

# KONSTANTA KECEPATAN REAKSI HIDROLISIS DAMI NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*)

Nunik Sri Wahjuni<sup>1</sup>, Endang Mastuti<sup>1</sup>, Wusana Agung Wibowo<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS

**Abstract:** Jackfruit's hair as a waste of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) have the high content of cellulose. This cellulose can be converted to glucose (more valuable chemical) by acid hydrolysis reaction. Objective of this research was to find the rate of reaction constant (*k*) of hydrolysis reaction. Batch mode hydrolysis process was conducted in a glass vessel equipped with Magnetic Stirrer Heater, thermometer and water cooler. Glucose as a product from hydrolysis was then analysed using titimetric method. This value was then used to calculate the conversion. Arrhenius' equation was used to predict the rate of reaction constant, and we found an equation of rate of reaction constant as a function of temperature:  $k' = 1427.5 e^{-4549.4/T}$ . This equation valid for temperature of 60 to 100 °C and concentration of HCl was 0.1 N.

**Keywords:** Jackfruit, hydrolysis, rate of reaction, HCL, temperature

## PENDAHULUAN

Buah Nangka banyak disukai karena rasanya manis dan aromanya khas. Daging buah nangka terbungkus oleh serat-serat pipih berwarna putih yang sering disebut dengan "dami". Salah satu produk olahan buah nangka adalah keripik buah. Pengolahan buah nangka menjadi keripik menimbulkan limbah sebanyak 65-80% dari berat keseluruhan dari buah nangka. Di samping kulit buah dan biji, dami nangka merupakan bagian buah nangka yang sering di buang atau merupakan limbah. Dami nangka menempati porsi cukup besar yaitu 40-50% dari total limbah yang dihasilkan. Agar dami nangka bermanfaat, bermutu tinggi dan memiliki nilai jual perlu adanya teknologi pengolahan lanjutan (Sugiarti, 2003).

Dami nangka yang mempunyai komponen utama selulosa mempunyai potensi untuk dikonversi menjadi glukosa dengan proses hidrolisa asam. Untuk mendapatkan konversi sebesar-besarnya pada proses hidrolisa dami nangka menjadi glukosa, perlu dipelajari kondisi prosesnya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konstanta kecepatan reaksi hidrolisis dami nangka.

Di masyarakat pemanfaatan glukosa antara lain untuk produksi sirup glukosa yang banyak digunakan dalam industri bahan makanan dan minuman serta obat-obatan, atau diproses lebih lanjut menggunakan enzim untuk menghasilkan alkohol.

## LANDASAN TEORI

Pohon Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) merupakan tanaman buah berupa pohon yang berasal dari India dan

menyebar ke daerah tropis. Tanaman Nangka di Indonesia terdapat lebih dari 30 jenis, dan di pulau Jawa terdapat lebih dari 20 jenis. Berdasarkan bentuk pohon dan ukuran buah nangka terbagi menjadi 2 golongan, yaitu pohon nangka buah besar dan pohon nangka buah kecil.

Selain diambil buahnya, bagian-bagian lain dari pohon Nangka telah dimanfaatkan, seperti: buah nangka muda untuk sayur, daun muda untuk makanan ternak, kayu untuk mebel dan konstruksi bangunan, tepung biji nangka untuk campuran pembuatan bahan makanan dan minuman.

Dami dan daging buah nangka mempunyai komposisi hampir mirip, tetapi kandungan serat pada dami, dua kali lebih besar daripada daging buah. Daging buah nangka yang mengalami pemasakan di pohon mengandung 27,6 gram karbohidrat setiap 100 gram daging buah. Kandungan serat rata-rata pada dami nangka sebesar 36,585 %.

Karbohidrat banyak terdapat dalam bahan nabati, baik sebagai kandungan gula sederhana, hexosa, pentosa maupun yang mempunyai berat molekul tinggi seperti pati, pektin, selulosa dan pentosan.

Selulosa yang mempunyai rumus kimia ( $C_6H_{10}O_5$ ) merupakan karbohidrat yang berbentuk serat, dalam keadaan murni berwarna putih, tidak larut dalam air dan pelarut organik, tetapi larut dalam larutan seng klorida dalam HCl. Selulosa dapat dihidrolisa dengan larutan asam menghasilkan glukosa.

Molekul-molekul glukosa saling berkaitan dan membentuk rantai panjang sehingga berat molekul selulosa sangat besar.

Dalam proses hidrolisa rantai polisakarida tersebut dipecah menjadi monosakarida-monosakarida (Kirk- Othmer, 1983).

Hidrolisa adalah suatu proses kimia yang menggunakan air sebagai pemecah suatu senyawa. Ada lima macam proses hidrolisa, yaitu (1) hidrolisa murni, (2) hidrolisa dengan larutan asam, (3) hidrolisa dengan larutan basa, (4) peleburan alkali dan (5) hidrolisa dengan enzim sebagai katalis.

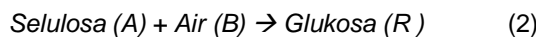
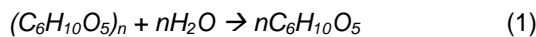
Hidrolisa dengan larutan asam biasanya menggunakan larutan asam encer, dimana kecepatan reaksinya sebanding dengan konsentrasi asam (Groggins, 1958).

Hidrolisa selulosa dengan katalisator asam telah banyak dilakukan untuk berbagai bahan. Hidrolisa kayu menggunakan asam sulfat encer menghasilkan larutan dengan kadar gula 3%. Dengan cara yang sama dilakukan juga terhadap sekam padi dengan asam sulfat 0,4 – 0,8 %. Sisa asam dalam larutan hasil dinetralkan menggunakan air kapur dan endapan  $CaSO_4$  yang terbentuk disaring (Shreve, 1956).

Pengaruh waktu, konsentrasi asam dan suhu terhadap glukosa yang dihasilkan telah dipelajari dengan cara menghidrolisa selulosa dalam limbah industri pengolahan kayu menggunakan larutan HCl (Wahyuningsih, 1991).

Hasil gula dari proses hidrolisa berbagai limbah pertanian menunjukkan kecenderungan meningkat pada suhu 150 – 170 °C dalam waktu 3 jam. Proses ini dikerjakan dalam autoklaf menggunakan  $H_2SO_4$  sebagai katalisator dan pada suhu yang tetap hasil gula menurun dengan bertambahnya waktu. Pengolahan tandan kosong sawit (TKS) dengan  $H_2SO_4$  sebanyak 5% terhadap TKS kering oven pada suhu 150 °C dalam waktu 4 jam memberikan hasil hidrolisa dengan konsentrasi gula 37 gr/lit. Perolehan gula pada keadaan ini adalah 82% terhadap hemiselulosa dalam TKS (Fadjarwati dkk, 2000).

Reaksi hidrolisa selulosa menjadi glukosa dapat digambarkan sebagai reaksi homogen orde satu semu. Reaksi hidrolisa pada umumnya dituliskan :



Reaksi berjalan sangat lambat dan untuk mempercepat reaksi perlu ditambahkan katalisator yang dapat berupa asam atau enzim. Asam yang digunakan biasanya asam mineral seperti asam klorida, asam sulfat, dan

asam nitrat. Bila hidrolisa dilaksanakan dengan bantuan katalisator asam, hasil reaksi harus dinetralkan dulu dengan basa untuk menghilangkan sifat asamnya.

Agar reaksi hidrolisa berjalan dengan sempurna maka digunakan air berlebihan sehingga reaksinya merupakan reaksi searah. Kecepatan reaksi hidrolisa bisa ditulis sebagai berikut :

$$r_A = - dC_A / dt = k \cdot C_A \cdot C_B \quad (3)$$

Karena air berlebihan maka,  $C_B$  setiap saat dianggap tetap, sehingga :

$$r_A = - dC_A / dt = k' \cdot C_A \quad (4)$$

$k' = k \cdot C_B$  = tetapan kecepatan reaksi  
 $C_A$  = konsentrasi selulosa

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada hidrolisa selulosa adalah waktu reaksi, suhu dan katalisator. Waktu yang makin panjang mengakibatkan selulosa yang terhidrolisa makin meningkat, tetapi bila hidrolisa berlangsung terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya reaksi lanjut yaitu dekomposisi glukosa. Suhu reaksi sangat mempengaruhi hasil, karena harga tetapan kecepatan reaksi semakin besar dengan naiknya suhu, tetapi jika suhu terlalu tinggi hasilnya banyak yang rusak., sehingga hasil berkurang (Fessenden, 1982).

