



PENGOLAHAN LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU SENGON LAUT MENJADI BIOETANOL MENGGUNAKAN *Saccharomyces cerevisiae*

Hanny Noviani*), Supartono dan Kusoro Siadi

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Juni 2014
Disetujui Juli 2014
Dipublikasikan Agustus 2014

Kata kunci:
kayu sengon laut
lignoselulosa
bioetanol

Abstrak

Kayu sengon laut merupakan komoditi kayu yang luas penggunaannya. Hanya sekitar 60-70% kayu yang diolah menjadi produk pada proses pengolahannya. Limbah berupa serbuk gergaji merupakan salah satu limbah lignoselulosa yang mengandung 67,94% selulosa. Selulosa berpotensi sebagai bahan baku produksi bioetanol melalui proses delignifikasi, hidrolisis dan biokonversi oleh mikro organisme. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu terbaik pada hidrolisis dan fermentasi selulosa serbuk gergaji kayu sengon laut. Proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH 0,01M dan proses hidrolisis selulosa dilakukan dengan HCl 12% pada suhu 110°C selama variasi waktu 30, 60, 90 dan 120 menit, serta fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi waktu 7, 9, 11 dan 13 hari. Waktu terbaik pada proses hidrolisis adalah 60 menit dengan glukosa yang dihasilkan sebesar 12,3125 ppm. Kadar bioetanol tertinggi dicapai pada waktu fermentasi 9 hari yaitu sebesar 2,99%. Kadar bioetanol meningkat dengan penambahan sukrosa sebanyak 1 g/L yaitu menjadi 7,36%.

Abstract

Sengon sea wood is extensive use of wood commodities. Only about 60-70% of the wood is processed into products in the treatment process. Waste in the form of sawdust is one of lignocellulosic wastes containing 67.94% cellulose. Cellulose has potential as feedstock production of bioethanol through the process of delignification, hydrolysis and bioconversion by microorganisms. This research aims to determine the best time in the hydrolysis and fermentation of cellulose sengon sea sawdust. The process of delignification using NaOH solution of 0.01 M and the cellulose hydrolysis performed with HCl 12% at 110°C for a variable period of time 30, 60, 90 and 120 minutes, and fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* with time variation 7, 9, 11 and 13 day. The best time in the process of hydrolysis is 60 minutes with glucose generated at 12.3125 ppm. the highest concentration levels of bioethanol fermentation time 9 days is equal to 2.99%. Ethanol levels increased with the addition of sucrose as much as 1 g/L is to be 7.36%.

Pendahuluan

Biofuel adalah bahan bakar atau sumber energi yang berasal dari bahan organik. Salah satu *biofuel* yang paling banyak digunakan adalah bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang bahan utamanya berasal dari tumbuhan dan umumnya menggunakan proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Bioetanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) merupakan cairan tak berwarna dengan karakteristik antara lain mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, terurai secara biologis (*biodegradable*) dan memiliki toksisitas rendah (Novia, *et al.*; 2011). Bioetanol dapat di produksi dengan lignoselulosa sebagai bahan bakunya. Bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin selulosa dan hemiselulosa (Hermiati; 2010). Kayu sengon laut yang cukup luas pemanfaatannya menghasilkan limbah lignoselulosa berupa serbuk gergaji pada proses pengolahannya. Limbah serbuk gergaji kayu sengon laut merupakan salah satu limbah lignoselulosik yang mengandung 67,94 persen selulosa (Irawati; 2009).

Proses konversi bahan lignoselulosa menjadi bioetanol terdiri atas tiga tahap, yaitu perlakuan pendahuluan, hidrolisis selulosa menjadi gula-gula sederhana dengan bantuan enzim atau asam, dan fermentasi gula-gula sederhana menjadi bioetanol menggunakan aktifitas mikroba. Selanjutnya, dilakukan pemurnian bioetanol melalui destilasi untuk memperoleh *fuel-grade ethanol* (Hermiati, *et al.*; 2010). Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan enzim, namun proses enzimatik tersebut merupakan proses yang paling mahal, proses *recycle* dan *recovery* enzim selulase diperlukan untuk menekan tingginya biaya produksi (Iranmahboob, *et al.*; 2002), maka untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat digunakan asam sebagai katalisator. Salah satu faktor yang mempengaruhi hidrolisis dan fermentasi masing-masing bahan baku yang melalui proses hidrolisis dan fermentasi dalam pembuatan bioetanol memiliki waktu optimum yang berbeda. Hidrolisis dan fermentasi pada waktu optimum akan menghasilkan bioetanol dengan kadar paling optimum.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis melakukan penelitian mengenai waktu optimum pada proses hidrolisis dan fermentasi serbuk gergaji kayu sengon laut dengan menggunakan asam klorida dan *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan kadar bioetanol yang paling

optimum.

