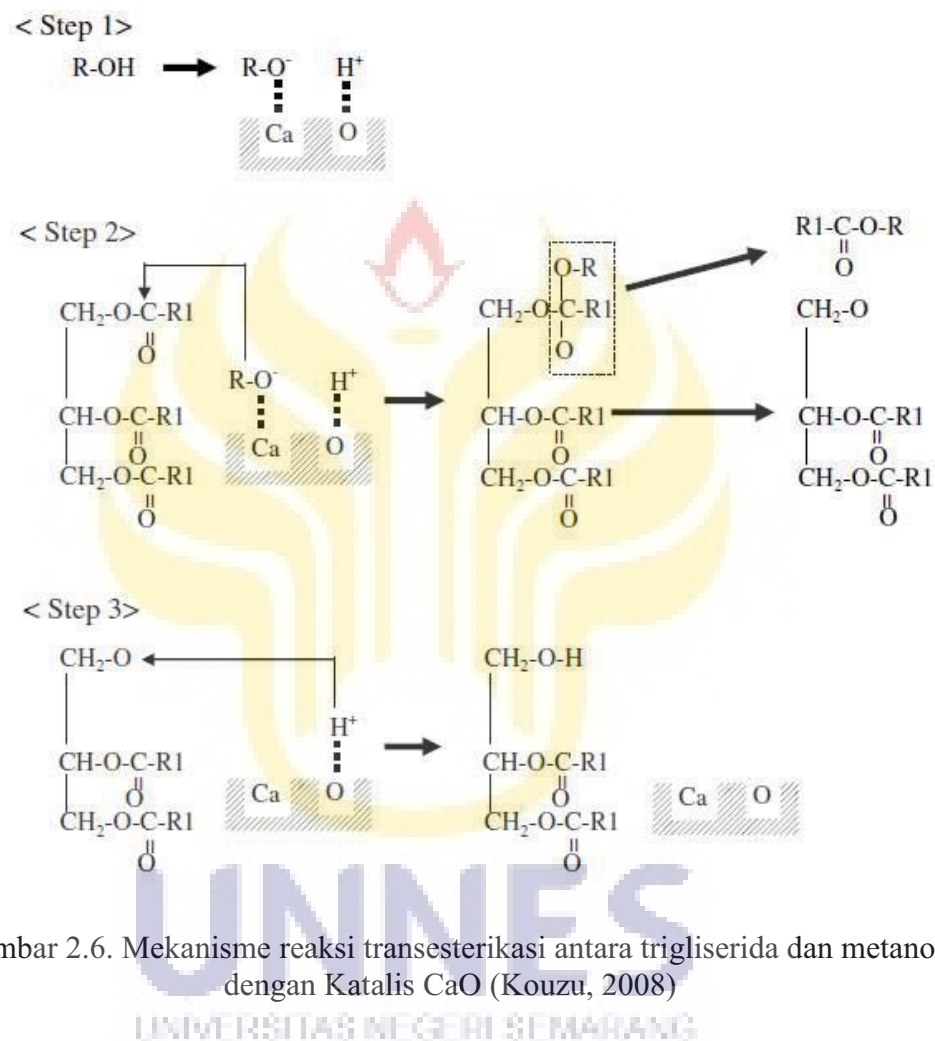
Biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan bahan bakar diesel (solar) dari minyak bumi. Biodiesel dapat menggantikan peran bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia, karena merupakan bahan bakar terbarui yang dapat menggantikan minyak diesel. Keuntungan penggunaan biodiesel menurut Kementerian Negara Riset dan Teknologi dalam Purwaningsih (2012) yaitu :

