

**PENGARUH ANTARA KARAKTER KATALIS Cr/ZAA DENGAN SIFAT  
PRODUK *HIDROCRACKING* MINYAK NYAMPLUNG  
(*Calophyllum inophyllum* L.)**

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



**Oleh :  
VIPY ANUGRAH  
09053130051**

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

**2010**

S  
541.395 of  
Amu  
P  
e-10786  
2010

**PENGARUH ANTARA KARAKTER KATALIS Cr/ZAA DENGAN SIFAT  
PRODUK *HIDROCRACKING* MINYAK NYAMPLUNG  
(*Calophyllum inophyllum* L)**



**SKRIPSI**  
**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar**  
**Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



**Oleh :**  
**VIPY ANUGRAH**  
**09053130051**

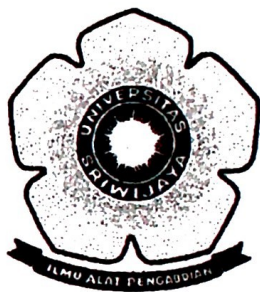
**JURUSAN KIMIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2010**

**PENGARUH ANTARA KARAKTER KATALIS Cr/ZAA DENGAN SHEET  
PRODUK *HIDROCRACKING* MINYAK NYAMPLUNG  
(*Calophyllum inophyllum* L)**



**SKRIPSI**  
**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar**  
**Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



**Oleh :**  
**VIPY ANUGRAH**  
**09053130051**

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

**2010**

**Lembar Pengesahan**

**PENGARUH ANTARA KARAKTER KATALIS Cr/ZAA DENGAN SIFAT  
PRODUK *HIDROCRACKING* MINYAK NYAMPLUNG  
(*Calophyllum inophyllum* L.)**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**

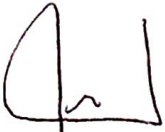
**Oleh :**

**VIPY ANUGRAH**

**09053130051**

**Indralaya, Agustus 2010**

**Pembimbing Pembantu**



**Dra. Desnelli, M.Si**

**NIP.196912251997022001**

**Pembimbing Utama**



**Zainal Fanani, M.Si**

**NIP. 196708211995121001**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Kimia**



**Dra. Fatma, M. S**

**NIP.196207131991022001**

*"Sabar bukanlah sikap yang pasif, sabar adalah berusaha dengan penuh kesungguhan dan segala upaya mengharap ridha Allah semata, apabila kegagalan yang datang, bukanlah Allah tempat segala kesalahan dilemparkan tapi segala koreksi diri dan mencari jalan lain dengan tetap di jalan ilahi"*

*{Ali bin Abi Thalib}*

*"Jadilah seperti bintang, yang mengerlipkan cahaya kepada yang melihat dari permukaan beningnya air padahal dia nun jauh diatas. Jangan seperti asap yang membumbung dan melintasi lapis-lapis udara, padahal dia rendah"*

*{Ali bin Abi Thalib}*

*Ketika kuterpuruk, tangan-Nya menggapaiiku dengan Cinta  
Ketika kumenangis, nafas-Nya menyejukkan jiwaku dalam Do'a  
Ketika kuterjatuh, kuserahkan seluruh takdirku dengan ikhlasku dalam ridho-Nya, hingga aku tersadar akan Kasih Sayang-Nya untukku,  
Hingga aku tersadar, seutuhnya diriku & takdirku adalah kepunyaan-Nya  
Allahu Ya Rahman.....*

*Sebuah Persembahan untuk:*

*♥ Papa dan Mama tercinta*

*♥ Kedua adekku tersayang Ade Matariani & Ira Karunia*

*♥ Pembimbing Yang terhormat*

*♥ Alamamater kebanggaanku*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya jualah akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Pengaruh antara Karakter Katalis Cr/ZAA dengan Sifat Produk Hidrocracking Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.)”**

Dengan segala keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Untuk itu diharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak guna kesempurnaan tugas akhir ini, yang nantinya dapat berguna bagi pihak yang membutuhkan.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu penelitian dan tugas akhir ini, terutama kepada Bapak Zainal Fanani, M.Si selaku pembimbing utama dan Ibu Dra. Desnelli selaku pembimbing pembantu atas keikhlasan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan, dukungan dan bantuan selama penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kemudahan dari berbagai pihak kepada :

1. Bapak Ir. Muhammad Irfan, M.T, selaku Dekan FMIPA UNSRI
2. Ibu Dra. Fatma, M. S, selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNSRI
3. Ibu Setiawaty Yusuf, M.S, selaku Pembimbing Akademik

