



Fuel Grade Ethanol Production by Batch Distillation Using Ternary Components

I Gusti S Budiaman^{1*}, Tjukup Marnoto², Chintya Rizki Hapsari³, dan Risqi Angga Yudha Prakosa⁴,

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta – 55283

*E-mail: igusti_sb@upnyk.ac.id; igustisbupn@gmail.com; chintyarizkihapsari@gmail.com

Abstract

Ethanol is a chemical compound whose production is abundant in Indonesia. Ethanol is also widely used in the pharmaceutical industry, cosmetics, solvents, and spiritus fuel. Pure ethanol also has a high octane rating making it suitable used to raise the octane number of the gasoline. One way that can be done to purify the ethanol is a way to shift the ternary distillation azeotrope so that its purity can reach over 99.5%. Chemicals used to raise the boiling point of water include sulfuric acid, sodium hydroxide, ethylene glycol, glycerol and citric acid at certain concentrations. Ternary components were added to the raw material alcohol 86% specified in such order to obtain increasing boiling point of water as the heavy fraction by 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C and 25 °C. The distillation process is done in batch include column packing material at atmospheric pressure. Distilled provide 99.57% up to 99.91% purity ethanol in ternary addition of sulfuric acid, 99.59% up to 99.79% in the ternary addition of sodium hydroxide, 99.55% in the ternary addition of ethylene glycol, 99.64% on a ternary addition of glycerol, and 99.42% in ternary addition of citric acid. So in this experiment only the addition of sulfuric acid ternary who can give the best results with ethanol content 99.91%.

Keywords: ethanol, azeotrope, distillation ternary, octane number

Pendahuluan

Indonesia dengan jumlah penduduk sangat banyak, merupakan negara dengan konsumsi energi yang sangat besar. Kebutuhan energi tersebut sebagian terbesar berasal dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui berupa bahan bakar minyak (BBM) 63%, gas 17%, LPG 2%, listrik 10% dan batubara 8% (Sumber: Blueprint Pengelolaan Sumber Energi Nasional 2005-2015). Selain itu, ketergantungan dunia terhadap bahan bakar fosil juga semakin besar. Pemenuhan energi dari sumber energi terbarukan merupakan solusi terbaik untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Mengingat Indonesia merupakan Negara agraris dengan jumlah penduduk besar dan lahan yang luas, sangat cocok untuk pengembangan berbagai sumber bahan baku pembuatan bio-fuel seperti etanol.

Ethanol merupakan suatu senyawa kimia yang mudah terbakar dapat diproduksi dari hasil pertanian sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar cair. Produksi etanol di Indonesia cukup melimpah. Namun kemurniannya masih rendah sekitar 94% karena terbentur kondisi azeotrope, sehingga belum memenuhi persyaratan digunakan sebagai bahan bakar motor karena masih mempunyai kadar air terlalu tinggi.

Pemanfaatan ethanol selama ini hanya terbatas sebagai bahan baku industri farmasi, sebagai pencampuran obat, untuk kosmetika sebagai antiseptik, sebagai pelarut kimia di laboratorium maupun industri, sebagai bahan disinfektan di rumah sakit, dan dijadikan spiritus untuk keperluan bahan bakar rumah tangga. Menurut Harwood, 1989, etanol dapat digunakan sebagai bahan bakar substitusi dalam bahan bakar fosil seperti bensin/ gasoline. Dilain pihak selain sebagai bahan bakar substitusi etanol juga dapat digunakan sebagai bahan bakar utama, bila telah tersedia mesin yang sesuai untuk untuk bahan bakar dengan nilai oktan tinggi. Hal ini didukung oleh produksi yang cukup besar di Indonesia seperti terlihat pada **Tabel 1**

Menurut Henroko, 2007, produksi etanol di Indonesia sekitar 183,2 juta liter per tahun sesuai **Tabel 1**. Mengingat ketersediaannya yang melimpah ethanol sangatlah potensial untuk dijadikan bahan baku energi pengganti seperti yang dibutuhkan Indonesia saat ini. Pinto (2000) dan Mu'tasim (2009), menyatakan *ethanol* teknis mempunyai kemurnian berkisar 95%. Sedangkan *fuel grade ethanol* yang digunakan sebagai bahan bakar kendaraan atau untuk menaikkan angka oktan merupakan *ethanol anhydrous* dengan kemurnian minimal 99,5%. Hal ini sangat sukar dilakukan karena melewati kondisi azeotrop etanol-air yaitu 95,63%. Kusuma, dkk., 2009, menyatakan pada saat kondisi azeotrop dicapai, komposisi fraksi uap dan cair tidak akan berubah lagi oleh pendidihan. Kondisi ini disebut campuran dengan titik didih tetap (*constant boiling mixture*). Salah satu cara menggeser titik azeotrop adalah



dengan penambahan zat/ komponen ketiga (*terner*) yang larut dalam air tapi tidak larut dalam etanol. Komponen *terner* yang dapat ditambahkan harus mampu menaikkan titik didih air sedemikian sehingga titik azeotrop bergeser pada konsentrasi etanol-air menuju 100%. Emi Erawati 2008, juga menyatakan bahwa pemurnian etanol dapat dilakukan dengan metode extractive distillation.

Tabel 1. Industri Penghasil Etanol di Indonesia

Nama Perusahaan	Kapasitas Produksi (liter/tahun)	Lokasi
Molindo Raya Industri	50 juta	Lawang, Jatim
PTPN XI	7 juta	Jatiroto, Jatim
Indo Acidatama	45 juta	Solo, Jateng
Madu Baru	7 juta	Yogyakarta, DIY
PSA Palimanan	7 juta	Cirebon, Jabar
Japura Sarana Jaya	3,6 juta	Cirebon, Jabar
Indo Lampung Distillery	50 juta	Lampung
Permata Sakti	5 juta	Medan, Sumut
Molasindo	3,6 juta	Medan, Sumut
Basis Indah	5 juta	Makassar, Sulsel

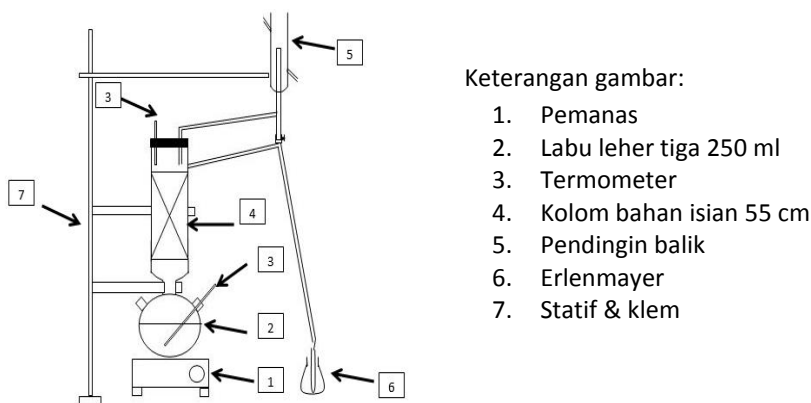
Percobaan ini bertujuan untuk membuat *fuel grade ethanol* dari *ethanol* 86% menjadi minimal 99,5% menggunakan distilasi rektifikasi secara batch dengan penambahan komponen *terner*. Pada percobaan ini digunakan beberapa bahan kimia yang mempunyai kemampuan menaikkan titik didih air pada kisaran 5-25 °C. Penambahan komponen *terner* akan meningkatkan titik didih dari pelarut atau menurunkan volatilitas pelarut. Jika komponen *terner* tersebut larut dalam salah satu komponen dalam campuran azeotrop, namun tidak larut pada yang lain, maka volatilitas komponen dimana komponen *terner* terlarut akan turun. Sedangkan komponen yang lain tidak akan terpengaruh. Dengan cara ini, dapat dilakukan pemecahan azeotrop dengan penambahan komponen *terner* selanjutnya dilakukan distilasi. Komponen *terner* yang dapat digunakan dalam *extractive distillation* etanol-air antara lain: asam sitrat yang mempunyai titik didih 153 °C, glikol dengan titik didih 197,3 °C (Perry, 1921 dan Pinto, 2000), *glycerol* dengan titik didih 290 °C (Lee dan Pahl, 1985), natrium hidroksida (NaOH) dengan titik didih 318 °C, dan asam sulfat (H₂SO₄) dengan titik didih 337 °C dapat menggeser titik azeotrop dengan memperlebar perbedaan volatilitas etanol-air, sehingga etanol dapat terpisah dari air menjadi produk atas sedangkan air dan komponen *terner* menjadi produk bawah.

Fuel grade ethanol (FGE) saat ini belum dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor secara langsung karena mempunyai kelambatan penyalaan tinggi, sehingga untuk mesin motor yang dirancang dengan angka oktan dibawah 100 dapat menimbulkan masalah ketukan. Endah (2012), Prihandana (2008) dan Wahid (2005) menyatakan bahwa etanol dengan kemurnian 100% memiliki nilai oktan (*octane number*) sekitar 120 jauh lebih tinggi dibandingkan bahan bakar bensin/ premium/ gasolin dengan nilai oktan 88. Nilai oktan yang tinggi menyebabkan etanol dapat digunakan sebagai pendongkrak oktan (*octane booster*) untuk bahan bakar beroktan rendah sehingga meningkatkan efisiensi dan daya mesin yang mempunyai kompresi dan putaran tinggi.

SNI 7390: 2012 tentang bioetanol terdenaturasi untuk gasohol, menetapkan persyaratan mutu dan metode uji hanya untuk bioethanol/ etanol yang akan digunakan sebagai bahan bakar motor bensin, yaitu sebagai komponen campuran bahan bakar bensin pada kendaraan bermotor atau jenis lainnya. Bahan bakar etanol harus bebas endapan dan zat terlarut secara visual sehingga tampak jernih dan transparan pada suhu kamar. Metode uji mutu FGE menggunakan parameter: kadar etanol, kadar metanol, kadar air, kadar denaturan, tembaga, keasaman, tampakan, ion klorida, kandungan belerang, dan getah menggunakan metode analisis standar. Standar yang paling utama harus dipenuhi untuk FGE adalah kadar etanol minimal 99,5% dan kadar air maksimum 0,5% vol.

Metode Percobaan

Percobaan dilangsungkan pada peralatan distilasi batch yang dilengkapi bahan isian agar tercipta zona pemisahan yang lebih tinggi seperti terlihat pada **Gambar 1**.



Keterangan gambar:

1. Pemanas
2. Labu leher tiga 250 ml
3. Termometer
4. Kolom bahan isian 55 cm
5. Pendingin balik
6. Erlenmayer
7. Statif & klem

Gambar 1. Rangkaian Peralatan Percobaan

Sebelum percobaan dilangsungkan, pertama kali dilakukan pengujian kebocoran agar diperoleh data percobaan yang akurat. Selanjutnya menyiapkan umpan etanol 86% sebanyak 100 ml dan ditambahkan bahan ternier agar dicapai kenaikan titik didih air sesuai yang diinginkan lalu dimasukkan kedalam labu leher tiga. Setelah semua peralatan disiapkan termasuk pengukur suhu dan kondensor balik/ reflux, pemanas mulai dihidupkan dan proses distilasi dilangsungkan menggunakan metode reflux total selama sekitar 1 jam. Setelah dicapai kondisi steady state sesuai titik didih campuran, distilat mulai diambil perlahan melalui alat penampung. Hasil distilasi dilakukan pengujian densiti dan kadar alkoholnya. Demikian seterusnya dilakukan percobaan lainnya dengan memvariasikan volume berbagai bahan ternier untuk mendapatkan kenaikan titik didih yang telah direncanakan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil percobaan pada berbagai bahan ternier dan kenaikan titik didih larutan etanol-air disajikan pada **Tabel 2** dan **Gambar 2**. Kadar etanol yang memenuhi persyaratan fuel grade diperoleh dari penambahan bahan ternier NaOH, H₂SO₄, etilen glikol, dan gliserol, terkecuali pemakaian bahan ternier asam sitrat yang hanya mampu menggeser titik azeotrop sampai kemurnian 99,4% pada kenaikan titik didih 25 °C. Bahan ternier yang paling baik dalam memberikan kadar etanol fuel grade diberikan oleh asam sulfat dicapai pada kenaikan titik didih mulai pada 15 °C dengan kadar etanol 99,57% dan semakin meningkat untuk kenaikan titik didih yang semakin tinggi sampai 25 °C diperoleh kadar etanol 99,91%. Pemakaian bahan ternier natrium hidroksida kualitas FGE baru dicapai pada kenaikan titik didih 20 °C dengan kadar etanol 99,59% dan pada kenaikan titik didih 25 °C diperoleh kadar etanol 99,79%. Sedangkan kemurnian etanol yang diperoleh dari gliserol dan etilen glikol, kualitas FGE baru dicapai pada kenaikan titik didih 25 °C masing-masing kadar etanol untuk ternier gliserol 99,64% dan untuk ternier etilen glikol 99,55%.

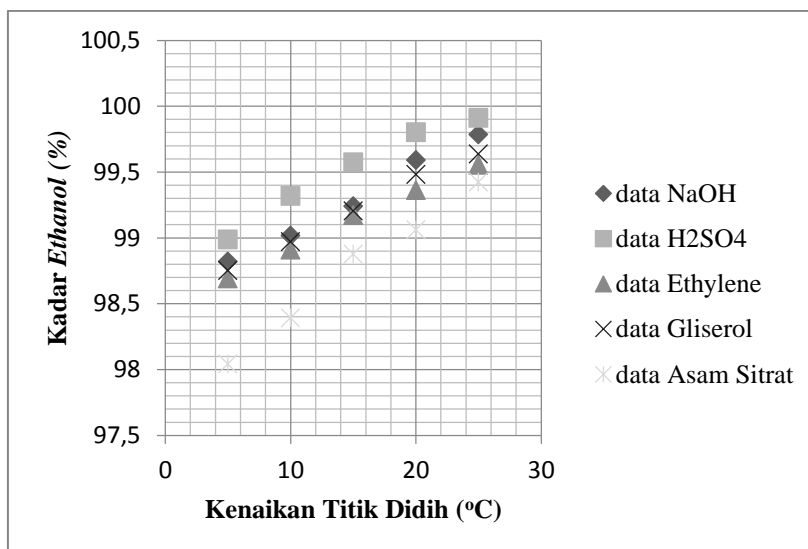
Tabel 2. Hubungan Kadar etanol hasil distilasi pada berbagai kenaikan titik didih larutan etanol-air dan berbagai jenis bahan ternier yang digunakan.

Volume umpan : 100 ml
 Suhu distilasi : sesuai titik didih camouran
 Waktu percobaan : 1 jam.

ΔTb (°C)	Kadar Etanol (%)				
	NaOH	H ₂ SO ₄	Etilen Glikol	Gliserol	Asam Sitrat
5	98,8195	98,9871	98,6916	98,7523	98,0417
10	99,0173	99,3192	98,9104	98,9715	98,3921
15	99,2417	99,5739	99,1728	99,2041	98,8765
20	99,5901	99,8014	99,3632	99,4817	99,0619
25	99,7862	99,9107	99,5545	99,6381	99,4238

Sifat yang istimewa dari penambahan bahan ternier pada larutan etanol-air yaitu semakin tinggi kadar bahan ternier atau semakin tinggi kenaikan titik didih larutan, semakin tinggi pula kenaikan kadar etanol yang dihasilkan.

