# PENGARUH WAKTU OPERASI, DIAMETER ADSORBENT DAN RASIO GAMPING-BIOETANOL TERHADAP KINETIKA ADSORPSI BIOETANOL SERTA UJI KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR BIOETANOL

(the effect of the time, adsorbent diameter and limestone-bioetanol ratio to the bioetanol adsorption kinetics and characterization test of bioetanol fuel)

**Donny Satria dan Bernardi Sanyoto**

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*
*Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang, Semarang*

*Abstrak*

*Bioetanol merupakan salah satu bahan organik yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri seperti industri makanan dan minuman, industri kosmestik, farmasi, kimia dan lain sebagainya. Saat ini bioetanol banyak juga yang dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif sebagai pengganti premium. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui variabel-variabel proses yang berpengaruh dalam proses pemurnian bioetanol secara adsorpsi menjadi bahan bakar (fuel grade) serta untuk mengetahui karakteristik apa saja yang terdapat dalam bahan bakar bioetanol tersebut.*

*Percobaan ini menggunakan batu gamping sebagai adsorbent. Variabel tetap dalam percobaan ini meliputi suhu operasi 25$^oC$, tekanan operasi 1 atm, kecepatan pengadukan 200 rpm. Sedangkan variabel berubahnya meliputi waktu pengadukan (1-6 hari), perbandingan berat bioetanol dengan gamping (2,5:1 dan 5:1) serta dimeter batu gamping (<0,5mm dan >0,5mm). Respon yang diamati adalah densitas bioetanol yang diperoleh setelah proses adsorpsi dan karakteristik gasohol yang dihasilkan.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu operasi adsorpsi, semakin kecil diameter adsorbent yang digunakan dan semakin kecil perbandingan gamping-bioetanol yang dimasukkan sebagai umpan maka akan semakin cepat proses adsorpsinya. Dari berbagai variabel percobaan diatas harga k yang terbesar adalah pada variabel diameter gamping < 0,5mm, perbandingan gamping-bioetanol 1:2,5; dan waktu pengadukan 5 hari yaitu mempunyai nilai k sebesar 0,4757 hari$^{-1}$. Hasil analisis emisi menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah bioetanol yang ada di dalam gasohol, maka semakin rendah pula emisi gas berbahayanya. Jadi bahan bakar bioetanol ini merupakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan daripada premium.*

*Kata kunci : BIoetanol, BBM, kinetika, emisi gas,adsorpsi*

*Abstract*

*Bioethanol is the one of the organic compound are many use in several industries such as food and beverage, cosmetic, parmatheucal, chemical, etc. Present, bioethanol is development to alternative fuel to substitution of premium. The destination of this research is to study the effect process variable in purification bioethanol and to know characterization of the bioethanol.*

*This experiment use the limestone as a adsorbent. The fixed variable of this experiment includes 25$^oC$ operation temperature, pressure 1 atm, stirrer velocity is 200 rpm. And the change variable include mixing time, ratio bioethanol-limestone in feed, and radius of adsorbent. Respon observated in this experiment is density of bioethanol and the characterization og the gasohol product.*

*The result of this research show that more long operation time, more smallest radius of adsorbent, and more smaller ratio limestone-bioethanol in the feed, yield the more faster of the adsorption operation. The highest k value can be obtained in <0,5mm radius of limestone, ratio limestone-bioethanol is 1:2,5, and mixer time is 5 days (k=0,4757 hari$^{-1}$). Yield of the emision analysis show that ever greater percent of gasohol, ever smaller the dangerous gas in emision product. So this bioethanol fuel constitute fuel ever friendly environment better than premium*

