

PEMURNIAN BIOETANOL *FUEL GRADE* DARI *CRUDE ETHANOL* (VARIABEL DISTILASI-EKSTRAKSI)

Jaffarudin Janu Wahyudi, Sri Rahayu Gusmarwani

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
jaffaryudi@gmail.com

INTISARI

Fuel grade ethanol adalah alkohol murni yang bebas air (*anhydrous alcohol*) dan berkadar lebih dari 99,5%. Metode yang bisa digunakan dalam proses pemurnian etanol *fuel grade* adalah dengan metode distilasi ekstraktif. Metode penyulingan ekstraktif menggunakan pemisahan pelarut, yang umumnya *non-volatile*, memiliki titik didih tinggi dan *miscible* dengan campuran, tetapi tidak merupakan campuran azeotrop. Penelitian ini menggunakan solvent dietilen glikol karena harganya relatif murah dan biasanya digunakan sebagai pendingin radiator.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan etanol *fuel grade* dengan cara destilasi ekstraktif menggunakan solvent dietilen glikol. Mula-mula umpan divariasikan dengan perbandingan etanol : solvent yaitu 390 mL : 10 mL, 375 mL : 25 mL, 350 mL : 50 mL, 300 mL : 100 mL, 250 mL : 150 mL, 200 mL : 200 mL kemudian didistilasi menggunakan distilasi kolom berpacking sampai titik didih etanol.

Diperoleh hasil distilat lalu di analisa kadar etanolnya dengan menggunakan berat jenis dan piknometer. Didapatkan hasil dengan menggunakan jumlah solvent dietilen glikol yang ditambahkan yaitu sebanyak 50 mL diperoleh kondisi optimum persentase hasil kadar etanolnya sebesar 99,29% dengan berat jenis distilat $\rho = 0,79151$ gr/mL.

Kata kunci : *Fuel grade ethanol*, azeotrop, distilasi ekstraktif, dietilen glikol

PENDAHULUAN

Ketersediaan energi adalah syarat mutlak khususnya dalam pelaksanaan pembangunan nasional baik pada saat ini maupun pada masa yang akan datang, guna menjamin pemenuhan pasokan energi yang merupakan tantangan utama bagi bangsa Indonesia. Cadangan energi fosil tidak akan kekal karena persediaan energi fosil lama-lama juga akan habis jika di eksploitasi berlebihan. Oleh karena itu, harus dilakukan antisipasi dengan berbagai upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil tersebut. Energi fosil saat ini harus segera digantikan dengan energi alternatif yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan, mengingat cadangan sumber energi fosil tersebut semakin menipis.

Bioetanol digunakan sebagai bahan bakar murni atau dicampur dengan premium dalam konsentrasi yang bervariasi. Alasan bioetanol digunakan sebagai bahan bakar selain karena sifatnya yang dapat menggantikan premium adalah bioetanol memiliki kelebihan. Kelebihan bioetanol dibandingkan dengan premium yang selama ini kita gunakan adalah ramah lingkungan dan dapat diperbaharui.

Bioetanol dengan kadar antara 95% sampai 99,8%. Bioetanol memang potensial dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, kemurnian 99,5% adalah Syarat itu mutlak karena jika berkadar di bawah 90%, mesin tidak bisa menyala karena kandungan

airnya terlampaui tinggi. Sebetulnya bioetanol berkadar kemurnian 95% masih layak dimanfaatkan sebagai bahan bakar motor. Hanya saja, dengan kadar kemurnian itu perlu penambahan zat antikorosif pada tangki bahan bakar agar tidak menimbulkan karat. Sayangnya, saat ini banyak produsen yang menghasilkan bioetanol dengan kemurnian di bawah 95-99%.

Manfaat pemakaian biofuel di Indonesia yaitu memperbesar basis sumber daya bahan bakar cair, mengurangi impor bahan bakar minyak, menguatkan *security of supply* bahan bakar, meningkatkan kesempatan kerja, berpotensi mengurangi ketimpangan pendapatan individu dan antardaerah, meningkatkan kemampuan nasional dalam teknologi pertanian dan industri, mengurangi kecenderungan pemanasan global dan pencemaran udara (bahan bakar ramah lingkungan) serta berpotensi mendorong ekspor komoditi baru (Martono dan Sasongko, 2007).