1. Angka setana tinggi (> 50). Semakin tinggi bilangan setana makin cepat pembakaran dan makin baik efisiensi termodinamisnya
2. *Flash point* tinggi, yakni suhu terendah yang dapat menyebabkan uap biodiesel menyala, sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan maupun di distribusikan dari pada solar
3. Tidak mengandung sulfur dan benzene yang mempunyai sifat karsinogen, serta dapat diuraikan secara alami
4. Memiliki viskositas baik sehingga mempunyai sifat pelumasan mesin yang lebih baik daripada solar, sehingga memperpanjang umur pemakaian mesin
5. Mudah dicampur dengan solar biasa dalam berbagai komposisi dan tidak memerlukan modifikasi mesin apapun
6. Mengurangi secara signifikan asap hitam dari gas buang mesin diesel, walaupun penambahan biodiesel ke dalam solar hanya 5-10%.

Reaksi Transterifikasi merupakan reaksi yang banyak digunakan untuk mensintesis biodiesel. Transesterifikasi merupakan tahap konversi dari trigliserida menjadi alkil alkanoat, melalui reaksi dengan alkohol dan menghasilkan produk samping berupa gliserol. Reaksi transesterifikasi dapat merubah sebuah tipe ester ke tipe ester yang lain dengan menggunakan alkohol (Encinar dkk, 2005). Diantara alkohol – alkohol yang menjadi sumber gugus alkil, metanol adalah yang paling banyak digunakan karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi, sehingga reaksi ini sering disebut juga sebagai reaksi metanolisis.

Pembuatan biodiesel dari minyak nabati dapat dilakukan melalui reaksi esterifikasi ataupun reaksi tranesterifikasi. Produksi biodiesel dengan metoda

transesterifikasi banyak digunakan dengan bantuan katalis basa, seperti natrium hidroksida dan kalium hidroksida (Kasim, 2010). Kouzu (2008) telah melakukan reaksi transesterifikasi biodiesel dengan minyak kedelai dan metanol menggunakan katalis CaO dengan menghasilkan *Yield* 93 %.



Gambar 2.6. Mekanisme reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan metanol dengan Katalis CaO (Kouzu, 2008)

2.5. Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Gelombang Mikro

Proses pembuatan biodiesel dilakukan dengan berbagai macam cara, salah satunya dengan transesterifikasi. Pada perkembangannya metode transesterifikasi dibedakan menjadi transesterifikasi konvensional dan modern. Metode konvensional dilakukan dengan bantuan pemanasan, sedangkan

metode modern dilakukan dengan bantuan gelombang mikro (Hidayanti, 2015).

Reaksi tranesterifikasi dengan bantuan gelombang mikro bertujuan untuk mereduksi energi dan waktu reaksi. Pembuatan biodiesel dengan bantuan gelombang mikro telah banyak dilakukan karena sangat efektif. Haryanto (2015) telah melakukan tranesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro dengan daya 399 watt dan frekuensi 2.450 MHz yang menghasilkan biodiesel sebesar 91,1% dengan waktu reaksi 30 detik dan dibantu katalis NaOH. Biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan bantuan gelombang mikro juga pernah dilakukan oleh Hidayanti pada tahun 2015. Hidayanti menggunakan *microwave* dengan daya 400 watt dan waktu reaksi 150 detik yang menghasilkan yield sebesar 93,22% dengan bantuan katalis KOH.

