

# SINTESIS KATALITIK 2,2-DIISOPROPOKSIPROPAN DARI ISOPROPANOL UNTUK MENINGKATKAN ANGKA OKTAN BAHAN BAKAR TERBARUKAN

Agus Rianto, Islamiyah, Khoir Eko Pambudi,  
Abdul Afif Al Mufih

Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Gadjah Mada  
email: arriyanto11@gmail.com

## Abstract

*Research has been carried out 2,2-diisopropoksipropan catalytic synthesis of isopropanol to increase the octane number of renewable fuels. Catalytic Synthesis using Cu catalyst that falls on activated carbon (Cu / AC) for use as a process of dehydration of isopropanol to 2,2-diisopropoksipropan. This study also aims to obtain the optimum time and temperature for the dehydration of isopropanol. Preparation of carbon carried by softening coconut shell charcoal to 60-80 mesh size, then heated at a temperature of 800 ° C, washed, dried, impregnated with CuCl<sub>2</sub> and reduced at 400 ° C with flowing hydrogen gas. The amount of metal content of Fe, Ca, and K in the carbon after the process of washing / soaking determined using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). Activated carbon and catalyst acidity was determined by adsorption of ammonia, isopropanol dehydration process with catalyst Cu / activated carbon (Cu / AC) carried out in an electric furnace with temperature variation: 250; 300; 350; 400; and 450 ° C and the variation in the amount of catalyst amount: 6; 8; and 10 grams, with N<sub>2</sub> flowed at a rate of 20 mL / min as the carrier gas, and no water vapor. Dehydration results in vapor cooled condenser and then collected for analysis by gas liquid chromatography (GC) and gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). The results of the analysis using AAS showed that the presence of washing, soaking using 3 M HCl, the metal Fe, Ca, and K in the activated carbon is significantly reduced. The results of ammonia adsorption analysis showed that activated carbon and Cu / AC*

*has acidity, respectively for 2.962 and 4.911 mmol / g. Catalytic activity of Cu / AC highest achieved at a temperature of 450 ° C with a catalytic amount of 10 grams of 2,2-diisopropoksipropan produce as much as 61.82%.*

**Keywords:** *Catalytic Dehydration, isopropanol, 2,2-diisopropoksipropan, Cu / activated carbon*

## 1. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya industri dan transportasi, kebutuhan konsumsi energi terus meningkat. Apabila kebutuhan ini tidak disertai dengan peningkatan produksi bahan bakar, akan mengancam ketahanan energi. Sebagai negara berkembang, pemakaian energi di Indonesia saat ini lebih dari 90% menggunakan energi yang berbasis fosil, yaitu minyak bumi 54,4%, gas bumi 26,5% dan batubara 14,1%. Pada saat ini cadangan minyak bumi di Indonesia diperkirakan hanya tinggal 9,1 milyar barrel, dengan tingkat produksi 387 juta barrel per tahun. Apabila tidak ada penambahan eksplorasi maka cadangan tersebut akan habis dalam 23 tahun ke depan. Indonesia memang masih memiliki cadangan energi fosil cukup besar, namun dengan kapasitas produksi dan eksplorasi per tahun yang terus meningkat, maka cadangan tersebut akan habis dalam waktu yang lebih cepat dari perkiraan semula (Anonim, 2007).

Dengan persoalan tersebut diharapkan ada sumber energi alternatif untuk mengatasinya. Contoh energi alternatif yang dapat dikembangkan antara lain energi matahari, angin, nuklir, biomassa, biogas, bioetanol dan biodiesel hasil perengkahan minyak nabati. Bioetanol adalah salah satu alternatif bahan baku energi terbarukan, dimana senyawa ini dapat diubah menjadi bensin atau solar melalui 3 tahap, yaitu (1) mengubah senyawa alkohol menjadi senyawa alkena, (2) mengubah alkena dengan C5-C18 (untuk menghasilkan bensin atau solar), dan (3) mengubah alkohol menjadi eter agar angka oktannya tinggi (Seddon, 2000).

