

Studi Kinetika Reaksi Fermentasi Selulosa Tongkol Jagung Menggunakan Enzim Selulase Pada Reaktor *Batch*

Nanda Widya Fibni Sina*, Asti Aprilya Sukmaria, Sri Redjeki

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Jalan Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60249, Indonesia

^{*)} Corresponding author: nandafibni@gmail.com

Received 26 Februari 2020; Accepted 30 Juni 2020; Available online 31 Juli 2020

Abstrak

Glukosa dapat dihasilkan dari hidrolisis polisakarida, misalnya pati dan selulosa. Salah satu sumber selulosa yang melimpah di alam namun kurang dimanfaatkan adalah tongkol jagung. Pada penelitian ini akan dilakukan hidrolisis selulosa dari tongkol jagung dengan proses fermentasi untuk mendapatkan glukosa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan persamaan laju reaksi fermentasi selulosa tongkol jagung menjadi glukosa dengan menggunakan enzim selulase pada proses batch. Proses hidrolisis selulosa dilakukan dengan penambahan asam atau secara enzimatik, sebelum melakukan hidrolisis perlu dilakukan delignifikasi karena lignin yang menjadi penghambat utama proses hidrolisis selulosa. Tahapan penelitian ini yaitu mempersiapkan bahan dari tongkol jagung menjadi serbuk tongkol jagung, tahap delignifikasi, tahap fermentasi enzim, dan analisa hasil. Analisa kadar glukosa dilakukan dengan menggunakan portable-refraktometer. Michaelis-Menten digunakan sebagai metode untuk mengetahui konstanta reaksi. Penelitian ini dilakukan dengan banyak substrat awal adalah 10% (%w/w) pada waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Glukosa yang terbentuk dari fermentasi selulosa tongkol jagung relatif kecil dengan waktu fermentasi 150 menit sebesar 7%. Persamaan laju reaksi yang terbentuk dari proses ini adalah $-r_A = r_R = 0,0002 \frac{C_{E0}C_A}{0,2392+C_A}$ mol/L. menit.

Kata kunci: enzim selulase; glukosa; hidrolisis; tongkol jagung.

Kinetics Study of Fermentation Reaction from Corn Cobs Cellulose using Cellulase Enzyme at Batch Reactor

Abstract

Glucose is main component to people that can be made from a variety of contain starch or cellulose. This research was conducted to determine the reaction rate equation of cellulose fermentation from corn cobs into glucose using cellulase enzymes in a batch process. Cellulose hydrolysis is done by the addition of acid or enzymatically, before doing hydrolysis it is necessary to do lignin delignification because lignin is the main inhibitor of the cellulose hydrolysis process. The stages of this research are material preparation from corncob becomes corncob powder, delignification stage, enzyme fermentation stage, and results analysis. The analysis was performed using a portable-refractometer. Michaelis-Menten is used as a method to find out the reaction constants. This research was conducted with 10% (%w/w) of substrats and time reaction is 30, 60, 90, 120 and 150 minutes. Glucose formed cellulose fermentation of corn cobs is relatively small with a 150 minutes fermentation time of 7% glucose can be produced. The reaction rate equation in this process is $-r_A = r_R = 0,0002 \frac{C_{E0}C_A}{0,2392+C_A}$ mol/L. menit.

Keyword: cellulase enzyme; glucose; hydrolysis; corncobs.

PENDAHULUAN

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat Indonesia. Disamping dikonsumsi langsung sebagai pemanis, gula juga digunakan pada proses pengolahan pangan. Di Indonesia bahan baku untuk pembuatan sirup glukosa sebagian besar berasal dari pati. Tanaman penghasil pati banyak tumbuh di Indonesia, diantaranya umbi umbian, sagu, dan jagung [1]. Tanaman penghasil pati tersebut diolah menjadi glukosa dengan cara hidrolisis selulosa dari bagian tanaman, seperti kulit buah atau ampas daging buah [2].

Walaupun banyak tanaman yang dapat dikonversi menjadi glukosa, tetapi sumber gula di Indonesia sebagian besar masih berasal dari tebu. Pabrik gula di Indonesia menggunakan tebu sebagai bahan baku. Padahal selain tebu gula juga dapat dihasilkan dari tongkol tanaman jagung. Data dari Badan Pusat Statistik produksi jagung di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 19.008.426 ton dan pada 2015 mencapai 19.612.435 ton, dengan jumlah produksi jagung yang meningkat maka limbah tongkol jagung yang ditimbulkan juga akan meningkat. Dengan jumlah produksi jagung yang melimpah, maka tongkol jagung menjadi salah satu limbah lignoselulosik yang banyak tersedia di Indonesia. Limbah lignoselulosik adalah limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Masing-masing merupakan senyawa-senyawa yang potensial dapat dikonversi menjadi senyawa lain secara biologis [3]. Kandungan tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Tongkol Jagung

Kandungan	Persentase (%)
Selulosa	41
Hemiselulosa	36
Lignin	16
Air dan lain-lain	7

Dari tabel 1 di atas terlihat bahwa kandungan selulosa pada tongkol jagung sangat tinggi,

sehingga tongkol jagung berpotensi dapat dikonversi menjadi gula fermentasi dengan cara hidrolisa.

Penelitian terdahulu tentang hidrolisa tongkol jagung telah dilakukan oleh Fairus dkk. (2013). Pada penelitian tersebut, tongkol jagung dihidrolisa untuk mendapatkan xilitol atau gula alkohol. Hidrolisis dilakukan untuk mensintesa xilan menjadi xilosa, selanjutnya xilosa difermentasi dengan bantuan ragi jenis *C. tropicalis* untuk mendapatkan xylitol [4].

Mardina dkk (2013) juga melakukan penelitian tentang pengaruh delignifikasi pada produksi glukosa dari tongkol jagung dengan hidrolisis asam encer. Pada penelitian tersebut dipelajari pengaruh proses perusakan lignin dengan proses menggunakan hidrolisis basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tongkol jagung yang didahului proses delignifikasi lebih mudah dikonversi menjadi glukosa dibandingkan tanpa proses delignifikasi [5].

Pada penelitian ini, dilakukan proses fermentasi selulosa dari tongkol jagung, Kinetika reaksi adalah suatu cabang ilmu kimia yang bertujuan untuk mempelajari mekanisme reaksi yaitu bagaimana reaksi itu terjadi dan kecepatan terjadinya reaksi kimia, yang menguji reaksi itu mengikuti tingkat atau orde ke berapa yang kemudian diperoleh suatu harga konstanta reaksi kimia. Mengingat pentingnya data kinetika dalam perancangan reaktor maka data kinetika reaksi sangat diperlukan.

METODE PENELITIAN

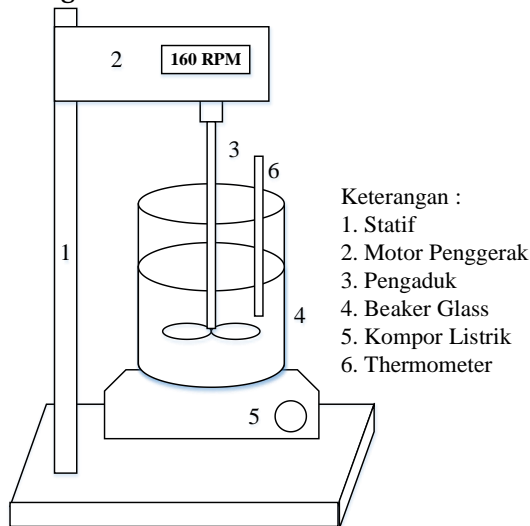
Bahan

Bahan utama yang digunakan yaitu tongkol jagung yang diperoleh dari industri rumahan di daerah Sawotratap, Sidoarjo dan enzim selulosa yang dibeli secara online dari Jawa Barat. Bahan pembantu lainnya yaitu aquadest yang dibeli dari Toko Bahan Kimia Klampis, Surabaya.

