

**STUDI KONVERSI GLUKOSA DAN FRUKTOSA
MENJADI ASAM LEVULINAT DENGAN
KATALIS ASAM SULFAT DAN ASAM KLORIDA**

SKRIPSI

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

Oleh :

FEBBY MANDASARI

08081003033



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

S
540.7207
Feb
S
2012

No. Record : 20904
No. Reg : 21458

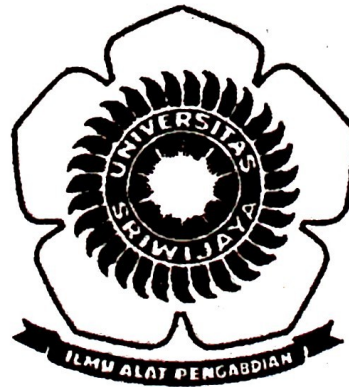


**STUDI KONVERSI GLUKOSA DAN FRUKTOSA
MENJADI ASAM LEVULINAT DENGAN
KATALIS ASAM SULFAT DAN ASAM KLORIDA**

SKRIPSI

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

Oleh :
FEBBY MANDASARI
08081003033



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

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Proposal Skripsi : Studi Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam
Levulinat dengan Katalis Asam Sulfat dan Asam
Klorida

Nama Mahasiswa : Febby Mandasari

NIM : 08081003033


Jurusan : Kimia

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 30 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 Seminar Hasil : Studi Konversi Glukosa dan Fruktosa Menjadi Asam Levulinat Dengan Katalis Asam Sulfat dan Asam Klorida

Nama Mahasiswa : Febby Mandasari
NIM : 08081003033
Jurusan : Kimia

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Oktober 2012. Dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, Oktober 2012

Ketua :

Aldes Lesbani, M.Si., Ph.D


()

Anggota :

Nurlisa Hidayati, S.Si, M.Si

()

Hermansyah, Ph.D

()

Dr. Eliza, M.Si

()

Addy Rachmat, M.Si

()

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia**



**Dr. Suheryanto, M.Si
NIP 196006251989031006**

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Febby Mandasari
NIM : 08081003033
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,



Febby Mandasari

08081003033

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Febby Mandasari
NIM : 08081003033
Fakultas/Jurusan : MIPA/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 Konversi Glukosa dan Fruktosa Menjadi Asam Levulinat dengan Katalis Asam Sulfat dan Asam Klorida”

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya,

Yang menyatakan,



Febby Mandasari

08081003033

HALAMAN PERSEMBAHAN

Untuk.....

Mama Papa ku tersayang

Kakak-kakakku Septi, Gerry, Pipit, Adit, Ferra, Ujang tercinta

Kurcaci-kurcaci ku Abang, Adek, Bitu dan unaf

Sebuah karya kecil untuk mereka yang tulus selalu berada disampingku..

Takkan pernah langkahku terhenti dalam tapak perjuanganku,

Takkan mau aku menyerah atas rintangan sebesar apapun.

“Doa dan kasih sayang mama dan papa yang slalu membuat tersenyum”

Ya Allah, selalu harapkan berkat Mu dalam hidupuku.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT penulis ucapkan karena berkat karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas akhir dan skripsi yang berjudul “Studi Konversi Glukosa dan Fruktosa Menjadi Asam Levulinat dengan Katalis Asam Sulfat dan Asam Klorida”. 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:

- Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
- Ketua Jurusan Kimia Bapak Dr. Suheryanto, M.Si
- Bapak Aldes Lesbani, M.Si., Ph.D sebagai pembimbing utama Tugas Akhir, atas tuntunan dan dukungannya yang diberikan kepada penulis selama ini.
- Ibu Nurilisa Hidayati, M.Si selaku pembimbing kedua, atas waktu serta bimbingannya.
- Ibu Dosen Pembahas Dr. Eliza, M.Si, bapak Hermansyah, Ph.D, dan bapak Addy Rachmat, M.Si yang telah memberi masukan-masukan yang sangat bermanfaat dalam skripsi ini.
- Dosen-dosen dan Guru-guru yang amat berjasa dalam memberikan pendidikan dan pengetahuan kepada penulis.

