

## PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI ASAM TERHADAP KINETIKA REAKSI HIDROLISIS PELEPAH PISANG (*Musa Paradisiaca L*)

Enny Kriswiyanti Artati\*, Feliciana Irvina W. H., Fatimah  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami No. 36 A, Surakarta 57126 Telp/fax: 0271-632112

\*Email: enny91@yahoo.com

**Abstract:** *Banana stem is a biomass that contain high cellulose that can be converted into glucose through hydrolysis reaction. This research purposes were to understand the influence of any kind of acid and its concentration for banana leaves cellulose hydrolysis and to gain the kinetic data or the reaction rate constant (k) of banana leaves hydrolysis reaction. The constant variables in this research were mass of banana leaves (25 gram), mass ratio of solid to solvent (1:10) and cooking temperature (100 °C). The observed variables were kind of acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and HCl) in each concentration of 1.0 N; 1.5 N; 2.0 N; 2.5 N; 3.0 N. The glucose samples were then analyzed using refractometer. Datas showed that at higher acid concentration and longer reaction time, the higher glucose concentration was formed. Datas also showed that HCl will deliver higher glucose concentration than H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. The maximum operation condition was gained at 2 N HCl concentration. By assuming the order of hydrolysis reaction was one, the reaction rate constant were in the range of 0.000182 – 0.0043/minute and 0.00209 – 0.0066/minute for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and HCl respectively.*

**Keywords:** *cellulose hydrolysis; banana stem; sulfite acid; chloride acid*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penghasil biomassa yang jumlahnya cukup besar. Biomassa dapat berasal dari rumah tangga, pertanian, dan industri. Biomassa merupakan sumber energi yang menarik untuk dikembangkan karena jumlahnya yang melimpah dan sifatnya yang dapat diperbarui.

Beberapa tahun belakangan ini telah dilakukan pengembangan biomassa selulosik (selulosa dan hemiselulosa) seperti limbah pertanian dan pengolahan hutan, kertas bekas, dan limbah industri, sebagai sumber glukosa untuk difermentasi menjadi etanol.

Sumber selulosa yang dapat digunakan antara lain, adalah sisa-sisa produk pertanian dan hasil hutan, kertas bekas, dan limbah industri (White, 2000).

Sisa produk pertanian yang banyak dihasilkan salah satunya adalah pelepah pisang. Seperti halnya biomassa pada umumnya, pelepah pisang mengandung selulosa sebesar 40,1% dan lignin 17,8% (Kamara et. al., 2006).

Selulosa dapat digunakan untuk membuat bioetanol dengan cara hidrolisis dan fermentasi. Hidrolisis pada selulosa ada beberapa cara antara lain *dillute acid hydrolisis*, *concentrated acid hydrolisis*, dan *enzymatic hydrolisis*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan jenis asam untuk

hidrolisis selulosa pelepah pisang serta memperoleh data kinetika atau tetapan kecepatan reaksi (k) hidrolisis pelepah pisang.

Tanaman pisang merupakan tanaman asli Indonesia yang banyak diusahakan di daerah tropis. Pisang merupakan tanaman yang berbuah hanya sekali kemudian mati. Tingginya antara 2-9 m, berakar serabut dengan batang di bawah tanah (bonggol) yang pendek. Dari mata tunas yang ada pada bonggol tumbuh tanaman baru (Admin, 2006).

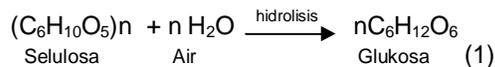
Pelepah pisang diperoleh dari batang pisang palsu (*pseudo-stem*) yang mengandung selulosa sebesar 40,1% dan lignin 17,8% (Kamara et al., 2006).

Selulosa merupakan penyusun utama kayu berupa polimer alami yang panjang dan linier terdiri dari residu  $\beta$ -D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosida pada posisi C1 dan C4. Selulosa mempunyai sifat antara lain berwarna putih, berserat, tidak larut dalam air dan pelarut organik serta mempunyai kuat tarik yang tinggi.