Fuel grade ethanol adalah alkohol murni yang bebas air (*anhydrous alcohol*) dan berkadar lebih dari 99,5%. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar kendaraan bermotor bervariasi antara vrend hingga bioetanol murni. Bioetanol sering disebut dengan notasi "Ex", dimana x adalah persentase kandungan bioetanol dalam bahan bakar. Beberapa contoh penggunaan notasi "Ex" antara lain :

1. E100, bioetanol 100% atau tanpa campuran
2. E85, campuran 85% bioetanol dan bensin 15%
3. E5, campuran 5% bioetanol dan bensin 95%

Bioetanol dengan kandungan 100% memiliki nilai oktan (*octane*) RON 116-129, yang relatif lebih tinggi dibandingkan bahan bakar premium dengan nilai oktan RON 88. Karena nilai oktan yang tinggi, bioetanol dapat digunakan sebagai pendongkrak oktan (*octane booster*) untuk bahan bakar beroktan rendah. Nilai oktan yang lebih tinggi pada bioetanol juga berpengaruh positif terhadap efisiensi dan daya mesin.

Menurut Gusmarwani, dkk. (2011), kadar etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi hidrolisat bonggol pisang sebanyak 7,3847% dengan kondisi pH fermentasi adalah 10 dan menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untuk proses penetralan pH.

Destilasi adalah suatu proses pemurnian yang didahului dengan penguapan senyawa cair dengan cara memanaskannya, kemudian mengembunkan uap yang terbentuk. Prinsip dasar dari destilasi adalah perbedaan titik dari zat-zat cair dalam campuran zat cair tersebut sehingga zat (senyawa) yang memiliki titik didih terendah akan menguap terlebih dahulu, kemudian apabila didinginkan akan mengembun dan menetes sebagai zat murni (destilat) (Anonim, 2008).

Berdasarkan kegunaan dan ketelitian dalam pemisahan dua zat yang berbeda destilasi dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut :

1. Destilasi sederhana

Biasanya destilasi sederhana digunakan untuk memisahkan zat cair yang titik didihnya rendah, atau memisahkan zat cair dengan zat padat atau minyak. Proses ini dilakukan dengan mengalirkan uap zat cair tersebut melalui kondensor lalu hasilnya ditampung dalam suatu wadah, namun hasilnya tidak benar-benar murni atau biasa dikatakan tidak murni karena hanya bersifat memisahkan zat cair yang titik didih rendah atau zat cair dengan zat padat atau minyak.

2. Destilasi bertingkat (fraksinasi)

Proses ini digunakan untuk komponen yang memiliki titik didih yang berdekatan. Pada dasarnya sama dengan destilasi sederhana, hanya saja memiliki kondensor yang lebih banyak sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang bertekanan. Pada proses ini akan didapatkan substansi kimia yang lebih murni, karena melewati kondensor yang banyak.

3. Destilasi vakum (destilasi tekanan rendah)

Distilasi vakum adalah distilasi yang tekanan operasinya 0,4 atm (300 mmHg absolut). Distilasi yang dilakukan dalam tekanan operasi ini biasanya karena beberapa alasan yaitu :

- a. Sifat penguapan relatif antar komponen biasanya meningkat seiring dengan menurunnya *boiling temperature*.
- b. Distilasi pada temperatur rendah dilakukan ketika mengolah produk yang sensitif terhadap variabel temperatur.
- c. Proses pemisahan dapat dilakukan terhadap komponen dengan tekanan uap yang sangat rendah atau komponen dengan ikatan yang dapat terputus pada titik didihnya.
- d. Reboiler dengan temperatur yang rendah yang menggunakan sumber energi dengan harga yang lebih murah seperti steam dengan tekanan rendah atau air panas.