Metode Penelitian

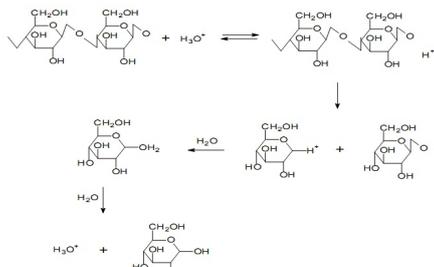
Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah serbuk gergaji kayu sengon laut yang diperoleh dari tempat penggergajian kayu sengon laut yang ada di daerah Gunungpati kota Semarang, NaOH, KOH, HCl, glukosa, sukrosa, DNS, aquades, batu didih, etanol standar, *Saccharomyces cerevisiae*, $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 , ammonium sulfat dan urea dengan *grade pro analyst* buatan Merck. Alat yang digunakan adalah ayakan 100 mesh, neraca analitik AND G-200, *hot plate stirrer*, seperangkat alat distilasi, labu leher tiga disertai pendingin balik, spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1240, gas chromatography Agilent 6820, spektrometer FT-IR Shimadzu-8201pc dan gas chromatography mass spectroscopy Shimadzu QP-2010s.

Prosedur kerja dalam penelitian ini meliputi persiapan sampel, serbuk gergaji kayu sengon laut diayak dengan ayakan sederhana, dicuci sampai bersih, kemudian dioven dan diblender hingga halus. Sampel diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh dan di delignifikasi dengan NaOH 0,01 M pada suhu 80°C dan diaduk dengan kecepatan 600 rpm selama 2,5 jam. Kemudian serbuk gergaji kayu sengon di cuci dengan aquades sampai pH 7 dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100-105°C.

Hidrolisis dilakukan dalam labu alas bulat leher 3 dimasukan 50 g serbuk gergaji kayu sengon laut yang telah terdelignifikasi, 300 mL HCl 12%. Labu dilengkapi pendingin balik, termometer raksa dan pengaduk magnet. Campuran diaduk sambil dipanaskan sampai temperatur 110°C. Variasi waktu hidrolisis dilakukan selama 30, 60, 90 dan 120 menit. Hasil hidrolisis diuji kadar glukosanya dengan spektrofotometer UV-Vis menggunakan DNS (3,5-dinitrosalisilat 0,11 g dalam 1 liter aquades ditambah 2 tetes KOH 2 M) dengan panjang gelombang yang telah di optimasi sebelumnya. Hidrolisa dengan kadar gula pereduksi paling tinggi kemudian di tambahkan NaOH 4 M sampai pH 5, ditambahkan 6 g ammonium sulfat dan 6 g urea kemudian di pasteurisasi pada suhu 120°C selama 15 menit kemudian didinginkan. Setelah itu difermentasi menggunakan 10 g *Saccharomyces cerevisiae*. Variasi waktu fermentasi dilakukan pada 7, 9, 11 dan 13 hari. Filtrat hasil fermentasi di destilasi pada suhu 78°C.

