

PROSES HIDROLISIS SAMPAH ORGANIK MENJADI GULA DENGAN KATALIS ASAM

Dedy Irawan¹⁾, Zainal Arifin

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
Jalan Ciptomangunkusumo, Samarinda, Kalimantan Timur 75131 Telp. (0541) 260588
ddy_iwn@yahoo.com

Abstrak

Proses Hidrolisis merupakan satu tahap penting dari rangkaian tahapan proses produksi bioetanol berbahan baku sampah organik. Hidrolisis dengan asam klorida encer konsentrasi 0,25-1% dengan suhu divariasikan 120-180 °C dan waktu 15-120 menit. Perbandingan pereaksi 1:6 antara sampah kota dan larutan asam untuk tiap tahap hidrolisis yang dilakukan dalam sebuah reaktor sistem batch. Hasil hidrolisis berupa gula ditentukan kadarnya menggunakan metode Nelson-Somogy. Hasil analisis kadar gula menunjukkan bahwa kondisi terbaik hidrolisis pada suhu 120 °C, konsentrasi katalis 0,75%, waktu 30 menit dan tekanan 4 bar dengan kadar gula 29,34 mg/mL dimana yield sebesar 13,09%.

Kata kunci: asam klorida, hidrolisis, kadar gula, yield

Abstract

Hydrolysis is one of the most important stages of bioethanol production made from organic waste. Hydrolysis with dilute hydrochloric acid concentration was varied from 0.25-1% with a temperature of 120-180°C and time of 15-120 minutes. Reactant ratio 1:6 between organic waste and dilute hydrochloric acid for every stage hydrolysis was reacted in a batch reactor system. The sugars concentrations in the hydrolyzate were then analyzed by Nelson-Somogy method. The results showed that the best conditions for hydrolysis was found at temperature of 120°C, catalyst concentration of 0.75%, time of 30 minutes and the pressure of 4 bar with the sugar concentration of 29.34 mg/mL and the yield of 13.09%.

Key word : hydrolysis, hydrochloride acid, sugar concentration, yield

PENDAHULUAN

Sampah kota mengandung bahan yang beraneka ragam, tetapi kandungan terbesar adalah sampah organik yang mencapai 65%. Sampah organik dari daerah perkotaan merupakan biomassa yang berat keringnya diperkirakan mengandung 75% pati, hemiselulosa, dan selulosa (Suyitno, 2007). Sampah kota Samarinda berdasarkan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh Irawan dan Arifin (2010) memiliki komposisi 22,45% yang mengandung holoselulosa 0-20%; 8,07% mengandung holoselulosa 21-40%; 16,77% mengandung holoselulosa 41-60%; 9,27% mengandung holoselulosa 61-80%; 26,37%

mengandung holoselulosa 81 – 100%. Secara teoritis menunjukkan bahwa potensi pemanfaatan sampah organik Kota Samarinda menjadi bioetanol sebesar 5.976,82 kL/tahun (Irawan dan Zainal, 2010).

Hidrolisis lignoselulosa dengan asam encer adalah yang paling umum diaplikasikan untuk mendapatkan gula sebagai bahan baku fermentasi menjadi bioetanol. 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.

Hidrolisis sampah organik yang telah dilakukan hanya terfokus pada fraksi buah dan sayur belum pada hidrolisis sampah organik dari seluruh fraksi yang terkandung dalam sampah tersebut. Sebagai contoh dalam sampah kota Samarinda, komposisi fraksi buah dan sayur sekitar 48,82%, sisanya dedaunan, kertas dan lain sebagainya (Irawan dan Arifin, 2010). Sehingga hidrolisis perlu dilakukan untuk seluruh fraksi dengan jumlah yang sesuai dengan komposisinya dalam sampah organik tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan

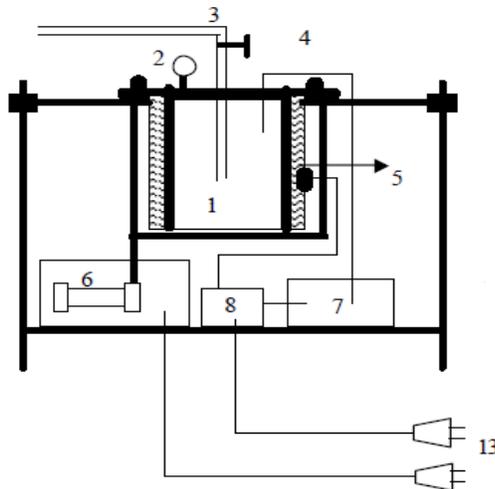
kondisi terbaik, yaitu suhu dan konsentrasi katalis HCl serta waktu pada proses hidrolisis sampah organik kota menjadi gula.

METODE PENELITIAN

Bahan

Sampah organik kota diambil dari dua tempat pembuangan akhir sampah (TPAS) di Kota Samarinda yaitu TPAS Bukit Pinang dan Palaran. Sampah organik diklasifikasikan menurut kandungan holoselulosanya menjadi lima fraksi (Irawan dan Arifin, 2010). Setiap fraksi sampah berdasarkan persentasenya didalam sampah organik kota samarinda dihidrolisis dengan larutan HCl encer. Bahan kimia seperti HCl, Nelson A, Nelson B, arsenomolybdat diperoleh dari Merck, Jerman.

Alat

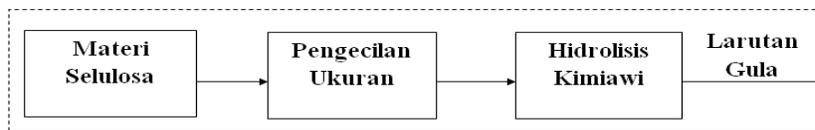


Keterangan:

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. Erlenmeyer
13. Stop kontak

Gambar 1. Rangkaian alat hidrolisis

Prosedur



Gambar 2. Rangkaian proses pembuatan bioetanol

Hidrolisis

Penelitian yang dilakukan adalah proses hidrolisis seperti pada Gambar 2 yang diadopsi dan dimodifikasi dari Taherzadeh dan Karimi (2007).

Sampah organik kering sebanyak 100 gr dan larutan HCl 0,25% sebanyak 600 mL dimasukkan ke dalam reaktor (*autoclave*). Hidrolisis dilakukan pada suhu 100°C selama 15 menit pada tekanan terukut 3 bar

untuk menghidrolisis lignoselulosa menjadi gula. Selanjutnya hidrolisat masing-masing dianalisa kandungan gula menggunakan metode Nelson-Somogy. Langkah yang sama untuk variasi waktu hidrolisis 30-120 menit. Suhu hidrolisis divariasikan 100 °C, 120 °C, 140 °C, 160 °C, 180 °C. Konsentrasi HCl divariasikan 0,25; 0,5; 0,75; 1,0%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses hidrolisa pada lignoselulosa memiliki tujuan untuk memecah ikatan hemiselulosa dan menghilangkan kandungan lignin serta merusak struktur kristal selulosa menjadi senyawa gula sederhana (Sun dan Cheng, 2002). Proses hidrolisis dilakukan dalam dua tahapan yaitu tahap pertama melakukan hidrolisis terhadap hemiselulosa selama 10 - 40 menit dan yang kedua melakukan hidrolisis

terhadap selulosa selama 20-80 menit selanjutnya hasil kedua tahap tersebut diakumulasikan untuk perhitungan yield gula. Sampah hasil hidrolisis pertama dinetralkan dengan air guna menghilangkan sisa katalis yang masih ada kemudian dilanjutkan hidrolisis kedua.

Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Proses Hidrolisis

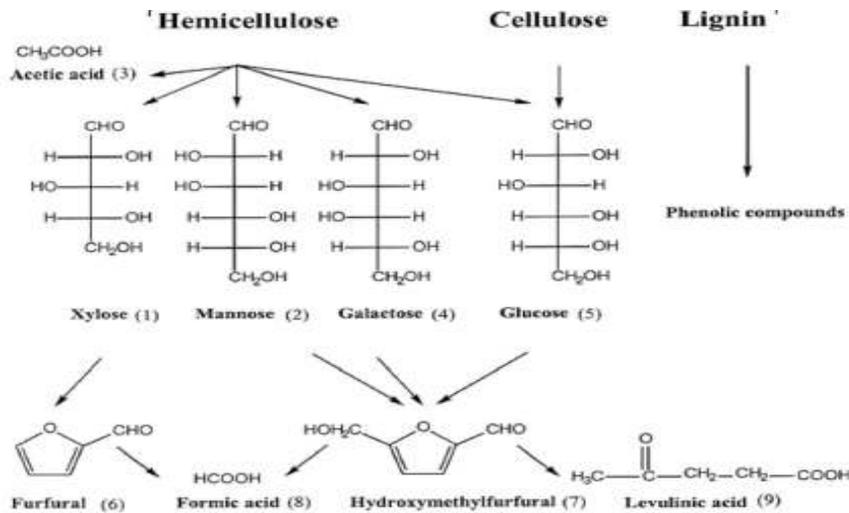
Suhu yang digunakan dalam proses hidrolisis variasi suhu adalah 100 °C, 120 °C, 140 °C, 160 °C dan 180 °C tekanan terukur 3-4 bar dengan perbandingan sampah kering dan konsentrasi katalis 0,75% adalah 1:6. Hidrolisis sampah sayur dan buah mendapatkan kadar gula yang optimal pada perbandingan bahan baku 1: 6 (Wicakso, 2008), atas dasar itu penelitian ini menggunakan perbandingan bahan baku sampah kering dengan larutan asam 1:6

Tabel 1. Pengaruh suhu terhadap *yield*

Suhu (°C)	Yield (%)
100	11,08
120	13,09
140	10,30
160	9,33
180	9,04

Hasil gula yang diperoleh pada tabel 1 bahwa hidrolisis pada suhu 120°C adalah suhu yang dapat menghasilkan gula maksimum. 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.



Gambar 3. Produk samping hasil degradasi lanjut monosakarida (Palmqvist, dan Hahn-Hägerdal; Tahezadeh dan Niklasson, 2003)

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. Disamping 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 glukosa menurun.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis Terhadap Proses Hidrolisis

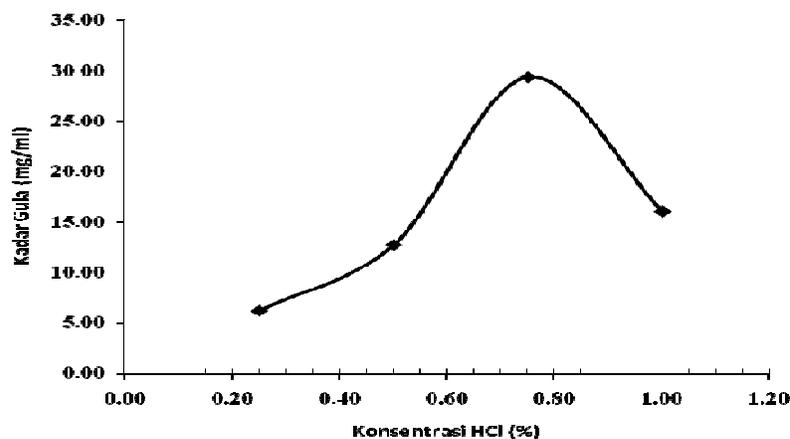
Variasi konsentrasi katalis asam yang dipakai dalam penelitian ini adalah dari 0,25%; 0,5%; 0,75% dan 1% dengan menggunakan suhu 120°C dan bahan baku berupa sampah kering yang telah dicampur dari fraksi I sampai dengan fraksi V dengan perbandingan 1:6 (sampah kering : katalis).

Tabel 2. Konsentrasi gula dan *yield* pada berbagai konsentrasi katalis pada suhu 120°C

Variasi Konsentrasi HCl (%)	Kadar Gula (mg/mL)	Yield Gula (%)
0.25	6.19	2.11
0.5	12.72	5.92
0.75	29.34	13.09
1	16.04	5.07

Peningkatan konsentrasi katalis akan meningkatkan laju hidrolisis karena konstanta kecepatan reaksi hidrolisis akan berbanding lurus dengan konsentrasi H⁺ pada suasana asam. 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 tabel 2 terus meningkat sampai akan lebih cepat mengkatalisis reaksi dekomposisi senyawa glukosa dibandingkan reaksi pembentukan glukosa (Xiang, dkk, 2004).

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



Gambar 4. Kadar gula hasil hidrolisis pada suhu 120 °C untuk berbagai variasi konsentrasi HCl

Meningkatnya konsentrasi asam dalam proses hidrolisis mengakibatkan glukosa dan senyawa gula lainnya akan lebih banyak terdegradasi membentuk hydroxymethylfurfural dan furfural yang akhirnya keduanya membentuk asam formiat (Tahezadeh dan Karimi, 2007). 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* gula terbaik pada penggunaan larutan HCl

adalah pada waktu hidrolisis 30 menit. Kecenderungan yang terlihat pada tabel 3 bahwa setelah waktu 30 menit *yield* gula cenderung turun. Waktu hidrolisis terhadap kayu lunak dengan proses Scholler yang pernah dilakukan menggunakan larutan asam memberikan *yield* optimal pada saat 45 menit. Sehingga dapat terlihat bahwa pada saat hidrolisis dilakukan pada waktu tersebut yang optimum menghasilkan gula sedangkan setelah itu gula terbentuk akan terdekomposisi kembali menjadi senyawa – senyawa lain. Hal ini yang mengakibatkan *yield* gula menjadi menurun.

Tabel 3. Konsentrasi gula dan *yield* pada berbagai waktu hidrolisis pada suhu 120 °C dan konsentrasi HCl 0,75%.