Berdasarkan sifat kelarutan selulosa dalam alkali, selulosa dibagi menjadi tiga macam yaitu  $\alpha$ -Selulosa (merupakan selulosa yang tidak larut dalam larutan NaOH 17-18%),  $\beta$ -Selulosa (merupakan jenis selulosa yang larut dalam larutan NaOH 17-18%) dan  $\gamma$ -Selulosa.

Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi ini merupakan reaksi orde satu, karena air yang digunakan berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan. Terdapat beberapa jenis proses hidrolisis antara lain: hidrolisis murni (sebagai reaktan hanya air), hidrolisis dengan larutan asam (bisa berupa asam encer atau pekat), hidrolisis dengan basa (bisa berupa basa encer atau pekat) dan hidrolisis dengan menggunakan enzim.

Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah terurai. Reaksi hidrolisis:



Pada reaksi hidrolisis polisakarida dengan air, air akan menyerang selulosa pada ikatan 1-4 $\alpha$  glukosida menghasilkan dextrin, sirup atau glukosa tergantung pada derajat pemecahan rantai polisakarida dalam selulosa. Reaksinya merupakan reaksi order satu jika digunakan air yang berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan.

Tetapi reaksi antara air dan selulosa ini berlangsung sangat lambat sehingga diperlukan bantuan katalisator untuk memperbesar kereaktifan air. Katalisator ini bisa berupa asam maupun enzim. Katalisator asam yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat dan asam sulfat.

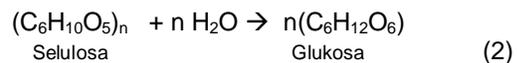
Glukosa yang dihasilkan selama proses hidrolisis difermentasi menjadi etanol. Hasil hidrolisis enzim lebih dapat dikendalikan, sehingga dapat diatur kadar maltosa dan glukosanya.

Proses hidrolisis dengan menggunakan asam dipengaruhi oleh ukuran bahan, kecepatan pengadukan, konsentrasi asam, rasio bahan, suhu, dan waktu. Semakin halus ukuran bahan permukaan bidang kontak akan semakin luas sehingga kecepatan reaksi akan bertambah cepat dan akan memperbesar konversi reaksi (Supranto, 1998). Laju proses hidrolisis akan bertambah oleh konsentrasi asam yang tinggi. Meskipun konsentrasi asam yang tinggi dapat menambah laju hidrolisis, konsentrasi asam yang tinggi juga akan mengakibatkan terikatnya material pengotor seperti SiO<sub>2</sub>, fosfat, dan garam Ca, Mg, K, Na, maka perlu perbandingan yang sesuai antara bahan yang akan dihidrolisis dengan konsentrasi asam yang ditambahkan (Kerr, 1950). Rasio bahan yang semakin besar maka konsentrasi glukosa hasil hidrolisis semakin banyak pula. Karena dengan semakin besar rasio bahan semakin besar pula bahan

yang bereaksi dengan larutan sehingga dihasilkan pula hasil yang semakin banyak (Supranto, 1998). Suhu berpengaruh terhadap konstanta kecepatan reaksi. Jika suhu tinggi, konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar sehingga reaksi dat semakin cepat (Kirk Othmer, 1983). Waktu reaksi yang semakin lama akan memperbanyak jumlah tumbukan zat-zat pereaksi sehingga molekul-molekul yang bereaksi semakin banyak dan memperbanyak hasil yang terbentuk (Supranto, 1998). Pengadukan berkaitan dengan faktor frekuensi tumbukan (A) pada persamaan Arrhenius sehingga dengan adanya pengadukan maka kecepatan reaksi akan meningkat.

Salah satu cara untuk menganalisis kadar glukosa yaitu menggunakan refraktometer. Satuan skala pembacaan refraktometer yaitu <sup>o</sup>brix. <sup>o</sup>Brix adalah satuan skala yang digunakan untuk pengukuran kandungan padatan terlarut (Purwono, 2002). Skala brix dari refraktometer sama dengan berat gram glukosa dari 100 gram larutan glukosa.