- Analis laboratorium Kimia Organik UGM bapak Manto, dan analis laboratorium FORENSIK Palembang bapak Made.
- Kedua orang tuaku tersayang (mama dan papa) yang telah mencurahkan kasih sayang, doa, dan melakukan yang terbaik untukku, yang selalu menjadi penerang dalam gelapku.
- Untuk Anthony DP yang memberikan sinar di tiap tawa dan tangisku
- Yuk Woro, Sabil, Lintang, Alwie, Feby yang memberikan bantuan dikala aku mengalami kesulitan dan memberikan lukisan di hatiku.
- Teman-teman Kimia 08 yang aku cintai Tika, Desi, Niken, Tari, Erwin Cs, Kikie dan.. (tak bisa kusebut satu persatu), untuk tiap kenangan indah di bangku kuliah yang kalian ukirkan dalam hidupku.
- Untuk Citra, Mutia, Lily, Shila, Henni, Winda, Vaine, Lestari dan Fadly berteman dengan kalian adalah hal yang indah bagiku, selalu bisa melengkapi dalam kekurangan, dan bersama kalian membuat ku kuat dalam menjalani setiap tantangan.

Penulis juga menyadari akan kekurangan dalam pembuatan Tugas Akhir dan skripsi ini. Penulis juga mengharapkan saran dan kritik yang mampu menjadikan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik untuk kedepannya, demikianlah penulis harapkan agar karya ini mampu berguna bagi kita semua.

Indralaya, Oktober 2012

Penulis

**STUDY OF GLUCOSE AND FRUCTOSE CONVERSION INTO
LEVULINIC ACID USING SULFURIC ACID AND HYDROCHLORIC
ACID AS CATALYST**

By :

Febby Mandasari

08081003033

ABSTRACT

Conversion of glucose and fructose using sulfuric acid and hydrochloric acid in water as medium to form levulinic acid has been carried out systematically. The results showed that only fructose can be converted into levulinic acid with hydrochloric acid as catalyst with the yield 1.69% and reaction time for 5 hours. The extended reaction time until 10 hours did not produce levulinic acid. Glucose did not success be converted into levulinic acid using neither sulfuric acid nor hydrochloric acid as catalyst. The extended reaction time until 10 hours for conversion of glucose also did not produce levulinic acid but ethyl ester formed as by product.

Keywords : glucose, fructose, hydrochloric acid, sulfuric acid, levulinic acid.

**STUDI KONVERSI GLUKOSA DAN FRUKTOSA MENJADI ASAM
LEVULINAT DENGAN KATALIS ASAM SULFAT
DAN ASAM KLOORIDA**

Oleh :

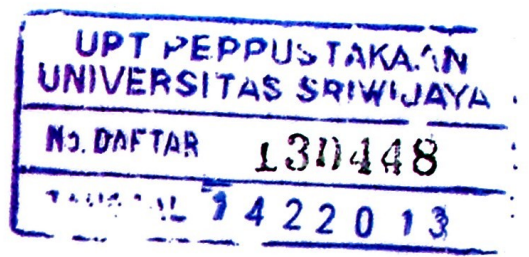
Febby Mandasari

08081003033

ABSTRAK

Konversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat telah dilakukan menggunakan katalis asam sulfat dan asam klorida dalam medium (pelarut) air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya fruktosa dengan katalis asam klorida yang dapat di konversi menjadi asam levulinat sebesar 1,69% dengan waktu reaksi 5 jam. Perpanjangan waktu reaksi 10 jam tidak dapat menambah persentase asam levulinat yang terbentuk. Glukosa tidak berhasil dikonversi menjadi asam levulinat dengan katalis asam sulfat maupun asam klorida pada waktu reaksi 5 jam. Perpanjangan waktu reaksi menjadi 10 jam tidak dapat membentuk asam levulinat namun menghasilkan senyawa samping yakni etil ester.

Kata kunci : glukosa, fruktosa, asam klorida, asam sulfat, 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.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	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 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Katalis.....	4
2.1.1 Asam Sulfat.....	6
2.2.2 Asam Klorida.....	7
2.2 Glukosa dan Fruktosa	7
2.3 Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	10
2.4 Kromatografi Gas (GC).....	12
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan	14

3.3 Metode Penelitian	15
3.3.1 Pemilihan Medium Reaksi (Solven).....	15
3.3.2 Reaksi Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	15
3.3.3 Optimasi Reaksi Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	17
3.3.4 Analisis Data.....	17
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pemilihan Medium Reaksi (Solven).....	18
4.2 Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	19
4.2.1 Uji Kualitatif Asam Levulinat Hasil Konversi Dengan Kromatografi Lapis Tipis.....	19
4.2.2 Uji Kuantitatif Asam Levulinat Hasil Konversi Dengan Kromatografi Gas (GC).....	21
4.3 Optimasi Studi Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat.....	25
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA.....	28
LAMPIRAN.....	30