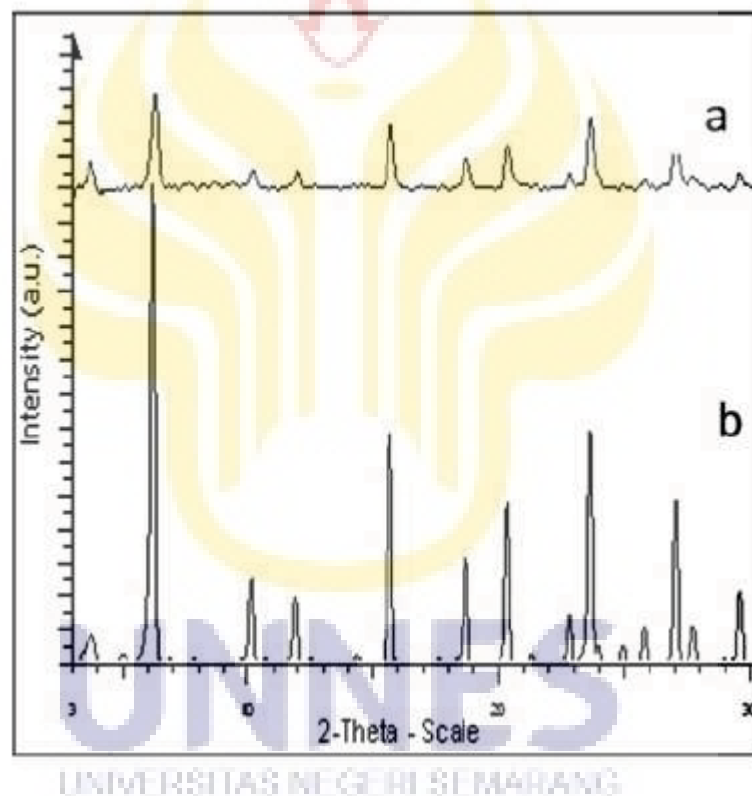
2.6. Karakterisasi

2.6.1. Analisis kristal dengan XRD

Difraksi sinar-X digunakan untuk memperoleh informasi tentang komposisi dan tingkat kristalinitas suatu material. Beberapa aplikasinya adalah mengidentifikasi sampel berdasarkan puncak kristalinitas dan pengukuran kisi kristal. Sampel dapat berupa serbuk, padatan, film atau pita. Difraksi sinar-X merupakan bentuk metode yang menggunakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek yang sesuai dengan jarak antar atom atau bidang kristal. Sinar-X dihasilkan dari tabung sinar-X yang terjadi akibat adanya tumbukan elektron-elektron yang bergerak sangat cepat dan mengenai logam sasaran, elektron ini membawa energi foton yang cukup untuk mengionisasikan

sebagian elektron di kulit K (1s), sehingga elektron yang berbeda pada orbital kulit luar akan berpindah dan mengisi orbital 1s dengan memancarkan sejumlah energi berupa sinar-X (Yulianti, 2011).

Taufiqurahmi dkk (2011) telah berhasil mensintesis zeolite nanopartikel dengan ukuran kisaran 50 nm. Ukuran ini dihasilkan dengan menggunakan persamaan Scherrer dengan hasil puncak intensitas yang ditunjukkan instrument XRD pada gambar 2.7.



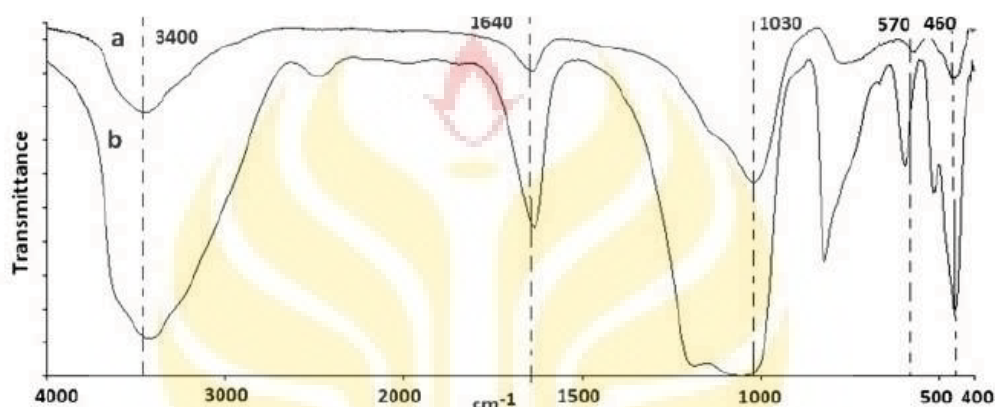
Gambar 2.7. Spektrum XRD (a) nanokristalin zeolite Y (b) mikrokristalin zeolite Y (Taufiqurahmi dkk, 2011)

2.6.2. *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk analisis hasil spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Absorpsi inframerah

oleh suatu materi dapat terjadi jika terpenuhinya dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipole selama vibrasi (Anam dkk , 2007).

