



**STUDI KINETIKA DEGRADASI SELULOSE  
DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT  
(TKKS) MENJADI TURUNANNYA  
KHUSUSNYA MONOSAKARIDA PADA  
TEMPERATUR TINGGI**

Oleh :

**Zainiyah Salam**

**(2312106019)**

**Pradita Ardyagarini**

**(2312106020)**

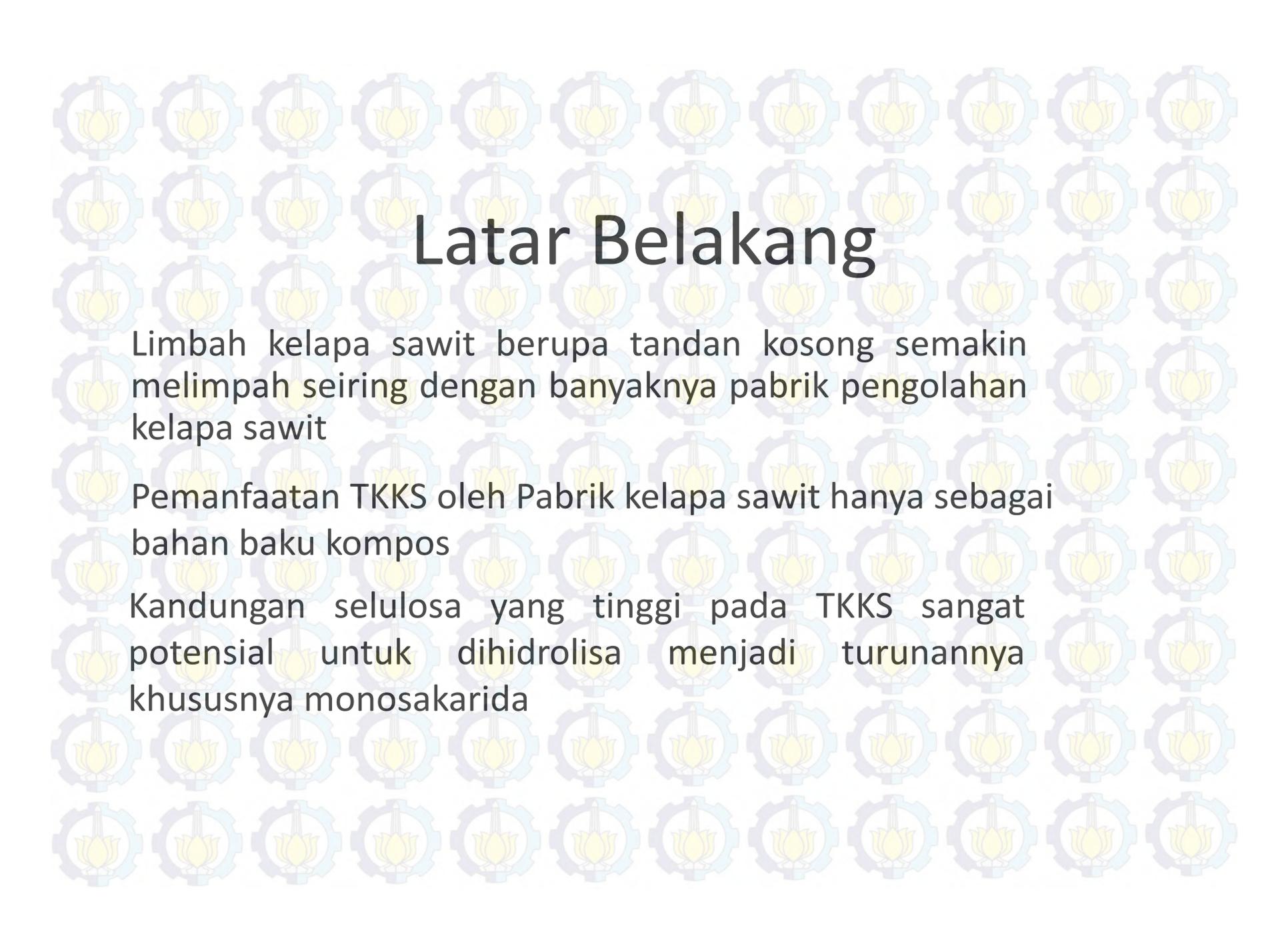
Pembimbing :

Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA

Ir. Ignatius Gunardi, MT

NIP. 1950 04 28 1979 03 1002

NIP. 1955 09 21 1984 04 1001



# Latar Belakang

Limbah kelapa sawit berupa tandan kosong semakin melimpah seiring dengan banyaknya pabrik pengolahan kelapa sawit

Pemanfaatan TKKS oleh Pabrik kelapa sawit hanya sebagai bahan baku kompos

Kandungan selulosa yang tinggi pada TKKS sangat potensial untuk dihidrolisa menjadi turunannya khususnya monosakarida

# Rumusan Masalah

- ✓ Bagaimana proses degradasi selulose dari tandan kosong kelapa sawit menjadi turunannya khususnya monosakarida pada temperatur tinggi?
- ✓ Bagaimana pengaruh waktu, suhu dan konsentrasi katalis terhadap proses degradasi selulose dari tandan kosong kelapa sawit menjadi turunannya khususnya monosakarida pada temperatur tinggi
- ✓ Bagaimana kinetika reaksi proses degradasi selulose dari tandan kosong kelapa sawit menjadi turunannya khususnya monosakarida pada temperatur tinggi

