

Konversi Pati Ganyong (*Canna edulis* Ker.) Menjadi Bioetanol melalui Hidrolisis Asam dan Fermentasi

Starch conversion of ganyong (*Canna edulis* Ker.) to bioethanol using acid hydrolysis and fermentation

LILY SURAYYA EKA PUTRI^{1,*}, DEDE SUKANDAR²

¹Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah, Ciputat-Tangerang 15412.

²Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah, Ciputat-Tangerang 15412.

Diterima: 18 Februari 2008. Disetujui: 21 Maret 2008.

ABSTRACT

Starch of ganyong is one of the sources of ethanol which is able to be produced by acid hydrolysis and fermentation process. It had high concentration of carbohydrate that is 80%, so it could produce glucose highly within acid hydrolysis process. The result showed that the optimal amount of reducing sugar had been produced by nitrate acid 7% (*dextrose equivalent*, DE = 28.4). Nevertheless, type and concentration of acid had no significantly correlation to reducing sugar yielded. The total amount of glucose had correlation to amount of ethanol, in fermentation process. The optimal amount of ethanol was yielded from 4.81% of glucose and it produced about 4.84% ethanol. The more amount of glucose was yielded the more ethanol was produced. Controlling pH every 12 hours did not affected to production of ethanol significantly.

© 2008 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: bioethanol, *Canna edulis* Ker, acid hydrolysis, fermentation.

PENDAHULUAN

Etanol merupakan senyawa yang sering digunakan dalam industri kimia antara lain sebagai pelarut (40%), untuk membuat asetaldehid (36%), eter, glikol eter, etil asetat dan kloral (9%). Kebutuhan akan etanol semakin bertambah seiring dengan menipisnya persediaan bahan bakar minyak bumi. Negara yang secara luas telah menggunakan etanol sebagai bahan bakar adalah Brasil. Negara tersebut memproduksi etanol dari tetes tebu dengan proses fermentasi (Anshory, 2004). Beberapa komoditas pertanian yang mengandung karbohidrat seperti gula sederhana, pati dan selulosa (seperti rumput, kayu pohon, jerami) merupakan sumber energi penting untuk fermentasi etanol. Sumber karbohidrat tersebut dapat diperoleh dari kultivasi tanaman sumber energi, tanaman potensial yang tumbuh secara alami, maupun limbah hasil pertanian (Kadam *et al.*, 2000; Nzalibe dan Okafogwu, 2007; Muthuvelayudham dan Viruthagiri, 2007; Patel *et al.*, 2007).

Untuk fermentasi etanol perlu dipertimbangkan terlebih dahulu bahan-bahan yang akan dipilih. Bahan yang mengandung gula memerlukan teknologi sederhana, bahan berpati juga melalui penerapan teknologi sederhana yang telah dikembangkan, sedangkan untuk bahan berselulosa memerlukan proses biokonversi yang lebih kompleks.

Komoditas hasil pertanian mengandung bahan berpati yang lazim dipakai untuk fermentasi etanol misalnya sereal dan umbi-umbian. Golongan umbi-umbian seperti ubi kayu, ubi jalar dan kentang telah banyak diteliti sebagai bahan pembuatan etanol (Judoamidjojo *et al.*, 1992). Sereal dan umbi-umbian banyak tumbuh di Indonesia. Produksi sereal terutama beras sebagai bahan pangan pokok dan umbi-umbian cukup tinggi. Dengan bertambahnya penduduk, kebutuhan akan sereal dan umbi-umbian sebagai sumber energi pun terus meningkat. Golongan sereal yang berpotensi sebagai sumber bioetanol antara lain padi (batang), jagung (buah, tongkol), dan sorgum (biji, batang).

Di Indonesia selain ubi kayu dan ubi jalar masih banyak jenis umbi-umbian lain yang perlu diteliti untuk bahan baku fermentasi etanol, seperti ganyong (*Canna edulis* Ker). Ganyong tumbuh dengan mudah baik dibudidayakan ataupun liar. Ganyong merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat, antara lain: umbi mudanya untuk sayuran, umbi tuanya dapat diperas patinya untuk dibuat tepung, sedangkan daun dan tangkainya dapat digunakan untuk pakan ternak (Rukmana, 2000). Umbi ganyong mengandung karbohidrat yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk produksi glukosa dan fermentasi etanol. Hidrolisis pati dapat dilakukan dengan katalis asam, kombinasi asam dan enzim, serta kombinasi enzim dan enzim (Judoamidjojo *et al.*, 1992). Pati ganyong memiliki kadar karbohidrat 80% dan kadar air 18%. Pati ganyong memiliki warna putih kecoklatan dan tekstur halus. Kadar pati yang tinggi menunjukkan bahwa pati ganyong dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan sirup glukosa (Wulansari, 2004).

* Alamat korespondensi:

Jl. Ir. H. Juanda No 95, Ciputat-Tangerang 15412
Tel.: +62-21-7493606; Fax: +62-21-7493315
e-mail: lsurayya@yahoo.com

Penelitian tentang hidrolisis pati dengan asam sebelumnya telah dilakukan antara lain oleh Handayani (2006) yang menghidrolisis pati sagu dengan H₂SO₄, dan Musyarofah (2007) yang menghidrolisis empulur sagu dengan HNO₃, tetapi penelitian hidrolisis tersebut hanya menggunakan salah satu jenis katalis asam saja, tanpa membandingkannya dengan katalis asam yang lain. Hidrolisis pati ganyong bertujuan untuk mengkonversi pati menjadi komponen yang lebih sederhana. Asam akan memecah molekul pati secara acak dan gula yang dihasilkan sebagian besar adalah gula pereduksi (Judoamidjojo *et al.*, 1989). Pati yang telah mengalami perlakuan hidrolisis asam akan lebih mudah difermentasi menjadi etanol. Semakin besar hasil hidrolisis pati menjadi glukosa diharapkan semakin besar pula etanol yang dihasilkan melalui proses fermentasi. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui jenis katalis asam yang optimum dalam menghidrolisis pati menjadi glukosa khususnya pati ganyong.

BAHAN DAN METODE

Bahan berpati yang digunakan pada penelitian ini adalah ganyong (*C. edulis*) yang diperoleh dari populasi liar yang banyak tumbuh di perkebunan di Depok, Jawa Barat dan telah diidentifikasi di Herbarium Bogoriense, Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi, LIPI, Cibinong-Bogor. Fermentasi dilakukan menggunakan khamir *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi, PLT UIN Jakarta. Alat yang digunakan adalah peralatan gelas, UV-VIS merk Perkin Elmer Lambda 25, Piknometer, pH meter dan GC-MS Shimadzu QP-2010.

Preparasi sampel dan uji kadar pati

Pati ganyong diperoleh dari umbi ganyong yang sudah tua, sehingga diperoleh pati yang halus. Umbi ganyong yang sudah dibersihkan diparut sampai lembut, dan ditambah air dengan perbandingan 1/1 (b/v) sambil dilakukan peremasan, diaduk dan kemudian disaring. Endapan hasil saringan dijemur hingga kering. Apabila tidak ada sinar matahari, penjemuran dapat dilakukan di dalam ruangan, di atas pemanas buatan seperti tungku atau kompor. Sebanyak 3 g pati ganyong dilarutkan dengan etanol 95% pada suhu 40°C, kemudian disaring dengan kertas saring dan dioven pada suhu 80°C. Sampel yang telah dioven ditimbang sebanyak 0,1 g dan dilarutkan dalam 5 mL DMSO (*dimetil sulfoksida*). Sampel diletakkan di atas penangas air mendidih (suhu 80°C) selama 20 menit sambil sesekali divortex, didinginkan dalam ruangan dan disentrifus selama 20 menit, kemudian diambil supernatannya. Endapan yang tersisa ditambah lagi dengan 5 mL DMSO dan disentrifus kembali (proses diulang hingga tiga kali). Supernatan yang diperoleh di kumpulkan dalam gelas ukur 50 mL, diencerkan 10 kali kemudian divortex dan diuji kadar gula totalnya dengan metode Anthrone (AOAC, 1984).

Penentuan kadar air

Cawan Petri dikeringkan dalam oven (105°C) selama ± 1 jam, lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang (A). Sebanyak 3 g pati ganyong (B) dimasukkan ke dalam cawan petri dan dipanaskan dalam oven (105°C) selama ± 2 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang (C). Kadar air dihitung berdasarkan rumus (AOAC, 1984):

$$\frac{(A + B) - C}{C} \times 100\%$$

Hidrolisis asam

Pati umbi ganyong dihidrolisis dengan HNO₃, HCl dan H₂SO₄ masing-masing pada konsentrasi 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7%. Hasil hidrolisis (gula pereduksi) dianalisis dengan metode Nelson Somogyi. Pada 45 buah erlenmeyer masing-masing berisi 7 g pati ganyong yang telah dilarutkan dalam 100 mL aquades, masing-masing ditambah dengan HNO₃, HCl dan H₂SO₄ pada konsentrasi 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7% (v/v) hingga mencapai pH 1-2 (Tjokroadikoesoemo, 1986), kemudian disterilisasi dengan autoklaf selama 1 jam pada suhu 120°C. Setelah didinginkan dan netralisasi dengan Na₂CO₃ 10%, dilakukan pengukuran gula pereduksi. Setelah didapat sampel dengan nilai gula reduksi tertinggi, selanjutnya dianalisis kandungan gula total dan DE (*dextrose equivalent*) dengan metode gula total Anthrone.

Penentuan kadar gula

Pembuatan kurva standar gula total dilakukan dengan cara melarutkan 0,2 g glukosa standar dalam 100 mL aquades sehingga diperoleh konsentrasi 2000 ppm. Larutan kemudian diencerkan dengan aquades sehingga diperoleh konsentrasi 0 (kontrol); 100; 200; 300; 400; 500 ppm. Masing-masing larutan tersebut kemudian ditambah dengan 5 mL pereaksi Anthrone, kemudian ditutup dan dicampur secara merata. Setelah ditempatkan dalam penangas air (*water bath*) 100°C selama 12 menit, dan didinginkan dengan air mengalir, kemudian dilakukan pembacaan absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dan dibuat hubungan antara absorbansi dengan mg glukosa.

Penetapan konsentrasi gula total yang terkandung dalam sampel dilakukan pada 1 mL sampel yang telah diencerkan dalam tabung reaksi dengan cara yang sama seperti pada pembuatan kurva standar (Apriantono *et al.*, 1989). Pembuatan kurva standar gula pereduksi dilakukan dengan cara melarutkan 0,1 g glukosa standar dalam 100 mL aquades sehingga diperoleh konsentrasi 1000 ppm. Larutan kemudian diencerkan dengan aquades sehingga diperoleh konsentrasi; 0 (kontrol); 50; 100; 150; 200 ppm. Masing-masing larutan tersebut kemudian ditambah dengan 1 mL pereaksi Nelson. Setelah ditutup dan dicampur merata dan tempatkan dalam *Water bath* 100°C selama 20 menit, kemudian didinginkan dalam suhu ruang dan ditambahkan 1 mL pereaksi arsenomolibdat. Untuk mengurangi kepekatan dapat ditambahkan aquades sebanyak 7 mL. Pembacaan absorbansi dilakukan pada 720 nm kemudian dibuat hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi glukosa.

Penetapan kadar gula pereduksi yang terkandung dalam sampel dilakukan pada 1 mL sampel yang telah diencerkan dalam tabung reaksi dengan cara yang sama seperti pada pembuatan kurva standar (Apriyanto *et al.*, 1989). Derajat konversi (*dextrose equivalent*/DE) dapat diperoleh jika konsentrasi gula pereduksi dan jumlah gula total telah diketahui. DE dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$DE = \frac{\text{konsentrasi gula pereduksi}}{\text{konsentrasi gula total}} \times 100\%$$

Fermentasi

Kadar gula pereduksi tertinggi yang dihasilkan dari proses hidrolisis dipilih untuk selanjutnya difermentasi

dengan *S. cerevisiae*. Selama proses fermentasi dilakukan kontrol pH setiap 12 jam (tetap pada pH 1-2). Untuk mengetahui pengaruh gula pereduksi terhadap kadar etanol yang dihasilkan dibuat media fermentasi dengan kadar glukosa 14%. Sisa gula pereduksi, kadar etanol, dan pH dianalisis setiap 12 jam sekali. Khamir *Saccharomyces cerevisiae* ditumbuhkan pada agar miring PDA dan diinkubasi selama 1 hari. Sebanyak 3 ose isolat khamir berumur 1 hari ditanam dalam 30 mL media PDB, kemudian diinkubasikan pada suhu kamar dan diagitasi pada 120 rpm. Untuk mengetahui kurva pertumbuhan khamir setiap 4 jam sekali jumlah sel khamir dihitung menggunakan spektrofotometer. Perhitungan jumlah koloni khamir dilakukan menggunakan metode *plate count*. Sebanyak 10% (v/v, mL) isolat khamir *S. cerevisiae* dalam PDB dimasukkan ke dalam media fermentasi (menggunakan Erlenmeyer), lalu ditambahkan 1% (v/v) pepton, dan 4% (v/v) amonium sulfat sebagai nutrisi. Media fermentasi pada percobaan ini dibagi menjadi 3 perlakuan: (A) Media fermentasi dengan kadar gula pereduksi hasil hidrolisis terbaik; (B) Media fermentasi dengan kadar gula pereduksi hasil hidrolisis terbaik dengan pengontrolan pH setiap 12 jam sekali; (C) Media fermentasi dengan kadar gula 14% (b/v) sebagai pembanding. Selanjutnya Erlenmeyer ditutup rapat dan diinkubasi pada suhu kamar selama 48 jam, kemudian dilakukan pengukuran pH, gula reduksi sesudah fermentasi, dan analisis etanol setiap 12 jam.

Analisis kualitatif etanol

Sampel sebanyak 2 μ L disuntikkan ke dalam alat GC-MS dengan kondisi kolom: Rtx-1MS; detektor: ionisasi nyala; suhu; kolom 50°C, detektor 250°C, dan injektor 250°C; control mode split; fase gerak Helium; fase diam Polymetilsiloxane; total flow 155,4 mL/min dan split ratio 100.

Analisis kuantitatif kadar etanol

Etanol p.a. sebanyak 1,0; 2,0; 3,0; dan 4,0 mL diambil dengan mikropipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga volume 100 mL. Replikasi dilakukan sebanyak 3 kali. Piknometer dibersihkan secara hati-hati menggunakan aseton, kemudian dikeringkan dan ditimbang. Akuades didinginkan sampai dibawah suhu percobaan ($\pm 15^\circ\text{C}$). Piknometer diisi dengan akuades secara hati-hati hingga penuh dan termometer dimasukkan. Suhu dalam piknometer ditunggu hingga mencapai suhu percobaan (20°C), kelebihan akuades pada puncak pipa kapiler dibersihkan. Piknometer yang berisi akuades segera ditimbang dan beratnya dicatat. Cara yang sama dilakukan untuk larutan baku etanol. Berat jenis dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Berat jenis sampel} = \frac{\text{berat larutan baku etanol} - \text{berat piknometer}}{\text{berat akuades} - \text{berat piknometer}}$$

Kadar etanol dihitung menggunakan tabel konversi BJ-etanol.

Larutan baku etanol yang telah diukur dicari nilai *recovery*, kesalahan sistemik dan kesalahan acaknya dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Recovery} = \frac{\text{kadar terukur}}{\text{kadar sebenarnya}} \times 100\%$$

$$\text{Kesalahan sistemik} = 100\% - \text{recovery}$$

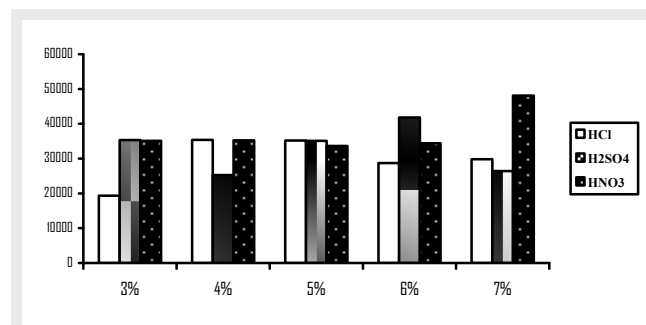
Penentuan kadar etanol dalam sampel dilakukan sama sebagaimana pada pengukuran larutan baku etanol dengan piknometer menggunakan larutan sampel.

Analisis data

Data hasil percobaan hidrolisis dianalisis dengan ANOVA (Analisis Varians) satu arah untuk mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi asam terhadap kadar gula pereduksi. Sedangkan data hasil fermentasi dianalisis dengan ANOVA satu arah untuk mengetahui pengaruh perbedaan kadar gula pereduksi terhadap kadar etanol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini pati ganyong dihidrolisis menggunakan tiga jenis asam yaitu asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl). Dengan variasi konsentrasi 3%, 4%, 5%, 6% dan 7%. Hidrolisis dilakukan pada suhu 120°C, sebagaimana dijelaskan menurut Judoamidjojo *et al.* (1989) bahwa hidrolisis pati dengan asam memerlukan suhu tinggi, yaitu 120-160°C. Dari ketiga jenis katalis asam yang digunakan untuk menghidrolisis pati ganyong, didapatkan hasil yang paling optimum untuk menghasilkan gula pereduksi tertinggi yaitu menggunakan katalis asam HNO_3 pada konsentrasi 7% (v/v) yang dapat menghasilkan gula pereduksi sebesar 48090 ppm. Pengaruh konsentrasi ketiga jenis asam terhadap kadar gula pereduksi hasil hidrolisis pati ganyong diperlihatkan pada Gambar 1.



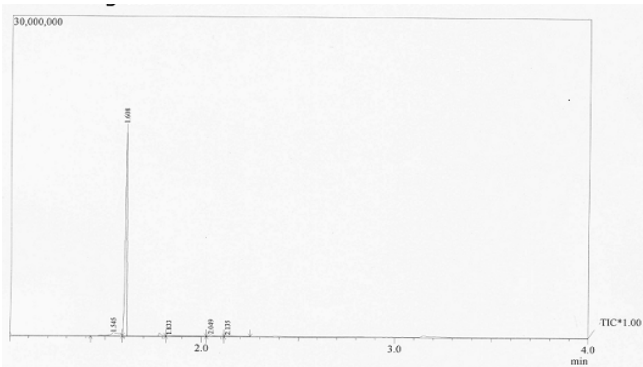
Gambar 1. Pengaruh jenis dan konsentrasi asam terhadap hidrolisis pati ganyong (*C. edulis*).

Dari uji statistik yang dilakukan, kadar gula pereduksi yang dihasilkan dari hidrolisis dengan H_2SO_4 , HNO_3 , dan HCl tidak berpengaruh secara signifikan. Hal ini disebabkan asam memecah molekul pati secara acak sehingga hasil hidrolisis pati ganyong sulit diprediksikan.

Hasil hidrolisis pati ganyong menggunakan katalis HNO_3 7% (v/v) memiliki kadar gula total sebesar 169372,33 ppm, sedangkan nilai DE sebesar 28,4. Menurut Judoamidjojo *et al.* (1989) hidrolisis pati dengan asam hanya memperoleh sirup glukosa dengan ekuivalen dekstrosa (DE) sebesar 55, hal ini disebabkan katalis asam hanya menghidrolisis secara acak. Konversi asam untuk membuat sirup glukosa dengan DE di atas 55 akan mengakibatkan molekul gula itu bergabung kembali dan menghasilkan bahan pembentuk warna seperti 5-hidroksimetil furfural atau asam levulinat (Judoamidjojo *et al.*, 1989).

Fermentasi gula hasil hidrolisis pati ganyong menggunakan media fermentasi pada penelitian ini dibagi menjadi tiga perlakuan (periksa Bahan dan Metode). Analisis GC-MS bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi. Sampel yang

analisis dengan GC-MS adalah hasil fermentasi pada jam ke-72 untuk setiap perlakuan. Pengambilan dari ketiga perlakuan tersebut diharapkan dapat mewakili analisis etanol secara keseluruhan. Pola/profil kromatogram hasil fermentasi diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kromatogram GC-MS hasil fermentasi.

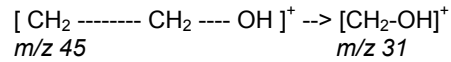
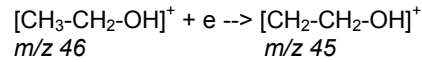
Senyawa etanol diharapkan muncul pada waktu retensi 1,608 menit dan memiliki luas puncak 85,13% serta tinggi puncak 96,88% dari puncak (peak) keseluruhan. Berdasarkan analisis data kromatogram, terdapat pula senyawa-senyawa lain seperti metanol, 1-propanol, etil asetat, dan isobutanol, dengan persentase yang sangat kecil yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis data kromatogram hasil fermentasi.

Puncak	Waktu retensi	% Luas area	% Tinggi	Senyawa
1	1,545	7,87	1,42	Metanol
2	1,607	85,13	96,88	Etanol
3	1,833	3,08	0,42	1-propanol
4	2,049	2,12	0,84	Etil asetat
5	2,135	1,80	0,44	Isobutanol

Puncak senyawa-senyawa yang muncul selain etanol seperti metanol, etil asetat, isobutanol, isoamil alkohol yang terdapat pada produk hasil fermentasi memiliki persentase yang sangat kecil dibandingkan dengan puncak etanol. Menurut Judoamidjojo *et al* (1989) senyawa-senyawa tersebut merupakan produk sampingan dari fermentasi etanol. Pola fragmentasi etanol dapat disamakan melalui spektra massa etanol sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan pola fragmentasi pada spektroskopi massa tersebut, diketahui senyawa puncak dasar ion molekul (M^+) dengan $m/z = 45$ menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah etanol, pola fragmentasi molekul etanol yang disarankan terlihat pada Gambar 4.

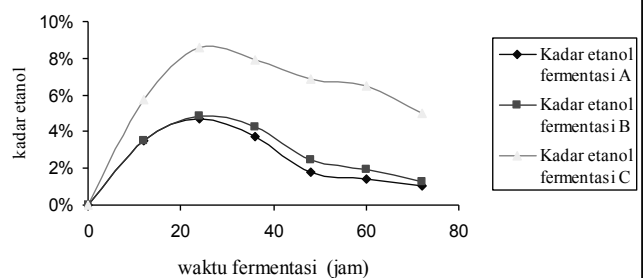


Gambar 4. Fragmentasi etanol.

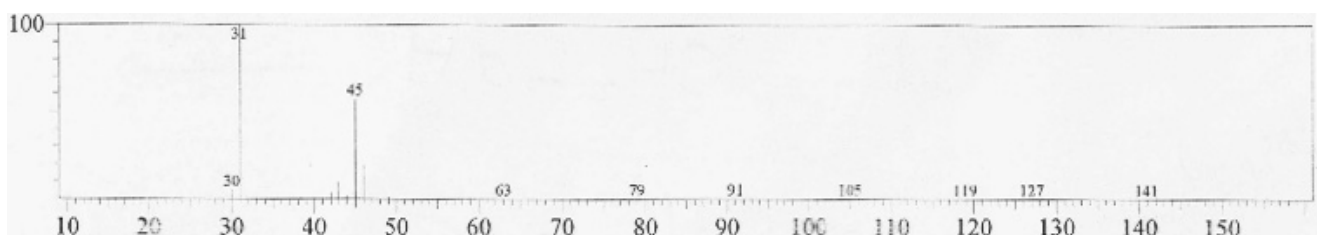
Pada fragmentasi etanol gugus CH_3 (alkil) lebih mudah lepas dibandingkan dengan gugus OH , hal ini disebabkan gugus CH_3 memiliki energi ikatan yang lebih rendah dibandingkan dengan gugus OH . Gugus OH yang sulit terlepas mengakibatkan ion molekul bermuatan positif.

Kadar etanol yang dihasilkan dari ketiga media dianalisis berdasarkan tabel konversi berat jenis-kadar etanol (Mardoni, 2007). Kadar etanol dipengaruhi oleh waktu fermentasi. Kadar etanol optimum dicapai pada waktu fermentasi jam ke-24, dan mulai menurun pada jam ke-36. Hal ini disebabkan pada jam ke-24 sel khamir mulai memasuki fase ekponensial dimana etanol sebagai metabolit primer dihasilkan, sedangkan pada jam ke-36 sel mulai memasuki fase stasioner.

Pengaruh dari pengontrolan pH setiap 12 jam sekali pada media fermentasi dapat sedikit mengurangi penurunan kadar etanol yang disebabkan lamanya waktu fermentasi. Perbedaan kadar etanol yang dihasilkan dari ketiga jenis media fermentasi diperlihatkan pada Gambar 5. Kadar etanol hasil fermentasi dengan kadar gula pereduksi hasil hidrolisis terbaik dicapai pada jam ke-24, yaitu sebesar 4,7% (v/v). Hal yang sama juga terjadi pada fermentasi dengan pengontrolan pH setiap 12 jam sekali, yaitu sebesar 4,8% (v/v). Sebagai pembandingan dibuat juga media fermentasi dengan kadar gula 14% (b/v), hasilnya kadar etanol meningkat menjadi 8,6% (v/v). Kadar etanol yang kurang optimal pada fermentasi hasil hidrolisis pati ganyong disebabkan kadar gula yang cukup rendah. Menurut Budiyanto (2003) konsentrasi gula yang optimum untuk menghasilkan kadar alkohol yang optimum adalah 14%-28% (b/v).

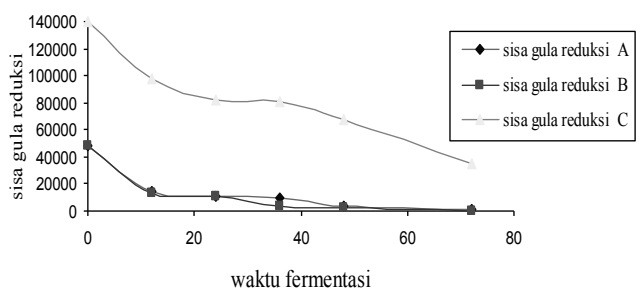


Gambar 5. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan.



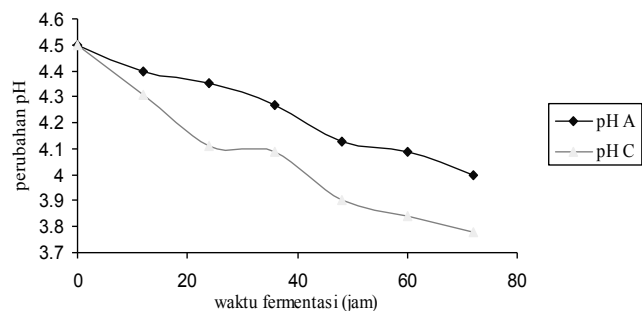
Gambar 3. Pola fragmentasi etanol hasil fermentasi.

Konsentrasi residu gula pereduksi selama proses fermentasi berlangsung diukur dengan metode Nelson Somogyi. Hasilnya menunjukkan bahwa selama proses fermentasi berlangsung kadar residu gula pereduksi cenderung menurun (Gambar 6). Kadar gula cenderung menurun disebabkan gula yang terdapat dalam media digunakan sebagai sumber karbon bagi sel khamir untuk mensintesis energi melalui proses fermentasi etanol. Sel khamir mulai optimum menghasilkan etanol pada jam ke-24. Setelah jam ke-24 penurunan kadar gula tidak diikuti dengan peningkatan kadar etanol karena gula digunakan sel khamir untuk mempertahankan hidup.



Gambar 6. Pengaruh waktu fermentasi terhadap residu gula reduksi.

Perubahan pH yang signifikan terjadi pada media fermentasi dengan kadar gula pereduksi hasil hidrolisis terbaik (A) (4,81%) dan pada media fermentasi dengan kadar gula 14% (v/v) (C). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan gambar dapat kita lihat pH awal media diatur menjadi 4,5. Derajat keasaman akan mempengaruhi kecepatan fermentasi, pH yang optimum untuk pertumbuhan khamir adalah 4-4,5 (Budiyanto, 2003). Dengan berlangsungnya fermentasi, pH cenderung menurun seperti pada media fermentasi dengan kadar gula reduksi hasil hidrolisis terbaik (A) dan pada media fermentasi dengan kadar gula 14% (v/v) (C). Nilai pH akhir pada media A mencapai 4 sedangkan pada media C mencapai 3,78.



Gambar 7. Pengaruh waktu fermentasi terhadap perubahan pH.

Kecenderungan media fermentasi semakin asam disebabkan amonia yang digunakan sel khamir sebagai sumber nitrogen diubah menjadi NH_4^+ . Molekul NH_4^+ akan menggabungkan diri ke dalam sel sebagai R-NH_3 . Dalam proses ini H^+ ditinggalkan dalam media, sehingga semakin lama waktu fermentasi semakin rendah pH media (Judoamidjojo *et al.*, 1989).

KESIMPULAN

Pati ganyong memiliki kadar karbohidrat 80% dan kadar air 18%, kadar pati yang tinggi menunjukkan bahwa pati ganyong dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan sirup glukosa, selain bioetanol. Jenis asam dan konsentrasi asam tidak berpengaruh signifikan terhadap gula pereduksi yang dihasilkan pada hidrolisis pati ganyong, hidrolisis optimum didapat dengan HNO_3 7% (DE = 28,4). Kadar glukosa pada fermentasi mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan, pada penelitian ini fermentasi dengan kadar glukosa hasil hidrolisis sebesar 4,81% menghasilkan etanol 4,84%, sedangkan dengan kadar glukosa 14% etanol yang dihasilkan meningkat menjadi 8,6%. Fermentasi tanpa pengontrolan pH dengan pengontrolan pH setiap 12 jam sekali kurang signifikan berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada pimpinan dan staf Herbarium Bogoriense, Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi-LIPI Cibinong Jawa Barat, yang telah membantu mengidentifikasi spesimen tumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshory. 2004. *Etanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jakarta: Erlangga.
- Association of Official Analysis Chemis [AOAC]. 1984. *Official Methods of Analysis of the Aoac*. Gaithersburg, United States: AOAC International.
- Apriantono, A., D. Fardiaz, N.L. Puspitasari, Sedamawati, dan S. Budiyanto. 1989. *Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan*. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.
- Budiyanto, M. A. K. 2003. *Mikrobiologi Terapan*. Malang: UMM Press.
- Handayani, B.H. 2006. *Hidrolisis Pati Sagu Secara Enzimatis dan Asam Serta Fermentasi Hidrolisisnya Menjadi Etanol Oleh Strain Saccharomyces Cerevisiae FNCC 3012 dan Isolat Bakteri Asal Empelur Sagu*. [Skripsi]. Bandung: Fakultas MIPA UNIV Padjajaran.
- Kadam, K.L., L.H. Forrest, and W.A. Jacobson. 2000. Rice straw as lignocellulosic resource collection, processing, transportation, and environmental aspects. *Biomass Bioenergy*, 8: 369-389.
- Judoamidjojo, R.M., E.G. Sa'id, dan L.Hartoto. 1989. *Biokonversi*. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Dirjen Dikti, Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Judoamidjojo, R.M., A.A.Darwis, dan E.G.Sa'id. 1992. *Teknologi Fermentasi*. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Mardoni. 2007. *Perbandingan Metode Kromatografi Gas dan Berat Jenis pada Kadar Etanol pada Minuman Anggur*. [Skripsi]. Yogyakarta: Fakultas Farmasi, Universitas Sanata Dharma.
- Musyarofah, E. 2007. *Hidrolisis Empelur Sagu (Metroxylon sp.) Secara Asam dan Pemanfaatannya Untuk Fermentasi Etanol oleh Saccharomyces cerevisiae*. [Skripsi]. Jakarta: Fakultas Sains & Teknologi UIN Syarif Hidayatullah.
- Muthuvelayudham, R. and T. Viruthagiri. 2007. Optimization and modeling of cellulase protein from *Trichoderma reesei* Rut C30 using mixed substrate. *African Journal of Biotechnology* 6 (1): 041-046.
- Nzelibe, H.C. and C.U. Okafogou. 2007. *Optimization of Ethanol Production from Garcinia kola (Bitter Kola) Pulp Agrowaste*. Zaria, Nigeria: Department of Biochemistry, Ahmadu Bello University.
- Patel S.J., R. Onkarappa, and K.S. Shobha. 2007. Study of ethanol production from fungal pretreated wheat and rice straw. *The Internet Journal of Microbiology* 4 (1): www.ispub.com
- Rukmana, R. 2000. *Ganyong Budidaya dan Pascapanen*. Yogyakarta: Kanisius.
- Tjokroadikoesoemo, P. S. 1986. *HFS dan Industri Ubi kayu Jakarta*. Jakarta: Penerbit PT. Gramedia.
- Wulansari, I. 2004. *Kajian Pengaruh Dosis α -Amilase dan Dextrozyme pada Pembuatan Sirup Glukosa dari Pati Sagu*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian IPB.