

**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP PRODUK *HIDROCRACKING*
MINYAK BIJI JARAK PAGAR DENGAN KATALIS Co/Mo-
MONTMORILLONIT TERPILAR TiO₂**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Sains Bidang Studi Kimia



Oleh :

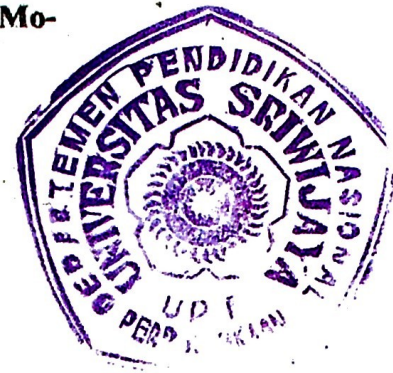
**ADRYANTANA PRIMADA
09043130025**

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

2010

S
541.348 of
Pm
P
e-10733
2010

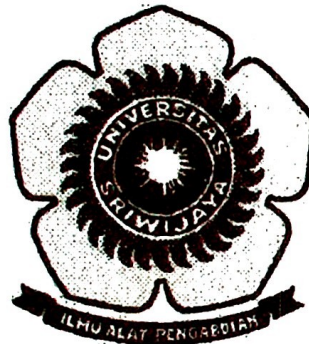
**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP PRODUK *HIDROCRACKING*
MINYAK BIJI JARAK PAGAR DENGAN KATALIS Co/Mo-
MONTMORILLONIT TERPILAR TiO₂**



SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Sains Bidang Studi Kimia



Oleh :

**ADRYANTANA PRIMADA
09043130025**



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

2010

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP PRODUK *HIDROCRACKING*
MINYAK BIJI JARAK PAGAR DENGAN KATALIS Co/Mo-
MONTMORILLONIT TERPILAR TiO₂**

SKRIPSI

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

Oleh :


**ADRYANTANA PRIMADA
09043130025**

Inderalaya, Agustus 2010

Pembimbing Pembantu

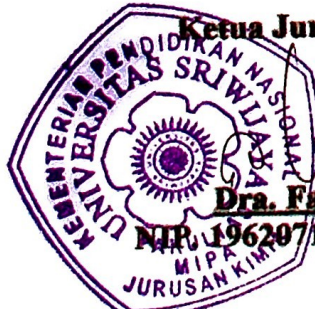

Addy Rachmat, S.Si, M.Si
NIP. 19740928 200012 1 001

Pembimbing Utama


Hasanudin, S.Si, M.Si
NIP . 19720515 199707 1 003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia


Dra. Fatma, M.S
NIP. 19620713 199102 2 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Wahai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar (Qs. Al-Baqarah : 153)

Barang siapa yang mengamalkan suatu perbuatan yang tidak ada contohnya dari kami maka amal tersebut tertolak (HR, Muslim : 1718)

Sebuah Persembahan Untuk:

- + *Allah S.W.T Tuhanku yang selalu melindungi dan memberiku kesabaran.*
- + *Nabi Muhammad S.A.W. panutanku.*
- + *Kedua orang tuaku yang selalu menanti dan memberi doa serta dukungan.*
- + *Adik-adikku tersayang.*
- + *Seseorang yang kelak menemaniku hingga akhir hayat.*
- + *Almamaterku UNSRI.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur hanya kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, hidayah dan karunia yang tak ternilai sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Temperatur Terhadap Produk *Hydrocracking* Minyak Biji Jarak Pagar Dengan Katalis Co/Mo-Montmorillonit Terpillar TiO₂”. Salawat dan salam kepada Panutan kita Rasullullah SAW, keluarga, sahabat, dan umat Islam yang selalu mengikuti sunahnya.

Dengan segenap kerendahan hati Penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang setulusnya kepada Bapak Hasanudin, S.Si, M.Si selaku pembimbing utama dan Bapak Addy Rachmat, S.Si, M.Si selaku pembimbing pembantu atas semua bantuan, bimbingan dan nasehat selama Pelaksanaan Tugas Akhir dan penyelesaian skripsi hingga selesai.