# Tujuan Penelitian

- ✓ Mempelajari proses degradasi selulose dari tandan kosong kelapa sawit menjadi turunannya khususnya monosakarida pada temperatur tinggi
- ✓ Mempelajari pengaruh waktu, suhu dan konsentrasi katalis terhadap proses degradasi selulose dari tandan kosong kelapa sawit menjadi turunannya khususnya monosakarida pada temperatur tinggi
- ✓ Mempelajari kinetika reaksi proses degradasi selulose dari tandan kosong kelapa sawit menjadi turunannya khususnya monosakarida pada temperatur tinggi

# Manfaat Penelitian

- ✓ Memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sekaligus memberikan nilai tambah tandan kosong kelapa sawit. Sehingga dari tandan kosong kelapa sawit dapat dihasilkan degradasi dari selulose yang bernilai tinggi dengan aplikasi yang luas.
- ✓ Memberikan kontribusi untuk mendegradasi selulose dari tandan kosong kelapa sawit agar diterapkan dalam proses produksi dengan skala yang lebih besar.

# Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)



TKKS mengandung :

a. Selulosa 45,9%

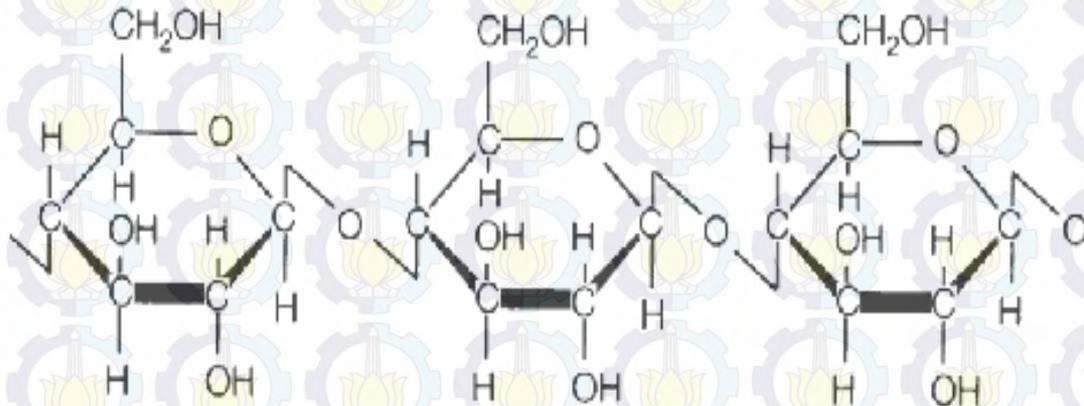
b. Hemiselulosa 22,8%

c. Lignin 16,5%

*(Darnoko, 1995)*

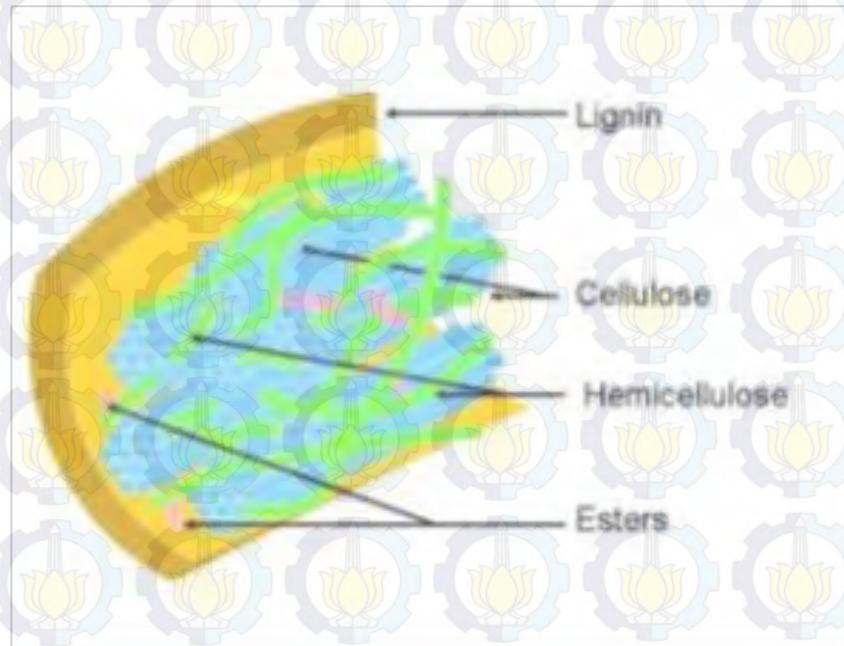
# Selulosa

Selulosa adalah senyawa organik dengan rumus  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , berupa polisakarida yang terdiri dari rantai linier dari beberapa ratus hingga lebih dari sepuluh ribu ikatan  $\beta(1 \rightarrow 4)$  unit D-glukosa.



# Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah polisakarida yang mengisi ruang antara serat-serat selulosa dalam dinding sel tumbuhan.



