



PEMANFAATAN LIMBAH TANDAN KELAPA UNTUK PEMBUATAN BIOETANOL MELALUI PROSES HIDROLISIS DAN FERMENTASI

Eleny Sania Putri*) dan Supartono

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

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

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Juli 2015
Disetujui Agustus 2015
Dipublikasikan November 2015

Kata kunci:
Tandan kelapa
lignoselulosa
bioetanol

Abstrak

Tandan kelapa merupakan limbah utama berlignoselulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal dari industri pengolahan kelapa. Limbah tandan kelapa selama ini hanya dibakar, ditimbun dan dijadikan kompos. Limbah tandan kelapa mengandung 45% selulosa yang mana dapat berpotensi dijadikan bioetanol. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui waktu paling baik yang menghasilkan kadar glukosa paling tinggi dan presentase etanol yang dihasilkan dari proses pembuatan bioetanol. Proses delignifikasi dengan menggunakan larutan NaOH 0,01M. Selanjutnya dilakukan proses hidrolisis dan fermentasi. Dengan variabel terkontrol untuk hidrolisis yaitu 80-90°C, konsentrasi HCl 12% dan fermentasi pH=5 dengan mikroba *Saccharomyces cerevisiae*. Sedangkan untuk variabel bebas yaitu lama hidrolisis (30, 60, 90, 120 menit) dan lama fermentasi (7, 9, 12, 14 hari). Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa pada variabel lama waktu hidrolisis yang paling baik adalah selama 30 menit dengan glukosa yang dihasilkan 12,7954 ppm. Kadar bioetanol tertinggi dicapai pada waktu fermentasi 7 hari sebesar 6,66%.

Abstract

Bunches of coconuts is the main lignocellulosic waste that has not been utilized optimally from coconut processing industry. Bunches of coconuts waste as long as it only burned, deposited and made into compost. Bunches of coconuts waste contains 45% cellulose have potentially which can be bioetanol. The purpose of this research is to know the best time that produces the most high glucose levels and percentage of ethanol produced from bioetanol-making process. Delignification process using NaOH 0,01M. Hydrolysis and fermentation in the next process. With controlled variables for the hydrolysis of the 80-90°C HCl concentration of 12%, and pH = 5 fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* microbes. As for the free variables are etchant for long time (30, 60, 90, 120 minutes) and long fermentation (7, 9, 12, 14 days). On the research results that was obtained on a variable length of time the most good are etchant for 30 minutes with the resulting glucose 12.7954 ppm. The highest attainable levels of bioetanol during fermentation 7 days of 6.66%.

Pendahuluan

Krisis energi yang terjadi di Indonesia akhir-akhir ini disebabkan karena menipisnya cadangan minyak bumi sedangkan tingkat penggunaannya cukup tinggi. Cadangan minyak bumi yang semakin berkurang memerlukan adanya sumber energi alternatif terutama energi yang dapat diperbaharui, salah satu contohnya adalah bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang bahan utamanya dari tumbuhan dan umumnya menggunakan proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Etanol 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*), toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar bila bocor (Novia, *et al.*; 2011). Bioetanol dapat diproduksi dengan bahan yang mengandung lignoselulosa. Bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa dan hemiselulosa (Hermiati, *et al.*; 2010).

Tandan kelapa merupakan limbah yang melimpah di Indonesia. Padahal tandan kelapa berpotensi untuk dikembangkan menjadi barang yang lebih berguna, salah satunya menjadi bahan baku bioetanol. Tandan kelapa memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi bahan baku bioetanol. Hal ini karena tandan kelapa mengandung selulosa yang cukup tinggi yaitu sebesar 45% menjadikan tandan kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Proses konversi bahan berselulosa menjadi bioetanol meliputi perlakuan awal, delignifikasi, hidrolisis, fermentasi dan distilasi. Bahan yang mengandung gula dapat langsung difermentasi, akan tetapi bahan yang mengandung pati dan selulosa harus didelignifikasi dan dihidrolisis terlebih dahulu menjadi komponen yang sederhana. Hidrolisis yang paling sering digunakan untuk menghidrolisis selulosa adalah hidrolisis secara asam. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis asam antara lain adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat ($HClO_4$) dan asam klorida (HCl). Kemudian glukosa difermentasi dengan menggunakan bakteri atau ragi yang dapat mengkonversi gula menjadi bioetanol.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis melakukan penelitian mengenai lama proses terjadinya hidrolisis dan fermentasi dari pembuatan bioetanol yang paling baik mendapatkan kadar glukosa yang paling tinggi, serta

persentase etanol dalam bioetanol yang dihasilkan.

Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah tandan kelapa yang diperoleh dari tempat penjualan es degan di daerah Gunungpati kota Semarang, aquades, urea, ammonium sulfat, HCl , $NaOH$, KOH , reagen DNS, sukrosa, etanol dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*, dan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat distilasi, ayakan 50 *mesh*, *autoclave*, oven, labu leher tiga disertai pendingin balik, neraca analitik *Denver Instrument*, spektrofotometer UV-Vis *Thermo Spectronic*, *gas chromatography* (GC), *gas chromatography massspectroscopy* (GC-MS) dan spektrofotometer infra merah (FT-IR).

Prosedur penelitian meliputi persiapan sampel tandan kelapa dipotong dimasukkan ke *autoclave* selama 4 jam pada suhu $120^\circ C$. Setelah lunak dipotong tipis-tipis hingga lebih kecil lalu diblender hingga menjadi serbuk. Serbuk tandan kelapa dicuci dengan air hingga bersih, dioven pada suhu $100-105^\circ C$ selama 4 jam. Serbuk tandan kelapa kering diayak menggunakan pengayak berukuran 50 *mesh*.

Serbuk tandan kelapa ditambahkan larutan $NaOH$ 0,01M. Kemudian dipanaskan dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 8 jam pada suhu $80^\circ C$. Selanjutnya larutan disaring dan dibilas dengan air hingga netral. Kemudian dioven pada suhu $100^\circ C$ selama 4 jam. Serbuk tandan kelapa hasil delignifikasi ditambahkan katalis asam HCl 12%. Selanjutnya dimasukkan ke dalam labu hidrolisis (labu leher tiga dilengkapi dengan pendingin balik) dipanasi dengan suhu $90^\circ C$ selama 30, 60, 90, 120 menit. Kemudian larutan hasil hidrolisis disaring dan diambil filtratnya untuk dianalisis kadar glukosanya dengan metode *Miller* menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Filtrat hasil proses hidrolisis dimasukkan ke dalam wadah dan ditambahkan $NaOH$ 4M sampai pH menjadi 5. Kemudian ditambahkan ammonium sulfat dan urea sebagai nutrisi. Selanjutnya dipasteurisasi pada suhu $120^\circ C$ selama 15 menit lalu didinginkan. Ditambahkan sukrosa sebanyak 1 g/L lalu ditambahkan ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*). Selanjutnya dilakukan inkubasi dengan cara menutup rapat wadah, dan selang disambungkan dari wadah ke wadah lain yang berisi air pada suhu berkisar antara $27-30^\circ C$ dan variasi waktu fermentasi

dikatakan positif mengandung alkohol. Karena perubahan warna kuning menjadi coklat kehijauan. Seharusnya berwarna biru namun karena kadar bioetanol yang kecil sehingga warna menjadi hijau tidak bisa biru.

Uji kualitatif dengan uji nyala adanya bioetanol dilakukan dengan cara meneteskan sampel hasil destilat diatas kertas, kemudian dibakar dengan api sehingga menghasilkan nyala api berwarna merah yang cepat hilang. Hal ini menunjukkan bahwa hasil destilat mengandung alkohol. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil uji nyala adanya bioetanol

Uji kuantitatif massa jenis ini menggunakan botol sampel. Menentukan massa jenis biasanya dengan menggunakan piknometer. Karena hasil destilat tidak dapat memenuhi volume piknometer, jadi pada uji ini menggunakan botol sampel 20cc. Untuk menentukan massa jenis masing-masing dilakukan 3 kali ulangan penimbangan. Berat botol sampel 20cc setelah 3x pengulangan penimbangan adalah 16,5106 gram. Adapun hasil destilat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengukuran massa sampel + botol sampel

Pengujian		Massa sampel (gram) + Botol sampel kosong 14 hari
Massa	1	17,6905
	2	17,6906
	3	17,6905
Rata-Rata		17,690533

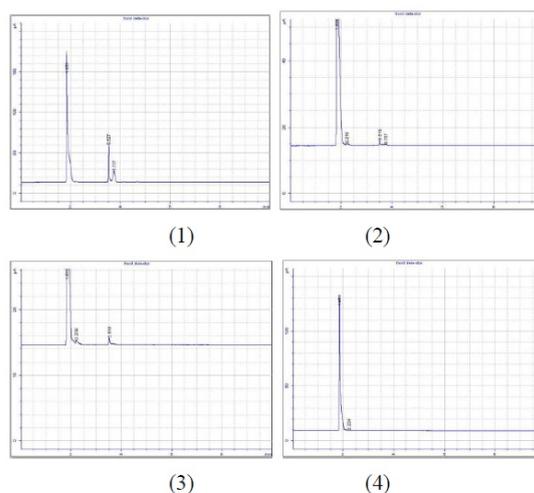
Tabel 3. Data hasil perhitungan massa jenis setiap sampel

Variasi waktu destilat	Massa jenis (gram)
14 hari	0,78662

Berdasarkan data-data pada Tabel 3. didapatkan massa jenis destilat hasil fermentasi pada hari ke-14 adalah 0,78662. Sedangkan massa jenis etanol p.a adalah 7,90. Dengan hasil massa jenis yang mendekati maka dapat dikatakan bahwa massa jenis destilat hasil fermentasi ke-14 mengandung etanol.

Hasil destilasi kemudian dilakukan analisis menggunakan kromatografi gas. Kromatogram

GC hasil destilasi dari fermentasi glukosa 7, 9, 12 dan 14 hari.



Gambar 3. Kromatogram GC hasil destilasi fermentasi (1) fermentasi 7 hari, (2) fermentasi 9 hari, (3) fermentasi 12 hari, (4) fermentasi 14 hari.

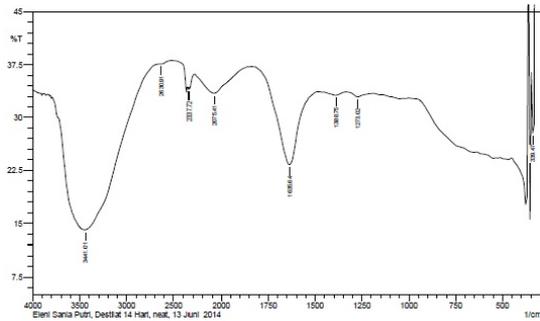
Hasil kromatogram GC destilat hasil fermentasi glukosa digunakan untuk menghitung kadar bioetanol yang dihasilkan dari setiap variasi waktu fermentasi. Pengaruh waktu fermentasi terhadap luas area kromatogram dan kadar masing masing destilat hasil fermentasi yang telah dibandingkan dengan etanol standar dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol

Sampel bioetanol	Waktu retensi (min)	Area [pA*]	Volume destilat (mL)	Kadar bioetanol (%)
Destilasi hasil fermentasi 7 hari	1,853	668,27886	1,5	6,66
Destilasi hasil fermentasi 9 hari	1,838	521,82105	3,5	5,20
Destilasi hasil fermentasi 12 hari	1,833	267,00398	1,5	2,66
Destilasi hasil fermentasi 14 hari	1,853	393,81103	1,5	3,92

Kadar bioetanol tertinggi dicapai pada saat waktu fermentasi optimum 7 hari yaitu 6,66 % dengan luas area sebesar 668,27886. Namun pada hari selanjutnya yaitu hari ke-9, 8 dan 14 kadar bioetanol yang dihasilkan mengalami penurunan. Menurut Ariyani, (2012) hal ini dimungkinkan karena kerja mikroba terhambat dan akan menuju fase kematian, selain itu bioetanol yang dihasilkan telah teroksidasi menjadi asam karboksilat.

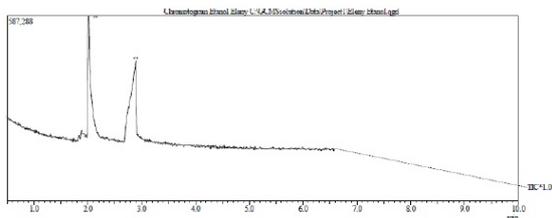
Destilat hasil fermentasi glukosa selanjutnya diuji dengan FT-IR, kemudian diidentifikasi dengan menggunakan GC-MS. Sampel yang dianalisis dengan GC-MS adalah hasil fermentasi ke-14 hari, karena menghasilkan etanol yang murni.



Gambar 4. Spektrum FT-IR bioetanol dari tandan kelapa

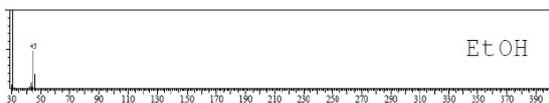
Tabel 5. Hasil analisis adanya etanol dengan menggunakan FT-IR

No	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Serapan gugus fungsi
1	3441,01	-OH
2	2630,91	-CH
3	1635,64	-CH ₂
4	1388,75	-CH ₃
5	1273,02	-CO



Gambar 5. Kromatogram GC-MS fermentasi 14 hari

Pada Gambar 5. kromatogram senyawa hasil fermentasi menunjukkan bahwa muncul 2 puncak. Puncak pertama kemungkinan senyawa etanol pada waktu retensi 2,015 dan puncak kedua kemungkinan senyawa asam karboksilat pada waktu retensi 2,88. Pada karakterisasi ini mengalami kesalahan, kemungkinan besar karena sampel terkontaminasi sebelum di uji dengan GC-MS sehingga teroksidasi menjadi asam karboksilat.