Penulis juga ingin menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah ikut berperan dalam memberikan dukungan serta kemudahan terutama kepada :

1. Bapak Drs. Muhammad Irfan, M.T, selaku Dekan FMIPA UNSRI.
2. Ibu Dra. Fatma, M.S, selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNSRI.
3. Ibu Herlina, M.Kes, Apt, selaku Pembimbing Akademik.
4. Seluruh Staf Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNSRI atas semua bantuan dan ilmu yang bermanfaat.
5. Bunda Noni, Pak Alam, dan analis atas semua bantuan dan dukungannya.

6. Kedua orang tuaku (Papi dan Mami) tercinta atas segala kasih sayang, do'a dan nasehatnya, adik-adikku tersayang (Yogi, Alpin, Yongki, dan Allif), Yulia S. A. yang kelak menemaniku hingga akhir hayat.
7. Rekan-rekan se-team-ku, Juli, Hafiz, Sonny, dan Rikardo atas kerja sama dan persahabatan yang selama ini terjalin.
8. Adik-adik tingkat 2005, 2006, dan 2007 yang telah membantu.
9. Dan yang tak akan terlupakan teman-teman se-angkatan 2004.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis memohon maaf dan menghargai segala kritik dan saran yang bersifat membangun dengan harapan agar lebih baik untuk masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga Allah SWT melimpahkan pahala yang berlipat ganda kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, nasehat, bimbingan dan do'a kepada Penulis. Semoga skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Inderalaya, Agustus 2010

Penulis

**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP PRODUK *HIDROCRACKING*
MINYAK BIJI JARAK PAGAR DENGAN KATALIS Co/Mo-
MONTMORILLONIT TERPILAR TiO₂**

Oleh :

**ADRYANTANA PRIMADA
09043130025**

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh temperatur terhadap produk *hydrocracking* minyak biji jarak dengan katalis Co/Mo-Montmorillonit terpilari TiO₂. Proses *hydrocracking* minyak biji jarak dilakukan pada rasio mol Co : Mo (1 : 2) dan kondisi temperatur 425, 450, 475, 500, 525°C. Analisa produk meliputi persentase distribusi produk, densitas, viskositas, dan densitas hasil destilasi. Hasil penelitian menunjukkan produk terbaik dicapai pada temperatur 525°C dengan persentase distribusi produk cair nonpolar (minyak) 61,51 %, produk polar (zat yang larut dalam air) 0,94 %, produk gas 37,54 %, dan produk *asphalten* maupun *coke* 0,0052 %; dengan nilai densitas 865,3 kg/m³; nilai viskositas 4,3087x10¹⁰ stokes; dan nilai densitas produk destilasi 752,4 kg/m³.



EFFECT OF TEMPERATURE ON JATROPHA OIL HYDROCRACKING PRODUCT WITH Co/Mo-MONTMORILLONIT PILLARED TiO₂ CATALYST

by :

**ADRYANTANA PRIMADA
09043130025**

ABSTRACT

A research on the effect of temperature on jatropha oil hydrocracking product with Co/Mo-Montmorillonit pillared TiO₂ catalyst has been performed. Jatropha oil hydrocracking process performed on mole ratio of Co : Mo (1 : 2) and temperature conditions 425, 450, 475, 500, 525°C. Product analysis includes the percentage of product distribution, density, viscosity, and density of distilled products. Results showed the best product achieved at 525°C temperature with the percentage distribution of nonpolar liquid product (oil) 61.51 %, polar products (substances that dissolve in water) 0.94 %, 37.54 % of gas products, and asphaltene and coke products 0.0052 %; with density value 865.3 kg/m³; viscosity value 4.3087 x10¹⁰ Stokes; and density value of distilled products 752.4 kg/m³.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Minyak Biji Jarak.....	5
2.2. Tanah Lempung.....	6
2.2.1. Montmorillonit.....	8
2.2.2. Montmorillonit Terpillar.....	10
2.3. Logam.....	11
2.3.1. Logam Kobalt.....	11
2.3.2. Logam Molibdenum.....	12
2.3.3. Logam Titanium.....	14
2.4. Katalis.....	14
2.5. <i>Hydrocracking</i>	16
2.6. Viskositas.....	17
2.7. Densitas.....	18