Taufiqurahmi dkk (2011) telah berhasil mensintesis zeolite nanopartikel dengan ukuran kisaran 50 nm. Untuk spectrum FTIR dari zeolit-nanopartikel yang telah disintesis ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. (a) nanokristalin zeolit Y (b) mikrokristalin zeolit Y (Taufiqurahmi dkk, 2011)

2.6.3. Analisa Struktur Pori

Reaksi yang dikatalisa oleh material padatan banyak melibatkan pori-pori katalis tersebut sebagai tempat terjadinya reaksi. Sebagian reaksi katalisis tergantung pada luas permukaan katalis, dan sebagian tergantung pada sisi aktif katalis yang ada dalam pori-pori katalis. Oleh karena itu, analisa struktur pori dan permukaan suatu material sangat penting dilakukan dalam karakterisasi padatan.

Berbagai metode, teori dan persamaan telah dikembangkan diantaranya adalah metode Langmuir dan metode Brunauer-Emmett-Teller (BET). Keduanya digunakan untuk menentukan luas permukaan spesifik suatu padatan dari data adsorpsi isotherm gas. Luas permukaan merupakan satu parameter penting yang

menentukan kualitas padatan berpori (Octaviani, 2012). Luas permukaan spesifik merupakan parameter yang menggambarkan kapasitas adsorpsi suatu adsorben. Pada bidang katalis, luas permukaan spesifik merupakan gambaran banyaknya situs aktif yang ada pada permukaan katalis yang menentukan sifat katalitiknya. Pada elektroda sel elektrokimia, luas permukaan spesifik berhubungan dengan banyaknya transfer elektron yang terjadi pada daerah antar muka.

Taufiqurahmi dkk (2011) melakukan analisis terhadap zeolit-nanopartikel dengan metode BET dan T-Plot, keduanya menghasilkan luas area sebesar 1126 m²/g dan 679 m²/g. Volume total pori, ukuran pori rata-rata, dan kapasitas asam berturut-turut dihasilkan sebesar 1,34 cm³/g, 4,7Å, 0,696 mmol/g.

2.6.4. Kromatografi gas

Kromatografi adalah teknik pemisahan campuran berdasarkan perbedaan distribusi dari komponen – komponen dalam fasa gerak dan fasa diam. Fasa gerak dapat berupa cairan atau gas, sedangkan fasa diam dapat berupa padatan atau cairan. Jika fasa geraknya berupa cairan, maka disebut kromatografi cairan (*Liquid Chromatography*) dan jika fasa gerak berupa gas, maka disebut kromatografi gas (*Gas Chromatography*). Dasar pemisahan dengan metode *Gas Chromatography* (GC) adalah berdasarkan perbedaan koefisien partisi dari senyawa yang diuapkan antara fase cair dan fase gas yang dilewatkan dalam kolom dengan bantuan gas pembawa. Ketika senyawa meninggalkan kolom, senyawa akan melewati suatu detektor yang dihubungkan dengan suatu amplifier dan menuju alat pencatat yang akan mencatat puncak – puncak senyawa yang dilewati detektor. Gas pembawa dalam kromatografi gas dapat menggunakan gas nitrogen, helium atau argon (Bintang, 2010).

