

**PENENTUAN KONDISI OPTIMUM LAJU ALIR GAS HIDROGEN
TERHADAP PRODUK HIDROCRACKING MINYAK JARAK
MENGUNAKAN KATALIS Co/Mo-MONMORILONIT TERPILAR TiO₂**

SKRIPSI

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



**Oleh :
MUHAMMAD JULI HARTANTO
09043130058**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2010**

S
546.207
Muh
P
2010

**PENENTUAN KONDISI OPTIMUM LAJU ALIR GAS HIDROGEN
TERHADAP PRODUK HIDROCRACKING MINYAK JARAK
MENGUNAKAN KATALIS Co/Mo-MONMORILONIT TERPILAR TiO₂**

SKRIPSI

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



**Oleh :
MUHAMMAD JULI HARTANTO
09043130058**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2010**

Lembar Pengesahan

**PENENTUAN KONDISI OPTIMUM LAJU ALIR GAS HIDROGEN
TERHADAP PRODUK HIDROCRACKING MINYAK JARAK
MENGUNAKAN KATALIS Co/Mo-MONMORILONIT TERPILAR TiO₂**

SKRIPSI


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

**Oleh :
MUHAMMAD JULI HARTANTO
09043130058**

Pembimbing Pembantu


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

**Indralaya, Desember 2010
Pembimbing Utama**


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

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia**


Dra. Fatma, M. Si.
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.

Salah satu pengkerdilan terkejam dalam hidup adalah membiarkan pikiran yang cemerlang menjadi budak bagi tubuh yang malas, yang mendahulukan istirahat sebelum lelah.

*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
- Saudaraku; y'siti, y'iin, y'murni, mas siddik tersayang
 - Wanita muslimah berjilbab favoritku
 - Semua Dosen dan teman-teman terbaikku
 - Almamaterku

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Penentuan Kondisi Optimum Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Produk Hidrocracking Minyak Jarak Menggunakan Katalis Co/Mo-Monmorilonit Terpilar TiO₂”**

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. Bapak Drs. Dasril Basir, M.S 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. Yuk Siti, Yuk Iin, Yuk Murni dan Mas Siddik 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” , soni, dodo, hafis, adri, ridho, velan, deni, fitra, dan rokend atas kebaikan, kebersamaan, pengertian, dan bantuan kalian selama ini.
9. Sahabat sejutiku tatak, amar, slamet, noval, bani, atas keceriaan dan kebersamaan selama ini.
10. Seluruh teman – teman angkatan 2004 dan seluruh almamater Mipa Kimia atas kerjasamanya selama ini. Semoga sukses.
11. Wanita muslimah berjilbab, yang menjadi inspirasi, motivasi, perasaan nyaman dan semoga salah satu dari mereka akan mengisi bagian hatiku yang kosong suatu hari nanti.

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, Desember 2010

Penulis

**DETERMINATION OF OPTIMUM CONDITION HYDROGEN GAS
FLOW RATE IN JATROPHA CATOR OIL HYDROCRACKING
PRODUCT BY USING Co/Mo MONTMORILLONITE PILLARED TiO₂
CATALYSTS**

By :

MUHAMMAD JULI HARTANTO

09043130058

ABSTRACT

The research of jatropha cator oil hydrocracking by using Co/Mo Montmorillonite pillared TiO₂ catalyst has been done. The hydrocracking process was conducted at 500 °C of temperature, 2 g of catalyst weight and 0.5; 1.5; 2.5; 3.5 mL/sec of hydrogen gas flow rate variation. The product of hydrocracking was calculated in percentage of non polar, polar, coke, and gas one. The density of the non polar product was measured. The result showed that the optimum hydrogen gas flow rate was 2.5 mL/sec, where it produced 77.7127% of maximum non polar product, 0.8557% of polar product, 0.6647% of coke product, and 20.7669% of gas product. Density of the nonpolar product was 867 Kg/m³. Distillation of non polar product 68.49% of gasoline fraction having 746 Kg/m³ of density.

