

# Pretreatment Bonggol Jagung dengan Asam Sulfat

## *Pretreatment of corncob with sulfuric acid*

H. Maria Ingrid, Herry Santoso, James Wijaya

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik  
Parahyangan

Email : [inggrid@unpar.ac.id](mailto:inggrid@unpar.ac.id)

### Abstrak

Bonggol jagung merupakan limbah lignoselulosa yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan bioetanol. Lignoselulosa terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin yang merupakan bahan utama penyusun dinding sel tumbuhan. Proses pembuatan bioetanol dari bahan lignoselulosa terdiri dari tahap *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari kondisi *pretreatment* menggunakan asam sulfat encer. *Pretreatment* dilakukan pada berbagai temperatur reaksi (110°C, 120°C, 130°C), dan kadar asam sulfat encer (0,5; 1,5; 2,5 % w/v), dengan waktu reaksi (30, 60, 90 menit). Selanjutnya dilakukan hidrolisis untuk menghasilkan gula sederhana. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada temperatur *pretreatment* 120°C dan kadar asam sulfat 1,5% w/v dengan waktu reaksi 60 menit, diperoleh glukosa 56,3% dan kadar xilosa 255,0 ppm.

**Kata kunci** : Bioetanol, lignin, selulosa, *pretreatment*.

### Abstract

*Corncoobs are abundant lignocellulosic waste materials that has the potential to be used as raw material to produce biofuel. Lignocellulosic material mainly consists of cellulose, hemicellulose and lignin. The conversion of lignocellulosic material to fermentable sugar involves pretreatment, hydrolysis, fermentation and purification. The objective of this experiment is to study the operating condition of dilute sulfuric acid pretreatment to release fermentable sugar from corncob. In this experiment the effect of temperature, concentration of sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and time of reaction to lignin disruption were studied. The result show that optimal pretreatment using sulfuric acid 1.5% w/v, for 1h at 120°C, resulting glucose yield 56.3% and xylose concentration 255.0 ppm .*

**Keywords** : Bioethanol, lignin, cellulose, *pretreatment*.

## 1. PENDAHULUAN

Terbatasnya sumber energi minyak bumi mendorong manusia berusaha untuk mencari bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan. Konversi biomassa lignoselulosa menjadi bioetanol merupakan salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan untuk menggantikan bahan bakar minyak, karena dapat mengurangi emisi karbon, selain itu dapat meningkatkan efisiensi pembakaran (Erliza Hambali, 2007; Kumar et al., 2009).

Indonesia memiliki limbah biomassa yang berlimpah seperti sekam padi, bagas tebu dan bonggol jagung. Bonggol jagung merupakan biomassa yang mengandung lignoselulosa, lignoselulosa adalah bahan yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin, selulosa merupakan polimer yang terdiri dari unit glukosa dengan ikatan 1,4- $\beta$ -glikosidik (Qing et al., 2011), selulosa dapat terurai menjadi gula sederhana, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk produksi bioetanol. Komposisi kimia dari bonggol jagung dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Bonggol Jagung (Nantapipat et al., 2013)

Komponen kimia	Berat kering (%)
Selulosa	39,31
Hemiselulosa	34,46
Lignin	10,47

Konversi Lignoselulosa menjadi bioetanol umumnya terdiri dari 4 tahap, yaitu *pretreatment* untuk memecahkan lignin, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian. *Pretreatment* merupakan tahap yang paling penting, tujuannya adalah memecahkan ikatan lignin dan hemiselulosa pada dinding sel biomassa, mengurangi kristalinitas selulosa, dan meningkatkan porositas bahan, selain itu dapat meningkatkan kadar gula yang diperoleh pada proses hidrolisis. *Pretreatment* dengan asam sulfat encer banyak dikembangkan, karena proses yang sederhana dan tidak memerlukan *recovery* asam, dapat melarutkan hemiselulosa, meningkatkan kinerja enzim pada proses hidrolisis, menurunkan derajat polimerisasi dan kristalinitas selulosa (Nantapipat et al., 2013), sehingga meningkatkan monomer gula yang dapat difermentasi menjadi etanol.

Masalah yang dihadapi adalah efisiensi konversi bahan lignoselulosa menjadi bioetanol yang masih rendah, karena struktur kimia dari lignoselulosa

cukup kompleks. Polisakarida khususnya selulosa terikat kuat dan dilindungi oleh lignin, sehingga sulit dijangkau oleh enzim selulase (Esteghlalian et al., 1997; Kumar et al., 2009). Oleh sebab itu perlu dipelajari kondisi *pretreatment* seperti kadar asam, temperature reaksi dan waktu reaksi, sehingga dapat menghasilkan kadar gula tertinggi, yang dapat diproses lebih lanjut menjadi bioetanol.

