

ABSTRAK

SEMINAR NASIONAL Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri Ke-17

ISBN: 978-979-95620-7-4

Kantor Pusat Fakultas Teknik UGM
Yogyakarta, 16 Mei 2011



Pusat Studi Ilmu Teknik
Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

- Editor:**
1. Dr. Fauzun, ST, MT
 2. Prof. Dr. Ing. Ir. Harwin Saptoadi, MSE
 3. Dr. Ir. Aswati Mindaryani, MSc.
 4. Dr. Ir. Rini Dharmastiti, MSc
 5. Ir. Suprihastuti SR, MSc.
 6. Prof. Dr. Ir. Rochmadi, SU
 7. Dr. Ir. I Made Suardjaja, MSc, PhD
 8. Dr. Ir. Hary Sulisty, SU
 9. Dr. Ir. Sarto, MSc
 10. Dr. M. Noer Ilman, ST, MSc
 11. Dr. M.K. Herliansyah, ST, MT

Abstrak Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 17

© 2011, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik,
Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada – Yogyakarta

ISBN : **978-979-95620-7-4**

Alamat : Pusat Studi Ilmu Teknik UGM
Jl. Teknik Utara, Berek, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telpon : (0274) 565834, 902287
Fax : (0274) 565834
E-mail : psit@ugm.ac.id

KATA PENGANTAR

Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri yang ke 17 yang dilaksanakan tanggal 16 Mei 2011, bertempat di Kantor Pusat Fakultas Teknik UGM merupakan seminar rutin yang diselenggarakan oleh Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT) Universitas Gadjah Mada. Seminar ini terlaksana atas kerjasama antara PSIT UGM dengan Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UGM. Seminar nasional ini merupakan forum diskusi dan tukar informasi bagi para peneliti, praktisi di bidang industri dan diharapkan dapat menghasilkan interaksi yang sinergis antara akademisi dan praktisi sehingga dapat mempercepat peningkatan laju perkembangan industri nasional.

Dalam seminar ini telah disampaikan 59 makalah yang terbagi dalam sub topik : Bahan Teknik dan Mekanika Bahan, Perpindahan Panas dan Massa, Teknik Reaksi dan Teknik Pembakaran, Mekanika Fluida, Pengolahan Limbah Industri dan Lingkungan, Teknik Industri dan Kendali Proses.

Prosiding seminar ini diharapkan dapat memberikan informasi perkembangan yang paling mutakhir dalam bidang riset dan teknologi di bidang industri di Indonesia. Panitia telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyusun semua makalah dalam bentuk prosiding yang representatif, namun masukan dan kritik dari para pembaca masih sangat diharapkan.

Seminar ini dapat terlaksana dengan sukses berkat partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Panitia mengucapkan terima kasih kepada para pemakalah, para peserta dan sponsor (GE Lighting) serta semua pihak yang telah membantu penyelenggaraan acara seminar.

Yogyakarta, 20 Juni 2011

**Panitia Seminar Nasional
Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri ke 17**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. A Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta Telp. (0271) 717417 Ext. 212, 213, 225, 253 Fax. (0271) 715448
E-mail : ft-ums@ums.ac.id Website : http://www.ums.ac.id

SURAT TUGAS

No. 146/A.3-III/FT/VI/2011

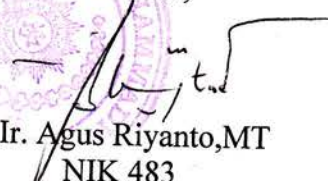
Bismillahirrohmannirrohim

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta menugaskan kepada :

Nama : Kusmiyati, S.T.,M.T., Ph.D
NIK : 683
Golongan/pangkat : III-d/Penata Tingkat I
Fakultas/jurusan : Teknik/Kimia
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Alamat Kantor : Jl A Yani Tromol Pos I Pabelan Surakarta 57102
Telp. 0271-717417 ext 442, Fax. 0271-715448
Bentuk Tugas/Kegiatan : Menghadiri Seminar Nasional PERKEMBANGAN RISET
DAN TEKNOLOGI DI BIDANG INDUSTRI KE-17
Tempat Kegiatan : Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta
Hari/Tanggal : 16 Mei 2011
Demikian harap dilaksanakan sebaik-baiknya.