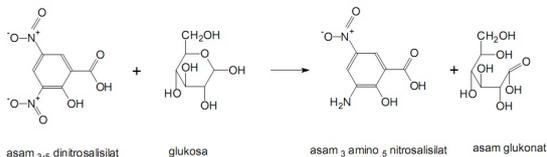
Hasil dan Pembahasan

Selulosa serbuk gergaji kayu sengon laut dihidrolisis dengan HCl 12%. Gugus H⁺ dari HCl akan mengubah gugus serat dari serbuk gergaji kayu sengon laut menjadi gugus radikal bebas. Gugus radikal bebas serat yang kemudian akan berikatan dengan gugus OH⁻ dari air dan akan bereaksi menghasilkan glukosa (Hikmiyati & Yanie; 2008). Reaksi yang terjadi selama proses hidrolisis disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme reaksi hidrolisis asam

Glukosa hasil hidrolisis serbuk gergaji kayu sengon laut diuji dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 416 nm menggunakan metode Miller dengan reagen pengompleks 3,5-dinitrosalisilat, senyawa aromatik yang bereaksi dengan glukosa sehingga mengurangi kadar glukosa membentuk asam 3-amino-5-nitrosalisilat yang berwarna kuning muda. Reaksinya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi asam 3,5-dinitrosalisilat dengan gula pereduksi

Besar absorbansi dan kadar glukosa pada masing-masing variasi waktu hidrolisis disajikan dalam Tabel.1

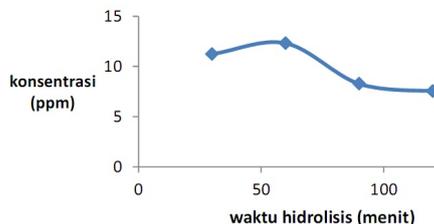
Tabel 1. Kadar glukosa pada variasi waktu hidrolisis

Waktu fermentasi (menit)	Absorbansi	Kadar glukosa (ppm)
30	0,562	11,2291
60	0,614	12,3125
90	0,420	8,2708
120	0,385	7,5417

Hidrolisis memiliki waktu optimum pada 60 menit dengan kadar glukosa sebesar 12,3125 ppm. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar gula pereduksi hasil hidrolisis serbuk gergaji kayu sengon laut diperlihatkan pada Gambar 3.

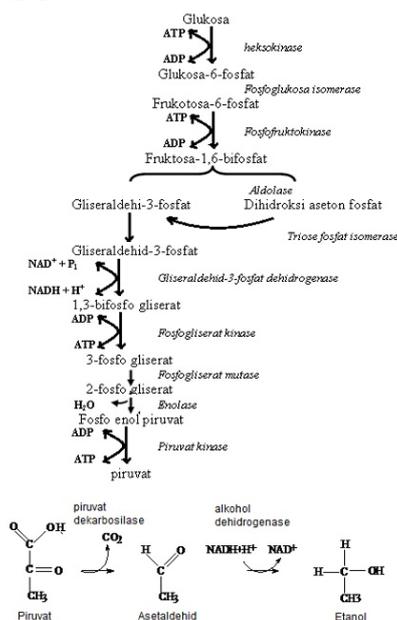
Waktu hidrolisis yang terlalu lama mengakibatkan glukosa akan terdegradasi

menjadi hydroxymethyl furfural dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat, sehingga menyebabkan kadar glukosa menurun dalam proses hidrolisis (Idral, *et al.*; 2012). Kadar glukosa yang semakin kecil dapat dilihat dari absorbansinya yang semakin menurun.



Gambar 3. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar gula pereduksi hasil hidrolisis serbuk gergaji kayu sengon laut

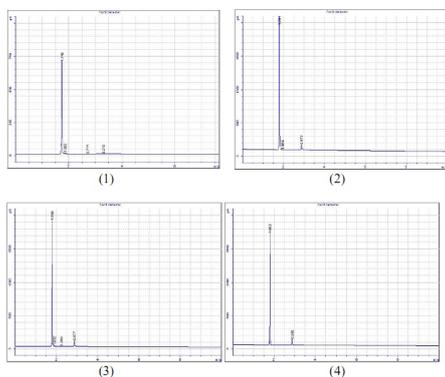
Glukosa hasil hidrolisis selulosa dikonversi menjadi bioetanol dengan *Saccharomyces cerevisiae* secara anaerob melalui jalur Embden-Meyerhoff-Parnas yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema jalur Embden-Meyerhoff-Parnas (EMP) (Rahim; 2009)