Penambahan katalisator akan mengaktifkan zat-zat yang akan bereaksi, sehingga tenaga aktivasi yang diperlukan berkurang dan pada suhu yang tetap reaksi akan berjalan lebih cepat. Katalisator asam dengan konsentrasi yang makin besar ternyata selain meningkatkan hasil juga bisa mengakibatkan laju dekomposisi glukosa menjadi semakin besar.

Persamaan (4) merupakan persamaan kecepatan reaksi yang menghubungkan waktu dan konsentrasi reaktan. Praktis, konsentrasi hasil semakin mudah diukur daripada reaktan dengan menyatakan sebagai bagian reaktan yang terkonversi menjadi hasil (x). Dengan mengubah  $C_A = C_{A0}(1-x)$ , persamaan (4) bisa diselesaikan.

$$r_A = - dC_{A0}(1-x)/dt = k' C_{A0}(1-x)$$

$$-d(1-x)/(1-x) = k' dt$$

$$-\ln(1-x) = k' t \quad (5)$$

Persamaan (5) merupakan hubungan linier antara konsentrasi reaktan dengan waktu

(t). Dalam percobaan, reaktan (selulosa) yang terkonversi menjadi glukosa (x) akan diukur setiap saat.

Menurut Levenspiel (1972), persamaan yang menghubungkan antara suhu dengan konstanta kecepatan reaksi adalah persamaan Arrhenius, yaitu :

$$k' = k_0' \cdot e^{-(E/RT)}$$

Jika persamaan Arrhenius diatas dilinearisasikan, maka diperoleh :

$$\ln k' = \ln k_0' - (E/R)(1/T) \quad (6)$$

Sehingga didapat hubungan linier antara  $\ln k'$  dan  $1/T$  dengan  $\ln k_0'$  sebagai *intercept* dan  $-(E/R)$  sebagai *slope*.

Untuk mengetahui harga  $k_0'$  dan  $-(E/R)$  diperlukan data  $k'$  untuk suhu tertentu, sehingga dengan regresi linier didapat harga  $\ln k_0'$  dan  $-(E/R)$ , sehingga dapat dibuat persamaan yang menyatakan hubungan antara konstanta kecepatan reaksi dengan suhu.

#### METODE PENELITIAN

Bahan baku yang digunakan adalah dami nangka yang diperoleh dari pasar di Surakarta. Dami dianalisa kadar selulosa dan kadar airnya. Asam klorida diperoleh dari toko bahan kimia Ramayana di Surakarta.

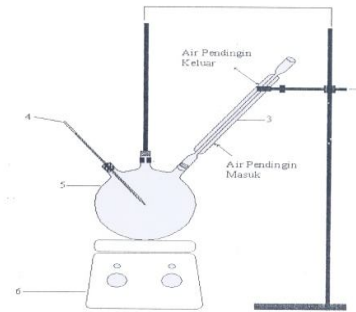
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) labu leher tiga dilengkapi pengaduk, termometer dan pemanas, (2) timbangan, (3) seperangkat alat titrasi, (4) alat-alat gelas. Rangkaian alat hidrolisa dami Nangka yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.

Tahap-tahap penelitian antara lain tahap penyiapan bahan baku, tahap proses hidrolisa dan tahap analisa hasil. Perlakuan awal terhadap bahan baku yang akan dihidrolisa adalah proses fisis. Dami nangka dengan berat tertentu dipotong-potong dengan ukuran tertentu. Bahan baku yang sudah dipersiapkan kemudian dihidrolisa dengan memvariasikan konsentrasi HCl yang digunakan dan memvariasikan rasio bahan baku terhadap konsentrasi asam yang digunakan.

##### a. Percobaan dengan variasi konsentrasi

Ditimbang dami nangka yang sudah dipotong-potong sebanyak 40 gram. Kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga dengan menambahkan 250 ml larutan HCl dengan konsentrasi 0,01 N. Campuran dipanaskan dengan menggunakan pemanas *magnetic*

*stirrer* sampai mendidih. Sampel diambil setiap interval waktu 10 menit kemudian dianalisa. Pengambilan sampel dilanjutkan sampai diperoleh konsentrasi glukosa yang konstan. Mengulangi langkah tersebut dengan variasi konsentrasi HCl 0,025 N, 0,05 N, 0,075 N dan 0,1 N.



Keterangan :

1. Statif
2. Klem
3. Pendingin balik
4. Termometer
5. Labu leher tiga
6. Pemanas & *magnetic stirrer*

Gambar 1. Rangkaian alat hidrolisa.

##### b. Percobaan dengan variasi suhu reaksi.

Sama dengan cara (a), namun menggunakan HCl 0,1 N dengan variasi suhu 60, 70, 80, 90 dan 100 °C.

##### c. Analisa kadar glukosa

Filtrat yang diperoleh dipanaskan sampai mendidih  $\pm 2,5$  jam. Kemudian diambil 5 ml sampel dan diencerkan menjadi 100 ml dalam labu takar. Diambil 5 ml larutan hasil pengenceran dan dinetralkan dengan NaOH dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 5 ml larutan fehling A dan fehling B. Campuran dididihkan selama 2 menit, setelah itu dititrasi dalam keadaan panas dengan larutan glukosa standard sampai warna biru hampir hilang. Setelah warna biru hampir hilang ditambahkan 2 – 3 tetes indikator MB, kemudian dititrasi kembali dengan larutan glukosa standard sampai terjadi perubahan warna menjadi merah bata. Kebutuhan glukosa standard dicatat dan titrasi diulangi 3 kali.

##### d. Penentuan Gula Standart

Ditimbang 0,5 gram gula anhidrat, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 ml dan ditambahkan air sampai garis batas. Larutan tersebut kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer dan kemudian digunakan

untuk mentitrasi larutan Fehling A dan B masing-masing sebanyak 5 ml yang sebelumnya sudah ditambahkan Metil Blue (MB) sebanyak 3 tetes. Titrasi dilakukan setelah terbentuk warna coklat yang permanen. Volume titran yang dibutuhkan dicatat dan langkah tersebut diulangi sebanyak 3 kali.

e. Penentuan Gula Langsung

Dami nangka yang sudah dipotong-potong dengan ukuran tertentu ditimbang sebanyak 40 gram kemudian ditambahkan 500 ml aquades dan seterusnya dilakukan penyaringan. Filtrat hasil penyaringan dimasukkan ke dalam buret kemudian dilakukan langkah titrasi seperti langkah sebelumnya. Titrasi dilakukan setelah terbentuk warna coklat yang permanen. Dicatat volume titran yang dibutuhkan dan mengulangi sebanyak 3 kali.

f. Penentuan kadar air bahan

Ditimbang dami nangka yang sudah dipotong-potong sebanyak 5 gram kemudian dioven pada suhu 105 °C selama 1 hari. Kemudian bahan yang sudah dioven dimasukkan kedalam desikator hingga kering, kemudian beratnya ditimbang.

g. Penentuan kadar selulosa bahan

Ditimbang 2 gram dami nangka yang sudah dipotong-potong. Kemudian dimasukkan kedalam labu leher tiga dengan menambahkan larutan asam sulfat 200 ml, kemudian dipanaskan selama 30 menit dengan menggunakan pemanas *magnetic stirrer*. Menyaring suspensi dengan kertas saring. Residu yang tertinggal dalam erlenmeyer dicuci dengan aquades mendidih. Pencucian dilanjutkan dengan melakukan penyaringan dengan kertas saring, dan dihentikan jika air hasil pencucian sudah tidak bersifat asam (diuji dengan pH stik).

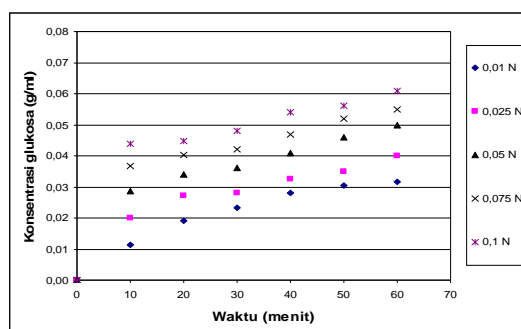
Residu yang tersaring di kertas saring kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer, dan ditambahkan larutan NaOH sebanyak 250 ml. Erlenmeyer yang digunakan dilengkapi dengan pendingin balik. Campuran kemudian dididihkan selama 30 menit. Filtrat yang terbentuk disaring dengan kertas saring yang sebelumnya sudah diketahui beratnya, sambil dicuci dengan larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10%. Setelah itu filtrat dicuci dengan aquades mendidih dan kemudian dengan 15 ml alkohol 95%. Mengeringkan kertas saring dan bahan tersaring di dalam oven pada 105 °C. Setelah beberapa saat kertas saring didinginkan di dalam desikator kemudian beratnya ditimbang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh konsentrasi HCl

Pengaruh konsentrasi HCl terhadap besarnya konversi dipelajari dengan melakukan percobaan pada suhu 100 °C, dengan berat bahan yang digunakan adalah 40 gram dalam 250 ml larutan HCl. Diperoleh grafik yang menghubungkan antara data konsentrasi glukosa (g/ml) hasil percobaan terhadap waktu pada berbagai konsentrasi HCl yang digunakan (Gambar 2).

Berdasarkan gambar tersebut dapat diperoleh informasi bahwa semakin lama waktu reaksi dan semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka konsentrasi glukosa yang diperoleh juga semakin meningkat. Pada percobaan yang dilakukan, digunakan juga konsentrasi HCl diatas 0,1 N, tetapi diperoleh hasil konsentrasi glukosa yang lebih kecil, sehingga konsentrasi HCl yang optimum adalah 0,1 N.



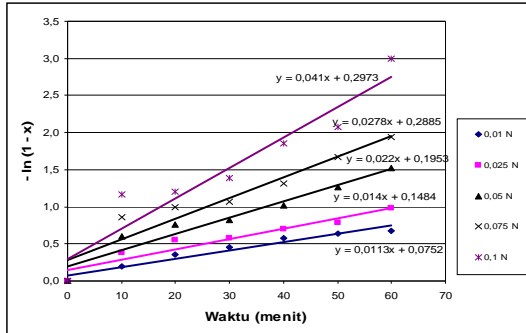
**Gambar 2. Grafik hubungan antara konsentrasi glukosa terhadap waktu pada berbagai variasi konsentrasi HCl.**

Dengan diketahuinya konsentrasi glukosa pada tiap waktu pengambilan sampel, maka dapat dihitung juga konversi glukosa pada setiap waktu dan konsentrasi HCl yang digunakan, sehingga dapat dibuat grafik antara waktu terhadap  $-\ln(1-x)$  untuk mengetahui nilai konstanta kecepatan reaksi  $k'$ , yang merupakan *slope* dari garis hasil linierisasi. Hasil yang diperoleh disajikan di Gambar 3.

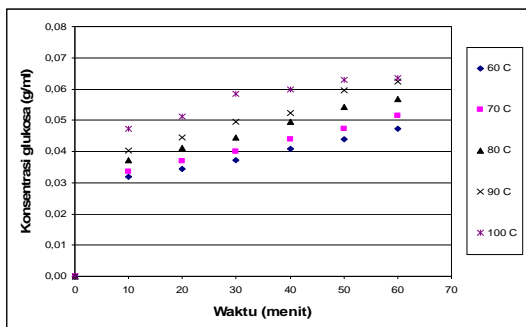
### Pengaruh suhu reaksi

Pengaruh suhu reaksi terhadap konsentrasi glukosa hasil hidrolisa dipelajari pada konsentrasi HCl 0,1 N dengan berat bahan yang digunakan sebanyak 40 gram dan variasi suhu yang digunakan adalah 60, 70, 80, 90 dan 100 °C. Data konsentrasi glukosa terhadap waktu pada berbagai variasi suhu dapat dilihat pada Gambar 4.

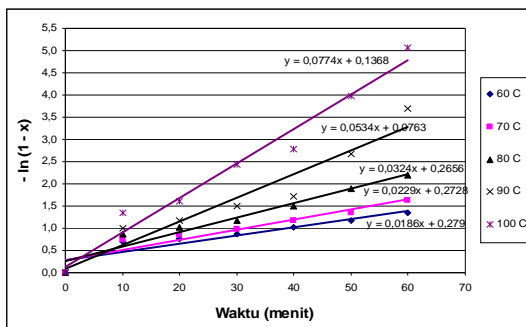
Nilai konstanta kecepatan reaksi diperoleh dengan linierisasi data  $-\ln(1-x)$  terhadap waktu, nilai  $k'$  merupakan *slope* garis tersebut. Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara  $-\ln(1-x)$  terhadap waktu.



Gambar 3. Grafik hubungan antara  $-\ln(1-x)$  terhadap waktu pada berbagai variasi konsentrasi HCl.



Gambar 4. Grafik hubungan antara konsentrasi glukosa terhadap waktu pada berbagai variasi suhu



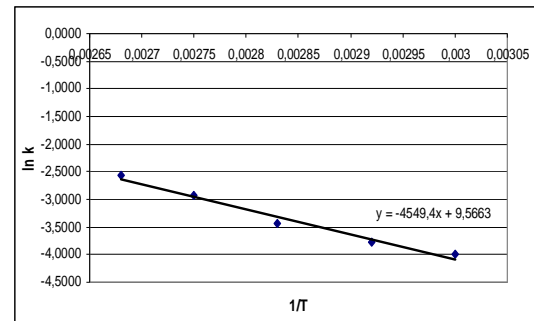
Gambar 5. Grafik hubungan antara  $-\ln(1-x)$  terhadap waktu pada berbagai variasi suhu (HCL 0,1 N)

Dari hasil linierisasi diperoleh nilai  $k'$  pada berbagai variasi suhu dan disusun pada Tabel 1, kemudian dibuat suatu hubungan

antara suhu dengan konstanta kecepatan reaksi dengan menggunakan persamaan Arrhenius yang telah dilinierkan seperti pada persamaan (6). Diperoleh hubungan linier antara  $\ln k'$  dan  $(1/T)$ , dengan  $\ln k_0'$  merupakan *intercept* dan  $-(E/R)$  sebagai *slope* (Gambar 6).

Tabel 1. Harga  $k'$  pada berbagai variasi suhu (konsentrasi HCL 0,1N)

T (°C)	T (K)	1/T (1/K)	$k'$ (1/mnt)	$\ln k'$
60	333	0,00300	0,019	-3,985
70	343	0,00292	0,023	-3,777
80	353	0,00283	0,032	-3,429
90	363	0,00275	0,053	-2,930
100	373	0,00268	0,077	-2,559



Gambar 6. Grafik hubungan antara  $\ln k$  terhadap  $1/T$  pada berbagai variasi suhu (konsentrasi HCL 0,1N)

Dari Gambar 6 di atas dapat diperoleh :

$$\ln k_0' = \text{intercept} = 9,5663$$

$$k_0' = 14275,5$$

$$-E/R = \text{slope} = -4549,4$$

## KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data percobaan diperoleh kesimpulan: Persamaan konstanta kecepatan reaksi hidrolisa dami nangka didekati dengan persamaan Arrhenius, dan diperoleh persamaan sebagai fungsi suhu sebagai berikut:

$$k' = 14275,5 e^{-4549,4/T}$$

Persamaan ini berlaku untuk kisaran suhu 60 – 100 °C dengan konsentrasi HCl 0,1 N.

## DAFTAR LAMBANG

$C_A$  = konsentrasi selulosa (gr/ml)

$C_B$  = konsentrasi air (gr/ml)

E = energi aktivasi

R = tetapan gas ideal

k = konstanta kec. reaksi (ml<sup>2</sup>/gr.menit)

$k'$  = k.CB (ml/menit)

$k_0'$  = konstanta  
 $r_A$  = kec. pengurangan selulosa(gr/menit)  
 $t$  = waktu (menit)  
 $T$  = suhu reaksi ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $x$  = konversi

#### DAFTAR PUSTAKA

- Fadjarwati, D, 2000, Optimasi Kondisi Hidrolisis TKS, Seminar Nasional Teknik Kimia UNDIP Semarang.
- Fessenden, 1982, "Kimia Organik", edisi ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Groggins, P.H., 1958, "Unit Processes In Organik Syntetic", 5<sup>th</sup> edition, Mc Graw Hill, Kogakusha, Ltd, Tokyo.
- Kirk, R.E., and Othmer D,F 1983, "Encyclopedia of Chemical Technology", Vol 5, The Interscience Encyclopedia Inc, New York.
- Levenspiel, O., 1972, "Chemical Reaction Engineering", 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley and Sons Inc., New York.
- Shreve, R.N.,1956, "The Chemical Process Industries", 2nd edition, McGraw Hill Book Company Inc, New York.
- Sugiarti, 2003, "Pengaruh Asam Sitrat dan Gula Terhadap Mutu Selai Dari Dami Nangka Varietas Nangka Kunir (*Artocarpus heterophyllus*)", <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jiptumm-gdl-s1-2003-sugiarti98-960>.
- Wahyuningsih, 1991, "Pengaruh Waktu dan Konsentrasi HCl Terhadap Hidrolisa Selulosa", Buletin Penelitian dan Pengembangan Industri, ed. 13, Balai Industri Semarang.