*Key word: bioethanol, BBM, kinetics, gas emision, adsorptive.*

**PENDAHULUAN**

Bioetanol merupakan zat aditif yang berguna dalam bahan bakar. Pada saat ini bioetanol dicampur pada level 10%, v/v dengan bensin untuk memperbanyak suplai bensin di Amerika Serikat, dan akhirnya berhasil menggunakan campuran 22%, v/v etanol ke dalam bensin yang digunakan. Bioetanol untuk bahan bakar kendaraan bermotor Otto (motor bensin) umumnya digunakan dalam bentuk etanol berhidrat (*hydrous ethanol*, 85-95%, v/v alkohol dalam air), gasohol, yakni campuran bioetanol absolut dan bensin pada kadar alkohol hingga sekitar 22%-26%, v/v dan etanol yang dikonversi menjadi ETBE, zat pendongkrak angka oktan yang lebih ramah lingkungan daripada homolog pendahulunya yaitu MTBE. Hal ini dapat mengurangi penggunaan aditif beracun seperti benzena. Sifat-sifat khas etanol sebagai bahan bakar (gasohol maupun *neat fuel*) disajikan pada tabel berikut ini:

| Karakteristik | Bensin (100%) | Campuran bensin/etanol (22%V/V) | BB Etanol (hidrat) |
|---|---|---|---|
| Stoikiometri udara/ bahan bakar | 14,5:1 | 12,7:1 | 9,0:1 |
| Kerapatan massa($20^0$C) (kg/$m^3$) | 770 | 780 | 810 |
| Kalor pembakaran (Kcal/kg) | 10.500 | 9.600 | 6.100 |
| Angka oktan MON | 80-83 | 80-83 | 88-90 |
| Angka oktan RON | 90-96 | 90-96 | 105-108 |
| Angka oktan (MON+RON)/2 | 85-96 | 87-100 | 96-113 |
| Tekanan uap (kPa) | 35-70 | 55-70 | Sangat rendah |
| Polaritas molekuler | Rendah | - | Tinggi |
| Tingkat korosi pada logam | referens | Agak tinggi | Tinggi |
| Kesesuaian dengan bahan plastik | referens | Bagus(kecuali dengan poliamida) | Bagus ( kecuali dengan poliamida) |
| Pembantukan gom | referens | Tinggi | Tidak terbentuk |
| Bubuhan anti oksidan & detergen | diperlukan | diperlukan | Tidak diperlukan |

*(sumber: Charles E. Wyman.1996)*

Dalam kondisi harga BBM yang cenderung terus naik, saat ini berbagai jenis energi terbarukan mulai kompetitif terhadap bahan bakar tanpa subsidi. Bioetanol, menurut Kepala Balai Besar Teknologi Pati Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Dr Agus Eko Cahyono, merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang biaya produksinya sama atau bahkan cenderung lebih murah dibandingkan dengan bensin tanpa subsidi. Pada kapasitas produksi bioetanol 60 kiloliter per hari, biaya pokok produksinya Rp 2.400. Sementara itu, dengan harga minyak mentah mendekati 120 dollar AS per barrel, biaya pokok produksi BBM meningkat mendekati Rp 6.000 per liter.

Beberapa metode telah dikembangkan dalam rangka menghasilkan produk bioetanol yang lebih murni seperti distilasi-azeotrop, distilasi reaksi, distilasi ekstraksi maupun distilasi membran. Secara umum pemurnian bioetanol bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara kimia dan fisika. Proses pemurnian dengan cara fisika dapat dilakukan dengan cara adsorpsi fasa cair sebagai lanjutan dari proses distilasi yang hanya mencapai kemurnian sekitar 95%v. Proses ini dikenal dengan proses distilasi adsorpsi secara simultan (Mujiburohman, 2005). Proses pemisahan secara adsorpsi memanfaatkan sifat-sifat dari zat padat tertentu untuk menjerap zat yang spesifik dari suatu larutan atau campuran gas pada permukaannya. Dalam hal ini, maka komponen dari campuran gas atau larutan akan dipisahkan dengan komponen lainnya (Marsoem, 2002).

Batu gamping yang dikenal sebagai limestone sejak dulu sudah banyak digunakan sebagai absorbent khususnya pada proses desulphurization yang terdapat pada pemurnian gas alam, baik secara non-regenerative dan regenerative. Limestone memiliki beberapa keunggulan yaitu; harganya murah, mudah diperoleh dan banyak tersedia di alam, selain itu limestone memiliki sifat thermodinamik yang baik khususnya untuk limestone yang telah dikalsinasi dan memiliki spesifik surface area yang besar yaitu 4,9 $m^2 g^{-1}$.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari waktu operasi adsorpsi, perbandingan bioetanol-gamping dalam umpan, maupun diameter dari adsorbent terhadap kinetika adsorpsi serta untuk mengetahui karakteristik dari bahan bakar bioetanol (gasohol).