Reaksi hidrolisa yang terjadi pada pelepah pisang (Matz, 1970) adalah :



Dari persamaan reaksi hidrolisa di atas bila dianggap sebagai reaksi elementer dan reaksi samping diabaikan, maka persamaan kecepatan reaksi adalah :

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B^n \quad (3)$$

Karena konsentrasi B sangat besar, maka konsentrasi B dapat dianggap bernilai konstan untuk setiap nilai n. Maka persamaan (3) menjadi :

$$-r_A = k' \cdot C_A$$

dengan  $k' = k \cdot C_B^n$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k' \cdot C_A \quad (4)$$

karena  $C_A = C_{A0} (1-x)$  maka persamaan (4) menjadi:

$$-\frac{d(1-x)}{(1-x)} = k' \cdot dt \quad (5)$$

Jika diintegrasikan dengan batasan t=0, x=0 dan t=t, x=x, maka persamaan (5) menjadi:

$$-\ln(1-x) = k' \cdot t + C \quad (6)$$

Persamaan (6) menunjukkan hubungan antara konversi reaksi dengan waktu. Dengan x adalah konversi reaksi yang menyatakan perbandingan jumlah selulosa yang bereaksi

dengan jumlah selulosa mula-mula, dan C adalah suatu konstanta.

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelepah pisang dengan kadar air 5,8% dan kadar selulosa 38,54%, larutan  $H_2SO_4$ , larutan HCl, aquadest. Alat utama yang digunakan adalah magnetik stirer, pendingin bola, dan erlenmeyer.

**Analisis Kadar Alpha Selulosa.** Pulp basah sebanyak 5 gram ditambah dengan 50 mL larutan NaOH 17,5% dan dibiarkan beberapa menit. Kemudian melembutkan pulp dan menambahkan 50 mL larutan NaOH dan dibiarkan selama 30 menit. Menambahkan 300 mL air dan disaring dengan kain. Selanjutnya dicuci dengan 1 L air dan 100 mL larutan asam asetat encer (1:4). Kemudian mencuci dengan 1 L air panas, memeras air yang masih terkandung dalam pulp dan mengeringkannya.

**Proses Hidrolisis.** Mula-mula pelepah pisang yang sudah dikeringkan, dihancurkan dengan menggunakan *blender* sampai menjadi serbuk dan diayak menggunakan ayakan 50 mesh. Sebanyak 25 gram bahan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Untuk memperoleh glukosa optimum dilakukan penambahan larutan  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 1 N sebanyak 250 mL. Kemudian menghidupkan magnetik stirer dan memanaskan larutan sampai suhu 100 °C. Hidrolisis dilakukan sampai 120 menit. Pengambilan sampel dimulai saat larutan mencapai suhu 100 °C dan dianggap sebagai waktu ke-0. Sampel yang diambil langsung didinginkan dengan air es untuk menghentikan reaksi. Larutan sampel hasil hidrolisis dianalisis menggunakan refraktometer.

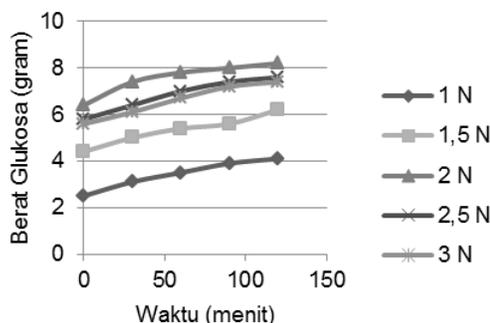
Langkah penelitian di atas dilakukan untuk variasi konsentrasi asam 1 N, 1,5 N, 2 N, 2,5 N, 3 N serta jenis asam  $H_2SO_4$  dan HCl.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