Etanol maupun dietileter dapat digunakan sebagai zat adiktif bahan bakar motor, komponen anti knock dalam bensin, meningkatkan angka oktan dan mengurangi

polusi udara (SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub>). Etanol dalam penggunaan sebagai zat aditif maupun bahan bakar terbarukan memiliki kelemahan antara lain memiliki tekanan uap tinggi, daya higroskopis tinggi dan struktur yang berbeda dengan bahan bakar dan zat aditif sehingga penggunaannya cenderung digantikan dengan eter. Senyawa eter paling banyak digunakan dalam industri, antara lain etil tersier butil eter (ETBE), tersier amil metil eter (TAME), diisopropil eter (DIPE) dan metil tersier butil eter (MTBE). Senyawa eter tersebut yang paling banyak digunakan dalam reformulasi mesin kendaraan, karena dapat menaikkan angka oktan dan anti knock (Myrstad, 1996; Jauhar, 2007).

Diisopropoksi propan (DIPO), senyawa hasil konversi isopropil alkohol memiliki keunggulan angka oktan RON sebesar 118 dan MON sebesar 98 yang lebih tinggi dibanding senyawa eter lainnya, sehingga dapat digunakan sebagai zat aditif yang lebih baik untuk menggantikan ETBE, TAME, DIPE maupun MTBE (Chase et al., 1979).

Tujuan penelitian ini adalah mensintesis 2,2-diisopropoksiopropan (DIPO) dari isopropil alkohol (IPA) dengan bantuan katalis Cu/Karbon Aktif, dimana logam Cu sebagai komponen aktifnya (asam lewis) dan karbon aktif sebagai pengemban inert, sehingga konversi isopropil alkohol menjadi 2,2-diisopropoksi propan terjadi secara selektif. Senyawa 2,2-diisopropoksiopropan merupakan senyawa booster yang penting untuk meningkatkan angka oktan bahan bakar fosil ataupun biofuel yang dihasilkan dari biomassa atau hasil perengkahan minyak nabati yang pada umumnya merupakan alkana rantai lurus dengan angka oktan yang sangat rendah.

Penelitian ini sangat bermanfaat karena apabila alkohol dapat diubah menjadi bahan bakar mesin dalam bentuk alkana sebagaimana yang dihasilkan dari minyak bumi, maka hasil penelitian ini akan menjadi salah satu alternatif untuk membuat bahan bakar terbarukan yang akan sangat bermanfaat di masa yang akan datang.

DIPO yang disintesis dalam penelitian ini juga tidak memiliki timbal yang dapat merusak performa mesin kendaraan. Bahan ini juga ramah terhadap lingkungan karena tidak akan menghasilkan SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub>, dan tidak mengandung senyawa aromatis yang sekarang dihindari karena mencemari lingkungan.

Dalam ilmu kimia, reaksi dehidrasi didefinisikan sebagai reaksi yang melibatkan pelepasan air dari molekul yang bereaksi. Reaksi dehidrasi merupakan subset dari reaksi eliminasi. Karena gugus hidroksil (-OH) adalah gugus lepas yang buruk, pemberian katalis asam Bronsted membantu protonasi gugus hidroksil, menjadikannya gugus lepas yang baik, -OH<sub>2</sub><sup>+</sup>.

Menurut (Hermansyah, 2010) eter dapat disintesis melalui beberapa cara yaitu

1. Dehidrasi alkohol. Reaksi ini memerlukan temperatur yang tinggi (sekitar 125 °C). Reaksi ini dikatalisis oleh asam, biasanya asam sulfat. Metode ini efektif untuk menghasilkan eter simetris, namun tidak dapat digunakan untuk menghasilkan eter tak simetris. Dietil eter dihasilkan dari etanol menggunakan metode ini. Eter siklik dapat pula dihasilkan menggunakan metode ini.

2. Sintesis eter Williamson. Eter dapat pula dibuat melalui substitusi nukleofilik alkil halida oleh alkoksida.

3. Kondensasi Ullmann. Kondensasi Ullmann mirip dengan metode Williamson, kecuali substratnya adalah aril halida. Reaksi ini umumnya memerlukan katalis, misalnya tembaga.