# Monosakarida

Monosakarida adalah karbohidrat yang paling sederhana. Klasifikasi monosakarida tergantung pada banyaknya atom C di dalam rantai

# Degradasi Selulosa

## **Hidrolisa asam encer**

menggunakan konsentrasi asam yang rendah dan suhu yang tinggi

## **Hidrolisa asam pekat**

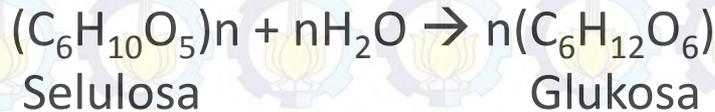
menggunakan konsentrasi asam yang tinggi

## **Hidrolisa enzimatis**

menggunakan enzim yang dapat bekerja di bawah temperatur tinggi dan temperatur rendah

# KINETIKA REAKSI DEGRADASI SELULOSA

- Reaksi hidrolisa yang terjadi :



- Dari persamaan diatas bila dianggap sebagai reaksi elementer dan reaksi samping diabaikan, maka persamaan kecepatan reaksinya adalah :

$$-r_A = k.C_A^a.C_B^b \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

$C_A$  = konsentrasi selulosa

$C_B$  = Konsentrasi air

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

$$-r_A = k'.C_A^a \quad \text{dengan } k' = k.C_B^b$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k.C_A^a \dots\dots\dots(2)$$

Apabila persamaan (2) di log-kan maka akan menjadi :

$$\log_{10}\left(-\frac{dC_A}{dt}\right) = \log_{10}k + n\log_{10}C_A$$

intercept

slope

Dengan membuat grafik  $\log\left(-\frac{dC_A}{dt}\right)$  vs  $\log C_A$  maka akan di dapatkan harga n dan k

# Energi Aktivasi

Energi aktivasi adalah suatu energi minimum yang dibutuhkan agar reaksi kimia tertentu dapat terjadi. Energi aktivasi berpengaruh pada rate reaksi (cepat atau lambat reaksi berlangsung).

Energi aktivasi dihitung dengan persamaan Arrhenius :

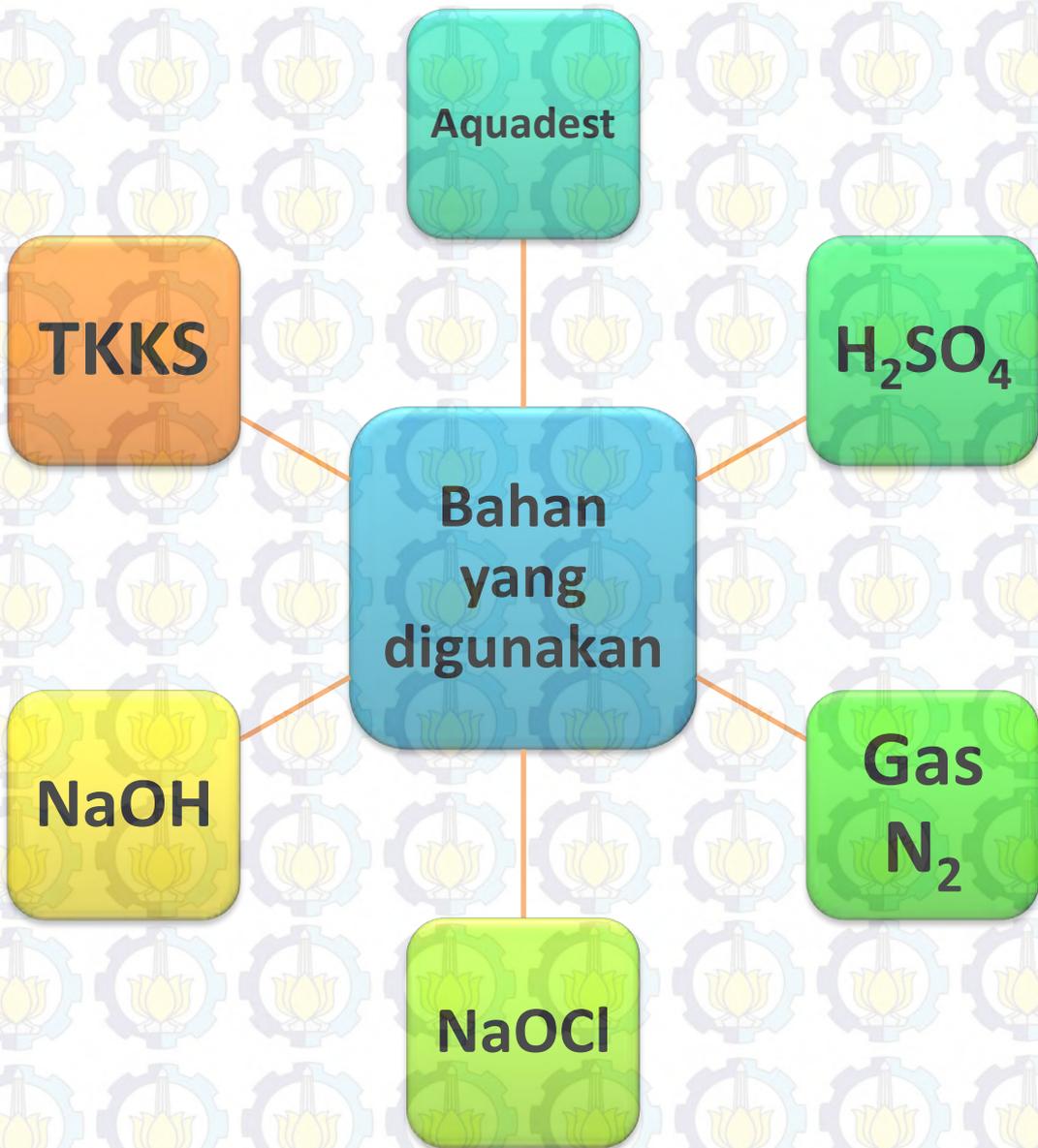
$$k = k_0 \exp^{-E_a/RT}$$

Persamaan logaritmanya menjadi :  $\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T}$

