

PEMANFAATAN SAMPAH DAUN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) MENJADI BIOETANOL DENGAN PROSES FERMENTASI SEBAGAI SOLUSI ENERGI ALTERNATIF

Carlito Amaral

ABSTRACT

Water hyacinth actually contains lignocellulose, while cellulose is a material for making paper, in addition to the content of cellulose, water hyacinth can also be used as materials for current bioethanol are necessary to address the decline of world oil production. Utilization of water hyacinth leaves of Swamp Dizziness aims to pile reduce and solids sediment as farmers or craftsmen utilizing water hyacinth rod as materials for furniture, where the leaves are directly discharged into the swamp so that will be a factor causing the silting marsh. Process manufacture of bioethanol through Phase Pretreatment (smoothing, filtering, hydrolysis (HCl 7%), heating and neutralization (NaOH 7%)), fermentation (*Saccharomyces cerevisiae*) and Distillation. Water hyacinth leaf litter samples containing ethanol after fermentation by yeast through the tape with a variety of yeast and fermentation time different levels of bioethanol produced after distillation to variations in the amount of yeast / yeast and fermentation duration variation sesbesar 41.07% in 9 days time variations with variations 20 grams of yeast, From the obtained results it can be concluded that the presence of variations in the number and length of fermentation yeast affect the levels of bioethanol produced. Elevated levels Best bioethanol fermentation occurs in 5-10 days with yeast added is 5% of the sample volume.

Keywords: Bioethanol, water hyacinth, hydrolysis, fermentation, distillation, *Saccharomyces cerevisiae*

PENDAHULUAN

Enceng gondok merupakan salah satu tumbuhan air yang mengapung di permukaan air. Enceng gondok memiliki nama latin *Eichhornia crassipes*. Enceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang pesat dan penyebarannya. Enceng gondok dapat tumbuh di kolam-kolam, sungai, danau tempat penampungan air serta daerah rawa. Enceng gondok memiliki kemampuan untuk beradaptasi dari perubahan ekstrim laju air, perubahan kadar nutrisi, pH (derajat keasaman tanah), temperatur, ketinggian air dan racun yang terdapat dalam air. Enceng gondok dapat berkembang pesat dalam kondisi air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama di daerah yang memiliki kadar nitrogen, potassium dan fosfat.

Karakteristik bioetanol sebagai biofuel adalah sebagai berikut (Nurfiana et al., 2009):

- a. Memiliki angka oktan yang tinggi
- b. Manpu menurunkan tingkat emisi partikulat yang membahayakan kesehatan dan CO serta CO₂.
- c. Mirip dengan bensin sehingga penggunaannya tidak memerlukan modifikasi mesin
- d. Tidak mengandung senyawa timbal.

Salah satu metode pembuatan bioetanol yang sering dijumpai adalah fermentasi dengan ragi. Dalam ragi terkandung khamir yang dapat digunakan dalam proses fermentasi bioetanolsalah satunya adalah *Saccaromyces cervisiae*. Bahan baku untuk proses fermentasi berupa:

- a. Mono/disakarida seperti gula, tetes tebu, gula tebu
- b. Bahan berpati seperti beras, kentang, jagung dan lain-lain
- c. Bahan yang mengandung selulosa seperti limbah pertanian, kayu dan lain-lain.

Proses fermentasi ini menghasilkan bioetanol yang cukup rendah sehingga kadar bioetanol dapat ditingkatkan dengan cara destilasi agar kadar bioetanol yang dihasilkan dapat mencapai 96,5% dan H₂O akan membentuk suatu larutan azeotrop (campuran dua atau lebih komponen yang sulit dipisahkan (Riawan, 1990).