Gas Chromatography (GC) memiliki komponen utama berupa gas pembawa, injector, oven, kolom, detektor, dan rekorder. Bintang (2010) menjelaskan dalam kromatografi gas sistem detektor yang umum digunakan adalah detektor ionisasi nyala atau *Flame Ionisation Detektor* (FID). Detektor ionisasi nyala dapat digunakan hampir untuk semua senyawa organik sampai batas rendah satu nanogram, dan respon linear yang terluas berkisar 10^6 . FID memiliki kemampuan detektor terkecil 5×10^{-12} g/detik dan suhu tertinggi 400°C . Kromatogram merupakan kurva yang diperoleh dari pengukuran kromatografi.

Kromatogram terdiri dari sejumlah puncak yang menunjukkan jumlah komponen yang terdapat dalam cuplikan, sedangkan luas puncak menunjukkan konsentrasi komponen dalam cuplikan.

2.7. Penelitian Terkait

Kalsium oksida (CaO) merupakan katalis aktif dan telah lama diteliti untuk reaksi transesterifikasi sintesis biodiesel. Harganya yang murah dan memiliki kekuatan basa yang tinggi ($H_b=26,5$) serta kelarutan yang terbilang kecil di dalam metanol. CaO juga memiliki aktivitas yang tinggi dalam sintesis biodiesel. Wang dkk (2016) telah mensintesis CaO-ZrO₂ dengan menggunakan metode presipitasi. Pada penelitian tersebut CaO-ZrO₂ memiliki kekuatan basa yang lebih tinggi yang ditunjukkan dengan kurva TPD-CO₂ pada puncak desorpsi katalis CaO-ZrO₂ yang muncul pada suhu 475°C . Yulianti (2011) telah mengkombinasi CaO dan ZnO dengan metode kopresipitasi menghasilkan katalis CaO.ZnO dengan aktivitas katalitik terhadap reaksi sintesis biodiesel dari CPO lebih dari 90%. Widiarti (2015) juga mengkombinasi CaO dengan SrO

menggunakan metode impregnasi yang menghasilkan biodiesel berbahan dasar minyak jelantah dengan konversi sebesar 92,86%.

Kombinasi oksida basa logam golongan II A menghasilkan katalis dengan tingkat aktivitas yang besar pada sintesis biodiesel, namun sifat homogenitas katalis ini masih relative tinggi, yang dibuktikan dengan kadar oksida logam yang berkurang setelah reaksi selesai. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengemban yang cocok dan dapat mendukung untuk mengurangi sifat homogenitas dari katalis yang dibuat dari kombinasi oksida basa dengan logam golongan II A.

Zeolit merupakan salah satu katalis pendukung yang baik pada reaksi sintesis biodiesel. Zeolit juga salah satu katalis yang aktif dalam reaksi sintesis biodiesel maupun reaksi organik lain. Selain penggunaan aktivitas katalitik, luas permukaan suatu katalis juga dapat mempengaruhi produksi metil ester pada reaksi sintesis biodiesel. Taufiqurahmi dkk (2011) telah berhasil mensintesis Zeolit Y dekan ukuran 50 nm dengan metode sol – gel.

Pengkombinasian CaO dan zeolit telah dilakukan Taslim (2016) dalam membuat biodiesel dari *treated waste cooking oil* (TWCO). CaO yang digunakan berasal dari cangkang telur, sedangkan zeolit alam digunakan sebagai pengemban. Penambahan CaO ke dalam zeolit berhasil memberikan dampak pada hasil biodiesel. Hasil maksimal yang didapat dengan perbandingan CaO : Zeolit alam adalah 1 : 3 dengan hasil biodiesel menghasilkan lebih dari 90%.

