

**PEMANFAATAN UMBI ILES-ILES SEBAGAI BAHAN BAKU BIOETANOL
UNTUK BAHAN BAKAR ALTERNATIF
DI PEDESAAN**

Kusmiyati, Maryati, Farida Nurcahyani, dan Ichsanudin Febrianto

Pusat Studi Energi Alternatif (PSEA)

Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM)

Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS)

Email: kusmiyati@gmail.com

ABSTRACT

*Bioethanol has attracted considerable attention as alternative fuel during the past decades. The main problem to the commercialization of bioethanol is the cost of raw material. Use an inexpensive raw material such as starchy material (Iles-Iles or *Amorphophallus muelleri* B.) is an attractive lower the cost of bioethanol. In this work, bioethanol was produced from iles-iles starch using four steps processes: hydrolysis by using enzyme α -amylase and enzyme glucoamylase, fermentation using yeast *Saccharomyces cereviceae*, distillation and adsorption using CaO. The initial iles-iles starch concentration used in this experiment was 25% and 40% w/v (g starch/l solution). For both of starch concentrations were hydrolyzed by sequence liquefaction and saccharification. For liquefaction, this carried out at 95-97°C, pH 6, 1% enzyme α -amylase for 45 minutes. For saccharification, this treatment was carried out for 24 hours at 58-60°C by the used of enzyme glucoamylase solution in various concentration (1%; 1.5%; 2%; 2.5% v/v) at a constant pH (5), and the used of constant glucoamylase solution (2% v/v) at various pH (4; 4.5; 5; 5.5). After hydrolysis, enzymatic fermentation was carried out for 76 hours at 30°C by the used of various concentration of yeast *Saccharomyces cereviceae* (0.6%; 0.8%; 1%; 1.2% w/v) at constant pH (4) and by the used of various pH (4; 4.5; 5; 5.5) at constant yeast *Saccharomyces cereviceae* concentration (1% w/v). After fermentation, bioethanol (95%) was obtained by two steps distillation. After distillation, adsorption process using CaO was carried out to obtain the highest bioethanol purity (99%). Enzymatic hydrolysis yielded glucose, based on the result the increasing of enzyme glucoamylase increase the glucose yield. The result showed the decreasing pH increase the glucose yield. The highest amount of glucose (3.1% w/v) was obtained under conditions : 25% (w/v) iles-iles starch concentration, 2% (v/v) enzyme glucoamylase, pH 4, 24 hours. A higher sugar concentration and, consequently, a higher final bioethanol concentration can be obtained by increasing the iles-iles starch concentration. Hydrolyzed starch was fermented by *Saccharomyces cereviceae* and yielded 7.8% (g ethanol/Kg iles-iles). The result of the research indicated that to produce 1 liter bioethanol 99% needs 9,4 kg Iles-iles tubers.*

Keywords : Iles-iles, bioethanol, enzymatic hydrolysis, fermentation, distillation, adsorbtion, alternative fuel

PENDAHULUAN

Keterbatasan sumber energi dari fosil/ minyak bumi yang terjadi saat ini meningkatkan kepedulian akan sumber

energi alternatif yang berasal dari minyak nabati/bahan bakar nabati (BBN)/biofuel karena sangat sesuai dikembangkan pada negara-negara berkembang khususnya

negara agraris seperti Indonesia. Aspek pertanian dan konsumsi bahan bakar memegang peranan penting dalam pengembangan BBN. Salah satu BBN yang sudah dikembangkan oleh banyak negara adalah bioetanol. Bioetanol adalah BBN yang berasal dari hasil pertanian umbi-umbian seperti ketela pohon, jagung, cantel dan bahan yang mengandung gula seperti tebu dan molasses/tetes tebu (hasil samping pabrik gula). Bioetanol diproduksi dari proses fermentasi gula (yang berasal dari molasses atau umbi ketela pohon/jagung). Pengembangan bioetanol telah dilakukan oleh beberapa negara mengingat bioetanol memberikan keuntungan dibandingkan bahan bakar dari fosil, antara lain: pemakaian bioetanol tidak merubah mesin kendaraan, tidak memerlukan pembangunan infrastruktur baru dalam penyaluran bahan bakar serta ramah lingkungan.. (Blottnitz *et al.*, 2007).

Menyesuaikan perkembangan negara mengenai cadangan bahan bakar fosil, maka pemerintah Indonesia telah menargetkan penggunaan bioenergi termasuk bioetanol berhasil mencapai target 30% pada tahun 2025, berdasarkan program yang ditargetkan dengan waktu 15 tahun ini maka pemerintah sangat giat dalam menggalakkan penggunaan maupun bisnis bioetanol untuk bahan bakar alternatif (www.esdm.go.id). Pemerintah 2 tahun ini sudah menggalakkan program konversi minyak tanah ke gas LPG, tetapi sampai saat ini masyarakat dipedesaan masih sulit bahkan tidak pernah terjamah dengan program tersebut mungkin dikarenakan tempatnya yang jauh dari pusat kota. Masyarakat dipedesaan juga semakin sulit mendapatkan minyak tanah karena kuota dari pemerintah sangat dibatasi. Masalah tersebut dapat diatasi dengan terciptanya bahan bakar alternatif pensubstitusi minyak tanah sebagai bahan bakar kompor yaitu bioetanol.

Salah satu permasalahan dalam pengembangan bioetanol sebagai bahan bakar adalah masih terbatasnya bahan baku berupa bahan berpati (umbi) seperti singkong dan jagung serta bahan bergula seperti tetes tebu (molasses). Hal ini disebabkan bahan baku yang berupa umbi-umbian tersebut merupakan sumber bahan makanan sehingga masih perlu dilakukan sinkronisasi antara program pengembangan produk pertanian dan produk bahan bakar nabati. Diversifikasi bahan baku bioetanol perlu dilakukan kearah bahan baku yang bukan sumber pangan sehingga terjadi sinergisme antara program pengembangan bioenergi yang diikuti oleh pengembangan bidang pertanian. Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* B.) merupakan salah satu umbi-umbian yang bisa digunakan sebagai bahan baku bioetanol karena mempunyai kandungan pati yang cukup besar. Sampai saat ini umbi ileles belum dimanfaatkan secara maksimal. Dengan penggunaan umbi ileles sebagai bahan baku pembuatan bioetanol untuk bahan bakar maka akan dapat menaikkan nilai ekonomi umbi ileles. Potensi ileles yang dapat dikembangkan di pedesaan pada akhirnya akan dapat meningkatkan sumber pendapatan masyarakat di daerah-daerah khususnya Jawa Tengah.

