

**PENGARUH VARIASI BERAT KATALIS TERHADAP PROSES HYDROCRACKING
MINYAK BIJI JARAK (*Jatropha Curcas L.*) MENGGUNAKAN KATALIS Co/Mo -
MONMORILONIT TERPILAR TiO_2**

SKRIPSI

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



OLEH :

RIKARDO

09043130020

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

JURUSAN KIMIA

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2010

S
662-807
RIK
P
2010

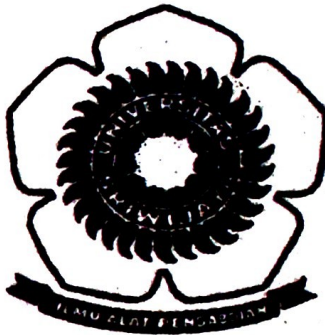
No. Record : 20988
No. Reg : 21452



**PENGARUH VARIASI BERAT KATALIS TERHADAP PROSES HIDROCRACKING
MINYAK BIJI JARAK (*Jatropha Curcas L*) MENGGUNAKAN KATALIS Co/Mo-
MONMORILONIT TERPILAR TiO_2**

SKRIPSI

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



OLEH :

RIKARDO

09043130020

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

2010

Lembar Pengesahan

**PENGARUH VARIASI BERAT KATALIS TERHADAP PROSES HIDROCRACKING
MINYAK BIJI JARAK (*Jatropha Curcas L*) MENGGUNAKAN KATALIS Co/Mo-
MONMORILONIT TERPILAR TiO₂**

SKRIPSI

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

Oleh

RIKARDO

09043130020

Pembimbing Pembantu



Addy Rachmat, M.Si

NIP. 19740928 200012 1 001

Indralaya, Januari 2011
Pembimbing Utama



Hasanudin, S.Si, M.Si

NIP. 19720515 199702 1 003



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia



Dra. Fatma, MS.

NIP. 19620713 199102 2 001

Tugas kita bukanlah untuk berhasil. Tugas kita adalah untuk mencoba, karena di dalam mencoba itulah kita menemukan dan belajar membangun kesempatan untuk berhasil.

*Allah SWT begitu sayang padaku
Hingga ku tak henti diuji demi membentuk diri
Menjadi lebih berarti...
Begitu sayang padaku, hingga ku terhenti diuji
Karena Dia memberiku jalan akhir yang indah dan abadi...
Hingga ku mengerti arti Sabar dan Ikhlas di jalan-Nya...
Tanpa berpaling dari-Nya, kupersembahkan karya pikirku untuk*

- *Kedua Orangtuaku tercinta*
- *Saudara-saudaraku*
- *Someone Special*
- *Semua Dosen dan teman-teman terbaikku*
- *Almiamaterku*

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Variasi Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Produk Hidrocracking Minyak Jarak Menggunakan Katalis Co/Mo-Monmorilonit Terpilar TiO_2 ”**

Dalam melaksanakan penelitian, penulisan hingga terwujudnya skripsi ini penulis menyadari tanpa bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak baik berupa moril maupun material penulis tidak akan mampu menyelesaikan skripsi ini, maka Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Hasanudin, S.Si, M.Si selaku pembimbing utama yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing penulis demi selesainya penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Addy Rachmat, S.Si, M.Si selaku pembimbing pembantu yang berusaha semaksimal mungkin membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dra Fatma M.S selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Herlina. M.Kes, Apt. selaku pembimbing akademik.
5. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

6. Kedua orangtuaku tercinta atas segenap cinta dan kasih sayangnya yang tiada henti tercurah, yang telah berkorban harta, waktu, dan tenaga untuk keberhasilanku, hanya Allah yang dapat membalas semuanya dengan Surga-Nya yang terindah.
7. Seluruh keluarga ku untuk semua cinta dan kasih sayang, kebersamaan, doa, dukungan, motivasi, nasehat dan semangat untuk tetap maju.
8. Teman – teman seperjuangan "Team KF'04 dan *new* Team KF'06" , sonny, juli, hafiz, adri, ridho, vellan, deni, fitrah, dan rokend atas kebaikan, kebersamaan, pengertian, dan bantuan kalian selama ini.
9. Buat Mas Budhi "Bolink" Solihin untuk semangat dan pengertiannya.
10. Seluruh teman – teman angkatan 2004 dan seluruh almamater Mipa Kimia atas kerjasamanya selama ini. Semoga sukses.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon saran dan kritik yang membangun dari pembaca sehingga skripsi ini lebih sempurna dan semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Amin