2.8. Destilasi.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2. Alat dan Bahan.....	20
3.2.1. Alat.....	20
3.2.2. Bahan.....	20
3.3. Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1. Preparasi Montmorillonit.....	20
3.3.2. Sintesis Lempung Montmorillonit Terpilar TiO ₂	21
3.3.3. Sintesis Katalis Co/Mo Teremban Pada Montmorillonit Terpilar TiO ₂	21
3.3.4. <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar Dengan Katalis Co/Mo-Montmorillonit Terpilar TiO ₂	22
3.3.5. Penentuan Densitas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar.....	22
3.3.6. Penentuan Viskositas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar.....	22
3.3.7. Destilasi Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pengaruh Temperatur Terhadap Distribusi Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar.....	24
4.2. Pengaruh Temperatur Terhadap Densitas Produk Cair <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar.....	28
4.3. Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas Produk Cair <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar.....	29
4.4. Pengaruh Temperatur Terhadap Densitas Produk Destilasi Dari Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar.....	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	32
5.2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kandungan Asam Lemak Minyak Biji Jarak.....	6
Tabel 2. Persentase Densitas Produk Destilasi Minyak <i>Hydrocracking</i> Cair Nonpolar.....	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kristal Struktur Montmorillonit.....	9
Gambar 2. Efek Mengembang pada Bentonit dan Bentonit Berpilar...	10
Gambar 3. Grafik hubungan temperatur dengan persentase produk <i>hidrocracking</i> cair.....	24
Gambar 4. Grafik hubungan temperatur dengan persentase produk <i>hidrocracking</i> gas.....	25
Gambar 5. Grafik hubungan temperatur dengan persentase <i>asphalten</i> .	26
Gambar 6. Grafik hubungan temperatur dengan persentase <i>coke</i>	27
Gambar 7. Grafik hubungan temperatur dengan densitas produk <i>hidrocracking</i>	28
Gambar 8. Grafik hubungan temperatur dengan viskositas produk <i>hidrocracking</i>	29
Gambar 9. Grafik hubungan temperatur dengan persentase produk destilasi.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Gambar Alat <i>Hydrocracking</i>	37
Lampiran 2. Gambar Produk <i>Hydrocracking</i> Variasi Temperatur.....	38
Lampiran 3. Perhitungan Persentase Produk Cair <i>Hydrocracking</i>	39
Lampiran 4. Perhitungan Persentase Produk Gas <i>Hydrocracking</i>	41
Lampiran 5. Perhitungan Persentase <i>Asphalten Hydrocracking</i>	42
Lampiran 6. Perhitungan Persentase <i>Coke Hydrocracking</i>	43
Lampiran 7. Perhitungan Densitas Produk Cair Nonpolar <i>Hydrocracking</i>	44
Lampiran 8. Perhitungan Viskositas Produk Cair Nonpolar <i>Hydrocracking</i>	45
Lampiran 9. Perhitungan Analisis Viskositas Produk <i>Hydrocracking</i> Minyak Biji Jarak Pagar Variasi Temperatur Pada Laju Alir Gas H ₂ 1 ml/dt, Jumlah Katalis 2 g dan Menggunakan Katalis Co/Mo-Montmorillonit Terpilar TiO ₂	46
Lampiran 10. Perhitungan Densitas dari Destilasi Produk Nonpolar <i>Hydrocracking</i>	49
Lampiran 11. Sifat Fisik Air.....	50
Lampiran 12. Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88.....	51
Lampiran 13. Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 95.....	52
Lampiran 14. Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Solar 51.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jumlah bahan bakar yang meningkat pemakaiannya seiring dengan berjalannya waktu dan persediaan sumber bahan bakar fosil yang berkurang hari demi hari memicu para ilmuwan bekerja mencari alternatif sumber energi terbarukan (Sharma *et al.*, 2008). Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar telah ada sekitar seratus tahun lamanya. Beberapa eksperimen menyimpulkan bahwa minyak nabati dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin diesel. Minyak nabati yang dipakai sebagai sumber bahan bakar minyak antara lain: minyak kacang mente (Çetin and Yüksel, 2007), minyak bunga matahari (Izquierdo *et al.*, 2009), minyak biji lobak (Nwafor and Rice, 1996), minyak biji kapas (Altin *et al.*, 2001), minyak jojoba (Huzayyin *et al.*, 2004), minyak sawit (Tamunaidu and Bhatia, 2007), dan *jatropha curcas* atau jarak pagar (Pramanik, 2003).

Minyak biji jarak merupakan salah satu prospek yang dapat dikembangkan untuk produksi sumber bahan bakar alternatif sebagai pengganti BBM (Faradisa *et al.*, 2009). Tanaman ini merupakan tanaman tropikal (Maes *et al.*, 2009) yang dapat tumbuh dalam curah hujan rendah maupun tinggi. Jarak pagar mudah ditanam, tumbuh relatif cepat dan tahan musim kemarau. Daun dan batangnya merupakan racun terhadap hewan, namun setelah dilakukan perlakuan, bijinya dapat digunakan sebagai makanan hewan. Kulit kayunya mengandung tannin,



bunganya mempunyai produk potensial madu, kayu dan buahnya juga banyak dipergunakan termasuk untuk bahan bakar (Behera *et al.*, 2009).

Metoda yang bisa dilakukan untuk mengolah minyak nabati menjadi bahan bakar alternatif ialah dengan metoda *hidrocracking* (Wijanarko dkk, 2006), metoda pirolisis (Lima *et al.*, 2004), dan metoda transesterifikasi (Tapanes *et al.*, 2008). Untuk proses *hidrocracking* digunakan katalis yang berfungsi ganda yaitu katalis asam dan katalis logam yang membantu proses hidrogenasi maupun *cracking* (perengkahan). Katalis yang sering digunakan untuk perengkahan adalah alumina, silika-alumina, zeolit dan lempung. Lempung dikenal berpotensi sebagai katalis dengan material padatan berpori (Li *et al.*, 1999). Montmorillonit merupakan golongan lempung smektit yang strukturnya terbentuk dari satu lapisan oktahedral alumina yang diapit oleh dua lapisan tetrahedral silika (Hasanudin *et al.*, 2009). Montmorillonit terpillar dapat digunakan sebagai padatan pendukung logam untuk katalis *hydrotreatment* dan memiliki distribusi ukuran pori yang lebih luas (Salerno *et al.*, 2004). Pemilar yang bisa digunakan antara lain ZrO_2 (Singh *et al.*, 2006), Fe_2O_3 (Maes and Vansant, 1995), SiO_2-ZrO_2 (Han and Yamanaka, 2006), dan TiO_2 (Jagtap and Ramaswamy, 2006) dan lain-lain.

Pemilihan katalis untuk proses hidrogenasi mensyaratkan tersedianya tempat terjadinya ikatan antara katalis dan reaktan. Persyaratan tersebut dapat dipenuhi oleh katalis yang memiliki orbital kosong atau belum penuh untuk terjadinya ikatan tersebut. Kebanyakan katalis yang dimaksud merupakan penyedia orbital d, karena itu pada proses hidrogenasi katalis yang digunakan diantaranya adalah logam-logam transisi. Logam-logam transisi seperti Co, Mo,

dan Co/Mo dapat menambah jumlah volume pori dan luas permukaan spesifik lempung.

Berdasarkan penjelasan dilakukan analisis mengenai pengaruh temperatur terhadap produk *hidrocracking* minyak biji jarak dengan katalis Co/Mo-Montmorillonit Terpillar TiO₂. Temperatur merupakan variabel penting dalam proses *hidrocracking* dimana proses *hidrocracking* hanya dapat berlangsung pada temperatur tinggi. Tingginya temperatur akan mengubah struktur minyak biji jarak menjadi rantai hidrokarbon yang lebih pendek dengan bantuan katalis, dan akan mempengaruhi sifat fisiknya (viskositas, densitas, densitas hasil destilasi, dll). Logam Co dan logam Mo mempunyai daya adsorpsi yang kuat dan tahan pada temperatur yang tinggi. Montmorillonit dapat berfungsi sebagai katalis dan memiliki struktur yang membentuk lapisan-lapisan. Molekul air atau kation-kation dapat memasuki antara unit lapisan montmorillonit dan strukturnya pun akan mengembang. Montmorillonit terpillar mempunyai kandungan daerah asam Bronsted dan Lewis dan mempunyai kemampuan untuk mengkatalis (Reddy *et al.*, 2009).

1.2. Rumusan Masalah

Temperatur merupakan faktor utama dalam proses *hidrocracking*. Temperatur yang tinggi dapat memecah struktur minyak nabati yang memiliki viskositas dan densitas tinggi. Minyak jarak memiliki struktur hidrokarbon yang lebih panjang dari pada bahan bakar minyak yang ada sekarang ini. Pada penelitian ini akan melakukan analisis pengaruh temperatur terhadap produk *hidrocracking* minyak biji jarak dengan memanfaatkan katalis Co/Mo-

montmorillonit terpillar TiO_2 untuk kemudian dilakukan analisis fisik (viskositas, densitas, densitas hasil destilasi) dari produk *hidrocracking* minyak biji jarak yang dihasilkan.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap produk *hidrocracking* minyak biji jarak yang dihasilkan dilihat dari distribusi produk, nilai viskositas, densitas, dan densitas hasil destilasi.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pengaruh temperatur dalam proses *hidrocracking* minyak biji jarak pagar dan memanfaatkan lebih lanjut untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Altın, R., Çetinkaya, S., and Yücesu, H. S., 2001, The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines, *Energy Conversion and Management*, 42 (5) : 529-538.
- Balat, M., and Balat, H., 2008, A Critical Review of Bio-diesel as A Vehicular Fuel, *Energy Conversion and Management*, 49 : 2727-2741.
- Behera, S. K., Srivastava, P., Tripathi, R., Singh, J. P., and Singh, N., 2009, Evaluation of Plant Performance of *Jatropha Curcas* L. Under Different Agro-Practices for Optimizing Biomass – A Case Study, *Biomass and Bioenergy*, 34 : 30-41.
- Çetin, M., and Yüksel, F., 2007, The use of hazelnut oil as a fuel in pre-chamber diesel engine, *Applied Thermal Engineering*, 27 (1) : 63-67.
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., and Bochmann, M., 1999, *Advanced Inorganic Chemistry*, Sixth Edition, John Wiley and Sons, Inc., United State of America.
- Faradisa, R., Rozi, N. F., dan Subkhi, W. B., 2009, *Mengembangkan Pemanfaatan Tanaman Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Alternatif Selain BBM Untuk Produksi Listrik Negara*, Artikel, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Han, Y. S., and Yamanaka, S., 2006, Preparation and characterization of microporous $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$ pillared montmorillonite, *Journal of Solid State Chemistry*, 179 : 1146-1153.
- 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- Al_2O_3 -Pillared Montmorillonite Catalysts, *Indo. J. Chem.*, 9 (2) : 189-194.
- Hutson, N. D., Hoekstra, M. J., and Yang, R. T., 1999, Control of microporosity of Al_2O_3 -pillared clays: effect of pH, calcination temperature and clay cation exchange capacity, *Microporous and Mesoporous Materials*, 28 (3) : 447-459.
- Huzayyin, A. S., Bawady, A. H., Rady, M. A., and Dawood, A., 2004, Experimental evaluation of Diesel engine performance and emission using

- blends of jojoba oil and Diesel fuel, *Energy Conversion and Management*, 45 (13-14) : 2093-2112.
- Izquierdo, N. G., Pereyra-Irujo, G. A., Covi, M., Nolasco, S. M., Quiroz, F., and Aguirrezábal, L. A. N., 2009, Variability in sunflower oil quality for biodiesel production: A simulation study, *Biomass and Bioenergy*, 33 (3) : 459-468.
- Jagtap, N., and Ramaswamy, V., 2006, Oxidation of Aniline Over Titania Pillared Montmorillonite Clays, *Applied Clay Science*, 33 : 89-98.
- Keenan, C. W., Kleinfelter, D. C., and Wood, J. H., 1979, *Ilmu Kimia Untuk Universitas*, Alih Bahasa Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Ph.D. Edisi ke-VI, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Ketaren, S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, UI Press, Jakarta.
- Li, D., Nishijima, A., Morris, D. E., 1999, Zeolite Supported Co and Mo Catalyst for Hidrotreatments; in Catalytic Activity and Spectroscopy, *Journal of Catalysis*, 182 : 339-348.
- Lima, D. G., Soares, V. C. D., Ribeiro, E. B., Carvalho, D. A., Cardoso, E. C. V., Rassi, F. C., Mundim, K. C., Rubim, J. C., and Suarez, P. A. Z., 2004, Diesel-Like Fuel Obtained by Pyrolysis of Vegetable Oils, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 71 : 987-996.
- Maes, N., and Vansant, E.F., 1995, Study of Fe₂O₃-pillared clays synthesized using the trinuclear Fe(III)-acetato complex as pillaring precursor, *Microporous Materials*, 4 : 43-51.
- Maes, W. H., Trabucco, A., Achten, W. M. J., and Muys, B., 2009, Climatic Growing Conditions of *Jatropha Curcas* L., *Biomass and Bioenergy*, 33 : 1481-1485.
- Malaka, D., 2009, *Lempung Dan Aplikasinya*, Artikel, FMIPA Kimia, Universitas Tadulako, Palu.
- 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.
- Nasution, Z., 2005, *Proses Pembuatan Minyak Jarak Sebagai Bahan Bakar Alternatif*, Laporan Penelitian, Universitas Sumatera Utara, Medan.

- Nwafor, O. M. I., and Rice, G., 1996, Performance of rapeseed oil blends in a diesel engine, *Applied Energy*, 54 (4) : 345-354.
- Pramanik, K., 2003, Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine, *Renewable Energy*, 28 (2):239-248.
- Reddy, C. R., Bhat, Y. S., Nagendrappa, G., and Prakash, B. S. J., 2009, Brønsted and Lewis acidity of modified montmorillonite clay catalysts determined by FT-IR spectroscopy, *Catalysis Today*, 141 : 157–160.
- Rochima, E., Suhartono, M. T., Syah, D., and Sugiyono, 2007, *Viskositas dan Berat Molekul Kitosan Hasil Reaksi Enzimatis Kitin Deasetilase Isolat Bacillus papandayan K29-14*, Makalah Seminar Nasional, Bandung.
- Salerno, P., Mendioroz, S., and Agudo, A. L., 2004, Al-Pillared Montmorillonite-Based NiMo Catalysts for HDS and HDN of Gas Oil: Influence of The Method and Order of Mo and Ni Impregnation, *Applied Catalysis A: General*, 259(1) : 17-28.
- 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.
- Sharma, Y. C., Singh, B., and Upadhyay, S. N., 2008, Advancements in Development and Characterization of Biodiesel: A Review, *Fuel*, 87 : 2355–2373.
- Singh, V., Sapehiya, V., Srivastava, V., and Kaur, S., 2006, ZrO₂-Pillared Clay: An Efficient Catalyst for Solventless Synthesis of Biologically Active Multifunctional Dihydropyrimidinones, *Catalysis Communications*, 7 : 571-578.
- Sukardjo, 1989, *Kimia Fisika*, PT. Bina Aksara, Jakarta.
- Sutijan, Budiman, A., and Yohanes, A., 2009, *Inovasi Super-Steam Distillation Pada Isolasi Minyak Cengkeh Untuk Minimasi Kebutuhan Energi*, Makalah Seminar Nasional Teknik Kimia Indosnesia, Bandung.
- Tamunaidu, P., and Bhatia, S., 2007, Catalytic Cracking of Palm Oil for The Production of Biofuels: Optimization Studies, *Bioresource Technology*, 98 (18) : 3593-3601.
- Tapanes, N. C. O., Aranda, D. A. G., Carneiro, J. W. M., and Antunes, O. A. C., 2008, Transesterification of Jatropha Curcas Oil Glycerides: Theoretical and Experimental Studies of Biodiesel Reaction, *Fuel*, 87 : 2286-2295.

Trisunaryanti, W., 2002, Optimation of Time and Catalyst/feed Ratio in Catalytic Cracking of Waste Plastic Fraction to Gasoline Fraction Using Cr/Natural Zeolite Catalyst, *Indonesian Journal of Chemistry*, 1 : 35-42.

Vogel, 1990, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro*, Alih Bahasa R.Setiono & A.H. Pudjaatmaka, Edisi Kelima, Kalman Media Pustaka, Jakarta.

Wijanarko, A., Mawardi, D. A., dan Nasikin, M., 2006, Produksi Biogasoline Dari Minyak Sawit Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik γ -Alumina, *MAKARA, Teknologi*, 10 (2) : 51-60.

www.chem-is-try.org diakses pada oktober 2009.

www.forlink.dml.or.id/v2 diakses pada Maret 2007.

www.perkebunan.litbang.deptan.go.id diakses pada Juni 2010

Zamroni, H., dan Las, T., 2002, *Pembuatan Pillared Lempung Untuk Penyerapan Limbah Radioaktif Cs-137*, Hasil Penelitian P2PLR.