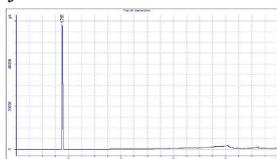
Destilat bioetanol hasil fermentasi glukosa serbuk gergaji kayu sengon laut dengan waktu 7, 9, 11 dan 13 dilakukan dengan cara destilasi sederhana pada titik didih bioetanol yaitu 78°C. Destilat bioetanol yang dihasilkan diuji secara kimia dengan oksidasi alkohol menggunakan K₂Cr₂O₇. Oksidasi alkohol menjadi aldehid secara fisik ditandai dengan perubahan warna yang disebabkan karena ion Cr⁶⁺ (kuning) tereduksi menjadi Cr³⁺ (biru). Kadar destilat bioetanol diuji dengan kromatografi gas dan dibandingkan dengan etanol standar menghasilkan kadar yang berbeda-beda. Kromato-

gram GC hasil distilasi dari fermentasi glukosa 7, 9, 11 dan 13 hari dapat dilihat dalam Gambar 5.



Gambar 5. Kromatogram GC destilat hasil fermentasi glukosa (1) 7 hari, (2) 9 hari, (3) 11 hari dan (4) 13 hari

Hasil kromatogram GC destilat hasil fermentasi glukosa digunakan untuk menghitung kadar bioetanol yang dihasilkan dari setiap variasi waktu fermentasi dengan cara membandingkan luas area kromatogram sampel dengan etanol standar. Kromatogram etanol standar disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Kromatogram GC etanol p.a

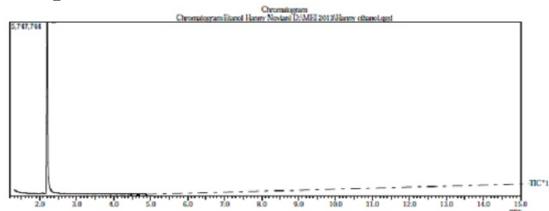
Pengaruh waktu fermentasi terhadap luas area kromatogram dan kadar masing masing destilat hasil fermentasi yang telah dibandingkan dengan etanol standar dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kadar bioetanol pada masing-masing variasi waktu fermentasi

Sampel Bioetanol	Waktu Retensi (min)	Area [pA*]	Volume destilat (mL)	Kadar Bioetanol %
Destilat hasil fermentasi 7 hari	1,749	892,96304	1,5	0,8798
Destilat hasil fermentasi 9 hari	1,791	3044,12537	2,7	2,9990
Destilat hasil fermentasi 11 hari	1,798	2456,39275	1,9	2,4200
Destilat hasil fermentasi 13 hari	1,803	1793,23361	3,6	1,7660
Etanol p.a	1,755	101499,95879		100

Kadar bioetanol tertinggi dicapai pada saat waktu fermentasi optimum 9 hari yaitu 2,99% dengan persen area dan luas area 92,08% dan 3044,12. Pada hari ke-11 dan ke-13 kadar bioetanol yang dihasilkan mengalami penurunan. Menurut Ariyani (2012) hal ini dimungkinkan karena jumlah mikroba semakin menurun dan akan menuju ke fase kematian karena bioetanol yang dihasilkan semakin banyak dan nutrisi yang ada semakin menipis, selain itu

bioetanol yang dihasilkan telah teroksidasi lebih lanjut menjadi asam karboksilat. Dalam penelitian ini dilakukan induksi sukrosa sebanyak 1 g/L pada fermentasi untuk meningkatkan kadar bioetanol menjadi 7,36%. Bioetanol hasil fermentasi 9 hari dengan penginduksian sukrosa 1 g/L dianalisis menggunakan GC-MS. Pola/profil kromatogram hasil fermentasi diperlihatkan pada Gambar 7.

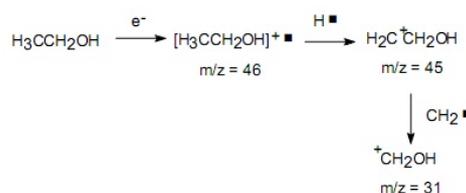


Gambar 7. Kromatogram GC-MS fermentasi glukosa 9 hari yang diinduksi sukrosa 1g/L

Senyawa bioetanol hasil fermentasi muncul pada waktu retensi 2,202 dan pembacaan pada *mass spectroscopy* muncul Mr senyawa etanol yaitu Mr = 46. Pola fragmentasi etanol dapat disamakan melalui spektra massa etanol sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. 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 8.