Alat

Alat utama yang digunakan sebagai reaktor *batch* yaitu beaker glass berukuran 1 L dan dilengkapi dengan motor pengaduk

dengan kecepatan 160 rpm. Alat pendukung lainnya yaitu kompor pemanas dan termometer sebagai pengontrol suhu untuk menjaga temperatur operasi adalah 50°C. Detil gambar alat dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Rangkaian Alat Hidrolisis Enzim

Prosedur Penelitian

a. Tahap Persiapan Bahan

Tongkol jagung mula-mula dibersihkan dan dipotong menjadi bagian lebih kecil. Kemudian dikeringkan dengan sinar matahari dan dihaluskan hingga menjadi serbuk halus kemudian diayak.

b. Tahap Delignifikasi

Proses delignifikasi merupakan perlakuan pendahuluan terhadap bahan baku sehingga mempermudah pelepasan hemiselulosa. Proses ini berfungsi untuk membersihkan lignin [6]. Selulosa dan hemiselulosa tidak dapat dikonversi secara langsung karena berasosiasi dengan lignin, karena itu perlu dilakukan proses penghilangan lignin [7]. Sebagian besar senyawa yang digunakan untuk proses delignifikasi adalah NaOH. Ion OH⁻ dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na⁺ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat mudah larut. Lignin

yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*blackliquor*). Berdasarkan hal tersebut, larutan NaOH mampu memisahkan lignin dari selulosa [8].

Untuk melakukan proses delignifikasi maka serbuk tongkol jagung direndam dengan larutan NaOH 10% dengan perbandingan *liquid* terhadap solid yaitu 10 ml *liquid* per gram berat kering dari partikel tongkol jagung selama 28jam, lalu disaring menggunakan kertas saring. Residu dicuci dengan aquades, selanjutnya dikeringkan dibawah sinar matahari.

c. Tahap Fermentasi Enzim

Proses hidrolisis merupakan cara yang paling efektif dalam memecah makromolekul seperti selulosa menjadi monomer glukosa. Hidrolisis murni terjadi sangat lambat sehingga membutuhkan katalisator yang dapat mempercepat reaksi. Katalisator dapat berupa asam atau enzim. Hidrolisis enzim untuk memecah molekul selulosa dapat menggunakan enzim selulase yang memiliki kondisi optimum pada suhu 20-50°C dan pH optimumnya adalah 4-5 sedangkan pH stabilnya adalah 4-6 [9]

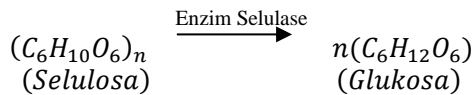
Enzim selulase merupakan sistem enzim yang terdiri atas endo-1,4- β -glukanase, ekso-1,4- β -glukanase, dan β -D-glukanase memotong ikatan rantai dalam selulosa menghasilkan molekul selulosa yang lebih pendek, ekso1,4- β -glukanase memotong ujung rantai selulosa menghasilkan molekul selobiosa, sedangkan β -D-glukanase memotong molekul selobiosa menjadi dua molekul glukosa [10].

Serbuk tongkol jagung yang telah didelignifikasi disiapkan sebagai substrat dengan konsentrasi 10 % (%w/w) dalam beaker glass berisi 250 mL *aquadest*. Diatur pH-nya dengan menggunakan asam sitrat hingga pH = 6 kemudian diberikan larutan *buffer* untuk menjaga pH, dipanaskan untuk mencapai suhu operasi yaitu 50°C dibantu dengan pengadukan agar menjadi homogen. Kemudian penambahan enzim sebanyak 10% dari volume pelarut dengan diiringi

pengadukan dengan kecepatan 160 rpm selama 30, 60, 90, 120, dan 150 menit.

d. Analisis Hasil

Hasil fermentasi yang berupa glukosa akan dianalisa kadarnya dengan menggunakan alat Portable Refractometer. Dimana reaksi yang terjadi adalah



Kinetika reaksi pada proses hidrolisis selulosa dengan menggunakan enzim selulase dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Michaelis-Menten [11].

$$-r_A = r_R = k \frac{C_{E0}C_A}{C_M + C_A} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

- r_A = kecepatan reaksi reaktan A (mol/L.s)
- r_R = kecepatan reaksi produk R (mol/L.s)
- k = konstanta kecepatan reaksi
- C_{E0} = total kebutuhan enzim (mol/L)
- C_M = konstanta Michaelis
- C_A = konsentrasi akhir reaktan (mol/m³)