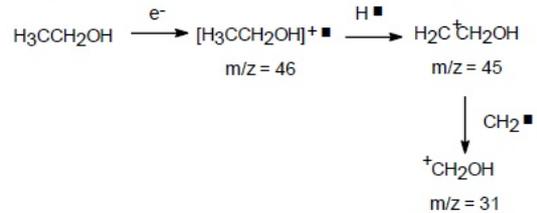


Gambar 6. Spektrum massa hasil fermentasi glukosa 14 hari

Pada Gambar 6. spektrum massa hasil fermentasi menunjukkan pembacaan pada *mass spectroscopy* muncul Mr senyawa etanol yaitu Mr = 45. Pendekatan fragmentasi senyawa etanol seperti dalam Gambar 7.

Pada Gambar 7. senyawa etanol diperkirakan mempunyai massa molekul m/e 46. Kemudian ion molekul [CH₃CH₂OH]⁺ dengan m/e = 46 mengalami pemecahan dengan melepaskan H radikal menghasilkan pemecahan

molekul CH₃CH₂O dengan m/e= 45. Ion CH₃CH₂O⁺ dengan m/e=45 mengalami pemecahan dengan melepaskan CH₃ radikal, menghasilkan ion CH₂=OH dengan m/e=31. Ikatan CH₃ lebih mudah lepas dibandingkan OH karena gugus CH₃ memiliki energi ikatan yang lebih rendah yang disebabkan adanya pembentukan ikatan phi antara atom karbon dan atom oksigen setelah pelepasan radikal hidrogen. Gugus OH yang sulit terlepas mengakibatkan ion molekul bermuatan positif.



Gambar 7. Fragmentasi etanol

Pada penelitian Noviani (2013), waktu hidrolisis limbah serbuk gergaji kayu sengon laut paling baik adalah 60 menit dengan kadar glukosa sebesar 12,31 ppm. Dan waktu fermentasi glukosa limbah serbuk gergaji kayu sengon paling baik yaitu pada fermentasi selama 9 hari dengan kadar etanol sebesar 2,99%. Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian Noviani (2013). Waktu hidrolisis limbah tandan kelapa paling baik pada penelitian ini adalah 30 menit dengan kadar glukosa sebesar 12,7954 ppm. Kemungkinan karena waktu hidrolisis yang terlalu lama maka glukosa akan terdegradasi menjadi hydroxy methyl furfural. Sedangkan pada persentase etanol dalam bioetanol yang dihasilkan yaitu pada fermentasi selama 7 hari dengan kadar etanol sebesar 6,58%. Hal ini dimungkinkan karena bioetanol yang dihasilkan telah teroksidasi menjadi asam karboksilat.

Simpulan

Waktu hidrolisis limbah tandan kelapa paling baik adalah 30 menit dengan kadar glukosa sebesar 12,7954 ppm. Sedangkan persentase etanol dalam bioetanol yang dihasilkan yaitu pada fermentasi selama 7 hari dengan kadar etanol sebesar 6,58%.

Daftar Pustaka

- Ariyani, E. 2012. Pembuatan Bioetanol dari jerami padi. *Skripsi*. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Elevri, P.A. & Surya, R.P. 2006. Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* yang Diamobilisasi dengan Agar Batang. *Akta Kimindo*. 1(2)
- Gunam, I.B., K. Buda, I.M.Y.S. Guna. 2010. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan

- larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi terhadap prosuksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* NRRL A-II,264. *Jurnal Biologi*, XIV: 55-61
- Hermiati, E., D. Manguwidjaja, 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*, 1(1)
- Jalaludin, dan Rizal. 2005. Pembuatan *Pulp* dari Jerami Padi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 6(5)
- Novia, M.F., M.F. Ariko, & D.H. Yogamina. 2011. Hidrolisis Enzimatis dan Fermentasi TKKS yang Didelignifikasi dengan Asam Sulfat dan NaOH untuk Produksi Etanol. *Prosiding Seminar Nasional AvoER*, ke-3: 451-462
- Noviani, H. 2014. Pengolahan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut Menjadi Bioetanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Skripsi*. Semarang. FMIPA. Universitas Negeri Semarang
- Schubert, C. 2006. *Can biofuels finally take center stage Nature Biotechnol.* 24(7): 777-784