**METODOLOGI PERCOBAAN**

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan penyiapan bahan-bahan, persiapan alat, kalibrasi alat, pemurnian bioetanol, penyediaan bahan bakar bioetanol (gasohol) dan analisa hasil. Adapun variabel-variabel yang digunakan adalah sebagai barikut:

**Variabel tetap**

variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tekanan operasi 1 atm, suhu kamar, jenis adsorbent yang digunakan batu gamping, dan kecepatan pengadukan 200 rpm

**Variabel berubah**

Variabel berubah yang digunakan meliputi waktu pengadukan dilakukan dalam kurun waktu 1-6 hari, perbandingan berat dari bioetanol-gamping yang masuk dalam umpan adalah 1:5 dan 1:2,5 dan diameter batu gampingnya adalah <0,5mm dan >0,5mm

**Respon Pengamatan**

Respon yang diamati adalah densitas bioetanol yang diperoleh setelah proses adsorpsi dari berbagai variabel percobaan dan karakteristik bahan bakar yang dihasilkan dengan kadar bioetanol tertentu dalam campuran gasohol.

**Bahan dan Alat**

Bahan utama dalam penelitian ini adalah bioetanol teknis yang diperoleh dari toko kimia Indra sari dan batu gamping yang di dapat dari toko bangunan tembalang sedangkan alat utama yang digunakan adalah picnometer untuk mengukur densitas dan gas analyzer untuk mengetahui karakteristik dari bahan bakar bioetanol ini.

**Bahan yang digunakan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bioetanol teknis (85%w), batu gamping, bensin murni (Nafta), dan aquadest.

**Alat yang Digunakan**

Alat yang digunakan meliputi labu leher tiga, timbangan digital, kompor listrik, waterbath, pendingin balik, beaker glass, gelas ukur, labu takar, picnometer, pengaduk, statif, klem, termometer, selang plastik, timbangan biasa, erlenmeyer, pipet, corong dan lain-lain.

**Cara Kerja**

- Kalibrasi Kecepatan Pengadukan

  Kecepatan pengadukan dikalibrasi dengan *Tachometer* untuk mendapatkan hubungan antara kecepatan pengadukan dengan skala yang ditunjukan alat tersebut.

- Penentuan ukuran batu gamping sebagai adsorbent

  Bongkahan batu gamping dimasukkan ke dalam hammer mill untuk memperkecil ukurannya. Setelah terjadi proses size reduction kumpulkan hasil dan pisahkan antara ukuran yang >0,5 mm dan <0,5 mm dengan menggunakan alat pengayak

- Pemurnian bioetanol menjadi fuel grade bioetanol

  Bioetanol dan batu gamping dicampur dengan variabel-variabel percobaan yang ada. Setelah proses pengadukan selesai, dilakukan proses pemisahan bioetanol dengan suspensinya dengan cara diupakan dengan menggunakan kompor listrik lalu uap yang terbentuk segera dicairkan dengan menggunakan pendingin balik dengan fluida pendingin adalah air. Produk bioetanol yang terbentuk di tampung dalam erlenmeyer untuk tiap-tiap variabel percobaan

- Penyediaan bahan bakar bioetanol-bensin

Produk bioetanol yang telah murni dicampur dengan bensin murni dengan perbandingan tertentu (E30, E50, dan E70) dan diaduk sampai homogen.

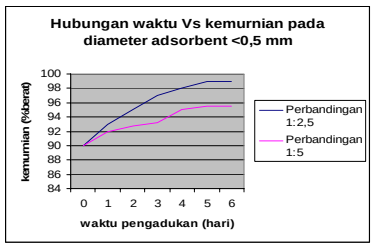
- Analisa hasil
  Produk bioetanol yang dihasilkan dianalisa secara gravimetri dengan menggunakan picnometer 10 ml untuk mengetahui densitas. Dari densitas yang didapat dapat diketahui kemurnian bioetanol yang didapat dengan memplotkan dengan grafik standart densitas Vs kemurnian. Sedangkan untuk analisa karakteristik bahan bakar dilakukan di Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UGM dan Laboratorium udara Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Semarang.