Pengaruh komposisi hidrokarbon bahan bakar dengan eter menghasilkan efek peningkatan angka oktan sehingga kepekaan bensin terhadap pengaruh (methyl tertiary butyl ether) ternyata lebih tinggi bila kandungan karbon jenuhnya lebih tinggi pula (E. Jasjfi, 1988).

Reaksi konversi alkohol menjadi eter pada umumnya menggunakan katalis asam, dan dilakukan dengan sistem heterogen. Dalam penelitian ini katalis yang akan

digunakan adalah katalis heterogen (Cu) yang merupakan asam lewis. Untuk efektifnya katalis ini, maka logam Cu akan diimbankan pada pengemban karbon aktif. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi reaksi samping karena karbon aktif merupakan adsorben inert, berbeda dengan zeolit atau bahan anorganik lainnya yang dimungkinkan ikut terlibat dalam reaksi, khususnya reaksi dehidrasi.

## 2. METODE

Penelitian dilakukan Februari – Juni 2014 bertempat di Laboratorium Kimia Fisik FMIPA UGM.

Bahan yang dipergunaka adalah arang tempurung kelapa, *glasswool*, gas H<sub>2</sub>; N<sub>2</sub>; CO<sub>2</sub> teknis, kertas pH, kertas saring, akuabides, (larutan aseton, penangas minyak, garam NH<sub>4</sub>Cl, larutan AgNO<sub>3</sub>, larutan HCl 37%, larutan HNO<sub>3</sub> 65%, larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20%, garam Ca(OH)<sub>2</sub>, garam KCl, garam FeCl<sub>3</sub>•6H<sub>2</sub>O, garam CuCl<sub>2</sub>•2H<sub>2</sub>O, larutan ammonia, dan Isopropil) p.a buatan MERCK.

Alat yang dipergunakan cawan porselin dan mortar, saringan 60 dan 80 mesh, seperangkat alat tanur listrik (Furnace) untuk proses aktivasi dan kalsinasi, kolom *stainless steel*, seperangkat alat ekstraksi sokhlet, kompor listrik, termometer 100 °C dan 300 °C, timbangan elektronik merk Mettler model AT 200, alat-alat gelas laboratorium, seperangkat penyaring Buchner, Oven merk Precision, seperangkat alat refluks, satu set AAS merk Hitachi model Z-8000, kurs porselin, pengaduk magnet (*stirrer*), desikator, satu set FT-IR merk Shimadzu model FTIR-8201 PC, satu set alat destilasi untuk dehidrasi, satu set GC merk Shimadzu, dan satu set GC-MS merk Shimadzu.

### Prosedur Percobaan

Percobaan secara umum terbagi menjadi tiga tahap yaitu (1) proses pembuatan karbon aktif dan pembuatan katalis Cu, (2) proses sintesis 2,2-diisopropoksi propan dari isopropanol, dan (3) tahapan uji pemakaian 2,2-diisopropoksi propan sebagai booster oktan.

Tahap 1), pembuatan karbon aktif dan pembuatan katalis Cu, menggunakan bahan baku berupa arang tempurung kelapa yang digerus dan diayak, dilanjutkan dengan proses aktivasi dan proses pencucian berulang dengan menggunakan aseton, larutan NH<sub>4</sub>Cl 1 M, dan larutan HCl 3 M, kemudian disaring dengan penyaring Buchner. Selanjutnya karbon dicuci sampai bersih dengan akuabides.

Pembuatan katalis Cu/Karbon aktif, dilakukan penimbangan garam CuCl<sub>2</sub>•2H<sub>2</sub>O dan karbon aktif, dimana persentase logam Cu yang diimbankan pada karbon aktif adalah 1%. Keduanya dimasukan ke dalam gelas beker 250 mL dan ditambahkan akuabides sebanyak 30 mL. Setelah itu gelas beker ditutup plastik dan didiamkan selama semalam. Dari proses tersebut diperoleh Cu yang telah teremban karbon aktif. Kemudian dipanaskan dengan kompor listrik sambil diaduk dengan pengaduk kaca selama setengah jam sampai air yang terdapat pada hasil tadi menguap habis dan suhu diatur 80 °C. Setelah dingin, Cu teremban karbon aktif *dioven* dengan suhu 90 °C selama 1 jam dengan suhu 110 °C selama 3 jam untuk membuat kadar airnya hilang. Langkah selanjutnya dilakukan reduksi pada temperatur 400 °C selama 3 jam dengan dialiri gas H<sub>2</sub>. Setelah proses reduksi selesai, katalis Cu/karbon aktif diambil untuk dianalisis dengan IR dan sisanya dapat digunakan sebagai katalis.