BAB 5

PENUTUP

Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut:

Simpulan:

1. Ukuran partikel yang diperoleh berdasarkan analisis XRD melalui persamaan *Scherrer* adalah 24,9915 nm. Menurut analisis XRD, Kristal zeolite-nanopartikel memiliki tipe yang sama dengan zeolit Y.
2. Analisis luas permukaan 12%CaO/Zeolit-nanopartikel dengan metode BET diperoleh luas permukaan, ukuran pori, volum pori berurut-turut 206,222 m²/g, 6,63380 10¹ Å, dan 6,840 10⁻¹ cc/g.
3. Struktur katalis setelah dilakukan modifikasi dengan CaO mengurangi tingkat kristalinitas dari zeolit.
4. Aktivitas katalis CaO/zeolit-nanopartikel diperoleh kondisi optimal pada jenis katalis 12%CaO/zeolit-nanopartikel dengan waktu reaksi 40 detik, pada daya 160 watt dan frekuensi 2450 MHz dengan konversi area produk 88,9 %.
5. Analisis menggunakan GCMS pada reaksi menghasilkan persen area metil palmitat 6,51% dan metil linoleat sebanyak 4,83%.

Saran yang diajukan dalam penelitian ini adalah.

1. Perlu dilakukannya kombinasi metode sintesis zeolit demi memperoleh waktu sintesis yang efisien dan hasil maksimal.
2. Saat proses hidrotermal, perlu adanya penambahan temperature untuk meningkatkan kristalinitas zeolit.
3. Pada proses kalsinasi katalis, temperature harus dinaikkan untuk memperoleh hasil katalis dengan kristalinitas yang baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahkam, M. 2012. *Skripsi dan Karakterisasi Membran Nanozeolit Y untuk Aplikasi Pemisahan Gas Metanol-Etanol*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Anam, C., Sirojudin, Firdaus, K. S. 2007. Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji Bensin dan spiritus menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, 10(1): 79-88.
- Arifin. 2015. *Sintesis Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Menggunakan Katalis Zeolit Alam Termodifikasi*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Ariyanto, Yateman., Bambang S., John W., and Anida Chua-Anusorn. 2000. Engines of Creation. *Proceeding the 2nd Pasific Basin Conference on Adsorption Science and Technology*. Brisbane.
- Bekum, H., E.M. Flanigen., J.C. Jansen. 1991. *Introduction to Zeolite Science and Practice*. Elsevier.
- Bintang, M. 2010. *Biokimia Teknik Penelitian*. Jakarta: Erlangga.
- Bohra, S., Debtosh Kundu dan Milan kanti Naskar. 2013. Synthesis of cashew nut-like zeolite NaP powders using agro-waste material as silica source. *Materials Letters* (106) 182-185.
- Buasri, A., B. Ksapabutr, M. Panapoy, and N. Chaiyut. 2012. Biodiesel Production from Waste Cooking Palm Oil Using Calcium Oxide Supported on Activated Carbon as Catalyst In A Fixed Bed Reactor. *Korean J. Chem. Eng.*, 29(12): 1708-1712.
- Budianto, A., Purwanti E., Marta M., dan Retta D.M. 2002. Pengaruh Suhu Konversi Terhadap Proses Konversi Metana Dengan Katalis Zeolit Termodifikasi, *Jurnal IPTEK, Media Komunikasi Teknologi*, (8)3, ISSN No 1411-7010, 111 – 122.
- Carmo, A.C., Luiz K.C., Carlos E.F., Longo, E., José R.Z, dan Geraldo N. 2009. Production of biodiesel by esterification of palmitic acid over mesopori aluminosilicate Al-MCM-41. *Fuel*. Vol. 88 . hal. 461-468.
- Corma, Avelino, Cristina Martinez, Eric Diskocil. 2013. Designing MFI-based catalysts with improve catalyst life for C₃ and C₅ oligomerization to high-quality liquid fuels. *ScienceDirect, Journal Of Catalysis* (300) 183-196.