Inderalaya, Januari 2010

Penulis

**THE INFLUENCE OF CATALYST WEIGHT JARAK PAGAR OIL
(*Jatropha Curcas L*) HYDROCRACKING PROCESS WITH Co/Mo-TiO₂
PILLARED MONMORILONITE CATALYST**

By :

RIKARDO

09043130020

ABSTRACT

The research have been done on jarak pagar hydrocracking with Co/Mo-TiO₂ pillared montmorillonite catalyst. Hydrocracking was conducted on 500°C temperature, flow rate of hydrogen 2,5 ml/sec and variation of catalyst weight 1 g, 2 g, 3 g. The product of hydrocracking resulted were counted nonpolar, polar, viscosity, coke and gas product percentage. The nonpolar product were distilled and its density was measured. The result of research show that optimum weight of catalyst value was 2 g and optimum nonpolar product value was 77,7127 %, polar product 0,8556 %, viscosity 3,987 x 10¹⁰ stokes, coke 0,3735 %, gas 21,058 %. The nonpoiar distilled product produced biogasoline fraction 68,49. % which density 746 Kg/m³.

**PENGARUH VARIASI BERAT KATALIS TERHADAP PROSES
HIDROCRACKING MINYAK BIJI JARAK (*Jatropha Curcas L*)
MENGUNAKAN KATALIS Co/Mo-MONMORILONIT TERPILAR TiO₂**

Oleh :

RIKARDO

09043130020

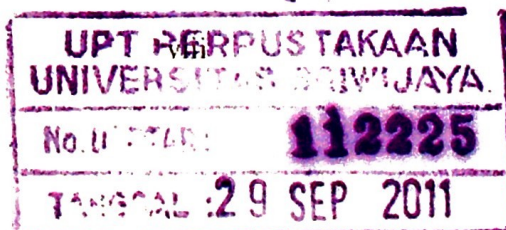
ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian hidrocracking minyak jarak menggunakan katalis Co/Mo-Monmorilonit terpillar TiO₂. Hidrocracking dilakukan pada temperatur 500°C, laju alir gas hidrogen 2,5 mL/det dan variasi berat katalis 1 gram, 2 gram, 3 gram. Produk hidrocracking yang dihasilkan dihitung persentase produk non polar, polar, viskositas, coke dan gas. Produk nonpolar kemudian didestilasi dan diukur densitas dari destilatnya. Hasil penelitian menunjukkan berat katalis optimum sebesar 2 gram dan menghasilkan produk non polar optimum sebesar 77,7127 %, produk polar 0,8556 %, viskositas $3,987 \times 10^{10}$ stokes, coke 0,3735 %, gas 21,058 %. Produk nonpolar kemudian didestilasi dan menghasilkan fraksi bensin sebesar 68,49 % dengan densitas 746 Kg/m³.

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Jarak Pagar (<i>jatropha curcas</i>).....	5
2.2. Minyak Jarak Pagar.....	6
2.3. Hidrocracking.....	6
2.4 Katalis.....	8
2.4.1. Fungsi Katalis.....	10



2.4. 2. Penggolongan dan Struktur Katalis	10
2.5. Lempung Alam Montmorilonit	12
2.8. Lempung Montmorilonit Terpillar	13
2.8. Densitas	16
2.8. Viskositas	17
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Waktu dan Tempat	19
3.2. Alat dan Bahan	19
3.2.1. Alat	19
3.2.2. Bahan	19
3.3. Prosedur Penelitian	19
3.3.1. Preparasi Na-Monmorilonit	19
3.3.2. Sintesis Lempung Monmorillonit Terpillar TiO ₂	20
3.3.3. Impregnasi Co/Mo pada Monmorilonit Terpillar TiO ₂	20
3.3.4. <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar Dengan Katalis Co/Mo-Montmorillonit Terpillar TiO ₂	20
3.3.5. Penentuan Densitas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Jarak Biji Jarak Pagar	21
3.3.6. Penentuan Viskositas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar	21
3.3.7. Densitas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar ..	22
3.4. Proses Perhitungan	22
3.4.1. Perhitungan Persentase Produk Nonpolar dan Polar	22

