

**STUDI PENGGUNAAN KATALIS POLIOKSOMETALAT  
DALAM KONVERSI SELULOSA DARI KAYU GELAM  
(*Metaleuca leucadendron* Linn) MENJADI ASAM LEVULINAT**

**SKRIPSI**

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

**Oleh :**

**DIAN MONARIQSA**

**08081003017**

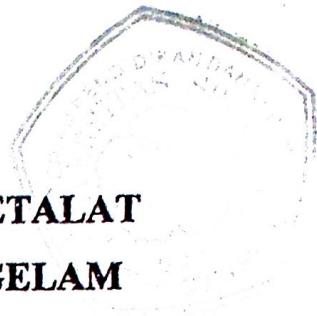


**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2012**

24670/  
25231

S  
574.192 Y07  
DIA  
S  
2012  
C. 121727.



**STUDI PENGGUNAAN KATALIS POLIOKSOMETALAT  
DALAM KONVERSI SELULOSA DARI KAYU GELAM  
(*Melaleuca leucadendron* Linn) MENJADI ASAM LEVULINAT**

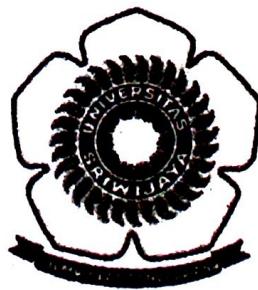
**SKRIPSI**

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

**Oleh :**

**DIAN MONARIQSA**

**08081003017**



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

**2012**

## **HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI**

Judul Skripsi : Studi Penggunaan Katalis Polioksometalat dalam Konversi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron Linn*) Menjadi Asam Levulinat

Nama Mahasiswa : Dian Monariqsa

NIM : 08081003017

Jurusan : Kimia

Telah disetujui untuk disidangkan tanggal 13 April 2012

Indralaya, Februari 2012

Pembimbing:

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

.....(  )

2. Dr. Elfita, M.Si

.....(  )

## **HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI**

Judul Makalah Seminar Hasil : Studi Penggunaan Katalis Polioksometalat dalam Konversi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) Menjadi Asam Levulinat

Nama Mahasiswa : Dian Monariqsa

NIM : 08081003017

Jurusan : Kimia

Telah dipertahankan dihadapan Pembimbing dan Pembahas Seminar Proposal Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 9 Februari 2012 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, Februari 2012

Pembimbing:

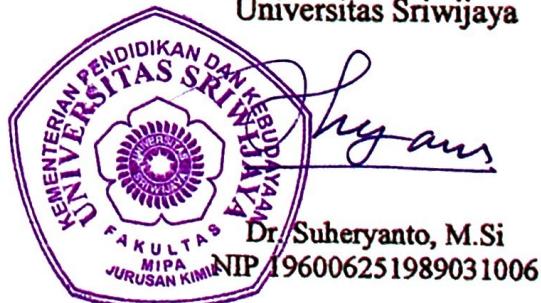
1. Aldes Lesbani, M.Si., Ph.D .....(  )
2. Dr. Elfita, M.Si .....(  )

Pembahas:

1. Dra. Setiawati Yusuf, M.S .....(  )
2. Fahma Riyanti, M.Si .....(  )
3. Nurlisa Hidayati, M.Si .....(  )

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sriwijaya



## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Dian Monariqsa  
NIM : 08081003017  
Fakultas/Jurusan : MIPA/ Kimia

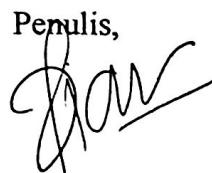
Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

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, Februari 2012

Penulis,



Dian Monariqsa

08081003017

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Untuk.....*

*Keluarga, sahabat, dan teman-teman ku..*

*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.*

*“the unexamined life is not worth living”*

*Ya Allah, selalu harapkan berkat Mu dalam hidupku.*

## 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 Polioksometalat dalam konversi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) 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 Aldes Lesbani, M.Si., Ph.D sebagai pembimbing utama Tugas Akhir, atas tuntunan dan dukungannya yang diberikan kepada penulis selama ini.
- Ibu Dr. Elfita, M.Si selaku pembimbing kedua, atas waktu serta bimbingannya.
- Ibu Dosen Pembahas Setiawati Yusuf, M.S, Nurlisa Hidayati, M.Si., dan ibu Fahma Riyanti, 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.
- Para analis laboratorium jurusan kimia, staf karyawan dan karyawati jurusan kimia dan Fakultas MIPA.