Pada proses hidrolisis ini terjadi pemecahan ikatan α -D-glukosa dari molekul pati serta terjadi pelemahan struktur granula pati sehingga akan mengubah kekentalannya. Pati yang dimodifikasi dengan metode ini mempunyai kekentalan dalam keadaan panas yang rendah dan daya lekatnya tinggi (Smith dan Bell, 1996). Mekanisme kerja katalis asam dalam proses hidrolisis molekul pati bersifat acak (Judoamidjojo, 1989). Menurut Putridan dan Sukandar, 2008 hasil konversi sulit diprediksikan. Selama proses hidrolisis, kedua ikatan 1,4-glikosidik dan 1,6-glikosidik meregang, sehingga mengkonversi molekul pati menjadi lebih banyak produk molekul yang ringan. Pengolahan dengan asam encer dapat mengurangi berat molekul pada pati yang tidak pecah (BeMiller dan Whister, 2009).

METODE PENELITIAN

Penghalusan dan Penyaringan Sampah

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mendapatkan ekstrak sehingga dapat dilakukan proses penyaringan dengan mudah. Penyaringan sendiri bertujuan padatan atau yang masih berukuran besar tidak lolos sehingga tidak mempengaruhi proses hidrolisis dan fermentasi.

Hidrolisis dan Netralisasi

Hidrolisis dimulai dengan memasukkan larutan HCl 7% kedalam cairan sampah yang berfungsi untuk meningkatkan kereaktifan air dan sebagai katalis untuk mempercepat reaksi. HCl kemudian dimasukkan kedalam sampel hingga pH 1 - 2 (Tjokroadikoesoemo, 1986) kemudian dipanaskan dengan menggunakan panci tertutup pada suhu 100°C hingga mendidih.

Filtrat yang telah dipanaskan kemudian didinginkan dan ditambahkan NaOH 10% hingga pH mencapai 4 - 4,5 karena pH tersebut merupakan pH optimum untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*.

Tujuan dilakukan Proses hidrolisis untuk mendapatkan gula sederhana yang kemudian difermentasi oleh khamir untuk menghasilkan etanol. Pada hidrolisis enzimatis, proses didahului dengan delignifikasi yaitu penghilangan lignin. Proses penghilangan lignin dilakukan dengan penambahan NaOH yang bertujuan untuk memecah ikatan lignin. Selulosa kemudian dihidrolisis dengan menambahkan enzim selulase yang berfungsi untuk merombak selulosa menjadi glukosa. Hidrolisat berupa produk gula yang dihasilkan dari hidrolisis enzimatis kemudian difermentasi dalam fermentor.

Hidrolisis adalah salah satu tahapan dalam pembuatan bioetanol berbahan baku lignoselulosa. Hidrolisis bertujuan untuk memecah selulosa dan hemiselulosa menjadi monosakarida (glukosa & xylosa) yang selanjutnya akan difermentasi menjadi etanol. Secara umum teknik hidrolisis dibagi menjadi dua, yaitu: hidrolisis berbasis asam dan hidrolisis dengan enzim. Hidrolisis dengan asam sudah berkembang sangat lama.

Sedangkan tujuan dari Netralisasi adalah untuk mengoptimalkan nilai pH sehingga saat proses fermentasi dapat berjalan dengan baik

karena pH yang tepat adalah pada kisaran 4 – 4.5 (Budiyanto 2003). Tujuan lain dari netralisasi adalah untuk menetralkan pH dan menghilangkan senyawa racun dalam campuran. Hidrolisat yang sudah netral tersebut siap untuk difermentasi menjadi etanol.

Fermentasi

Fermentasi merupakan proses mikrobiologi yang dikendalikan oleh manusia untuk memperoleh produk yang berguna, dimana terjadi pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerob. Peruraian dari kompleks menjadi sederhana dengan bantuan mikroorganisme sehingga menghasilkan energi. (Perry, 1999)

Ragi dengan variasi 15 gram, 20 gram dan 25 gram dimasukkan pada tiap-tiap botol sampel dengan volume sampel 400 ml kemudian diaduk-aduk. Setelah itu botol ditutup dengan plastic dan karet penutup dan dilanjutkan fermentasi selama 3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari. Fermentasi dilakukan pada suhu 28°C dengan menggunakan incubator (Suhu Ruangan).