4. Refluks / destruksi

Refluks / destruksi ini bisa dimasukkan dalam macam-macam destilasi walau pada prinsipnya agak berkelainan. Refluks dilakukan untuk mempercepat reaksi dengan jalan pemanasan tetapi tidak akan mengurangi jumlah zat yang ada.

5. Destilasi azeotrop

Digunakan dalam memisahkan campuran azeotrop (campuran campuran dua atau lebih komponen yang sulit di pisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan azeotrop tsb, atau dengan menggunakan tekanan tinggi.

Banyak metode yang bisa digunakan untuk menghilangkan titik azeotrop pada campuran heterogen. Contoh campuran heterogen yang mengandung titik azeotrop yang paling populer adalah campuran etanol-air, campuran ini dengan metode distilasi biasa tidak bisa menghasilkan etanol teknis (99% lebih) melainkan maksimal hanya sekitar 96,25%. Hal ini terjadi karena konsentrasi yang lebih tinggi harus melewati terlebih dahulu titik azeotrop, dimana komposisi kesetimbangan cair-gas etanol-air saling bersilangan. Beberapa metode yang populer digunakan adalah :

1. *Pressure Swing Distillation*

Dalam pemisahan campuran propanol-ethyl acetate, digunakan metode *pressure swing distillation*. Prinsip yang digunakan pada metode ini yaitu pada tekanan yang berbeda, komposisi azeotrop suatu campuran akan berbeda pula. Berdasarkan prinsip tersebut, distilasi dilakukan bertahap

menggunakan 2 kolom distilasi yang beroperasi pada tekanan yang berbeda. Kolom distilasi pertama memiliki tekanan operasi yang lebih tinggi dari kolom distilasi kedua. Produk bawah kolom pertama menghasilkan *ethyl acetate* murni sedangkan produk atasnya ialah campuran propanol-*ethyl acetate* yang komposisinya mendekati komposisi azeotropnya. Produk atas kolom pertama tersebut kemudian didistilasi kembali pada kolom yang bertekanan lebih rendah (kolom kedua). Produk bawah kolom kedua menghasilkan propanol murni sedangkan produk atasnya merupakan campuran propanol-*ethyl acetate* yang komposisinya mendekati komposisi azeotropnya.

2. Extractive Distillation

Distilasi ekstraktif didefinisikan sebagai distilasi dalam kehadiran *miscible*, mendidih tinggi, komponen yang relatif *non-volatile*, pelarut, bahwa tidak ada bentuk azeotrop dengan komponen lain dalam campuran. Metode yang digunakan untuk campuran memiliki nilai volatilitas relatif rendah, mendekati kesatuan. Campuran tersebut tidak dapat dipisahkan dengan penyulingan sederhana, karena volatilitas dari dua komponen dalam campuran adalah hampir sama, membuat mereka menguap pada suhu yang sama hampir pada tingkat yang sama, membuat penyulingan normal tidak praktis.

Metode penyulingan ekstraktif menggunakan pemisahan pelarut, yang umumnya *non-volatile*, memiliki titik didih tinggi dan *miscible* dengan campuran, namun tidak merupakan campuran azeotrop. Berinteraksi pelarut berbeda dengan komponen campuran sehingga menyebabkan volatilitas relatif mereka untuk berubah. Hal ini memungkinkan campuran tiga bagian baru yang dipisahkan oleh distilasi normal. Komponen asli dengan volatilitas terbesar memisahkan keluar sebagai produk atas. Produk bawah terdiri dari campuran pelarut dan komponen lainnya, yang sekali lagi dapat dipisahkan dengan mudah karena pelarut tidak membentuk sebuah azeotrop dengan itu. Produk bawah dapat dipisahkan oleh salah satu metode yang tersedia.

Zhou Ronqi dan Zhanting (1998), mengkaji produksi *alcohol anhydrous* dengan metode distilasi ekstraksi menggunakan solven dan garam untuk dibandingkan dengan kondisi refluks yang sangat besar (total refluks) dan pada refluks minimum akan diperlukan modal dasar yang tinggi, dan selain itu makin besar refluks biaya operasinya juga makin tinggi.