Dengan membuat grafik ( $\ln k$ ) vs ( $1/T$ ), maka didapat  $-E_a/R$  sebagai slope dan  $\ln k_0$  sebagai intercept. Sehingga nilai  $E_a$  dapat dihitung

# Alat yang Digunakan

1. Beaker glass
2. Gelas ukur dan labu ukur
3. Erlenmeyer
4. Pipet tetes dan spatula
5. Blender dan oven
6. Pemanas elektrik
7. Neraca Analitik
8. Thermometer
9. Reaktor



# Variabel Percobaan

Variabel

Variabel  
Tetap

Variabel  
Berubah

# Variabel Percobaan

Variabel  
Tetap

Larutan selulose  
5% sebanyak  
300ml

# Variabel Percobaan

**Variabel Berubah**

**Waktu reaksi  
(menit)**

**0, 30, 60, 90, 120**

**Konsentrasi Katalis  
(N)**

**0,1; 0,25; 0,5**

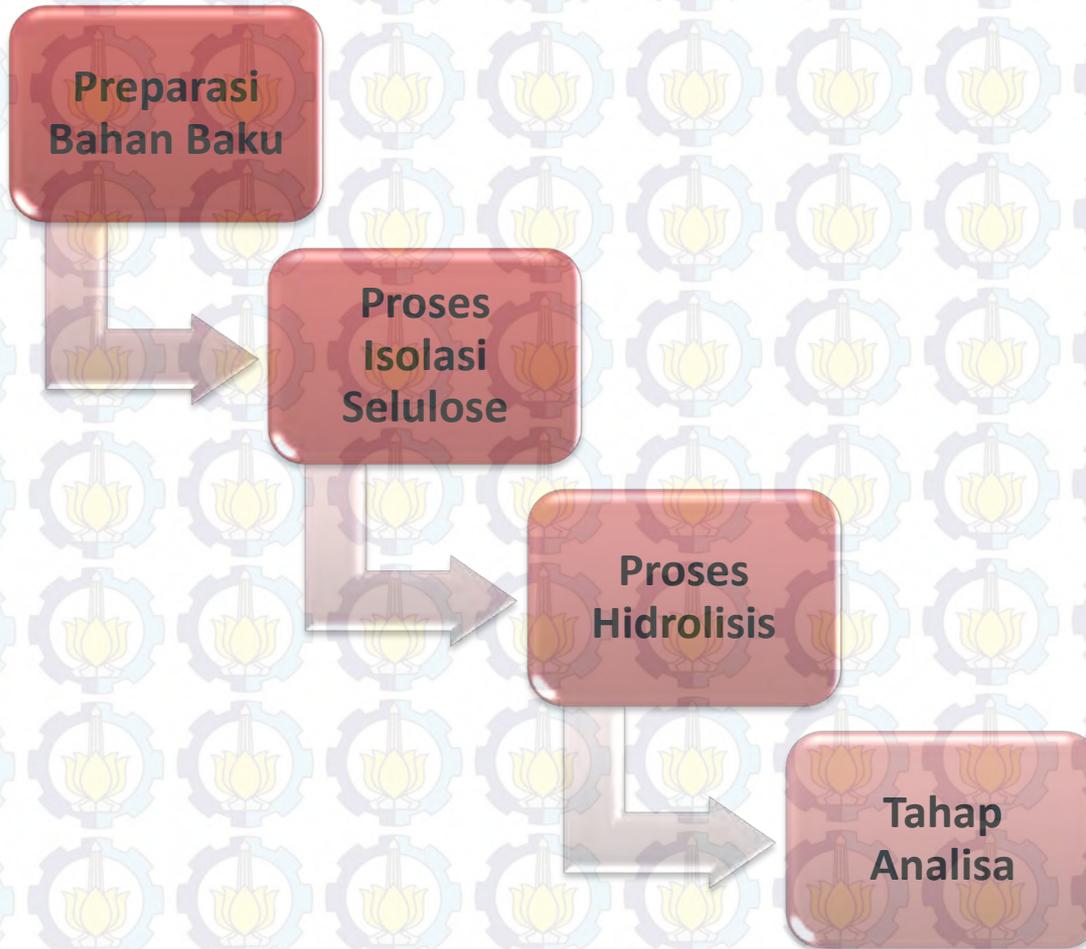
**Suhu reaksi (°C)**

**175, 200, 225, 250**

# Parameter yang dianalisa

Glukosa dianalisa dengan spektrofotometer UV menggunakan larutan DNS untuk mengetahui konsentrasi glukosa pada sampel.