Secara umum pembuatan bioetanol dengan bahan baku umbi ileles (*Amorphophallus muelleri* B.) dilakukan melalui tiga tahapan proses yakni hidrolisa, fermentasi dan distilasi. Dalam proses hidrolisa dengan katalis enzim akan terjadi perubahan pati yang mengandung karbohidrat (polisakarida) menjadi glukosa. Pada tahapan fermentasi glukosa akan diubah menjadi bioetanol kemudian dimurnikan didalam proses distilasi. (Nguten and Prince, 1996).

Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan umbi tanaman ileles (*Amorphophallus muelleri* B.) sebagai

bahan baku pembuatan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif substitusi bahan bakar kompor minyak tanah. Dalam penelitian ini akan dipelajari efisiensi proses pembuatan bioetanol dari bahan berpati khususnya illes-iles. Pengaruh variabel dalam mengkonversi pati umbi illes-iles akan dipelajari yang meliputi pH, kadar enzim α -amylase dan glucoamylase serta waktu fermentasi terhadap efisiensi produk bioetanol yang dihasilkan dari proses pembuatan bioetanol dari umbi illes-iles menggunakan yeast *Saccharomyces cereviceae*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan selama 5 bulan, mulai 1 Mei 2009 sampai dengan 2 September 2009 di laboratorium Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Bahan utama dalam penelitian ini adalah umbi illes-iles (*Amorphophallus muelleri* B.) yang diperoleh di hutan Kabupaten Kendal, sedangkan enzim α -amylase (SPEZYME® XTRA) dan enzim glucoamylase (DISTILLASE® L-500) diperoleh dari Danisco US Inc Generico Division 200 meridian Centre Blvd Rochester NY 14618-3916 USA. Bahan lainnya yaitu Urea(Merck), Yeast *Saccharomyces cereviceae*(Merck), SP36, HPO₄(Merck), Natrium Thiosulfat (Merck), H₂SO₄(Merck), NaCl(Merck), HCl(Merck), NaOH(Merck), Indikator Amylum(Merck), reagen Nelson Somogy dan aquadest.

Alat yang digunakan dalam pembuatan bioetanol dari umbi illes-iles ini terdiri atas rangkaian alat hidrolisis, bioreaktor, rangkaian alat distilasi, hot plate stirer, neraca digital, blender, pH meter, termometer, spindel alkoholmeter, piknometer, gelas ukur 500 mL dan 2000 mL, pipet volume 25 mL, alat GC (*gas chromatografi*), botol sampel 20 mL.

Metode yang digunakan pada penelitian ini dilakukan secara eksperimental kuantitatif, dengan variasi variabel pada proses hidrolisa dan proses fermentasi dengan konsentrasi umbi dalam larutan medium 25% dan 40%. Produksi bioetanol secara umum meliputi 3 tahapan proses yaitu proses hidrolisis (likuifikasi dan sakarifikasi) gula menjadi glukosa, proses fermentasi glukosa untuk memproduksi bioetanol dan proses *thermo-chemical*, dimana pada tahap ini bioetanol terlarut didistilasi untuk memproduksi bioetanol murni (Rosenberger et al., 2002). Proses pemurnian pada penelitian ini ditambah dengan proses adsorpsi agar menghasilkan bioetanol *fuel grade* kadar 99%.

Perlakuan yang diteliti pada tahap hidrolisis terdiri atas lamanya waktu hidrolisis, variasi konsentrasi larutan medium, variasi konsentrasi enzim glucoamylase dan pH pada proses sakarifikasi terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Analisis kadar glukosa menggunakan metode Nelson Somogy.

Perlakuan yang diteliti pada tahap fermentasi terdiri atas lamanya waktu fermentasi, variasi konsentrasi larutan medium, variasi konsentrasi yeast *Saccharomyces cereviceae* dan pH pada proses fermentasi terhadap kadar glukosa yang terkonversi. Analisis kadar glukosa menggunakan metode Nelson Somogy.

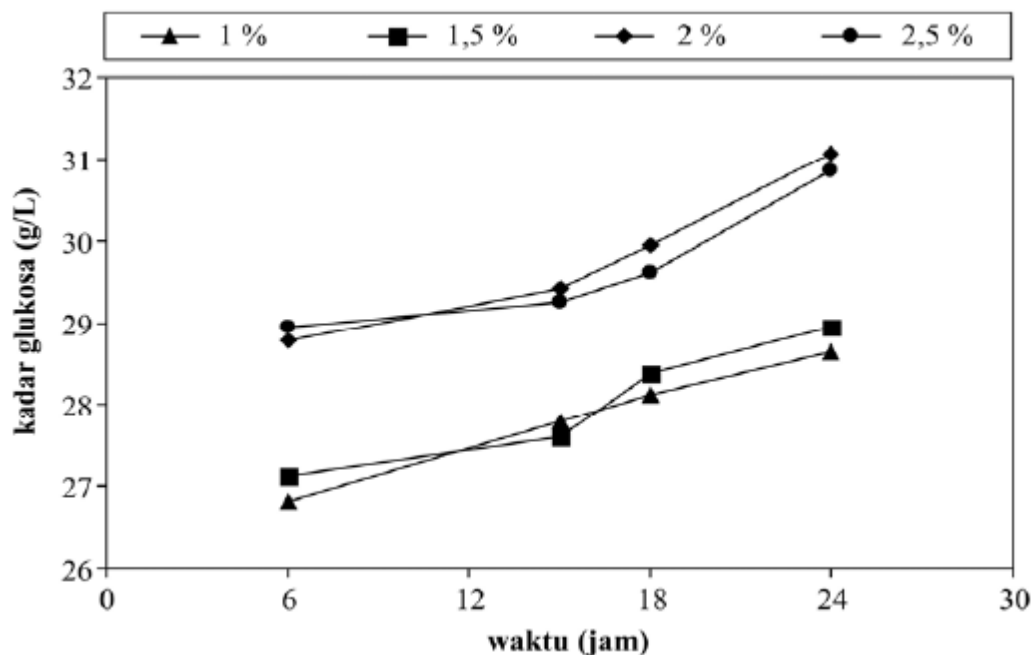
Tahap distilasi terdiri atas distilasi 1 dan distilasi 2. Perlakuan pada distilasi 1 bertujuan untuk menghilangkan padatan dan distilasi 2 untuk menghilangkan air agar mendapatkan etanol dengan kadar tinggi. Analisis kadar etanol hasil distilasi 1 menggunakan spindel alkoholmeter dan analisis kadar etanol hasil distilasi 2 menggunakan piknometer dan tabel Perry. Bioetanol *fuel grade* kadar 99% dapat diperoleh dengan mengadsorpsi etanol hasil distilasi 2 dengan adsorben CaO (batu gamping).