- Encinar J.M., González J.F and Rodríguez-Reinares A. 2005. Biodiesel from used frying oil. Variables affecting the yields and characteristics of the biodiesel. *Ind. Eng. Chem. Res.* (44)5491–5499.
- Endahroyani, C. 2009. *Uji Aktivitas Katalis Fe₂O₃/TS-1 pada Reaksi Hidroksilasi Fenol*. Tesis. Surabaya: Jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Estiaty, L.M. 2010. Rekayasa Mineral Zeolit dengan Teknik Wet Impregnation Logam Inhibitor sebagai Bahan Dasar Anti-Septik dengan Metode Aliran Kontinyu. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 9(2): 61-70.
- Fanny, Widdy A., Subagjo, Tirto Prakoso. 2012. Pengembangan Katalis Kalsium Oksida Untuk Sintesis Biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11(2): 66-73.
- Haag, W.O. 1984. *Heterogenous catalysis*. Texas: A&M University Press.
- Hapsari, Y. R. 2010. *Konversi Jelantah menjadi Biodiesel dan Uji Unjuk Kerjanya*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Haryanto A., Uly S., Sugeng T., dan Sigit P. 2015. Produksi Biodiesel dari Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Biodiesel. *AGRITECH*, 35(2): 234-240.
- Hidayanti, N., Nurcahyanti A., Rahmawati J., A. Suryanto dan Mahfud. 2015. Produksi Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Katalis Basa Melalui Proses Transesterifikasi Menggunakan Gelombang Mikro (*Microwave*). *Teknik Kimia* 10 (1): 13-18.
- Ibrahim, Ahmed A. S., Bugaje I.M., Mohammed D., Ugwumma C. D. 2013. Synthesis of Bulk Calcium Oxide (Cao) Catalyst and its Efficacy for Biodiesel Production. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 3(12): 14-17.
- Kasim, R. 2010. *Desain Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Crude Palm Oil (CPO) Melalui Metode Dua Tahap Esterifikasi-Transesterifikasi*. Tesis. Bandung: Institut Pertanian Bogor.
- Khabuanchalad S., Pongtanawat K., Sanchai P., dan Jatuporn W. 2008. Transformation Of Zeolite Nay Synthesized From Rice Husk Silica To Nap During Hydrothermal Synthesis. *Suranaree J. Sci. Technol.* 15(3):225-231.
- Khalifah, S.N. 2010. *Sintesis Katalis ZSM-5 Mesopori dan Aktivasnya pada Esterifikasi Minyak Jelantah untuk Produksi Biodiesel*. Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

