

**STUDI PENGGUNAAN KATALIS ZEOLIT ALAM DAN
BENTONIT DALAM KONVERSI GLUKOSA DAN
FRUKTOSA MENJADI ASAM LEVULINAT**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Di Bidang Studi Kimia
Pada Fakultas MIPA**

Oleh :

**ROHMATULLAILI
08081003011**



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2012**

S

847.781307

Roh

S

2013

C-0730450



**STUDI PENGGUNAAN KATALIS ZEOLIT ALAM DAN
BENTONIT DALAM KONVERSI GLUKOSA DAN
FRUKTOSA MENJADI ASAM LEVULINAT**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di
bidang studi Kimia pada Fakultas MIPA**

Oleh :

ROHMATULLAILI

08081003011



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2012

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Makalah : Studi Penggunaan Katalis Zeolit Alam dan Bentonit dalam
Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat

Nama Mahasiswa : Rohmatullaili

NIM : 08081003011

Jurusan : Kimia

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 24 Oktober 2012

Indralaya, Oktober 2012

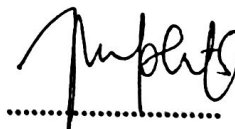
Pembimbing :

1. Aldes Lesbani, M.Si., Ph.D



.....

2. Nurlisa Hidayati, S.Si., M.Si.



.....



HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Makalah : Studi Penggunaan Katalis Zeolit Alam dan Bentonit dalam Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat

Nama Mahasiswa : Rohmatullaili

NIM : 08081003011

Jurusan : Kimia

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 Oktober 2012. Dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan panitia siding ujian skripsi.

Indralaya, Oktober 2012

Pembimbing :

1. Aldes Lesbani, M.Si., Ph.D.


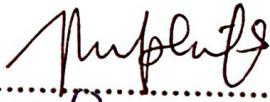
2. Nurlisa Hidayati, S.Si., M.Si.

Pembahas :

3. Dr. Suheryanto, M.Si.

4. Dr. Elfita, M.Si

5. Nova Yuliasari, M.Si.



Ketua Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya




Dr. Suheryanto, M.Si
NIP. 196006251989031006

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Rohmatullaili
NIM : 08081003011
Fakultas/Jurusan : MIPA/ Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, Oktober 2012
Penulis,



Rohmatullaili
08081003011

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKSASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rohmatullaili
NIM : 08081003011
Fakultas/Jurusan : FMIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

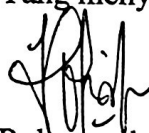
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Studi Penggunaan Katalis Zeolit Alam dan Bentonit dalam Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/memformatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Oktober 2012
Yang menyatakan,



Rohmatullaili
NIM. 08081003011

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Skripsi ini kupersembahkan untuk....
Mama, papa, adin, dan binaku tercinta
Keluarga, sahabat, segenap teman seperjuangan
And someone there.....*

*“jangan pernah takut bermimpi, bermimpilah setinggi-tingginya..
karena mimpi tidak akan pernah meninggalkan orang-orang yang benar-benar
mengejar dan percaya bahwa ia akan meraihnya...
cukup lakukan yang terbaik untuk semua hal, karena Allah akan memberikan
yang kita butuhkan,
AND I NEED THE BEST*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT penulis ucapkan karena berkat karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas akhir dan skripsi yang berjudul “Studi Penggunaan Katalis Zeolit Alam dan Bentonit dalam Konversi Glukosa dan Fruktosa Menjadi Asam Levulinat”. Adapun skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi syarat menyelesaikan tugas akhir serta untuk memperoleh gelar sarjana sains jurusan kimia FMIPA UNSRI.

Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang berperan secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir dan Skripsi ini. Ucapan yang tulus penulis ucapkan kepada:

- Bapak M. Irfan selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Ketua Jurusan Kimia, Pak Dr. Suheryanto, M.Si. dan Sekretaris Jurusan Kimia Ibu Widya Purwaningrum, M.Si yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.
- Bapak Aldes Lesbani, M.Si., Ph.D sebagai pembimbing utama Tugas Akhir dan Skripsi, atas bimbingan dan motivasi yang senantiasa diberikan kepada penulis selama ini.
- Ibu Nurlisa Hidayati, M.Si selaku pembimbing kedua, atas waktu serta bimbingannya.
- Ibu Dosen Pembahas Dr. Elfita, M.Si., ibu Nova Yuliasari, M.Si., ibu Fahma Riyanti, M.Si., serta bapak Dr. Suheryanto, M.Si yang telah memberi masukan-masukan yang sangat membangun dalam skripsi ini.
- Dosen-dosen dan Guru-guru yang amat berjasa dalam memberikan pendidikan dan pengetahuan kepada penulis.
- Pak Manto dan Pak Made selaku analis laboratorium yang telah banyak membantu alat penelitian serta berbagi ilmu dalam penulisan skripsi ini.

- Kedua orang tuaku tercinta yang telah mencurahkan seluruh yang mereka miliki dengan tulus, kasih sayang, doa, dan melakukan yang terbaik untukku, yang menjadi semangat hidupku.
- Adik-adikku adin dan bina yang menjadi sumber senyumanku serta sumber inspirasiku.
- Muhammad Hamsin yang selalu menyemangati, menjadi inspirasi, serta siap setiap waktu untuk mendengarkan semua keluh kesah.
- Keluarga besarku yang selalu mendukung dan mendoakanku.
- Sahabat-sahabat terbaik yang telah dipertemukan di Kimia, Citra, Febby, Muthia, Sheila, Henni, Winda dan Ine.
- Teman satu tim penelitian, Tari dan Febby, dan juga seluruh teman-teman satu angkatan Kimia 08 yang menjadi sumber inspirasi, Dian, Niken, Fadly, Erwin dkk, Tika, dan yang lainnya tanpa terkecuali, tetap semangat, karena kita bertemu untuk sukses, serta
- teman-teman KKN, Niken, Dery, Dewi dan Mika yang bersama belajar cara menghadapi masalah dan telah banyak memberikan pengalaman hidup dan semangat.

Penulis juga menyadari masih banyak kekurangan dalam pembuatan penulisan skripsi ini. Saran dan kritik yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik sangat penulis harapkan, demikianlah penulis harapkan agar karya ini mampu bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, Oktober 2012

Penulis

**CATALYTIC CONVERSION OF GLUCOSE AND FRUCTOSE INTO
LEVULINIC ACID USING NATURAL ZEOLITE
AND BENTONITE AS CATALYST**

**By
ROHMATULLAILI
08081003011**

ABSTRACT

Conversion of glucose and fructose into levulinic acid has been carried out using natural zeolite and bentonite as catalysts. Natural zeolite and bentonite were characterized using X-Ray Diffractometer and FT-IR spectrophotometer before catalytic process. Reaction of glucose and fructose in water medium at 80°C using natural zeolite and bentonit until 10 hours did not produce levulinic acid. The extended reaction time until 30 hours produce hydroxymethyl furfural as by-product. Optimatation reaction through variation of temperature also did not produce levulinic acid as main product.

Keywords : Glucose, fructose, natural zeolite, bentonite, levulinic acid.

**STUDI PENGGUNAAN KATALIS ZEOLIT ALAM DAN BENTONIT
DALAM KONVERSI GLUKOSA DAN FRUKTOSA
MENJADI ASAM LEVULINAT**

OLEH

**ROHMATULLAILI
08081003011**

ABSTRAK

Zeolit alam dan bentonit telah digunakan sebagai katalis dalam konversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat. Zeolit dan bentonit diidentifikasi menggunakan Difraktometer Sinar-X dan Spektrofotometer FT-IR sebelum digunakan sebagai katalis. Glukosa dan fruktosa direaksikan dalam medium air pada temperatur 80°C dengan katalis zeolit alam dan bentonit pada waktu sampai dengan 10 jam tidak menghasilkan asam levulinat. Perpanjangan waktu reaksi sampai dengan 30 jam menghasilkan produk samping hidrosimetilfurfural. Optimasi reaksi melalui variasi temperatur juga tidak menghasilkan asam levulinat.

