

SERAT SABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN KAJIAN PEMBUATAN BIOETANOL DENGAN PROSES HIDROLISIS ASAM

Ni Putu Sri Ayuni¹, Putu Nilawati Hastini²

¹Jurusan Analis Kimia FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha

²Jurusan Analis Kimia FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha
e-mail: npsayuni@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimum asam klorida (HCl) dan waktu optimum hidrolisis serat sabut kelapa untuk memperoleh kadar glukosa yang maksimal. Subjek dalam penelitian ini adalah serat sabut kelapa yang diperoleh dari Desa Temukus, sedangkan objek dalam penelitian ini adalah konsentrasi HCl dan waktu optimum. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2013 – Maret 2014 di Laboratorium Analis Kimia Universitas Pendidikan Ganesha. Kadar glukosa dianalisis menggunakan metode Dubois dan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dari hasil penelitian diperoleh glukosa sebesar 1,44% dengan konsentrasi optimum katalis HCl pada hidrolisis serat sabut kelapa adalah 4 M dan waktu optimum hidrolisis 90 menit.

Kata kunci: serat sabut kelapa, hidrolisis, konsentrasi HCl, waktu hidrolisis, glukosa

Abstract

This study aim at determining the optimum concentration of hydrochloric acid (HCl) and the optimum hydrolysis time of coconut fiber obtained from the Temukus village to maximize glucose level. Subject of this study was coconut fiber obtained from Temukus Village, while the objects of this research were the HCl concentration and the optimum hydrolysis time. Research was conducted in October 2013 – March 2014 at Analytical Chemistry Laboratory of Universitas Pendidikan Ganesha. Glucose level was analyzed using the method of Dubois was measured using UV-Vis spectrophotometer. Result show that 1.44% glucose is gained with optimum HCl catalyst concentration of 4 M and optimum hydrolysis time of 90 minutes.

Keywords : coconut fiber, hydrolysis, HCl concentration, hydrolysis time, glucose

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan dan konsumsi energi di berbagai belahan dunia disebabkan oleh pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk, aktivitas industri serta perkembangan teknologi dan penggunaan transportasi. Konsumsi energi yang paling tinggi di Indonesia didominasi oleh sektor industri yaitu sekitar 49,4% dari total konsumsi energi nasional, diikuti oleh sektor transportasi sebesar 34% serta di sektor rumah tangga dan bangunan komersial masing-masing menggunakan sekitar 12,2% dan 4,4% (Anonim, 2011). Berbagai aktivitas

tersebut menggunakan sumber energi minyak bumi yang tidak dapat diperbaharui yang menyebabkan penurunan cadangan minyak bumi yang dikhawatirkan dalam beberapa tahun ke depan akan semakin langka dan mengakibatkan krisis energi. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui, seperti bioetanol.

Bioetanol diperoleh pada proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Bahan baku pembuatan bioetanol adalah tanaman yang

*Corresponding author.

mengandung glukosa, pati dan selulosa. Bahan yang mengandung glukosa dapat langsung dikonversi menjadi bioetanol. Sumber bahan berpati harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi gula, sedangkan bahan yang mengandung selulosa harus dikonversi menjadi gula dengan bantuan asam mineral (Lin & Tanaka, 2006). Selama ini sumber bahan baku pembuatan bioetanol banyak menggunakan tanaman pangan seperti singkong, tebu, nira, sorgum, nira nipah, ubi jalar, dan lain-lain (Hambali et al., 2007). Padahal bahan tersebut pada dasarnya merupakan sumber pangan yang cukup potensial, sehingga pengembangan bioetanol dari bahan pangan tersebut ke depan akan dapat menimbulkan permasalahan baru akibat persaingan terhadap kebutuhan pangan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan bahan baku alternatif yang tidak menimbulkan persaingan dengan bidang pangan, seperti sabut kelapa.

Sabut kelapa berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena mengandung selulosa. Sabut kelapa merupakan limbah yang mengandung lignoselulosa dari kelapa tetapi penggunaannya kurang optimal. Bahan lignoselulosa yang terdapat dalam sabut kelapa memiliki komponen utama lignin, hemiselulosa dan selulosa. Kandungan selulosa yang terdapat pada sabut kelapa sebesar 43,44% (Sukardati et al., 2010). Ketersediaan bahan baku di Indonesia cukup melimpah. Sabut kelapa merupakan limbah sehingga tidak menyebabkan persaingan dibidang pangan dan sumber energi. Oleh karena itu, sabut kelapa memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Proses hidrolisis merupakan proses yang terpenting dalam pembuatan bioetanol. Tahap hidrolisis merupakan pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit gula sederhana oleh air. Pada reaksi hidrolisis pati, air akan menyerang pati pada ikatan 1,4- α glukosida menghasilkan *dextrin*, sirup atau glukosa tergantung pada derajat pemecahan rantai polisakarida dalam pati. Tetapi reaksi antara air dan pati ini berlangsung sangat lambat sehingga diperlukan

bantuan katalisator untuk memperbesar keaktifan air. Katalisator ini bisa berupa asam maupun enzim. Asam yang sering digunakan untuk katalisator adalah HCl, H₂SO₄, asam perklorat atau asam nitrat. Proses hidrolisis dengan asam bisa menggunakan katalisator asam pekat atau encer. Hidrolisis dengan menggunakan katalis asam pekat menghasilkan glukosa yang lebih tinggi (90% secara teoritis) dibandingkan dengan asam encer (Badger, 2002), sedangkan hidrolisis dengan katalis enzim memerlukan tahapan yang lebih banyak karena menggunakan mikroba dalam prosesnya dan dikontrol pada suasana steril. Hidrolisis dengan katalis asam menghasilkan pemecahan selulosa yang lebih banyak tetapi selama hidrolisis memerlukan suhu yang tinggi (Balat et al., 2008). Faktor-faktor yang juga mempengaruhi hidrolisis antara lain suhu, waktu, konsentrasi, reaktan, dan kecepatan pengadukan (Subekti, 2006).

Beberapa hasil penelitian yang menggunakan dengan katalis asam yaitu tentang pembuatan bioetanol dari glukosa hasil hidrolisis didapatkan bahwa kadar glukosa tertinggi dengan hidrolisis menggunakan HCl 4 M pada sirup glukosa sebesar 36400 ppm (Neni M, 2013). Penelitian (Ariyani, 2013) mengenai produksi bioetanol dari jerami padi didapatkan bahwa kadar glukosa tertinggi yang didapatkan sebesar 70,85 ppm dari hasil hidrolisis HCl pada konsentrasi 21%. (Suri et al., 2013) menyatakan bahwa didapatkan glukosa sebesar 17,1051% dari tandan kosong kelapa sawit yang dihidrolisis dengan HCl 30%.

Potensi sabut kelapa sebagai bahan bioetanol dan ketersediaannya yang cukup melimpah dan sebagai limbah maka penulis memandang penting untuk mengkaji proses hidrolisis dan fermentasi. Proses hidrolisis enzimatik yang memerlukan perlakuan awal bahan baku agar struktur selulosa siap untuk dihidrolisis oleh enzim (Palmqvist & Hahnhagerdal, 2000), waktu hidrolisis yang lebih lama serta memerlukan biaya yang tinggi. Proses hidrolisis dengan asam tidak memerlukan perlakuan awal, waktu hidrolisisnya lebih cepat dan tidak

memerlukan biaya yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan katalis asam mengingat kerumitan dari proses hidrolisis menggunakan enzimatik. Pada penelitian ini dilakukan pengkajian lebih lanjut mengenai pengaruh konsentrasi HCl serta waktu hidrolisisnya.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Analis Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Pendidikan Ganesha. Waktu Pelaksanaan penelitian ini dari bulan Oktober – Maret 2014.

Sabut Kelapa dibersihkan dengan menggunakan air bersih dan dibilas dengan akuades. Sabut kelapa dikeringkan menggunakan oven, setelah kering sabut kelapa diblender atau digiling hingga menjadi serbuk.

Delignifikasi dilakukan mengikuti prosedur Sukardati (2010) serta Ariyani (2013) dan Kholisoh (2011) sebagai berikut. Serbuk sabut kelapa ditimbang sebanyak 100 g kemudian ditambahkan dengan larutan NaOH 8% dengan perbandingan 1 : 10. Setelah itu, dipanaskan dan diaduk selama 2 jam pada suhu 80°C lalu disaring setelah itu residunya dicuci dan dinetralkan dan dikeringkan didalam oven sampai beratnya konstan.

Serbuk sabut kelapa hasil delignifikasi ditimbang sebanyak 10 g kemudian dimasukkan kedalam Erlenmeyer. Setelah itu ditambahkan larutan HCl sebanyak 100 mL dengan konsentrasi yang bervariasi (1 M; 3M; 4M; 4,5M; 5M). Campuran tersebut dipanaskan pada suhu 100°C dengan waktu hidrolisis yang bervariasi (40 menit; 60 menit; 90 menit; 120 menit) sambil diaduk kemudian didinginkan pada suhu ruangan. Setelah dingin, campuran tersebut dinetralkan dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH) dan ditambahkan akuades hingga volume 100 mL.

Larutan standar glukosa yaitu 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm dan 100 ppm dimasukkan sebanyak 1 mL ke dalam masing masing tabung reaksi. sampel sebanyak 0,1 mL dimasukkan ke dalam masing-masing tabung, kemudian

ditambahkan akuades hingga volumenya menjadi 1 mL. Larutan blanko disiapkan sebanyak 1 mL. Larutan fenol 1 mL ditambahkan ke dalam masing-masing tabung sampel dan larutan standar. Larutan H₂SO₄ pekat sebanyak 5 mL ditambahkan kedalam masing-masing tabung, kemudian dikocok selama 10 menit. Setelah larutan dikocok, selanjutnya disimpan di dalam penangas pada suhu 25-30°C selama 20 menit. Tahap selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang 486-546 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kadar glukosa hasil hidrolisis sabut kelapa yang diperoleh dari Desa Temukus menggunakan metode asam sulfat-fenol dari Dubois yang diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang maksimum 546 nm.

Delignifikasi

Selain mengandung selulosa, sabut kelapa juga mengandung hemiselulosa dan lignin. Hemiselulosa berada bersama-sama dengan selulosa pada dinding sel tanaman dan mempunyai peranan penting karena bersifat hidrofilik. Hemiselulosa berfungsi sebagai perekat antar selulosa yang menunjang kekuatan fisik dari serat sabut kelapa. Lignin berperan merekatkan serat selulosa dan hemiselulosa sehingga menjadi sangat kuat. Kandungan lignin merupakan salah satu penghambat utama biokonversi lignoselulosa menjadi etanol. Lignin melindungi selulosa, sehingga selulosa sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa. Oleh karena itu, selulosa dalam sabut kelapa diisolasi terlebih dahulu dengan cara menghilangkan lignin (delignifikasi). Delignifikasi merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks (Gunam et al., 2010). Proses ini penting dilakukan sebelum hidrolisis bahan selulosa. Adanya lignin dapat menghambat penetrasi asam dan menghambat pertumbuhan mikroba dalam proses fermentasi.

Penggunaan Natrium Hidroksida (NaOH) sebagai pelarut dalam delignifikasi pada penelitian ini karena

larutan ini dapat menyerang dan merusak struktur lignin, bagian kristalin dan amorf, melarutkan lignin dan hemiselulosa. Kehilangan hemiselulosa menyebabkan terjadinya lubang diantara fibril dan kurangnya ikatan antar serat (Anindyawati, 2009).

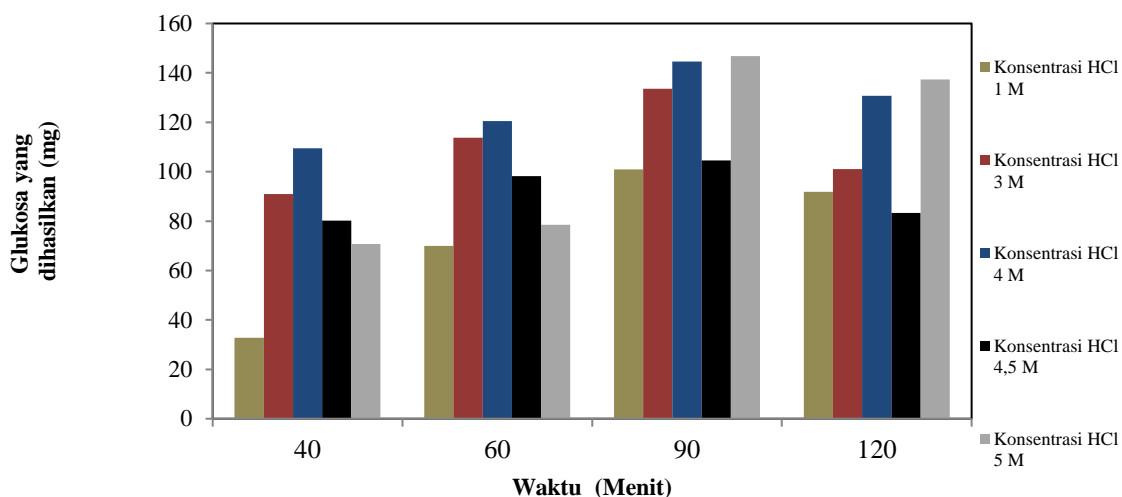
Selama proses delignifikasi, terjadi perubahan warna sabut kelapa sebelum dan sesudah proses. Serat sabut kelapa sebelum terjadi proses delignifikasi berwarna coklat muda kemudian selama terjadi proses delignifikasi berubah menjadi warna coklat tua, baik warna sabut kelapa maupun larutannya.

Perubahan warna ini menunjukkan bahwa lignin telah terlepas, sedangkan beratnya juga mengalami penurunan, dari 260 gram sabut kelapa yang digunakan untuk delignifikasi, hasil delignifikasinya

hanya didapatkan 240 gram. Penurunan berat sampel ini mengindikasikan bahwa perlakuan awal menggunakan NaOH dapat menghilangkan setengah dari berat sampel awal, ini dikarenakan oleh lignin yang ikut terlarut NaOH akibat berikatannya lignin dengan NaOH pada saat proses delignifikasi yang akan membentuk garam dan larut dalam air pada saat proses penetralan.

Pengaruh Waktu Terhadap Proses Hidrolisis

Variasi waktu yang digunakan dalam proses hidrolisis ini adalah 40, 60, 90, dan 120 menit. Kecenderungan hasil gula yang diperoleh dari proses hidrolisis dengan memvariasikan waktu untuk setiap konsentrasi HCl yang divariasikan terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis sabut kelapa dengan variasi konsentrasi dan waktu

Berdasarkan Gambar 1, waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil gula terbaik pada proses hidrolisis menggunakan katalis HCl dengan variasi konsentrasi pada waktu hidrolisis 90 menit. Kecendrungan yang terlihat pada Tabel 4.1 bahwa pada waktu 40 hingga waktu 90 menit terjadi peningkatan hasil gula yang dihasilkan pada proses hidrolisis yang disebabkan oleh waktu kontak yang lama.

Waktu kontak yang lama menyebabkan kontak antara asam

dengan sabut kelapa semakin besar sehingga selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya, sehingga reaksi hidrolisa berjalan dengan sempurna. Namun, setelah waktu 90 menit hasil gula cenderung turun. Hal ini disebabkan pada waktu 90 menit dihasilkan gula yang optimum, namun setelah itu gula yang terbentuk akan terdekomposisi kembali menjadi senyawa-senyawa yang lain seperti 5-hidroksimetilfurfural (HMF) dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam

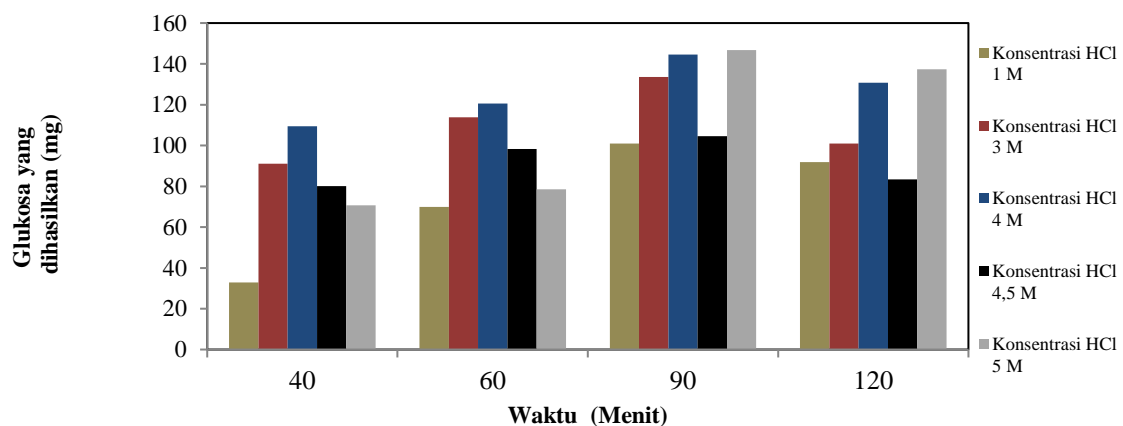
formiat, sedangkan lignin yang masih belum terdelignifikasi akan terdegradasi dan membentuk senyawa-senyawa phenol (Palmqvist & Hahn, 2000) hal inilah yang mengakibatkan hasil gula menurun. Menurut (Orchidea et al., 2010), seiring dengan semakin lamanya waktu reaksi dan tingginya konsentrasi asam, inhibitor yang dihasilkan juga semakin besar.

Berdasarkan Gambar 1 didapatkan bahwa perolehan hasil glukosa tertinggi pada waktu 90 menit sebesar 1,44% sedangkan pada menit 120 terjadi penurunan hasil glukosa menjadi 1,30%. Perbedaan perolehan kadar hasil glukosa pada perbedaan variasi waktu ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu hidrolisis dan semakin lama waktu kontak yang terjadi antara asam dan sabut kelapa tidak sepenuhnya meningkatkan hasil hidrolisis sabut kelapa.

(Irawan et al., 2012) melaporkan bahwa waktu yang optimum untuk menghidrolisis sampah organik menjadi gula dengan katalis asam klorida adalah 30 menit sedangkan variasi waktu yang digunakan yaitu 15, 30, 60, 90 dan 120 menit. (De Idral et al., 2012) dalam penelitiannya yang berjudul pembuatan bioetanol dari ampas sagu dengan proses hidrolisa asam dan *saccharomyces cerevisiae* menemukan bahwa waktu optimum untuk proses hidrolisis ampas sagu adalah 120 menit dengan variasi waktu yaitu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Terhadap Proses Hidrolisis

Selain waktu, perolehan gula hasil hidrolisis dengan katalis asam juga dipengaruhi oleh konsentrasi katalis asam. Variasi konsentrasi katalis HCl yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 M, 3M, 4M, 4,5M dan 5M



Gambar 2. Grafik glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis sabut kelapa dengan waktu 90 menit pada berbagai variasi konsentrasi katalis HCl

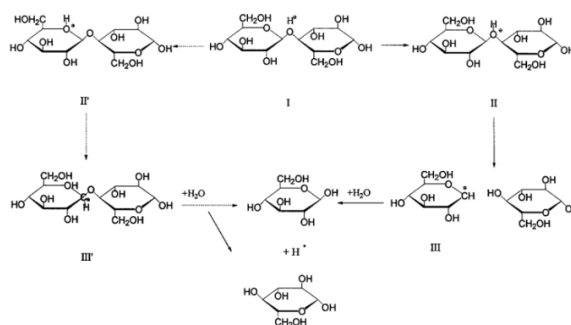
Perolehan glukosa pada konsentrasi 1 M dan 3 M pada Gambar 2 kurang optimum karena kurangnya katalis asam yang dapat memecah ikatan glikosida. Hidrolisis dalam suasana asam, akhirnya menghasilkan pemecahan ikatan glikosida oleh proton (H^+) dari asam yang berlangsung dalam tiga tahap. Dalam tahap pertama, proton yang bertindak sebagai katalisator asam berinteraksi dengan oksigen glikosida yang menghubungkan dua unit gula (I), membentuk asam konjugat. Langkah ini diikuti dengan pemecahan yang lambat

dari ikatan C-O yang menghasilkan zat antara kation karbonium siklis (III). Akhirnya kation karbonium mulai mengadisi molekul air dengan cepat, membentuk hasil akhir (glukosa) yang stabil dan melepaskan proton. Wijayant (Ermaiza, 2009). Peningkatan konsentrasi katalis akan meningkatkan laju hidrolisis karena konstanta kecepatan reaksi hidrolisis berbanding lurus dengan konsentrasi H^+ pada suasana asam sehingga diperlukan konsentrasi asam yang lebih tinggi untuk menghasilkan H^+ yang lebih banyak (Samsuri, 2007).

Mekanisme hidrolisis selulosa secara asam disajikan pada Gambar 2.3

Semakin tinggi konsentrasi asam yang dipakai dalam hidrolisis seharusnya dapat menaikkan hasil glukosa yang didapat. Akan tetapi hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam pada konsentrasi larutan diatas 4 M tidak secara proporsional meningkatkan hasil yang diperoleh. Penurunan hasil glukosa yang diperoleh pada konsentrasi larutan 4,5 M dan 5 M ini dapat disebabkan oleh terdegradasinya glukosa pada suasana asam menjadi senyawa-senyawa 5-hidroksimetilfurfural dan furfural (Palmqvist & Hahn, 2000). Jika senyawa

5-hidroksimetilfurfural ini terus bereaksi akan membentuk asam-asam organik seperti asam levulinat dan asam formiat pada suasana asam yang sekaligus akan menjadi inhibitor untuk proses lanjutan (Ulbricht et al., 1984). Pada suasana asam glukosa akan mengalami reaksi kondensasi, bahkan pada suhu yang rendah. Perubahan glukosa sebagian besar dalam bentuk disakarida yang membentuk reaksi sambungan dari gugus hidroksi anomerik pada molekul kesatu dengan hidroksil kelompok molekul kedua. Dengan cara ini glukosa dapat membentuk sebelas glukopiranosil yang berbeda (Pazur et al., 1970)



Gambar 3. Mekanisme Hidrolisis Selulosa dengan Katalis Asam (Xiang et al., 2003)

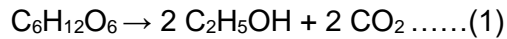
Berdasarkan data pada Gambar 2 seharusnya pada konsentrasi katalis HCl 5 M pada variasi waktu 90 dan 120 menit menghasilkan hasil glukosa yang lebih kecil karena glukosa akan terdegradasi menjadi senyawa 5-hidroksimetilfurfural dan furfural. Namun penelitian ini justru menghasilkan hasil glukosa yang lebih tinggi dari konsentrasi katalis HCl yang lain. Ini bisa disebabkan karena faktor suhu yang belum bisa diatur secara permanen mengingat pada penelitian ini hanya menggunakan penangas, sehingga pada pertengahan proses hidrolisis terjadi kenaikan suhu yang mengakibatkan kenaikan laju reaksi sehingga reaksi bekerja lebih cepat pada interval waktu yang sama (Damayanti, 2011). Hal inilah yang mengakibatkan dihasilkannya glukosa sedikit lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi katalis HCl yang lain. Ini menunjukkan bahwa faktor suhu yang

digunakan untuk proses hidrolisis pada penelitian ini belum optimum sehingga perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui perolehan glukosa optimum. Namun secara keseluruhan konsentrasi HCl 4 M dapat menaikkan glukosa disemua variasi waktu hidrolisis.

Hasil hidrolisis sabut kelapa yang didapat dari penelitian ini lebih tinggi dari penelitian (Ariyani, 2013) yang menghidrolisis jerami padi menggunakan HCl dengan konsentrasi 21% selama 150 menit menghasilkan glukosa sebesar 70,85 ppm sedangkan pada penelitian ini glukosa optimum yang diperoleh dari konsentrasi 4 M selama 90 menit adalah 1,44% atau setara dengan 1445,744 ppm. Perolehan glukosa pada penelitian ini lebih banyak dibandingkan dengan penelitian Ariyani disebabkan karena kandungan selulosa dari bahan baku,

proses perlakuan awal dan waktu serta konsentrasi HCl yang digunakan berbeda.

Perolehan glukosa hasil hidrolisis serat sabut kelapa dengan berbagai variasi waktu dan konsentrasi katalis asam ini apabila dikonversikan menjadi bioetanol maka reaksinya dapat digambarkan sebagai berikut.



Berdasarkan persamaan 1 secara teoritis, 1 gram glukosa apabila difermentasikan secara sempurna maka etanol yang dihasilkan atau hasil etanol secara teoritis adalah 0,511 gram bioetanol (Mansi-EI, 2007).

Berdasarkan data pada Gambar 2 didapatkan bahwa bioetanol terbesar secara teoritis yang diperoleh dari hidrolisis sabut kelapa dengan konsentrasi 4 M yaitu 73,88 mg sedangkan perolehan bioetanol terkecil secara teoritis yang diperoleh dari hidrolisis sabut kelapa dengan konsentrasi 4,5 M yaitu 53,44 mg. Perolehan bioetanol secara teoritis ini mengabaikan perolehan glukosa yang lebih besar karena faktor suhu pada konsentrasi 5 M.

Proses hidrolisis menggunakan katalis asam memang menghasilkan kadar glukosa sedikit lebih kecil dibandingkan menggunakan enzim. Hal ini disebabkan oleh asam bersifat tidak spesifik dan memotong secara acak ikatan glikosidik sehingga akan menghasilkan gula yang tidak seragam. Selain itu, pada hidrolisis secara asam komponen lain seperti hemiselulosa dan lignin yang masih terdapat pada fraksi selulosa juga ikut terhidrolisis membentuk gula-gula non pereduksi (Subekti, 2006). Namun, proses hidrolisis menggunakan katalis asam tidak memerlukan perlakuan awal, waktu hidrolisis yang lebih cepat dan tidak memerlukan biaya yang tinggi, sedangkan proses hidrolisis enzimatik memerlukan perlakuan awal bahan baku agar struktur selulosa siap untuk dihidrolisis oleh enzim (Palmqvist & Hahn-Hagerdal, 2000), waktu hidrolisis yang lebih lama serta memerlukan biaya yang tinggi.

Bahan pembuatan bioetanol dari limbah lignoselulosa tidak hanya berasal

dari serat sabut kelapa saja namun dapat juga berasal dari limbah lignoselulosa lainnya seperti jerami padi, ampas sagu, tongkol jagung, tandan kosong kelapa sawit, ampas tebu/batang tebu, dan sampah organik.

Limbah lignoselulosa ini akan menghasilkan glukosa melalui proses hidrolisis dan fermentasi yang akan menghasilkan bioetanol sehingga dapat menggantikan bahan pembuatan bioetanol yang selama ini menggunakan tanaman pangan seperti singkong, tebu, nira, sorgum, nira nipah, ubi jalar, dan lain-lain (Hambali et al., 2007) sehingga tidak akan menimbulkan permasalahan baru akibat persaingan terhadap kebutuhan pangan masyarakat.

SIMPULAN

Konsentrasi HCl 4 M sebagai konsentrasi optimum katalis HCl pada hidrolisis serat sabut kelapa dan waktu optimum hidrolisisnya adalah 90 menit dengan menghasilkan perolehan glukosa sebesar 1,44%..

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 2011. *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2011*. Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral
- Anindyawati, T. 2009. *Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioetanol*. Cibinong: Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI
- Ariyani, Endang, Ersanghono Kusumo, Supartono. 2013. *Produksi Bioetanol Dari Jerami Padi (oryza sativa L)*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Badger, PC., 2002. *Ethanol from Cellulose : A General Review*. In *Trend in New Crops and New Uses.*, J.Jannick and A.Whipkey (eds). Alexandria,VA : ASHS Press.
- Balat, M., H. Balat., C. Öz. 2008. *Progress in Bioethanol Processing. Energy and Combustion Science* 34 (2008) 551-573.
- Damayanti, Astrilia. 2011. *Pengaruh Suhu terhadap Kecepatan Reaksi pada*

- Reaksi Hidrolisis Lignoselulosa dari Tongkol Jagung dengan Asam Encer pada Kondisi Non-isotermal. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- De Idral, Daniel, Marniati Salim dan Elida Mardiah. 2012. Pembuatan Bioetanol dari ampas sagu dengan proses hidrolisis asam dan menggunakan *Sacchromyces cerevisiae*. Jurnal Kimia Unand. Volume 1 Nomor .
- Ermaiza. 2009. *Pengaruh Dua Jenis Polisakarida Dalam Biji Alpukat (Persea Americana mill) Terhadap Kandungan Sirup Glukosa Melalui Proses Hidrolisis Dengan HCl 3%*. Skripsi. Departemen Kimia. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Medan.
- Fan, L.T., Y.H. Lee, dan M.M.Gharpuray. 1982. The Nature of Lignocellulosics and Their Pretreatment for Enzymatic Hydrolysis. *Adv. Bichem. Eng.* 23: 158 – 187.
- Fengel, D. dan Wegener, G. 1995. Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. Gajah Mada Press: Yogyakarta
- Hambali, E., S. Mujdalipah, A.H. Tambunan, A.W. Pattiwiri, R. Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka
- Hartini, Sri, Andreas B. Wijaya, Nastassiah Widjojo, Maria Susilowati, Giwang Petriana. 2013. Pemanfaatan Serabut Kelapa Termodifikasi sebagai Bahan Pengisi Bantal dan Matras. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VIII. Fakultas Sains dan Matematika. UKSW. Vol 4, No 1, ISSN: 2087-0922
- Gunam, I.B., K. Buda, I.M.Y.S. Guna. 2010. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi Terhadap Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* NRRL A-II,264. *Jurnal Biologi*. XIV: 55-61
- Irawan, Dedi., Zainal Arifin. 2012. sintesa gula dari sampah organik dengan prose hidrolisis menggunakan katalis asam. Samarinda : Politeknik Negeri Samarinda.
- Kholisoh, Siti Diyar., Sri Sukardati. 2011. delignifikasi sabut kelapa dengan naoh untuk produksi gula pereduksi secara enzimatik. Program Studi Teknik Kimia. Yogyakarta : UPN Veteran Yogyakarta.
- Lin dan Tanaka (2006). Ethanol fermentation from biomass resources: Current state and prospects. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 69, 627-642.
- Minarni, Neni. 2013. *Pembuatan Bioetanol dengan Bantuan Saccharomyces cerevisiae dari glukosa hasil hidrolisis biji durian*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Malang: Universitas Brawijaya
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y.Y., Holtzapple, M., Ladisch, M., 2005. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technol.*, 96, 673-686.
- Mussatto, S.I., Teixeira, J.A. 2004. Lignocellulose as raw material in fermentation processes. *Current Research, Technology and Education Tropics in Applied Microbial Biotechnology*
- Mansi, El, E.M.T., Bryce, C.F.A., Demain, A.L., Allman, A.R. 2007. *Fermentation microbiology and Biotechnology*. second edition. Tylor & Francis Group. LLC. New York.
- Palmqvist, E., Hahn-Hägerdal, B., 2000. Reviewpaper. Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. II: inhibitors and mechanisms of inhibition. *Bioresource Technology*, 74, 25-33.

- Pazur, J. H.: in W. Pigman, D. Horton and E. Herp (Eds.) "The Carbohydrates", 2nd ed., vol. IIA, Academic Press, New York 1970, 96.
- Rohana, Nova Aulina., Elida Mardiah., Afrizal. 2013. produksi selulase dari *aspergillus niger* dan kemampuannya menghidrolisis ampas tebu. Jurusan Kimia. Universitas Andalas.
- Samsuri, M. (2007). *Pemanfaatan selulosa bagas Untuk Produksi Ethanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase*. Jakarta: Makara Teknologi.
- Subekti, Hendro. 2006. *produksi etanol dari hidrolisat fraksi selulosa tongkol jagung oleh saccharomyces cerevisiae*. Skripsi. Departemen Teknologi Pertanian. Fateta IPB. Bogor.
- Sukardati, Sri, Siti Diyar Kholisoh, Heri Prasetyo. 2010. *Produksi Gula Reduksi dari Sabut Kelapa menggunakan Jamur Trichoderma reesei*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". Yogyakarta: Universitas UPN Veteran.
- Sun, Y., Cheng, J., 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technol.*, 83, 1-11.
- Suri, Annisia, Yuniarti Yusak, Rumondang Bulan. 2013. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Dari Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jack) Dengan Hcl 30% Menggunakan Ragi Roti. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Medan : Universitas Sumatera Utara.