HASIL DAN PEMBAHASAN

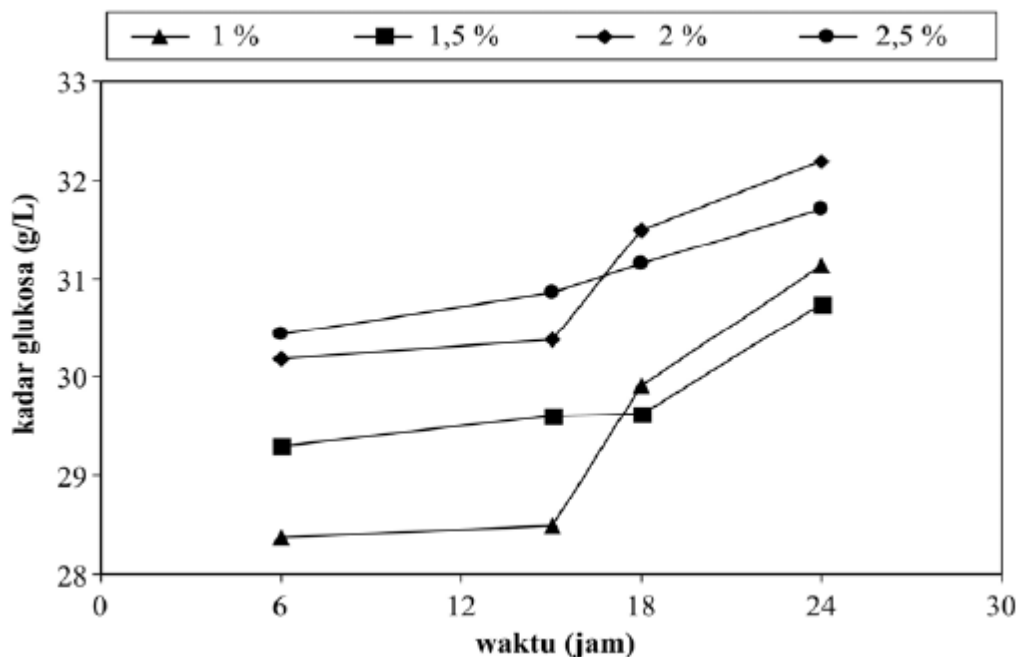
1. Proses Hidrolisa Variasi Konsentrasi Enzim *Glucoamylase*

Dari percobaan hidrolisis variasi konsentrasi enzim pada larutan medium 25% diperoleh hasil seperti pada Gambar 1, sedangkan pada larutan medium 40% diperoleh hasil seperti pada Gambar 2. Hasilnya yaitu kadar glukosa semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu hidrolisis. Semakin besar konsentrasi enzim *glucoamylase* maka semakin besar pula kadar glukosanya, tetapi setelah mencapai kondisi yang optimum kenaikan kadar glukosa cenderung tetap, karena telah terjadi kesetimbangan reaksi antara substrat dengan enzim. Konsentrasi enzim

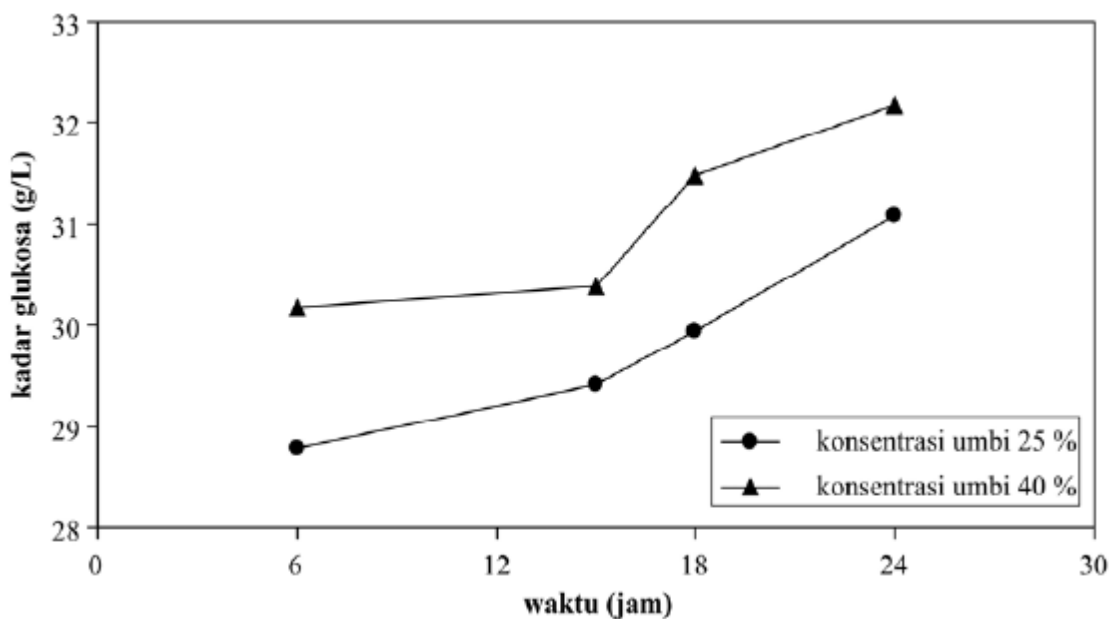
glucoamylase yang paling optimum berdasarkan kadar glukosa yang dihasilkan adalah pada konsentrasi 2 % v/v. Dan dari Gambar 3 pada proses hidrolisa dengan konsentrasi enzim yang sama, hasilnya yaitu semakin besar konsentrasi larutan medium maka semakin besar pula kadar glukosanya karena kandungan patinya juga semakin besar. Konsentrasi larutan medium yang paling optimal berdasarkan hasil glukosanya adalah pada konsentrasi 25% dengan hasil glukosa 31,08 g/L, sedangkan pada konsentrasi 40% hanya menghasilkan glukosa sebesar 32,18 g/L. Kenaikan glukosa pada konsentrasi 40% kurang begitu signifikan, hal ini disebabkan larutan medium terlalu pekat sehingga enzim bekerja kurang optimal.