# Diagram Alir Penelitian



# Preparasi Bahan Baku

TKKS dibersihkan dari sisa kulit buah sawit kemudian diuraikan menjadi bentuk serat dan dikeringkan di udara terbuka

Serat TKKS yang telah kering dipotong dengan ukuran panjang  $\pm 30$  mm



# Proses Ekstraksi Selulose



Sebanyak 50 gram serat  
TKKS dimasukkan ke dalam  
labu ekstraksi, kemudian  
ditambahkan 500 ml NaOH  
17,5%

Diekstraksi pada suhu  
80°C selama 2 jam, disaring  
dan ampas dicuci hingga  
filtrat netral

Oil bath

Labu leher tiga

Karet Sumbat

Thermometer

Kondensor  
Reflux

Air pendingin masuk

Air pendingin keluar



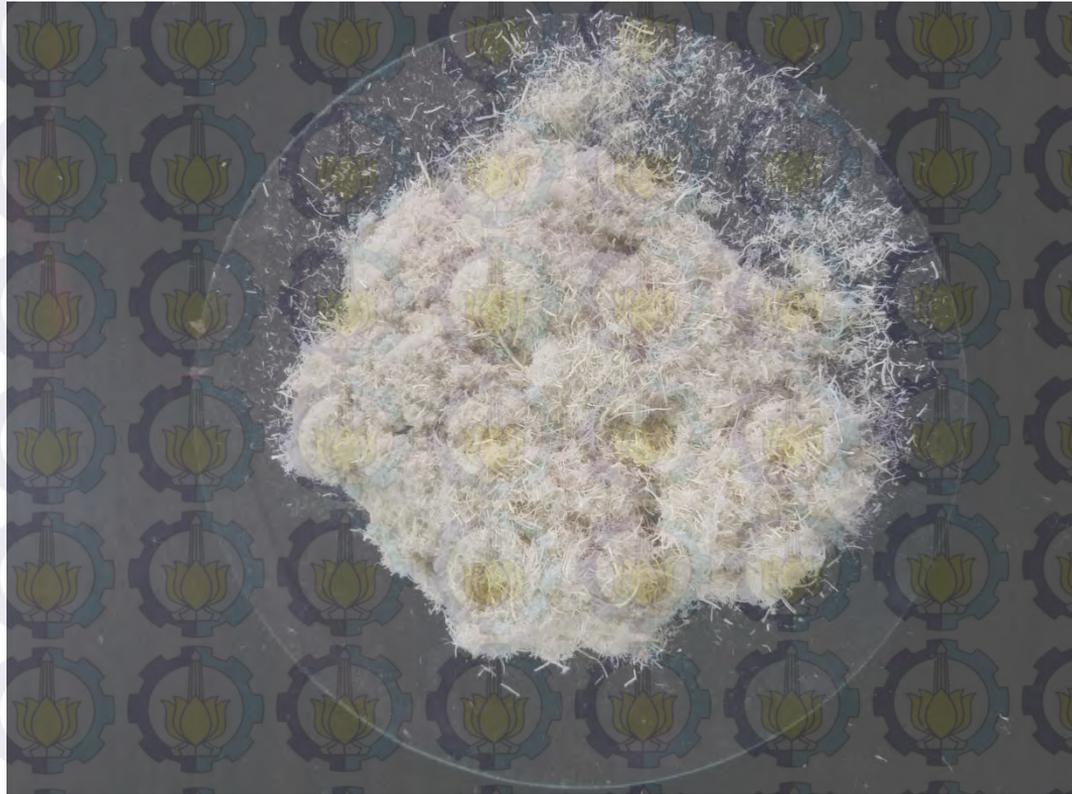
# Proses Ekstraksi Selulose



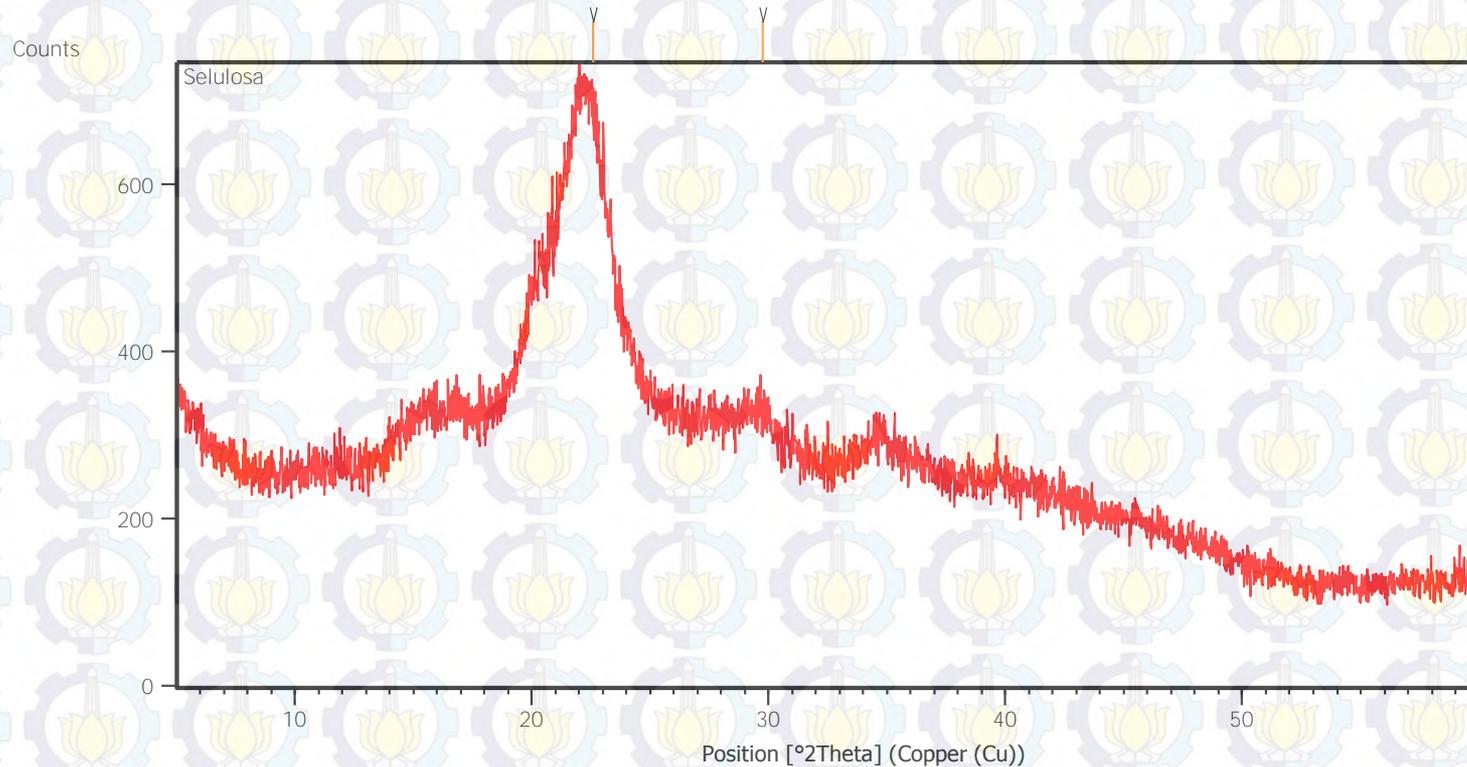
Dilakukan pemurnian dengan 250 ml larutan NaOCl 2% pada suhu 60°C selama 1 jam