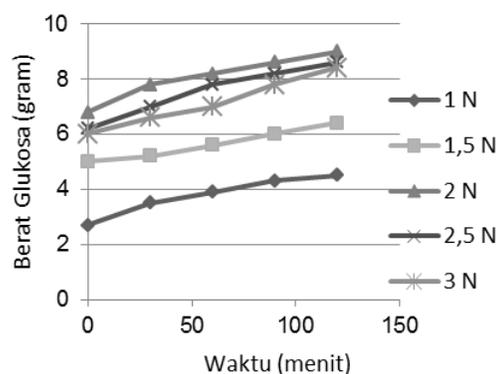
Data hasil pengambilan sampel pada berbagai variasi konsentrasi asam dan waktu pengambilan sampel disajikan pada Gambar 1 dan 2. Berdasarkan Tabel Gambar 1 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu reaksi berat glukosa yang dihasilkan akan semakin besar karena waktu kontak antara reaktan untuk bereaksi semakin besar.

Pada reaksi hidrolisis, asam berfungsi sebagai katalis yang bertujuan untuk mempercepat jalannya reaksi. Asam akan mempengaruhi penurunan energi aktivasi, sehingga reaksi berjalan dengan cepat dan berat glukosa yang dihasilkan akan semakin besar. Akan tetapi jika konsentrasi asam terlalu besar,

glukosa yang terbentuk sedikit, karena larutan menjadi terlalu kental dan tumbukan antar reaktan menjadi berkurang (Lamiya dan Mareta, 2010).



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Waktu (menit) dengan Berat Glukosa Hasil Hidrolisa pada berbagai Konsentrasi  $H_2SO_4$



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Waktu (menit) dengan Berat Glukosa Hasil Hidrolisa pada berbagai Konsentrasi HCl

Dari Gambar 1, berat glukosa hasil hidrolisis terbesar diperoleh pada proses hidrolisa dengan waktu 2 jam pada konsentrasi asam sulfat 2 N yaitu sebesar 8,2 gram. Dari Gambar 2, berat glukosa hasil hidrolisis terbesar diperoleh pada proses hidrolisa dengan waktu 2 jam pada konsentrasi asam klorida 2 N yaitu sebesar 9 gram.

Berdasarkan gambar, pada nilai konsentrasi asam yang sama, untuk katalis asam sulfat menghasilkan berat glukosa yang lebih kecil. Dalam hal ini yang mempengaruhi kecepatan reaksi adalah jumlah  $H^+$ . Pada  $H_2SO_4$  jumlah  $H^+$  lebih banyak daripada HCl.  $H^+$  dari asam akan berikatan dengan  $OH^-$  dari air membentuk gula reduksi. Untuk  $OH^-$  yang sama pada  $H_2SO_4$  terdapat sisa  $H^+$  yang tidak bereaksi sehingga menyebabkan glukosa yang dihasilkan

pada  $H_2SO_4$  lebih sedikit (Hikmiyati dan Yanie, 2007).

Pengaruh jenis asam berupa  $H_2SO_4$  dan HCl dengan konsentrasi 1 N; 1,5 N; 2 N; 2,5 N; 3 N terhadap nilai k proses hidrolisis pelepah pisang dipengaruhi oleh besarnya konversi tiap variabel.

**Tabel 3. Data Konversi ( $X_A$ ) dengan Waktu (menit) pada berbagai Konsentrasi  $H_2SO_4$**

Waktu (menit)	Konversi ( $X_A$ )				
	1 N	1,5 N	2 N	2,5 N	3 N
0	0,23	0,41	0,60	0,54	0,52
30	0,29	0,47	0,70	0,60	0,57
60	0,33	0,50	0,73	0,65	0,63
90	0,36	0,52	0,75	0,69	0,67
120	0,38	0,58	0,77	0,71	0,69