Kata kunci : glukosa, fruktosa, zeolit alam, bentonit, asam levulinat.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Katalis.....	4
2.2 Zeolit.....	6
2.2.1 Aktivitas Zeolit sebagai Katalis.....	7
2.3 Glukosa dan Fruktosa.....	9
2.3.1 Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	11
2.4 Asam Levulinat.....	12

2.5 Spektroskopi IR dan FT-IR.....	13
2.6 Difraktometer Sinar-X.....	15
2.7 Kromatografi Gas (GC).....	16
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat.....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1 Identifikasi Zeolit Alam dengan Difraktometer Sinar X (XRD) dan Spektrofotometer FT-IR.....	20
3.3.2 Pemilihan Medium Reaksi.....	20
3.3.3 Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	21
3.3.4 Optimasi Studi Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	22
3.3.5 Analisa Data.....	23
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Identifikasi Zeolit Alam dengan Difraktometer Sinar-X (XRD) dan Spektrometer FT-IR.....	24
4.1.1 Identifikasi dengan Difraktometer Sinar-X.....	24
4.1.2 Identifikasi dengan Spektrometer FT-I.....	25
4.2 Pemilihan Medium Reaksi (Solven).....	27
4.3 Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	28
4.3.1 Uji Kualitatif Asam Levulinat Hasil Konversi dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT).....	28
4.3.2 Uji Kuantitatif Asam Levulinat Hasil Konversi dengan Kromatografi Gas.....	30
4.4 Optimasi Studi Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	37
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jenis mineral seolit yang terdapat dalam batuan zeolit alam.....	7
Tabel 2. Uji Kelarutan Glukosa dan Fruktosa.....	27
Tabel 3. Seleksi eluen untuk Asam Levulinat.....	28
Tabel 4. Hasil KLT reaksi konversi glukosa dan fruktosa dengan katalis zeolit alam dan bentonit pada temperatur reaksi 80°C.....	29
Tabel 5. Hasil analisis sampel asam levulinat dengan GC.....	32
Tabel 6. Hasil analisis GC dari asam levulinat produk konversi glukosa dan fruktosa dengan katalis zeolit alam dan bentonit selama 30 jam pada temperatur reaksi 80°C.....	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema pembentukan struktur tiga dimensi zeolit.....	6
Gambar 2. Struktur glukosa dalam proyeksi Fischer dan Haworth.....	9
Gambar 3. Struktur fruktosa dalam proyeksi Fischer dan Haworth.....	10
Gambar 4. Reaksi konversi D-glukosa menjadi Asam Levulinat.....	11
Gambar 5. Mekanisme reaksi konversi glukosa/fruktosa menjadi asam levulinat menggunakan katalis asam.....	13
Gambar 6. Diagram kerja kromatografi gas.....	18
Gambar 7. Pola difraksi XRD zeolit alam.....	25
Gambar 8. Pola difraksi XRD bentonit.....	25
Gambar 9. Spektra FT-IR zeolit alam.....	26
Gambar 10. Spektra FT-IR bentonit.....	26
Gambar 11. Kurva kalibrasi asam levulinat standar.....	31
Gambar 12. Kromatogram GC-MS sampel hasil reaksi konversi glukosa menjadi asam levulinat dengan katalis zeolit alam.....	34
Gambar 13. Spektra FT-IR zeolit sebelum dan sesudah digunakan sebagai katalis.....	35
Gambar 13. Spektra FT-IR bentonit sebelum dan sesudah digunakan sebagai katalis.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Difraktogram XRD dari zeolit alam dan bentonit serta perbandingannya dengan difraktogram standar.....	43
Lampiran 2. Hasil KLT seleksi eluen untuk asam levulinat.....	45
Lampiran 3. Hasil KLT reaksi konversi glukosa dan fruktosa dengan katalis zeolit alam dan bentonit pada temperatur reaksi 80°C.....	46
Lampiran 4. Kromatogram asam levulinat standar sebagai data kurva kalibrasi.....	47
Lampiran 5. Kromatogram GC dari sampel asam levulinat hasil reaksi konversi glukosa dan fruktosa dengan katalis zeolit dan bentonit.....	49
Lampiran 6. Kromatogram GC dari sampel asam levulinat hasil reaksi konversi glukosa dan fruktosa dengan katalis zeolit dan bentonit selama 30 jam.....	57
Lampiran 7. Kromatogram GC-MS sampel hasil reaksi konversi glukosa menjadi asam levulinat dengan katalis zeolit alam.....	59
Lampiran 8. Spektra FT-IR zeolit alam dan bentonit sebelum dan setelah digunakan sebagai katalis dalam reaksi konversi.....	65
Lampiran 9. Kromatogram GC sampel asam levulinat yang dioptimasi melalui temperatur reaksi konversi.....	69
Lampiran 10. Perhitungan Limit Deteksi Hasil Analisa dengan Metode Kromatografi Gas.....	73