Biaya total yang diperlukan adalah jumlah dari modal dasar dan biaya operasi tersebut.

Pertimbangan pemilihan solven antara lain : Harga relatif murah, pemakaian tidak banyak, perbedaan *relative volatility* tinggi, tidak berbahaya dan mudah dipisahkan dari air (limbah solven seminim mungkin) maka dari itu digunakan dietilen glikol yang biasanya dijadikan pendingin radiator.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses distilasi ekstraktif dan *salt effect* yang dipanaskan sampai titik didih etanol. Komponen ketiga berupa solven yang ditambahkan akan mempengaruhi komposisi fase liquid dan fase uap sehingga *relative volatility system* akan berubah.

METODE PENELITIAN

1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah *crude ethanol* dan dietilen glikol.

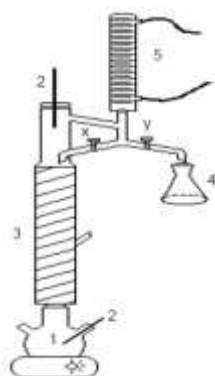
2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan adalah serangkaian alat distilasi kolom *berpacking* dan alat analisis kadar etanol menggunakan piknometer.

3. Prosedur Penelitian

Sampel yang digunakan adalah residu sisa pektin. Dilakukan analisis bahan baku berupa kadar etanol dari residu pektin tersebut dengan melakukan distilasi biasa, sehingga didapatkan kadar etanolnya yaitu 66,71% yang selanjutnya akan digunakan sebagai umpan. Mula-mula mempersiapkan umpan etanol dan dietilen glikol dengan perbandingan variabel yang ditentukan yaitu 390 mL : 10 mL, 375 mL : 25 mL, 350 mL : 50 mL, 300 mL : 100 mL, 250 mL : 150 mL, 200 mL : 200 mL. Kemudian masukkan umpan ke dalam labu leher tiga, yang sebelumnya rangkaian telah terpasang rapat (tidak bocor) dan telah dibersihkan. Hidupkan pemanas listrik dan alirkan air pendingin serta putar kran pengatur refluks total. Amati / dicatat suhu distilat dan suhu residu serta waktu untuk mencapai suhu konstan. Apabila suhu distilat dan suhu residu telah konstan, putar kran pengatur refluks pada posisi distilat tertampung pada penampung distilat. Jika suhu distilat berubah, matikan pemanas listrik dan pindahkan dari tempatnya, sehingga residu segera tidak mendidih lagi. Setelah itu ambil distilat dari penampung distilat apabila tampak tetesan distilatnya sudah mulai berkurang lalu matikan kompor listriknya. Cek kadar etanolnya. Tahap akhir dari penelitian ini adalah analisis hasil. Kadar etanol diukur untuk memastikan kualitas etanol yang dihasilkan. Metode yang digunakan untuk menetapkan kadar etanol

tersebut yaitu dengan metode berat jenis menggunakan piknometer.



Keterangan Gambar :
 1. Labu leher tiga
 2. Termometer
 3. Kolom
 4. Erlenmeyer
 5. Kondensor
 6. X dan Y : kran

Gambar 1. Susunan Peralatan Distilasi Kolom Berpacking

4. Variabel Yang Diteliti

Dalam penelitian ini dilakukan variabel ratio umpan bahan antara etanol dengan dietilen glikol yaitu : 390 mL : 10 mL, 375 mL : 25 mL, 350 mL : 50 mL, 300 mL : 100 mL, 250 mL : 150 mL, 200 mL : 200 mL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel yang digunakan adalah residu sisa pektin. Dilakukan analisis bahan baku berupa kadar etanol dari residu pektin tersebut dengan melakukan distilasi biasa, sehingga didapatkan kadar etanolnya yaitu 66,71% yang selanjutnya akan digunakan sebagai umpan.