**Tabel 4. Data  $-\ln(1-X_A)$  dengan Waktu (menit) pada berbagai Konsentrasi  $H_2SO_4$**

Waktu (menit)	$-\ln(1-X_A)$				
	1 N	1,5 N	2 N	2,5 N	3 N
0	0,27	0,53	0,91	0,78	0,74
30	0,34	0,63	1,17	0,91	0,84
60	0,40	0,70	1,30	1,06	0,98
90	0,45	0,74	1,37	1,17	1,12
120	0,48	0,86	1,45	1,24	1,17

**Tabel 5. Data Konversi ( $X_A$ ) dengan Waktu (menit) pada berbagai Konsentrasi Asam Klorida**

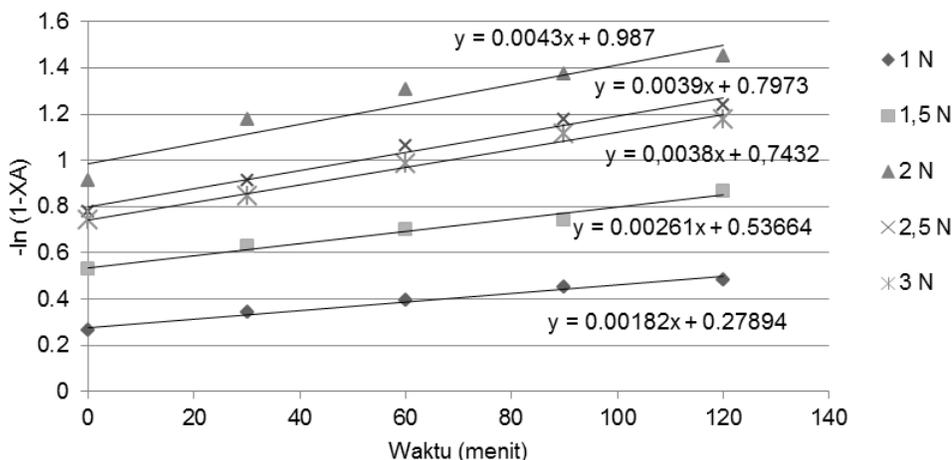
Waktu (menit)	Konversi ( $X_A$ )				
	1 N	1,5 N	2 N	2,5 N	3 N
0	0,25	0,56	0,72	0,57	0,56
30	0,33	0,57	0,82	0,65	0,61
60	0,36	0,61	0,85	0,72	0,65
90	0,40	0,65	0,89	0,76	0,72
120	0,42	0,69	0,93	0,80	0,78

**Tabel 6. Data  $-\ln(1-X_A)$  dengan Waktu (menit) pada berbagai Konsentrasi HCl**

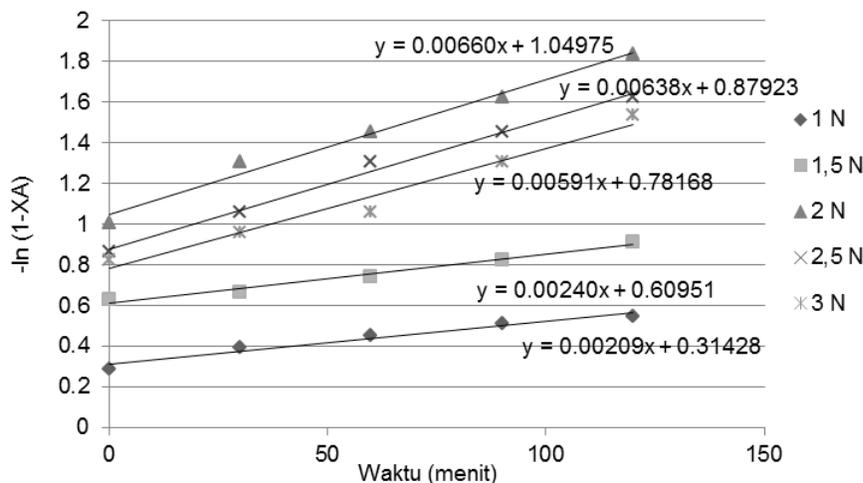
Waktu (menit)	$-\ln(1-x)$				
	1 N	1,5 N	2 N	2,5 N	3 N
0	0,29	0,62	1,01	0,86	0,82
30	0,39	0,66	1,30	1,06	0,95
60	0,45	0,74	1,45	1,30	1,06
90	0,51	0,82	1,62	1,45	1,30
120	0,54	0,91	1,83	1,62	1,53