BAB I

PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang

Asam levulinat dan turunannya telah dikenal sebagai molekul yang menjanjikan untuk memproduksi bahan bakar, misalnya etil levulinat dan metil tetrahidrofuran yang dapat digunakan sebagai bahan aditif dalam bahan bakar minyak, yaitu untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam bahan bakar (Huber, *et al.*, 2006). Asam levulinat bisa didapat dari bahan alam seperti selulosa dan turunannya, yang diperoleh melalui reaksi katalitik menggunakan katalis (Lange, 2009).

Penggunaan katalis dalam suatu reaksi kimia berfungsi untuk mempercepat berlangsungnya reaksi kimia dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru. Dengan menurunnya energi pengaktifan maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Pentingnya katalis ditunjukkan oleh kenyataan bahwa lebih dari 75% proses produksi bahan kimia di industri menggunakan katalis, dan tanpa bantuan katalis tidak bisa didapat produk yang diinginkan.

Katalis dibedakan menjadi dua golongan yaitu katalis homogen dan heterogen. Penggunaan katalis heterogen dinilai kurang efektif, walaupun demikian karena mudah dipisahkan dari campuran reaksinya dan kestabilannya terhadap perlakuan panas, katalis heterogen lebih banyak digunakan dalam industri kimia (Rosdiana, 2006).

Salah satu katalis heterogen yang sangat sering digunakan adalah zeolit alam, yang merupakan mineral alumina silikat terhidrat yang tersusun atas tetrahedral-tetrahedral alumina (AlO_4^{5-}) dan silika (SiO_4^{4-}) membentuk struktur bermuatan negatif dan berongga terbuka/berpori (Rosdiana, 2006). Kemampuan zeolit untuk mengkatalisis suatu reaksi kimia dikarenakan oleh sifatnya sebagai padatan asam akibat adanya sisi-sisi asam, baik sisi asam Bronsted maupun Lewis yang dipengaruhi oleh rasio Si dan Al.

Dalam penelitian sebelumnya, telah banyak katalis yang digunakan dalam proses konversi selulosa dan turunannya (termasuk glukosa) menjadi asam levulinat. Diantaranya yaitu senyawa polioksometalat yang merupakan jenis katalis heterogen dengan sifat asam Bronsted yang kuat, digunakan dalam proses konversi selulosa dari kayu gelam menjadi asam levulinat sebanyak 2,6% (Monariqsa, 2012). Hegner (2010) juga melaporkan bahwa asam levulinat sebanyak 2% dapat diperoleh dari proses konversi selulosa menggunakan katalis asam.

Konversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat biasanya dilakukan dengan temperatur tinggi dan katalis yang mahal seperti katalis platina dan rutenium. Asam-asam mineral seperti asam sulfat dan asam klorida juga dapat digunakan sebagai katalis namun dengan efisiensi rendah dan asam-asam ini bersifat korosif. Pada penelitian ini mengkaji konversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat dengan katalis senyawa zeolit alam dan bentonit yang banyak ditemui di Indonesia. Optimasi reaksi konversi dilakukan menggunakan variasi temperatur reaksi dimana pada temperatur optimum diharapkan akan

menghasilkan produk reaksi yang paling banyak, sehingga dapat dijadikan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

1.2 Perumusan Masalah

Glukosa dan fruktosa bisa dikonversi menjadi asam levulinat. Proses ini memerlukan katalis yang selektif sehingga dapat diperoleh asam levulinat dengan persentase yang tinggi. Seberapa besar efektifitas penggunaan zeolit alam dan bentonit sebagai katalis dalam reaksi konversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat dikaji dalam penelitian ini.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Mengidentifikasi zeolit alam dan bentonit menggunakan difraksi sinar-X (XRD) dan spektrometer FT-IR.
2. Mengkonversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat menggunakan katalis zeolit alam dan bentonit, serta studi optimasi reaksi konversi melalui variasi temperatur reaksi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan asam levulinat sebagai bahan aditif untuk bahan bakar dari sumber terbarukan sehingga diperoleh aditif bahan bakar terbarukan yang lebih berkualitas dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anih, A., Hidayat, H A., Rosliana, I. (2010). *Penentuan Kadar Xilena Dalam Sampel Pertamina Dengan Metode Kromatografi Gas*. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia.
- Anonim. (2007). *Karbohidrat dan Penyusunnya*. Tersedia pada [http://wikipedia/wiki/glukosa. htm/](http://wikipedia/wiki/glukosa.htm/). Diakses pada 18 April 2012.
- Anonim. (2009). *Struktur Zeolit dan Skema Pembentukannya*. Tersedia pada http://wikipedia/wiki/zeolit_struktur_dan_pembentukan/html. Diakses pada 15 April 2012.
- Atkins, P.W., Overton, Rourke, Weller, Armstrong. (2006). *Inorganic Chemistry*. 4th Edition. London : Oxford.
- Aziz, M.G., Yusof, Y.A., & Kulbe, K.D. (2011). Production and Application of Glucose – Fructose Oxireductase for Conversion of Pineapple Juice Sugars. *African Journal of Microbiology Research Vol. 5*, 28, 5046-5052.
- Chang, R. (2010). *Chemistry*. 10th Edition. New York : McGraw-Hill Companies, Inc.
- Charlena. (2008). *Uji Ketahanan dan Kinerja Adsorben Modifikasi dari Kitosan-Benonit*. Skripsi Jurusan Pendidikan Kimia FKIP Universitas Pendidikan Indonesia.
- Chorkendroff, I., & Niemantsverdiel, J W. (2003). *Concepts of Modern Catalysis and Kinetics*. New York. : Wiley-VCH GmbH&Co.
- Clark, J. (1979). *Industrial Mineral : Zeolites the Hydrothermal Deposit*. New York : Pergamon.
- Fruton, J.S. (1972). *Molecules of Life*. Wiley : Interscience.
- Gotardi, G., & Galli, E. (1985). *Natural Zeolites*. New York : Springer Verlag.
- Gritter, R J., Bobbit, J M., Schwarting, A E. (1991). *Pengantar Kromatografi*. Edisi ke-2. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Hegner, J., Pereira, K C., DeBoef, B., Lucht, B L. (2010). Conversion of Cellulose to Glucose and Levulinic Acid Via Solid-Supported Acid Catalysis. *Tetrahedron Letters*, 51, 2356-2358.
- Horvat, J., Klaić, B., Metelko, B., Sunjic, V. (1999). *Tetrahedron Letters*, 26, 2111.