4. Seluruh Staf Dosen dan Staf Analis Jurusan Kimia FMIPA atas semua bantuan dan ilmu yang bermanfaat.
5. Papa dan Mama tercinta atas segala do'a, nasehat-nasehat dan kasih sayang selama ini. "Engkaulah surga dalam hidupku"
6. Adik-adikku tersayang, Ade Matariani "Dd", Ira Karunia "d'Ra" yang selalu mengisi dan menghiasi hari-hari bahagiaku dengan penuh keceriaan, canda dan tawa. "LuPh U So MuCh"
7. Hendra Syahmanar "Reo" terima kasih atas kesabaran, perhatian dan selalu setia mendengarkan semua cerita tentang hidupku, "Thanks For all"
8. Special to My Best Friend Ria Pratiwi "Teh Liet" banyak petualangan yang indah bersamamu, semoga selalu menjadi kenangan yang terindah. "Thanks a Lot Friend, I hope we can always be best friend untill 4ever"
9. Sahabatku Trysa Febrina "Tysa", Eva Oclianti "NjuLia", terima kasih atas canda, tawa, senang, sedih, bersama kalian persahabatan terasa sangat indah dan berwarna.
10. Temen-teman seperjuangan ku Tina, Puput, Ranti, Dita, Vera, Ox's DiLa, Alyn, Sisca, Bo wien " Nda", Bo Ta, Ira, tya, Opeti, Lia, C' Bal, Dayu, Teja dan seluruh Angkatan '05 yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Tetap Semangat. "Don't Forget Me"
11. Nurul dan Ratna atas kerja sama hingga penelitian ini bisa selesai.
12. Sahabatku Radyanti Darsi "Jutet", Agung, terima kasih atas semua bantuannya.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tulisan ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, hanya Allah yang akan membalas segala kebaikan dan semoga Allah memberikan manfaat dari tulisan ini.

Indralaya, Agustus 2010

Penulis



**THE INFLUENCE BETWEEN CHARACTER OF CATALYST Cr/ZAA  
WITH PROPERTIES OF HYDROCRACKING NYAMPLUNG OIL  
PRODUCT**  
(*Calophyllum inophyllum* L.)

**By :**

**Vipy Anugrah  
09053130051**

**ABSTRACT**

The research about hydrocracking Nyamplung oil by using Cr/ZAA has been done. This research was conducted to know influence between character of catalyst Cr/ZAA with hydrocracking nyamplung oil products with reduction temperature 400°C, 1 g of catalyst weight and the flow rate of hydrogen gases of 2 mL/min and hydrocracking of temperature 350°C. Character analysis of catalysts include surface area, pore radius and pore volume by using Gas Sorption Analyzer (NOVA-1200e). Properties of hydrocracking nyamplung oil products observed included refraction index, density, coke and heat of combustion. The results showed that surface area, pore radius and pore volume did not influence with properties of hydrocracking nyamplung oil product which include the refraction index, density, coke and heat of combustion.

**PENGARUH ANTARA KARAKTER KATALIS Cr/ZAA DENGAN SIFAT  
PRODUK *HIDROCRACKING* MINYAK NYAMPLUNG  
(*Calophyllum inophyllum* L.)**

Oleh :

Vipy Anugrah

09053130051

**ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian *hidrocracking* minyak nyamplung dengan menggunakan katalis Cr/ZAA. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara karakter katalis Cr/ZAA dengan sifat produk *hidrocracking* minyak nyamplung dengan temperatur reduksi 400°C berat katalis 1 g dan laju alir gas hidrogen 2 mL/mnt dan temperatur *hidrocracking* 350°C. Analisis karakter katalis meliputi luas permukaan, jari-jari pori dan volume pori menggunakan *Gas Sorption Analyzer* (NOVA-1200e). Sifat produk *hidrocracking* minyak nyamplung yang diamati meliputi indeks bias, densitas, coke dan kalor pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas permukaan, jari-jari pori dan volume pori tidak berpengaruh dengan sifat produk *hidrocracking* minyak nyamplung yang meliputi indeks bias, densitas, coke dan kalor pembakaran.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRACT .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
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.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Nyamplung ( <i>Calophyllum inophyllum</i> L.) .....	4
2.2 Minyak Nyamplung .....	5
2.3 Katalis.....	6
2.4 Logam Kromium .....	8
2.5 Zeolit Alam .....	9
2.6 Proses <i>Hydrocracking</i> .....	11

2.7 Isoterm Adsorpsi .....	12
2.7.1 Isoterm Brunauer, Emmet dan Teller (BET) .....	13
2.7.2 Jenis-jenis Adsorpsi .....	15
2.8 Indeks Bias .....	16
2.9 Densitas .....	17
2.10 <i>Coke</i> .....	18
2.11 Kalor Pembakaran .....	20

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat .....	22
3.2 Alat dan Bahan .....	22
3.2.1 Alat .....	22
3.2.2 Bahan .....	23
3.3 Pembuatan Katalis Cr/Zeolit Alam Aktif .....	23
3.3.1 Pembuatan Larutan Cr .....	23
3.3.2 Impregnasi Katalis .....	23
3.3.3 Oksidasi Katalis .....	24
3.3.4 Reduksi Katalis .....	24
3.3.5 Penentuan Luas permukaan, Jari-jari Pori dan Volume Pori .....	24
3.4 Pembuatan Minyak Nyamplung .....	25
3.4.1 Pengambilan dan Persiapan Biji Nyamplung .....	25
3.4.2 Ekstraksi Biji Nyamplung .....	25
3.4.3 Proses Pemurnian Minyak Nyamplung .....	25
3.5 Hidrocracking Minyak Nyamplung .....	26
3.6 Penentuan Indeks Bias Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung .....	27
3.7 Penentuan Densitas Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung .....	27
3.8 Penentuan <i>Coke</i> .....	27
3.9 Analisis Kalor Pembakaran Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung .....	28

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pengaruh antara Luas Permukaan dengan Sifat Produk Hidrocracking Minyak Nyamplung..... 29

4.2 Pengaruh antara Jari-jari Pori dengan Sifat Produk Hidrocracking Minyak Nyamplung..... 33

4.3 Pengaruh antara Volume Pori dengan Sifat Produk Hidrocracking Minyak Nyamplung..... 37

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... 44**

**DAFTAR PUSTAKA ..... 45**

**LAMPIRAN ..... 47**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Tumbuhan Nyamplung.....	5
Gambar 2. Struktur Kerangka Zeolit.....	10
Gambar 3. Grafik Pengaruh antara Luas Permukaan dengan Indeks Bias Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung.....	30
Gambar 4. Grafik Pengaruh antara Luas Permukaan dengan Densitas Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung.....	31
Gambar 5. Grafik Pengaruh antara Luas Permukaan dengan coke produk <i>hidrocracking</i> minyak nyamplung .....	32
Gambar 6. Grafik Pengaruh antara Luas Permukaan dengan Kalor Pembakaran Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung.....	33
Gambar 7. Grafik Pengaruh antara Jari-Jari pori dengan Indeks Bias Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung.....	35
Gambar 8. Grafik Pengaruh Jari-Jari Pori dengan Densitas Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung.....	36
Gambar 9. Grafik Pengaruh Jari-Jari Pori dengan Coke Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung .....	37
Gambar 10. Grafik Pengaruh antara Jari-Jari dengan Kalor Pembakaran Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung.....	38
Gambar 11. Grafik Pengaruh antara Volume Pori dengan Indeks Bias Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung.....	39
Gambar 12. Grafik Pengaruh antara Volume Pori dengan Densitas Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung.....	40
Gambar 13. Grafik Pengaruh antara Volume Pori dengan Coke Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung .....	41
Gambar 14. Grafik Pengaruh antara Volume Pori dengan Kalor Pembakaran Produk <i>Hidrocracking</i> Minyak Nyamplung.....	42

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi Asam Lemak Minyak Nyamplung.....	6
Tabel 2. Sifat Fisik Kromium .....	9

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Alat Oksidasi dan Reduksi Katalis .....	47
Lampiran 2. Skema Alat <i>Hydrocracking</i> .....	48
Lampiran 3. Skema Alat Kalorimeter Bom .....	49
Lampiran 4. Gambar Alat Rotari Evaporator, <i>Refraktometer</i> , Piknometer, Kalorimeter Bom, dan Minyak Hasil <i>Hydrocracking</i> .....	50
Lampiran 5. Gambar Alat Gas Sorption Analyzer .....	51
Lampiran 6. Data Hasil Penelitian .....	52
Lampiran 7. Contoh Perhitungan .....	55
Lampiran 8 Data Karakter Katalis .....	57





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengurangan subsidi bahan bakar minyak (BBM) yang dilakukan oleh pemerintah untuk menekan defisit APBN dan menyesuaikan harga BBM dengan harga pasar internasional, secara langsung berakibat harga BBM akan semakin mahal. Bahan bakar minyak yang berbahan baku fosil ini tergolong bahan bakar yang tidak terbarukan (*unrenewable*). Penggunaan BBM yang terus menerus dan cenderung meningkat akibat pertumbuhan penduduk dan industri, sementara cadangan minyak yang semakin menipis dan tidak dapat diperbaharui, sangat potensial menimbulkan krisis energi pada masa yang akan datang. Oleh karena itu, untuk mengatasi persoalan tersebut dan mengurangi ketergantungan pada BBM perlu diadakan diversifikasi energi dengan cara mencari energi alternatif yang terbarukan (*renewable*). Salah satunya adalah energi alternatif yang berasal dari minyak tanaman atau tumbuhan (Sibuea dan Posman, 2003).

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L) merupakan salah satu jenis tanaman kehutanan yang mempunyai banyak kegunaan baik dari kayunya maupun buahnya. Menurut Masyhud (2008) berdasarkan beberapa penelitian departemen kehutanan buah nyamplung mempunyai potensi yang cukup besar sebagai bahan baku biofuel.

Pengolahan minyak nyamplung menjadi biofuel dapat dilakukan melalui dua proses sekaligus yaitu proses perengkahan (*cracking*) dan proses hidrogenasi,

kedua proses ini biasa disebut *hydrocracking*. Proses perubahan ini memerlukan katalis yang mempunyai fungsi ganda yaitu komponen logam sebagai katalis hidrogenasi dan komponen asam sebagai katalis *cracking* (Benito, 2000).

Logam Cr dipilih sebagai logam katalis karena Cr termasuk logam golongan transisi yang memiliki konfigurasi elektron orbital d yang belum terisi penuh. Berdasarkan penelitian sebelumnya Cr memiliki peranan yang lebih dominan dibandingkan Mo dan Ni terhadap kemampuan katalis Cr-Mo dan Ni-Cr /Zeolit alam aktif untuk mengcracking tir batu bara (Fanani, 2008). Distribusi Cr pada permukaan zeolit sangat dipengaruhi oleh pelarut ketika impregnasi Cr ke dalam zeolit.

Aktifitas katalis dipengaruhi oleh karakter katalis yang meliputi luas permukaan, jari-jari pori dan volume pori. Semakin besar luas permukaan dan jari-jari pori maka daya adsorpsinya akan semakin besar sehingga proses *hydrocracking* yang berlangsung semakin baik karena adsorpsinya makin efektif. dan semakin besar volume pori maka jumlah reaktan yang akan di*hydrocracking* akan masuk kedalam pori dalam jumlah yang besar, sehingga proses adsorpsi makin efektif dan proses *hydrocracking* yang berjalan semakin baik

Berdasarkan uraian tersebut, maka pada penelitian ini mempelajari korelasi antara karakter katalis Cr/ZAA yang meliputi luas permukaan katalis, jari-jari katalis dan volume pori katalis dengan sifat produk *hydrocracking* minyak nyamplung yaitu indeks bias, densitas, coke (produk samping senyawa yang tidak *terhydrocracking* dan terikat pada katalis sehingga menurunkan aktifitas katalis) dan kalor pembakaran.

## 1.2 Rumusan Masalah

Aktifitas katalis sangat dipengaruhi oleh karakter katalis yang meliputi luas permukaan, jari-jari pori dan volume pori. Semakin besar luas permukaan, jari-jari pori dan volume pori maka daya adsorpsinya juga akan semakin besar sehingga proses *hidrocracking* yang berlangsung semakin baik karena adsorpsinya makin efektif. Oleh karena itu dilakukan penelitian pengaruh antara karakter katalis Cr/ZAA dengan sifat produk *hidrocracking* minyak nyamplung diantaranya pengukuran indeks bias, densitas, coke dan kalor pembakaran.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh luas permukaan, jari-jari pori dan volume pori dengan sifat produk *hidrocracking* minyak nyamplung yang meliputi indeks bias, densitas, coke dan kalor pembakaran.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh antara karakter katalis Cr/ZAA dengan sifat produk *hidrocracking* minyak nyamplung yang meliputi indeks bias, densitas, coke dan kalor pembakaran serta meningkatkan nilai ekonomis minyak nyamplung untuk digunakan sebagai alternatif bahan bakar minyak yang baru.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, Arthur W., 1982, *Physical Chemistry of Surface*, Edisi Keempat, A Wiley Interscience Publication, New York.
- Anderson, J. R., dan Boudart, M., 1981, *Catalysis*, Vol.1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Anonim, 2010, <http://bappedal.jawatengah.go.id/v3/artikel/chromium.php>, 18 April 2010.
- Anonim, 2010, [http://www.dephut.go.id/files/nyamplung\\_Ind.pdf](http://www.dephut.go.id/files/nyamplung_Ind.pdf), 15 Januari 2010.
- Anonim, 2010, <http://id.wikipedia.org/wiki/calophyllum>, 9 Januari 2010.
- Atkins, P. W., 1997, *Kimia Fisika*, Alih Bahasa Drs. Irma I., Kartohadiprojo, Jilid II, Edisi IV, Erlangga, Jakarta.
- Augustine, R. L., 1996, *Heterogeneous Catalysis for The Synthetic Chemist*, Marcel Dekker, Inc, New York.
- Benito, A. M., dan Martinez, M. T., 2000, *Catalytic Hydrocracking of an Asphaltenic Coal Residue, Energy and Fuel*, 10, 1235-1240, Dalam : Hesta, M., 2009, Pengaruh Variasi Logam Molibdenum Terhadap Porositas dan Keasaman Katalis Mo-Zeolit Alam Aktif, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Crynes, L. L., and Crynes, B. L., 1987, *Coke Formation on Polished and Unpolished Incolloy 800 Coupons During Pyrolysis of Light Hydrocarbons*, Ind. Eng. Chem. Res., 26, p. 2139, Dalam : Hessley, R. K., Reasoner, J.w dan Riley J. T., 1986, *Coal Science : An Introduction to Chemistry, Technology and Utilization*, John Willey & Sons, New York.
- Dyer, A., 1988, *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*, John Willey & Sons Inc, New York
- Fanani, Z., 2008, *Pembuatan BioBBM dengan katalis Ni Pada Berbagai Pengemban dan Pelarut*, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Gregg, S. J., and Sing, K. S. W., 1982, *Adsorption, Surface Area and Porosity*, Edisi Kedua. Academic Press, New York.
- Ismail, S, 1999, *Kinetika Kimia*. Cetakan Pertama, UNSRI PRESS, Indralaya.

- Keenan, C. W., dan Donald C. K., 1999, *Kimia Untuk Universitas*, Alih Bahasa A. Hadyana Pudjaatmaka Ph.D, Jilid I, Edisi VI, Erlangga, Jakarta.
- Ketaren, 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Universitas Indonesia, Depok.
- Lowel, S., dan Shields, Jhon. E., 1983, *Powder Surface Area and Porosity*, Edisi Kedua, Chapman and Hall, New York.
- Masyhud, 2008, *Tanaman Nyamplung Berpotensi Sebagai Sumber Energi Biofuel*. [http://www.ssffmp.or.id/berita/4482/Tanaman\\_Nyamplung\\_Berpotensi\\_Sebagai\\_Sumber\\_Energi\\_Biofuel](http://www.ssffmp.or.id/berita/4482/Tanaman_Nyamplung_Berpotensi_Sebagai_Sumber_Energi_Biofuel), 15 Januari 2010.
- Renjun, Z., 1993, *Fundamentals of Pyrolysis in Petrochemistry and Technology*, CRC Press, Boca Raton, USA, Dalam : Hessley, R. K., Reasoner, J.w dan Riley J. T., 1986, *Coal Science : An Introduction to Chemistry, Technology and Utilization*, John Willey & Sons, New York.
- Setyawan, D. H., 2002, Pengaruh Perlakuan Asam, Hidrotermal dan Impregnasi Logam Kromium pada Zeolit Alam dalam Preparasi Katalis, *Jurnal Ilmu Dasar* Vol. 3 No. 2, FMIPA UNEJ, Jember.
- Setyawan, D. H., 2003, Aktivitas Katalis Cr/Zeorlit dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton, *Jurnal Ilmu Dasar* Vol. 4 No. 2, FMIPA UNEJ, Jember.
- Sibuea dan Posman, 2003, Pengembangan Industri Biodiesel Sawit, [www.kcm.com](http://www.kcm.com), 10 Oktober 2010.
- Sulaiman, W., 2006, *Pengaruh Katalis Ni-Monmorillonit Terpilar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Kondisi Hidrocracking Terhadap Densitas dan Viskositas Produk Hidrocracking Lumpur Minyak Bumi*, Skripsi Universitas Sriwijaya, Indralaya
- Suyartono, 1999, *Kebijaksanaan Pemanfaatan Batubara*, Makalah Seminar Nasional Pemanfaatan Batubara Peringkat Rendah, Jakarta
- Trisunaryanti, W., 1991, *Modifikasi, Karakterisasi dan Pemanfaatan Zeolit Alam*, Tesis Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Tsitsishvilly, G. V., 1992, *Natural Zeolite*, Institute of Physical and Organic Chemistry, Academy of Science of Georgia.
- Vennard, J. K. & Robert L. S., 1975, *Elementary Fluid Mechanics*, Edisi V, John Willey & Sons Inc, New York.