- Kedua orang tuaku tersayang (ibu dan bapak) yang telah mencerahkan kasih sayang, doa, dan melakukan yang terbaik untukku, yang selalu menjadi penerang dalam gelapku.
- (adik-adikku Ardo, Aak, Dedek) yang selalu memberi warna yang berbeda dalam hidupku dan menjadi penyemangatku.
- Keluarga besarku yang selalu mendungkung dan mendoakanku.
- Teman-teman Kimia 08 yang aku cintai Mira, Ai, lily, okta, Ena, Pal, Erwin Cs, tika, dan.. (tak bisa kusebut satu persatu), untuk tiap kenangan indah di bangku kuliah yang kalian ukirkan dalam hidupku.
- Untuk Niken, Tari, dan Kiki, berteman dengan kalian adalah hal yang indah bagiku, selalu bisa melengkapi dalam kekurangan, dan bersama kalian membuat ku kuat dalam menjalani setiap tantangan.
- Kakak2, mbak2, dan teman2 satu markas di Lab. Kimia Anorganik, serta
- untuk adik-adik 2009-2011, semangat majukan kimia!

Penulis juga menyadari akan kekurangan disana-sini 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, Januari 2012

Penulis

**CATALYTIC CONVERSION OF CELLULOSE FROM GELAM WOOD  
(*Melaleuca leucadendron* Linn) INTO LEVULINIC ACID BY  
POLYOXOMETALATE CATALYST**

**By**

**DIAN MONARIQSA  
08081003017**

**ABSTRACT**

Extract of cellulose from Gelam wood (*Melaleuca leucadendron* Linn) has been carried out using methanol and various concentration of hydrochloric acid. Cellulose was characterized using FT-IR spectroscopy. Cellulose from Gelam wood was converted into levulinic acid by  $H_5[BW_{12}O_{40}]$  as catalyst at  $80^\circ\text{C}$  and water as reaction medium. The result showed that cellulose was extracted using 5% (v/v) acid. The product of extraction is similar with cellulose standard. The yield of Levulinic acid was identified using Gas Chromatography. Conversion of cellulose using  $H_5[BW_{12}O_{40}]$  as catalyst reached at one hour with levulinic acid 2,6%. Cellulose from Gelam wood can not be converted into levulinic acid due to proton from acid was not destruct the chemical bond of glycoside in raw starting material.

**Keywords:** cellulose, polyoxometalate catalyst, levulinic acid, FT-IR spectroscopy

**STUDI PENGGUNAAN KATALIS POLIOKSOMETALAT DALAM  
KONVERSI SELULOSA DARI KAYU GELAM  
(*Melaleuca leucadendron* Linn) MENJADI ASAM LEVULINAT**

**Oleh**

**DIAN MONARIQSA  
08081003017**

**ABSTRAK**

Telah dilakukan ekstraksi selulosa dari kayu gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dengan menggunakan metanol dan berbagai konsentrasi HCl. Selanjutnya selulosa hasil ekstraksi dikarakterisasi dengan spektroskopi FT-IR. Selulosa hasil ekstraksi dikonversi menjadi asam levulinat dengan katalis  $H_5[BW_{12}O_{40}]$  pada suhu 80°C dengan air sebagai medium reaksi. Hasil penelitian dengan spektroskopi FT-IR menunjukkan bahwa selulosa yang diekstrak pada konsentrasi asam 5% menghasilkan selulosa yang mempunyai kemiripan dengan selulosa murni. Asam levulinat yang terbentuk diidentifikasi dengan menggunakan GC. Konversi selulosa murni dengan katalis  $H_5[BW_{12}O_{40}]$  mencapai waktu optimum 1 jam dengan persentase asam levulinat sebesar 2,6%. Selulosa hasil ekstraksi tidak dapat dikonversi menjadi asam levulinat pada waktu 1 jam yang disebabkan proton dari asam belum mampu memecahkan ikatan glikosida pada bahan dasar.