## **2. METODE**

### **2.1 Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan adalah bonggol jagung, larutan asam sulfat, glukosa, buffer sitrat, enzim selulase (*Novozyme Cellusoft-L*).

Alat gelas dan neraca, instrumen spektrofotometer, pH meter, kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), dan kromatografi gas (GC).

### **2.2 Prosedur**

Prosedur penelitian meliputi beberapa tahap yaitu: persiapan sampel bonggol jagung, *pretreatment* dengan asam sulfat encer, hidrolisis dengan enzim selulase, kadar glukosa yang diperoleh dianalisis dengan HPLC. Untuk menguji apakah dapat terbentuk etanol, glukosa difermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* dan kadar etanol dianalisa dengan GC.

*Pretreatment* dan hidrolisis; bonggol jagung direndam dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> encer dengan kadar masing-masing 0,5%, 1,5%, dan 2,5% w/v pada berbagai temperatur (110°C, 120°C, dan 130°C), masing-masing larutan direaksikan dalam waktu 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Hasil *pretreatment* berupa padat dipisahkan, dikeringkan hingga kadar air sekitar 8%, kemudian dihidrolisis dengan enzim selulase dalam larutan buffer sitrat pada pH 4,8 dengan temperatur 50°C selama 12 jam. Kadar gula yang terbentuk ditentukan menggunakan HPLC dengan larutan standar. Fermentasi dilakukan dengan *Saccharomyces cerevisiae* pada temperatur 33°C dan pH 4,5-5,0.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Variabel yang diteliti pada *pretreatment* adalah kadar larutan asam sulfat (0,5; 1,5; 2,5 % w/v), temperatur (110°C, 120°C, 130°C) dan waktu reaksi (30, 60, dan 90 menit). Data hasil percobaan dilakukan uji *analysis of variance*

(ANOVA) untuk mempelajari kondisi *pretreatment* agar diperoleh kadar gula tertinggi.

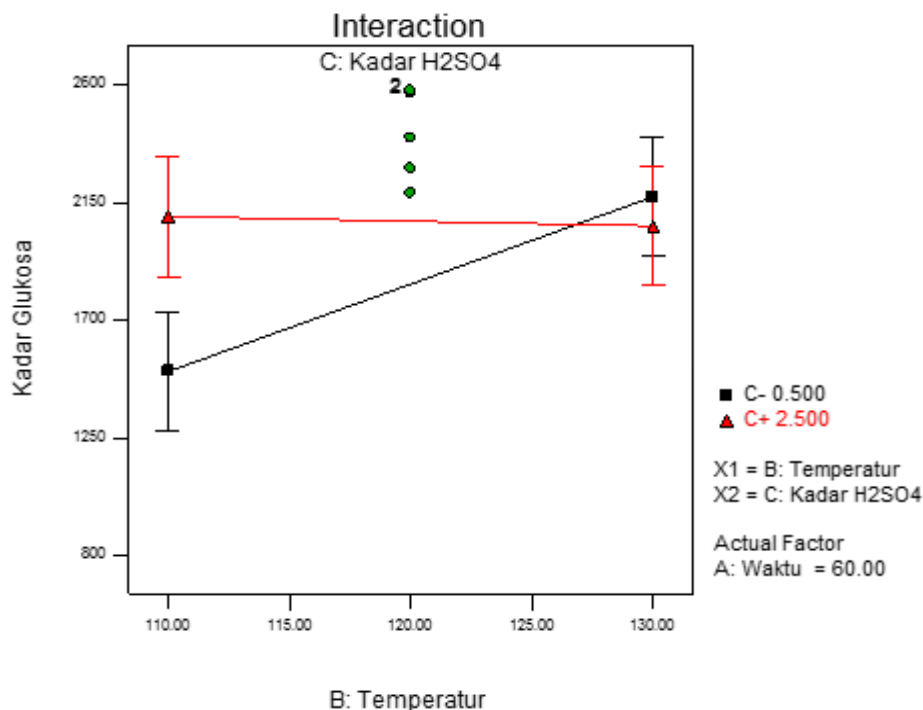
Dari hasil perhitungan terlihat bahwa terdapat interaksi yang signifikan antara temperatur (B) dan kadar asam sulfat (C) dengan  $p=0,0184$  terhadap kadar glukosa yang dihasilkan; terdapat interaksi yang signifikan antara waktu reaksi (A) dan kadar asam sulfat (C) dengan  $p=0,0454$ ; dan terdapat interaksi yang signifikan antara A-B-C, dengan  $p=0,0253$ . Selain itu, model dan *curvature* masing-masing berpengaruh signifikan terhadap perolehan kadar glukosa. Hasil analisis *pretreatment* bonggol jagung pada berbagai variasi konsentrasi asam sulfat, temperatur dan waktu reaksi dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil *pretreatment* bonggol jagung dengan asam sulfat encer