Surakarta, 12 Mei 2011

Dekan,


Ir. Agus Riyanto, MT
NIK 483

Tanggal Datang	
Tanggal Kembali	
Mengetahui Panitia Pelaksana	
 	



UNIVERSITAS GADJAH MADA
PUSAT STUDI ILMU TEKNIK

SURAT PERNYATAAN
PENGALIHAN HAK PUBLIKASI

Menyatakan bahwa makalah dengan judul :

1. **PENINGKATAN KONVERSI UMBI ILES-ILES MENJADI BIOETANOL DENGAN STEAM PRETREATMENT BAHAN BAKU** yang ditulis oleh **Kusmiyati dan Adik Dwi Utomo**
2. **PENINGKATAN PRODUK BIOETANOL DARI UMBI ILES-ILES MELALUI HIDROLISIS ASAM DAN METODE SSF (SAKARIFIKASI DAN FERMENTASI SECARA SERENTAK)** yang ditulis oleh **Kusmiyati dan Agus Dwi Harjanto**

merupakan karya ilmiah **Kusmiyati ST,MT, PhD**, dosen Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang dipresentasikan pada **Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-17 Yogyakarta, 16 Mei 2011 ISBN: 978-979-95620-7-4**. Selanjutnya kami menyetujui hak publikasi pengelektronikannya kepada Lembaga Penelitian Pengabdian Masyarakat dan Publikasi Ilmiah di Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS).

Yogyakarta, 5 Maret 2015

Kepala,



Dr. Ir. H. Muslikh, M.Sc., M.Phil.

PENINGKATAN PRODUK BIOETANOL DARI UMBI ILES-ILES MELALUI HIDROLISIS ASAM DAN METODE SSF (SAKARIFIKASI DAN FERMENTASI SECARA SERENTAK)

Kusmiyati¹, Agus Dwi Harjanto¹

¹Pusat Studi Energi Alternatif, Jurusan Teknik kimia
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I, Pabelan Kartasura, Surakarta 57102 Telp. (0271) 717417
E-mail: rahmadini2009@yahoo.com

Intisari

Perkembangan dunia industri yang semakin pesat telah mendorong meningkatnya penggunaan energi fosil. Hal ini berdampak terhadap ketersediaan energi fosil di dunia yang semakin menipis. Untuk itu pengembangan energi alternatif perlu dimaksimalkan, salah satunya adalah bioetanol. Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) merupakan jenis tanaman umbi-umbian yang cocok sebagai bahan baku bioetanol karena produktifitasnya cukup melimpah di Indonesia. Peningkatan produk bioetanol yang diperoleh dilakukan dengan metode SSF. Dipelajari pengaruh hidrolisis asam, dosis ragi kering (0,4%;0,8%;1,6%;2%) dan waktu fermentasi (24;36;48;60;72 jam). Hasil hidrolisis enzim disaring (filtrasi) hingga padatan dan cairan terpisah, cairan diproses secara konvensional dengan bantuan ragi kering (*Saccharomyces cerevisiae*) untuk menghasilkan bioetanol sedangkan padatan dihidrolisis asam dan dilikuifikasi kemudian diSSF. Fermentasi konvensional dengan *Sacharomyces cerevisiae* 0,8% pada T: 30°C, pH: 4,5 diperoleh konsentrasi etanol 8,12% (72 jam). Pada hidrolisis asam dengan menggunakan 1% H₂SO₄ 4M dan pemanas autoklaf (T: 121 °C) yang selanjutnya di SSF pada T: 30°C, pH: 4,5 dengan 20% *Aspergillus niger*, 20% *Fusarium oxyparum* dan 0,8% *Sacharomyces cerevisiae* mampu menghasilkan etanol dengan konsentrasi 1,41% (72 jam), sedangkan SSF tanpa hidrolisis asam (pembanding) menghasilkan konsentrasi etanol 1,24% (48 jam). Pada variasi dosis ragi kering (yeast) didapatkan dosis ragi kering optimum pada 1,6% yang menghasilkan kadar etanol 1,63%.

Kata kunci: bioetanol, iles-iles, SSF, hidrolisis asam

Pendahuluan

Perkembangan Industri di dunia termasuk di Indonesia telah memicu peningkatan kebutuhan energi. Sebagian besar kebutuhan energi dunia masih dipenuhi oleh bahan bakar fosil dari minyak bumi dan gas alam (Varga *et al.*, 2004). Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mengakibatkan menipisnya ketersediaan minyak sebagai sumber energi (Verma *et al.*, 2000). Untuk mengatasi hal tersebut pengembangan dalam pemanfaatan energi alternatif perlu dimaksimalkan, salah satunya adalah bioetanol (Sun *et al.*, 2002).

