



Pemanfaatan Umbi Gadung Beracun (*Dioscorea hispida*) sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol untuk Bahan Bakar Kompur Rumah Tangga: Perancangan Distilasi Satu Tahap

Hargono

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl.Prof.Sudharto, Tembalang, Semarang, 50275, Telp./Fax. (024) 7460058/(024) 76480675

E-mail : hargono_tkundip@yahoo.co.id

Abstract

Gadung (Dioscorea hispida) containing toxins can be utilized as a liquid fuel for household stoves or technical grade bioethanol. The technical grade bioethanol can be manufactured by using distillation tools. In this research, bioethanol was made from gadung starch). From the hydrolysis process, 7.85-10.48% glucose was produce and the fermentation process, 5-8.5 % crude ethanol. Furthermore, 1-stage distillation tools were designed to purify the crude ethanol product. Bioethanol produced from distillation tools 80%, corresponding to the technical specifications desired. Design of 1-stage distillation tools has completed, include the shape and dimensions of the tools, i.e. the main condenser, cylinder-shaped, dimensions of diameter is 32cm and height is 45cm, cylinder-shaped feeder tank/boiler, small scale volume of 5L. At distillation column, the diameter is 9cm and length is 121cm. Column is filled with ceramic or glass type packing inside. Column equipped with thermometer to measure the temperature of ethanol-water vapor.

Key words: *Gadung starch, design of 1-stage distillation, liquid fuel*

Pendahuluan

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan karena sifat bahan bakar ini adalah oksigenat, yaitu senyawa yang mengandung oksigen. Kandungan oksigennya membuat pembakaran bahan bakar ini sempurna sehingga meminimalisasi gas buang yang beracun. Emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran bioetanol lebih rendah 19-25% dibandingkan dengan bahan bakar fosil (Prihandana, dkk. 2007).

Gadung mengandung karbohidrat (pati) yang cukup tinggi, sehingga gadung sering dimanfaatkan untuk diolah menjadi tepung yang menjadi bahan dasar pembuatan kerupuk. Komponen yang merugikan pada gadung yaitu terdapat zat beracun berupa Asam Sianida (HCN). Asam sianida secara alami terdapat pada umbi-umbian selain gadung, yaitu singkong, talas, dan bengkuang (*Pactryhizus bulbobus*). Kandungan karbohidrat di dalam pati gadung sebesar 18-20% (Winarno,1998), apabila umbi gadung didayagunakan dengan baik maka sangatlah potensial dijadikan bahan bakar Bioetanaol.

Pati dari berbagai macam umbi merupakan bahan baku pembuatan bioetanol. Substrat pati mencakup biji jagung, butir padi, ubi kentang, ubi kayu dan lain-lain, berkontribusi 50-70% sebagai energi untuk kehidupan manusia. Kontradiksi dengan selulose, pati dengan mudah didegradasi oleh enzim hidrolisis pati (*starch-hydrolyzing enzymes*) yang terdapat banyak dalam binatang, mikroba dan tumbuh-tumbuhan. Cassava atau ubi kayu cocok sebagai bahan baku pembuatan etanol karena kandungan pati tinggi yaitu sekitar 70-85% basis berat kering dan menghasilkan ubi dalam jumlah banyak setiap hektar tanah (Li dan Zu, 2011).

Tahapan proses pembuatan etanol meliputi *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan pemurnian. Tahapan proses ini sangat panjang, membutuhkan waktu yang cukup lama dan membutuhkan energi atau bahan bakar yang jumlahnya banyak, karena pada setiap tahapan proses membutuhkan pemanasan. Pada proses gelatinasi dan likuifikasi dibutuhkan panas untuk menaikkan suhu sampai 90°C, dilanjutkan proses sakarifikasi, membutuhkan pendinginan sampai suhu 60°C (Brethauer, et.al, 2009).

Tujuan penelitian ini adalah : mempelajari pengaruh penambahan volume enzim alfa-amilase dan gluko-amilase pada proses hidrolisa terhadap kadar glukosa yang dihasilkan, mempelajari pengaruh penambahan massa ragi pada proses fermentasi terhadap kadar etanol serta mengkaji hasil rekayasa distilasi dua tahap menjadi satu tahap ditinjau dari etanol yang dihasilkan.