**PENENTUAN KONDISI OPTIMUM LAJU ALIR GAS HIDROGEN
TERHADAP PRODUK HIDROCRACKING MINYAK JARAK
MENGUNAKAN KATALIS Co/Mo-MONMORILONIT TERPILAR TiO₂**

Oleh :

MUHAMMAD JULI HARTANTO

09043130058

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian hidrocracking minyak jarak menggunakan katalis Co/Mo-Monmorilonit terpillar TiO₂. Hidrocracking dilakukan pada temperatur 500 °C, berat katalis 2 gr dan variasi laju alir gas hidrogen 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 mL/det. Produk hidrocracking yang dihasilkan dihitung persentase produk non polar, polar, kokas dan gas. Produk non polar kemudian diukur densitasnya. Hasil penelitian menunjukkan laju alir optimum gas hidrogen pada 2,5 mL/det, dimana menghasilkan produk non polar maksimum sebesar 77,7127 %, produk polar 0,8557 %, kokas 0,6647 %, gas 20,7669 %. Densitas produk non polar sebesar 867 Kg/m³. Produk non polar 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.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Minyak jarak	5
2.2. Lempung Alam Monmorilonit	6
2.3. Lempung Monmorilonit Terpillar	8
2.4 Logam Kobalt (Co).....	10



2.5. Logam Molibdenum (Mo)	11
2.6. Logam Titanium dioksida (TiO ₂).....	12
2.7. Katalis.....	13
2.8. Hidrocracking.....	15
2.9. Densitas.....	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.....	20
3.3.1. Preparasi Na-Monmorilonit.....	20
3.3.2. Sintesis Lempung Monmorillonit Terpilar TiO ₂	20
3.3.3. Impregnasi Co/Mo pada Monmorillonit Terpilar TiO ₂	20
3.3.4. Proses Hidrocracking Minyak Jarak	21
3.4. Proses Perhitungan	21
3.4.1. Perhitungan Persentase Produk Non Polar dan Polar	21
3.4.2. Perhitungan Persentase Kokas.....	21
3.4.3. Perhitungan Persentase Gas	22
3.4.4. Perhitungan Densitas Produk Non Polar.....	22
3.4.5. Perhitungan Densitas Produk Non Polar Setelah Destilasi	22

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Persentase Produk	
Non Polar	24
4.2. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Persentase Produk	
Polar	25
4.3. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Persentase Kokas ..	26
4.4. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Persentase Gas	27
4.5. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Densitas Produk Non	
Polar.....	28
4.6. Pengaruh Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Produk Non Polar	
Setelah Destilasi.....	29
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
5.1. Kesimpulan	31
5.2. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN-LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.6 : Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Produk Non Polar Setelah

Destilasi 30

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 : Grafik Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Persentase Produk Non Polar	24
Gambar 4.2 : Grafik Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Persentase Produk Polar	25
Gambar 4.3 : Grafik Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Persentase Kokas.....	27
Gambar 4.4 : Grafik Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Persentase Gas.....	28
Gambar 4.5 : Grafik Laju Alir Gas Hidrogen Terhadap Densitas Produk Non Polar	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Data Perhitungan Persentase Produk Non Polar	35
Lampiran 2 : Data Perhitungan Persentase Produk Polar	36
Lampiran 3 : Data Perhitungan Persentase Kokas	37
Lampiran 4 : Data Perhitungan Persentase Gas	38
Lampiran 5 : Data Perhitungan Densitas	39
Lampiran 6 : Gambar Alat	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak nabati adalah minyak yang terbuat dari tumbuhan dan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi. Minyak nabati jumlahnya lebih banyak, dapat diperbaharui dan juga ramah terhadap lingkungan (Farauqh., *et al.*, 2003). Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif contohnya minyak kelapa sawit (Ooi., *et al.*, 2004) dan minyak jarak (Jefferson., *et al.*, 2008). Dibandingkan dengan kelapa sawit, tanaman jarak lebih ekonomis untuk dijadikan bahan bakar alternatif karena tanaman jarak merupakan tanaman non pangan. Minyak jarak diambil dari biji buah jarak yang memiliki komposisi kimia berupa minyak mencapai 54%, sedangkan sisanya karbohidrat 13%, serat 12,5%, abu 2,5% dan protein 18% (Ketaren, S, 1986). Minyak jarak dihasilkan dari daging buah biji jarak melalui proses ekstraksi dengan menggunakan mesin pengepres minyak.

Proses konversi minyak jarak menjadi bahan bakar salah satunya dapat dilakukan melalui dua proses sekaligus yaitu perengkahan (*cracking*) dan hidrogenasi atau sering disebut dengan proses hidrocracking (Dupain., *et al.*, 2006). Proses hidrocracking memerlukan katalis untuk mempercepat proses hidrocracking. Katalis yang dibutuhkan harus mempunyai fungsi ganda yaitu komponen logam sebagai katalis hidrogenasi dan komponen asam sebagai katalis perengkahan. Katalis semacam ini biasanya disebut katalis bifungsional (Benito., 1996).

Logam yang cocok digunakan sebagai katalis hidrogenasi biasanya logam transisi. Beberapa logam transisi yang memenuhi syarat digunakan sebagai katalis antara lain Pt, Pd, Co, dan Mo (Hegedus., 1987). Logam Pt dan Pd menunjukkan hasil yang baik pada proses hidrogenasi namun harganya terlalu mahal. Logam Co dan Mo memiliki fungsi katalitik yang hampir sama baiknya Pt dan Pd terhadap proses hidrogenasi, namun harganya lebih murah.