Bioetanol dapat dibuat dari molases, tebu, jagung, ketela, lignoselulosa dan sebagainya (Suresh *et al.*, 1999). Di sisi lain, jagung dan umbi ketela merupakan bahan pangan sehingga dapat mengganggu ketersediaan pangan. Maka dari itu perlu bahan baku yang tidak digunakan sebagai bahan pangan, murah dan ketersediaannya cukup melimpah. Salah satunya adalah umbi iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume). Iles-iles memiliki kandungan karbohidrat terlarut yang tinggi (lebih dari 70%), sehingga dapat dikonversi menjadi bioetanol. Produksi iles-iles di Indonesia cukup melimpah, mencapai 8000-10.000 kg/ha (Perum Perhutani, 2010).

Iles-iles juga mengandung karbohidrat tidak larut (selulosa dan hemiselulosa) masing-masing 8% dan 43% (Kusmiyati *et al.*, 2010). Senyawa selulosa dan hemiselulosa sulit dipecah menjadi gula. Menurut kajian literatur telah ditemukan metode untuk memecah selulosa menjadi gula, yaitu metode SSF (*Simultaneous of Saccharification and Fermentation*). SSF merupakan metode penggabungan reaksi hidrolisis dan fermentasi menjadi satu tahap dalam satu reaktor yang menggunakan beberapa enzim. Dengan metode ini selulosa dapat diuraikan menjadi glukosa menggunakan enzim *selulase* yang bekerja simulatan dengan enzim fermentasi, sehingga dapat meningkatkan jumlah etanol yang diperoleh (Sasikumar *et al.*, 2010).

Dalam literatur dijelaskan bahwa jamur *Fusarium oxyparum* (Mamma *et al.*, 1995) dan *Trichoderma resei* (Fatma *et al.*, 2010) dapat menghasilkan enzim *selulase* dan *endoglukosidase* yang dapat mengkonversi selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa. Sasikumar dan Viruthgiri (2010) juga telah mengaplikasikan SSF dengan menggunakan enzim *selulase* dan yeast strain *Pachysolen tannophilus* untuk mengkonversi bagas menjadi bioetanol. Tujuan penelitian ini adalah untuk lebih meningkatkan kuantitas umbi iles-iles menjadi bioetanol dengan metode SSF menggunakan campuran jamur *Fusarium oxyparum*, *Aspergillus niger* dan yeast ragi kering *Saccharomyces cerevisiae* serta mempelajari pengaruh dari hidrolisis asam sebelum diproses secara SSF.

Metode Penelitian

Persiapan bahan baku

Pembuatan tepung iles-iles: Umbi iles-iles dikupas, dicuci dan dipotong kecil-kecil lalu dikeringkan di terik matahari selama 3 hari sampai kering, dimana kadar air maksimal 10%. Selanjutnya iles-iles digiling sampai ukuran sekitar 40 mesh sampai menjadi tepung iles-iles.

Pembiakan *Aspergillus niger*: Media cair ditutup dengan kapas dan aluminium foil, disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 120°C selama 15 menit. Isolat diinokulasi dalam media cair sebanyak 10 mL dalam erlenmeyer 100 mL. Hasil inokulasi di *dishaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 7 hari pada suhu 28-30°C.

Pembiakan *Fusarium oxyparum*: Isolat diinokulasi ke dalam media cair 10 mL yang ditambah suplemen 2% bonggol jagung dan 0,25% kulit padi dalam erlenmeyer 100 mL. Sebanyak 10 mL media cair di *dishaker* pada 150 rpm dan diinkubasi selama 2 hari pada suhu 28-30°C. Hasil biakan pertama di biakkan dalam media cair yang lebih besar yaitu 100 mL dan telah ditambahkan bonggol jagung dan kulit padi. Selanjutnya media cair 100 mL dikondisikan pada pH 6 dan diinkubasi selama 5 hari pada suhu 28-30°C.

Proses hidrolisis dan fermentasi

Proses pembuatan bioetanol dari umbi iles-iles menggunakan metode konvensional dan SSF. Tepung iles-iles dicampur dengan air, dengan perbandingan 1:4 dan dikondisikan pada pH 6. Kemudian dilikuifikasi dengan enzim α -amilase 1,6 mL/kg pati kering dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 1 jam. Dilanjutkan proses sakarifikasi dengan enzim β -amilase pada pH 5, suhu 60°C selama 4 jam dan di autoklaf 15 menit, hasil hidrolisis kemudian disaring (difiltrasi) untuk memisahkan antara cairan dan padatan. Untuk cairan difermentasi secara konvensional pada 28-30°C dan pH 4,5 selama 72 jam dengan menggunakan ragi kering *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 0,8% (w/v) serta nutrisi diamonium fosfat 0,1% (w/v) dan urea 0,2% (w/v).

Sedangkan untuk padatan dicampur dengan air dengan perbandingan 1:2. Selanjutnya dibagi menjadi 2 perlakuan. Perlakuan pertama dihidrolisis asam terlebih dahulu dengan 1% H₂SO₄ 4M menggunakan pemanas autoklaf pada suhu 121°C selama 1 jam, perlakuan kedua hanya dipanaskan (tanpa ditambah asam). Kedua perlakuan tersebut selanjutnya dilikuifikasi dengan enzim α amylase 1,6 mL/kg pati pada suhu 100°C selama 1 jam, setelah itu di sterilisasi 15 menit lalu ditambahkan nutrisi diamonium fosfat 0,1% (w/v) dan urea 0,2% (w/v), dan di SSF menggunakan mikroba *Aspergillus niger* 20%, *Fusarium oxyparum* 20%, dan *Saccharomyces cerevisiae* 0,8% (w/v) selama 72 jam. Selanjutnya untuk perlakuan pertama dilakukan variasi dosis ragi kering (0,4%, 0,8%, 1,6% dan 2%) (w/v).

Analisis

Analisis kadar gula menggunakan metode Somogyi. 30 g sampel dilarutkan dalam labu ukur 100 mL, ambil 20 mL lalu ditambahkan HCl 4 mL, kemudian dididihkan. Setelah itu didinginkan dan dinetralkan menggunakan NaOH. Hasil penetralan dijadikan 100 mL dalam labu ukur. Ambil 1 mL, kemudian ditambahkan 10 mL cooper reagent dan dididihkan dalam waterbath suhu 100°C selama 30 menit. Selanjutnya ditambahkan H₂SO₄ kemudian dititrasi dengan larutan natrium thiosulfat dan indikator amilum. Persamaan glukosa metode Nelson Somogyi:

$$(X) = \left[\frac{A}{B} \right] (Y) + \left[\frac{1}{B} \right] \quad (1)$$

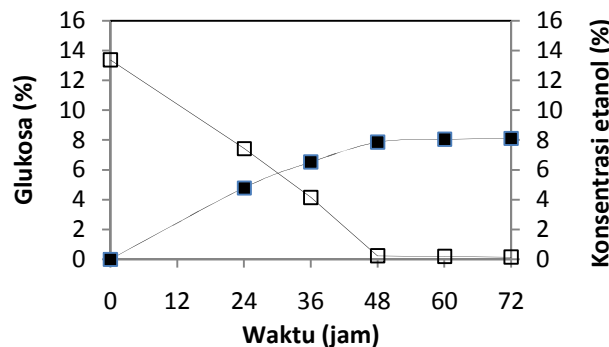
Dimana: X adalah kadar glukosa (%), A dan B faktor reagent dan Y volume titran (mL). Kadar etanol yang diperoleh dari hasil fermentasi dianalisis menggunakan GC (*Gas Chromatography*). Hasil

fermentasi tiap interval 12 jam diambil 5 mL untuk dianalisis kadar etanolnya. Sebelumnya, sampel di diputar pada *Centrifuge* dengan kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Cairan hasil *centrifuge* kemudian di *inject* ke dalam GC (Agilent 6890).

Hasil dan Pembahasan

Fermentasi konvensional

Hasil fermentasi ditunjukkan pada gambar 1, dimana konsentrasi etanol meningkat seiring waktu fermentasi, yakni 4,79% (24 jam), 6,52% (36 jam), 7,85% (48 jam), 8,04% (60 jam) dan konsentrasi etanol optimum sebesar 8,12% pada waktu 72 jam.



Gambar 1. Fermentasi konvensional cairan. Feed: 300 mL, *Saccharomyces cerevisiae*: 0,8%, pH: 4,5, T: 30°C, t: 72 jam. Glukosa fermentasi (□) dan Konsentrasi etanol (■)

Peningkatan konsentrasi etanol ini disertai dengan penurunan kandungan glukosa. Penurunan glukosa pada awal fermentasi terjadi secara cepat, yakni pada waktu 24 jam glukosa turun dari 13,37% menjadi 7,43%. dan pada jam ke 36 menjadi 4,14%. Hal ini disebabkan mikroba pada awal fermentasi lebih banyak mengkonsumsi glukosa untuk menghasilkan etanol dibandingkan dengan konsumsi glukosa pada akhir fermentasi yang relatif lambat, yakni pada waktu 48 jam konsentrasi glukosa sebesar 0,22%, pada waktu 60 jam sebesar 0,18% dan pada waktu 72 jam sebesar 0,14%. Hal ini menunjukkan bahwa glukosa telah habis dikonsumsi oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi etanol.

Hasil ini tidak jauh berbeda pada penggunaan enzim likuifikasi α -amilase sebanyak 1 mL/kg pati pada T: 90°C, pH: 4,8 selama 1 jam dan enzim sakarifikasi AMG sebanyak 1,2 mL/kg pati pada T: 50°C, pH: 4,8 selama 48 jam, serta enzim fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 10% pada T: 30°C, pH: 5 selama 96 jam dapat mengkonversi umbi singkong menjadi etanol maksimal 8,92% (Arnata, 2009).

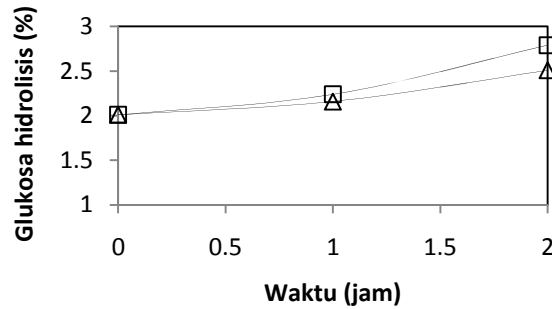
Fermentasi SSF dan hidrolisis asam

Untuk tahap selanjutnya sisa filtrasi (padatan) dari hasil hidrolisis difermentasi dengan menggunakan metode SSF. Metode SSF ini menggunakan tiga macam mikroba yaitu *Aspergillus niger* yang berfungsi sebagai penghasil enzim amiloglukosidase untuk menghidrolisis amilopektin menjadi glukosa, *Fusarium oxyparum* sebagai penghasil enzim selulase untuk menghidrolisis selulosa menjadi gula sederhana, dan *Saccharomyces cerevisiae* untuk memfermentasi glukosa yang diperoleh dari proses kedua mikroba tersebut.

Pada proses ini dibagi menjadi dua variasi perlakuan, perlakuan pertama dengan hidrolisis asam (H_2SO_4 4M, 1%) dan perlakuan kedua tanpa penambahan asam, masing-masing di *autoclave* pada 121°C selama 1 jam, sebagaimana dijelaskan menurut Judoamidjojo *et al.* (1989) bahwa hidrolisis pati dengan asam memerlukan suhu tinggi, yaitu 120-160°C.

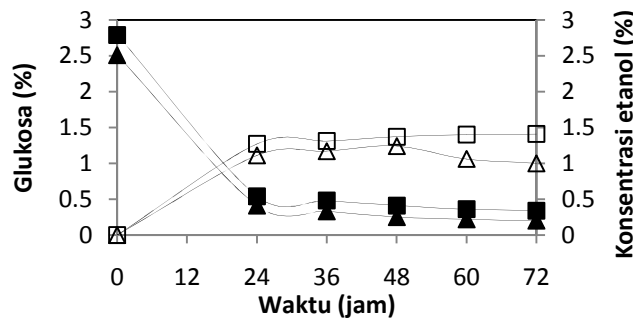
Pada gambar 2 menunjukkan bahwa kadar glukosa hidrolisis pada perlakuan hidrolisis asam lebih besar bila dibanding dengan perlakuan tanpa asam. Dari konsentrasi gula awal sebesar 2,01% setelah dihidrolisis asam kadar glukosa meningkat menjadi 2,24%. Sedangkan pada perlakuan tanpa asam konsentrasi glukosa hanya meningkat menjadi 2,16%. Selanjutnya setelah keduanya di liguifikasi selama 1 jam kadar glukosa kembali meningkat. Untuk perlakuan hidrolisis asam menjadi 2,79% dan untuk yang tanpa asam meningkat menjadi 2,51%. Peningkatan glukosa ini menunjukkan bahwa asam

dapat memecah ikatan-ikatan pati. Asam akan memecah molekul pati secara acak dan gula yang di hasilkan sebagian besar adalah gula pereduksi (Sukandar *et al.*, 2008).



Gambar 2. Glukosa hidrolisis pada kedua perlakuan. $T_{\text{hidrolisis asam}}: 121^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{hidrolisis asam}}: 1$ jam, asam: 1% H_2SO_4 4M, $t_{\text{inkubasi}}: 1$ jam. Hidrolisis asam(Δ), tanpa asam/hanya pemanasan(□)

Hasil konsentrasi residu gula pereduksi selama proses fermentasi yang diukur dengan metode Somogy menunjukkan bahwa selama proses fermentasi berlangsung kadar residu gula pereduksi cenderung menurun (Gambar 3). Kadar glukosa fermentasi menurun secara cepat pada jam ke 24, untuk perlakuan hidrolisis asam kadar glukosa turun dari 2,79% menjadi 0,54%, sedangkan pada perlakuan tanpa asam glukosa fermentasi turun dari 2,51% menjadi 0,41%. Selanjutnya pada jam ke 36 sampai 72 penurunan glukosa fermentasi relatif lambat untuk kedua perlakuan. Kadar gula cenderung menurun disebabkan gula yang terdapat dalam media digunakan sebagai sumber karbon bagi sel khamir untuk mensintesis energi melalui proses fermentasi etanol (Wardhani, 1996).



Gambar 3. Konsentrasi etanol dan glukosa fermentasi sebagai fungsi waktu. Feed: 300 mL, *Aspergillus niger*: 20%, *Fusarium oxyparum*: 20%, *Saccharomyces cerevisiae*: 0,8%, pH: 4,5, T: 30°C, t: 72 jam. Konsentrasi etanol: hidrolisis asam(□), tanpa asam(Δ); Konsentrasi glukosa sisa fermentasi: hidrolisis asam(■), tanpa asam(▲)

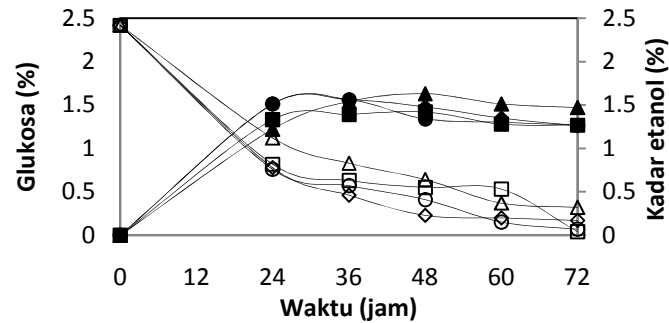
Pada gambar 3 diatas terlihat konsentrasi hasil etanol untuk perlakuan hidrolisis asam berturut-turut 1,27% (24 jam), 1,31% (36 jam), 1,37% (48 jam), 1,4% (60 jam) dan kadar etanol optimum dicapai pada jam ke 72 sebesar 1,41%. Untuk perlakuan tanpa asam kadar etanol berturut-turut sebesar 1,11% (24 jam), 1,17% (36 jam) dan kadar etanol optimum dicapai pada waktu fermentasi jam ke 48 yaitu sebesar 1,24% dan mulai menurun pada jam ke 60 sebesar 1,06% dan 1% (72 jam). Hal ini disebabkan pada jam ke 48 sel khamir mulai memasuki fase ekponensial dimana etanol sebagai metabolit primer dihasilkan, sedangkan pada jam ke 60 sel-sel mulai memasuki fase stasioner. Fase stasioner terjadi karena ketersediaan glukosa dan nutrisi dalam media fermentasi jumlahnya sudah mulai berkurang sehingga mikroba dalam jumlah yang cukup besar hanya mengkonsumsi sisa nutrisi dari waktu inkubasi sebelumnya (Gozan *et al.*, 2007).

Hal serupa telah dilakukan Samsuri *et al.* (2007) yang mengkonversi bagas menjadi bioetanol dengan metode SSF menggunakan enzim *xylanase* (10 FPU) dan 10% (v/v) *Saccharomyces cerevisiae* pada suhu 35°C dan pH 5 selama 96 jam yang menghasilkan konsentrasi etanol tertinggi 2,709 g/L dan perlakuan penambahan HCl (0,5% dan 1% (v/v)) mampu meningkatkan produksi etanol berturut-turut menjadi 2,967 g/L, 3,249 g/L.

Hasil ini menunjukkan bahwa SSF yang dihidrolisis asam terlebih dahulu menghasilkan kadar etanol lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa asam. Hal ini dikarenakan pati yang telah mengalami perlakuan hidrolisis asam akan lebih mudah difermentasi menjadi etanol. Semakin besar hasil hidrolisis pati menjadi glukosa maka semakin besar pula etanol yang dihasilkan melalui proses fermentasi (Sukandar *et al.*, 2008).

Variasi dosis ragi kering pada SSF perlakuan hidrolisis asam

Selanjutnya untuk variasi dosis ragi kering terhadap konsentrasi etanol dan konsentrasi gula pereduksi selama proses fermentasi pada perlakuan hidrolisis asam terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Etanol hasil SSF dengan perlakuan hidrolisis asam variasi dosis ragi kering. Feed: 300 mL, *Aspergillus niger*: 20%, *Fusarium oxysporum*: 20%, pH: 4,5, T: 30°C, t: 72 jam. Konsentrasi etanol: 0,4% (◇), 0,8% (□), 1,6% (▲), 2% (●); Glukosa: 0,4% (◇), 0,8% (□), 1,6% (△), 2% (○)

Dari gambar 4 dapat dilihat kadar alkohol yang dihasilkan pada tiap-tiap sampel. Pada sample yang diberi dosis ragi 0,4 gr diperoleh kadar alkohol optimum 1,56% (36 jam), pada dosis ragi 0,8 gr diperoleh kadar alkohol optimum 1,42% (48 jam), pada sampel dengan dosis ragi 1,6 gr diperoleh kadar alkohol optimum 1,63% (48 jam), dan pada sample yang diberi dosis ragi 2 gr diperoleh kadar alkohol optimum 1,56% (36 jam).

Sehingga konsentrasi etanol tertinggi dicapai pada dosis ragi kering 1,6%. Dimana pada jam ke 24 konsentrasi etanol sebesar 1,22%, jam ke 36 sebesar 1,54%, dan konsentrasi optimum pada jam ke 48 sebesar 1,63%, pada jam berikutnya konsentrasi etanol mengalami penurunan karena sel-sel khamir mulai memasuki fase stasioner, pada jam ke 60 konsentrasi etanol sebesar 1,51% dan pada jam 72 sebesar 1,47%.

Penurunan glukosa fermentasi juga ditunjukkan pada gambar 6, dimana pada jam 24 glukosa turun secara cepat dari 2,42% menjadi 1,12%, pada jam ke 36 menjadi 0,83%. Penurunan glukosa fermentasi pada jam berikutnya relatif lambat, yaitu pada jam ke 48 konsentrasi glukosa sebesar 0,64%, jam ke 60 sebesar 0,37% dan pada jam ke 72 sebesar 0,32%.

Hal ini menunjukkan bahwa dosis ragi kering yang cocok untuk perlakuan ini adalah 1,6%. Menurut Reed (1996), Didalam proses fermentasi untuk menghasilkan alkohol harus diberikan dosis ragi yang cocok dan lama fermentasi yang sesuai. Hal serupa dilakukan oleh Harianto (2010) dengan memfermentasikan kulit semangka dengan perlakuan hidrolisis asam, yaitu dengan penambahan HCl 2 N sebanyak 400 mL/60 gr bubuk kulit semangka kering dan dipanaskan pada plat pemanas selama 4 jam, kemudian larutan disaring dan dinetralkan dengan penambahan NaOH 1 N sampai pH 6, selanjutnya difermentasi dengan variasi dosis ragi pada T: 30°C, pH 6-7 selama 3 hari. Konsentrasi etanol tertinggi di dapat pada dosis ragi 10%, yaitu sebesar 3,45%.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa fermentasi cairan glukosa dari umbi iles-iles mampu menghasilkan bioetanol dengan konsentrasi 8,12%. Sedangkan untuk proses SSF dengan hidrolisis asam 1% H₂SO₄ 4 M menghasilkan konsentrasi etanol lebih tinggi (1,41%) bila dibandingkan pada proses SSF tanpa hidrolisis asam yang hanya menghasilkan konsentrasi etanol sebesar 1,24%. Ini menunjukkan hidrolisis asam pada suhu tinggi mampu membantu memecah ikatan pati dan meningkatkan konsentrasi glukosa. Untuk variasi dosis

ragi kering (0,4%, 0,8%, 1,6%, 2%) pada proses SSF dengan perlakuan hidrolisis asam menghasilkan konsentrasi bioetanol berturut-turut sebesar 1,56%, 1,42%, 1,63%, 1,56%. Sehingga dosis ragi yang cocok untuk proses ini pada dosis 1,6%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada DP2M Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui program RAPID 2011.

Daftar Pustaka

- Arnata, I.W., 2009, *Pengembangan Alternatif Teknologi Bioproses Pembuatan Bioetanol Dari Ubi Kayu Menggunakan Trichoderma Viride, Aspergillus Niger dan Saccharomyces Cerevisiae*, Magister Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Gozan, M., Samsuri, M., Siti H.F., Bambang, P., Nasikin, M., 2007, *Sakarifikasi dan Fermentasi Bagas Menjadi Ethanol Menggunakan Enzim selulase dan Enzim Sellobiase*, Jurnal Teknologi Edisi 3: 209-215.
- Judoamidjojo, R.M., Sa'id, E.G., dan Hartoto, L., 1989, *Biokonversi*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Dirjen Dikti, Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kusmiyati, Arifin, A.N., 2010, *Konversi Umbi Iles-Iles Menjadi Bioetanol Dengan Metode Konvensional Dan SSF (Sakarifikasi dan Fermentasi Secara Serentak)*, Pusat Studi Energi Alternatif, Jurusan Teknik kimia, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Mamma, D., Koullas, D., Fountoukidis, G., Kekos, D., Macris, B. J., Koukios, E., 1996, *Bioethanol from Sweet Sorghum; Simultaneous Saccharification and Fermentation of Carbohydrates by a Mixed Microbial Culture*, Process Biochemistry 31 (4):377-381.
- Perum Perhutani, 2010, *Iles-iles (Amorphophallus oncophyllus)*, Perum Perhutani Unit II Jawa Timur, Surabaya.
- Reed, G., Rehm, H.J., 1996, *A Multi-volume Comprehensive Treatise Biotechnology Products of Primary Metabolism*, VCU Verlags gesellschaft Mhh, Germany 6: 64.
- Samsuri, M., Gozan, M., Mardias, R., Baiquni, M., Hermansyah, H., Wijanarko, A., Prasetya, B., Nasikin, M., 2007, *Pemanfaatan Sellulosa Bagas Untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Dengan Enzim Xylanase*, Makara, Teknologi 11: 17-24.
- Sasikumar, E., Viruthagiri, T., 2010, *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) of Sugarcane Bagasse-Kinetics and Modeling*, International Journal of Chemical and Biomelecular Engineering.
- Sukandar, D., Putri, L.S., 2008, *Konversi Pati Ganyong (Canna edulis ker.) Menjadi Bioetanol Melalui Hidrolisis Asam dan Fermentasi*, Biodiversitas 9: 112-116.
- Suresh, K., Sree, N.K., Rao, L.V., 1999. *Utilization of damaged sorghum and rice grains for ethanol production by simultaneous saccharification and fermentation*, Bioresource Technology, 68, 301-304.
- Sumarwoto, 2005, *Iles-iles (Amorphophallus muelleri Blume)*, Deskripsi dan Sifat-sifat Lainnya, Biodiversitas, 6 (3): 185-190.
- Sun, Y., Cheng, J., 2002, *Hidrolisis of Lignocellulosic Material for Ethanol Production: A review*, Bioresources Technology., Vol. 82., 1-11.
- Varga, E., Klinke, H.B., Réczey, K., Thomsen, A.B., 2004, *High Solid Simultaneous Saccharification and Fermentation of Wet Oxidized Corn Stover to Ethanol*, Budapest University of Technology and Economics, Hungary., Risø National Laboratory, Denmark.
- Verma, G., Nigam, P., Singh, D., Chaudary, K., 2000, *Bioconversion of Starch to Ethanol in a Single-Step Process by Coculture of Amylolytic Yeast and Saccharomyces cerevisiae*, Bioresource Technology, 72: 261-266.
- Wardhani, N.K. 1996, *Sorghum vulgare sudanense sebagai alternatif penyediaan hijauan pakan*, Risalah Simposium Prospek Tanaman Sorgum untuk Pengembangan Agroindustri, 17-18 Januari 1995.