Gambar 1. Grafik variasi konsentrasi enzim pada larutan 25%



Gambar 2. Grafik variasi konsentrasi enzim pada larutan 40%



Gambar 3. Grafik perbandingan konsentrasi larutan medium dengan kadar glukosa pada konsentrasi enzim yang optimum

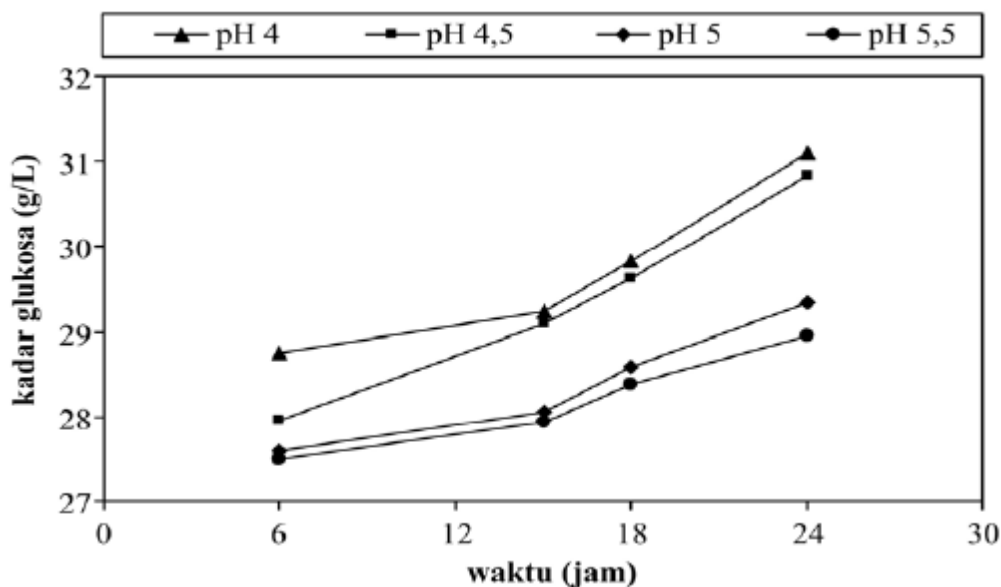
2. Proses Hidrolisa Variasi pH

Dari percobaan hidrolisis variasi pH pada larutan medium 25% diperoleh hasil seperti pada Gambar 4, sedangkan pada larutan medium 40% diperoleh hasil seperti pada Gambar 5. Hasilnya yaitu

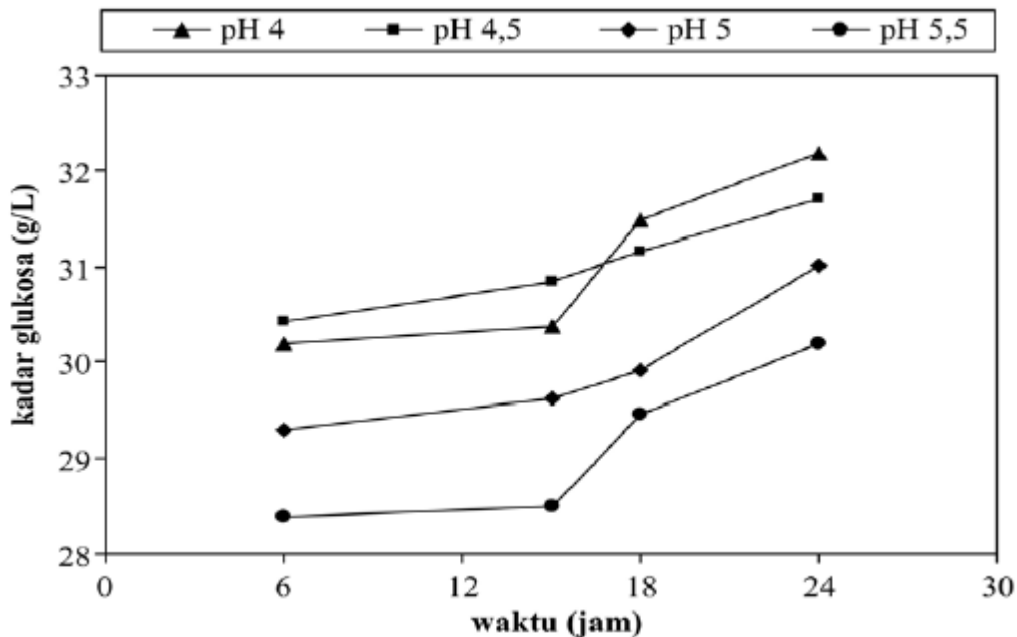
kadar glukosa semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu hidrolisis. Percobaan ini menunjukkan bahwa hasil glukosa maksimum pada pH 4, karena merupakan kondisi yang paling optimum untuk aktivitas enzim. Dan dari Gambar 6

pada proses hidrolisa dengan kondisi pH yang sama, hasilnya yaitu semakin besar konsentrasi larutan medium semakin besar pula kadar glukosanya. Konsentrasi larutan medium yang paling optimal berdasarkan hasil glukosanya adalah pada konsentrasi 25 % dengan hasil glukosa 31,10 g/L,