3.4.2. Perhitungan Persentase Coke.....	23
3.4.3. Perhitungan Persentase Gas.....	23
3.4.4. Perhitungan Densitas Produk Nonpolar	23
3.4.5. Perhitungan Densitas Setelah Destilasi	24
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Pengaruh Berat Katalis Terhadap Persen Produk Minyak Nonpolar	25
4.2. Pengaruh Berat Katalis Terhadap Persen Produk Minyak polar..	26
4.3. Pengaruh Berat Katalis Terhadap Produk Fraksi Bensin.....	27
4.4. Pengaruh Berat Katalis Terhadap Viskositas Produk Minyak.....	28
4.5 Pengaruh Berat Katalis Terhadap Persen Coke	29
4.6. Pengaruh Berat Katalis Terhadap Persen Gas.....	30
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	32
5.1. Kesimpulan	32
5.2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN-LAMPIRAN	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil Destilasi Produk Fraksi Minyak Fraksi Bensin	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Grafik variasi berat katalis terhadap produk minyak nonpolar.....	23
Gambar 4.2 Grafik variasi berat katalis terhadap produk minyak polar.....	27
Gambar 4.3 Grafik variasi berat katalis terhadap viskositas produk Minyak.....	29
Gambar 4.4 Grafik variasi berat katalis terhadap persen coke.....	28
Gambar 4.5 Grafik variasi berat katalis terhadap persen gas.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Perhitungan Persentase Produk Minyak Nonpolar.....	36
Lampiran 2 Data Perhitungan Persentase Produk Minyak Polar	37
Lampiran 3 Data Destilasi Produk Fraksi Bensin	38
Lampiran 4 Data Hasil Destilasi Produk Minyak Jarak Fraksi Bensin	39
Lampiran 5 Data Perhitungan Viskositas	40
Lampiran 6 Data Perhitungan Persentase Coke	41
Lampiran 7 Data Perhitungan Persentase Gas	42
Lampiran 8 Gambar Alat	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beberapa tahun ke depan kebutuhan minyak bumi semakin meningkat sedangkan cadangan minyak bumi semakin menurun. Berdasarkan data PB statistical review of world energy produksi minyak bumi di Indonesia pada tahun 1995 sebanyak 1578 barel, tahun 2000 sebanyak 1456 barel, dan tahun 2005 sebanyak 1136 barel, berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa cadangan minyak semakin menurun. Hal ini menuntut beberapa upaya untuk diciptakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, mengingat minyak bumi merupakan bahan galian yang sifatnya tidak dapat diperbarui (Heller, 1996). Saat ini pengembangan bahan bakar alternatif bertumpu pada bahan bakar nabati seperti minyak kelapa, minyak sawit (Ketaren, S, 1986) dan minyak jarak (Jefferson, *et al*, 2008). Salah satu bahan baku yang ekonomis dan efektif dijadikan bahan baku untuk energi alternatif yaitu tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L*, *Euphorbiaceae*). Dibandingkan dengan kelapa sawit, tanaman jarak pagar lebih ekonomis untuk dijadikan bahan bakar alternatif karena tanaman jarak merupakan tanaman nonpangan.

Biji (dengan cangkang) jarak pagar mengandung 20-40% minyak nabati, namun bagian inti biji (biji tanpa cangkang) dapat mengandung 45-60% minyak kasar. Berdasarkan analisis terhadap komposisi asam lemak pada tumbuhan jarak pagar diketahui bahwa asam lemak yang dominan adalah asam oleat, asam linoleat, asam stearat, dan asam palmitat. Komposisi asam oleat dan asam linoleat

bervariasi, sementara dua asam lemak yang tersisa, yang kebetulan merupakan asam lemak jenuh, berada pada komposisi yang relatif tetap (Heller, 1996).

Penelitian menunjukkan bahwa minyak nabati dapat digunakan sebagai bahan bakar setelah melalui proses hidrocracking menggunakan katalis (Filhoet *al*, 1992). Proses ini dilakukan dengan dua proses yaitu perengkahan (*cracking*) dan hidrogenasi (Dupain, *et al*, 2006). Pada jarak pagar dilakukan proses *hidrocracking* katalitik untuk menghasilkan bahan bakar dengan cara dikonversi untuk menghasilkan bahan bakar. Didalam *hidrocracking* terjadi proses gabungan *cracking* dan hidrogenasi secara katalitik (Demirbas and Kara 2006).

Katalis yang sering digunakan dalam proses hidrocracking diantaranya adalah tanah lempung. Tanah lempung memiliki struktur berpori dengan ukuran pori yang kecil dan memiliki luas permukaan yang demikian besar sehingga tanah lempung sangat baik sebagai katalis perengkahan. Tanah lempung perlu dimodifikasi untuk dapat dijadikan katalis dalam proses *hidrocracking* dengan metode pilarisasi. Jenis lempung yang sering dipilarisasi dan memiliki sifat yang baik adalah lempung monmorilonit. Monmorillonit memiliki keunggulan pada saat dipilar, monmorillonit memiliki distribusi ukuran pori yang lebih luas. Sifat ini dapat mengurangi keterbatasan difusi molekul dan deaktivasi sehingga sangat baik sebagai katalis (Salermo, *et al*, 2004).

