

RANCANG BANGUN ALAT DISTILASI SATU TAHAP UNTUK MEMPRODUKSI BIOETANOLGRADE TEKNIS

Hargono¹⁾, Suryanto²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl.Prof.Sudharto, Tembalang, Semarang, 50275, Telp./Fax. (024) 7460058/(024) 76480675
email : hargono_tkundip@yahoo.co.id

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

Abstrak

*Bioetanol atau etanol dapat dibuat dari bahan baku berbasis karbohidrat. Bioetanol grade teknis dengan kadar minimal 70% (v/v) dibuat dengan proses pemurnian crude etanol melalui operasi distilasi. Bahan baku yang digunakan adalah suweg (*Amorphophallus Sp*) melalui tahapan hidrolisis dan fermentasi serentak (SSF). Konsentrasi pati terhadap air (substrat) 20% (g/g), konsentrasi enzim terhadap massa pati 2,5% (g/g) dan massa yeast 4g/l. Bioetanol yang dihasilkan disebut crude etanol dengan kadar 7.5% (v/v). Telah dilakukan pemurnian crude etanol menggunakan metode distilasi satu tahap. Perancangan alat distilasi berbentuk kolom, diameter 9 cm, tinggi 155 cm berisi bahan isian keramik, diameter shell 32 cm, tinggi shell 47 cm, diisolasi menggunakan bambu ori. Hasil etanol akhir sebesar 78% (v/v) layak digunakan sebagai etanol teknis.*

Kata kunci : "biotanol", "distilasi satu tahap", "rancang bangun"

1. Pendahuluan

Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) menggunakan bantuan mikro-organisme. Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) dengan beberapa metode diantaranya dengan hidrolisis asam dan hidrolisis secara enzimatis. Metode hidrolisis secara enzimatis lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan katalis asam. Glukosa yang diperoleh selanjutnya dilakukan proses fermentasi atau peragian dengan menambahkan yeast atau ragi sehingga diperoleh bioetanol sebagai sumber energi.

Bioetanolteknis dengan kadar 70-94% dapat dibuat melalui operasi distilasi (Henley dkk., 1981). Etanol jenis ini biasanya digunakan untuk pelarut, disinfektan dan bahan bakar keperluan rumah tangga.

Pembuatan bioetanol selain dilakukan dengan skala industri dan laboratorium

(Maiorella, 1983) dapat juga dilakukan dengan skala kecil.

Rancang bangun alat pemurnian bioetanol dengan skala kecil ini dilakukan sebagai alternatif atau pilihan untuk para pengrajin bioetanol dalam berpartisipasi ikut mewujudkan kebijakan pemerintah menciptakan bahan bakar alternatif. Produk bioetanol yang dihasilkan dari rancang bangun alat distilasi ini telah memenuhi spesifikasi produk etanol teknis dengan kadar 80%.

Pembuatan *Crude Etanol*

Empat tahapan proses utama dalam memproduksi bioetanol adalah *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi : dihasilkan *crude etanol* dan tahap terakhir adalah pemurnian (Sukumaran, 2008). Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan Bioetanol dapat berbasis karbohidrat, glukose maupun selulose.

Pretreatment adalah proses persiapan bahan baku sesuai spesifikasi yang diinginkan. Sebagai contoh untuk mempersiapkan bahan

baku jenis ubi-ubian (karbohidrat) dilakukan proses pemotongan dan penghancuran ubi bahkan dapat pula bahan baku tersebut berbentuk tepung atau pati. Analisis karbohidrat diperlukan untuk mengetahui konversi karbohidrat menjadi glucose (Prihandana dan Rama, 2008).

Hidrolisis pati merupakan proses pemecahan molekul pati menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa dan glukosa (Purba, 2009). Proses hidrolisis pati dapat menggunakan katalis enzim atau asam. Hidrolisis secara enzimatik lebih menguntungkan, karena prosesnya lebih selektif, kondisi prosesnya dapat dikontrol, glukosa yang dihasilkan relatif lebih banyak, tidak beracun, dan biaya pemurnian lebih murah (Suyandra dan Isradharma., 2007).