1. Pengaruh Perbandingan Volume Pelarut Terhadap Persentase Hasil

Pada prosedur penelitian, volume total dari labu leher tiga adalah 400 mL untuk itu perbandingan jumlah etanol : pelarut dietilen glikol divariasikan yaitu 390 : 10, 375 : 25, 350 : 50, 300 : 100, 250 : 150, 200 : 200. Perolehan persentase hasil kadar etanol ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Persentase Hasil pada Variasi Perbandingan Jumlah Pelarut

No.	Etanol : Dietilen Glikol (mL)	ρ Distilat (gr/mL)	Kadar Etanol (%)
1	390 : 10	0,79592	97,84
2	375 : 25	0,79535	98,03
3	350 : 50	0,79151	99,29
4	300 : 100	0,79310	98,77
5	250 : 150	0,79351	98,64
6	200 : 200	0,7964	97,68

Untuk melihat pengaruh jumlah pelarut yang ditambahkan terhadap persentase hasil (% etanol) dapat dijelaskan dengan grafik hubungan antara jumlah penambahan pelarut

terhadap persentase hasil yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Rasio Perbandingan Jumlah Pelarut terhadap Persentase Hasil

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 2 didapatkan persentase hasil kadar etanol maksimal pada rasio perbandingan 350 mL : 50 mL (etanol : dietilen glikol) yakni sebesar 99,29%. Semakin banyak dietilen glikol yang ditambahkan maka hasil kemurnian etanol yang diperoleh akan semakin tinggi, tetapi pada titik tertentu kadar etanol yang dihasilkan mengalami penurunan.

Penambahan solven dietilen glikol yang digunakan memiliki volatilitas yang rendah sehingga meningkatkan *recovery solute* dan menurunkan *loses* pelarut. Selain itu dietilen glikol juga memiliki titik didih yang relatif tinggi sehingga mampu menggeser titik azeotrop campuran etanol-air dengan baik.

Pada penambahan solven dietilen glikol sebanyak 10 mL dan 25 mL mengalami kenaikan dikarenakan pada kondisi tersebut volume dietilen glikol masih sedikit dan titik didih etanol dalam campuran etanol-air belum terlalu tinggi. Berbeda dengan penambahan volume dietilen glikol 100, 150, dan 200 mL kemurnian etanol menurun. Hal ini dikarenakan pada saat rasio penambahan dietilen glikol mendekati volume etanolnya maka titik didih etanol dalam campuran menjadi sangat tinggi, sehingga campuran air-etanol akan ikut menguap.

2. Pengaruh Perbandingan Volume Pelarut terhadap Volume Distilat

Dari hasil pengamatan diperoleh data volume distilat yang berbeda-beda, perolehan persentase hasil volume distilat ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Volume Distilat pada Variasi Perbandingan Jumlah Pelarut

Gambar 3. Grafik Hubungan Rasio

No.	Etanol : Dietilen Glikol (mL)	ρ Distilat (gr/mL)	Volume (mL)
1	390 : 10	0,79592	210
2	375 : 25	0,79535	260
3	350 : 50	0,79151	190
4	300 : 100	0,79310	155
5	250 : 150	0,79351	145
6	200 : 200	0,7964	98



Perbandingan Jumlah Pelarut terhadap Volume Distilat

Untuk melihat pengaruh jumlah penambahan pelarut terhadap volume distilat yang diperoleh dapat dijelaskan dengan grafik hubungan antara jumlah penambahan pelarut solven dietilen glikol terhadap volume distilat yang diperoleh pada Gambar 3.

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 3 didapatkan persentase hasil volume distilat tertampung banyak pada rasio pebandingan 375 mL : 25 mL (etanol : dietilen glikol) yaitu sebanyak 260 mL. Semakin banyak dietilen glikol yang ditambahkan maka volume distilat yang diperoleh akan semakin banyak, tetapi pada titik tertentu volume distilat yang diperoleh akan mengalami penurunan.

Hasil analisa menunjukkan bahwa penambahan solven dietilen glikol sebanyak 50, 100, 150, dan 200 mL mengalami penurunan volume distilat yang diperoleh. Hal ini dikarenakan banyaknya dietilen glikol yang ditambahkan dan karena dietilen glikol bersifat mengikat air sehingga kontak antara etanol-air berkurang.