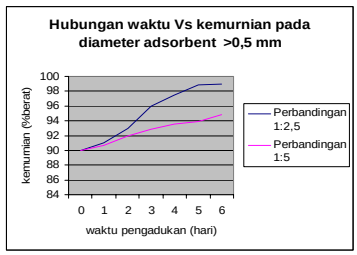
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari percobaan diperoleh hasil sebagai berikut :

### 4.1. Hubungan antara waktu pengadukan dan diameter adsorbent terhadap kemurnian bioetanol.

Percobaan pengaruh waktu dan diameter adsorbent dilakukan pada kondisi atmosferik dan perbandingan adsorbent dan etanol 1:2,5 dan 1:5. Hasil percobaan ini disajikan dalam Gambar di bawah ini.

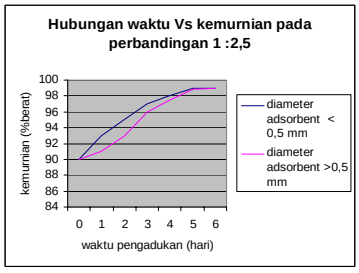


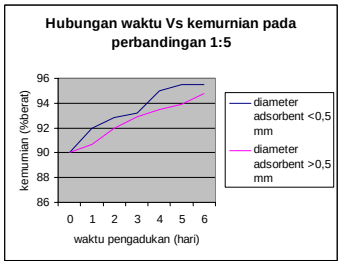




Dari Gambar diatas dapat dilihat bahwa kemurnian etanol yang diperoleh dari proses adsorpsi-distilasi menggunakan adsorbent dengan diameter kurang dari 0,5mm lebih tinggi daripada kemurnian etanol yang diperoleh dari adsorpsi-distilasi menggunakan adsorbent dengan diameter lebih besar dari 0,5mm. Selain itu, semakin lama proses adsorpsi dilakukan, maka semakin tinggi kemurnian etanol yang diperoleh hingga pada suatu saat mencapai keadaan jenuh. Pada keadaan ini, memperpanjang waktu adsorpsi tidak lagi meningkatkan kemurnian etanol.

### 4.2. Hubungan antara waktu pengadukan dan perbandingan adsorbent-etanol pada diameter adsorbent tetap

Percobaan pengaruh waktu dan perbandingan adsorbent dilakukan dengan menggunakan dua ukuran partikel adsorbent yang berbeda, yaitu lebih besar dari 0,5 mm dan lebih kecil dari 0,5 mm. Hasil percobaan ini disajikan dalam Gambar dibawah ini:




Dari Gambar diatas dapat dilihat bahwa kemurnian etanol yang diperoleh pada perbandingan etanol dengan adsorbent batu gamping 1:2,5 lebih tinggi daripada dengan menggunakan perbandingan 1:5. Proses pemurnian yang dilakukan terhadap umpan etanol 90% berat dengan waktu pengadukan selama 5 hari dan menggunakan

perbandingan 1:2,5 menghasilkan etanol dengan kemurnian etanol 99% berat, sedangkan untuk perbandingan 1:5 kemurnian yang diperoleh adalah hanya 95,5% berat.

### 1.4 Analisis bahan bakar gasohol hasil percobaan

Analisis sifat pembakaran gasohol ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik bahan bakar gasohol yang diperoleh dari percobaan pada berbagai keadaan percobaan. Hasil analisis sifat pembakaran terhadap gasohol hasil percobaan ini dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

| No | Jenis Pemeriksaan | Satuan | Hasil Pemeriksaan | | | Metode Pemeriksaan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | E-30 | E-50 | E-70 | |
| 1. | Distilasi | | | | | |
| | 10% vol. Penguapan | $^0$C | 68 | 70 | 73 | ASTM D 86 |
| | 50% vol. Penguapan | $^0$C | 74 | 75 | 78 | |
| | 90% vol. Penguapan | $^0$C | 160 | 145 | 79 | |
| | Titik didih akhir | $^0$C | 185 | 189 | 179 | |
| | Residu | % vol. | 1,2 | 0,8 | 4 | |
| 2. | Tekanan Uap Reid pada 37.8$^o$C | kPa | 29,93 | 33,33 | 25,17 | ASTM D 323 |
| 3. | Korosi bilah tembaga 3 jam/50$^o$C | | 1b | lb | lb | ASTM D 130 |
| 4. | Uji Doktor | | Positif | Positif | Positif | IP 30 |

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa, pada 10% dan 50% volume penguapan, semakin tinggi etanol yang ditambahkan pada bensin, maka semakin tinggi pula temperatur yang dicapai. Hal ini berbeda dengan 90% volume penguapan, di mana semakin tinggi etanol dalam bensin, justru semakin rendah suhu yang dicapai. Residu merupakan sisa bahan bakar yang sulit untuk terbakar yang terdapat di dalam sistem pembakaran. Artinya, semakin rendah kadar residu yang terdapat dalam suatu bahan bakar, maka semakin baik pula mutu bahan bakar tersebut. Dari tabel di atas juga dapat dilihat bahwa residu yang paling rendah dimiliki oleh gasohol E-50, yaitu sebesar 0,8% volume.

### 4.5 Perbandingan nilai kalor bakar bahan bakar gasohol

Nilai kalor pembakaran suatu bahan bakar berdampak langsung pada kinerja pembakaran dalam. Tabel 4.2 berikut ini akan menyajikan nilai kalor pembakaran berbagai gasohol yang dihasilkan dalam penelitian ini.

| | | |
|---|---|---|
| SAMPEL E-30 | | |
| Pengamatan 1 | 9.523,08 Kalori/gram | Rata-rata : **9.581,73 kalori/gram** |
| 2 | 9.700,25 Kalori/gram | |
| 3 | 9.521,85 Kalori/gram | |
| SAMPEL E-50 | | |
| Pengamatan 1 | 8.527,93 Kalori/gram | Rata-rata :**8.544,25 kalori/gram** |
| 2 | 8.644,38 Kalori/gram | |
| 3 | 8.460,45 Kalori/gram | |
| SAMPEL E-70 | | |
| Pengamatan 1 | 7.913,18 Kalori/gram | Rata-rata : **8.035,50 kalori/gram** |
| 2 | 8.249,75 Kalori/gram | |
| 3 | 7.943,57 Kalori/gram | |

Dari Tabel di atas dapat diketahui bahwa semakin tinggi campuran etanol dalam bensin, maka semakin rendah pula nilai kelor pembakarannya..

### 4.6 Perbandingan keadaan emisi gas buang hasil pembakaran dalam gasohol

Uji emisi gas buang dari ketiga variabel gasohol ini dilakukan di Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Semarang. Hasil uji emisi yang dihasilkan pada percobaan ini adalah seprti tersaji dalam tabel berikut:

Jenis kendaraan : Honda 4 tak
Bahan bakar : Gasohol

| No. | Jenis Contoh | Parameter | ppm | Mg/m$^3$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Gasohol E-30 | SOx | 19.6 | 51.3 |
| | | $NO_2$ | 2.9 | 5.46 |
| | | CO | 98.2 | 112.46 |
| | | $CO_2$ | 3.86% | |
| 2 | Gasohol E-50 | SOx | 13.2 | 34.55 |
| | | $NO_2$ | 0.6 | 1.13 |
| | | CO | 76.7 | 87.84 |
| | | $CO_2$ | 3.65% | |
| 3 | Gasohol E-70 | SOx | 14.2 | 37.17 |
| | | $NO_2$ | 1.4 | 2.63 |
| | | CO | 60.2 | 68.94 |
| | | $CO_2$ | 1.61% | |

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari data-data percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian pembuatan bioetanol fuel grade ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Bioetanol fuel grade (konsentrasi 99%) merupakan bahan bakar terbarukan yang cocok digunakan sebagai bahan bakar pengganti premium.
2. Gas buang (emisi) berbahaya yang dihasilkan dari bahan bakar bioetanol ini lebih rendah daripada bahan bakar fosil.
3. Semakin lama waktu adsorpsi, semakin kecil diameter adsorbent yang digunakan dan semakin kecil perbandingan antara batu gamping dan bioetanol yang dihasilkan maka semakin cepat laju adsorpsi.
4. Model pendekatan persamaan laju adsorpsi dengan pendekatan tranfer massa lebih akurat daripada model persamaan laju reaksi yang memperhatikan kesetimbangan setelah keadaan jenuh.

### Saran

1. Waktu adsorpsi jangan terlalu lama sampai melewati batas jenuhnya yang mengakibatkan tidak efisiennya waktu.
2. Pada saat menimbang densitas harus cermat dan teliti sebab timbangan digital 4 digit sangat sensitif terhadap berbagai perubahan yang ada.
3. Hati-hati dalam menggunakan peralatan laboratorium yang mudah pecah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas petunjuk yang telah diberikan-Nya, Bapak Andri Cahyo Kumoro,S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing, bapak Ir. Abdullah selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia UNDIP Semarang dan penanggung jawab laboratorium bioteknologi dan bapak Widayat ST.MT dan semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini selesai hingga penyusunan laporan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Abdel-Rahman, A. A., and Osman, M. M. 1997, "Experimental Investigation on Varying the Compression Ratio of SI Engine Working under Differrent Ethanol-Gasoline Fuel Blends", *International Journal of Energy Research*, 21, 31-40

BPPT, Kajian Lengkap Pemanfaatan Biodiesel dan Bioetanol Pada Sektor Transportasi di Indonesia, 2005

Charles, E .Wyman. 1996, *Handbook of Bioetanol*, NewYork: Tab books, Inc

Carley, L.W. 1980, *How to Make Your Own Alcohol Fuel*, Blue Ridge Summit, Pennsylvania: Tab Books, Inc.

Chevron. 2005, "Oxygenated Gasoline", *The Motor Fuel Tecnical Review* Manual, http://www.chevron.com/producs/fuels/bulletin/motorgas/downloads/Motor_fuelsTch_Rvw_chp4.pdf (diakses .....Augustus 2007)

Josep, Jr., H. 30-31 August 2004, "Ethanol apllication as vehicular fuel in Brasil", presented at *The Conference on Biofuel: Challenges for Asian Future*, Bangkok.

Joseph, Jr.,H. 20-21 Juni 2005,"Alcohol Fueled Vehicles & Flex Fuel Vehicles. Ethanol application as vehicular fuel in Brasil", presented at *Assessing the Biofuels Option*, IEA Headquarters, Paris, http://www.iea.org/work/2005/Biofuels/Biofuels_Joseph_Presentation.pdf (diakses .....Augustus 2007)

Keller, J. L. 1984, "Ethanol and Methanol as Fuel", in Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Vol. 20, J. McKetta and W. Cunningham, New York: Marcel Dekker, pp.11-39

Ladish, M.R., M., Voloch, J., Hong, P., Blenkowski dan T.,Tsao, 1984, "**Comercial Adsorber for Dehydrating Ethanol Vapors**", ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., vol. 23, hal 437-443.

McCallum, P.W., Timbario, T., J., Bechtold, R. L., and Ecklund, E. E. 1982, August, Alcohol Fuels for Highway Vehicles, *Chemical Engineering Progress*, 52-59

Meridian Corporation (Fuel and Transportation Division). July 1991, *Properties of Alcohol Transportation Fuels-Alcohol Fuels Reference Work # 1*, prepared for Biofuels Systems Division, Office of Alternative Fuels, U.S. DOE.

Mujiburohman, M. 2005 "*Distillation of isopropanol-water mixture using adsorptive distillation method*" chemical engineering departement of muhamadiyah university. Surakarta

Keller, J. L. 1984, "Ethanol and Methanol as Fuel", in Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Vol. 20, J. McKetta and W. Cunningham, New York: Marcel Dekker, pp.11-39

Scheller, W. A., and Mohr, B.J. 1977, October, "Gasoline does, too, mix with alcohol", *Chemtech*, 616-623.

Szwarc, A. 30-31 August 2004. "Fuel Ethanol Production and use: A technical Overview", presented at *The Conference on Biofuel: Challenges for Asian Future*, Bangkok.

Soerawidjaja, H agustus 2005 *"Pengaruh kadar etanol terhadap sifat dan mutu gasohol"*