

PENGARUH KONSENTRASI KATALIS (H₂SO₄) TERHADAP REAKSI HIDROLISIS POLISAKARIDA DARI SAMPAH KOTA (SAYUR DAN BUAH)

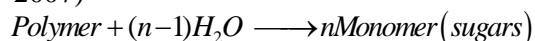
Doni Rahmat Wicakso¹

Abstract - The catalyst in the hydrolysis reaction is very need to help in accelerating reaction. This research was to study the effect of catalyst concentration on hydrolysis reaction from municipal solid wastes (vegetables and fruits). The product of sugar solution was expected to be used as raw material of bioethanol production. The variable of experiment is catalyst concentration between 0,25 – 1 % (volume) but temperature and reactant ratio were constant. The experiment was run with 600 ml sulfuric acid 0,5 % (volume) and one hundred gram of polysaccharide waste in an autoclave. The autoclave was closed perfectly, heated and shaken. When it reached 373 K, the time was taken as zero and sample of about 10 ml was taken. After reached temperature 453 K, the temperature was kept constant. During the process, every 5 minutes, samples were taken and then be analyzed its sugar concentration by Fehling methods. It turned out that the sugar concentration obtained was significant with catalyst concentration and the most sugar concentration was produced in catalyst concentration of 1 %.

Keyword: hydrolysis, bioethanol, reactant ratio

PENDAHULUAN

Dalam rangka produksi bioetanol, ada tiga tahap proses yang harus dilalui yaitu hidrolisis, fermentasi dan pemurnian. Oleh sebab itu, hidrolisis memegang peranan yang sangat penting karena berada diawal proses dan keberhasilan proses hidrolisis akan sangat membantu pada proses berikutnya. Reaksi hidrolisis polisakarida merupakan reaksi pemecahan polimer menjadi senyawa monomer yang lebih sederhana yaitu glukosa dengan bantuan air. Reaksi hidrolisis yang terjadi dalam pembentukan glukosa dari selulosa dan pati dimana pada dasarnya keduanya adalah polimer gula, sehingga dapat dituliskan sebagai berikut: (Sediawan, dkk, 2007)



KAJIAN PUSTAKA

Reaksi hidrolisis merupakan reaksi yang lambat dan untuk mempercepat reaksi maka dibutuhkan katalis. Maka dari ada dua proses hidrolisis polisakarida yang dapat dilakukan yaitu hidrolisis dengan asam dan hidrolisis dengan enzim. Proses hidrolisis menggunakan enzim masih dianggap sebagai proses yang sangat mahal dibandingkan dengan hidrolisis asam. Oleh sebab itu hidrolisis menggunakan asam masih menjadi pilihan.

Ada dua proses hidrolisis dengan asam yang umum digunakan yaitu asam encer dan asam kuat. Hidrolisis dengan asam pekat merupakan cara yang relatif lama. Secara umum dilaporkan hidrolisis ini menghasilkan gula yang lebih tinggi (90 % dari hasil glukosa teoritis) sehingga hasil etanolnya

¹ Staf Pengajar FT Unlam FTeknik – Universitas Lambung Mangkurat, doni_tkugm@yahoo.com

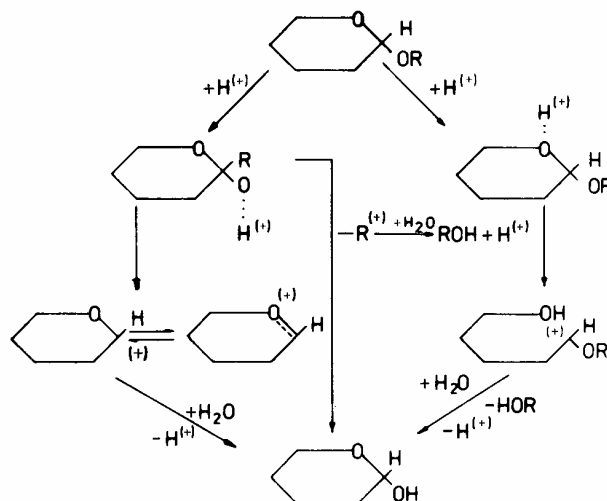
juga lebih tinggi. Selain itu proses ini juga dapat dioperasikan pada suhu rendah dan ini merupakan keuntungannya jika dibandingkan dengan proses dengan asam encer. Akan tetapi konsentrasi asam yang sangat tinggi akan menyebabkan korosi sehingga membutuhkan peralatan yang tahan korosi dan ini sangat mahal harganya. Selain itu, pengambilan asam yang terikut hasil hidrolisis merupakan proses yang membutuhkan banyak energi. Ditambah lagi, dalam proses netralisasi jumlah gipsium yang dibutuhkan sangat banyak. Oleh sebab itu, proses ini kurang disukai karena biaya investasi dan perawatannya relatif tinggi (Tahezadeh dan Karimi, 2007).

