

DISTILASI CRUDE ETANOL

UNTUK MEMPEROLEH BIOETANOL FUEL GRADE

Sri Rahayu Gusmarwani,
Jurusan Teknik Kimia
Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Jl. Kalisahak 28 Kompleks Balapan Yogyakarta
gusmarwani@gmail.com

Abstrak

Bioetanol *fuel grade* adalah alkohol murni yang bebas air (*anhydrous alcohol*) dan berkadar lebih dari 96 %. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam proses pemurnian bioetanol *fuel grade* adalah distilasi ekstraktif. Metode distilasi ekstraktif merupakan salah satu metode distilasi yang menggunakan pelarut untuk memperbesar volatilitas relatif. Pelarut yang digunakan bersifat nonvolatile, memiliki titik didih tinggi dan dapat bercampur dengan larutan, namun tidak merupakan campuran azeotrop.

Pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendingin radiator yang berbahan aktif dietilen glikol. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh bioetanol *fuel grade* dengan cara distilasi ekstraktif dalam satu kolom distilasi berpacking yang dilengkapi dengan pengatur refluks. Umpan yang berupa campuran crude etanol dan pendingin radiator dimasukkan dalam labu distilasi. Variasi campuran crude ethanol-solvent (ml:ml) dilakukan dengan perbandingan sebesar 390:10, 375:25, 350:50, 300:100, 250:150, dan 200:200. Selanjutnya campuran ini didistilasi dan uap ditampung dalam erlenmeyer yang dilengkapi dengan pendingin es hingga tidak ada lagi cairan yang menetes.

Distilat yang diperoleh dianalisis kadar etanolnya menggunakan piknometer. Pengamatan yang dilakukan menunjukkan hasil kadar etanol tertinggi sebesar 99,29% dengan berat jenis sebesar 0,79151 gr/ml diperoleh saat penambahan pelarut sebanyak sebanyak 50 ml atau perbandingan crude etanol-solven sebesar 350-50.

Kata kunci : bioetanol *fuel grade*, azeotrop, distilasi ekstraktif, dietilen glikol

1. 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 akan habis jika dieksploitasi secara 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 pengganti yang bersifat terbarukan, ramah lingkungan dan berkelanjutan, mengingat cadangan sumber energi fosil tersebut semakin menipis.

Fakta menunjukkan konsumsi energi terus meningkat seiring dengan kenaikan mobilitas manusia dan barang. Sehingga, cepat atau lambat energi fosil tidak akan mampu memenuhi kenaikan permintaan (Soerawidjaya, 2009).

Di Indonesia, kebutuhan energi alternatif untuk transportasi juga didorong oleh kenyataan bahwa produksi dan impor BBM menunjukkan kenaikan. Sebagai contoh pada tahun 2001, produksi bensin mencapai 14,60 miliar liter dan impor mencapai 12,18 miliar liter, yang berarti kenaikan produksi sebesar 13,72 miliar liter dan impor 11,73 miliar liter dibandingkan tahun sebelumnya. Perkembangan energi alternatif untuk sektor transportasi jangka panjang merupakan tugas paling penting dari masyarakat di tahun-tahun mendatang. Salah satu energi alternatif yang perlu dikembangkan adalah bahan bakar bioetanol yang diproses dari sumber yang dapat diperbaharui. Bioetanol menarik untuk dikembangkan karena sesuai untuk dicampur dengan bensin pada perbandingan berapapun dan dengan modifikasi mesin. Karena bioetanol diproduksi dari sumber yang dapat diperbaharui, maka proses yang berkelanjutan akan dapat dilakukan (Sediawan, dkk, 2007).

Bioetanol mempunyai peranan yang sangat penting, karena merupakan bahan bakar cair untuk

kendaraan bermotor yang dapat diperbaharui (Demirbas, 2005).