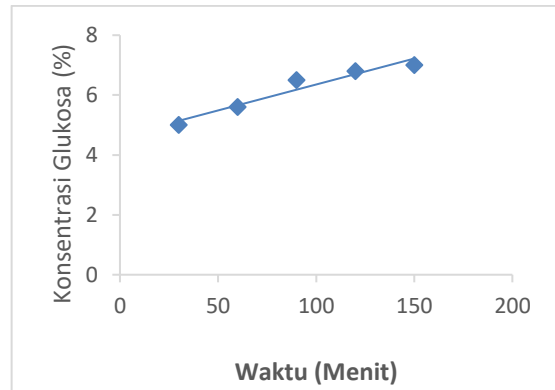
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kadar Selulosa

Analisa awal dari serbuk tongkol jagung yang telah diuji *Laboratorium Energi & Lingkungan - LPPM ITS (2019)* dengan menggunakan uji gravimetri, selulosa yang diperoleh adalah sebesar 41,05%. Sehingga, kadar selulosa yang terdapat pada serbuk tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku glukosa.

Konsentrasi Glukosa yang dihasilkan dari Proses Hidrolisis Selulosa.

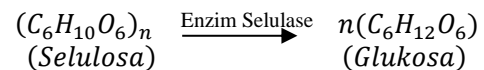
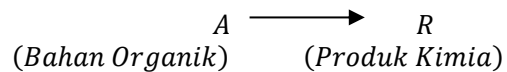
Hasil Konsentrasi Glukosa yang diperoleh dari proses hidrolisis selulosa tongkol jagung dengan enzim selulase disajikan pada grafik pada Gambar 2.



Gambar 1. Hubungan antara Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis tongkol jagung dengan enzim selulase.

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu hidrolisis selulosa tongkol jagung dengan menggunakan enzim selulase maka semakin besar pula konsentrasi glukosa yang dihasilkan. Karena semakin lama waktu fermentasi maka semakin lama kontak antara substrat dengan enzim sehingga menghasilkan glukosa yang lebih besar pula.

Berdasarkan reaksi yang terjadi,



Persamaan tersebut menunjukkan bahwa reaksi terjadi pada reaksi orde satu pada konsentrasi yang tinggi atau oleh orde lain pada konsentrasi rendah yakni pada persamaan.

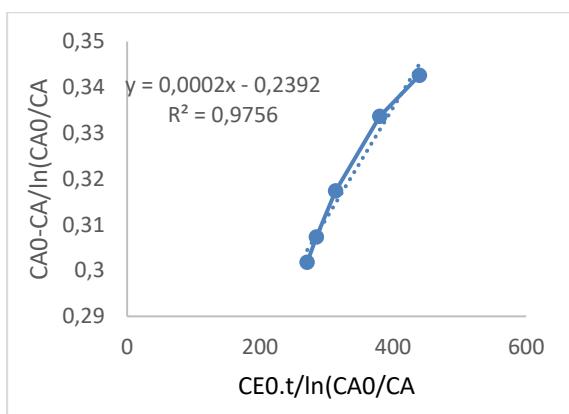
$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk sistem *batch* atau *plug flow* maka persamaan 2 dapat disubstitusikan pada persamaan 1 yang telah diintegrasikan. Sehingga diperoleh persamaan garis sebagai berikut.

$$\frac{(C_A - C_{A0})}{\ln \frac{C_{A0}}{C_A}} = -C_M + k_3 \frac{C_{E0} t}{C_A} \dots\dots\dots(3)$$

Dari persamaan (3) terlihat bahwa Reaksi yang terjadi menunjukkan bahwa koefisien dari selulosa dan glukosa adalah sama sehingga dapat diartikan bahwa 1 mol glukosa yang terbentuk dari reaksi sama dengan 1 mol selulosa yang bereaksi.

Maka dari data-data yang telah diketahui seperti konsentrasi enzim sebesar 12,5 mol/L, konsentrasi substrat mula-mula 10%, waktu reaksi sesuai variabel dan konsentrasi substrat yang telah terhidrolisis maka diperoleh persamaan garis yaitu:



Gambar 2. Grafik Hubungan antara $C_{E0}t/\ln(C_{A0}/C_A)$ dengan $C_{A0}-C_A/\ln(C_{A0}/C_A)$.

Dari Gambar 2 diketahui bahwa garis tersebut linear sehingga dapat dibuat persamaan garis $y=ax+b$ dimana nilai a adalah slope dan nilai b adalah intersep. Nilai slope yang merupakan konstanta kecepatan reaksi (k) dan nilai intersep yang merupakan nilai konstanta Michaelis-Menten (C_M).

