

---

## KONSTANTA KECEPATAN REAKSI SEBAGAI FUNGSI SUHU PADA HIDROLISA SELULOSA DARI AMPAS TEBU DENGAN KATALISATOR ASAM SULFAT

**Enny K. Artati\***, **Margareta Novia E.**, **Vissia Widhie H.**  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

\*Email : enny91@yahoo.com

**Abstract** : *The waste of sugar cane (bagasse) contains high cellulose that can be hydrolyzed to form glucose. This research used concentrated sulphate acid ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) as catalyst. The aim of this research are identifying the influence of temperature reaction for cellulose hydrolyzation from bagasse to glucose and determining the reaction rate constant of bagasse hydrolyzation. This research used 10 gram weight of raw material, stirrer speed 150 rpm, weight ratio of raw material and ripening volume 1:5, ripening time 120 minutes, and concentration acid 25%. The observe variable is hydrolyzation temperature reaction (70<sup>o</sup>-115<sup>o</sup>C). This research show that reaction rate constant depent temperature is  $k = 0,0114.e^{-107,43/T}$ .*

**Keywords** : *Bagasse, acid hydrolysis, arkenol*

### PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan industri pertanian di Indonesia , maka limbah dari hasil industri pertanian juga meningkat. Umumnya limbah dari industri pertanian banyak mengandung lignoselulosa seperti ampas tebu dari pabrik gula. Ampas tebu diketahui mengandung 50% lebih serat dan biasanya hanya dipakai sebagai pakan ternak, bahan pulp dan briket. Di samping terbatas, nilai ekonomi yang diperoleh juga belum tinggi. Oleh karena itu, diperlukan adanya pengembangan proses teknologi sehingga terjadi diversifikasi pemanfaatan limbah industri pertanian yang ada.

Di samping itu, dengan adanya pertambahan penduduk dunia maka kebutuhan bahan bakar semakin meningkat. Sedangkan bahan bakar dari minyak bumi semakin terbatas. Sehingga perlu diversifikasi sumber bahan bakar yang dapat diperbarui seperti bioetanol dan biodiesel.

Ampas tebu mempunyai kadar selulosa yang cukup tinggi. Selulosa ini dapat digunakan untuk pembuatan bioetanol dengan cara hidrolisa dan fermentasi. Beberapa cara hidrolisa selulosa antara lain hidrolisa enzymatic, hidrolisa asam encer, dan hidrolisa asam pekat. Salah satu metode hidrolisa asam pekat yaitu menggunakan proses Arkenol.

Pada penelitian ini, menggunakan hidrolisa asam pekat untuk mengubah selulosa dalam ampas tebu menjadi glukosa reduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

pengaruh suhu terhadap konstanta kecepatan reaksi hidrolisa ampas tebu.

### LANDASAN TEORI

Tebu dalam taksonomi tumbuhan termasuk dalam divisi *Magnoliophyta*, kelas *Liliopsida*, ordo *Poales*, famili *Poaceae*, genus *Saccharum*L.) (<http://id.wikipedia.org/wiki/Tebu>).

Tebu merupakan salah satu jenis tanaman yang hanya dapat ditanam di daerah yang memiliki iklim tropis. Di Indonesia, perkebunan tebu menempati luas areal ± 232 ribu hektar, yang tersebar di Medan, Lampung, Semarang, Solo, dan Makassar. Dari seluruh perkebunan tebu yang ada di Indonesia, 50% di antaranya adalah perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta, dan hanya 20% perkebunan negara.(Departemen Pertanian, 2003). Pada tahun 2002 produksi tebu Indonesia mencapai ±2 juta ton . Tebu-tebu dari perkebunan diolah menjadi gula di pabrik-pabrik gula. Dalam proses produksi di pabrik gula, ampas tebu dihasilkan sebesar 90% dari setiap tebu yang diproses, gula yang termanfaatkan hanya 5%, sisanya berupa tetes tebu (molase) dan air.

Hasil analisis komponen serat ampas tebu berdasarkan metode analisis serat Van Soeset adalah NDF 94,68 %, ADF 69,92 %, lignohemiselulosa dan lignoselulosa 43 – 52 %, hemiselulosa 20 -32,2 %, selulosa 40,3-55,35 % dan lignin 11,2-15,27 % . Hasil analisis proksimatnya adalah Bk 93,75%, protein kasar 1,01-2,11%, lemak 0,83%, serat kasar 53,95%, abu 2,01%, Ca 0,1% P 0,11% dan GE 19,40 MJ/kg (Ghunu , 2005).

## Hidrolisa Selulosa

Hidrolisa adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Beberapa cara hidrolisa selulosa yaitu hidrolisa enzimatis, hidrolisa asam encer dan hidrolisa asam pekat. Hidrolisa enzimatis adalah hidrolisa yang menggunakan bantuan enzim. Hidrolisa asam encer, menggunakan konsentrasi asam yang rendah dan suhu yang tinggi. Sedangkan hidrolisa asam pekat menggunakan konsentrasi asam yang tinggi, seperti HCl 40 wt%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 60 wt% atau HF 90 wt%. Salah satu metode ini yaitu arkenol.

Proses Arkenol, adalah proses decrystallisasi yang dilakukan dengan menambahkan larutan asam sulfat 70%-77% (% berat) ke biomassa yang telah dikeringkan (kadar air maksimal 10%). Perbandingan larutan asam dan bahan adalah 1.25:1. Proses dilakukan pada temperatur kurang dari 50°C. Selanjutnya dilakukan pengenceran sampai kadar asam 20%-30% dan pemanasan pada 100°C selama 1 jam sehingga menghasilkan gula reduksi (Arkenol, 2004).

Faktor-faktor yang berpengaruh pada hidrolisis selulosa antara lain : suhu reaksi, waktu reaksi, pencampuran pereaksi, konsentrasi katalisator dan kadar suspensi pati.

### ▪ Suhu

Dari kinetika reaksi, semakin tinggi suhu reaksi makin cepat pula jalannya reaksi. Tetapi kalau proses berlangsung pada suhu yang tinggi, konversi akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang (Radley, 1954).

### ▪ Waktu

Semakin lama waktu hidrolisis, konversi yang dicapai semakin besar dan pada batas waktu tertentu akan diperoleh konversi yang relatif baik dan apabila waktu tersebut diperpanjang, pertambahan konversi kecil sekali.

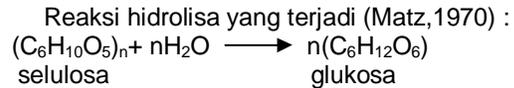
### ▪ Konsentrasi katalisator

Penambahan katalisator bertujuan memperbesar kecepatan reaksi. Jadi semakin banyak jumlah katalisator yang dipakai makin cepat reaksi hidrolisis. Dalam waktu tertentu selulosa yang berubah menjadi glukosa juga meningkat. Laju proses hidrolisis akan bertambah oleh konsentrasi asam yang tinggi (Matz, 1970).

### ▪ Kadar suspensi selulosa

Perbandingan antara air dan selulosa yang tepat akan membuat reaksi hidrolisis berjalan lebih cepat. Bila air berlebihan, maka tumbukan antara selulosa dan air akan berkurang dan akan memperlambat jalannya reaksi.

## Kinetika Reaksi Hidrolisa



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

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B^n \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

C<sub>A</sub> = Konsentrasi selulosa

C<sub>B</sub> = Konsentrasi air

Karena konsentrasi B sangat besar, maka konsentrasi B dapat dianggap bernilai konstan untuk setiap nilai n. Maka persamaan (1) menjadi :

$$-r_A = k' \cdot C_A \qquad \text{dengan } k' = k \cdot C_B^n$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k' \cdot C_A \dots\dots\dots(2)$$

karena C<sub>A</sub> = C<sub>A0</sub> (1-x) maka persamaan (2) menjadi :

$$-\frac{d(1-x)}{(1-x)} = k' \cdot dt \dots\dots\dots(3)$$

Jika diintegrasikan dengan batasan t = 0, x = 0 dan t = t, x = x, maka persamaan (3) menjadi :

$$-\ln(1-x) = k' \cdot t + C \dots\dots\dots(4)$$

Persamaan (4) 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 (Levenspiel, 1999).