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sifat-sifat Asam Sulfat.....	6
Tabel 2. Sifat-sifat Asam Klorida.....	7
Tabel 3. Uji Kelarutan Glukosa dan Fruktosa.....	19
Tabel 4. Beberapa Eluen yang digunakan dalam Elusi Asam Levulinat dengan Kromatografi Lapis Tipis.....	20
Tabel 5. Hasil KLT dari Konversi Glukosa dan Fruktosa dengan Katalis Asam sulfat dan Asam Klorida.....	20
Tabel 6. Konversi Glukosa dan Fruktosa menjadi Asam Levulinat dengan Katalis Asam Sulfat dan Asam Klorida pada Temperatur 80°C	23
Tabel 7. Konversi Fruktosa menjadi Asam Levulinat dengan Katalis Asam Klorida.....	26

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Glukosa dalam Proyeksi Fischer dan Haworth.....	8
Gambar 2. Struktur Fruktosa dalam Proyeksi Fischer dan Haworth.....	9
Gambar 3. Mekanisme Reaksi Konversi Glukosa/Fruktosa menjadi Asam Levulinat menggunakan Katalis asam	11
Gambar 4. Diagram Kromatografi Gas.....	13
Gambar 5. Kurva Kalibrasi Asam Levulinat Standar.....	22
Gambar 6. Kromatogram GC-MS Sampel Reaksi Konversi Glukosa menjadi Asam Levulinat dengan Katalis Asam Sulfat	25

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil KLT Seleksi Eluen untuk Asam Levulinat.....	30
Lampiran 2. Hasil KLT Reaksi Konversi Glukosa dan Fruktosa dengan Katalis Asam Sulfat dan Asam Klorida pada Temperatur 80°C.....	31
Lampiran 3. Kromatogram Asam Levulinat Standar sebagai Data Kurva Kalibrasi.....	33
Lampiran 4. Perhitungan Kurva Kalibrasi Asam Levulinat Standar Hasil Analisis Kromatografi Gas.....	35
Lampiran 5. Kromatogram GC dari sampel Asam Levulinat Hasil Reaksi Konversi Glukosa dan Fruktosa dengan Katalis Asam Sulfat dan Asam Klorida.....	37
Lampiran 6. Kromatogram GC Sampel Asam Levulinat yang di Optimasi melalui Temperatur Reaksi Konversi.....	45
Lampiran 7. Kromatogram GC-MS Sampel Hasil Reaksi Konversi Glukosa Menjadi Asam Levulinat dengan Katalis Asam Sulfat.....	49



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Asam levulinat dan turunannya seperti etil levulinat dan metil tetrahidrofuran dikenal sebagai salah satu aditif dalam bahan bakar minyak, yaitu bahan yang dapat meningkatkan kandungan oksigen dalam bahan bakar (Huber, 2006). Asam levulinat dapat secara selektif diproduksi dari biomassa selulosa, glukosa maupun fruktosa. Sintesis telah banyak diteliti sebelumnya mengenai asam levulinat, seperti yang dilaporkan oleh Haloho (2012) yang melakukan konversi selulosa menjadi asam levulinat dengan bantuan katalis asam sulfat. Asam levulinat dapat disintesis menggunakan bahan alam seperti selulosa dan turunannya, yang diperoleh melalui reaksi katalitik menggunakan katalis asam sulfat dan resin (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. Dalam sistem homogen, katalis mempunyai fase yang sama dengan

reaktan dan produk, sedangkan dalam sistem heterogen katalis dan substrat memiliki fase yang berbeda. Penggunaan katalis heterogen dinilai kurang efektif, walaupun mudah dipisahkan (Rosdiana, 2006). Katalis homogen dapat menguntungkan karena menghasilkan *yield* dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan katalis heterogen. Katalis homogen yang sering digunakan adalah asam sulfat dan asam klorida (Mussatto, 2004) selain mudah didapat, tidak memerlukan suhu yang tinggi dan reaksi yang terjadi relatif cepat dibandingkan dengan katalis heterogen.

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, yang digunakan dalam proses konversi selulosa dari kayu gelam menjadi asam levulinat sebanyak 0,4% (Monariqsa, 2012). Hegner (2010) juga melaporkan bahwa asam levulinat sebanyak 2% dapat diperoleh dari proses konversi selulosa menggunakan katalis asam.