Diantara metode hidrolisis, hidrolisis dengan asam encer adalah paling umum diaplikasikan. Proses ini juga dapat digunakan sebagai perlakuan awal dari hidrolisis enzimatis. Umumnya, hidrolisis asam encer menggunakan asam mineral seperti H_2SO_4 dan HCl , pada suhu antara $120 - 200^\circ C$ (Tahezadeh dan Karimi, 2007).

Pada proses hidrolisis, pati akan lebih mudah dihidrolisis daripada selulosa. Hal ini disebabkan karena unit-unit glukosa dalam selulosa mempunyai ikatan β sedangkan dalam pati (amilosa) ikatannya adalah α . Perbedaan ikatan ini sangat signifikan dan

bisa dilihat ketika banyak enzim yang cocok untuk memecah ikatan $1,4-\alpha$ -glukosidik tetapi hanya sedikit enzim yang mampu menghidrolisis ikatan $1,4-\beta$ -glikosidik dari selulosa (Bailey dan Ollis, 1986). Disamping itu pati juga dapat dihidrolisis pada suhu yang jauh lebih rendah dari pada selulosa, yaitu pada suhu $100^\circ C$ dan tekanan 1 atm (Agra dkk, 1973). Hambatan lain yang menyebabkan selulosa sulit terdegradasi adalah stuktur kristal yang sebagian besar menyusun selulosa sedangkan struktur *amorph* hanya sedikit. Tentu saja hal ini menyebabkan selulosa kurang reaktif karena lebih banyak struktur kristalnya (Bailey dan Ollis, 1986). Oleh sebab itu, ketika selulosa sudah terhidrolisis maka pati diharapkan sudah terhidrolisis secara sempurna.

Dengan adanya katalisator maka akan mengubah mekanisme reaksi hidrolisis. Philipp (1984) telah menjelaskan mekanisme reaksi hidrolisis dengan menggunakan katalisator asam seperti terlihat pada Gambar 1. Ion H^+ yang berasal dari katalisator akan menyerang selulosa terlebih dahulu. Dengan masuknya ion H^+ tersebut maka struktur selulosa menjadi tidak stabil sehingga akan memudahkan selulosa bereaksi dengan air (H_2O).



Gambar 1. Mekanisme reaksi hidrolisis dengan katalisator asam

Dengan perubahan mekanisme reaksi akibat kehadiran katalis maka akan berubah juga nilai energi aktivasinya (E/R). Secara matematis pengaruh katalisator pada hidrolisis

polisakarida dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$\frac{E}{R} = a(C_k)^b \quad (2)$$

$$\ln\left(\frac{E}{R}\right) = \ln(a) + b \ln(C_k) \quad (3)$$

E/R adalah perbandingan energi aktivasi dengan konstanta gas ideal dan C_k adalah konsentrasi katalis.

Wicakso (2008) telah melakukan penelitian tentang kinetika reaksi hidrolisis orde 1 dari sampah buah dan sayur dan didapat konstanta kecepatan reaksi sebagai berikut:

$$k_1 = 1036,73 \cdot \exp\left(\frac{-4528,11}{T}\right) \quad (4)$$

(dimana $A_r = 1036,73$ dan $E/R = 4528,11$)

Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi katalis maka nilai E/R akan berubah – ubah dengan berubahnya konsentrasi katalis (C_k) sedangkan nilai A_r tetap. Sehingga persamaan (4) menjadi:

$$k = 1036,73 \cdot \exp\left(\frac{-E}{R} \frac{1}{T}\right) \quad (5)$$

Percobaan dilakukan pada suhu konstan (453 K), sehingga persamaan menjadi:

$$k = 1036,73 \cdot \exp\left(\frac{-E}{R} \frac{1}{453}\right) \quad (6)$$

Sedangkan persamaan reaksi orde satu dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$(-r_b) = (r_D) = k C_B \quad (7)$$

Untuk reaktor batch, neraca massa B dapat ditulis:

$$\begin{aligned} \frac{dC_D}{dt} &= k C_B \\ C_B &= C_{B0} - C_D \\ \frac{dC_D}{dt} &= k (C_{B0} - C_D) \end{aligned} \quad (8)$$

Dengan persamaan 3, 6 dan 8 tersebut maka nilai a dan b dari persamaan (3) dapat dicari.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan penelitian berupa sampah sayur-sayuran dan buah, bahan kimia yang meliputi H_2SO_4 , NaOH, glukosa standard, larutan fehling A dan B.

Alat

Alat penelitian berupa autoclave dengan volum 2 L, yang dilengkapi dengan pemanas elektrik, pengontrol suhu, dan digoyang secara terus-menerus selama operasi.

Cara Penelitian

Percobaan diawali dengan memasukkan larutan asam sulfat 0,5% dengan volum 600 ml dan limbah selulosa dengan berat 100 gram ke dalam reaktor (*autoclave*). Kemudian reaktor ditutup dengan sempurna dan pemanas serta motor pengaduk dinyalakan.

Tabel 1. Pengaruh Konsentrasi Katalis
(Perbandingan pereaksi 1:6, suhu 453 K, dan $C_{B0} = 0,265$ mol/L)

Waktu, Menit	C_D , konsensentrasi gula pada berbagai konsentrasi katalis			
	0,25 %	0,5 %	0,75 %	1 %
0	0.0550	0.0616	0.0634	0.0794
5	0.0670	0.0715	0.0766	0.1072
10	0.0705	0.0908	0.1002	0.1489
15	0.0800	0.1191	0.1531	0.1757
20	0.0993	0.1468	0.1675	0.1949
25	0.1072	0.1675	0.1985	0.2188
30	0.1340	0.2023	0.2102	0.2382
35	0.1429	0.2144	0.2281	0.2493

Ketika mencapai suhu 373 K diambil sebagai waktu 0 menit dan sampel diambil kira-kira 10 ml. Setelah mencapai suhu 453 K, suhu dijaga konstan. Selama proses, setiap 5 menit temperatur dicatat dan diambil sampelnya. Kemudian konsentrasi gula dalam sampel dianalisis dengan metode Fehling. Percobaan menghasilkan data konsentrasi katalis dan konsentrasi gula pada berbagai waktu.

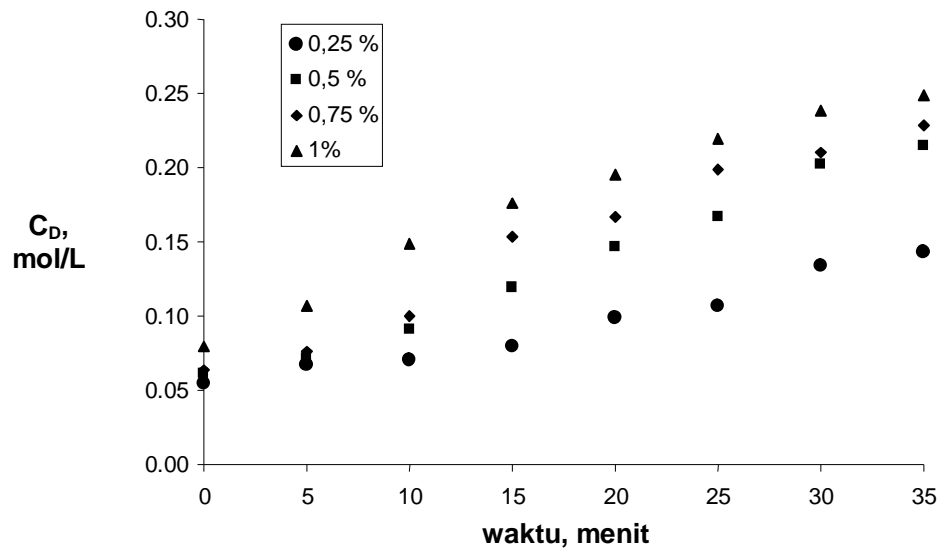
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengaruh konsentrasi katalis terhadap laju reaksi dipelajari pada kisaran 0,25 – 1 % (volume) sedangkan suhu dan perbandingan pereaksi dibuat tetap masing-masing 453 K dan 1:6. Hasil percobaan pada

berbagai konsentrasi katalis dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Dari Tabel 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi katalis semakin meningkat maka konsentrasi gula yang dihasilkan juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena konsentrasi katalis berhubungan dengan besarnya nilai energi aktivasi, semakin besar konsentrasi katalis maka energi aktivasinya akan semakin menurun sehingga reaksi akan lebih mudah terjadi. Konsentrasi gula terbanyak dihasilkan pada konsentrasi katalis 1 %.

Hubungan antara konsentrasi katalis dengan nilai energi aktivasi (E/R) dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Hubungan konsentrasi gula dan waktu pada berbagai konsentrasi katalis

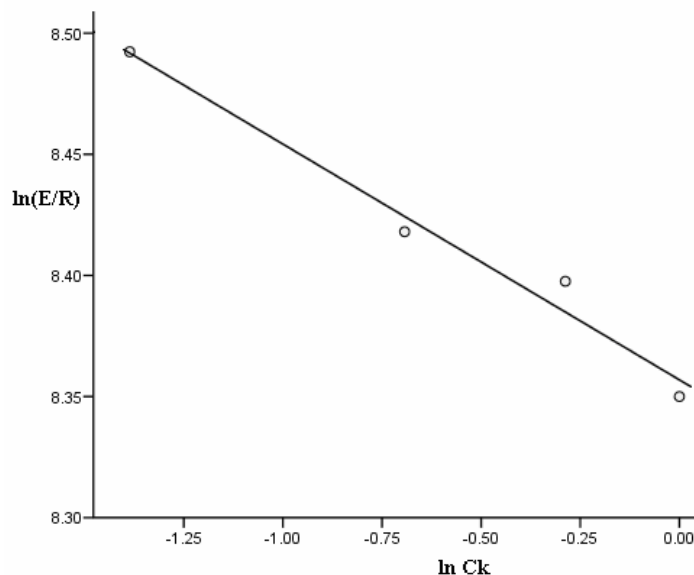
Tabel 2. Hubungan konsentrasi katalis (Ck) dengan nilai energi aktivasi (E/R) (Perbandingan pereaksi 1:6, suhu 453 K, dan $C_{B0} = 0,265$ mol/L)

Konsentrasi katalis (Ck)	E/R
0,25	4877.136
0,5	4528.105
0,75	4436.262
1,00	4230.125

Jika dibuat grafik $\ln(E/R)$ dan $\ln C_k$ seperti Gambar 3, maka dapat diperoleh hubungan linear berikut:

$$\ln(E/R) = 8,3569 - 0,0973 \cdot \ln C_k \quad (9)$$

$$\text{atau} \\ E/R = 4259,47 \cdot C_k^{-0,0973} \quad (10) \\ \text{dengan } R_s^2 = 0,976$$



Gambar 3. Hubungan ln E/R dan ln Ck

Persamaan (9) atau (10) berlaku untuk kisaran konsentrasi katalis 0,25 – 1 %, perbandingan pereaksi 1 : 6, dan suhu 453 K.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi katalis berpengaruh terhadap konsentrasi gula yang dihasilkan, semakin besar konsentrasi katalis maka konsentrasi gula yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan karena katalis akan mempercepat reaksi, semakin besar konsentrasi katalis maka energi aktivasinya akan semakin kecil.
2. Persamaan matematis yang menyatakan hubungan konsentrasi katalis terhadap energi aktivasi adalah: $E/R=4259,47.Ck^{0.0973}$

DAFTAR PUSTAKA

Agra, I.B., Warniati, S., dan Pudjianto, B.,1973,"Hidrolisa Pati Ketela Rambat Pada Suhu Lebih dari 100 °C" , Forum Teknik pp. 115-129

Bailey, J.E., dan Ollis, D.F., 1986, "Biochemical Engineering Fundamentals", 2 ed, pp. 36-39, McGraw-Hill International Edition.

Philipp, B., 1984, "Degradation of Cellulose - Mechanisms and Applications", Pure & Appl. Chem., Vol. 56, No. 3, pp. 391 – 401.

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

Sediawan, W.B., Megawati, Millati, R., dan Syamsiah, S., 2007, "Hydrolysis of Lignocellulosic Waste for Ethanol Production", International Biofuel Conference, Bali, Indonesia

Wicakso, D.R. dan Mirwan, A., 2008, "Hidrolisis Karbohidrat Dari Sampah Sayur dan Buah Dengan Katalisator H₂SO₄ Encer Sebagai Bahan Baku Bioetanol", Jurnal Info-Teknik, 2008.