Waktu Hidrolisis (menit)	Kadar Gula (mg/mL)	Yield Gula (%)
15	17,35	7,91
30	29,34	13,09
60	25,45	11,60
90	17,43	7,95
120	14,54	6,63

Jika *yield* gula menjadi acuan utama dalam proses hidrolisis sampah kota Samarinda menjadi gula sebagai bahan baku produksi bioetanol maka pemakaian larutan HCl optimum akan tercapai pada

kondisi suhu proses 120 °C, waktu proses 30 menit, dengan penggunaan konsentrasi HCl 0,75%.

Beberapa perbandingan hasil penelitian hidrolisis biomassa dalam rangka produksi bioetanol dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Perbandingan hasil penelitian hidrolisis

Parameter	Maryudi (1999)	Sediawan dkk (2007)	Wicakso (2008)	Saputra (2010)	Penelitian ini
Bahan baku	Biji nangka	Serbuk gergaji	Buah dan sayur	Sampah organik	Sampah organik
Jenis reaktor	Labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk	<i>Autoclave</i>	<i>Autoclave</i>	<i>Autoclave</i>	<i>Autoclave</i>
Suhu, °C	50-90	160-220	120-220	120-180	120-180
Katalis	HCl 0,1N	H ₂ SO ₄ 0,5% (v)	H ₂ SO ₄ 0,25% (v)	H ₂ SO ₄ 0,25% (v)	HCl 0,75% (v)
Perbandingan pereaksi	1:4	1:4	1:6	1:6	1:6
Kadar gula	9,84 mg/mL	11,53 mg/mL	17,92 mg/mL	16,78 mg/mL	29,34 mg/mL
Yield	-	-	14,78 %	7,66 %	13,09 %

Penggunaan HCl sebagai katalis pada hidrolisis menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan dibanding H₂SO₄. Jika dibandingkan dengan penelitian Saputra (2010), maka dengan bahan,

konsentrasi dan waktu yang sama kadar gulanya 1,75 kali lebih banyak. Sedangkan *yield*-nya 1,71 kali lebih tinggi.

SIMPULAN

Hidrolisis sampah organik kota menggunakan larutan HCl yang dilakukan dalam penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan larutan H₂SO₄ yang pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya, berdasarkan yield gula yang dihasilkan. Berdasarkan variasi konsentrasi katalis HCl dan suhu didapatkan kondisi terbaik berdasarkan jumlah gula yang didapat yaitu berada pada suhu 120°C dengan konsentrasi larutan HCl 0,75% dan waktu hidrolisis 30 menit. Konsentrasi gula sebesar 29,34 mg/mL dan yield sebesar 13,09%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kepada Direktur Politeknik Negeri Samarinda atas dukungan dana untuk penelitian ini melalui DIPA Politeknik Negeri Samarinda (No. 0145/023-04.2/XIX/2010) tanggal 31 Desember 2009. Terima kasih juga diucapkan kepada Irfan Saputra dan Ali Syahbana yang telah membantu pengambilan data di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2010). Samarinda Dalam Angka, BAPPEDA Kota Samarinda, Samarinda.
- Irawan, D. dan Arifn, Z., (2010). Pemanfaatan Sampah Organik Kota Samarinda Menjadi Bioetanol:Klasifikasi dan Potensi, *Seminar Rekayasa dan Proses 2010*, Jurusan Teknik Kimia UNDIP, ISSN:1411-4216, pp. D-04-1:6.
- Maryudi, (1999), Pembuatan Glukosa dari Pati Biji Nangka dengan Hidrolisis Asam Klorida, *Laporan Penelitian*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Samsuri, M. (2007). *Pemanfaatan selulosa bagas Untuk Produksi Ethanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase*. Jakarta: Makara Teknologi
- Saputra, I., (2010), Hidrolisis Sampah Organik Kota Samarinda dengan Katalis Asam Sulfat (H₂SO₄), *Laporan Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda.
- Sun, Y., Cheng, J., (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technol.*, 83, 1-11.
- Suyitno, (2007), *Waste to Energy*, artikel ilmiah dalam web: <http://msuyitno.blogspot.com/2007/07/energi-dari-sampah-1-pendahuluan.html>. Diakses 20 Mei 2010.
- Taherzadeh, M. J., dan 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. dan Karimi, K., (2007), Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocelulosic Materials ; *A Review*, *Bioresources*, 2(3), p.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., Torget, R., (2004), Kinetics of Glucose Decomposition During Dilute-AcidHydrolysis of Lignocellulosic Biomass, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Humana Pers. Inc., 113, 1130-1133