Penelitian ini mengkaji tentang reaksi konversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat dengan bantuan katalis asam-asam mineral seperti asam klorida dan asam sulfat. Optimasi reaksi konversi dilakukan menggunakan variasi temperatur reaksi, dan 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 dapat dikonversi menjadi asam levulinat. Proses ini memerlukan katalis yang selektif sehingga dapat diperoleh asam levulinat dengan persentase yang tinggi. Ingin dikaji seberapa besar efektifitas penggunaan asam sulfat dan asam klorida sebagai katalis dalam reaksi konversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat pada penelitian ini.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkonversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat dengan menggunakan katalis asam sulfat dan asam klorida serta studi optimasi reaksi konversi melalui variasi temperatur reaksi. Analisis asam levulinat yang terbentuk dilakukan menggunakan kromatografi gas (GC).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memperoleh kondisi optimum untuk reaksi konversi glukosa dan fruktosa menjadi asam levulinat dengan katalis asam sulfat dan asam klorida.

DAFTAR PUSTAKA

- Anih, A., Hidayat, H A., Rosliana, I. (2010). *Penentuan Kadar Xilena Dalam Sampel Pertamina Dengan Metode Kromatografi Gas*. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia.
- Atalla, R, H. (1987). The Structure of Cellulose, Chracterization of the Solid states; *Am Chem. Soc., Washington, D ACS Symposium* .hlm: 340.
- Atkins, P. W., Overton, Rourke, Weller, Atmstrong. (2006). *Inorganic Chemistry*. 4th Edition. London : Oxford.
- Buntara, T., Sebastien, N., Pim Huat, P., Ignacio, Melian-Cabrera., Johannes, G., Hero, J. (2011). *Caprolactam from Renewable Resources : Catalytic Conversion of 5-Hydroxymethylfurfural into Caprolactone; Angew Chem, 50, 7083-7087*.
- Chang, R. (2010). *Chemistry, 10th Edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Fessenden & Fessenden. (1992). *Kimia Organik*. Jilid I. diterjemahkan oleh Aloysius H.P. Erlangga. Jakarta.
- Fruton, J.S. (1972). *Molecules of Life*. Wiley : Interscience.
- Gritter, R J., Bobbit, J M., Schwarting, A E. (1991). *Pengantar Kromatografi, Edisi ke-2*. Bandung: ITB
- Haloho, D. (2012). *Studi Konversi Selulosa dari Kayu Gelam (Melaleuca leucadendron Linn) Menjadi Asam Levulinat Menggunakan Asam Sulfat dalam Sistem Homogen*. Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- 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*.
- Hendayana, S. (1994). *Kimia Analitik Instrumen, Edisi Kesatu*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Huber, G, W., Iborra, S., Corma, A. (2006) Synthesis of Transportation Fuels from Biomassa: Chemistry, Cayalysts, and Engineering; *Chem. Rev, 106, 4044-4098*.

- Huheey, James E., Keiter, Ellen A., Keiter, Richard L. 1993. *Inorganic Chemistry : Principles of Structure and Reactivity*. Fourth edition. HarperCollins College Publishers, New York.
- Hyvonen, L., & Koivistoinen, P (1982). "Fructose in Food Systems". di dalam Birch, G.G. & Parker, K.J. *Nutritive Sweeteners*. London & New Jersey: Applied Science Publishers. hlm. 133–144.
- Lange, J P., Van De Graaf, W D., Haan, R J. (2009). Conversion of Furfuryl Alcohol Into Ethyl Levulinate Using Solid Acid Catalysis, *Hem Sus vhem*, 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.
- Mussatto, S.I., Roberto, I.C., 2004. Alternatives for detoxification of dilute-acid lignocellulosic hydrolyzates for use in fermentative process : a review. *Bioresource Technology*, 93, 1-10.
- 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.
- Rothenberg, G. (2008). *Catalysis, Concept and Green Applications*; Wiley-VCH Verlag GmBG/Co. KGaA, Weinheim, 1-38).
- Sjostrom, E. (1998). *Kimia Kayu: Dasar-dasar dan Penggunaan, Edisi 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tarigan, S. (2003). Aktivitas Katalis Cr/Zeorlit dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton. *Jurnal Ilmu Dasar*, 3, 48-52.
- Vogel. (1985). *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Edisi 5. Diterjemahkan oleh Dr. A. Handaya P. PT. Kalman Media Pustaka. Jakarta.