- Kouzu M., Takekazu K., Masahiko T., Yoshikazu S., Shinya Y., dan Jusuke H. 2008. Calcium oxide as a solid base catalyst for transesterification of soybean oil and its application to biodiesel production. *Elsevier Fuel*, 87 (2008) 2798–2806.
- Lee, D. W., Y. M. Park, K. Y. Lee. 2009. Heterogeneous Base Catalysts for Transesterification in Biodiesel Synthesis. *Catal Surv Asia*, (2009) 13:63–77.
- Liu, X., He. H, Wang, Y. Zhu, SPiao, X. 2008. Transesterifikasi of Soybean Oil to Biodiesel Using CaO as a Solid Base Catalyst. *Elsevier Fuel*, (87), 216-221.
- Majid, Arief B., Wega Trisunaryanti, Yoga Priastomo, Erna Febriyanti, Syafitri Hasyati, Again Nugroho. 2012. Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Indonesia pada Hidro rengkah Ban Bekas dengan Preparasi Sederhana. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2012 – ISBN : 978-979-028-550-7*. Surabaya, 25 Pebruari 2012
- Mar, Win Win dan Ekasith Somsook. 2012. Methanolysis of soybean oil over KCl/CaO solid base catalyst for biodiesel production. *ScienceAsia*, (38): 90–94.
- McNeff, C.V., McNeff, L.C., Yan, B., Nowlan, D.T., Rasmussen, M., Gyberg, A.E., Krohn, B.J., Fedie, R.L., dan Hoye, T. R. 2008. A continuous catalytic system for biodiesel production. *Applied Catalysis A: General*, 343(1-2), 39–48.
- Moneim, Mohamed A. dan Ezzat A. Ahmed. 2015. Synthesis of Faujasite from Egyptian Clays: Characterizations and Removal of Heavy Metals. *Geomaterials*, 2015, 5, 68-76.
- Octaviani, S. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi Zeolit ZSM-5 Mesopori dengan Metode Desilikasi dan Studi Awal Katalisis Oksidasi Metana*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Padil, Silvia, A., Yelmida, A. 2010. Penentuan Temperatur terhadap Kemurnian Selulosa – α Batang Sawit Menggunakan Ekstrak Abu TKS. *Pengembangan dan Keberlanjutan Energi di Indonesi*. ISBN 978-602-96729-0-9. 2A07.
- Petit de pena, Yaneira dan Wendy Rondon. 2013. Linde Type a Zeolite and Type Y Faujasite as a Solid-Phase for Lead, Cadmium, Nickel and Cobalt Preconcentration and Determination Using a Flow Injection System Coupled to Flame Atomic Absorption Spectrometry. *American Journal of Analytical Chemistry*, 2013, 4, 387-397.
- 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 2012* – ISBN : 978-979-028-550-7 Surabaya, 25 Pebruari 2012.
- Purwaningsih, E. 2012. *Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa dengan Metanol Menggunakan Katalis Bentonit*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Qamar M., I. Baig, A.M. Azad, M.I. Ahmed, M. Qamaruddin. 2016. Synthesis of mesoporous zeolite Y nanocrystals in octahedral motifs mediated by amphiphilic organosilane surfactant. *Elsevier Chemical Engineering Journal*, (290): 282–289.
- Rachmaniah, O. 2005. Studi Transesterifikasi berkatalis Asam Triglyceride dan Fatty Acid dari Minyak Mentah Dedak Padi menjadi Biodiesel. *Prosiding Seminar Nasional, XII - FTI-ITS*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Smith, Gerard V. dan Ferenc Notheisz. 2000. *Heterogeneous Catalysis in Organic Chemistry*. Elsevier.
- Taslim, Meilia dan Nike Taruna. 2016. Potensi Zeolit Alam dan CaO dari Cangkang Telur Ayam Sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel dari *Treated Waste Cooking Oil* (TWCO). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1-5.
- Taufiqurrahmi, N., Abdul Rahman Mohamed., Subhash Bhatia. 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.
- Triyono. 2008. *Kimia Katalis*. Yogyakarta: Fakultas MIPA UGM.
- Wang, Jing-Quan, Ya-Xi Huang, Yuanming Pan, Jin-Xiao Mi. 2016. New hydrothermal route for the synthesis of high purity nanoparticles of zeolite Y from kaolin and quartz. *Elsevier, Microporous and Mesoporous Materials* (232) 77-85.
- West, A.R. 1984. *Solid State Chemistry and its Applications*. New york: John Wiley.
- Widiarti, N dan E Kusumastuti. 2015. Modifikasi Katalis CaO dengan SrO pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel. *Jurnal Mipa*. 38 (1) 49-56.
- Wongkasemjit, S., M. Sathupunya., and Gulari. 2002. ANA and GIS zeolite synthesis directly from aluminatane and silatane by sol-gel process and microwave technique. *J. of the European Ceramic Society*. 22. pp. 2305– 2314.
- Yalman, Emir. 2012. Biodiesel Production From Safflower Using Heterogeneous Cao Based Catalysts. *Tesis*. Izmir: Izmir Institute of Technology.

- Yulianti, H.C. 2011. *Sintesis Katalis Nanopartikel CaO.ZnO dan Aktivitasnya pada Transesterifikasi Refined Palm Oil untuk Produksi Biodisel*. Tesis. Surabaya: Jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November.
- Zhang, J., Shangxing C., Rui Y. dan Yuanyuan Y. 2010. Biodiesel production from vegetable oil using heterogenous acid and alkali catalyst. *Elsevier, Fuel* 89 (2010), 2939–2944.