Pilarisasi dilakukan dengan menginterkalasikan suatu agen pemilar (*pillaring agent*) ke dalam antarlapis monmorillonit sehingga diperoleh senyawa monmorillonit terpillar (*pillared clay compound*) (Wijaya, *et al*, 2002). Beberapa polikation ukuran besar yang dapat digunakan sebagai pilar antarlapis pada

monmorillonit yaitu polihidroksi ion logam. Polihidroksi ion logam yang umum digunakan adalah Al, Zr, Ti, Cr dan Fe (Haerudin and Rinaldi, 2002).

Dalam proses *hidrocracking* terjadi perengkahan rantai karbon kemudian dilanjutkan dengan proses hidrogenasi yaitu proses adisi dari gas hidrogen ke dalam rantai karbon yang terputus. Proses *hidrocracking* membuat produk yang dihasilkan mempunyai rantai karbon yang lebih pendek dan berlangsung dalam fase gas. Dalam fase gas ini terjadi difusi reaktan dari permukaan luar masuk melalui pori dalam partikel katalis lalu reaktan tersebut diabsorpsi pada sisi aktif katalis kemudian terjadi pembentukan produk sampai produk didesorpsi dari katalis melalui pori bagian partikel katalis. Oleh sebab itu proses *hidrocracking* sangat bergantung terhadap berat katalis yang digunakan, dimana berat katalis yang digunakan sangat berpengaruh pada kereaktifan katalis pada saat proses hidrogenasi sehingga mempengaruhi dalam proses perengkahan rantai karbon.

Pada penelitian ini membahas pengaruh berat katalis di dalam proses *hidrocracking*, dimana dalam proses *hidrocracking* dibutuhkan variasi berat katalis untuk mengetahui proses *hidrocracking* yang optimum.

1.2. Perumusan Masalah

Minyak nabati seperti minyak jarak merupakan salah contoh minyak yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui. Minyak nabati diproses dengan cara *hidrocracking* untuk menghasilkan bahan bakar. Proses *hidrocracking* memerlukan katalis dan gas hidrogen. Penggunaan berat katalis sangat berpengaruh dalam proses *hidrocracking* maka perlu dilakukan variasi berat katalis yang berbeda-beda. Nilai optimum dalam proses

hidrocracking ditinjau dari persentase polar, nonpolar, gas, coke dan densitas produk nonpolar setelah destilasi.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh variasi berat katalis pada produk *hidrocracking* minyak jarak.
2. Menentukan persentase produk nonpolar, polar, coke dan gas.
3. Menentukan viskositas produk nonpolar.
4. Menentukan persentase dan densitas produk nonpolar setelah didestilasi.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang hasil produk yang terbaik pada proses *hidrocracking* dengan katalis Co/Mo monmorillonit terpillar TiO_2 dan diharapkan dapat menghasilkan sejenis bahan bakar alternatif sehingga dapat menggantikan pemakaian minyak bumi sebagai minyak bahan bakar yang bersifat tidak dapat diperbarui.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. R., and Boudart, M., 1981, *Catalysis Science and Technology*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Achmad, H., 1992, *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*, PT. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Augustine, R. L., 1996, *Heterogeneous Catalysis for Chemist*, Marcel Dekker Inc., New York.
- Boudart, M., Davis, B. H, and Heinemann, H., 2008, *Handbook of Heterogeneous Catalysis*, eds Vol. 1, G. Ertl, H. Knözinger and J. Weitkamp, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany.
- Demirbas, A. and Kara, H., 2006, New options for conversion of vegetable oils to alternative fuels Energy Sources, Part A, 28, 626–629.
- Dupain, X, Daniel, J. C, Colin, J. S., Michiel, M, and Jacob, A. M., 2006, *Cracking of a Rapeseed Vegetable Oil Under Realistic FCC Conditions*, Section of Reactor and Catalysis Engineering, Faculty of Applied Sciences, Delft University of Technology, Julianalaan, Delft, The Netherlands.
- Fassenden, J.B. dan Fessensen, J.S, 1997, kimia Organik, Alih Bahasa Aloysius Hadyana Pudjatmaka, Edisi Ketiga, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Hegedus, L.L, 1987, *Catalyst Design Progress and Perspective*. John Willey & Sons Inc., New York.
- Hasanudin, dan Rachmat, A, 2003, *Hidrocracking Campuran Minyak Hasil Pirolisis Plastik Polietilen-Tir Batubara dengan Katalis Ni-Zeolite*, Laporan Hasil Penelitian, Lembaga Penelitian, Universitas Sriwijaya.
- Hasanudin, Wijaya, K, dan Santoso, B., 2009, Preparation And Catalytic Activity For Isopropyl Benzene Cracking Of Co, Mo And Co/Mo-Al₂O₃-Pillared Montmorillonite Catalysts, *Indo. J. Chem.*, 9 (2) : 189-194.
- Heller J, 1996, Physic nut *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute.
- Haerudin, H & Rinaldi, N, 2002, Karakterisasi Bentonit Termodifikasi dengan Polikation Aluminium, *Jurnal Kimia Indonesia*, 2 (3).

<http://wapedia.mobi/id/Katalisator> Diakses pada 13 Oktober 2010

<http://moechah.wordpress.com/2008/11/22/katalis-dan-produksinya-di-indonesia/>

diakses 12 Oktober 2010

Jongschaap, R.E.E, W.J. Corre, P.S. Bindraban, W.A. Brandenburg, 2007, *Claims and facts on Jatropha curcas L. Global Jatropha curcas evaluation, breeding and propagation programme.*, Report158., Plant Research International B.V., Wageningen.

Ketaren, S, 1986, *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan.* UI Press, Jakarta.

Las, T., Zamroni, H, 2002, "Penggunaan Zeolit dalam Bidang Industri dan Lingkungan", *Jurnal Zeolit Indonesia, Vol, No.1*, hal 23-26.

Millan, 2005, *Pillared Clays as Catalyst for Hydrocracking of Heavy Liquid Fuels*, Dept. of Chem Engineering and Chem Technology Imperial Colledge, The University of Birmingham, London.

Narayanan, S, and Deshpande, K, 2000, Alumina Pillared Montmorillonite : Characterization and Catalysis of Toluene Benzylolation and Aniline Ethylation, *Applied Catalysis A: General*, 193 : 17-27.

Parker, S. P, 1993, *Encyclopedia of Physics*, Mc Graw Hill, Inc., New York.

R.T. Yang, 1999, Structural Aspects of Metal Oxide Pillared Sheet Silicates. *J. Chem. Soc. FaradaysTrans*, 82:3081.

Soeradajaja, T. H, 2005, *Dua Hal Utama dalam Pemanfaatan Bahan Bakar Alternatif dari Minyak Tumbuhan.* LIPI: Jakarta.

Sartika, D, 2009, *Penentuan Persen Volume Fraksi Minyak Mentah (Crude Petroleum) Dengan Metode Distilasi Secara ASTM D-86 Di PT.Pertamina EP Region Sumatera Field Pangkalan Susu*, Karya Ilmiah, D3 Kimia Industri FMIPA USU, Medan.

Trabi, M., Gubitz, G.M., Steiner, W., and Fidl, N, 1998, *Fermentation of Jatropha curcas Seeds and Press Cake with Rhizopus orizae*, In: *Biofuels and Industrial Product from Jatropha curcas*. Gubitz, G.M, Mittelbach, M., and Trabi, M. 1997, (Eds), pp, 206-210.

Trubus, 2005, *Bahan Bakar Kendaraan Masa Depan.* Juni 2005.

- Trisunaryanti, W, 2001, Selectivity of An Active Zeolite in Catalytic Conversion Process of Bangkirai, Krui and Kamper Woods Biofuel to Gasoline Fraction, *Indonesian Journal of Chemistry*, Vol. 1, No. 1:35-42.
- Tan, K. H, 1982, *Dasar-Dasar Kimia Tanah*, Edisi Pertama, a.b. Goenadi, D. H., Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Vennard, John K, and Street, Robert L, 1975, *Elementary Fluid Mechanics*, Edisi Kelima, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Wijaya, Tahir, Mudasir & Robert, 2003, *Kajian Stabilitas Termal Montmorillonit Terpillar Al_2O_3* , Makalah Ilmiah MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 13(1).
- Yunita, A, 2007, *Karakterisasi Katalis Ni/Mo-Montmorillonit Terpillar TiO_2* , Skripsi, Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya, Inderalaya.
- Zussman, 1992, *An Introduction to the Rock Forming Minerals*. Second Edition. Longman Scientific and Technical, Hongkong.