Dalam percobaan ini dapat dinyatakan bahwa penambahan terner asam sulfat memberikan hasil terbaik, diikuti terner natrium hidroksida, lalu gliserol, dan etilen glikol.



Gambar 2. Hubungan Kenaikan Titik Didih Air dengan Kadar Etanol pada Berbagai Jenis Terner

Melihat kenyataan bahwa penambahan bahan terner asam sulfat dan natrium hidroksida mempunyai kemampuan menaikkan kadar FGE > 99,5% cukup menggembirakan. Namun permasalahan yang dapat timbul adalah berkaitan dengan angka keasaman. Bila etanol yang diperoleh terlalu asam maupun terlalu basa dapat menyebabkan korosi pada sistem pembakaran.

Kesimpulan

Fuel grade ethanol dapat diperoleh dengan cara distilasi menggunakan penambahan komponen terner seperti asam sulfat, natrium hidroksida, gliserol, dan etilen oksid. Kenaikan kadar etanol tertinggi dicapai pada penambahan komponen terner asam sulfat pada kenaikan titik didih 25 °C dengan kadar etanol mencapai 99,91%.

Daftar Pustaka

- Emi Erawati, 2008, "Pemurnian Ethanol Dengan Metode Saline Extractive Distillation". Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kusuma, Dona S., dan Dwiatmoko, A.A. (2009). *Pemurnian Ethanol untuk Bahan Bakar*. Jakarta : Majalah berita ilmu pengetahuan dan teknologi, Vol : 47(1) : 48-56.
- Lee, F., Pahl, R., 1985, Terner Screening Study and Conceptual Extractive Distillation Process To Produce Anhydrous Ethanol From Fermentation Broth, *Industrial Engineering Chemical Process*, 24.
- Mu'tasim Billah dan Sani, 2009, "Produksi Alkohol Fuel Grade Dengan Proses Distilasi Ekstraktif", Vol 9. Prodi Teknik Kimia FTI- UPNV Jawa Timur.
- Perry, R., and Green, D., (1988), "Perry Chemical Engineering Hand Book", Sixth edition, Japan : Mc.Graw Hill International edition.
- Perry, R.H, 1921, *Chemical Engineers Handbook 6th ed*, Mc Graw -Hill. Inc, USA.
- Pinto, R.T.P. Wolf-Maciel, M.R. And Computers And Lintomen, L. 2000."Saline Ekstractive Distillation Process For Ethanol Purification". *Computers and Chemical Engineering*, Volume 24.
- Prihandana, Rama, dkk. 2008."Bioethanol Ubi Kayu Bahan Bakar Massa Depan". Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Sri Rahayu Gusmawarni. 2015, "Distilasi Ethanol Untuk Memperoleh Fuel grade ethanol". Jurusan Teknik Kimia, Institute Sains dan Teknologi Akprind.
- Wahid, La Ode M. 2005."Pemanfaatan Bio-Ethanol Sebagai Bahan Bakar Kendaraan Berbahan Bakar Premium". Prospek pengembangan bio-fuel sebagai substitusi bahan bakar minyak, hal 63-74.



Lembar Tanya Jawab Moderator: Sumbogo Murti (S.D. Puspitek Serpong)

1. Penanya : Sumbogo Murti (S.D. Puspitek Serpong)
Pertanyaan : *Bio-ethanol* belum dipakai dalam campuran bensin karena tidak ekonomis, bagaimana nilai ekonomis dari penelitian kalian?
Jawaban : Sebenarnya kami ingin menggeser titik azeotrop menjadi diatas 99%. Karena ternern H_2SO_4 bukan yang termahal dari ternern yang lainnya
2. Penanya : Indah (Universitas Negeri Semarang)
Pertanyaan : Apa saja faktor pemilihan ternern tersebut ?
Jawaban : Karena ternern tersebut bisa menghasilkan kadar yang tinggi maka pemilihan dikarenakan oleh :
 1. Memiliki titik didih yang lebih tinggi dari ethanol dan air
 2. Tidak larut dalam ethanol tetapi larut dalam air