Run	Waktu	Temperatur	Konsentrasi asam (%)	R1 (ppm glukosa)	R2 (% yield glukosa)
1	0,5	110	0,5	892,5	19,5
2	1,5	110	0,5	2115,4	46,2
3	0,5	130	0,5	2280,2	49,2
4	1,5	130	0,5	2063,6	45,1
5	0,5	110	2,5	2383,9	52,1
6	1,5	110	2,5	1809,6	39,5
7	0,5	130	2,5	2213,2	48,3
8	1,5	130	2,5	1907,7	38,6
9	1,0	120	1,5	2185,5	47,7
10	1,0	120	1,5	2568,8	56,1
11	1,0	120	1,5	2577,3	56,3
12	1,0	120	1,5	2396,8	52,3
13	1,0	120	1,5	2280,2	49,8

Pada gambar 1 menunjukkan pengaruh temperatur reaksi dan kadar asam terhadap perolehan kadar glukosa. Dapat dilihat bahwa pada kadar asam sulfat yang rendah ( $H_2SO_4$  0,5% w/v) kenaikan temperatur dari  $110^\circ C$  sampai  $130^\circ C$  akan meningkatkan kadar glukosa. Hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur reaksi, ikatan 1,4- $\beta$ -glikosidik pada selulosa semakin mudah diuraikan sehingga membentuk unit-unit glukosa. Selain itu, reaksi hidrolisa merupakan suatu reaksi endotermis, sehingga memerlukan energi yang cukup untuk dapat menguraikan polisakarida menjadi monomer glukosa. Tetapi, pada konsentrasi asam sulfat yang lebih tinggi (2,5 M), kenaikan temperatur dari  $110^\circ C$  hingga  $120^\circ C$  dapat meningkatkan kadar glukosa, sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi ( $130^\circ C$ ) kadar glukosa mengalami penurunan, hal

ini terjadi karena pada temperatur dan kadar asam sulfat yang cukup tinggi, hemiselulosa dari biomassa akan terhidrolis menjadi furfural yang akan menghambat enzim selulase pada proses hidrolisis, sehingga kadar glukosa yang dihasilkan akan berkurang (Esteghlalian et al., 1997). Menurut Musatto (Mussatto et al., 2004), pada temperatur dan tekanan yang tinggi, glukosa dan xilosa dapat terdegradasi membentuk fufural dan hidroksifurfural, kemudian dapat terdegradasi lebih lanjut menjadi asam organik seperti asam formiat, asam levulinat, serta terbentuk fenol dari hasil degradasi lignin. Selain itu, dihasilkan produk samping yang bersifat racun dapat menghambat proses fermentasi pembentukan bioetanol (Mussatto et al., 2004).

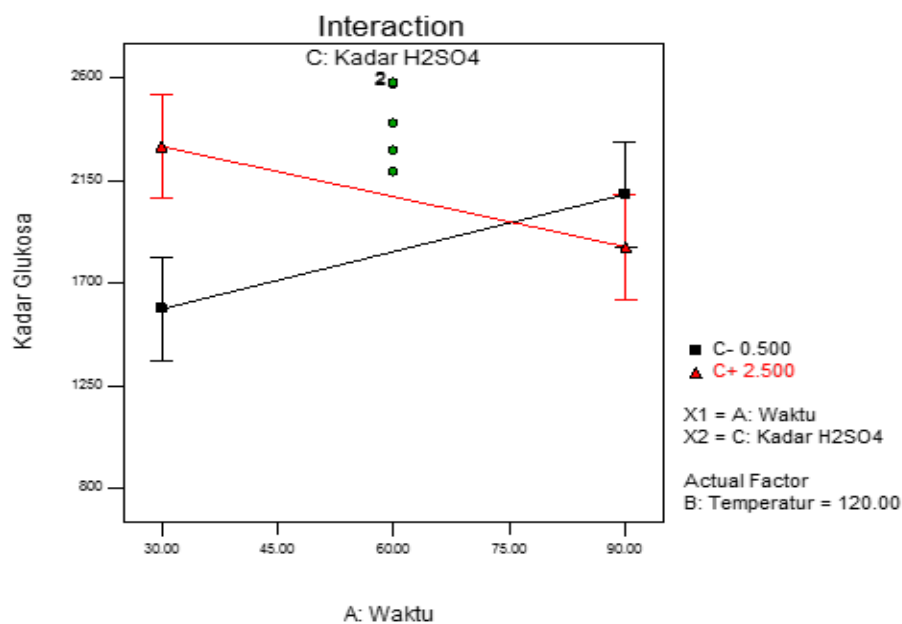


**Gambar 1.** Pengaruh Kadar Asam dan Temperatur terhadap Kadar Glukosa

Pada gambar 2 menunjukkan pengaruh kadar asam sulfat dan waktu reaksi terhadap perolehan kadar glukosa. Dapat dilihat bahwa pada kadar asam sulfat yang lebih rendah (0,5%) penambahan waktu reaksi sampai 90 menit akan meningkatkan kadar glukosa. Hal ini disebabkan makin lama reaksi berlangsung, larutan asam mempunyai waktu kontak yang cukup untuk memecahkan ikatan lignin yang melindungi selulosa, kemudian terjadi hidrolisis

