

SINTESA GULA DARI SAMPAH ORGANIK DENGAN PROSES HIDROLISIS MENGGUNAKAN KATALIS ASAM

Dedy Irawan^{*)} dan Zainal Arifin

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
Jl. Ciptomangunkusumo, Samarinda, Kalimantan Timur 75131, Telp. (0541) 260588
^{*)}Penulis korespondensi: ddy_iwn@yahoo.com

Abstract

SYNTHESIS OF SUGAR FROM ORGANIC WASTES VIA ACID CATALYST HYDROLYSIS. *Hydrolysis process is an important step from every process to produce biofuel with organic wastes as raw material. Hydrolysis process with chemical uses hydrochloride acid as catalyst in which will transform holocellulose to glucose. Raw material of 100 grams is put into hydrolysis reactor with batch system equipped with pressure control and ratio hydrochloride of 1 : 6 w/v. The variables studied were temperature of 110-140°C, HCl concentration of 0.5-1%, time of hydrolysis of 15-60 minutes. The sugar concentration was taken and then be analyzed by Nelson-Somogy method. The hydrolysis, which was carried out with the temperature of 120°C, time of 30 minutes, HCl concentration of 0.75%, and the pressure of 6 bar, produced sugar reduction of 27.3 mg/mL and yield of 15.07%.*

Keywords: *hydrochloride acid; hydrolysis; organic wastes; sugar concentration; yield*

Abstrak

Proses hidrolisis merupakan satu tahap penting dari rangkaian tahapan proses produksi bahan bakar nabati menggunakan bahan baku sampah organik. Proses hidrolisis secara kimiawi menggunakan HCl sebagai katalis akan mengubah holoselulosa yang terdapat pada sampah organik menjadi gula. Gula yang dihasilkan inilah yang dapat difermentasi menjadi bahan bakar nabati. Bahan baku sebanyak 100 g dimasukkan dalam reaktor hidrolisis sistem batch yang dilengkapi dengan pengukur tekanan dan ditambahkan larutan HCl pada perbandingan 1:6 b/v. Hidrolisis dilakukan dengan memvariasikan suhu operasi 100-140°C, waktu proses 15-60 menit, serta konsentrasi HCl 0,5-1%. Hidrolisat yang dihasilkan dianalisis kadar gula menggunakan metode Nelson-somogy. Hasil hidrolisis yang dilakukan pada suhu 120°C selama 30 menit serta konsentrasi HCl 0,75% dan tekanan terukur 6 bar menghasilkan gula 27,30 mg/mL dan yield gula sebesar 15,07%.

Kata kunci: *asam klorida; hidrolisis; sampah organik; kadar gula; yield*

PENDAHULUAN

Program pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN) yang selama ini menggunakan bahan pangan dikhawatirkan akan terjadi kompetisi antara ketersediaan bahan baku untuk pangan, pakan, dan untuk sumber energi (Sun dan Cheng, 2002). Intensifikasi pencarian sumber bahan baku juga perlu terus diteliti dan dikembangkan. Bahan baku dari jenis non pangan menjadi pilihan untuk pengembangan BBN generasi kedua (*2nd generation biofuel*). Salah satu bahan baku non pangan tersebut adalah sampah organik perkotaan.

Kota Samarinda menurut data per April 2010 menghasilkan sampah sebesar 320 ton/hari (DKP Samarinda, 2010; Irawan dan Arifin, 2010). Komposisi sampah organik kota Samarinda memiliki

kandungan holoselulosa yang potensial menghasilkan gula jika di hidrolisis (Irawan dan Arifin, 2010). Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku produksi BBN.

Data klasifikasi sampah organik per Agustus 2012 komposisi terbesarnya, 44,68% ± 0,04%, adalah fraksi sampah dengan kandungan holoselulosa 0-20% yang meliputi kulit buah dan sayuran. Sampah fraksi inilah yang dihidrolisis secara kimiawi dengan larutan HCl untuk menghasilkan gula reduksi yang dapat difermentasi menjadi BBN.

Hidrolisis lignoselulosa dengan asam encer adalah yang paling umum diaplikasikan untuk mendapatkan gula sebagai bahan baku fermentasi menjadi bahan bakar nabati. Umumnya, hidrolisis asam encer menggunakan asam mineral seperti H₂SO₄

dan HCl, pada suhu antara 120-200°C (Tahezadeh dan Karimi, 2007). Proses hidrolisis berbahan lignoselulosa telah dilakukan antara lain hidrolisis biji nangka menggunakan larutan HCl 0,1 N mendapatkan gula 9,84 mg/ml (Maryudi, 1999). Hidrolisis serbuk gergaji menggunakan larutan H₂SO₄ 0,5% mendapatkan gula dengan kadar 11,53 mg/ml (Sediawan dkk., 2007). Hidrolisis sampah buah dan sayur menggunakan larutan H₂SO₄ 0,25% menghasilkan gula 17,92 mg/ml (Wicakso, 2008). Hidrolisis lignoselulosa seperti sampah organik menggunakan larutan HCl untuk mencari alternative lain penggunaan larutan asam dalam proses hidrolisis.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi terbaik, yaitu suhu dan konsentrasi katalis HCl serta waktu pada proses hidrolisis sampah organik kota menjadi gula.

METODE PENELITIAN

Bahan

Sampah organik kota diambil dari tempat pembuangan akhir sampah (TPAS) di Kota Samarinda yaitu TPAS Bukit Pinang. Bahan kimia seperti HCl, Nelson A, Nelson B, arsenomolybdat diperoleh dari Merck, Jerman.

Rangkaian alat hidrolisis tersaji pada Gambar 1.

Prosedur

Kulit buah dan sayuran dikeringkan kemudian diblender. Sebanyak 100 g bahan baku dimasukkan dalam reaktor hidrolisis yang dilengkapi dengan

pengukur tekanan dan ditambahkan larutan HCl dengan perbandingan 1:6 b/v. Proses hidrolisis dilakukan pada suhu yang divariasikan antara 100-140°C selama waktu 15-60 menit dan menggunakan larutan HCl konsentrasi 0,5-1%. Hidrolisat selanjutnya dianalisis kadar gula dengan metode *Nelson-somogy*. Kadar gula yang diperoleh digunakan sebagai dasar perhitungan *yield* gula.

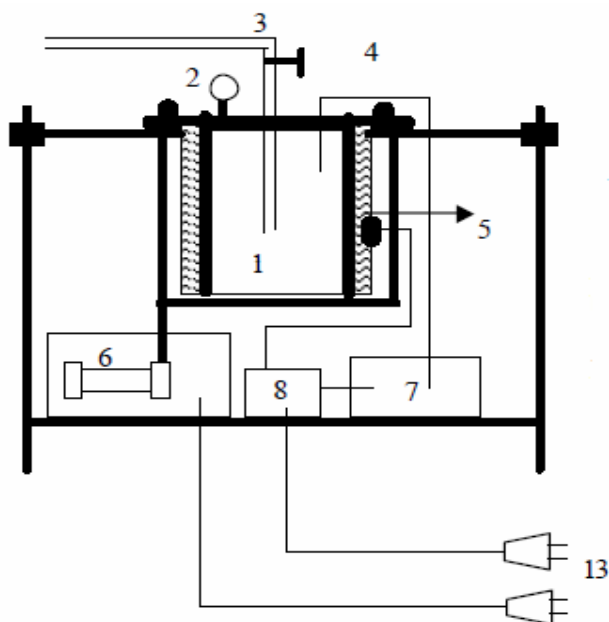
HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses hidrolisa pada lignoselulosa memiliki tujuan untuk memecah ikatan hemisellulosa dan menghilangkan kandungan lignin serta merusak struktur kristal sellulosa menjadi senyawa gula sederhana (Sun dan Cheng, 2002).

Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Proses Hidrolisis

Suhu yang digunakan dalam proses hidrolisis variasi suhu adalah 100-140°C tekanan terukur 4-10 bar dengan perbandingan sampah kering dan konsentrasi katalis 0,75% adalah 1:6. Hidrolisis sampah sayur dan buah mendapatkan kadar gula yang optimal pada perbandingan bahan baku 1:6 (Wicakso, 2008), atas dasar itu penelitian ini menggunakan perbandingan bahan baku sampah kering dengan larutan asam 1:6.

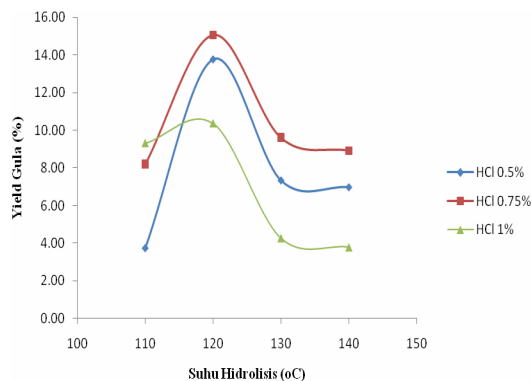
Kecendrungan *yield* gula yang diperoleh dari proses hidrolisis dengan memvariasikan suhu 100-140°C untuk setiap konsentrasi HCl yang divariasikan 0,5-0,75% terlihat pada Gambar 2.



Keterangan:

1. Reaktor (*Autoclave*)
2. Alat ukur tekanan
3. Tempat pengambilan sampel
4. Termokopel
5. Pemanas
6. Motor penggerak reaktor
7. Termostat
8. Kontaktor
9. Pendingin
10. *Flash Chamber*
11. Statif
12. Erlenmenyer
13. Stop kontak

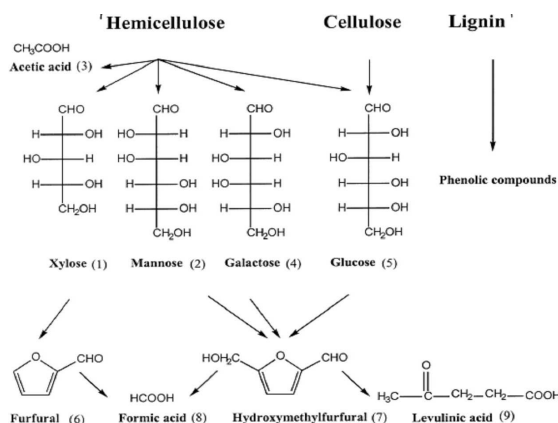
Gambar 1. Rangkaian alat hidrolisis



Gambar 2. Suhu versus yield gula pada waktu hidrolisis 30 menit

Hasil gula yang diperoleh pada gambar 2 bahwa hidrolisis pada suhu 120°C adalah suhu yang dapat menghasilkan gula tertinggi. Padahal semakin tinggi suhu maka kecepatan reaksi dan konversi semakin meningkat. Hal tersebut tidak terjadi dikarenakan terjadi reaksi lebih lanjut yang membentuk senyawa lain yaitu senyawa asam karboksilat, senyawa furan, dan senyawa fenol (Tahezadeh dan Niklasson, 2003).

Monosakarida pada suhu tinggi seperti terlihat pada Gambar 3, akan mudah terdegradasi menjadi senyawa furfural, 5-hydroxymethylfurfural, asam asetat, dan asam formiat yang sekaligus menjadi inhibitor untuk proses hidrolisis lanjutan (Larsson, 2000).



Gambar 3. Produk samping hasil degradasi lanjut monosakarida (Palmqvist dan Hahn-Hägerdal, 2000)

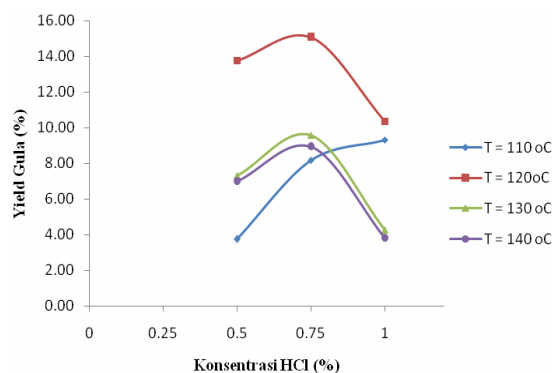
Terlihat bahwa yield gula maksimal didapat pada suhu 120°C. Pada suhu tersebut larutan asam bekerja maksimal dalam mengkatalisis pemecahan hemiselulosa dan selulosa menjadi monomernya melalui reaksi hidrolisis. Pada suhu yang lebih tinggi reaksi total tidak lagi mengarah pada pembentukan monomer gula sehingga terlihat pada tabel 1 yield gula pada suhu di atas 120°C cenderung turun. Reaksi-reaksi hidrasi secara khusus terjadi selama perlakuan panas terhadap polisakarida. Di samping itu juga

merupakan reaksi-reaksi samping yang tidak dapat dihindari pada keadaan hidrolisis yang bersifat asam, menyebabkan gula yang terbentuk akan terdekomposisi yang mengakibatkan yield gula menurun.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis Terhadap Proses Hidrolisis

Variasi konsentrasi katalis asam yang dipakai dalam penelitian ini adalah dari 0,25%; 0,5%; 0,75% dan 1% dengan menggunakan suhu 120°C dan bahan baku berupa sampah kering.

Peningkatan konsentrasi asam menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya, (Mussatto dan Roberto, 2004). Penambahan asam kuat konsentrasi rendah dapat meningkatkan kuantitas gula pada proses hidrolisis lignoselulosa karena ion H⁺ pada asam kuat dapat memutuskan ikatan glikosid yang terdapat pada selulosa (Samsuri, 2007). Yield gula seperti yang terlihat pada Gambar 4 terus meningkat sampai konsentrasi HCl 0,75% dan selanjutnya turun pada konsentrasi larutan HCl 1%. Semakin tinggi konsentrasi asam yang dipakai dalam hidrolisis seharusnya menaikkan yield yang didapat. Akan tetapi dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam pada konsentrasi larutan diatas 0,75% tidak secara proporsional meningkatkan yield yang diperoleh. Larutan asam dengan konsentrasi 1-2% pada suhu diatas 100°C akan lebih cepat mengkatalisis reaksi dekomposisi senyawa gula dibandingkan reaksi pembentukan gula (Xiang, dkk., 2004).

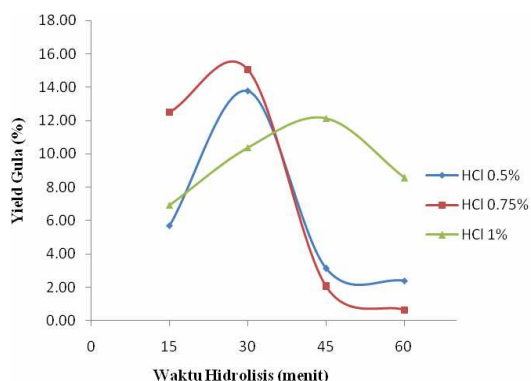


Gambar 4. Konsentrasi HCl versus yield gula pada waktu hidrolisis 30 menit

Meningkatnya konsentrasi asam dalam proses hidrolisis mengakibatkan gula dan senyawa gula lainnya akan lebih banyak terdegradasi membentuk hydroxymethylfurfural dan furfural yang akhirnya keduanya membentuk asam formiat (Palmqvist dan Hahn-Hägerdal, 2000). Hal ini dapat diduga sebagai sebab penurunan yield gula pada konsentrasi larutan HCl lebih dari 0,75%.

Pengaruh Waktu Terhadap Proses Hidrolisis

Waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan *yield* glukosa terbaik pada penggunaan larutan HCl seperti terlihat pada Gambar 5, untuk konsentrasi HCl 0,5% dan 0,75% pada 30 menit. Sedangkan pada konsentrasi HCl 1% tertinggi *yield* gula pada waktu 45 menit. Walaupun demikian pada waktu 45 menit *yield* gula yang dihasilkan tidak lebih tinggi dari pemakaian konsentrasi HCl 0,5% dan 0,75%. Menurut Kim dkk. (2002), dengan bahan bagas diperoleh *yield* glukosa maksimal sebesar 34% pada temperatur 155°C, konsentrasi asam 0,75% selama 45 menit setelah itu turun. Waktu yang lama menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya, kontak antara *bagasse* dengan asam juga semakin besar sehingga reaksi hidrolisa berjalan lebih sempurna. Namun, seiring dengan lamanya waktu reaksi, gula yang terbentuk akan berubah menjadi senyawa-senyawa phenol dan furfural. Sehingga dapat terlihat bahwa pada saat hidrolisis dilakukan pada waktu tersebut yang terbaik menghasilkan gula sedangkan setelah itu gula terbentuk akan terdekomposisi kembali menjadi senyawa-senyawa lain. Hal ini yang mengakibatkan *yield* gula menjadi menurun.



Gambar 5. Waktu hidrolisis versus *yield* gula pada suhu 120°C

Jika *yield* gula menjadi acuan utama dalam proses hidrolisis sampah kota Samarinda menjadi gula sebagai bahan baku produksi bahan bakar nabati maka pemakaian larutan HCl terbaik akan tercapai pada kondisi suhu proses 120°C, waktu proses 30 menit, dengan penggunaan konsentrasi HCl 0,75%.

KESIMPULAN

Kenaikan suhu hingga 120°C pada proses hidrolisis sampah organik akan meningkatkan *yield* gula dan selanjutnya turun. Peningkatan konsentrasi HCl hingga 0,75%, dan waktu hingga 30 menit, juga meningkatkan *yield* gula. Hidrolisis sampah organik pada suhu 120°C dengan konsentrasi larutan HCl 0,75% dan waktu total hidrolisis 30 menit menghasilkan hidrolisat dengan konsentrasi gula 27,30 mg/mL dan *yield* total sebesar 15,07%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan atas dukungan dana untuk terlaksananya penelitian ini melalui Hibah Penelitian Strategis Nasional bidang Energi Baru dan Terbarukan Tahun anggaran 2012 dengan Surat Perjanjian No: 058/SP2H/PL/Dit.Litabamas/III/2012 tanggal 7 Maret 2012. Terima kasih juga diucapkan kepada Jumarding, Apian Dono, Muhammad Rizal, Setyawati yang telah membantu kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Samarinda, (2010), *Samarinda Dalam Angka 2010*, BAPEDA Kota Samarinda.

Irawan, D. dan Arifin, Z., (2010), *Sampah = Energi, Studi Pemanfaatan Sampah Organik Kota Samarinda Menjadi Bioetanol*, ISBN 979-17405-9-3. Penerbit Interpena, Yogyakarta.

Irawan, D. dan Arifin, Z., (2010), Pemanfaatan Sampah Organik Kota Samarinda Menjadi Bioetanol:Klasifikasi dan Potensi, *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2010*, Jurusan Teknik Kimia UNDIP, ISSN:1411-4216, hal. D-04-1:6.

Kim, J.S., Hong, Suk In., Lee, and Yoon. Y., (2002), Bed-Shrinking Flow-Through Reactor in Dilute Acid Hydrolysis of Cane Bagasse Cellulose. *Ind. Eng. Chem.*, (8), pp. 432-436.

Larsson, S., (2000), *Ethanol from Lignocellulose-Fermentation Inhibitors, Detoxification and Genetic Engineering of Saccharomyces cerevisiae for Enhanced Resistance*, Dept. of Applied Microbiology, Lund University of Technology, Lund.

Maryudi, (1999), Pembuatan Gula dari Pati Biji Nangka dengan Hidrolisis Asam Klorida, *Laporan Penelitian*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

Mussatto, S.I. and Roberto, I.C., (2004), Alternatives for detoxification of dilute-acid lignocellulosic hydrolyzates for use in fermentative process: a review, *Bioresource Technology*, 93, pp. 1-10.

Palmqvist, E. and Hahn-Hägerdal, B., (2000), Review paper, Fermentation of lignocellulosic hydrolyzates. II: inhibitors and mechanisms of inhibition. *Bioresource Technology*, 74, pp. 25-33.

Samsuri, M., (2007), Pemanfaatan selulosa bagas Untuk Produksi Ethanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase, *Makara Teknologi*, vol 11, No 1, hal. 17-24.

Sediawan, W.B., Megawati, Millati, R., and Syamsiah, S., (2007), Hydrolysis of Lignocellulosic Waste for Ethanol Production, *International Biofuel Conference*, Bali, Indonesia.

Sun, Y. and Cheng, J., (2002), Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review, *Bioresource Technol.*, 83, pp. 1-11.

Taherzadeh, M. J. and Niklasson, C., (2003), *Ethanol from Lignocellulosic Materials: Pretreatment, Acid and Enzymatic Hydrolyses and Fermentation*, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey, 3 ed., pp. 6-9.

Taherzadeh, M.J. and Karimi, K., (2007), Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials ; A Review, *Bioresources*, 2(3), pp.476.

Wicakso, D.R., (2008), Kinetika Reaksi Hidrolisis Polisakarida dari Sampah Kota (Sayur dan Buah) dengan Katalisator Asam Sulfat Encer dalam Rangka Produksi Etanol, *Laporan Tesis*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Xiang, Q., Lee, Y., and Torget, R., (2004), Kinetics of Glucose Decomposition During Dilute-AcidHydrolysis of Lignocellulosic Biomass, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Humana Pers. Inc., 113, pp. 1130-1133.