Dari grafik 2 yang menyatakan hubungan antara $C_{E0}t/\ln(C_{A0}/C_A)$ dengan $C_{A0}-C_A/\ln(C_{A0}/C_A)$ di peroleh persamaan garis yaitu $y = 0,0002x - 0,2392$ dari persamaan garis tersebut dapat diperoleh nilai slope yaitu 0,0002 yang menunjukkan sebagai nilai k sedangkan pada nilai intersep adalah 0,2392 yang merupakan nilai dari C_M . Sehingga diperoleh persamaan Michaelis-Menten adalah:

$$-r_A = r_R = 0,0002 \frac{C_{E0}C_A}{0,2392 + C_A} \text{ mol/L.menit}$$

SIMPULAN

Semakin besar konsentrasi substrat yang digunakan untuk fermentasi selulosa maka akan semakin besar pula konsentrasi glukosa yang diperoleh. Nilai konstanta Michaelis-Menten yang diperoleh adalah 0,2392-0,6865. Persamaan kecepatan mengikuti persamaan $-r_A = r_R = 0,0002 \frac{C_{E0}C_A}{0,2392+C_A} \text{ mol/L.menit}$.

SARAN

Sebaiknya penelitian menggunakan bahan lain yang memiliki kandungan selulosa lebih besar agar produk yang dihasilkan lebih besar pula. Proses dilakukan secara kontinyu agar dapat mengetahui perbedaan hasil dari proses batch dan kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Triyono, "Karakteristik gula Glukosa dari Hasil Hidrolisa Pati Umbi-umbian," in *Seminar Nasional Teknoin*, 2008.
- [2] D. Putri, "Pemanfaatan Sirup Glukosa Hasil Hidrolisa Selulosa dari Kulit Buah Kedondong (*Spondias dulcis* Forst) yang Dimanfaatkan sebagai Pemanis pada Pembuatan Manisan dari Buah Lengkeng (*Naphelium longanum*)," 2012.
- [3] M. Edy, "Hidrolisis Tongkol Jagung oleh Bakteri Selulolitik untuk Produksi Bioetanol dalam Kultur Campuran," *Fak. Teknol. Pertanian, Inst. Pertan. Bogor, Bogor Pros. SNST ke-4 Tahun*, 2013.
- [4] S. Fairus, R. Kurniawan, R. Taufana, and A. S. Nugraha, "Kajian Pembuatan Xilitol dari Tongkol Jagung Melalui Proses Fermentasi," *Al-Kaunyah J. Biol.*, vol. 6, no. 2, pp. 91-100, 2013.
- [5] P. Mardina, A. I. Talalangi, J. F. M. Sitinjak, A. Nugroho, and M. R. Fahrizal, "Pengaruh Proses Delignifikasi pada Produksi Glukosa

- dari Tongkol Jagung dengan Hidrolisis Asam Encer,” *Konversi*, vol. 2, no. 2, pp. 17–23, 2013.
- [6] P. Sahare, R. Singh, R. S. Laxman, and M. Rao, “Effect of Alkali Pretreatment on the Structural Properties and Enzymatic Hydrolysis of Corn Cob,” *Appl. Biochem. Biotechnol.*, vol. 168, no. 7, pp. 1806–1819, 2012.
- [7] L. O. Ingram and J. B. Doran, “Conversion of Cellulosic Materials to Ethanol,” *FEMS Microbiol. Rev.*, vol. 16, no. 2–3, pp. 235–241, 1995.
- [8] F. Fitriani, S. Bahri, and N. Nurhaeni, “Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea Mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi,” *Nat. Sci. J. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 3, 2013.
- [9] S. Safaria, N. Idiawati, and T. A. Zaharah, “Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus Niger* dan *Trichoderma Reesei* dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa,” *JKK*, vol. 2, no. 1, pp. 46–51, 2013.
- [10] D. A. Saropah, A. Jannah, and A. Maunatin, “Kinetika Reaksi Enzimatis Ekstrak Kasar Enzim Selulase Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi dari Bekatul,” *Alchemy*, 2013.
- [11] O. Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering*, 3rd ed. John Wiley and Sons, 2001.