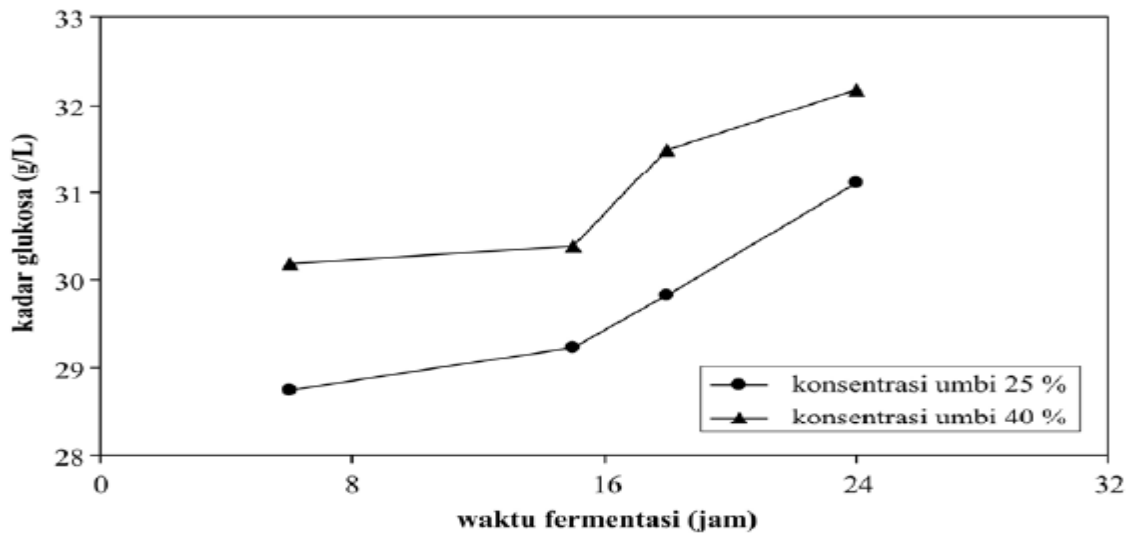
sedangkan pada konsentrasi 40% hanya menghasilkan glukosa sebesar 32,18 g/L. Kenaikan glukosa pada konsentrasi 40% kurang begitu signifikan, hal ini disebabkan larutan medium terlalu pekat sehingga enzim bekerja kurang optimal.



Gambar 4. Grafik variasi pH pada larutan 25%



Gambar 5. Grafik variasi pH pada larutan 40%

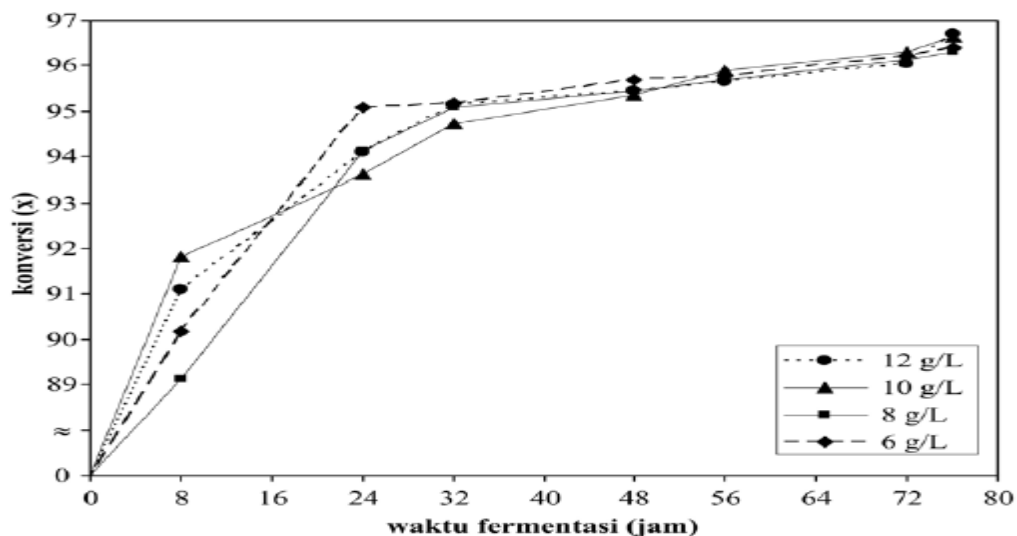


Gambar 6. Grafik perbandingan konsentrasi larutan medium dengan kadar glukosa pada pH yang optimum

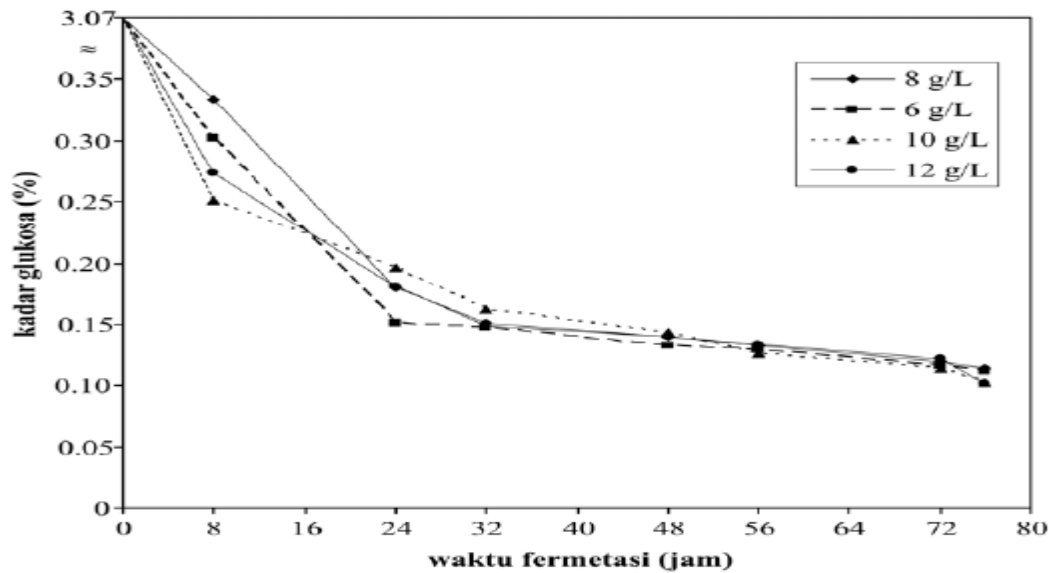
3. Proses Fermentasi Variasi Konsentrasi Yeast *Saccharomyces cereviceae*