Secara garis besar, tahap hidrolisis pati meliputi : gelatinisasi, liquifikasi dan sakarifikasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis yaitu perbandingan jumlah enzim terhadap bahan baku. Enzim yang biasa digunakan untuk proses glukosa adalah enzim α -amylase dan enzim glukoamilase. Gelatinisasi, yaitu pemecahan pati yang berbentuk granular menjadi suspensi yang kental melalui pemanasan pada suhu 90 °C. Liquifikasi merupakan proses hidrolisis pati menjadi dekstrin oleh enzim α -amylase pada suhu 60 °C (Trifosa, 2007). Enzim α -amylase akan memotong ikatan amilosa dengan cepat pada pati kental yang telah mengalami gelatinisasi. Proses liquifikasi berakhir ditandai apabila larutan menjadi lebih encer. Tahap sakarifikasi adalah tahap pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana dengan penambahan enzim *glukoamilase*. Pada tahap ini dekstrin diubah menjadi glukosa.

Fermentasi secara mikrobiologi industri fermentasi diartikan lebih luas yaitu sebagai suatu proses untuk mengubah bahan baku menjadi suatu produk oleh aktivitas massa sel mikroba (Umbreit dan Wayne, 1959). Tujuan proses fermentasi adalah memodifikasi bahan atau proses transformasi untuk mengubah suatu senyawa menjadi senyawa lain yang mempunyai nilai ekonomis lebih tinggi (Umbreit dan Wayne, 1959). Keuntungan pemanfaatan mikroba adalah sangat selektif serta reaksinya berjalan pada temperatur yang relatif rendah bila dibandingkan dengan transformasi secara kimia (Umbreit dan Wayne, 1959).

Fermentasi alkohol merupakan proses pembuatan alkohol dengan memanfaatkan aktivitas *ragi*. Alkohol pada intinya dapat dibuat dari bahan-bahan yang mengandung gula atau dari bahan-bahan yang dapat dijadikan gula. Untuk bahan-bahan yang dapat dijadikan gula, diperlukan proses pendahuluan yang dikenal dengan proses sakarifikasi. Reaksi yang terjadi dalam fermentasi alkohol adalah sebagai berikut (Dias dan Clark, 2009)



Untuk pertumbuhannya, *ragi* memerlukan energi yang berasal dari karbon. Gula adalah substrat yang lebih disukai. Oleh karena itu konsentrasi gula sangat mempengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan.

Pemurnian Bioetanol

Untuk mencapai spesifikasi produk bioetanol teknis sesuai kadar yang diinginkan dilakukan pemurnian *crude* etanol menggunakan operasi distilasi. Distilasi adalah metode pemisahan campuran cairan yang saling melarut berdasarkan perbedaan tekanan uap murni atau perbedaan titik didih masing-masing komponen yang terdapat

dalam campuran. Distilasi dioperasikan dengan menggunakan tenaga pemisah berupa panas (Henley dkk., 1981). Pemisahan etanol-air hanya dapat dilakukan dengan kadar maksimum dibawah komposisi azeotropnya, yaitu 95,63% (w/w) (Kissdan Ignat, 2012).

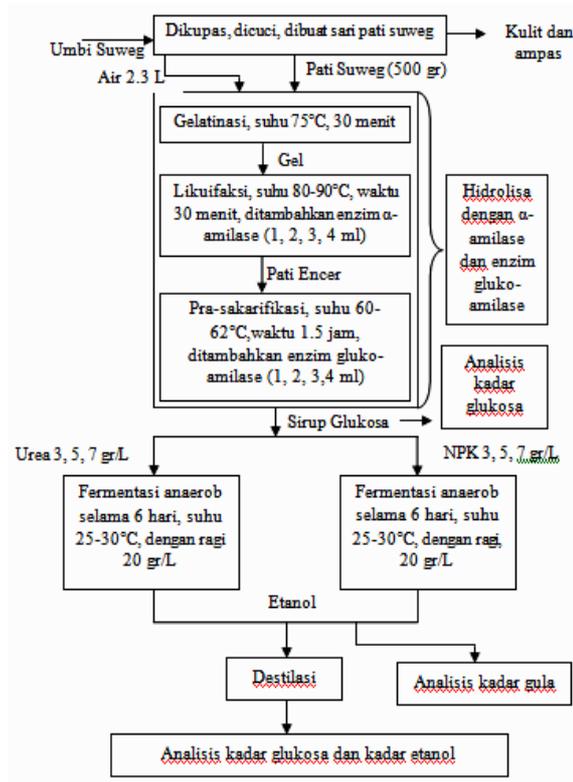
Crude etanol dengan kadar tidak lebih dari 10% (v/v) dimurnikan dari campuran etanol-air melalui proses distilasi dengan memanaskan campuran tersebut pada suhu 78°C. Distilasi 2 tahap secara batch mampu menghasilkan etanol teknis berkadar 70-94%. Distilasi untuk memisahkan etanol dari air hanya dapat mencapai komposisi kurang dari komposisi azeotropnya, yaitu 95,63% (w/w) (Maiorella, 1983).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh massa ragi *Saccharomyces cerevisiae* terhadap konversi glukosa menjadi etanol dan merancang bangun alat distilasi 1 tahap. Rancang bangun alat meliputi bentuk dan dimensi alat (Seider dan Lewin 1999).Kajian alat yang dilakukan meliputi derajat pemurnian crude etanol sampai dicapai spesifikasi produk etanol teknis.

2. Material dan Metode

Material : bahan baku umbi suweg berasal dari Kabupaten Boyolali, terlebih dahulu dibuat pati. Tahapan pembuatan pati dapat dilihat pada gambar-1. Enzim alfa dan gluukoamilase didapat dari agen bahan kimia di Cibubur, sedangkan yeast *Saccharomyces cereviceae* merk Pakmaya didapat dari toko roti Twins, Banyumanik, Semarang

Metode : Tahapan-tahapan penelitian pembuatan bioetanol ditunjukkan pada gambar-1



Gambar 1. Tahapan pembuatan etanol

Persiapan bahan baku

Umbi suweg dikupas dan dicuci dengan air bersih. Umbi diparut dan diperas berulang kali untuk diambil airnya. Air hasil perasan diendapkan selama 3 hari sehingga pati akan mengendap di dasar wadah. Pati yang telah terbentuk dipisahkan dari air, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Pati ini kemudian disaring dan diayak sehingga diperoleh pati yang homogen.

Tahapan selanjutnya meliputi:

1). Hidrolisapati

- Gelatinisasi

Sebanyak 500 gr pati dan tepung suweg dicampur dengan 2,3 L aquadest kemudian dipanaskan selama 30 menit pada suhu 75°C di dalam panci disertai dengan pengadukan. Larutan pati yang semula encer akan berubah wujudnya menjadi seperti bubur kental.

- Likuifaksi

Ke dalam bubur pati tersebut kemudian ditambahkan enzim α -amilase dengan variabel volume enzim sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 ml. Kemudian campuran dipanaskan selama 30 menit dan suhu dijaga 80-90°C dengan pengadukan.

- Pra-sakarifikasi

Setelah proses likuifaksi selesai larutan didinginkan hingga suhu 60°C. Kemudian dilanjutkan dengan proses pra-sakarifikasi dengan penambahan enzim gluko-amilase dengan variabel volume enzim sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 ml. Proses ini berlangsung selama 1,5 jam pada suhu 60-62°C. Selama proses likuifaksi dan pra-sakarifikasi pH diatur dalam *range* 4-5 dengan menggunakan larutan HCl 0,1 N dan larutan NaOH 0,1 N. Larutan kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruangan yaitu 30°C selama 24 jam.

2). Fermentasi

Ke dalam larutan substrat ditambahkan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan variabel massa ragi sebanyak 20 gr. Ke dalam masing-masing variabel ditambahkan nutrisi berupa NPK dan urea sesuai dengan variabel yaitu sebanyak 3, 5, 7, 11 gr/L. Proses fermentasi dilakukan pada suhu 25-30°C selama 6 hari dengan *range* pH 4-5. Proses berlangsung secara anaerob. Hasil proses fermentasi disaring dengan kain saring untuk memisahkan endapan dengan larutan etanol-air. *Crude* hasil fermentasi kemudian dianalisis kadar gulanya dengan menggunakan alat refraktometer dan digunakan untuk proses penelitian selanjutnya.

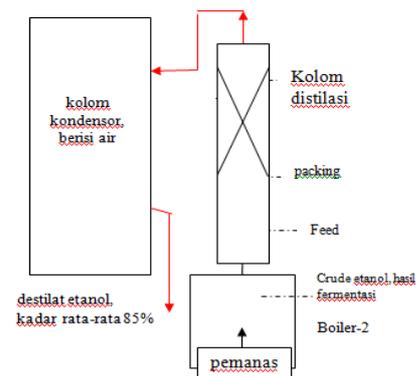
3). Distilasi

Bioetanol hasil fermentasi dimurnikan dengan cara distilasi. Proses distilasi ini menggunakan alat distilasi yang telah dibuat secara khusus. Bioetanol yang telah

dimurnikan, dianalisis kadarnya menggunakan kromatografi.

4). Rancang bangun alat distilasi

Rancang bangun meliputi bentuk dan dimensi alat. Kajian yang dilakukan meliputi pemurnian dengan alat distilasi 1 tahap. Pengkajian kinerja alat yaitu tentang kemampuan atau derajat kemurnian capaian kadar etanol dalam memurnikan *crude* etanol. Satu set perangkat alat distilasi yang dikaji kinerjanya, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Satu set perangkat alat distilasi yang akan dikaji kinerjanya,

3. Hasil dan Pembahasan

Pada proses hidrolisis, penambahan volume enzim alfa-amilase dan gluko-amilase berpengaruh terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Pada penelitian ini, kadar glukosa tertinggi dihasilkan oleh penambahan volume enzim alfa-amilase dan gluko-amilase sebanyak 3 ml.

Proses fermentasi: penambahan nutrient berpengaruh terhadap konversi glukosa. Konversi glukosa tertinggi dihasilkan oleh penambahan massa nutrient NPK pada variabel 7 gr/L yaitu sebanyak 11,9 gr, demikian juga penambahan nutrient berpengaruh terhadap kadar etanol hasil distilasi. Kadar etanol hasil distilasi tertinggi sebesar 7,5% dihasilkan oleh penambahan massa nutrient sebanyak 8,5 gr.

Kajian penambahan nutrient NPK lebih baik bila dibandingkan dengan urea apabila digunakan dalam proses fermentasi dengan yeast *Saccharomyces cereviceae*.

• **Kinerja Distilasi 1Tahap**

Crude etanol hasil fermentasi dimurnikan dengan alat distilasi 1 tahap. Pemurnian dilakukan dengan kolom Kondensor yang berisi bahan isian berupa packing. Hasil pemurnian *crude* etanol ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

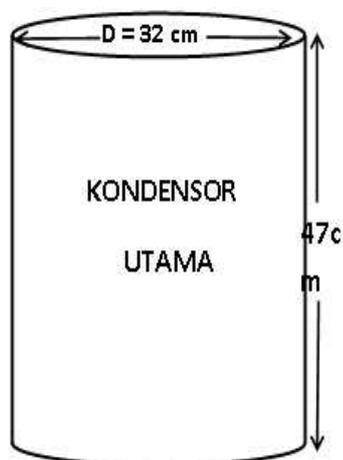
Tabel 1. Hasil Proses Fermentasi dan Distilasi menggunakan nutrien urea

Massa Urea (gr)	Kadar Glukosa (% Brix)		Kadar Etanol (%)
	Awal	Sisa	
5,1	22,4	11,2	33
8,5	26,0	12,0	75
11,9	22,4	10,0	64
18,7	19,0	9,0	52

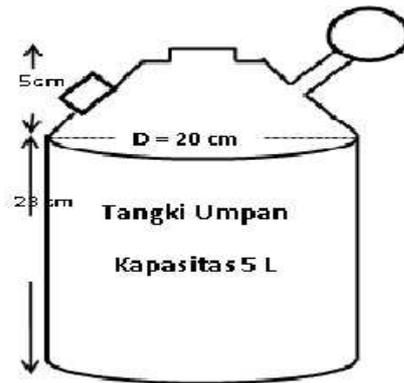
Tabel 2. Hasil Proses Fermentasi dan Distilasi menggunakan nutrien NPK

Massa NPK (gr)	Kadar Glukosa (% Brix)		Kadar Etanol (%)
	Awal	Sisa	
5,1	22,4	9,6	38
8,5	26,0	10,0	78
11,9	22,4	8,0	64
18,7	20,0	7,8	54

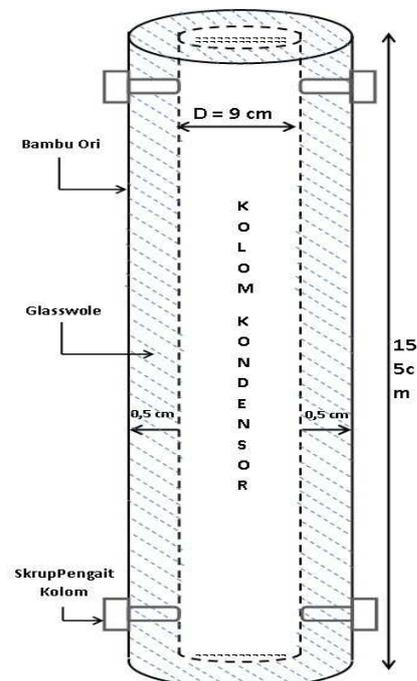
• **Rancang Bangun Alat Distilasi meliputi Bentuk dan Dimensi Alat.**



Gambar 3 Kondensor Utama Distilasi



Gambar 4. Tangki Umpan/Boiler, volume 5 liter



Gambar 5. Kolom Kondensor Distilasi berisi Packing, diisolasi dengan Bambu

Rancang Bangun meliputi :

Gambar 3: Kondensor utama, bahan plat stainless steel *food grade*, dimensi diameter 32 cm, tinggi 47 cm, didalam kondensor utama ini berisi coil pendingin pipa spiral tembaga dengan diameter 0,5 cm.

Gambar 4 : Tangki umpan/Boiler, bahan plat stainless steel, volume skala kecil 5L, dapat *discale up* menjadi 65 L, berfungsi untuk menguapkan cairan *crude* etanol, dilengkapi thermometer untuk mengukur suhu cairan *crude* etanol dan cairan hasil destilasi 1.

Gambar 5 : Kolom Kondensor Distilasi , bahan pipa stainless steel, diameter 9 cm, panjang 155 cm, bagian luar pipa diisolasi menggunakan bambu jenis Ori yang diisi *glasswool* sebagai penahan panas/isolator agar suhu di dalam kolom terjaga. Kolom ini diisi bahan isian jenis keramik atau kaca, dilengkapi termometer untuk mengukur suhu uap etanol-air.

4. Kesimpulan

- 1) Penambahan volume enzim alfa-amilase dan glukosa-amilase berpengaruh terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Pada penelitian ini, kadar glukosa tertinggi dihasilkan oleh penambahan volume enzim alfa-amilase dan glukosa-amilase sebanyak 0,6% (v/w) pati
- 2) Konversi glukosa tertinggi dihasilkan oleh penambahan massa nutrient NPK pada variabel 7 gr/L yaitu sebanyak 11,9 gr.
- 3) Kadar etanol hasil distilasi tertinggi sebesar 78% dihasilkan oleh penambahan massa nutrient NPK pada variabel 5 gr/L yaitu sebanyak 8,5 gr.
- 4) Kajian kinerja rancangan alat memenuhi kelayakan sebagai alat distilasi. Kajian secara teknis membuktikan bahwa alat ini layak untuk memproduksi alkohol teknis dengan kadar 70-94%.

5. Daftar Pustaka

- Henley, E. J. dan Seader J. D. 1981. *“Equilibrium-Stage Separation Operation in Chemical Engineering”*. John Wiley & Sons, Inc. Kanada.
- Kiss, A. A. dan R. M. Ignat. 2012. *“Innovative Single Step Bioethanol Dehydration in An Extractive Dividing-Wall Column”*. Separation and Purification Technology 98 Journal, 2012, 290-297.
- Maiorella, B.I., 1983. *Ethanol industrial chemicals*. Biochem. Fuels, 861–914.
- Prihandana dan Rama, 2008. *“Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan”*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Purba, E. 2009. *“Hidrolisis Pati Ubi Kayu (Manihot Esculenta) dan Pati Ubi Jalar (Impomonea batatas) menjadi Glukosa secara Cold Process dengan Acid Fungal Amilase dan Glukoamilase”*. Universitas Lampung, Lampung.
- Seider, W.D., Lewin, D.R., 1999, *“Process design Principles”*, John Wiley & Sons, New York.
- Sukumaran, R.K. 2008. *“Cellulase Production Using Biomassa Feed Stock and Its Application in Lignocellulosa Saccharification for Bioethanol Production”*. Renewable Energy, Vol. 30, hal. 1-4.
- Suyandra dan Isradharma, 2007. *“Pemanfaatan Hidrolisat Pati Sagu (Metroxylon sp.) sebagai Sumber Karbon pada Fermentasi Etanol oleh Saccharomyces cerevisiae”*. Departemen Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Trifosa, D. 2007. *“Konversi Pati Jagung Menjadi Bioetanol”*. Skripsi Program Studi Kimia FMIPA ITB. Bandung.
- Umbreit, Wayne W. 1959. *“Advances in Applied Microbiology”*. Vol. 1. Rutgers University New Jersey.