Pati atau starch

Pati atau amilum adalah karbohidrat yang berbentuk polisakarida berupa polimer anhidro monosakarida dengan rumus umum $(C_6H_{10}O_5)_n$. Pati juga merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Komponen utama penyusun pati adalah amilosa dan amilopektin. Amilosa tersusun atas satuan glukosa yang saling berkaitan melalui ikatan 1-4 glukosida, sedang amilopektin merupakan polisakarida yang tersusun atas 1-4 glikosida dan mempunyai rantai cabang 1-6 glukosida (Buleon et al., 1998)

Pati terdiri dari 2 tipe polisakarida, yaitu amilosa (kira-kira 25%) dan amilopektin (kira-kira 75%). Amilosa merupakan polimer rantai lurus yang terdiri atas anhidroglukosa yang dihubungkan ikatan α -1,4-glikosidik. Amilosa di dalam air membentuk struktur *helix*. Bila iodin ditambahkan pada larutan yang mengandung amilosa, maka iodin akan terperangkap dalam *helix* sehingga terjadi perubahan warna larutan menjadi biru/ungu (Fogarty and Kelly, 1979). Amilopektin merupakan polimer bercabang yang terdiri atas unit anhidroglukosa (glukopiranosil) yang dihubungkan oleh ikatan α -1,6-glikosidik (percabangan) dan ikatan α -1,4-glikosidik yang membentuk rantai lurusnya.

Enzim

Enzim adalah katalisator organik (biokatalisator) yang dihasilkan oleh sel. Seperti katalisator anorganik, enzim juga berfungsi untuk mempercepat reaksi kimia. Setelah reaksi berlangsung, enzim tidak mengalami perubahan jumlah, sehingga jumlah enzim sebelum dan setelah reaksi adalah tetap. Enzim mempunyai selektivitas yang tinggi terhadap reaktan, meningkatkan kecepatan reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi.

Enzim alfa (α)-amilase dan gluko-amilase digunakan dalam proses hidrolisis enzimatis untuk menkonversi pati menjadi glukosa. Enzim α -amilase merupakan endo-enzim yang memotong ikatan α -1,4-glukosida secara spesifik pada titik tertentu untuk mengurangi dengan cepat viskositas dari larutan pati yang telah tergelatinisasi untuk membentuk dekstrin (6-10 glukosa). Enzim glukoamilase adalah exo-amilase, menghidrolisis ikatan-ikatan α -1,4 ; α -1,6 dan α -1,3 dalam amilosa dan amilopektin menghasilkan molekul-molekul glukosa bebas, dengan memutus rantai molekul maltosa menjadi molekul-molekul glukosa bebas. Namun demikian enzim ini juga dapat memutus ikatan α -1,4 di dalam rantai yang lebih panjang sehingga dihasilkan molekul-molekul glukosa bebas. Perbedaannya dengan enzim α -amilase, enzim ini dapat memotong ikatan α -1,6. Pada umumnya, enzim ini bekerja pada suhu 60-70 °C (Fogarty dan Kelly, 1979).

Hidrolisis Pati

Proses hidrolisis pati adalah pengubahan molekul pati menjadi monomernya atau unit-unit penyusunnya seperti glukosa. Hidrolisis pati dapat dilakukan dengan bantuan asam atau enzim pada suhu, pH, dan waktu reaksi tertentu.

Hidrolisis Enzimatis

Metode hidrolisis pati secara enzimatis menggunakan enzim amilase, yaitu alfa (α) amilase dan glukoamilase. Alfa-amilase dapat menghidrolisis ikatan α -1,4-glukosida secara spesifik. Hasil hidrolisis tersebut dilanjutkan glukoamilase untuk menghidrolisis ikatan α -1,4-glukosida dan α -1,6-glukosida menghasilkan glukosa. Glukoamilase ditambahkan dalam hidrolisis enzimatis agar proses pengubahan pati menjadi glukosa lebih banyak dihasilkan, karena glukoamilase dapat memutus ikatan pada pati yang belum terputus oleh penambahan α -amilase. Glukoamilase dapat menghidrolisis ikatan α -1,4-glukosida, tetapi hasilnya β -glukosa yang mempunyai konfigurasi berlawanan dengan hasil hidrolisis oleh α -amilase, sehingga glukosa yang dihasilkan akan bertambah banyak atau melimpah (Whitaker, J.R. 1996).

Fermentasi

Secara biokimia fermentasi diartikan sebagai terbentuknya energi oleh proses katabolisme bahan organik, sedang dalam mikrobiologi industri fermentasi diartikan lebih luas yaitu sebagai suatu proses untuk mengubah bahan baku menjadi suatu produk oleh massa sel mikroba (Umbreit, 1959).