**Tabel 7. Data Konstanta Kecepatan Reaksi pada berbagai Konsentrasi dan Jenis Asam**

Konsentrasi (N)	Konstanta Kecepatan Reaksi (k)	
	$H_2SO_4$	HCl
1	0,00182	0,00209
1,5	0,00261	0,00240
2	0,0043	0,00660
2,5	0,00393	0,00638
3	0,00381	0,00591



**Gambar 3. Grafik Hubungan antara Waktu ( menit) dengan  $-\ln(1-X_A)$  pada berbagai Konsentrasi  $H_2SO_4$**



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Waktu ( menit) dengan  $-\ln(1-X_A)$  pada berbagai Konsentrasi HCl

Dari Tabel 7 terlihat jika semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan sebagai katalis, maka nilai  $k$  yang didapat semakin tinggi dan sampai kondisi tertentu nilai  $k$  akan menurun. Dari persamaan Arrhenius  $k=A.e^{-E/RT}$ , energi aktivasi yang kecil mengakibatkan konstanta kecepatan reaksi menjadi besar, sehingga reaksi akan berjalan lebih cepat. Begitu pula sebaliknya, jika energi aktivasi meningkat, maka konstanta kecepatan reaksi menurun dan reaksi akan berjalan semakin lambat. Pada kondisi tertentu konsentrasi asam yang terlalu besar akan mengakibatkan energi aktivasi meningkat yang disebabkan karena tumbukan antar reaktan berkurang.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan maka kadar glukosa akan semakin meningkat sampai konsentrasi asam optimum. Konsentrasi asam yang optimum adalah 2 N. Semakin kuat jenis asam yang digunakan maka kadar glukosa akan semakin tinggi. Jenis asam yang menghasilkan kadar glukosa tinggi adalah asam klorida.

Tetapan kecepatan reaksi pada variabel konsentrasi asam sulfat sebesar 0,0043 /menit dan tetapan kecepatan reaksi pada variabel konsentrasi asam klorida sebesar 0,0066 /menit

#### DAFTAR PUSTAKA

Groggins, P.H., 1958, "Unit Processes in Organic Synthesis", 5th ed., Mc. Graw Hill Book Company Inc., New York  
 Kerr, R.W., "Chemistry and Industry of Starch", 2nd ed., Academic Press Inc., New York

Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1983, "Enchyclopedia of Chemical Technology", 3rd ed., John Wiley and Sons Inc., New York  
 Zahro, L. M. dan Istiorini, M., 2010, "Penyiapan Bahan Baku dalam Proses Fermentasi Fase Cair Asam Sitrat Melalui Proses Hidrolisa Ampas Singkong", Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
 Levenspiel, O., 1972, "Chemical Reaction Engineering", 2nd ed., John Wiley and Sons Inc., New York  
 Matz, S. A., 1970, "Sereal Technology", The Avi Publishing Co. Inc., West Port, Connecticut  
 Hikmiyati, N dan Yanie, N. S., 2009, "Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisa Asam dan Enzimatis", Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
 Nyimas Chairunisa, 2010, "Tinjauan Hidrolisis Pati Bonggol Pisang untuk Bahan Baku Pembuatan Bioetanol", Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Sriwijaya  
 Sukmawati, R. F. dan Milati, S., 2009, "Pembuatan Bioetanol dari Kulit Singkong", Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta  
 Supranto, 1998, "Proses Industri Kimia II", Teknik Kimia FT UGM, Yogyakarta  
 www.bps.go.id  
 www.iptek.net.id