Ampas disaring dan dicuci sampai netral, dikeringkan kemudian diblender hingga menjadi serbuk

# Bubuk selulose yang dihasilkan



# Hasil analisa XRD Selulosa



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
22.5746	175.00	0.5353	3.93880	100.00
29.7652	23.00	0.8029	3.00163	13.14

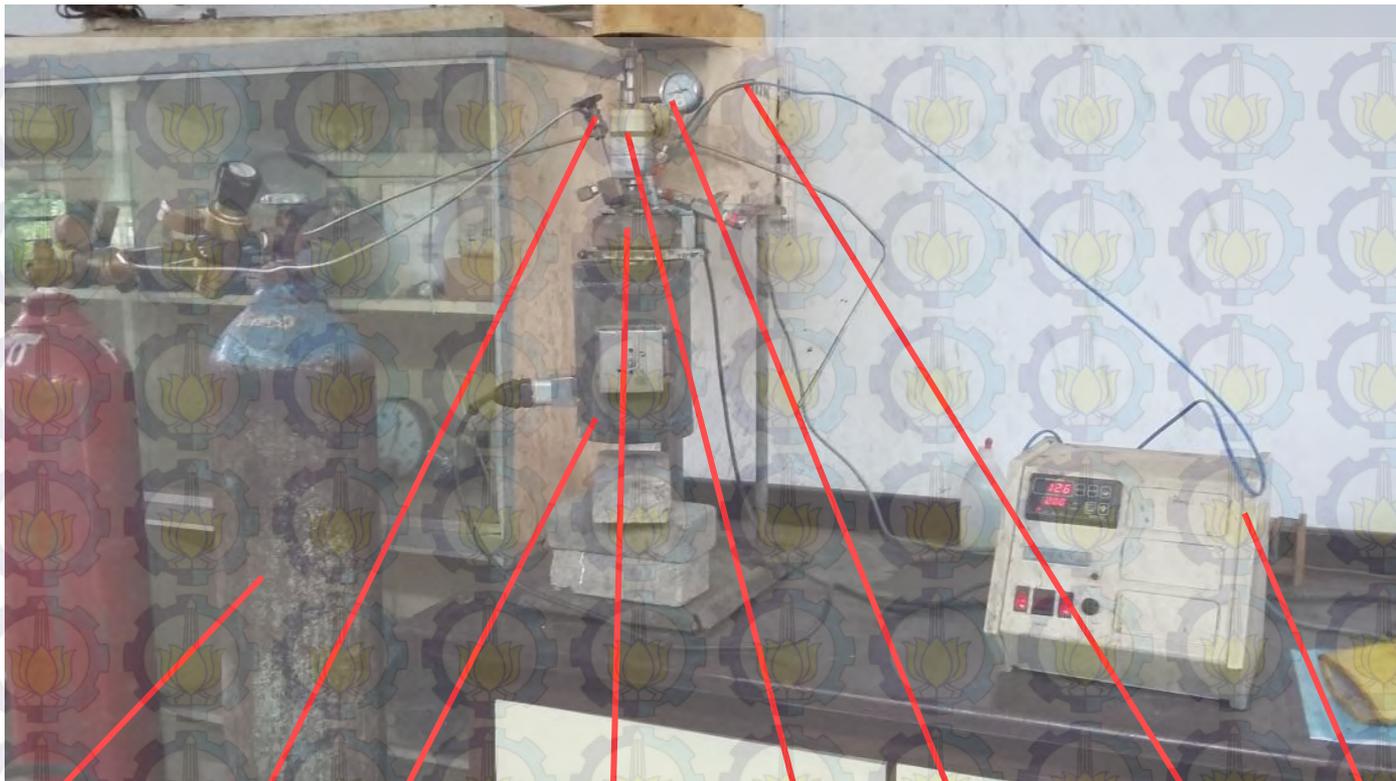
# Proses Hidrolisis



Memasukkan larutan selulose TKKS ke dalam reaktor kemudian menambahkan katalis  $H_2SO_4$  sesuai variabel

Melakukan purging  $N_2$  terlebih dahulu pada reaktor untuk mengusir  $O_2$  yang masih terjebak agar tidak ikut bereaksi