Tujuan dari tahap ini, enceng gondok telah sampai pada titik telah berubah menjadi gula sederhana (glukosa dan sebagian fruktosa) dimana proses selanjutnya melibatkan penambahan enzim yang diletakkan pada ragi (yeast) agar dapat bekerja pada suhu optimum. Proses fermentasi ini akan menghasilkan etanol dan CO₂. Pada proses fermentasi ragi yang digunakan sebanyak 5 % (b/v) dari hidrosilat enceng gondok yang telah di netralkan.

Destilasi

Setelah sampel selesai difermentasi dan diuji kandungan bioethanol yang terkandung didalamnya, sampel kemudian didestilasi dilaboratorium pada suhu ±80°C yang merupakan titik didih dari bioethanol.

Pemisahan campuran dengan cara ini didasarkan pada perbedaan titik didih. Cara ini dapat digunakan untuk memisahkan campuran yang mempunyai titik didih berbeda. Proses destilasi menggunakan sumber panas untuk menguapkan air. Tujuan dari destilasi adalah memisahkan molekul air murni dari kontaminan yang punya titik didih lebih tinggi dari air.

Distilasi adalah proses pemisahan etanol dengan air. Proses pemisahan ini didasarkan pada perbedaan titik didih etanol dan air. Etanol mendidih dan menguap pada suhu 79°C, sedangkan air mendidih pada suhu 100°C. Alat yang digunakan untuk proses distilasi disebut distilator.

Pada saat cairan fermentasi dipanaskan, etanol dan airnya menguap. Ketika melewati kolom kondensor pertama, suhu dipertahankan pada suhu 80°C. Caranya dengan mengatur pemanas dan mengatur debit air pendinginnya. Pada kondisi ini uap air akan mengembun dan uap etanol akan tetap menguap. Kolom kondensor didesain sedemikian rupa sehingga uap air yang lebih berat dari uap etanol akan tertahan dan mengembun. Tetesan air akan kembali ke dalam labu evaporator.

Uap etanol akan menuju ke kondensor yang kedua. Di dalam kolom pendingin ini suhu diturunkan sedingin-dinginnya, sehingga uap etanol akan mengembun. Tetesan etanol yang mencair ditampung di dalam labu penampung. Kadar bioetanol di dalam cairan hasil distilasi kurang lebih 90-96%. Masih ada sedikit air yang terikut setelah proses distilasi. Bioetanol dengan kadar ini bisa digunakan sebagai bahan bakar kompor bioetanol. Kadar bioetanolnya bisa diturunkan hingga kadar sekitar 70% dengan menambahkan air.

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kadar Glukosa dan pH setelah Fermentasi dengan Variasi Ragi dan Waktu Fermentasi

Sampel yang telah melalui proses fermentasi diambil sesuai dengan waktu pengambilannya (3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari). Kemudian dilakukan pengujian kadar gula setelah fermentasi.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perubahan kadar glukosa yang terkandung didalam sampel setelah mengalami proses fermentasi oleh ragi. Pengukuran kadar glukosa dilakukan di laboratorium TL UNDIP. Tabel nilai kadar gula untuk masing-masing variasi ragi dan waktu fermentasi dan grafik waktu fermentasi dengan kadar glukosa.

| Variasi Ragi | Kadar Glukosa setelah Fermentasi (%) | | | |
|--------------|--------------------------------------|------|------|------|
| | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Ragi 15 Gram | 4,07 | 3,10 | 1,52 | 1,07 |
| Ragi 20 Gram | 3,97 | 3,02 | 2,03 | 0,50 |
| Ragi 25 Gram | 3,90 | 3,00 | 2,15 | 0,30 |

Dari data yang didapatkan pada grafik diatas, dapat diketahui bahwa kadar glukosa yang terukur menunjukkan penurunan dari hari ke hari. Glukosa digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan mikroba dan pembentukan bioetanol sebagai produk fermentasi. Menurut Setyohadi (2006) pada proses fermentasi karbohidrat terlebih dahulu dipecah menjadi glukosa, kemudian glukosa dipecah menjadi lagi menjadi alkohol, asam asetat dan senyawa organik lainnya. Menurut Tarigan (1988) pertumbuhan *Saccaromyces cerevisiae* akan mengubah gugus glukosa yang terdapat pada tiap sampel menjadi bioetanol (C_2H_5OH).