Adanya kerugian dikarenakan pemakaian energi fosil, perhatian pada efek rumah kaca yang disebabkan pemakaian bahan bakar minyak yang terus menerus, membuat bioetanol lebih menarik. Menurut para ilmuwan, adanya pemanasan global disebabkan oleh emisi CO₂ yang berlebihan yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dapat menyebabkan banyak dampak serius bagi masyarakat. Hal ini merupakan alasan mengapa pengukuran emisi gas CO₂ harus dilakukan, karena CO₂ merupakan gas yang paling berperan dalam efek rumah kaca. Selain itu protokol Kyoto yang ditandatangani oleh beberapa negara industri memutuskan emisi CO₂ pada tahun 2008-2012 harus turun hingga 5,2% dari emisi pada tahun 1990-an (Sediawan, dkk., 2007).

Tidak seperti bensin, bioetanol merupakan bahan bakar oksigenat yang mengandung 35% oksigen yang dapat mereduksi partikulat dan emisi NO_x dari hasil pembakaran (Demirbas, 2005).

Bioetanol merupakan salah satu energi alternatif yang lebih ekonomis daripada bensin (tanpa subsidi). Nilai ekonomis dari produksi bioetanol ini disebabkan proses produksinya relatif murah dan sederhana melalui fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Selain itu sumber bahan baku dapat diproduksi secara terus menerus dan dapat diperbaharui melalui pembudidayaan tanaman yang menghasilkan pati (Chalim, dkk., 2005).

Greer (2005) menyatakan bahwa bioetanol dapat digunakan sebagai substitusi sebagian ataupun keseluruhan bahan bakar bensin. Pencampuran bioetanol dengan bensin dapat menaikkan angka oktan pada bahan bakar itu. Bensin memiliki angka oktan kurang dari 90. Penambahan etanol ke dalam bensin sebanyak 10% akan menaikkan angka oktan pada kisaran angka 110. Sedangkan etanol murni memiliki angka oktan 112 (Wheals dkk., 1999). Efek samping penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar akan menimbulkan gas berbahaya hasil pembakaran yang relatif lebih rendah daripada penggunaan bensin sebagai bahan bakar.

Meskipun bioetanol dapat dibuat dari biomassa berbasis pati, tetapi pati umumnya dimanfaatkan sebagai makanan atau pakan, sehingga pemanfaatannya sebagai bahan baku bioetanol dapat mengganggu penyediaan makanan atau pakan (Sediawan, dkk., 2009). Taherzadeh dkk. (1997) mengidentifikasi dan mendapatkan komposisi kandungan selulosa dan hemiselulosa pada pohon-pohon *Alder*, *Aspen*, *Birch*, *Pine*, *Spruce*, dan *Willow*.

Senyawa selulosa tersebut memiliki potensi untuk diproses menjadi etanol. Jeewon (1997) membuat etanol dari lignoselulosa yang terdapat pada kayu keras, kayu lunak, rumput-rumputan, dan limbah pertanian. Sedangkan Gusmarwani dkk., (2009) telah melakukan uji selulosa terhadap bonggol pisang dengan hasil kadar hemiselulosa dan selulosa dalam bonggol pisang masing-masing adalah 43,49% dan 15,4% yang mengindikasikan bahwa bonggol pisang berpotensi untuk diolah menjadi bioetanol.

Bioetanol dapat dibuat dari biomassa berbasis pati atau berbasis lignoselulosa. Lignoselulosa merupakan senyawa polisakarida yang terdiri atas selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa merupakan senyawa polimer dari glukosa yang memiliki gugus ikatan C yang berbeda dengan pati. Ikatan polimer selulosa terjadi pada gugus C-beta, sedangkan pati memiliki ikatan polimer pada gugus C-alfa (Wertheim dan Jeskey, 1956). Hemiselulosa merupakan ikatan polimer heterogen dari polisakarida, monomernya dapat berupa glukosa, manosa, galaktose, xilosa, dan arabinosa. Manosa dan glukosa merupakan komposisi dari hemiselulosa yang paling banyak ditemukan pada kayu lunak, sedangkan xilosa ditemukan sangat banyak pada kayu keras. Susunan ikatan pada hemiselulosa lebih mudah dipecah pada proses hidrolisis daripada susunan ikatan pada selulosa (Palmqvist dan Hahn-Hagerdal, 2000).

Menurut Badger (2002) terdapat dua jenis proses hidrolisis yang dapat dijalankan, yaitu hidrolisis enzim dan hidrolisis kimiawi. Proses hidrolisis kimiawi memiliki banyak keuntungan, yaitu biaya yang dibutuhkan relatif murah, karena harga bahan kimia yang dipakai lebih murah dibandingkan harga enzim. Selain itu, proses hidrolisis enzim membutuhkan waktu berhari-hari sedangkan hidrolisis kimiawi hanya memerlukan waktu yang relatif lebih cepat (Taherzadeh dkk., 1997, Palmqvist dan Hahn-Hagerdal, 2000).

Bahan kimia yang dapat dipakai untuk memecah rantai polimer pada selulosa dan hemiselulosa adalah larutan asam, baik itu larutan asam pekat ataupun larutan asam encer. Larutan asam yang dapat digunakan ialah asam sulfat dan asam klorida. Larutan asam pekat sudah lama dipakai untuk proses hidrolisis ini, hasil monomer gula yang didapat sangat tinggi sehingga etanol yang dihasilkan juga banyak, tetapi penggunaan asam pekat pada proses ini menyebabkan terjadinya korosi tingkat tinggi pada bahan material yang dipakai. Disain peralatan untuk penggunaan asam pekat menjadi spesial dan mahal,

seperti keramik atau material dilapisi dengan karbon (Tahezadeh, 1999).

Menurut Philipp (1984) mekanisme reaksi hidrolisis didahului oleh ion H^+ yang berasal dari katalisator menyerang selulosa. Dengan masuknya ion H^+ tersebut maka struktur selulosa menjadi tidak stabil sehingga akan memudahkan selulosa bereaksi dengan air (H_2O). Proses hidrolisis lignoselulosa dengan asam encer pernah dicobakan pada proses Scholler dalam reaktor tangki berpengaduk dengan kondisi operasi; konsentrasi asam sulfat 0,5 %, tekanan 11-12 bar dan selama 45 menit. Hemiselulosa sebanyak 80 % w/w dapat terhidrolisis pada suhu di bawah $200^{\circ}C$ tetapi konversi maksimal dicapai pada suhu di atas $220^{\circ}C$ (Tahezadeh, dkk., 2003). Proses hidrolisis pada suhu di atas $220^{\circ}C$ juga mengakibatkan terbentuknya senyawa racun bagi pertumbuhan mikroorganisme di dalam proses fermentasi. Senyawa-senyawa kimia yang bersifat racun tersebut ialah jenis senyawa asam karboksilat, senyawa furan dan senyawa fenol.

Senyawa asam karboksilat yang dihasilkan terdiri dari asam asetat, asam format dan asam levulinat. Asam levulinat dan asam asetat dibentuk sebagai akibat degradasi lanjut dari 5-hidroksi metilfurfural (HMF), sedangkan asam format dibentuk dari degradasi grup metil pada hemiselulosa. Batas konsentrasi dari ketiga jenis asam di atas adalah 1 g/L. Furfural dan HMF merupakan senyawa furan yang banyak ditemukan sebagai hasil samping dari reaksi hidrolisis lignoselulosa dengan asam encer (Tahezadeh, 2003). Kedua senyawa tersebut merupakan hasil dekomposisi pentosa dan hexosa. Furfural memiliki sifat racun yang lebih kuat daripada senyawa lainnya, karena secara nyata keberadaan furfural ($> 0,2\%$) dapat menghambat pertumbuhan ragi, menurunkan evolusi CO_2 dan pelipatgandaan sel pada tahap permulaan proses fermentasi berlangsung. HMF menghambat pertumbuhan ragi lebih lama tetapi tidak sekuat furfural pada batas konsentrasi 1 g/L. Senyawa fenol memiliki daya racun sekuat furfural; dengan konsentrasi fenol 1 g/L dapat menurunkan kecepatan proses fermentasi mencapai 73 %. Terdapat juga senyawa vanili yang dapat meracuni proses fermentasi pada konsentrasi di atas 5 g/L (Tahezadeh, 2003).

Lignin merupakan senyawa yang sangat kompleks dari phenilpropana. Ikatan polimer yang berbeda antara lignoselulosa dan pati inilah yang menyebabkan perlakuan bagaimana mengubah kedua polisakarida di atas menjadi bioetanol juga berbeda. Pati dapat langsung difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi etanol, tetapi belum ditemukan

mikroorganisme tunggal yang dapat mengubah lignoselulosa menjadi etanol.

Gusmarwani dan Budi, (2011), melaporkan mengenai penggunaan basa untuk proses detoksifikasi yang dilakukan sebelum proses fermentasi hidrolisat bonggol pisang, memberikan hasil dari 0,2689% jika fermentasi dilakukan tanpa detoksifikasi, menjadi 2.3107% jika detoksifikasi dilakukan dengan NaOH dan 7.3847% jika detoksifikasi dilakukan dengan $Ca(OH)_2$.

Distilasi ekstraktif didefinisikan sebagai distilasi dengan penambahan bahan lain yang mempunyai titik didih lebih tinggi, komponen yang relatif non-volatile, suatu pelarut yang tidak membentuk azeotrop dengan komponen lain dalam campuran. Metode ini digunakan untuk campuran memiliki dengan nilai volatilitas mendekati kesatuan. Campuran tersebut tidak dapat dipisahkan dengan penyulingan sederhana, karena volatilitas dari dua komponen dalam campuran hampir sama, membuat mereka menguap pada suhu yang sama pada tingkat yang sama, sehingga distilasi normal tidak praktis untuk dilakukan (Anonim, 2008).

Metode penyulingan ekstraktif menggunakan penambahan pelarut, yang umumnya nonvolatile, memiliki titik didih tinggi dan miscible dengan campuran, namun tidak merupakan campuran azeotrop. Interaksi pelarut yang berbeda dengan komponen lain dalam campuran sehingga menyebabkan volatilitas relatif mereka juga berubah. Hal ini memungkinkan campuran tiga bagian baru yang dapat dipisahkan oleh distilasi normal. Komponen asli dengan volatilitas terbesar akan keluar sebagai produk atas. Produk bawah terdiri dari campuran pelarut dan komponen lainnya, yang dapat dipisahkan dengan mudah karena pelarut tidak membentuk sebuah azeotrop dengan komponen lainnya (Atmojo, 2011).

Zhou dan Zhanting, (1998), mengkaji produksi alcohol anhydrous dengan metode distilasi ekstraksi menggunakan solven dan garam yang dibandingkan dengan kondisi reflux yang sangat besar (total reflux). Semakin besar reflux biaya operasinya semakin tinggi.

Bioetanol digunakan sebagai bahan bakar murni atau dicampur dengan premium dalam konsentrasi yang bervariasi. Bioetanol digunakan sebagai bahan bakar karena sifatnya yang dapat menggantikan premium dan keunggulan lain dari bioetanol dibandingkan dengan premium. Keunggulan tersebut antara lain adalah ramah lingkungan, dapat diperbaharui, dan dapat

berkelanjutan baik sumbernya maupun prosesnya (www.petrojam.com).

Bioethanol dengan kadar etanol antara 95% sampai 99,8% berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Kemurnian 99,5% adalah syarat mutlak penggunaan bioethanol sebagai bahan bakar, karena kadar etanol kurang dari 90%, akan menyebabkan mesin tidak dapat menyala disebabkan kandungan air yang terlalu tinggi. Sebetulnya bioethanol dengan kemurnian 95% masih layak dimanfaatkan sebagai bahan bakar motor tetapi kadar kemurnian itu perlu penambahan zat antikorosif pada tangki bahan bakar agar tidak menimbulkan karat. Sayangnya, saat ini banyak produsen yang menghasilkan bioethanol dengan kemurnian di bawah 95%.

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).

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

E 100, bioethanol 100% atau tanpa campuran; E85, campuran 85% bioethanol dan bensin 15%; E5, campuran 5% bioethanol dan bensin 95%

Bioethanol 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, bioethanol dapat digunakan sebagai pendongkrak oktan (*octane booster*) untuk bahan bakar beroktan rendah. Nilai oktan yang lebih tinggi pada bioethanol 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 Ca(OH)_2 untuk proses penetralan pH.

Distilasi adalah suatu proses pemurnian yang didahului dengan penguapan senyawa cair dengan cara memanaskannya, kemudian mengembunkan uap yang terbentuk. Prinsip dasar dari distilasi 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 (distilat) (Anonim, 2008).

Menurut Gunturgeni, dkk., (2009), berdasarkan kegunaan dan ketelitian dalam pemisahan dua zat yang berbeda distilasi dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

1.1. Distilasi sederhana

Biasanya distilasi 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.

1.2. Destilasi bertingkat (fraksionasi)

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

1.3. Destilasi vakum (distilasi 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:

- Sifat penguapan relatif antarkomponen biasanya meningkat seiring dengan menurunnya suhu didih.
- Distilasi pada tekanan rendah dilakukan ketika mengolah produk yang sensitif terhadap variabel suhu.
- Proses pemisahan dapat dilakukan terhadap komponen dengan tekanan uap yang sangat rendah atau komponen dengan ikatan yang dapat terputus pada titik didihnya.
- Reboiler dengan tekanan yang rendah yang menggunakan sumber energi dengan harga yang lebih

murah seperti steam dengan tekanan rendah atau air panas.

1.4. Refluks

Refluks sering dilakukan dalam distilasi walau pada prinsipnya agak berbeda. Refluks dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi distilat dengan jalan pengembalian sebagian produk distilat ke dalam kolom distilasi dan dipanaskan ulang tanpa mengurangi jumlah zat yang ada.

1.5. 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 dapat digunakan untuk menghilangkan titik azeotrop pada campuran heterogen. Contoh campuran heterogen yang mengandung titik azeotrop yang paling populer adalah campuran ethanol-air, campuran ini dengan metode distilasi biasa tidak dapat menghasilkan ethanol berkadar lebih dari 96%. Hal ini terjadi karena konsentrasi yang lebih tinggi harus melewati terlebih dahulu titik azeotrop, dimana komposisi kesetimbangan cair-gas ethanol-air saling bersilangan. Beberapa metode yang populer untuk distilasi azeotrop antara lain :

Pressure Swing Distillation

Salah satu contoh penggunaan *pressure swing distillation* adalah pemisahan campuran propanol-ethyl acetate. Prinsip yang digunakan pada metode ini yaitu menggunakan tekanan yang berbeda, sehingga 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 pada 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.

Extractive Distillation

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

Metode penyulingan ekstraktif menggunakan pemisahan pelarut, yang umumnya nonvolatile, memiliki titik didih tinggi dan *miscible* dengan campuran, namun tidak merupakan campuran azeotrop. Interaksi yang berbeda antara komponen dalam campuran dengan pelarut akan menghasilkan perubahan volatilitas relatif. Hal ini memungkinkan terbentuknya campuran dari tiga bagian baru yang dapat dipisahkan secara distilasi normal. Komponen asli dengan volatilitas terbesar akan terpisahkan sebagai produk atas. Produk bawah terdiri dari campuran pelarut dan komponen lainnya, yang dapat dipisahkan dengan mudah karena pelarut tidak membentuk sebuah azeotrop dengan komponen lainnya.

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

Pertimbangan pemilihan solven antara lain: harga murah, pemakaian tidak banyak, perbedaan *relative volatility* tinggi, tidak berbahaya, dan mudah dipisahkan dari air (limbah solven seminim mungkin). Berdasarkan pertimbangan tersebut pada penelitian ini digunakan pendingin radiator yang berbahan aktif dietilen glikol yang dapat digunakan sebagai solven.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses distilasi ekstraktif dengan pemanasan sampai titik didih etanol. Komponen ketiga berupa solvent yang ditambahkan yang akan mempengaruhi komposisi fase liquid dan fase uap sehingga *relative volatility* sistem akan berubah sehingga dapat diperoleh bioetanol *fuel grade*.

2. Metode Penelitian

2.1. Bahan Penelitian

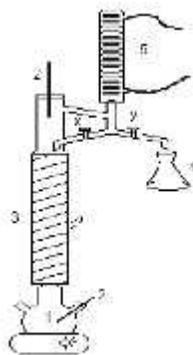
Bahan yang digunakan adalah *Crude Ethanol* dan pendingin radiator yang berbahan aktif di-ethylen glicol.

2.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serangkaian alat distilasi kolom berpacking dan alat analisis kadar ethanol menggunakan piknometer.

2.3. Prosedur Penelitian

Sampel yang digunakan adalah *crude ethanol* yang diperoleh dari distilasi normal cairan fermentation strain. Analisis bahan baku yang dilakukan memperlihatkan kadar ethanol dalam *crude ethanol* sebesar 66.71%. Sampel *crude ethanol* dimasukkan ke dalam labu distilasi sebagai umpan. Langkah pertama berupa persiapan umpan yang berupa campuran *crude ethanol* dan solven dengan perbandingan tertentu 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 umpan dimasukkan ke dalam labu leher tiga, yang sebelumnya rangkaian telah terpasang rapat (tidak bocor) dan telah dibersihkan. Pemanas listrik dihidupkan dan air pendingin dialirkan serta kran pengatur refluks dibuka total. Suhu distilat diamati/dicatat dan suhu residu serta waktu untuk mencapai suhu konstan juga dicermati. Jika suhu distilat berubah, pemanas listrik dimatikan dan dipindahkan dari tempatnya, sehingga residu tidak mendidih lagi. Setelah itu distilat diambil dari penampung distilat. Apabila tampak tetesan distilatnya sudah mulai berkurang, pemanas dimatikan. Kadar ethanol pada distilat dianalisis dengan metode piknometer.



- Keterangan Gambar :
1. Labu leher tiga
 2. Termometer
 3. Kolom
 4. Flenmeter
 5. Kondensasi
 6. X dan Y : Kran

Gambar 1. Susunan Peralatan Distilasi Kolom Berpacking

2.4. Variabel Yang Diteliti

Dalam penelitian ini dilakukan variasi ratio umpan bahan antara crude etanol dengan solven, yaitu pada perbandingan crude etanol-solven 390:10; 375:25; 350:50, 300:100; 250:150; 200:200.

3. Hasil dan Pembahasan

Sampel yang digunakan adalah crude ethanol yang diperoleh dari distilasi normal cairan fermentation strain. Analisis bahan baku dilakukan terhadap crude ethanol sehingga diperoleh kadar ethanol pada crude ethanol sebesar 66.71 %. Selanjutnya crude ethanol dicampur dengan solven dengan perbandingan tertentu dan dimasukkan ke dalam labu distilasi sebagai umpan. Dari pengamatan yang dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut:

3.1. Pengaruh Perbandingan Volume Pelarut Terhadap Persentase Hasil

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

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 (% ethanol) 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 ethanol tertinggi pada rasio perbandingan 350:50 (crude ethanol : solven) yakni sebesar 99,29%. Semakin banyak solven yang ditambahkan maka hasil kemurnian

No.	Etanol : Dietilen Glikol (ml)	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

ethanol yang diperoleh akan semakin tinggi, tetapi pada titik tertentu kadar ethanol pada distilat mengalami penurunan. Hal ini disebabkan terikutnya sebagian fraksi berat ke dalam distilat sehingga menyebabkan kadar ethanol dalam distilat mengalami penurunan.

Penambahan solvent yang digunakan memiliki volatilitas yang rendah sehingga dapat meningkatkan recovery solute dan menurunkan losses pelarut. Selain itu solven yang digunakan juga memiliki titik didih yang relative tinggi sehingga mampu menggeser titik azeotrop campuran ethanol-air dengan baik.

Pada penambahan solvent dietilen glikol sebanyak 10 ml dan 25 ml mengalami kenaikan dikarenakan pada kondisi tersebut volume dietilen glikol masih sedikit dan titik didih ethanol dalam campuran ethanol-air belum terlalu tinggi. Berbeda dengan penambahan volume dietilen glikol 100, 150, dan 200 ml kemurnian ethanol menurun. Hal ini dikarenakan pada saat rasio penambahan dietilen glikol mendekati volume ethanolnya maka titik didih ethanol dalam campuran menjadi sangat tinggi, sehingga campuran air-ethanol (fraksi berat) akan ikut menguap.

3.2, 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.

Tabel 2. Hasil Volume Distilat pada Variasi Perbandingan Jumlah Pelarut

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



Gambar 3. Grafik Hubungan Rasio Perbandingan Jumlah Pelarut Terhadap Volume Distilat

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 3 didapatkan persentase hasil volume distilat tertampung banyak pada rasio perbandingan 375 ml : 25 ml (Ethanol : 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 solvent 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 ethanol-air berkurang.

3.3. 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 ethanol, dietilen glikol dan

air. Data penambahan jumlah solvent dietilen glikol terhadap suhu residu teoritis dan suhu data pengamatan ditunjukkan pada tabel 3.

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 solvent 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 solvent pada penelitian yang digunakan adalah dietilen glikol teknis (pedingin radiator mobil).

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

Selain meningkatkan suhu residu didalam campuran, penambahan solven 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 ethanol-air berkurang. Kemudian kemurnian kadar ethanol yang dihasilkan juga mengalami penurunan, titik didih ethanol dalam campuran menjadi sangat tinggi, sehingga campuran air-ethanol akan ikut menguap.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Radiator coolant yang berbahan aktif dietilen glikol dapat digunakan sebagai pelarut pada proses pemurnian ethanol fuel grade.
2. Jumlah penambahan solvent yang bervariasi berpengaruh terhadap persentase hasil ethanol yang diperoleh
3. Dengan menggunakan jumlah solvent sebanyak 50 ml diperoleh kondisi optimum persentase hasil kadar ethanolnya sebesar 99,29%.

4.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yakni:

1. Analisa kadar ethanol akan lebih akurat apabila menggunakan alat uji yang lebih canggih, seperti GCMS.
2. Penelitian tentang pemurnian bioethanol 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>
- Atmojo, S.T. 2011. *Pengertian Destilasi*. <http://chemistry35.blogspot.com/2011/08/pengertian-destilasi.html>.
- Badger, P. C., 2002, "Ethanol from Cellulose: A General Review", *Trends in New Crops and New Uses*, pp. 17-21, ASHS Press., Alexandria, VA.
- Chalim, Anto, dan Somad, 2005, *Energi Alternatif dari Tetes Tebu*, Agrinfo (39), hlm.1-5
- Demirbas, A, 2005, *Bioethanol from Cellulosic Material : A Renewable Motor Fuel from Biomass*, Energy Source (27), pp. 327 – 337
- Gunturgeni, Suwarji. 2009. *Teknik Pemurnian Ethanol*.

- <http://ajigunturgeni.blogspot.com/2009/08/teknik-pemurnian-etanol.html>
- Gusmarwani, S.R. dan Budi, M.S.P., 2011, *Effect of Bases Detoxification on Fermentation of Banana Rhizome Waste Hydrolyzates for Ethanol Production*, Seminar Internasional 19th IUPAC International Conference on Chemical Research Applied to World Needs (CHEMRAWN XIX 2011, Kuala Lumpur, Malaysia
- Gusmarwani, S.R., Budi, M.S.P, Sediawan, W.B., Hidayat, M., 2009, “*Pengaruh Perbandingan Berat Solid dan Waktu Reaksi terhadap Glukosa terbentuk pada Hidrolisis Bonggol Pisang untuk Pembuatan Bioetanol*”, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Bandung
- Greer, D., 2005, “*Creating Cellulosic Ethanol: Spinning Straw into Fuel*”, *Cellulosic Ethanol*.htm, eNews Bulletin, April 2005.
- Jeewon, L., 1997, “*Biological Conversion of Lignocellulosic Biomass to Ethanol*”, *Journal of Biotechnology*, vol. 56, pp. 1-24, Elsevier
- Lavarack, B.P., Griffin, G.J., and Rodman, D., 2002, “*The Acid Hydrolysis of Sugarcane Bagasse Hemicellulose to Produce Xylose, Arabinose, Glucose and Other Products*”, *Biomass and Bioenergy*, vol. 23, 367-380, Pergamon
- 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
- Palmqvist, E. dan Hagerdal, B. H., 2000, *Fermentation of Lignocellulosic Hydrolyzates. II: Inhibition and Detoxification*, *Bioresource Technology*, Elsevier, vol. 74, pp. 25-33
- Philipp, B., 1984, “*Degradation of Cellulose—Mechanisms and Applications*”, *Pure and Applied Chemistry*, vol. 56, no. 3, pp. 391-402
- Sediawan, W.B., Megawati, Millati, R, dan Syamsiah, S, 2007, *Hydrolysis of Lignocellulosic Waste for Ethanol Production*, Prosiding Bali Internasional Seminar, Bali, Indonesia
- Sediawan, W.B., Hidayat, M., Syamsiah, S., Millati, R., 2009, “*Produksi Bahan Bakar Etanol dari Limbah Lignoselulosa*”, Research Week Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Soerawidjaya, T.H., 2009, *Strategi Pengembangan Teknologi untuk Penyediaan Bahan Bakar Nabati secara Mandiri dan Berkelanjutan*, keynote speech pada Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Bandung, Indonesia
- Taherzadeh, M. J., 1999, *Ethanol from Lignocellulose: Physiological Effects of Inhibitors and Fermentation Strategies*, PhD Thesis Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.
- Taherzadeh, M. J., and Niklasson, C., 2003, *Ethanol from Lignocellulosic Materials: Pretreatment, Acid and Enzymatic Hydrolyses and Fermentation*, 3 ed., pp. 6-9, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.
- Taherzadeh, M. J., Eklund, R., Gustafsson, L., Niklasson, C., and Liden, G., 1997, *Characterization and Fermentation of Dilute-Acid Hydrolyzates from Wood*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 36, 4659-4665, American Chemical Society.
- Wertheim, E., and Jeskey, H., 1956, *Introductory Organic Chemistry with Certain Chapters of Biochemistry*, McGraw-Hill Book Company, New York
- Wheals, A. E., Basso, L. C., Alves, D. M. G., and Amorim, H. V., 1999, “*Fuel Ethanol after 25 Years*”, *TibTech*, Elsevier, vol. 17, pp. 482-487
- Zhou Rongqi and Duan Zhanting, 1998, “*Extractive Distillation with Salt in Solvent*”, DepCheEng, Tshinghua University, Beijing <http://www.Petrojam.com> diakses pada tanggal 14 Oktober 2014 pada pukul 19.57 wib