Pada proses fermentasi variasi konsentrasi yeast hasilnya ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8, semakin lama waktu fermentasi maka konversi glukosa juga semakin besar ditunjukkan dengan penurunan kadar glukosa. Pada percobaan waktu fermentasi yang optimum ± 24 jam dengan konsentrasi yeast 6 g/L dihasilkan konversi glukosa sebesar

95.09083%, hal ini disebabkan karena masih cukup tersedianya makanan (glukosa) bagi yeast *Saccharomyces cereviceae* untuk diubah menjadi etanol. Setelah lebih dari 24 jam konversi glukosa masih meningkat, tetapi kenaikannya tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan pada waktu penghentian fermentasi jam ke-76 hanya dihasilkan konversi sebesar 96.38704% yang disebabkan sedikitnya jumlah glukosa.



Gambar 7. Grafik hubungan waktu fermentasi dengan konversi etanol pada fermentasi variasi yeast

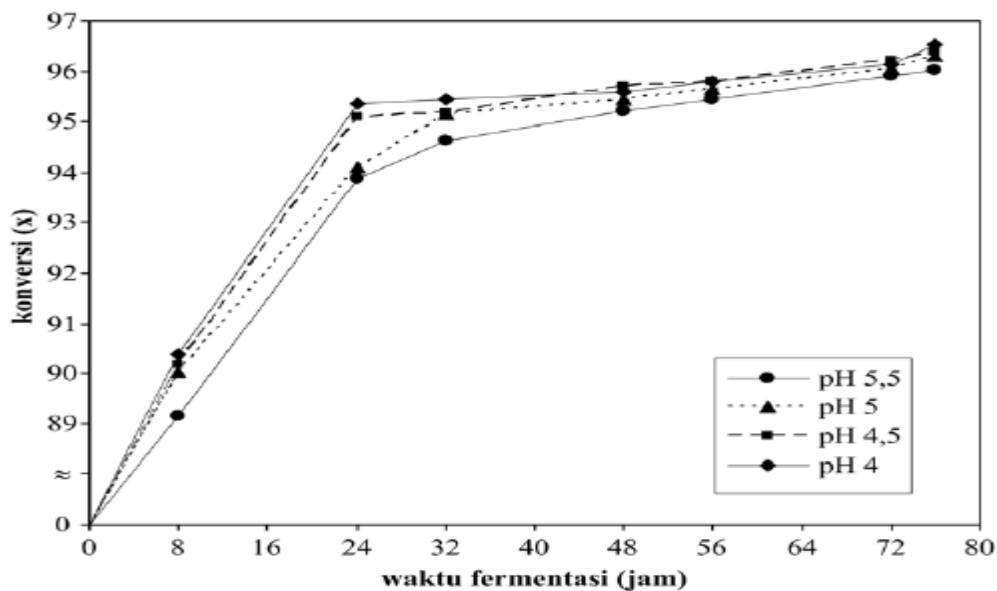


Gambar 8. Grafik hubungan waktu fermentasi dengan kadar glukosa pada fermentasi variasi yeast

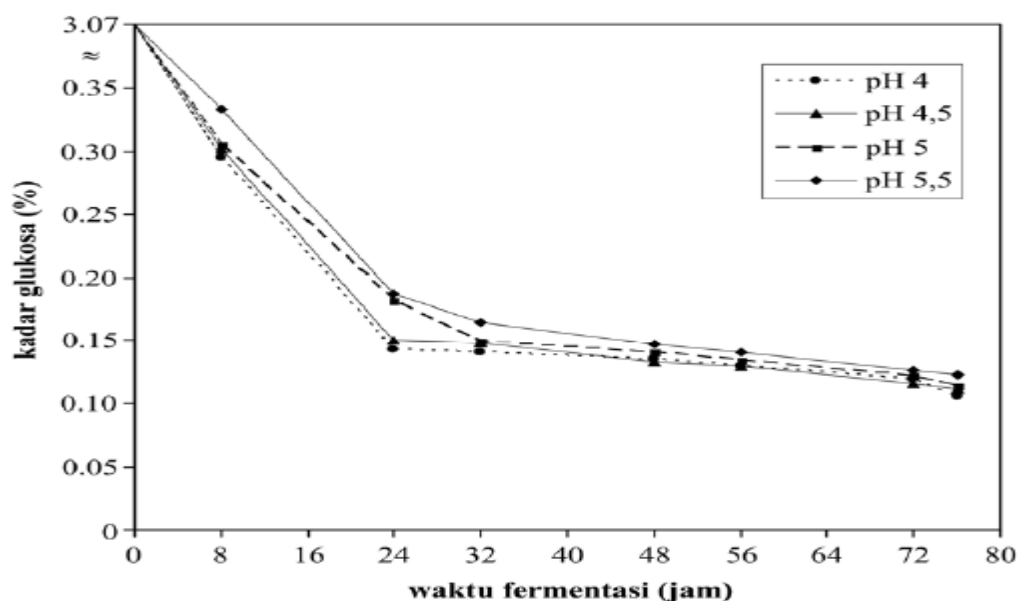
4. Proses Fermentasi Variasi pH

Pada proses fermentasi variasi pH hasilnya ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10, semakin lama waktu fermentasi maka konversi glukosa semakin besar yang ditunjukkan dengan penurunan kadar glukosa. Variasi pH juga

mengakibatkan perbedaan penurunan glukosa dari waktu ke waktu. pH 4 merupakan kondisi yang paling baik untuk pertumbuhan dan aktivitas yeast, hal ini dibuktikan dengan penurunan kadar glukosa yang signifikan dan dihasilkan konversi glukosa terbesar.



Gambar 9. Grafik hubungan waktu fermentasi dengan konversi etanol pada fermentasi variasi pH



Gambar 10. Grafik hubungan waktu fermentasi dengan kadar glukosa pada fermentasi variasi pH

5. Distilasi hasil fermentasi variasi yeast

Distilasi tahap 1 pada suhu 98-100°C, dengan tujuan diperoleh etanol tanpa padatan. Hal ini dikarenakan pada saat analisis kadar etanol menggunakan alat spindel alkoholmeter harus terbebas dari padatan. Larutan diupayakan agar tidak menguap pada saat dan sebelum distilasi karena dapat mengurangi kandungan etanol. Hasil proses distilasi tahap 1 variasi konsentrasi yeast ditunjukkan pada Tabel 1, didapatkan kadar etanol tertinggi sebesar 3,7% pada konsentrasi yeast 6 g/L, dan dari hasil

perhitungan diperoleh yield (g etanol/Kg umbi) sebesar 7,804% sebagai yield tertinggi.

Pada proses distilasi tahap 2 variasi konsentrasi yeast dilakukan pada suhu didih etanol 78-80°C agar diperoleh etanol dengan kemurnian tinggi, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil percobaan, kadar glukosa yang besar mampu menghasilkan kadar etanol yang besar pula. Kadar maksimum etanol hasil distilasi tahap 2 sebesar 92,03% pada konsentrasi yeast 6 g/L. Etanol mempunyai sifat azeotrop maka perlu tambahan proses untuk menjadikan kadar etanol *fuel grade*.

Tabel 1. Data variasi yeast pada distilasi 1

Variasi Yeast (g/L)	Volume Etanol (ml)	Massa Jenis (ρ) Etanol	Berat Etanol (gram)	Massa Jenis (ρ) glukosa	Volume glukosa (ml)	Berat glukosa (gram)	Kadar Etanol %	Yield % (gr etanol/ Kg umbi)
6	250	0.99893	249.732	1.06983	275	294.203	3.7	7.804
8	250	0.99257	248.142	1.06983	275	294.203	3.4	7.754
10	250	0.99219	248.048	1.06983	275	294.203	3.5	7.752
12	250	0.99356	248.391	1.06983	275	294.203	3.5	7.762

Tabel 2. Data variasi yeast pada distilasi 2

Variasi Yeast (g/L)	Volume larutan (ml)	Volume Etanol (ml)	Kadar Etanol (%)
6	250	9.3	92.03
8	250	9.1	90.91
10	250	9.0	91.54
12	250	9.2	91.65

6. Distilasi hasil fermentasi variasi pH

Distilasi tahap 1 pada suhu 98-100oC, dengan tujuan diperoleh etanol tanpa padatan. Hal ini dikarenakan pada saat analisis kadar etanol menggunakan alat spindel alkoholmeter harus terbebas dari padatan. Larutan diupayakan agar tidak menguap pada saat dan sebelum distilasi karena dapat mengurangi kandungan etanol. Hasil proses distilasi tahap 1 variasi pH ditunjukkan pada Tabel 3, didapatkan kadar etanol tertinggi sebesar 3,8 % pada pH 4, dan dari hasil perhitungan diperoleh yield (g etanol/Kg

umbi) sebesar 7,809 % sebagai yield tertinggi.

Pada proses distilasi tahap 2 variasi pH dilakukan pada suhu didih etanol 78-80°C agar diperoleh etanol dengan kemurnian tinggi, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4. Dari hasil percobaan, kadar glukosa yang besar mampu menghasilkan kadar etanol yang besar pula. Kadar maksimum etanol hasil distilasi tahap 2 sebesar 92,52% pada pH 4. Etanol mempunyai sifat azeotrop maka perlu tambahan proses untuk menjadikan kadar etanol *fuel grade*.

Tabel 3. Data variasi pH pada distilasi 1

Variasi pH	Volume Etanol (ml)	Massa Jenis (ρ) Etanol	Berat Etanol (gram)	Massa Jenis (ρ) glukosa	Volume glukosa (ml)	Berat glukosa (gram)	Kadar Etanol %	Yield % (g etanol/ Kg umbi)
4	250	0.99959	249.898	1.06983	275	294.203	3.8	7.809
4.5	250	0.99841	249.603	1.06983	275	294.203	3.7	7.800
5	250	0.99378	248.445	1.06983	275	294.203	3.2	7.764
5.5	250	0.99365	248.413	1.06983	275	294.203	3.2	7.763

Tabel 4. Data variasi pH pada distilasi 2

Variasi pH	Volume larutan (ml)	Volume Etanol (ml)	Kadar Etanol %
4	250	9.7	92.52
4.5	250	9.4	92.14
5	250	8.9	91.79
5.5	250	9.0	91.85

7. Adsorbsi

Pada proses adsorbsi, dari etanol kadar 90% mampu dihasilkan etanol *fuel grade* dengan kadar 99%. Hal ini dikarenakan adsorben yang berupa batu

gamping CaO telah menyerap air didalam etanol, sehingga kadar etanol menjadi lebih pekat.

8. Analisa Ekonomi

Dari hasil penelitian, untuk mendapatkan bioetanol *fuel grade* kadar 99% sebanyak 1 liter diperlukan umbi iles-iles sebanyak 9,4 Kg dengan biaya produksi sebesar Rp. 4665,-. Hasil ini jauh lebih murah dibandingkan hasil penelitian RUD tahun 2008 dengan judul "Etanol Fuel Grade dari Tepung Talas (*Colocasia esculenta*) sebagai Bahan Bakar Alternatif Gasohol Pengganti Premium" yaitu sebanyak 8,7 Kg umbi talas dengan biaya produksi sebesar Rp. 6.625,-.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Umbi iles-iles (*Amorphophallus muelleri* B.) dapat dibuat bioetanol *fuel grade* melalui melalui proses hidrolisa dengan enzim α -amylase dan enzim glucoamylase, fermentasi dengan yeast *Saccharomyces cereviceae* serta pemurnian menggunakan metode destilasi 2 tahap dan adsorpsi dengan adsorben batu gamping (CaO) dengan kadar etanol akhir 99% sebagai bahan bakar kompor pengganti minyak tanah.
2. Kondisi operasi optimum proses hidrolisa enzimatis :
Konsentrasi umbi dalam medium 25%.
Proses likuifikasi = Konsentrasi enzim α -amylase 1% v/v; Suhu 97°C; pH 6 dan waktu 45 menit.
Proses sakarifikasi = Konsentrasi enzim glucoamylase 2% v/v; Suhu 60°C; pH 4 dan waktu 24 jam.
3. Kondisi operasi optimum proses fermentasi :
Konsentrasi yeast : 6 g/Liter
Waktu fermentasi : 24 jam
Suhu ruang dan pH : $\pm$ 28 °C dan pH 4
Jadi setiap penambahan konsentrasi yeast tidak selalu menunjukkan kadar etanol yang tinggi, melainkan hanya pada pada kondisi tertentu saja.
4. Kondisi operasi optimum proses distilasi:

Distilasi 1 = Suhu 98-100°C dengan kadar etanol tertinggi 3,8%

Distilasi 2 = Suhu 78-80°C dengan kadar etanol tertinggi 92,52%

5. Kondisi operasi optimum proses adsorpsi
Suhu proses : 78 °C
Jumlah adsorben CaO : 400 g/Liter
Kadar etanol tertinggi : 99%
6. Umbi iles-iles yang dibutuhkan untuk mendapatkan etanol *fuel grade* kadar 99% sebanyak 1 liter sebesar 9,4 Kg dengan kadar pati umbi 12,8% dan dengan biaya produksi Rp. 8.565,-.

Saran

Kebijakan pemerintah dalam pengembangan etanol *fuel grade* sebagai sumber energi alternatif sangat diharapkan keseriusannya. Mengingat betapa pentingnya sumber energi ini untuk masa mendatang yang secara langsung akan berpengaruh terhadap ketahanan energi nasional. Pemanfaatan bahan baku iles-iles yang melimpah dan pemanfaatan produk bioetanol diharapkan akan mampu meningkatkan taraf hidup dipedesaan sehingga akan mendukung kemajuan perekonomian nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Pemerintah Provinsi Jawa Tengah yang telah membiayai penelitian ini melalui Badan Penelitian dan Pengembangan dengan Program Riset Unggulan Daerah 2009.
2. Universitas Muhammadiyah Surakarta khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan sarana dan prasarannya untuk kegiatan penelitian ini.
3. Semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini hingga penyusunan laporan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A.K., 2007, *Biofuels (Alcohols And Biodiesel) Applications as Fuels for Internal Combustion Engines*, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 33, hal 233–271
- Amigun, B., Sigamoney, R., Blottnitz, H.V., 2006, *Commercialisation of Biofuel Industry in Africa: A Review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 14, hal 204–214
- Blottnitz, H.V., Curran, M.A., 2007, *A Review of Assessments Conducted on Bio-Ethanol as a Transportation Fuel From a Net Energy, Greenhouse Gas, and Environmental Life Cycle Perspective*, Journal of Cleaner Production, Vol. 15, hal 607–619
- Dyartanti, E. R., 2008, *Etanol Fuel Grade dari Tepung Talas (Colocasia esculenta) sebagai Bahan Bakar Alternatif Gasohol Pengganti Premium*, Laporan Akhir Riset Unggulan Daerah Tahun 2008, Balitbang Jawa Tengah
- Kim, S., Dale, B.E., 2004, *Global Potential Bioethanol Production from Wasted Crops And Crop Residues*, Biomass and Bioenergy, Vol. 26, hal. 361 – 375
- Kusmiyati, 2007, *Sumber Energi Alternatif untuk Mensubstitusi Bahan Bakar Minyak (BBM) dalam Upaya Mengatasi Krisis Energi*, Naskah Orasi Ilmiah Upacara Wisuda Program Pasca Sarjana, UMS
- Lucon, O., Alvares, Jr.O., Coelho, S.T., 2005, *Bioethanol: The Way Forward*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 10, hal 213–218
- Milan, J.M., 2005, *Bioethanol Production : Status and Prospects*, Journal of the Science of food and Agriculture, Vol. 10, hal 42–56.
- Munene, C.N., Kampen, W.H., and Njapau, H., 2008, *Effects of Altering Fermentation Parameters On Glycerol And Bioethanol Production From Cane Molasses*, Journal of the Science of food and Agriculture, Vol. 82, hal 309–314
- Nguten, M.H., and Prince, R.G.H., 1996, *A Simple Rule for Bioenergy Conversion Plant Size Optimization: Bioethanol from Sugar Cane and Sweet Sorghum*, Biomass and Bioenergy, Vol. 10, hal 361–365
- Pandey, A., Soccol, C.R., Mitchell, D., 2000, *New Developments in Solid State Fermentation: Bioprocesses and Products*, Process Biochemistry, Vol. 35, hal 1153–1169
- Pejin, D., Mojovic I.J., Vucurovic, V., Pejin, J., Denc, S., Rakin, M., 2009, *Fermentation of wheat and triticale hydrolysates: A comparative study*, Fuel, Vol. 30, hal 45–52
- Sumarwoto, 2004, *Pengaruh Pemberian Kapur dan Ukuran Bulbil Terhadap Pertumbuhan Iles-Iles (Amorphophallus Muelleri B.) pada Tanah Beralkali Tinggi*, Jurnal Ilmu Pertanian, Vol. 11 No.2, hal 45–53
- Yang, Q., Chen, B., Ji, X., He, Y.F., Chen, G.Q., 2009, *Exergetic Evaluation of Corn-Ethanol Production In China*, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, Vol. 14, hal 2450–2461

www.esdm.go.id