Distilasi

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Proses distilasi adalah penyulingan campuran zat yang dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Pemurnian dengan distilasi yang sering dijumpai adalah pemisahan etanol-air. Etanol dimurnikan dari campuran etanol air melalui proses distilasi. Kadar etanol yang terbentuk setelah proses fermentasi tidak lebih dari 10 vol%. Hasil fermentasi yang mengandung kurang dari 10 vol% etanol dipanaskan untuk menghilangkan CO₂ dan diumpankan ke kolom berikutnya.

Rekayasa Distilasi

Pemurnian hasil etanol umumnya dilakukan dengan metode distilasi 2 tahap. Hasil etanol akhir mempunyai komposisi dibawah titik azeotropnya, kadar rata-rata 94%. Rekayasa akan dilakukan yaitu operasi distilasi dua



tahap direkayasa menjadi satu tahap dengan cara mengoptimalkan *packing* dalam kolom untuk mendapatkan hasil etanol yang optimal (Hargono, 2012). Rekayasa alat distilasi mempunyai banyak keuntungan, antara lain :

1. Meniadakan 1 kolom distilasi sehingga menghemat waktu operasi, tenaga dan biaya.
2. Menghemat 1 boiler sebagai alat penguap sehingga menghemat biaya bahan bakar dan biaya alat
3. Kadar hasil etanol yang diperoleh hampir sama bila dibandingkan dengan operasi distilasi 2 tahap, yaitu minimal 80%.

Metode Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : umbi gadung, aquadest, enzim α - dan gluko-amilase, *Saccharomyces cerevisiae*, NPK, urea, HCl 0,1N, NaOH 0,1 N.

Variabel bebas

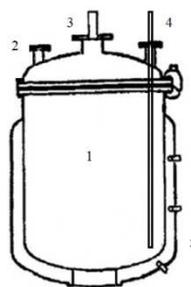
Volume enzim α -amilase dan gluko-amilase : 2, 4, dan 6 ml
Massa ragi : 12, 36, dan 60 gr

Variabel terikat

Massa pati : 800 gr
Volume air : 3,5 L
Suhu gelatinasi : 90°C
Waktu gelatinasi : 30 menit
Suhu likuifaksi : 75°C
Waktu likuifaksi : 2 jam
Suhu pra-sakarifikasi : 60°C
Waktu pra-sakarifikasi : 2 jam
Waktu SSF : 7 hari
Massa NPK : 7 gr
Massa Urea : 14 gr
pH : 4 – 5

Alat

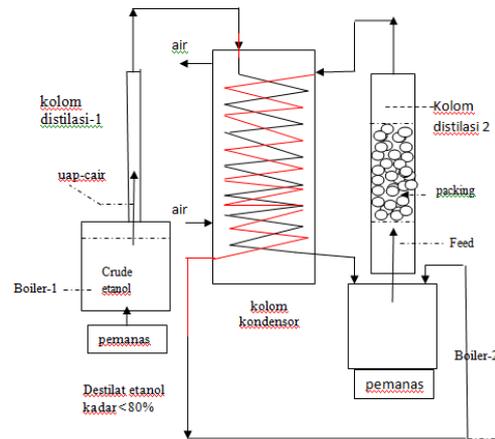
Fermentor : adalah utama fermentasi, seperti ditunjukkan gambar 4. Keterangan gambar :1. fermentor, 2. lubang untuk pengambilan sampel, 3. lubang untuk memasukkan sampel, 4. Termometer dan 5 shaker



Gambar 1 Fermentor

Distilasi 2 tahap

Distilasi 2 tahap ditunjukkan pada gambar 5. Alat ini yang akan direkayasa menjadi satu tahap untuk menghasilkan bioetanol sebagai bahan bakar rumah tangga (minimal kadar etanol 75%)



Gambar 2 Skema pemurnian etanol dengan Distilasi dua tahap, sebelum dilakukan rekayasa

Hasil dan Pembahasan:

1. Pengaruh Pengaruh konsentrasi enzim terhadap kadar glukosa

Tabel 1 Pengaruh konsentrasi enzim terhadap kadar glukosa

Enzim α -amilase	Volume Enzim, ml		Kadar Glukosa (%)
	Enzim α -amilase	Enzim gluko-amilase	
2	2	2	8,62
4	4	4	10,48
6	6	6	7,85

Berdasarkan tabel 1, enzim α -amilase dan gluko-amilase mampu mengubah karbohidrat menjadi glukosa. Kadar glukosa tertinggi yaitu 10,48%, dihasilkan dari variabel enzim α -amilase dan gluko-amilase sebanyak 4 ml. Kemampuan enzim α -amilase dan gluko-amilase untuk memecah karbohidrat menjadi glukosa disebabkan karena enzim α -amilase mampu memutus ikatan α -1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun amilopektin menjadi dekstrin. (Tjokroadikoesoemo, S., 1986).

2. Pengaruh massa ragi terhadap kadar bioetanol dan pengaruh kinerja distilasi dua tahap terhadap hasil akhir etanol

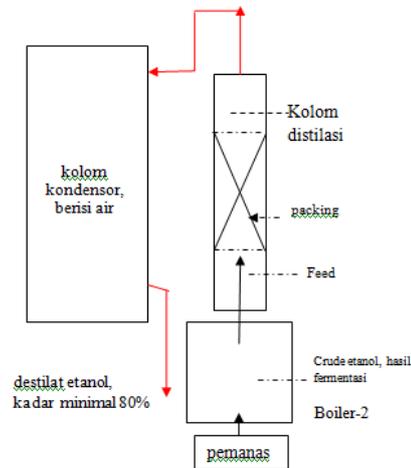
Hasil proses fermentasi dan distilasi bertingkat disajikan dalam tabel 2:

Tabel .2 Hasil Proses Fermentasi dan Distilasi bertingkat

Massa Ragi (gram)	Kadar Bioetanol, %		
	Fermentasi	Distilasi 1	Distilasi 2
12	8	29	92
36	10	30	93,5
60	9	30	92

Proses fermentasi hanya dapat menghasilkan etanol paling tinggi 11% (Najafpour, G et al., 2004) . Agar dicapai bioetanol yang layak digunakan untuk sebagai bahan bakar kompor rumah tangga dengan kadar minimal 75% dilakukan distilasi bertingkat. Pada proses Distilasi tahap 1, dihasilkan bioetanol dengan kadar 30%. Untuk pemurnian lebih lanjut dilakukan distilasi tahap 2 menggunakan bahan isian jenis kaca yang mampu menghasilkan bioetanol dengan kadar 93,5% yang layak digunakan sebagai bahan bakar kompor rumah tangga.

3. Rekayasa Distilasi dua tahap menjadi satu tahap

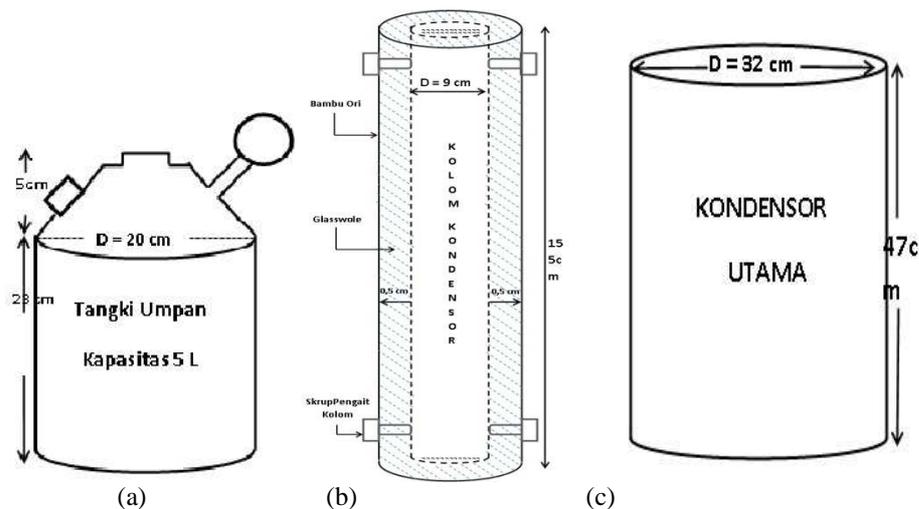


Gambar 3 Hasil rekayasa alat distilasi dua tahap menjadi satu tahap

Tabel 3 Hasil Proses Fermentasi dan Distilasi satu tahap

Kadar Etanol, %	
Fermentasi	Distilasi satu tahap
8	70
10	82
9	75

Hasil distilasi satu tahap yang menghasilkan etanol dengan kadar minimal 70% dapat dicapai dengan merekayasa alat. Perancangan distilasi satu tahap meliputi kondensor utama, berbentuk silinder, diameter 32 cm, panjang 45 cm, sedangkan untuk boiler, volume 5 l. Kolom distilasi berdimensi diameter 9 cm, panjang 12 cm, berisi paking dari bahan keramik. Perancangan distilasi satu tahap, meliputi bentuk dan ukuran alat ditunjukkan pada gambar 4. Bahan yang digunakan untuk distilasi adalah stainless steel *food grade*.



Gambar 4 Rancang Bangun Alat Distilasi Satu Tahap : a Boiler, b Kolom Distilasi dan C Kondensor utama



Kesimpulan

- Pada proses hidrolisa, penambahan volume enzim alfa-amilase dan gluco-amilase berpengaruh terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Kadar glukosa tertinggi dihasilkan oleh penambahan volume enzim alfa-amilase dan gluco-amilase sebanyak 4 ml dalam 3500 ml substrat (0,12% v/v).
- Pada proses fermentasi, penambahan massa ragi sebesar 1,02% v/w dihasilkan crude etanol dengan kadar 10%
- Rekayasa alat distilasi dua tahap menjadi satu tahap dapat menghasilkan kadar etanol tertinggi 82% yang layak digunakan sebagai bahan bakar kompor rumah tangga.

Ucapan terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro yang telah memberi bantuan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar dan selesai sesuai waktu yang dijadwalkan.

Daftar Pustaka

- Brethauer, S., & Wyman, C. E. (2010). Review: Continuous hydrolysis and fermentation for cellulosic ethanol production. *Bioresource Technology*, 101(13), 4862-74.
- Buleón, A., P. Colonna, V. Planchot, and S. Ball. 1998. Starch granules: Structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules* 23:85-112.
- Fogarty, W. M., Kelly, C.T. (1979), Starch degrading enzymes of microbial origin, in: *Progress in Industrial*
- Hargono, 2012, Pembuatan Bioetanol *Fuel Grade* dari Singkong Karet (*Manihot glaziovii*) melalui Proses Destilasi-Adsorpsi menggunakan Adsorben Zeolit, Prosiding Seminar Nasional teknik Kimia 2012, Universitas Parahyangan Bandung. 25 April 2012, ISSN: 2252-6005, Hal 19-23.
- Hargono dan Kristinah Haryani, 2012, Pembuatan Bioetanol Grade Bahan Bakar Rumah Tangga dari Bahan Baku Singkong Karet (*Manihot glaziovii*) : Tinjauan Aspek Rekayasa Teknologi Pengolahan Bioetanol untuk Kelompok Tani dan Industri Skala Menengah, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Universitas Indonesia, Depok, 20-21 September 2012, ISBN: 978-979-98300-2-9, Hal. 935-942
- Haryadi, 1999, *Hidrokoloid Gel*. Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Yogyakarta : UGM.
- Kosaric, N, Farkas, A, Sahm, H., 1987, Ethanol. In *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. VCH Verlagsgesellschaft Mbh Weinheim, Germany. Vol A9: 587-611.
- Li, P., & Zhu, M. (2011). A Consolidated Bio-Processing of Ethanol from Cassava Pulp Accompanied by Hydrogen Production. *Bioresource Technology*, 10471-10479.
- Najafpour, G., Younesi, H., dan Ismail, K. S. K, 2004. *Ethanol fermentation in an immobilized cell reactor using Saccharomyces cerevisiae*. Elsevier Bioresource Technology 92, 251-260
- Prihandana dan Rama, 2008, *Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Umbreit, Wayne W. 1959. "Advances in Applied Microbiology". Vol. 1. Rutgers University New Jersey.
- Whitaker, J.R. 1996. *Enzymes* di dalam O.R. Fennema (ed) *Food Chemistry*. Third edition. Marcell Dekker, Inc., New York and Basel





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Yunus Tonapa Sarungu (Politeknik Negeri Bandung)

Notulen : Sri Wahyu Murni (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Yunus Tonapa Sarungu (Politeknik Negeri Bandung)
Pertanyaan : Berapa lama fermentasi?
Jawaban : Pada penelitian awal dilakukan hidrolisis 1 malam dan fermentasi 7 hari. Selanjutnya fermentasi dalam percobaan dari 0,24,48, 72 jam. Namun fermentasi optimum dicapai pada 48 jam dengan kandungan alkohol 7-8%, dengan konsentrasi enzim 2,5%. Pada penelitian ini, proses hidrolisis dan fermentasi serentak (SSF) secara konvensional dengan pemanasan 95-120°C.

2. Penanya : Frida (Teknik Kimia ITS Surabaya)
Pertanyaan :
 - Yang dimanfaatkan a dari gadung adalah patinya, apakah ampasnyaPdimanfaatkan?
 - Gadung ada racunnya, bagaimana penaganannya?Jawaban :
 - Ampas bisadijadikan bioetanol tetapi basisnya selulosa, enzimnya selulase, difermentasi menjadi glukosa juga. Ampas juga digunakan untuk pupuk.
 - Racunnya larut dalam air, dan kelarutannya besar. Jadi racun akan terlarut saat perendaman dalam air.