Gambar 8. Spektrum massa hasil fermentasi glukosa 9 hari yang diinduksi sukrosa 1 g/L

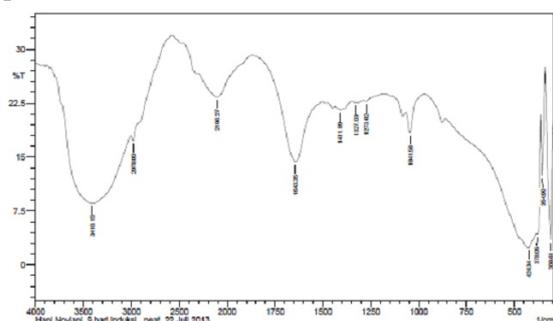


Gambar 9. Fragmentasi bioetanol

Pada pola fragmentasi etanol hasil fermentasi memiliki kesamaan dengan hasil penelitian Putri dan Sukandar bahwa pada fragmentasi etanol gugus CH_3 (alkil) lebih mudah lepas dibandingkan dengan gugus OH , hal ini disebabkan gugus CH_3 memiliki ikatan yang lebih lemah dibandingkan dengan gugus OH . Gugus OH yang sulit terlepas mengakibatkan ion molekul bermuatan positif.

Spektrum IR bioetanol yang terbuat dari hidrolisa selulosa bubuk kayu sengon laut,

menunjukkan adanya serapan gugus -OH pada bilangan gelombang 3410,15 cm^{-1} , pada bilangan gelombang 2978,09 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan alifatik -CH, pada bilangan gelombang 1643,35 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan gugus CH_2 , pada bilangan gelombang 1411,89 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan gugus - CH_3 dan pada bilangan gelombang 1041,56 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan gugus C-O. Spektrum inframerah bioetanol dari serbuk gergaji kayu sengon laut dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Spektra FT-IR bioetanol hasil serbuk gergaji kayu sengon laut

Simpulan

Waktu hidrolisis serbuk gergaji kayu sengon laut optimum pada 60 menit dengan kadar glukosa terbanyak yaitu 12,3125 ppm. Setelah 60 menit kadar glukosa menurun karena terdegradasi menjadi hydroxy methyl furfural dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat. Waktu optimum fermentasi serbuk gergaji kayu sengon yaitu pada fermentasi selama 9 hari dengan kadar etanol sebesar 2,99%, dengan induksi sukrosa 1 g/L saat fermentasi meningkatkan kadar bioetanol menjadi 7,36%.

Daftar Pustaka

- Ariyani, E. 2012. *Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi*. Skripsi. Semarang. FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Hermiati, E., D. Mangunwidjaja., T.C. Sunarti., O. Suparno, & B. Prasetya. 2010. Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29 (4)
- Hikmiyati, N. dan N.S. Yanie. 2008. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisa Asam dan Enzimatis. *Jurnal Teknik Kimia*. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro
- Idral, D.D., M. Salim, E. Mardiah. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Ampas Sagu dengan Proses Hidrolisis Asam dan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Kimia Unand*. Volume 1 Nomor 1
- Iranmahboob, J., Nadim, F. & Monemi, S. 2002. Optimizing acid-hydrlysis: a critical stepfor production of ethanol from mixed wood chips. *Biomass and Bioenergy*. 22: 401-404
- Irawati, D., C.W. Yuniastuti & D.A. Satiti. 2009. *Biodelignifikasi Limbah Kayu Sengon Laut oleh Tiga Jenis Jamur Konsumsi*. Laporan akhir penelitian. Yogyakarta. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada
- Novia, M. Faizal, M.F. Ariko & D.H. Yogamina. 2011. *Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi TKKS yang Didelignifikasi dengan Asam Sulfat dan NaOH untuk Produksi Etanol*. Prosiding Seminar Nasional AvoER ke-3. 451-462
- Rahim, D.A. 2009. *Produksi Etanol oleh Saccharomyces cerevisiae var. Ellipsoideus dari Sirup Dekstrin Pati Sagu (Metroxylon sp) Menggunakan Metode Aerasi Penuh dan Aerasi Dihentikan*. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor