



**KARAKTERISASI KATALIS Ni(II)Co(II)/H<sub>5</sub>NZA DAN UJI AKTIVITASNYA  
DALAM PERENKAHAN KATALITIK METIL ESTER JATROPHA**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains  
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember

Oleh :

**RICOH SUTRISNO  
NIM. 021810301064**

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

## RINGKASAN

**Karakterisasi Katalis Ni(II)Co(II)/H<sub>5</sub>NZA dan Uji Aktivitasnya dalam Perengkahan Katalitik Metil Ester *Jatropha***; Ricoh Sutrisno, 021810301064; 2007: 61 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (Pudjaatmaka, 1979). Minyak jarak (*Jatropha curcas* L.) merupakan minyak nabati *non*-pangan yang berpotensi sebagai *biofuel*. Perengkahan katalitik minyak nabati dengan katalis SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada suhu 450 °C menghasilkan *biogasoline* dan *biodiesel* dengan berat molekul lebih rendah daripada perengkahan minyak bumi (Pioch *et. al* dalam Ma, 1999). Kelebihan *biofuel* merupakan sumber daya alam terbarukan (Demirbas, 2002), terurai secara alami, tidak mengandung senyawa aromatik dan sulfur, serta mengurangi emisi racun dan materi partikulat (Prakash, 1998), sedangkan kelemahannya adalah viskositas tinggi dan volatilitas rendah (Ma, 1999).

Banyak cara yang dilakukan dalam menurunkan viskositas dan menaikkan volatilitas *biofuel* untuk menghindari terbentuknya getah dan kokas pada dinding mesin, diantaranya adalah mencampur 25 % *biofuel* dengan 75 % bahan bakar dari minyak bumi (*dilution*), mikroemulsi dengan alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) (Schuchardt, 1998), transesterifikasi (Khan, 2002), serta modifikasi proses konversi melalui metilesterifikasi dan perengkahan karena bebas gliserol serta diperoleh produk yang lebih volatil dan rendah viskositas (Nabetani, 2006).

Yang berperan dalam perengkahan katalitik adalah situs asam (Oudejans, 1984). Keuntungan zeolit sebagai pengemban karena memiliki struktur berpori dan luas permukaan spesifik tinggi (Handoko, 2001). Impregnasi logam ke dalam pori zeolit dapat mempengaruhi keasaman dan ukuran pori katalis (Nurcahyo, 2005).

Fischer-Tropsch (1925) memanfaatkan Ni (*nickel*) dan Co (*cobalt*) sebagai katalis dalam reaksi pembentukan senyawa hidrokarbon pada industri bahan bakar motor (Hagen, 2006). Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui karakter katalis Ni(II)Co(II)/H<sub>5</sub>NZA yang meliputi rasio Si/Al, keasaman, luas permukaan spesifik, rata-rata jejari pori, dan volume total pori, dan (2) mengetahui aktivitas katalis Ni(II)Co(II)/H<sub>5</sub>NZA dalam perengkahan katalitik metil ester jatropha. Hasil penelitian diharapkan menjadi sumber informasi mengenai (1) pemanfaatan minyak jarak (*J. curcas* L.) sebagai sumber daya alam terbarukan untuk alternatif bahan bakar cair, (2) pemanfaatan material kristal padat berpori zeolit alam sebagai pengemban logam setelah diaktivasi untuk meningkatkan aktivitas dan selektivitas dalam reaksi perengkahan katalitik, (3) bahan kajian penelitian dalam kimia katalis dan industri.

Preparasi katalis dilakukan melalui aktivasi zeolit alam, meliputi proses dealuminasi dengan HCl (Trisunaryanti *et. al*, 1996) dan hidrotermal (Hamdan, 1992; Barrer and Makki, 1982), perlakuan panas (Dyer, 1988), kalsinasi, oksidasi, serta modifikasi impregnasi kation Ni<sup>2+</sup> dan Co<sup>2+</sup>. Aktivitas katalitik dilakukan terhadap metil ester jatropha dalam reaktor “*flow fixed bed*” pada suhu 450 °C menggunakan pengumpan butanol dan gas nitrogen sebagai pembawa. Produk perengkahan katalitik dikarakterisasi dengan kromatografi gas.

Impregnasi campuran Ni(II) dan Co(II) dalam H<sub>5</sub>NZA dapat meningkatkan keasaman katalis dan rata-rata jejari pori. Tetapi menurunkan luas permukaan spesifik dan volume total pori. Katalis H<sub>5</sub>NZA memiliki aktivitas katalitik tertinggi 94,9798%, sedangkan aktivitas katalitik dengan impregnasi Ni(II) dan Co(II) terbesar diperoleh pada penggunaan katalis 50%Ni-50%Co/H<sub>5</sub>NZA sebesar 90,6284%. Konsentrasi Co(II) terimpregnasi tertinggi pada katalis 25%Ni-75%Co/H<sub>5</sub>NZA meningkatkan aktivitas katalitik pada t<sub>R</sub> 2,500-5,000 sebesar 14,5398%.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b><i>RINGKASAN</i></b> .....	<i>vii</i>
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b><i>DAFTAR ISI</i></b> .....	<i>x</i>
<b><i>DAFTAR TABEL</i></b> .....	<i>xiii</i>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b><i>BAB 1. PENDAHULUAN</i></b> .....	<i>1</i>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	5
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Katalis</b> .....	6
2.1.1 Sifat Fisik Katalis .....	7
2.1.2 Kinerja Katalis.....	8
<b>2.2 Zeolit</b> .....	9

2.2.1 Zeolit Alam .....	10
2.2.2 Sifat Zeolit .....	11
2.2.3 Zeolit Sebagai Katalis .....	12
2.2.4 Aktivasi dan Modifikasi Zeolit .....	13
<b>2.3 Sifat Katalis Logam Transisi .....</b>	<b>15</b>
2.3.1 <i>Nickel</i> (Ni) dan <i>Cobalt</i> (Co) .....	16
<b>2.4 Reaksi Perengkahan .....</b>	<b>16</b>
2.4.1 Perengkahan Termal .....	16
2.4.2 Perengkahan Katalitik .....	17
2.4.3 Perengkahan “Tonik” Katalitik melalui Alkena .....	19
<b>2.5 Tanaman Jarak (<i>Jatropha curcas</i> L.) .....</b>	<b>21</b>
2.5.1 Taksonomi Tanaman Jarak ( <i>J. curcas</i> L.) .....	21
2.5.2 Sifat Fisika dan Kimia Minyak Jarak ( <i>J. curcas</i> L.) .....	22
<b>2.6 Alkohol Pengumpan .....</b>	<b>24</b>
<b>2.7 Bahan Bakar .....</b>	<b>24</b>
<b>2.8 Kromatografi Gas .....</b>	<b>25</b>
<b>2.9 Spektroskopi Serapan Atom .....</b>	<b>26</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Diagram Alir .....</b>	<b>27</b>
3.2.1 Pembuatan Katalis NZA .....	28
3.2.2 Pembuatan Katalis H <sub>5</sub> NZA .....	28
3.2.3 Impregnasi Kation Ni <sup>2+</sup> dan Co <sup>2+</sup> dalam Katalis H <sub>5</sub> NZA .....	29
3.2.4 Uji Aktivitas Katalitik .....	29
<b>3.3 Alat dan Bahan .....</b>	<b>30</b>
3.3.1 Alat .....	30
3.3.2 Bahan .....	30
<b>3.4 Prosedur Penelitian .....</b>	<b>30</b>
3.4.1 Pembuatan Larutan .....	30

3.4.2 Pembuatan Katalis .....	31
3.4.3 Karakterisasi Katalis .....	33
3.4.4 Ekstraksi Minyak Jarak ( <i>J. curcas</i> L.) .....	34
3.4.5 Esterifikasi Minyak Jarak ( <i>J. curcas</i> L.) .....	35
3.4.6 Uji Aktivitas Katalis .....	36
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Karakteristik Katalis .....</b>	<b>38</b>
4.1.1 Rasio Si/Al .....	38
4.1.2 Konsentrasi Ni(II) dan Co(II) dalam H <sub>5</sub> NZA .....	40
4.1.3 Keasaman Katalis .....	42
4.1.4 Luas Permukaan Spesifik, Rata-rata Jejari Pori, dan Volume Total Pori Katalis .....	44
<b>4.2 Minyak Jarak (<i>Jatropha curcas</i> L.) .....</b>	<b>46</b>
4.2.1 Ekstraksi Minyak Jarak ( <i>J. curcas</i> L.) .....	46
4.2.2 Transesterifikasi Minyak Jarak ( <i>J. curcas</i> L.) .....	47
<b>4.3 Aktivitas Katalitik Katalis Ni(II)Co(II)/H<sub>5</sub>NZA .....</b>	<b>49</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>55</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>62</b>

## PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari uraian hasil dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Impregnasi campuran Ni(II)Co(II) dalam H<sub>5</sub>NZA meningkatkan keasaman katalis dan rata-rata jejari pori, tetapi menurunkan luas permukaan spesifik dan volume total pori.
2. Katalis H<sub>5</sub>NZA memiliki aktivitas katalitik 94,9798%, sedangkan aktivitas katalitik dengan impregnasi Ni(II)Co(II) terbesar diperoleh pada penggunaan katalis 50%Ni-50%Co/H<sub>5</sub>NZA sebesar 90,6284%. Konsentrasi Co(II) terimpregnasi tertinggi pada katalis 25%Ni-75%Co/H<sub>5</sub>NZA meningkatkan aktivitas katalitik pada t<sub>R</sub> 2,500-5,000 sebesar 14,5398%.

### 5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan:

1. Karakterisasi katalis sistem logam pengemban menggunakan metode *t-plot* untuk mengetahui jumlah pori internal dan pori eksternal.
2. Karakterisasi produk perengkahan katalitik metil ester jatropha untuk mengetahui selektivitas yang dihasilkan menggunakan kromatografi gas-spektroskopi massa karena kemungkinannya mengandung fraksi bahan bakar bensin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.R. and Boudart, M. 1981. *Catalysis Science and Technology*. First Edition. Berlin: Springer Verlag.
- Anonim, 1989. *Ensiklopedi Nasional Indonesia*. Jilid 3. Jakarta: PT. Cipta Adi Pustaka.**
- Anonim, 1990. *Ensiklopedi Nasional Indonesia*. Jilid 8. Jakarta: PT. Cipta Adi Pustaka.**
- Anonim, 2005. “Jatropha, yellow gold of tomorrow”. In *Agrobios Newsletter*. Vol-III. No-10. March. 2005.**
- Astutik, R.D. 2005. *Aktivitas Katalis NZA dan H<sub>5</sub>NZA dalam Reaksi Konversi Jelantah menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar pada Variasi Jenis Alkohol sebagai Umpan Pancingan*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.**
- Augustine, R.L. 1996. *Heterogeneous Catalysis for the Synthetic Chemist*. New York: Marcell Dekker Inc.
- Barrer, R.M. 1978. *Zeolite and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Sieves*. London: Academic Press Inc.
- Barrer, R.M. and Makki. 1982. *Hydrothermal Chemistry of Zeolites*. New York: Academic Press.
- Boudart, M. Bell. 1987. *Catalyst Design*. Edisi I. New York: A Wiley-Interscience Publication.
- Campbell, I.M. 1988. *Catalysis at Surface*. New York: Chapman and Hall Ltd.



- Christian, D. and Gary. 1994. *Analytical Chemistry*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Demirbas, A. 2002. "Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey". In *Energy Conversion and Management* 44 (2003) 2093-2109.
- Demirbas, A., dan Kara, H., 2006. "New options for conversion of vegetable oils to alternative fuels". In *Energy Sources*. Vol. 28. no 4-8. pp. 619-626.
- Dyer, A. 1988. *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*. Great Britain: John Wiley and Sons Ltd.
- Feist, 2006. "the Handbook for Organic Chemistry Lab: Gas Chromatography". On line in <http://orgchem.colorado.edu/hndbksupport/GC/GCsq.html>. (01/05/2006).
- Fessenden, R. J dan J. S. Fessenden. 1999. *Kimia Organik*. Jilid II. Edisi III. Terjemahan A. H. Pudjaatmaka. Jakarta: Erlangga.
- Firdausi, Dedi. 2005. *Pengaruh Temperatur dan Jenis Alkohol sebagai Umpan Pancingan terhadap Aktivitas Katalis dalam Reaksi Konversi Jelantah menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Flanigen, E.M. 1991. *Introduction to Zeolite Science and Practice*. First Edition. New York: Elsevier Science B.V.
- Gasser, R.P.H. 1987. *An Introduction to Chemisorption and Catalysis by Metal*. Oxford: Oxford Science Publication, Clarendon Press.
- Gates, B.C. 1979. *Catalytic Chemistry*, New York: John Wiley and Sons Inc.
- Guisnet, M., and Gilson, J.P., 2002. *Zeolite for Cleaner Technologies*. 1<sup>st</sup> Edition. London: Imperial College Press.
- Hagen, Jens. 2006. *Industrial Catalyst: A Practical Approach*. Second Edition. KgaA. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co..

- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification*. Malaysia: University Teknologi Malaysia.
- Handoko, D.S.P. 2001. *Modifikasi Zeolit Alam dan Karakterisasinya sebagai Katalis Perengkahan Asap Cair Kayu Bengkirai*. Tidak Dipublikasikan. Tesis. Yogyakarta: Universtas Gajah Mada.
- Hegedous, LL., Aris. R., Bell. A.T., Boudart, M., Chen, N.Y., Gates. B.C., Haag, W.O., Somorjai, G.A., and Wei, J., 1987. *Catalyst Design Progress and Prospective*. New York: John Wiley and Son Ltd.
- Hendayana, S. *et, al.* 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Edisi Kesatu. Semarang: IKIP-Semarang Press.
- Hidayat, Dody. 2005. Biodiesel Biji Jarak. [www.tempo.co.id](http://www.tempo.co.id) dalam <http://cdc.eng.ui.ac.id/> (10/08/2005).
- [http://iptek.apjii.or.id/artikel/ttg\\_tanaman\\_obat/depkes/buku1/1-159.pdf](http://iptek.apjii.or.id/artikel/ttg_tanaman_obat/depkes/buku1/1-159.pdf). (02/23/2006).
- <http://www.wpbschoolhouse.btinternet.co.uk/>. (02/12/2007).
- Jensen, R.H. 2003. *Inovation Tools for Commercializing Process Technology*. Ottawa: UOP LLC.
- Keenan and Kleinfelter, 1996. *Ilmu Kimia Analitik Untuk Universitas*, Edisi keenam. Jilid 1. Terjemahan A. H. Pudajaatmaka, Ph.D. Jakarta: Erlangga.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI-Press.
- Khan, A.K. 2002. *Research into Biodiesel Kinetics and Catalyst Development*. Brisbane-Queensland: The University of Queensland.
- Khairinal. 2000. *Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari dengan Perlakuan Asam dan Proses Hidrotermal*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Yogyakarta: UGM.
- Lele, Satish. 2006. "The Cultivation of *Jatropha curcas*". On line in <http://www.jatropha.de/> (02/23/2006).
- Lowell, S. and J.E. Shields, 1984. *Powder Surface Area and Porosity*. Edisi II. New York: Chapman and Hall.

- Ma, F. and Hanna, M.A. 1999. "Biodiesel production: a review". In *Bioresource Technology* 70. 1-15.
- Manurung, R. 2005. *Straight Jatropha Oil*. Yogyakarta: Gajah Mada University.
- McNair, H. and Bonelli, E.J. 1988. *Dasar Kromatografi Gas*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Mortimer, M. and Taylor, P. 2002. *The Molecular World: Chemical Kinetics and Mechanism*. Cambridge: The Open University.
- Nabetani, H. 2006. "Development of Non-Catalytic Reaction Processes for Production of Biodiesel Fuel". In *Tsukuba International Congress Center (EPOCHAL TSUKUBA)*. Japan: The Third Biomass-Asia Workshop.
- Nasikin, M. dan Makhdiyanti, A. 2003. "Sintesis Metil Ester sebagai Aditif Bahan Bakar Solar dari Minyak Sawit". Dalam *Jurnal Teknologi*. No. 1. Tahun XVII. Hal: 45-50.
- Nurachman, Zeily. 2005. "Ubah Biomassa Jadi Bahan Bakar". Dalam *Kompas*. Senin, 8 Agustus 2005.
- Nurchahyo, I.F., dkk, 2005. "Karakterisasi Katalis *Monometal* dan *Bimetal* yang Teremban dalam Zeolit Alam Aktif menggunakan Metode Adsorpsi Amonia dan Nitrogen". Dalam *Prosiding Seminar Nasional Kimia II*. Hal: 122-131.
- Nurhadi, M. 1999. *Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Kromium-Zeolit Alam untuk Perengkahan Fraksi Minyak Bumi*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Oudejans, J.C. 1984. *Zeolite Catalyst in Some Organic Reaction*. Holland: The Netherland Foundations for Chemical Research.
- Otto, S., Bertocin, F., and Engberts, Jan B. F. N. 1996. "Lewis Acid Catalysis of a Diels-Alder Reaction in Water". In *J. Am. Chem. Soc.* 1996, 118, 7702-7707. Netherlands: Contribution from the Department of Organic and Molecular Inorganic Chemistry, University of Groningen, Nijenborgh 4, 9747 AG Groningen.
- Polymer Chemistry Glossary. <http://www.kcpc.usyd.edu.au/discovery/glossary-all.html>. (06/29/2007).
- Prakash, C.B. 1998. *A Critical Review of Biodiesel as A Transportation Fuel in Canada*. Canada: GCSI - Global Change Strategies International Inc.

- Prakoso, Tirto. 2005. "Perguruan Tinggi Minati Biodiesel". (<http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/0705/21/cakrawala/index.htm>).
- Pudjaatmaka, A.H. 1979. "Minyak Bumi". Dalam *Ensiklopedia of Science and Technology*. New York: Mc. Graw-hill book co.
- Sadeghbeigi, R. 2000. *Fluid Catalytic Cracking Handbook: Design, Operation and Troubleshooting of FCC Facilities*. Second Edition. Houston: Gulf Publishing Company.
- Sang, O.Y., 2003. "Biofuel Production from Catalytic Cracking of Palm Oil" In Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effect. Volume [http://www.informaworld.com/smpp/title%7Econtent=t713770930%7Edb=all%7Etab=issueslist%7Ebranches=25 - v2525](http://www.informaworld.com/smpp/title%7Econtent=t713770930%7Edb=all%7Etab=issueslist%7Ebranches=25-v2525), Issue 9 September 2003, pages 859 – 869.
- Satterfield, C.N. 1980. *Heterogeneous Catalysis in Practices*. New York: Mc. Graw-Hill Book Co.
- Schuchardt, U. *et al.* 1998. "Transesterification of Vegetable Oil: a Review". In *J. Braz. Chem. Soc.* Vol. 9. No. I. 199-210.
- Setiawan, Putu. 2004. *Studi Aktivitas Katalis Co/Zeorit pada Konversi Jelantah menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Skoog, D.A. 1993. *Analytical Chemistry An Introduction International Edition*. 6<sup>th</sup> Ed. Sounders College Publishing.
- Smith, J.M. 1970. *Chemical Engineering Kinetics*. Second edition. New York: Mc. Graw-Hill Book Co.**
- Smith, K. 1992. *Solid Support and Catalyst in Organic Synthesis*. London: Ellis Horwood PTR.
- Sucipto, B. A. 2003. *Studi Aktifitas Katalis ZAAH<sub>5</sub>, Cr(III)-3/ZAAH<sub>5</sub>, dan Ni(II)-3/ZAAH<sub>5</sub> pada Reaksi Perengkahan Plastik(Polietilen)*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jember. Universitas Jember.
- Sutarti, M. dan M. Rachmawati. 1994. *Zeolit: Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi LIPI.

- Suyartono, H. 1991. *Tinjauan terhadap Kegiatan Penelitian Karakteristik dan Pemanfaatan Zeolit Indonesia yang Dilakukan PPTM Periode 1980-1991*. Yogyakarta: Buletin Pengembangan Teknologi Mineral.
- The European Fuel Oxygenates Association.  
[http://www.efoa.org/EFOA\\_Pages/00\\_Accueil/00a\\_GlossaryTXT.html](http://www.efoa.org/EFOA_Pages/00_Accueil/00a_GlossaryTXT.html).  
 (06/29/2007).
- Trisunaryanti, W. 1991. *Modifikasi, Karakterisasi dan Pemanfaatan Zeolit Alam*. Tidak Dipublikasikan. Tesis. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Trisunaryanti, *et. al.* 1996. "Characterization and Modification of Indonesian Natural Zeolites and Their Properties for Hydrocracking of Paraffin". Dalam *Journal of The Japan Petroleum Institute*. Volume 39. hal. 20-25.
- Trisunaryanti, W. 2005. "Pengaruh Perlakuan Asam Klorida terhadap Karakter Zeolit Alam Wonosari dan Uji Aktivitas Katalitiknya untuk Perengkahan n-Heksadekana". Dalam *Prosiding Seminar Nasional Kimia II*. Hal: 112-121.
- Universitas Jember, 2005. *Pedoman Penulisan Karya Tulis Ilmiah*. Jember: Jember University Press.
- Universitas Jember, 2006. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Jember University Press.
- Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wulansari, D. 2004. *Studi Aktivitas Katalis Ni/ZAAH<sub>5</sub> pada Konversi Minyak Goreng Jelantah menjadi Fraksi Bahan Bakar Cair*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Wyeth, P. 2002. "An industry and market study on six plant products in Southern Africa: *Jatropha* or Physic Nut". In *United States Department of Agriculture and the United States Agency for International Development*. Washington: Washington State University.
- Zainuddin, 1988. *Kursus Instrumental Atomic Absorption Spectrofotometer (paket A)*, Surabaya: Universitas Airlangga.