- Huber, G W., Iborra, S., Corma, A. (2006). Synthesis of Transportation Fuels from Biomass : Chemistry, Catalysts, and Engineering. *Chem. Rev*, 106, 4071-4084.
- Huff, W.D., Whiteman, J.A., Curtis, C.D. (1988). Investigation of A K-Bentonite by X-Ray Powder Diffraction and Analytical Transmission Electtom Microscopy. *Clays and Clay Minerals*, 36, 1, 83-93.
- Hyvonen, L., & Koivistoinen, P. (1982). Fructose in Food Systems. *Proceeding of Nutritive Sweeteners*. London & New Jersey : Applied Science Publishers.
- Kirk & Othmer. (1995). *Encyclopedia of Chemical Technology*. 4th Editon. New York : J Wiley.
- Lange, J P., Van De Graaf, W D., Haan, R J. (2009). Conversion of Furfuryl Alcohol Into Ethyl Levulinate Using Solid Acid Catalysis. *Chem Sus Chem*, 2, 437-441.
- Leonard & Fitzpatrick, S W. (2002). *Final Technical Report Commercialization of the Biofine Technology for Levulinic Acid Production from Paper Sludge*. Washington DC : BioMetics Inc.
- Monariqsa, D. (2012). *Studi Penggunaan Katalis Polioksometalat dalam Konversi Selulosa dari Kayu Gelam (Melaleuca leucadendron Linn) menjadi Asam Levulinat*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Ratnayani, K., Adhi, Dwi S. & Gitadewi. (2008). Penentuan Kadar Glukosa dan Fruktosa pada Madu Randu dan Madu Kelengkeng dengan Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. *Jurnal Kimia* 2, 2, 77-86.
- Rosdiana, T. (2006). *Pencirian dan Uji Aktivitas Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sastrohamidjojo. (1992). *Spektroskopi Infra Merah*. Yogyakarta : Liberty.
- Setiadi & Pertiwi, A. (2007). Preparasi dan Karakterisasi Zeolit Alam untuk Konversi Senyawa Abe menjadi Hidrokarbon. *Prosiding Kongres dan Simposium Nasional Kedua MKICS 2007*. Jakarta.
- Sjostrom, E. (1998). *Kimia Kayu: Dasar-dasar dan Penggunaan*. Edisi ke-2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Smith, J.V. (1988). Topochemistry of Zeolites and Related Materials, Topology and Geometry. *Chem Rev*, 88, 149-182.

- Stahlberg, T., Fu, W., Woodley, J M., Riisager, A. (2011). Synthesis of 5-(Hydroxymethyl) Furfural In Ionic Liquids: Paving The Way to Renewable Chemicals. *Chem Sus Chem*, 4, 451-458.
- Stenerson, K. (1999). *Capillary GC Troubleshooting : a Practical Approach*. Supelco Park : Sigma-Aldrich Co.
- Tarigan, S. (2003). Aktivitas Katalis Cr/Zeolit dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton. *Jurnal Ilmu Dasar*, 3, 48-52.
- Treacy, M.M.J. & Higgins, J.B. (2001). *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites*. Amsterdam : Elsevier.
- Zhang, J., Degirmenci, V., Li, C., Hensen E J M. (2011). Phosphotungstic Acid Encapsulated in Metal-Organic Framework as Catalyst for carbohydrate dehydration to 5-Hydroxymethylfurfural. *Chem Sus Chem*, 4, 59-64.
- Zhang, Z., Wang, Q., Xie, H., Liu, W., Zhuo, Z. (2011). Catalytic conversion of Carbohydrates into 5-Hydroxymethylfurfural by Germanium (IV) Chloride in Ionic Liquids. *Chem Sus Chem*, 4, 131-138.