**Kata kunci:** selulosa, katalis polioksometalat, asam levulinat, spektroskopi FT-IR

**DAFTAR ISI**

UPT PEPUSTAKAAN UNIVERSITAS GRIWAJAYA	
No. DAFTAR	121727
TANGGAL :	03 OCT 2012

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRACT.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>Biofuel</i> .....	5
2.2 Biomassa.....	6
2.2.1 Selulosa.....	7
2.2.2 Konversi Selulosa Menjadi asam Levulinat.....	8
2.3 Katalis dan Katalitik.....	10
2.3.1 Sifat Katalitik dari Senyawa Polioksometalat.....	13
2.3.2 Senyawa Polioksometalat Sebagai Katalis Dalam Transformasi Selulosa Menjadi Asam Levulinat.....	15
2.4. Spektrometri Inframerah.....	17
2.5 Kromatografi Gas.....	19

<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Prosedur Peneltian.....	22
3.3.1 Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam.....	22
3.3.2 Preparasi Senyawa Polioksometalat.....	23
3.3.3 Penentuan Medium Reaksi.....	24
3.3.4 Konversi Selulosa Menjadi Asam levulinat dengan Katalis Polioksometalat.....	24
3.4 Analisa Data.....	25
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Identifikasi Selulosa Hasil Ekstraksi dengan Menggunakan Spektroskopi FT-IR.....	26
4.2 Preparasi dan Karakterisasi Katalis H <sub>5</sub> [BW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> ].....	32
4.3 Pemilihan Medium Reaksi.....	34
4.4 Studi Konversi Selulosa Menjadi Asam Levulinat dengan Katalis Polioksometalat.....	35
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran.....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	41
<b>LAMPIRAN.....</b>	44

## **DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 1. Daerah serapan spektrum FT-IR Selulosa Standar.....	28
Tabel 2. Perbandingan spektrum FT-IR selulosa standar dan selulosa hasil ekstraksi dengan variasi pengasaman dari kayu gelam.....	29
Tabel 3. Daerah serapan spektrum FT-IR H <sub>5</sub> [BW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> ].....	33
Tabel 4. Analisa beberapa pelarut terhadap selulosa.....	34

## **DAFTAR GAMBAR**

Halaman

Gambar 1. Struktur polimer selulosa.....	7
Gambar 2. Reaksi konversi selulosa menjadi asam levulinat.....	9
Gambar 3. Struktur polioksometalat.....	14
Gambar 4. Spektra FT-IR selulosa hasil ekstraksi dari kayu gelam dengan variasi konsentrasi pengasaman.....	25
Gambar 5. Spektra FT-IR selulosa standar.....	26
Gambar 6. Data spektra FT-IR selulosa murni dan selulosa hasil ekstrak dari kayu gelam dengan konsentrasi asam 5%.....	31
Gambar 7. Spektra FT-IR H <sub>5</sub> [BW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> ].....	33
Gambar 8. Grafik kurva kalibrasi asam levulinat.....	36
Gambar 9. Grafik perbandingan luas kromatogram berdasarkan waktu pantau reaksi antara selulosa murni dengan katalis H <sub>5</sub> [BW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> ].....	37
Gambar 10. Mekanisme raksi konversi selulosa menjadi asam levulinat dengan katalis asam.....	39

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Halaman

Lampiran 1. Kromatogram asam levulinat variasi konsentrasi 2%, 5%, 10%, dan 25% (v/v).....	45
Lampiran 2. Data analisa GC asam levulinat pada variasi konsentrasi 2%, 5%, 10%, dan 25% (v/v).....	49
Lampiran 3. Kromatogram Reaksi Selulosa standar dengan katalis $H_5[BW_{12}O_{40}]$ .....	50
Lampiran 4. Data analisa GC Selulosa standar dengan katalis $H_5[BW_{12}O_{40}]$ .....	51
Lampiran 5. Kromatogram konversi selulosa dari kayu gelam dengan katalis $H_5[BW_{12}O_{40}]$ .....	52

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Pada saat ini sumber energi mayoritas masih didominasi energi berbasis bahan fosil, seperti minyak bumi, gas, dan batubara. Sumber energi jenis ini dapat habis sehingga diperlukan energi alternatif lain yang berasal dari sumber daya alam terbarukan seperti biomassa (Stocker, 2008). Biomassa terutama diperoleh dari tumbuh-tumbuhan. Indonesia merupakan negara tropis yang kaya akan bermacam-macam tumbuhan. Di Sumatra Selatan terdapat banyak tumbuhan kayu gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) yang pemanfaatannya hanya sebatas untuk pondasi rumah. Kayu gelam diketahui mengandung selulosa yang tinggi disamping kandungan lain seperti lignin, hemiselulosa, dan lignoselulosa.

Pada penelitian ini telah dikaji ekstrak selulosa dari kayu gelam dan transformasi selulosa hasil ekstraksi menjadi asam levulinat. Asam levulinat telah dikenal sebagai molekul yang menjanjikan untuk memproduksi bahan bakar. Sebagai contoh etil levulinat dan metil tetrahidrofuran serta senyawa-senyawa lainnya (Lange, 2009). Asam levulinat merupakan senyawa yang memiliki banyak manfaat, diantaranya sebagai bahan pembuatan polimer, karet sintetik, sintesis dalam bidang farmasi serta sebagai intermediate dari bahan-bahan kimia yang potensial seperti metil tetrahidrofuran, valerolakton, dan etil levulinat. Pada penelitian ini asam

levulinat diperoleh melalui hasil konversi selulosa yang diisolasi dari serbuk kayu gelam dengan bantuan katalis polioksometalat. Selama ini katalis yang biasa digunakan untuk transformasi senyawa-senyawa organik seperti selulosa ialah katalis-katalis logam transisi seperti platina, palladium, rutenium, atau penggunaan katalis berpori seperti zeolit, serta katalis asam-asam mineral. Namun katalis-katalis ini umumnya memiliki kelemahan diantaranya harga yang relatif mahal, reaksi berjalan kurang efektif, serta penggunaan katalis homogen dari asam mineral yang cenderung menyebabkan korosif atau perkaratan. Untuk meningkatkan kemampuan katalitik konversi selulosa menjadi asam levulinat maka pada penelitian ini menggunakan katalis heterogen dari senyawa polioksometalat.

Katalis heterogen telah mendominasi dunia industri karena sifatnya sebagai katalis padatan yang tidak dapat larut serta dapat digunakan kembali pada proses reaksi selanjutnya. Katalis polioksometalat memiliki sifat asam Bronsted yang berguna sebagai katalis. Dalam dua dekade terakhir senyawa polioksometalat sebagai katalis pengoksidasi telah banyak dibuktikan dalam reaksi-reaksi sintetik dalam transformasi dan sintesis senyawa-senyawa organik (Rafiee, 2005).

Pada penelitian ini telah dikaji penggunaan senyawa polioksometalat tipe Keggin  $H_5(\alpha\text{-BW}_{12}\text{O}_{40})$  untuk transformasi selulosa dari kayu gelam menjadi asam levulinat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sumatra Selatan merupakan daerah kaya akan potensi kayu gelam. Kayu gelam mengandung selulosa yang tinggi sehingga potensial diekstrak sebagai sumber biomassa. Selulosa yang diperoleh dari hasil ekstraksi dibandingkan dengan selulosa standar. Selulosa hasil ekstraksi digunakan sebagai bahan dasar untuk transformasi menjadi asam levulinat melalui proses katalitik. Proses katalitik dilakukan menggunakan senyawa polioksometalat dalam proses konversi selulosa menjadi asam levulinat. Senyawa polioksometalat yang digunakan sebagai katalis diharapkan dapat meningkatkan persentase asam levulinat yang terbentuk.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Ekstrak selulosa dari kayu gelam dan mencari konsentrasi HCl optimum ekstraksi selulosa.
2. Karakterisasi selulosa dengan menggunakan spektroskopi FT-IR.
3. Preparasi katalis senyawa polioksometalat dan karakterisasi menggunakan FT-IR.
4. Konversi selulosa hasil ekstraksi dari kayu gelam menjadi asam levulinat menggunakan katalis senyawa polioksometalat.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mampu meningkatkan nilai guna kayu gelam menjadi salah satu sumber energi alternatif.
2. Mendapatkan selulosa dari hasil ekstraksi serta memperoleh senyawa polioksometalat yang diinginkan.
3. Memberikan kontribusi dalam bidang energi terbarukan dalam menjawab tantangan yang ditimbulkan oleh krisis energi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atkins., Overton., Rourke., Weller., Armstrong. 2006. *Inorganic Chemistry, 4th Edition.* London: Oxford.
- Chang, Raymond. 2010. *Chemistry, 10th Edition.* New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Gritter, R J., Bobbit, J M., Schwarting, A E. 1991. *Pengantar Kromatografi, Edisi ke-2.* Bandung: ITB
- 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.
- Heravi, M M., et al. (2006). *Green and Reusable Heteropolyacid Catalyzed Oxidation of Benzylic, Allylic, and Aliphatic Alcohol, to Carbonyl Compound. Catalysis Communication, 8,* 315-318.
- Kim, H J., Shul, Y G., Han, H. (2006). *Synthesis of Heteropolyacid ( $H_3PW_{12}O_{40}$ )/ $SiO_2$  Nanoparticles and Their Catalytic Properties, Applied Catal. A: General, 299,* 46-51.
- Kozhevnikov, I., Robert, M R., Derouane E. 2002. *Catalyst For Fine Chemical Synthesis, Vol. 2: Catalysis by Polioxometalates.* Liverpool: John Wiley & Sons, LTD.
- Lai, Da-ming., et al. (2011). *Hydrolysis of cellulose Into Glucose by Magnetic Solid acid, Chem Sus Chem, 4,* 55-58.
- 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.
- Lenihan, P., et al. (2009). *Dilute Acid Hydrolisis of Lignocellulosic Biomass, Chemical Engineering Journal, 156,* 395-403.

- Newman, A., Brown D R., Siril, P., Lee, A F., Wilson, K. (2006). *Structural Studies of High Dispersion ( $H_3PW_{12}O_{40}$ )/ $SiO_2$  Solid Acid Catalyst*, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 8, 2893-2902.
- Pozniczek, J., Lubanska, A., Micek-Ilnicka, A., Mucha, D., Lalik, E., Bielanski, A. (2006). *TiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub> Supported Wells-Dawson Heteropolyacid  $H_6P_2W_{18}O_{62}$  as The Catalyst for ETBE Formation*, *Applied Catalysis*, 298, 217-224.
- Rafiee, E., Shahbazi, F. (2006). *One-Spot Synthesis of Dihidropirimidones Using Silica-Supported Heteropolyacid as An Efficient and Reusable Catalyst: Improved Protocol Conditions For The Biginelli Reaction*, *Jounal of Molecular Catalysis. A: General*, 250, 57-61.
- Sastrohamidjojo, H, Dr. 1992. *Spektroskopi Infra Merah*. Yogyakarta: Liberty.
- Sheldon, R A. (2000). *Atom efficiency and Catalysis in Organic Synthesis*, *Pure Applied Chemistry*, 72, 1233-1246.
- Sjostrom, Eero.1998. *Kimia Kayu: Dasar-dasar dan Penggunaan*, Edisi 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sopa, M., Held, W., Grossy, M., pijanka, J., Nowinska, K. (2005). *Ethane to Acetic Acid Oxidation Over Suported Heteropolyacid*, *Applied Catalysis*, 285, 119-125.
- 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.
- Stocker, M. (2008). *Biofuel and Biomass to Liquid Fuels In The Biorefinery: Catalytic Conversion of lignocellulosic Biomass Using porous Materials*, *Angewandte Chemie*, 47, 9200-9211.
- Sun, N., Jiang, X., Maxim, M L., Metlen, A., Rogers, R D. (2011). *Use of Polyoxometalate Catalyst in Ionic Liquids to Enhance The Dissolution and Delignification of Woody Biomass*, *Cem Sus Chem*, 4, 65-73.
- Teze, A., Herve, G. 1990. *Inorganic Synthesis*, 27,93.

- Yori, J C., Grau, J M., Benitez, V M., Sepulveda, J. (2005). *Hydroisomerization-Cracking of n-Octane on Heteropolyacid H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> Supported on ZrO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, and Carbon Effect of Pt Incorporation on catalyst Perfomance, Applied Catalysis*, 286, 71-78.
- 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.