selulosa, sehingga ikatan 1,4- $\beta$ -glikosidik pada selulosa dapat terurai menghasilkan glukosa (Esteghlalian et al., 1997).

Pada kadar asam sulfat yang lebih tinggi (2,5%) penambahan waktu reaksi sampai 60 menit dapat meningkatkan kadar glukosa, sedangkan pada waktu reaksi sampai 90 menit dapat menurunkan kadar glukosa. Dari hasil penelitian yang dilakukan Cruz (Cruz et al., 2000) menunjukkan pada waktu reaksi lebih dari 60 menit, penambahan waktu reaksi pada temperatur tinggi dengan katalis asam dapat menyebabkan degradasi monosakarida menghasilkan furfural, hidroksi metil furfural dan asam asetat, sehingga menghambat proses fermentasi (Cruz et al., 2000). Hal ini terjadi karena pada kadar asam sulfat yang tinggi akan terbentuk produk samping berupa furfural; yang dapat menghambat kinerja enzim selulosa, sehingga proses hidrolisis terganggu, menurunkan kadar gula sederhana, pada akhirnya akan menurunkan produksi etanol (Mussatto et al., 2004; Shi et al., 2012).



**Gambar 2.** Pengaruh Kadar Asam dan Waktu Reaksi terhadap Kadar Glukosa

#### 4. KESIMPULAN

Limbah lignoselulosa seperti bonggol jagung merupakan sumber gula sederhana, perlu dilakukan *pretreatment* untuk memecahkan lignin, memperbesar luas kontak dan mengurangi kristalinitas selulosa, sehingga dapat menghasilkan glukosa yang dapat difermentasi membentuk bioetanol.

Pada proses *pretreatment* dengan asam sulfat encer, hasil *analysis of variance* menunjukkan bahwa interaksi antara temperatur dan kadar asam sulfat; serta interaksi antara kadar asam sulfat dan waktu reaksi mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kadar glukosa. Dari proses *pretreatment* bonggol jagung dengan menggunakan asam sulfat 1,5% pada temperatur 120°C, waktu reaksi 60 menit menghasilkan glukosa tertinggi yaitu 56,3%. Hasil analisis HPLC menunjukkan selain glukosa terdapat gula lain seperti xilosa.

## DAFTAR PUSTAKA

### Buku

Erliza Hambali, S. M. A. H. T. A. W. P. R. H. (2007). *Teknologi Bioenergi*: AgroMedia.

### Jurnal

Cruz, J. M., Domínguez, J. M., Domínguez, H., & Parajó, J. C. (2000). Preparation of fermentation media from agricultural wastes and their bioconversion into xylitol. *Food Biotechnology*, 14(1-2), 79-97. doi:10.1080/08905430009549981

Esteghlalian, A., Hashimoto, A. G., Fenske, J. J., & Penner, M. H. (1997). Modelling and Optimization Of the Dilute Sulphuric-acid Pretreatment of Corn Stover, Poplar and Switchgrass. *Bioresour Technology*, 59(2-3), 8.

Kumar, P., Barrett, D. M., Delwiche, M. J., & Stroeve, P. (2009). Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(8), 17.

Mussatto, S. I., & Roberto, I. C. (2004). Alternatives for detoxification of diluted-acid lignocellulosic hydrolyzates for use in fermentative processes: a review. *Bioresour Technol*, 93(1), 1-10. doi:10.1016/j.biortech.2003.10.005

Nantapipat, J., Luengnaruemitchai, A., & Wongkasemjit, S. (2013). A Comparison of Dilute Sulfuric and Phosphoric Acid Pretreatments in Biofuel Production from Corncobs. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*, 7(4), 5.

Qing, Q., & Wyman, C. E. (2011). Hydrolysis of different chain length xylooligomers by cellulase and hemicellulase. *Bioresour Technol*, 102(2), 1359-1366. doi:10.1016/j.biortech.2010.09.001

Shi, Y., Yokoyama, T., Akiyama, T., Yashiro, M., & Matsumoto, Y. (2012). Degradation Kinetics of Monosaccharides in Hydrochloric, Sulfuric, and Sulfurous Acid. *Bioresour Technol*, 7(3), 10.