

HIDROLISIS BATANG PADI DENGAN MENGGUNAKAN ASAM SULFAT ENCER

Akbarningrum Fatmawati, N. Soeseno, N. Chiptadi dan S. Natalia

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Surabaya

Jl. Raya Kalirungcut, Surabaya 60292

Email : akbarningrum@ubaya.ac.id

Abstrak

Glukosa biasa diketahui sebagai sumber energi bagi organisme. Fermentasi glukosa dapat menghasilkan banyak produk – produk yang berguna seperti ethanol, yang dapat digunakan sebagai sumber energi yang dapat diperbarui, menggantikan bahan bakar bensin. Glukosa dapat diambil dari berbagai macam bahan makanan seperti puhung, yam, rumput, gandum, kentang, jagung, dan lain lain. Bahan makanan tersebut mengandung polisakarida yang dapat dihidrolisa menjadi glukosa. Jerami adalah salah satu bahan limbah alami dengan kandungan selulosa tinggi yang dapat digunakan untuk memproduksi glukosa untuk mengatasi kebutuhan bahan pangan yang semakin meningkat. Di dalam penelitian ini asam encer hasil hidrolisa jerami diteliti menggunakan slurry yang memiliki konsentrasi 30% w/v. Efek dari temperatur (70,85,100°C), konsentrasi asam sulfur (0,3; 0,6; 0,9%v/v) dan ukuran partikel dari jerami (8,10,20 mesh) pada pengurangan hasil gula diobservasi. Pada penelitian ini, hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan dari temperature akan meningkatkan konsentrasi akhir pengurangan gula. Penurunan ukuran partikel dari jerami akan meningkatkan konsentrasi pengurangan gula. Konsentrasi asam sulfur yang semakin tinggi akan meningkatkan konsentrasi pengurangan gula. Kondisi maksimal yang didapat dari penelitian ini untuk temperatur adalah 100°C, konsentrasi asam sulfur 0,9%v/v dan ukuran jerami adalah 20 mesh (0,841 mm). Kondisi ini akan menghasilkan 1,1583 gram/liter konsentrasi akhir pengurangan gula dengan 38,61 mg/g hasil.

Kata kunci : Hidrolisis, glukosa, batang padi, Lignoselulosa, asam encer

Abstract

Glucose is usually known as a source of energy for organisms. Fermentation of glucose can produce many useful products such as ethanol, which can be used for renewable energy source, replacing fuel oil. Glucose can be derived from many foodstuffs such as cassava, yam, grass, wheat, potato, corn, etc. Such foodstuffs contain polysaccharide that can be hydrolyzed into glucose. Rice straw is one of natural waste materials with high cellulose content which can be utilized for glucose production to avoid competition with foodstuff needs. In this research dilute acid hydrolysis of rice straw is investigated using slurry concentration of 30% w/v. The effects of temperature (70, 85, 100°C), sulfuric acid concentration (0.3; 0.6; 0.9 %v/v), and particle size of rice straw (8, 10, 20 mesh) on the reducing sugar yield are observed. In this research, the result shows that the increase of set temperature will increase the final reducing sugar concentration. The decreasing size of the rice straw will increase the reducing sugar concentration. The higher the sulfuric acid concentration the higher reducing sugar concentration will be. The maximum condition obtained from this research is at the set temperature of 100°C, sulfuric acid concentration of 0.9 %v/v, and size of rice straw of 20 mesh (0.841 mm). This condition will produce 1.1583 gram/liter of final reducing sugar concentration with 38.61 mg/g of yield.

Key words : Hidrolisis, glukosa, batang padi, Lignoselulosa, asam encer

PENDAHULUAN

Glukosa dapat diperoleh dari beberapa bahan alam seperti singkong, yam, rumput, gandum, kentang, dan jagung. Dari hasil fermentasi glukosa dapat diproduksi beberapa bahan yang sangat berguna seperti etanol yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternative pengganti minyak bumi. Produksi alkohol dari produk pertanian menimbulkan masalah pada kebutuhan lahan yang besar sehingga dikhawatirkan akan berdampak pada pengurangan luas hutan dan tentunya akan bersaing dengan kebutuhan makanan. Oleh sebab itu bahan-bahan limbah pertanian dapat dijadikan pilihan sumber bahan baku alkohol.

Selulosa merupakan senyawa organik yang paling melimpah di bumi. Diperkirakan sekitar 10^{11} ton selulosa dibiosintesis setiap tahun. Kira-kira 50% berat kayu dan 90% berat kapas tersusun dari selulosa. Selulosa murni dapat kita peroleh dengan memisahkannya dari campuran yang berisi lemak, pektin, lignin, dan sebagainya. Bahan-bahan limbah pertanian seperti batang padi memiliki kandungan selulosa yang cukup besar yang dapat dikonversi menjadi glukosa. Batang padi tersusun atas selulosa (40-45%), hemiselulosa (17-25%), lignin (20%), dan mineral fosfor (0,016-0,02%) serta kalsium (0,4%). Biokonversi bahan lignoselulosa menjadi etanol memerlukan dua tahapan proses yaitu hidrolisa selulosa dan fermentasi gula menjadi etanol oleh yield. Proses hidrolisa enzimatik bersifat lebih spesifik daripada proses hidrolisa asam. Tapi hidrolisa enzimatik tersebut memerlukan pretreatment untuk meningkatkan penguraian oleh enzim. Pengolahan dengan asam encer termasuk salah satu cara pretreatment. Proses pretreatment dengan asam encer tersebut dapat melarutkan hemiselulosa, mengurangi kristalinitas selulosa dan meningkatkan porositas bahan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pretreatment dengan asam encer pada suhu 140-160°C dapat meningkatkan pelarutan xylan dan derajat penguraian selulosa oleh enzim sebesar 75-90% (Ye Sun dan Cheng, 2005).

Saha dkk, 2005 melakukan hidrolisa batang padi dengan asam dalam dua tahap. Tahap pertama dilakukan dengan melarutkan bulir padi yang telah digiling ke dalam H_2SO_4

15% b/v, kemudian mereaksikan dalam autoclave pada suhu 121°C. Pada tahap kedua bulir padi dilarutkan ke dalam H_2SO_4 1% v/v di atas *sand bath* pada suhu 140°C selama 15 menit dan didinginkan. Bulir padi yang dihasilkan kemudian dilarutkan dalam asam sulfat 1% v/v kembali pada suhu 190°C selama 10 menit. Hasil penelitian tersebut menunjukkan semakin besar konsentrasi H_2SO_4 dan waktu pemrosesan dapat meningkatkan jumlah total gula pereduksi.

Hidrolisis satu tahap yang dilakukan oleh Ye sun dan Cheng, 2005 yang menggunakan batang gandum sebagai bahan bakunya. Batang gandum tersebut memiliki komposisi arabinan 2,47%, galaktan 0,31%, glucan 33,12%, xylan 19,46%, *acid-insoluble lignin* 19,8%, dan abu 6,12% berat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi H_2SO_4 yang semakin tinggi dapat meningkatkan konsentrasi akhir gula pereduksi sedangkan waktu pemrosesan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam jumlah total gula pereduksi.

Hidrolisis dua tahap juga dilakukan oleh Thomas Brandberg dkk, 2005 yang mencampur air dan potongan kayu kedalam reactor batch. Reaktor tersebut dipanaskan secara cepat dengan injeksi uap air dan dipertahankan pada tekanan 12 bar selama 7 menit. Filtrat yang terbentuk kemudian dipanaskan lagi pada tekanan 21 bar selama 7 menit. Kandungan gula pereduksi total yang didapat dari kedua tahap di atas dari penelitian thomas adalah :

Tabel I. Kandungan gula pereduksi hasil hidrolisa potongan kayu dalam air

Hidrolisis	Tahap 1	Tahap 2
Glucose (mM)	52	141
Manose (mM)	134	26
Galactose (mM)	11	2.2
HMF (mM)	6.7	7.8
Furfural (mM)	4.6	4.8
Acetic Acid (mM)	97	33

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa total gula pereduksi yang didapat dari hidrolisis tahap pertama lebih besar daripada hidrolisis tahap kedua.

Pada penelitian ini dilakukan proses hidrolisis batang padi dengan asam sulfat encer.

Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variabel operasi (dalam hal ini suhu, konsentrasi asam dan ukuran batang padi) untuk menghasilkan gula pereduksi. Manfaat dari penelitian ini adalah diperolehnya gula yang nantinya dapat di fermentasi sehingga menghasilkan etanol, yang berguna sebagai sumber energi terbesar saat ini.

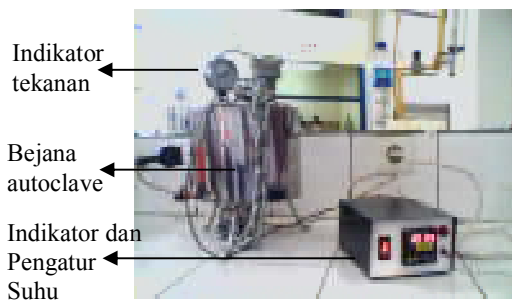
METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam sulfat (H_2SO_4) untuk reaksi hidrolisa, 3,5-dinitrosalicylic (DNS), sodium tartrate tetrahydrate dan Phenol untuk reagen penentuan gula pereduksi, dan Alpha-D-Glucose untuk pembuatan larutan standar.

Peralatan yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah mesin penggiling dan ayakan untuk menghancurkan dan memperoleh ukuran tertentu dari batang padi, autoclave untuk reaktor hidrolisa, dan spektrofotometer UV Lambda EZ-150.



Gambar 1. Reaktor autoclave

Tahapan cara kerja penelitian

1. Hidrolisa dengan asam

- Menggiling dan mengayak batang padi hingga ukuran yang dikehendaki, yaitu 8, 10, 20 mesh (2,38; 1,68; 0,841 mm).
- Membuat larutan batang padi (30 % b/v) dengan melarutkan 15 gr batang padi pada 500 ml air.
- Mencampur larutan batang padi dengan larutan H_2SO_4 98 % dengan variasi konsentrasi (0,3; 0,6; 0,9 %v/v).

- Memasukkan larutan pada autoclave dan memanaskan pada berbagai variasi suhu (70, 85, 100 °C).
- Setelah 1 jam, mendinginkan autoclave dengan cara mengompres memakai kain basah.
- Menyaring hasil dan memisahkan filtrat.

2. Menganalisa gula pereduksi yang terdapat pada filtrat

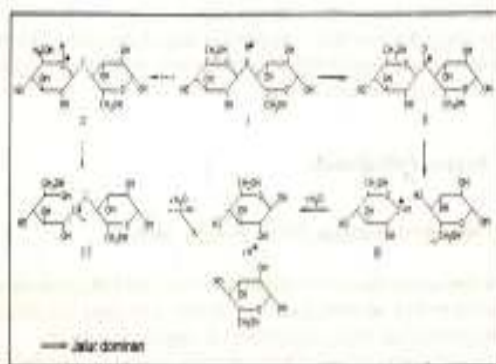
2.1. Membuat kurva standar

- Membuat larutan standar α -D glucose pada berbagai variasi konsentrasi (0,01; 0,02; 0,05; 0,1 gr/lit), kemudian mensterilkan larutan pada suhu 105 °C selama \pm 15 menit dalam autoclave agar tidak terjadi fermentasi.
- Membuat larutan reagent asam dinitrosalicylic 1 % dengan mencampur asam dinitrosalicylic 10 gr, phenol 2 gr, sodium sulfite 0,5 gr, sodium hydroxide 10 gr, dan air 1 liter.
- Membuat larutan potassium sodium tartrate 40 %
- Mereaksikan larutan standar dengan reagen DNS dengan perbandingan volume 1:1.
- Memanaskan campuran larutan sampai suhu 90 °C selama 5-15 menit sampai larutan berwarna merah-coklat.
- Menambahkan 1 ml larutan potassium sodium tartrate 40 % untuk menstabilkan warna
- Setelah campuran dingin, mengukur absorbansi pada berbagai variasi konsentrasi (0,01; 0,02; 0,05; 0,1 gr/lit) dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm.

2.2. Menghitung konsentrasi glucose pada sampel

- Memasukkan 3 ml larutan reagent asam dinitrosalicylic ke dalam 3 ml filtrat di dalam test tube
- Memanaskan campuran larutan sampai suhu 90 °C selama 5-15 menit sampai larutan berwarna merah-coklat.

- Menambahkan 1 ml larutan potassium sodium tartrate 40 % untuk menstabilkan warna
- Mendinginkan campuran larutan sampai pada suhu kamar dengan water bath.
- Mengukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 510 nm. (catatan : blanko berupa 1 ml larutan potassium sodium tartrate 40 % dan 6 ml aquadest)



Gambar 2. Mekanisme hidrolisis dalam suasana asam

HASIL DAN PEMBAHASAN Pengaruh konsentrasi asam

Pada percobaan dengan variasi pertama yaitu pada $T_{set} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan ukuran batang padi (Φ) = 2,38 mm (8 mesh) dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 yang digunakan yaitu 0,3; 0,6; dan 0,9 %v/v didapat konsentrasi gula pereduksi (C) yang terkandung di dalam masing-masing sampel yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel II. Pengaruh variasi % H_2SO_4 terhadap konsentrasi gula pereduksi

% H_2SO_4 (%v/v)	Suhu operasi ($^{\circ}\text{C}$)	C (gram/liter)	Yield (mg/g)
0,3	(98,9 – 137,6)	0,6009	20,0311
0,6	(101,2 – 139,9)	0,7182	23,9412
0,9	(98,9 – 144,9)	0,8925	29,7505

Dari tabel 2 dapat terlihat bahwa meningkatnya konsentrasi H_2SO_4 akan meningkatkan kandungan gula pereduksi yang didapat. Hal ini sesuai dengan teori dan hasil percobaan yang dilakukan oleh Saha dkk, 2005, dimana semakin besar konsentrasi asam sulfat maka proses pelarutan batang padi semakin cepat sehingga fasa menjadi lebih homogen dan reaksi pun berlangsung lebih cepat. Semakin banyaknya ion H^+ juga akan memperbanyak kemungkinan terbentuknya asam konjugat (II) sehingga pemecahan ikatan semakin cepat seperti yang terlihat pada mekanisme pemutusan ikatan selulosa pada gambar 2.

Pada percobaan ini didapatkan konsentrasi asam sulfat yang semakin besar akan memperbesar fluktuasi suhu operasi alat, sehingga sedikit berpengaruh terhadap konsentrasi gula pereduksi dan yield yang didapat.

Pengaruh suhu setting

Pada percobaan dengan variasi kedua yaitu pada ukuran batang padi (Φ) = 2,38 mm (8 mesh) dan % H_2SO_4 = 0,9 %v/v dengan variasi suhu setting autoclave yaitu 70, 85, 100 $^{\circ}\text{C}$ didapat konsentrasi gula pereduksi (C) yang terkandung di dalam masing-masing sampel, yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel III. Pengaruh variasi suhu terhadap konsentrasi gula pereduksi

T ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu operasi ($^{\circ}\text{C}$)	C (gram/liter)	Yield (mg/g)
70	(69,8 – 132,6)	0,3101	10,3362
85	(84,7 – 138,8)	0,5641	18,8022
100	(98,9 – 144,9)	0,8925	29,7505

Meningkatnya suhu proses akan menghasilkan kandungan gula pereduksi yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan teori dan hasil percobaan yang dilakukan oleh Thomas Brandberg dkk, 2005. Hal ini dapat disebabkan oleh meningkatnya konstanta laju reaksi karena peningkatan suhu sehingga dapat mempercepat laju reaksi.

Pengaruh ukuran batang padi

Pada variasi percobaan ketiga yaitu pada suhu set 100 $^{\circ}\text{C}$ dan % H_2SO_4 = 0,9 %v/v dengan variasi ukuran batang padi (Φ) = 8, 10, 20 mesh (2,38; 1,68; 0,841 mm) didapat konsentrasi gula pereduksi (C) yang terkandung di dalam masing-masing sampel, yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel IV. Pengaruh variasi ukuran batang padi (Φ) terhadap konsentrasi gula pereduksi

mesh	Suhu operasi (°C)	C (gram/liter)	Yield (mg/g)
8	(98,9 – 144,9)	0,8925	29,7505
10	(99,2 – 136,7)	1,0522	35,0739
20	(98,9 – 142,6)	1,1583	38,6098

Semakin kecil ukuran batang padi maka semakin banyak pula gula pereduksi yang didapat. Hal ini sesuai dengan teori, dimana semakin kecil ukuran batang padi maka semakin besar luas permukaan kontak antara larutan H_2SO_4 dengan batang padi dan aksesibilitas dalam hal hidrolisis heterogen juga semakin besar sehingga proses hidrolisa semakin banyak terjadi dan menghasilkan gula pereduksi yang besar pula.

Dapat kita lihat di atas walaupun konsentrasi asam sulfat yang digunakan kecil (0,3 %v/v), namun pada suhu set 100 °C, menghasilkan yield yang besar dibanding dengan konsentrasi asam sulfat 0,9 %v/v dengan suhu set 85 °C, hal ini menunjukkan bahwa suhu merupakan parameter yang lebih dominan dibanding konsentrasi asam. Semakin kecil ukuran batang padi akan meningkatkan konsentrasi gula pereduksi yang didapat, akan tetapi peningkatan ini tidak sebanding dengan peningkatan konsentrasi gula pereduksi akibat meningkatnya suhu setting. Dari parameter-parameter diatas (konsentrasi asam sulfat, suhu setting, dan ukuran batang padi) dapat diketahui bahwa parameter suhu setting merupakan parameter yang lebih dominan dibanding parameter-parameter lainnya.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang kami dapatkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Batang padi dapat menghasilkan gula pereduksi dengan proses hidrolisis menggunakan katalisator asam sulfat encer.
2. Meningkatnya konsentrasi larutan H_2SO_4 yang digunakan akan menghasilkan konsentrasi gula pereduksi yang semakin besar.
3. Semakin tinggi suhu proses yang digunakan akan menghasilkan konsentrasi gula pereduksi yang semakin besar.

4. Ukuran batang padi yang semakin kecil akan meningkatkan konsentrasi gula pereduksi.
5. Suhu adalah parameter yang lebih berpengaruh dibanding konsentrasi H_2SO_4 dan ukuran partikel.
6. Kondisi maksimum percobaan adalah pada suhu set 100 °C, $\Phi = 20$ mesh (0,841 mm), dan konsentrasi asam sulfat yang digunakan = 0,9 %v/v yang menghasilkan konsentrasi gula pereduksi sebesar 1,1583 gram/liter dan yield sebesar 38,61 mg/g.

DAFTAR NOTASI

- C = Konsentrasi glukosa (gram/liter)
 T = Suhu setting (°C)
 P = Tekanan (bar)
 Φ = Ukuran batang padi (mesh atau mm)

DAFTAR PUSTAKA

- Brandberg Thomas, Sanandji, Nima, Gustafsson, Lena, Franzen, Cael Johan, (2005), "Continuous Fermentation of Undetoxified Dilute Acid Lignocellulose Hydrolysate by *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 96581 Using Cell Recirculation", *Biotechnology Progress*, 21, 1093-1101.
- Fessenden, R.J. and Fessenden, J. S., (1995), "kimia Organik", Jilid – 1, edisi – 3, 340-343, Erlangga, Jakarta.
- Fessenden, R.J. and Fessenden, J. S., (1995), "kimia Organik", Jilid – 2, edisi – 3, Erlangga, 353, Jakarta.
- Saha, Badal C., Iten, Loren B. Cotta, Michael A, (2005), "Dilute acid pretreatment, Enzymatic Saccharification, and Fermentation of Rice Hulls to ethanol", *Biotechnology Progress*, 21, 816-822.
- Sastrohamidjojo, Dr. Hardjono, 1995, (1995), "Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi", 70, 319-322, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sjöström, aero, (1993), "Wood Chemistry, Fundamental and Applications", Second Edition, Academic Press.
- Ye Sun and Jay J. Cheng, (2005), "Dilute acid pretreatment of rye straw and bermudagrass for ethanol production", *Bioresource Technology*, 96, 1599-1606.