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah Ampas tebu dengan kadar α-selulosa 57,6 % dan kadar air 0,96%, Larutan Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Indikator Methylen Blue, Aquadest, Fehling A dan Fehling B.

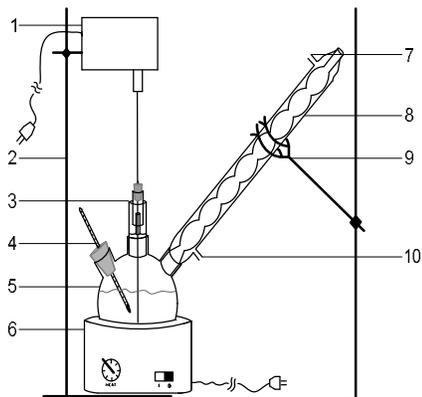
### Alat

Alat utama yang digunakan adalah labu leher tiga, pengaduk merkuri, pemanas mantel, pendingin bola serta termometer.

### Cara Penelitian

Ampas tebu kering sebanyak 10 gram dimasukkan kedalam labu leher tiga. Selanjutnya penambahan larutan katalis dengan konsentrasi 75 % pada suhu 50°C ke dalam labu leher tiga. Setelah itu dilakukan pengenceran dengan penambahan air hingga konsentrasi 25 % volume pemasakan. Lalu motor pengaduk dihidupkan dan diatur pada kecepatan 150 rpm serta mulai menghitung waktu. Pemanasan dilakukan sampai suhu tertentu (70°C, 80°C,

90°C, 100°C dan 115°C) dan suhunya dijaga tetap konstan. Sampel diambil setiap selang waktu 30 menit. Segera mungkin mendinginkan sampel dengan air es setelah pengambilan sampel, untuk menghentikan reaksi. Lalu menganalisa kadar glukosa sampel dengan metode Lane-Eynon. Mengulangi hal yang sama untuk variabel yang lain.



Keterangan :

1. Motor pengaduk
2. Klem
3. Pengaduk merkuri
4. Termometer
5. Labu Leher tiga
6. Pemanas mantel
7. Air pendingin keluar
8. Pendingin bola
9. Statif
10. Air pendingin masuk

Gambar 1. Rangkaian Alat Hidrolisa

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian hidrolisa selulosa dari ampas tebu ini adalah berat bahan baku 10 gram, kecepatan pengadukan 150 rpm, dan volume pemasakan 1: 5, konsentrasi larutan katalis 25 % dan waktu pemasakan 120 menit. Hasil penelitian pengaruh suhu terhadap berat glukosa reduksi yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2 .

Tabel 2. Berat glukosa reduksi (gr) ampas tebu pada berbagai variasi suhu

Suhu (°C)	Berat glukosa (gr)
70	4,4918
80	4,5683
90	4,6193
100	4,7070
115	4,6613

Berdasarkan Tabel 2 juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu reaksi makin cepat pula jalannya reaksi. Tetapi apabila proses berlangsung pada suhu yang tinggi, konversi akan menurun. Dari persamaan Arhenius berikut  $k = A.e^{-E/RT}$ , diketahui bahwa semakin tinggi suhu reaksi maka kecepatan reaksinya semakin cepat akan tetapi jika semakin tinggi suhu ada glukosa yang pecah menjadi arang. Hal ini terlihat dengan turunnya jumlah glukosa yang dihasilkan. Hasil pada penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa kondisi optimum yang dicapai yaitu pada suhu 100°C.

Dengan mengetahui berat glukosa, dapat dilihat konversi pada berbagai perbandingan suhu. Hal ini di tunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data konversi (X<sub>A</sub>) pada berbagai perbandingan suhu

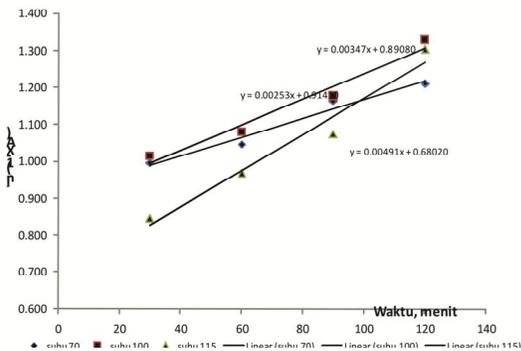
Waktu (menit)	X <sub>A</sub>		
	70°C	100°C	115°C
0	0	0	0
30	0,6305	0,6376	0,5718
60	0,6491	0,6608	0,6199
90	0,6877	0,6919	0,6585
120	0,7018	0,7355	0,7283

Sesuai dengan persamaan  $-\ln(1-x)=k'.t+C$  maka nilai  $-\ln(1-X_A)$  dapat dihitung dengan menggunakan data konversi pada Tabel IV-2. Data  $-\ln(1-X_A)$  pada berbagai perbandingan suhu ditunjukkan pada Tabel 4.

Sedangkan hubungan antara  $-\ln(1-X_A)$  dengan t dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 4. Tabel Data  $-\ln(1-x_A)$  pada berbagai perbandingan suhu

Waktu (menit)	$-\ln(1-x_A)$		
	70°C	100°C	115°C
0	0	0	0
30	0,9955	1,0151	0,8481
60	1,0473	1,0812	0,9674
90	1,1637	1,1772	1,0744
120	1,2101	1,3298	1,3032



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu (menit) dengan  $-\ln(1-X_A)$

Berdasarkan grafik 2 maka nilai konstanta kecepatan reaksi ( $k$ ) untuk berbagai perbandingan suhu dapat diketahui. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Tabel data konstanta kecepatan reaksi untuk berbagai perbandingan suhu

Suhu(°C)	K(/menit)	Ralat
70	0,00253	1,4647
100	0,00347	2,4241
115	0,00491	4,0248

Ralat rata-rata untuk penelitian ini adalah 2,64% sehingga dapat dianggap model yang diambil dapat mewakili reaksi yang terjadi.

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu reaksi makin cepat pula jalannya reaksi. Persamaan Arrhenius untuk ampas tebu adalah  $k = 0,0114.e^{-107,43/T}$ .

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi suhu operasi yang digunakan maka kadar glukosa juga akan semakin meningkat sampai suhu optimum. Suhu operasi optimum yang dicapai adalah 100°C.
2. Konstanta kecepatan reaksi hidrolisa menjadi glukosa reduksi, proses hidrolisa asam pekat didapatkan untuk ampas tebu adalah  $k = 0,0114.e^{-107,43/T}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Arkenol, 2004, *Our technology: concentrated acid hydrolysis*. [www.arkenol.com/Arkenol%20nc/tech01.html](http://www.arkenol.com/Arkenol%20nc/tech01.html) (8/2/04).
- Griffin, R.C, 1955, *Technical Methods of Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed., McGrawHill Book Company, New York
- Groggins, P H, 1958, *Unit process in Organic Syntetic*, 5<sup>th</sup> ed., McGrawHill Kogakusha, Ltd., Tokyo
- Ghunu, Stefanus dan H. Anna Rochana Tarmidi, 2005, "Efek Dosis dan Lama Biokonversi Ampas tebu sebagai Pakan oleh Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) terhadap Kadar Protein dan Komponen Serat", [www.pustaka.unpad.ac.id](http://www.pustaka.unpad.ac.id)
- Kerk, R.E dan Othmer, D. F., 1978, *Encyclopedika of Chemical Tehnology, The Interscience Encyclopedia Inc.*, New York.
- Levenspiel, 1999, *Chemical Reaction Engineering*, 3<sup>rd</sup> ed, New York
- Matz, S.A., 1970, *Sereal Technology*, The Avi Publishing. Co., Inc., West Port, Connecticut
- Sudarmaji dkk, 1997, *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, edisi keempat, Liberty, Yogyakarta