Katalis yang sering digunakan untuk katalis perengkahan adalah tanah lempung. Kinerja lempung sebagai katalis hidrocracking dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi lempung alam. dengan cara pilarisasi. Jenis lempung yang banyak dipilarisasi dan memiliki sifat yang baik adalah lempung monmorilonit.

Pilarisasi adalah menginterkalasikan suatu agen pemilar (*pillaring agent*) ke dalam antarlapis monmorilonit sehingga diperoleh senyawa monmorilonit terpilar (*pillared clay compound*). Banyak sekali polikation ukuran besar yang dapat digunakan sebagai pilar antarlapis pada monmorilonit, salah satunya polihidroksi ion logam seperti Cr (Fatma., and Suna., 2008), Zr (Moreno., *et al.*, 1998), Al (Ramaswamy., *et al.*, 2008), dan Ti (Ooka., *et al.*, 2003).

Proses hidrocracking diawali dengan proses perengkahan (*cracking*), yaitu proses pemutusan ikatan karbon. Proses 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

Proses hidrogenasi sangat bergantung terhadap jumlah hidrogen yang teradsorpsi. Proses ini berlangsung dalam fasa gas, dimana uap minyak jarak dan

gas hidrogen akan berdifusi ke dalam katalis. Di dalam katalis inilah uap minyak jarak dan gas hidrogen saling bertumbukan, menjalani reaksi, dan keluar sebagai produk hidrocracking. Untuk itu diperlukan variasi laju alir gas hidrogen agar didapatkan produk hidrocracking yang diinginkan.

1.2. Rumusan Masalah

Minyak jarak adalah salah satu contoh dari minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi. Proses konversi minyak jarak menjadi bahan bakar salah satunya dapat dilakukan melalui proses hidrocracking. Proses hidrocracking memerlukan katalis dan gas hidrogen. Untuk mengetahui pengaruh gas hidrogen terhadap produk dalam proses hidrocracking, perlu dilakukan variasi laju alir gas hidrogen yang berbeda-beda. Pengaruh terhadap produk hidrocracking ditinjau dari persentase produk non polar, polar, gas, kokas dan densitas juga termasuk persentase dan densitas produk non polar setelah destilasi.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh variasi laju alir gas hidrogen pada produk hidrocracking minyak jarak.
2. Menentukan persentase produk non polar, polar, gas, dan kokas.
3. Menentukan densitas produk non polar.
4. Menentukan persentase dan densitas produk non polar setelah destilasi.

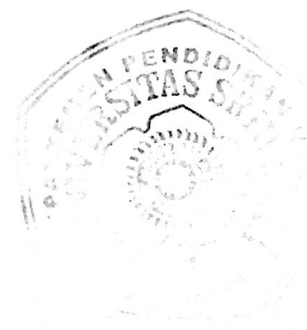
1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengoptimalkan pemanfaatan minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif melalui proses hidrocracking.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. R., and M. Buodart., 1981, *Catalysis Science and Technology*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York..
- Augustine, R. L., 1996, *Heterogeneous Catalyst for the Synthetic Chemist*, Marcel Dekker Inc, New York..
- Benito, A.M., and Martinez M.T., 1996, *Catalytic Hydrocracking of an Asphaltenic Nal Residue*, Journal of Energy and Fuel, 10:1235-1240.
- 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..
- Farouq A.A. Twaiq., Mohamad, A.R., and Bhatia, S., 2003, *Performance of Composite Catalysts in Palm Oil Cracking for the Production of Liquid Fuels and Chemicals*, School of Chemical Engineering, University Sains Malaysia, Engineering Campus, Nibong Tebal, SPS, P. Pinang, Malaysia..
- Hasanudin., Wijaya, K., dan Santoso, B., 2009, *Preparasi dan Aktivitas Katalitik Perengkahan Isopropil Benzen Katalis Co, Mo dan Co/Mo Monmorilonit Terpillar Al_2O_3* , Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Palembang, Indonesia.
- Hegedus, L.L., 1987, *Catalyst Design Progress and Perspective*, John Willey & Sons Inc., New York..
- Jefferson S. de Oliveira et al., 2007, *Characteristics and Composition of *Jatropha Gossypifolia* and *Jatropha Curcas L.* Oils and Application for Biodiesel Production*, Cidade Universitaria, Maceio-AL, Brazil..
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan*. UI Press, Jakarta.
- Kim H. Tan, 1982, *Dasar-Dasar Kimia Tanah*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kubicka, D., and Kaluza, L., 2009, *Deoxygenation of Vegetable Oils Over Sulfided Ni, Mo, and NiMo Catalysts*, Institute of Chemical Process Fundamental of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic..

- Kumar, 1995. *Evolution of Porosity and Surface Acidity in Montmorillonite Clay on Acid Activation*. ind. Eng. Chem. Res., 34:1440-1448.
- Maes, N., 1996, *Characterization and Modification of the Porosity of Pillared Clays*, PhD Dissertation, University of Antwerp, Antwerp..
- Mcketta, John J., 1993, *Chemical Processing Handbook*, Marcel Dekker Inc, New York..
- Millan, M., 2005, *Pillared Clays as Catalyst for Hydrocracking of Heavy Liquid Fuels*, Department of Chemical Engineering and Chemical Technology Imperial Colledge, The University of Birmingham, London : 205-214.
- Moreno, S., Sun Kou, R., Molina, R., and Poncelet, G., 1998, *Al-, Al,Zr-, and Zr-Pillared Montmorillonites and Saponites: Preparation, Characterization, and Catalytic Activity in Heptane Hydroconversion*, Louvain-la-Neuve, Belgium..
- Ooi, Y.S., Zakaria, R., Mohamed, A. R., and Bhatia, S. 2004, *Synthesis of Composite Material MCM-41/Beta and its Catalytic Performance in Waste Used Palm Oil Cracking*, School of Chemical Engineering, University Science of Malaysia, Engineering Campus, Seri Ampangan, Nibong Tebal, SPS Penang, Malaysia.
- Ooka C., Yoshida, H., Suzuki, K., and Hattori, T., 2003, *Effect of Surface Hydrophobicity of TiO₂-Pillared Clay on Adsorption and Photocatalysis of Gaseous Molecules in Air*, Department of Applied Chemistry, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Japan..
- Park, S.H., 1997, *The Computational Study of Model Pollutants in Clays Montmorillonite*, Dissertation, The Faculty of the Graduate School in Candidacy of Doctor of Philosophy, Department of Chemistr, Loyola University Chicago, Chicago..
- Parker, Sybil P., 1993, *Encyclopedia of Physics*, McGraw Hill, Inc, New York..
- R.T. Yang. 1999. *Structural Aspects of Metal Oxide Pillared Sheet Silicates*. J. Chem. Soc. FaradaysTrans, 82:3081.
- Rakshit K.D., Darukeshwara, J., Raj, K. R., Narasimhamurthy, K., Saibaba, P., Bhagya, S., 2008, *Toxicity Studies of Detoxified Jatropha Meal (Jatropha Curcas) in Rats*, Department of Biochemistry and Nutrition, Central Food Technological Research Institute, Mysore, India..



- Ramaswamy, V., Sachin, M., and Satyanarayana, C., 2008, *Cu-Ce Mixed Oxides Supported on Al-Pillared Clay: Effect of Method of Preparation on Catalytic Activity in the Preferential Oxidation of Carbon Monoxide*, Chemical Physics Laboratory, Central Leather Research Institute, Adyar, Chennai, India.
- Satterfield, 1985, *Heterogeneous Catalysis in Practice*, Mc. Graw Hill Chemical Engineering Series, Mc Graw Book Company, New York..
- Sterte, Johan, 1986, *Synthesis and Properties of Titanium Oxide Cross-Linked Montmorillonite*, Departemen of Engineering Chemistry University of Technology, Sweden..
- Tomul, F., and Balci, S., 2008, *Characterization of Al, Cr-Pillared Clays and CO Oxidation*, Gazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Chemical Engineering Department, Ankara, Turkey..
- Tomlinson, Anthony A.G., 1998, *Characterization of Pillared Layered Structures*, Journal of Porous Materials, Kluwer Academic Publisher, Netherland..
- Trisunaryanti, W., 2001, *Selectivity of An Active Zeolite in Catalytic Conversion Process of Bangkirai, Kruing and Kamper Woods Biofuel to Gasoline Fraction*, Indonesian Journal of Chemistry, Vol. 1, No. 1:35-42.
- Trubus, 2005. *Bahan Bakar Kendaraan Masa Depan*. Juni 2005.
- Vennard, John K., and Robert L. Street., 1975, *Elementary Fluid Mechanics*, Edisi kelima, John Wiley and Sons, Inc, New York..
- Vogel. 1985. *Analisa Anorganik Kualitatif*. Edisi kelima. PT Kalman Media Pustaka, Jakarta..
- Wijaya, K. 2003. *Kajian Stabilitas Termal Montmorillonit Terpillar Al_2O_3* . Makalah Ilmiah MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 13(1) : 1-15.