Melakukan proses hidrotermal pada kondisi tertentu dengan variabel yang telah ditentukan



Tabung gas N<sub>2</sub>

Heater

Motor Pengaduk

Thermo Couple

Valve gas N<sub>2</sub>

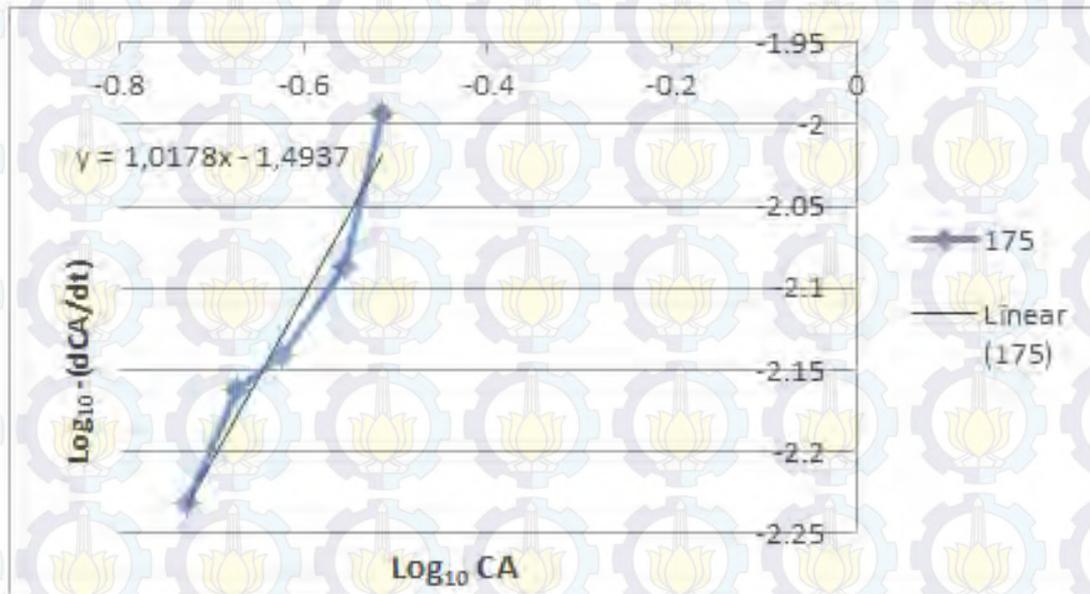
Reaktor

Pressure Gauge

Panel control heater reactor

# Hasil dan Pembahasan

Kurva Penentuan orde reaksi pada Variabel  
Konsentrasi Asam Sulfat = 0,1 N , T = 175 °C



Dari grafik di atas di dapatkan :

$\text{Log}_{10} k = -1,494$ , maka  $k = 0,0321$

$n = 1,018$

Sehingga persamaan laju reaksinya adalah :

$$-r_A = (0,0321) \text{menit}^{-1} (C_A)^{1,018} \text{ mol/L}$$

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Suhu (°C)	k	n
0,1 N	175	0,03208	1,0178
	200	0,03087	0,9913
	225	0,03032	0,9789
	250	0,03490	0,9440
0,25 N	175	0,03298	1,0386
	200	0,03214	1,0196
	225	0,03137	1,0018
	250	0,04190	1,4460
0,5 N	175	0,03459	1,0835
	200	0,03246	1,4886
	225	0,02934	0,9545
	250	0,03580	1,0837

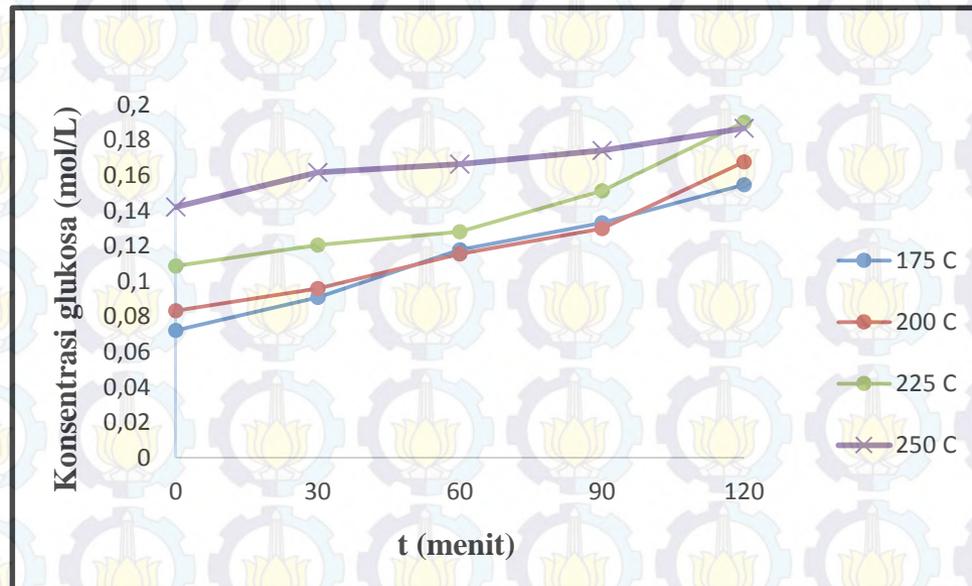
Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa nilai orde reaksi tiap konsentrasi katalis mendekati 1. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya tentang hidrolisis selulose menjadi glukosa yang menyebutkan bahwa orde reaksi untuk degradasi selulosa ataupun pati adalah orde 1.

# Pengaruh konsentrasi katalis terhadap Energi Aktivasi

Konsentrasi Katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	E <sub>a</sub> (J/mol)
0,1 N	5258,85
0,25 N	5219,2
0,5 N	3544,09

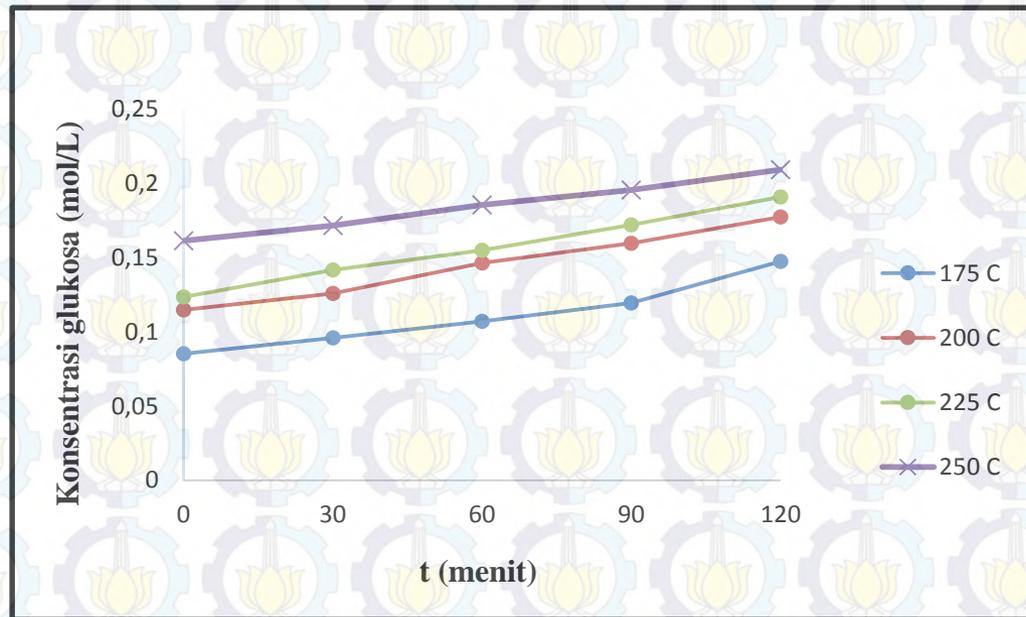
- Dari tabel disamping dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis, nilai energi aktivasi semakin menurun. Hal ini sesuai dengan levenspiel yang menyebutkan bahwa laju reaksi dan energi aktivasi berbanding terbalik sehingga semakin besar konsentrasi katalis, kecepatan reaksi semakin meningkat dan energi aktivasi semakin menurun.

# Pengaruh Suhu Reaksi terhadap Konsentrasi Glukosa yang Terbentuk pada konsentrasi $H_2SO_4$ 0,25 N



Semakin besar suhu dan waktu reaksi, konsentrasi glukosa semakin besar. Harga konsentrasi glukosa berbanding lurus terhadap suhu dan waktu reaksi, oleh karena itu adanya kenaikan suhu reaksi dan waktu reaksi mengakibatkan harga konsentrasi glukosa menjadi semakin besar. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa konsentrasi glukosa akan semakin besar ketika suhunya juga semakin besar.

# Pengaruh Suhu Reaksi terhadap Konsentrasi Glukosa yang Terbentuk pada konsentrasi $H_2SO_4$ 0,5 N



Semakin besar suhu dan waktu reaksi, konsentrasi glukosa semakin besar. Harga konsentrasi glukosa berbanding lurus terhadap suhu dan waktu reaksi, oleh karena itu adanya kenaikan suhu reaksi dan waktu reaksi mengakibatkan harga konsentrasi glukosa menjadi semakin besar. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa konsentrasi glukosa akan semakin besar ketika suhunya juga semakin besar.

# Hasil Analisa HPLC untuk Konsentrasi Glukosa yang dihasilkan



Dari analisa HPLC sampel pada variabel konsentrasi katalis 0,1 N suhu 175°C waktu reaksi 0 menit didapatkan glukosa sebesar 9,98799 ppm yang setara dengan 0,05548 mol/L. Sedangkan analisa menggunakan spektrofotometer UV pada Laboratorium teknologi biokimia pada panjang gelombang 540 nm didapatkan glukosa pada konsentrasi katalis 0,1 N suhu 175°C waktu reaksi 0 menit sebesar 0,06562 mol/L. Hal ini menunjukkan bahwa hasil analisa tersebut valid.

# Kesimpulan

- ✓ Semakin besar konsentrasi katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , konsentrasi glukosa yang dihasilkan juga semakin besar.
- ✓ Konsentrasi glukosa yang paling besar pada variabel yang ditentukan dihasilkan pada konsentrasi katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 N pada suhu  $250^\circ\text{C}$  dan  $t = 120$  menit sebesar 0,20945 mol/L.
- ✓ Nilai laju pengurangan selulose tidak sama dengan nilai laju pembentukan glukosa hal itu dapat di indikasikan bahwa glukosa bukan merupakan satu-satunya hasil dari degradasi selulosa akan tetapi ada senyawa lain yang terbentuk pada proses degradasi selulosa tersebut.
- ✓ Kinetika degradasi selulose menjadi glukosa mengikuti orde 1.