3. Pengaruh Perbandingan Volume Pelarut Terhadap Suhu Residu

Dari hasil pengamatan diperoleh data suhu residu yang berbeda-beda. Setelah mendapatkan hasil suhu residu pengamatan kemudian mencari suhu campuran residu teoritis berdasarkan masing-masing titik didih komponen yaitu etanol, dietilen glikol dan air. Data penambahan jumlah solven dietilen glikol terhadap suhu residu teoritis dan suhu data

pengamatan ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Suhu Residu pada Variasi Perbandingan Jumlah Pelarut

No.	Etanol : Dietilen Glikol (mL)	Suhu Residu Teoritis (°C)	Suhu Residu Data Penelitian (°C)
1	390 : 10	90,6897	90
2	375 : 25	96,8465	92
3	350 : 50	106,0906	95
4	300 : 100	121,5164	98
5	250 : 150	133,8734	100
6	200 : 200	143,9955	103

Untuk melihat pengaruh jumlah penambahan pelarut terhadap hasil suhu residu yang diperoleh dapat dijelaskan dengan grafik hubungan antara jumlah penambahan solven dietilen glikol terhadap suhu residu data pengamatan dan analisa suhu teoritis dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan Rasio Perbandingan Jumlah Pelarut Terhadap Suhu Residu

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 4 didapatkan data suhu residu dari hasil pengamatan tidak jauh berbeda dengan suhu residu teoritis. Hal ini dikarenakan solven pada penelitian yang digunakan adalah dietilen glikol teknis (pedingin radiator mobil).

Hasil analisa menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah solven dietilen glikol yang ditambahkan maka suhu di residu akan ikut naik, hal ini dikarenakan sifat dari dietilen glikol yang memiliki titik didih relatif tinggi sehingga pada saat rasio penambahan dietilen glikol semakin banyak maka titik didih etanol dalam campuran menjadi sangat tinggi.

Selain meningkatkan suhu residu didalam campuran, penambahan dietilen glikol yang semakin banyak mempengaruhi volume distilat yang dihasilkan, yaitu volume distilat yang diperoleh mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan dietilen glikol bersifat mengikat air

sehingga kontak antara etanol-air berkurang. Kemudian kemurnian kadar etanol yang dihasilkan juga mengalami penurunan, titik didih etanol dalam campuran menjadi sangat tinggi, sehingga campuran air-etanol akan ikut menguap.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Dietilen glikol dapat digunakan sebagai pelarut pada proses pemurnian etanol *fuel grade*.
2. Jumlah penambahan solven dietilen glikol yang bervariasi berpengaruh terhadap persentase hasil etanol yang diperoleh.
3. Dengan menggunakan jumlah solven dietilen glikol yang ditambahkan yaitu sebanyak 50 mL diperoleh kondisi optimum persentase hasil kadar etanolnya sebesar 99,29%.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yakni :

1. Analisa kadar etanol akan lebih akurat apabila menggunakan alat uji yang lebih canggih, seperti GCMS.
2. Penelitian tentang pemurnian bioetanol *fuel grade* dari *crude ethanol* dapat dilakukan atau dikembangkan lagi dengan variabel lain untuk optimasi pada penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008, *Destilasi*, <http://hidupituindah.blogspot.com>
- Gusmarwani, S.R. dan Budi, M.S.P., 2011, *Effect of Bases Detoxification on Fermentation of Banana Rhizome Waste Hydrolyasates for Etanol Production*, Seminar Internasional 19th IUPAC International Conference on Chemical Research Applied to World Needs (CHEMRAWN XIX 2011, Kuala Lumpur, Malaysia).
- Martono, B. dan Sasongko, 07 Februari 2007, *Prospek Pengembangan ubi Kayu sebagai Bahan Baku Bioetanol di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*, Dinas Pertanian Propinsi DIY, www.distan.pemdadiy.go.id/index2.php?option=content&task=view&id=269&pop=1&page=0
- Zhou Rongqi and Duan Zhanting, 1998, *Extractive Distillation with Salt in Solvent*, Department Chemical Engineering, Tshinghua University, Beijing.