Tahap 2), yaitu proses pembuatan 2,2-diisopropoksi propan dengan proses dehidrasi isopropil alkohol, dan dianalisis dengan FTIR, GC dan GC-MS.

Tahap 3), dilakukan uji kinerja 2,2-diisopropoksi propan yang dihasilkan dan digunakan sebagai booster oktan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengemban katalis merupakan komponen terbesar dari katalis yang menjadi kerangka atau penyangga dari situs aktif katalis. Dalam hal ini padatan pengemban katalis berperan sebagai bahan pendistribusi

situs aktif katalis agar dapat berinteraksi dengan partikel-partikel pereaksi dalam kadar yang cukup tinggi. Senyawa silikat, alumina, zeolit sintesis dan senyawa anorganik lainnya apabila digunakan sebagai pendukung katalis akan menyulitkan dalam recovery logam (katalis) sehingga sangat potensial mencemari lingkungan.

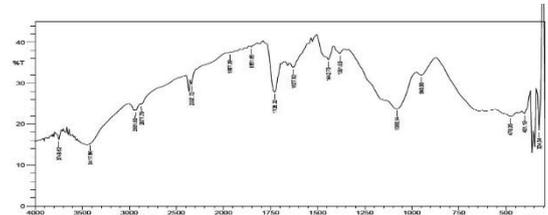
Karbon aktif dipilih sebagai pengemban katalis karena selain memiliki daya serap yang tinggi, inert dan stabil dalam kondisi asam dan basa, karbon aktif dapat dibakar sehingga katalis yang sudah tidak digunakan dapat diperoleh kembali dan tidak mengganggu lingkungan, selain itu karbon aktif juga mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik.

Katalis Cu/Karbon aktif (Cu/AC) disintesis dengan beberapa tahap. Karbon aktif sebagai pengemban katalis dibuat dari arang tempurung kelapa yang digerus dan diayak sampai ukuran 60 - 80 mesh kemudian diaktivasi dengan *furnace* yang dialiri gas N<sub>2</sub> berfungsi untuk membersihkan dan membuka sisi aktif dari karbon tersebut. Selanjutnya dilakukan pencucian pada karbon aktif menggunakan larutan aseton, NH<sub>4</sub>Cl 1 M dan HCl 3 M, kemudian dicuci dengan akuades untuk menghilangkan pengotornya kemudian dianalisis menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) untuk mengetahui berapa ppm kadar logam pengotor yang masih terdapat pada karbon aktif tersebut. Kandungan logam Fe, Ca, dan K secara berurutan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Analisis AAS untuk menentukan kandungan logam pengotor

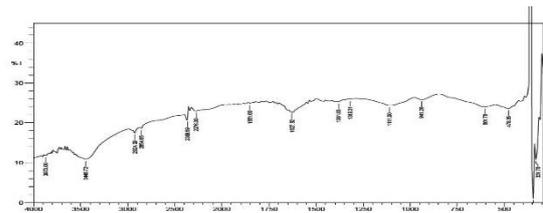
Nama Larutan	Logam Fe (ppm)	LogamCa (ppm)	Logam K (ppm)
HNO <sub>3</sub> 1 M	5,961	1,113	2,363
HNO <sub>3</sub> 2 M	0,942	1,076	2,324
HNO <sub>3</sub> 3 M	0,864	0,976	1,747
HCl 1 M	0,922	0,795	0,520
HCl 2 M	0,873	0,663	0,409
HCl 3 M	0,834	0,655	0,314

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa tingkat logam pengotor yang terdapat pada karbon aktif akan semakin kecil dengan semakin besarnya molaritas larutan asam kuat, dimana larutan HCl 3M merupakan larutan asam kuat yang terbaik untuk digunakan sebagai larutan pencucian pada karbon aktif, hal ini diperkuat dengan spektra hasil analisis spektrofotometer infra merah (FTIR).