Dari diatas dapat dilihat pula bahwa waktu fermentasi pada hari keduabelas masih terdapat sedikit kandungan glukosa dalam

sampel. Hal ini menunjukkan bahwa waktu fermentasi masih dapat ditambahkan sehingga dapat diketahui pada hari keberapakah kadar glukosa akan habis.

Untuk setiap variasi jumlah ragi, penurunan kadar glukosa paling rendah dialami oleh variasi jumlah ragi 15 gram pada hari fermentasi ketiga. Hal ini dikarenakan jumlah ragi yang cukup sedikit dan waktu fermentasi yang singkat dibandingkan dengan variasi lain sehingga pertumbuhan sel *yeast* yang belum optimal sehingga belum mampu memecah glukosa dengan optimal. Sedangkan pada variasi lain, kadar glukosa cenderung menurun seiring penambahan jumlah ragi dan waktu fermentasi dikarenakan pertumbuhan khamir yang semakin besar dan besar pula glukosa yang diubah menjadi bioetanol (Tarigan, 1988).

Semakin besar jumlah ragi dan semakin lama waktu fermentasi, maka semakin besar pula jumlah *Saccaromyces cerevisiae* yang terdapat dalam sampel sehingga semakin banyak pula gula yang diubah menjadi alkohol sehingga terjadi penurunan kadar gula. Namun penambahan jumlah ragi jangan terlalu banyak (melebihi 5% dari volume sampel) karena menyebabkan kelebihan nutrisi sehingga *Saccaromyces cerevisiae* tidak mampu memproduksi Alkohol dengan stabil.

2. Analisis pH Hasil Fermentasi

Sampel yang telah melalui proses fermentasi diambil sesuai dengan pengambilannya (3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari) kemudian dilakukan pengujian pH. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perubahan pH yang terjadi didalam sampel setelah mengalami proses fermentasi oleh ragi. Pengukuran pH dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan. Hasil pengukuran pH yang diperoleh berkisar antara

3-6, seperti dalam table pengukuran pH berikut ini.

Dari hasil pengukuran pH, didapatkan pH pada kisaran 3-6. pH yang didapatkan dari pengukuran menunjukkan bahwa proses fermentasi berjalan dengan cukup baik karena pertumbuhan khamir yang baik adalah anrata pH 3-6 (Budiyanto, 2003). Pada fermentasi hari ke-12 untuk semua variasi berkisar antara pH 3. Dari data ini menunjukkan waktu fermentasi yang baik adalah 5-10 hari karena apabila diteruskan waktu fermentasi nilai pH akan semakin menurun yang tidak untuk pertumbuhan mikroorganismenya karena pH yang lebih rendah dari batas minimum yaitu pH 3.

3. Analisis Kadar Bioetanol Setelah Fermentasi dengan Variasi Ragi dan Waktu Fermentasi

| Variasi Ragi | Kadar Bioetanol setelah Fermentasi (%) | | | |
|--------------|--|------|------|------|
| | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Ragi 15 Gram | 0,63 | 1,68 | 3,83 | 3,17 |
| Ragi 20 Gram | 1,02 | 1,70 | 4,70 | 3,54 |
| Ragi 25 Gram | 1,18 | 2,33 | 4,37 | 3,43 |

Dari data kadar bioetanol setelah fermentasi diatas, dengan pemberian jumlah ragi yang tepat maka akan meningkatkan kadar/prosentasi bioetanol yang dihasilkan namun peningkatan ini akan menurun pada waktu fermentasi yang lebih lama yakni untuk hari ke-12. Pada variasi jumlah ragi 15 gram, kadar bioetanol tertinggi yaitu pada fermentasi 9 hari sebesar 4,50%. Untuk ragi 20 gram, kadar bioetanol tertinggi pada hari fermentasi 9 hari yaitu 5,00% dan untuk variasi 25 gram, kadar bioetanol tertinggi yaitu saat fermentasi 9 hari sebesar 4,60%. Kadar bioetanol paling tinggi pada waktu fermentasi 3 sampai 12 hari untuk masing-masing variasi ragi diperoleh pada waktu fermentasi 9 hari. Dari penelitian ini diperoleh kadar bioetanol tertinggi pada waktu fermentasi 9 hari dengan ragi 20 gram,

yaitu 5,00%, hal ini sesuai dengan pendapat Buckle (1985) konsentrasi inokulum yang

| Variasi Ragi | Kadar pH setelah Fermentasi (%) | | | | |
|--------------|---------------------------------|------|------|------|------|
| | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Ragi 15 Gram | 4,50 | 5,45 | 5,67 | 3,74 | 3,07 |
| Ragi 20 Gram | 4,50 | 5,97 | 5,58 | 4,06 | 3,07 |
| Ragi 25 Gram | 4,50 | 5,70 | 5,67 | 3,99 | 3,10 |

ditambahkan ke dalam medium fermentasi medium fermentasi adalah 5% dari volume keseluruhan dan Yunita, (2009) bahwa lama waktu fermentasi pembuatan alcohol pada yaitu kurun waktu 5-10 hari.

4. Uji Kadar Bioetanol setelah Destilasi

Setelah melalui tahap destilasi, sampel kemudian diuji melalui pengujian sifat-sifat fisiknya, yaitu bioetanol mempunyai sifat jernih, tidak berwarna, beraroma khas alcohol yang dapat diterima oleh indera penciuman dan berfasa cair pada suhu kamar. Sifat bioetanol juga mudah terbakar dengan nyala api berwarna biru dan tidak berasap (Yudiarto, 2007). Berikut ini adalah visualisasi sampel yang mengandung bioetanol.

| Variasi Ragi | Kadar Bioetanol (ml) | | | |
|--------------|----------------------|-------|-------|-------|
| | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Ragi 15 Gram | 4,39 | 18,03 | 33,00 | 33,67 |
| Ragi 20 Gram | 11,50 | 20,50 | 41,07 | 39,60 |
| Ragi 25 Gram | 14,10 | 22,57 | 36,07 | 38,00 |

Dapat dilihat dari data diatas bahwa semakin banyak jumlah ragi dan semakin lama waktu fermentasi maka kadar bioetanol hasil destilasi akan semakin tinggi. Pada variasi Ragi 15 gram, kadar bioetanol paling besar setelah proses destilasi adalah 33,67% yang dicapai oleh sampel dengan waktu fermentasi 12 hari. Untuk variasi Ragi 20 gram, kadar bioetanol paling besar setelah proses destilasi adalah 41,07% yang dicapai oleh sampel dengan waktu fermentasi 9 hari, sedangkan variasi Ragi 25 gram, kadar bioetanol paling besar setelah proses destilasi adalah 38,00%

yang dicapai oleh sampel dengan waktu fermentasi 12 hari. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu fermentasi dan jumlah ragi mempengaruhi pembentukan bioetanol. Waktu fermentasi pada penelitian ini adalah dicapai pada hari ke-9 dan pada jumlah ragi 20 gram masih menunjukkan kecenderungan peningkatan kadar bioetanol.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Sampel sampah daun enceng gondok memiliki potensi untuk menghasilkan bioetanol setelah melalui proses fermentasi oleh ragi tape dengan variasi ragi dan waktu fermentasi.
2. Perlakuan dengan Variasi Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi berpengaruh terhadap Kadar bioetanol yang dihasilkan yakni 41.07% yang terjadi pada variasi waktu 9 hari dengan variasi ragi 20 gram.

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa dengan adanya variasi jumlah ragi dan lama waktu fermentasi mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Peningkatan kadar bioetanol terbaik terjadi pada lama fermentasi 9 hari dengan ragi yang ditambahkan adalah 20 gram atau 5% dari volume sampel.

Saran

1. Untuk proses hidrolisis disarankan menggunakan Asam Sulfat sehingga dapat memecah Karbohidrat menjadi Gula sederhana (Glukosa) dengan lebih baik.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan variasi dan jenis mikroorganisme *Aspergillus niger* atau mikroorganisme lainnya untuk mengetahui perlakuan terbaik yang dapat menghasilkan etanol murni.

PUSTAKA

Basis Data dan Peraturan Perundang-undangan. 2006. Instruksi Presiden Republik Indonesia. Legal Open Source Software. Jakarta.

Bisaria, V.S. 1998. Bioprocessing of Agro-residues to Value Added Products. In Martin, A.M. (ed). Bioconversion of Waste Materials to Industrial Product. London: Blackie Academic and Professional.

Boominathan, K and C. Adinarayana. 1991. Fungal Degradation of Lignin: Biotechnological Application. In: Arora, D.K., B. Raj, K.G Mukerji and G. Khudnsen (eds). Handbook of Applied Micology (Soil and Plant). Vol 1. New York: Marcell Dekker, Inc.

Carlile, J.M. and S.C. Watkinson. 1995. The Fungi. London: Academic Press.

Djauhari, M. 2005. Respon Rakyat Atas Krisis Energi.

Focher, B., A. Marzetti., P.L. Beltrame., and P. Carniti. 1991. Structural features of cellulose and cellulose derivative, and their effect on enzymatic hydrolysis. In Haigler, C.H. and P.T. Weimer (eds). Biosynthesis and Biodegradation of Cellulose. New York: Marcel Dekker, Inc.

Gunawan A., Suminar SA., Laksmi A. 2008. Pedoman Penyajian Karya Ilmiah. Edisi Kedua. Bogor: IPB Press.

Hambali et al. 2007. Teknologi Bioenergi. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Pancasning, P., (2008), Produksi Etanol Menggunakan *Zymomonas mobilis* yang Diamobilisasi dengan Agarosa, Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA ITS, Surabaya.

Purwantari, Susanti Eni, Ari Susilowati dan Ratna Setyaningsih, (2004), Fermentasi Tepung Ganyong (*Canna edulis* Ker.) untuk Produksi Etanol oleh *Aspergillus niger* dan

- Zymomonas Mobilis, Bioteknologi, Jurusan Biologi, FMIPA UNS, Surakarta.
- Standar Industri Indonesia. 1981. Cara Uji Kadar Lignin dalam Pulp Metode Klason). SII. 0532-81. Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Standar Industri Indonesia. 1981. Cara Uji Kadar Selulosa α , β dan γ dalam Pulp. SII. 0443-81. Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Taherzadeh, M. J. dan Karimi, Keikhosro, (2008), Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas production: A Review, International Journal of Molecular Sciences, Vol. 9, Hal. 1621-1651
- Brandberg, T. 2005. Fermentation of undetoxified dilute acid lignocellulose hydrolyzate for fuel ethanol production. Chemical Reaction Engineering, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.
- Hadimimotlagh, R., Nahvi, I., Emtiazi, G., Abedinifar, S. 2007. Mixed Sugar Fermentation by *Pichia stipitis*, *Sacharomyces cerevisiae*, and an Isolated Xylose Fermenting *Kluyveromyces marxianus* and their Cocultures.
- Han, K., and Levenspiel, O. 1988. Extended Monod Kinetics for Substrate, Product, and Cell Inhibition. *Biotechnol Bioeng.* 32:430-437.