Gambar 1. Hasil analisis FTIR Karbon aktif sebelum pencucian

Pada gambar spektra IR diatas karbon aktif sebelum dilakukan proses pencucian, terlihat pada pita bilangan gelombang 1728 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus fungsi alifatik (cincin benzena), dan gugus asam karbonil (CO karbonil ), sedangkan pada pita bilangan gelombang 1080cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus fungsi alkoksi (CO alkoksi).

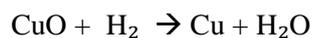


Gambar 2. Hasil analisis FTIR karbon aktif setelah pencucian

Sedangkan pada gambar spektra IR diatas merupakan hasil pencucian karbon dengan menggunakan asam kuat HCl 3 M, terlihat gugus pengotor sudah tidak terlihat pada spektra diatas.

Tahap selanjutnya yaitu impregnasi dimana logam Cu dari garam CuCl<sub>2</sub> diembankan pada karbon aktif dengan cara logam Cu dilarutkan dengan akuabides dan dicampur karbon aktif dengan menggunakan hot plate stirrer pada suhu 75 – 80 °C selama 30 menit kemudian proses perendaman ini dibiarkan selama semalam atau 24 jam.

Kemudian sampel karbon aktif yang telah diimpregnasi dengan logam Cu diuapkan sampai air habis menguap dengan menggunakan hot plate, dikeringkan pada oven, dan setelah itu direduksi/kalsinasi. Kalsinasi mempunyai tujuan untuk menguraikan senyawa logam. Pada tahap ini, katalis Cu/karbon aktif dikalsinasi pada temperatur 400 °C dengan dialiri gas H<sub>2</sub>. Pada temperatur 400 °C dimungkinkan sudah terjadi reduksi oksida logam menjadi logam menurut persamaan reaksi berikut:



Nilai keasaman karbon aktif sebelum diimpregnasi yaitu sebesar 2,962 mmol/gram, sedangkan nilai keasaman karbon aktif setelah diimpregnasi dengan logam Cu meningkat menjadi sebesar 4,911 mmol/gram. Hal tersebut menunjukkan bahwa keasaman karbon aktif setelah diimpregnasi menggunakan Cu mengalami peningkatan karena logam Cu yang telah direduksi menggunakan hidrogen akan kekurangan elektron yang mengakibatkan memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih besar terhadap basa ammonia.

Tabel 2. Perbandingan komponen produk dehidrasi

Temperatur/ °C	Jumlah katalis/gr	Produk		
		% Isopropanol	% isopropanal	% 2,2-diisopropoksipropan
250	6	93,60	0,52	-
	8	99,79	0,21	-
	10	99,68	0,32	-
300	6	93,01	5,77	0,48
	8	97,49	2,51	-
	10	95,61	2,54	1,12
350	6	88,22	10,22	0,17
	8	92,80	7,00	-
	10	77,93	7,54	12,79
400	6	66,75	7,78	-
	8	69,33	8,32	5,13
	10	80,01	9,66	10,31
450	6	69,46	7,13	16,91
	8	24,92	15,63	31,85
	10	9,66	27,81	61,82

Dari tabel teramati hasil konversi 2,2-diisopropoksipropan paling maksimal yaitu pada suhu 450 °C dan dengan jumlah katalis 10 gram, kemudian diikuti pada jumlah katalis 8 gram dan 6 gram pada temperatur yang sama yaitu 450 °C. Hal ini menunjukan bahwa suhu 450 °C merupakan temperatur optimum reaksi dehidrasi dengan menggunakan katalis Cu/karbon aktif untuk mendapatkan senyawa 2,2-diisopropoksi propan.

Adapun senyawa yang dapat diperoleh pada variasi penggunaan katalis dan temperatur antara lain sebagai berikut:

1. Suhu 450 °C pada jumlah katalis 10 gram diperoleh 3 jenis senyawa: Isopropanol 9,66%; Isopropanal 27,81%; 2,2-diisopropoksi propan 61,82%

2. Suhu 450 °C pada jumlah katalis 8 gram diperoleh 3 jenis senyawa: Isopropanol 24,92%; Isopropanal 15,63%; 2,2-diisopropoksi propan 31,85%

3. Suhu 450 °C pada jumlah katalis 6 gram diperoleh 3 jenis senyawa: Isopropanol 69,46%; Isopropanal 7,13%; 2,2-diisopropoksi propan 16,91%

4. Suhu 400 °C pada jumlah katalis 10 gram diperoleh 3 jenis senyawa: Isopropanol 80,01%; Isopropanal 9,66%; 2,2-diisopropoksi propan 10,31%

5. Suhu 400 °C pada jumlah katalis 8 gram diperoleh 3 jenis senyawa: Isopropanol 69,33%; Isopropanal 8,32%; 2,2-diisopropoksi propan 5,13%

- Suhu 400 °C pada jumlah katalis 6 gram diperoleh 2 jenis senyawa: Isopropanol 66,75%; Isopropanal 7,78%

Sedangkan variasi jumlah katalis dan temperatur di bawah temperatur 400 °C diperoleh senyawa isopropanol dan isopropanal saja.

#### 4. KESIMPULAN

- Nilai keasaman Karbon aktif yang didapat sebesar 2,962 mmol/gram, sedangkan keasaman katalis Cu/Karbon aktif sebesar 4,911 mmol/gram.
- Produk 2,2-diisopropoksipropan terbesar diperoleh pada suhu 450 °C dengan jumlah katalis 10 gram dan produk yang dihasilkan sebesar 61,82%.
- Senyawa eter 2,2-diisopro-poksipropan dapat digunakan sebagai bahan peningkat angka oktan.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, dengan kerendahan hati dan rasa hormat, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Prof. Dr. Iip Izul Falah, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan berbagai masukan, arahan, meluangkan waktu, tenaga, dan dengan penuh kesabaran demi memberikan bimbingan, semangat, bantuan, motivasi serta nasehat demi terselesaikannya penelitian ini.
- Pimpinan beserta staf Laboratorium Kimia Fisika Universitas Gadjah Mada atas fasilitas yang telah diberikan selama penelitian.
- Ditmawa yang telah mengkomoadsi semua administrasi untuk penelitian
- Dikti yang telah mengkomodasi biaya untuk sarana dan prasarana dalam penelitian

#### 5. REFERENSI

Bakti, Iriani. 1998. *Pembuatan Katalis Logam Tembaga dengan Pengemban Karbon Aktif untuk Dehidrasi n-amilalkohol*. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

Fessenden, J. 1990. *Kimia Organik*. Edisi ketiga. Erlangga. Jakarta

Hendra. 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Perlakuan Karbonat. *Prosiding Seminar 67 Nasional "Kejuangan" Teknik Kimia UGM*. Yogyakarta

Jasjfi, E. dan Bustani, M. 1988. *Pengaruh Komposisi Hidrokarbon Bensin terhadap Efek Peningkatan Angka Oktana*. Skripsi. ITS. Surabaya

Jauhar, dkk. 2007. *Produksi Isopropil Alkohol Murni untuk Aditif Bensin yang Ramah Lingkungan sebagai Wujud Pemanfaatan Produk Samping pada Industri Gas Alam*. KTI ITB. Bandung

Myrstad, T. 1996. *Effect of Vanadium on Octane Number in FCC-Naptha*. International Journal of Catalyst

Perry, R.H dan Don, W.G. 1999. *"Chemical Engineers' Handbook"*. McGraw Hill. NewYork

Richardson, J.T. 1989. *Principles of Catalyt development*. Planum Press. New York

Sudibandriyo, M. 2003. *Effect of Adsorbed Phase density on High Pressure Adsorption Isotherms*. PhD Oklahoma State University. USA

Widowati. 2003. *Pengaruh Proses Pembuatan Karbon Aktif Terhadap Komposisi Kimia Karbon Aktif*. Semarang

Wijaya,K. 2007. *Biofuel di Indonesia : Prospek, Perspektif dan Strategi Pengembangannya*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta