



## **HIDROLISA KULIT SINGKONG (*manihot utilisima pohl*) MENJADI GLUKOSA CAIR MENGGUNAKAN KATALIS HCl**

**Mahfuddara, Syamsul Bahri\*, Eddy Kurniawan, Jalaluddin, Zulnazri**  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355  
\*e-mail: amarul\_bahari67@yahoo.com

### **Abstrak**

*Kulit singkong merupakan limbah buah singkong yang mengandung pati atau karbohidrat. Penelitian ini menggunakan metode hidrolisis dengan katalis HCl yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu operasi serta kinetika reaksi pada proses hidrolisis dalam beaker glass yang dilengkapi dengan pengaduk dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120 menit dan suhu dengan variasi 80, 85, 90, dan 95<sup>o</sup>C. Pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Kadar glukosa paling tinggi diperoleh sebesar 45 % dengan jumlah 5,277 gr pada waktu hidrolisa 120 menit dan suhu 95<sup>o</sup>C, sedangkan kadar glukosa terendah diperoleh 20 % dengan jumlah 2,872 gr pada waktu hidrolisa 30 menit dengan suhu 80<sup>o</sup>C. Yield paling tinggi diperoleh pada waktu hidrolisa 120 menit dan suhu 95<sup>o</sup>C sebesar 52,77 %, sedangkan nilai yield terendah diperoleh 28,72 % pada waktu hidrolisa 30 menit dan suhu 80<sup>o</sup>C. Kemudian Konversi glukosa yang tereduksi paling tinggi diperoleh pada waktu hidrolisa 120 menit dan suhu 95<sup>o</sup>C sebesar 53 %, sedangkan konversi terendah diperoleh 29 % pada waktu hidrolisa 30 menit dan suhu 80<sup>o</sup>C. Reaksi hidrolisa kulit singkong ini merupakan reaksi orde satu semu.*

**Kata kunci:** *kulit singkong, hidrolisa, kadar glukosa dan laju reaksi.*

DOI: <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i1.7473>

### **1. Pendahuluan**

Indonesia kaya akan hasil alam yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakatnya. Salah satunya tanaman tebu yang digunakan sebagai bahan pembuatan gula. Gula dijadikan sebagai salah satu sumber kalori, sebagai pemberi rasa manis, memperbaiki tekstur makanan dan berwarna lebih pekat, dan juga untuk memberikan aroma lebih lezat. (Nurul Rahmawati, Retni S. Budiarti, 2017)

Glukosa merupakan bahan baku yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain pembuatan gula cair, sirup sampai sumber alternatif seperti bioetanol. Permintaan akan glukosa di Indonesia terus meningkat. Diperlukan suatu alternatif untuk memenuhi kebutuhan glukosa di Indonesia. Salah satu alternatif tersebut adalah menggunakan limbah hasil pertanian sebagai bahan baku utamanya. Kulit singkong yang dihasilkan dari pemanfaatan singkong hanya dibuang atau dijadikan pakan ternak. Padahal kandungan kulit singkong sendiri masih cukup besar dan bermanfaat, seperti kandungan serat yang tinggi dapat digunakan sebagai bahan baku menghasilkan energi. (prihandana, 2007)

Komponen utama penyusun pati adalah amilosa dan amilopektin Amilosa tersusun atas satuan glukosa yang saling berkaitan dengan ikatan 1-4 glukosa, sedangkan amilopektin merupakan polisakarida yang tersusun dari 1-4 glukosida dan mempunyai rantai cabang 1-6 glukosida. (Othmer, 1978)

Ada beberapa hidrolisa yaitu:

1. Hidrolisa murni. Sebagai reaktan hanya air.
2. Hidrolisa dengan katalis larutan asam, bisa berupa asam, bisa berupa asam encer atau pekat.
3. Hidrolisa dengan katalis larutan basa, bisa basa encer atau basa pekat.
4. Hidrolisa dengan menggunakan katalis enzim.
5. Alkali fusion, dengan sedikit atau tanpa air pada temperatur tinggi.

Zat-zat penghidrolisa:

- 1) Air

Kelemahan zat penghidrolisa ini adalah prosesnya lambat kurang sempurna dan hasilnya kurang baik. Biasanya ditambahkan katalisator dalam industri. Zat penghidrolisa air ditambah zat yang sangat reaktif. Untuk mempercepat reaksi dapat juga digunakan uap air pada temperatur tinggi.

- 2) Asam

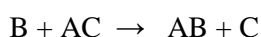
Asam biasanya berfungsi sebagai katalisator dengan mengaktifkan air dari kadar asam yang encer. Umumnya kecepatan reaksi sebanding dengan ion  $H^+$  tetapi pada konsentrasi yang tinggi hubungannya tidak terlihat lagi. Di dalam industri asam yang dipakai adalah  $H_2SO_4$  HCl.  $H_2C_2O$  jarang dipakai karena harganya mahal, HCl lebih menguntungkan karena lebih aktif dibandingkan  $H_2SO_4$

- 3) Basa

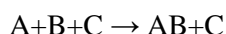
Basa yang dipakai adalah basa encer, basa pekat dan basa padat. Reaksi bentuk padat sama dengan reaksi bentuk cair. Hanya reaksinya lebih sempurna atau lebih reaktif dan hanya digunakan untuk maksud tertentu, misalnya proses peleburan benzene menjadi phenol.

- 4) Enzim

Suatu zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme, biasanya digunakan sebagai katalisator pada proses hidrolisa. Penggunaan dalam industri misalnya pembuatan alkohol dari tebu oleh enzim. Hidrolisa dengan air murni berlangsung lambat dan hasil reaksi tidak komplit, sehingga perlu ditambahkan katalis asam untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan selektivitas. (Groggins, 1958). Jenis katalis yang sering digunakan pada proses hidrolisis pati oleh peneliti sebelumnya adalah katalis homogen, heterogen, dan enzim. Katalis homogen adalah jenis katalis yang mempunyai fasa yang sama dengan reaktan. Katalis heterogen adalah jenis katalis yang mempunyai fase yang tidak sama dengan reaktan. Jenis katalis homogen yang banyak digunakan adalah katalis asam (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HNO<sub>3</sub>), sedangkan jenis katalis heterogen adalah zeolit. Reaksi katalitik mengikuti persamaan reaksi 2-4.

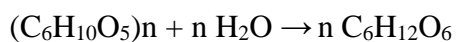


Meskipun katalis (C) terkonsumsi oleh reaksi 2, namun oleh reaksi 3 terbentuk kembali, sehingga untuk reaksi keseluruhannya menjadi seperti reaksi 4.



Katalis homogen mempunyai keunggulan, yaitu tidak mudah teracuni oleh kotoran dan setiap molekul katalis berfungsi aktif sebagai katalis. Kerugian katalis homogen diantaranya sulit dipisahkan dari campurannya dan mudah terurai pada temperatur tinggi. Dibandingkan katalis homogen, katalis heterogen memiliki kelebihan diantaranya dapat dipisahkan dari campuran reaksi hanya dengan cara penyaringan, sehingga mudah diregenerasi. Katalis heterogen juga mempunyai kekurangan yaitu jika permukaan katalis telah jenuh oleh molekul reaktan, maka reaksi tidak dapat dilanjutkan. Kejenuhan katalis dapat daitasi dengan regenerasi (Purnami, et al 2015).

Persamaan reaksi hidrolisis pati tanduk dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi hidrolisis pada umumnya menggunakan pereaksi berupa air yang jumlahnya dibuat berlebihan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$r_A = - \frac{dC_A}{dt} = K C_A^m C_B^n \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

r<sub>A</sub> = kecepatan berkurangnya A, (gmol/L (menit))

C<sub>A</sub> = konsentrasi pati, gmol/L

C<sub>B</sub> = konsentrasi air, gmol/L

t = waktu reaksi (menit)

m,n = orde reaksi

Dengan jumlah air yang berlebihan, maka bisa dianggap konsentrasi air tetap selama reaksi, maka persamaan menjadi:

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

Dimana  $k C_B^n$  dianggap konstan =  $k'$

Apabila  $m = 1$ , maka:

$$r_A = -\frac{dC_A}{dt} = k' C_A \dots\dots\dots(3)$$

Hasil integrasi dari waktu  $t = 0$  hingga  $t = t$  dengan  $C_A = C_{A0}$  hingga  $C_A = C_A$  adalah sebagai berikut:

$$-\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = kt \dots\dots\dots(4)$$

Apabila perbandingan A yang bereaksi dengan A mula-mula dinyatakan sebagai konversi ( $x$ ) maka dapat dinyatakan:

$$C_A = C_{A0} - C_{A0} x = C_{A0} (1 - x) \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{C_A}{C_{A0}} = 1 - x \dots\dots\dots(6)$$

Maka persamaan 6 dapat dinyatakan:

$$-\ln (1 - x) = kt \dots\dots\dots(8)$$

Apabila dibuat grafik hubungan  $-\ln \frac{C_A}{C_{A0}}$  versus  $t$  atau  $-\ln (1 - x)$  versus  $t$  akan mendekati garis gradien dari garis tersebut. Tetapi apabila bukan garis lurus maka dicoba orde reaksi lain misalnya orde reaksi 2. Apabila  $m = 2$  maka:

$$r_A = -\frac{dC_A}{dt} = k' C_A^2 \dots\dots\dots(9)$$

$$-\frac{dC_{A0}(1-x)}{dt} = k \{C_{A0}(1-x)\}^2 \dots\dots\dots(10)$$

$$-\frac{d(1-x)}{(1-x)^2} = k C_{A0} dt \dots\dots\dots(11)$$

Hasil integrasi dari waktu  $t = 0$  hingga  $t = t$  dengan  $x = 0$  hingga  $x = x$  adalah sebagai berikut:

$$\frac{x}{(1-x)} = k C_{A0} t \dots\dots\dots(12)$$

Apabila dibuat grafik hubungan  $\frac{x}{(1-x)}$  versus  $C_{A0} t$  maka mendekati garis lurus dan konstanta kecepatan reaksinya adalah gradient dari garis tersebut. Apabila bukan garis lurus maka dicoba orde lain.

Kesesuaian data penelitian dengan persamaan kecepatan reaksi maupun nilai  $k$  dapat dihitung dengan metode *least square*. Pada umumnya nilai konstanta kecepatan reaksi dipengaruhi oleh faktor tumbukan, energy aktivasi dan suhu.

Reaksi dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan matematis sesuai persamaan Arrhenius:

$$K = A e^{-\frac{E_a}{RT}} \dots\dots\dots(13)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar dengan semakin berkurangnya energi aktivasi dan semakin besarnya suhu. Energi aktivasi dapat diperkecil dengan menggunakan katalisator. Sedangkan suhu reaksi dapat dibuat tinggi dengan mempertimbangkan ketahanan bahan serta keseimbangan reaksi. (Levenspiel, 1972)

## 2. Bahan dan Metode

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain tepung kulit singkong (*Manihot Utilisima Pohl*), HCl 3N, NaOH 0,1 N, aquadest, larutan benedict, buret, labu leher tiga 500 ml, ayakan mesh 50, termometer, neraca analitik, erlenmeyer, hot plate, seperangkat kondensor, corong, tabung reaksi, labu ukur, gelas ukur, penangas air, stopwatch, dan *magnetic stirrer*.

Proses pembuatan glukosa cair terdiri dari dua tahapan yaitu tahapan persiapan bahan baku atau pembuatan tepung kulit singkong dan tahapan hidrolisa. Variabel tetap pada penelitian ini yaitu massa tepung kulit singkong (*Manihot Utilisima Pohl*), Perbandingan tepung kulit singkong terhadap HCl 3N. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi suhu reaksi 80°C, 85°C, 90 °C, 95 °C dan waktu reaksi 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan variabel terikat yaitu kadar glukosa menggunakan uji benedict, *yield*, konversi dan laju reaksi.

Pada proses pembuatan tepung kulit singkong, kulit singkong dijemur dibawah sinar matahari selama 2 hari. Kemudian kulit singkong dihaluskan dan diayak dengan menggunakan mesh 50. Proses hidrolisa dilakukan pada sebuah labu leher tiga dengan mencampurkan tepung kulit singkong sebanyak 10 gram ditambahkan katalis asam sebanyak 100 ml yaitu HCl dengan konsentrasi 3 N kedalam tepung kulit singkong, dengan variasi suhu 80, 85, 90 dan 95°C dan variasi waktu operasi 30, 60, 90 dan 120 menit. Lalu dilakukan analisis terhadap glukosa yang dihasilkan.

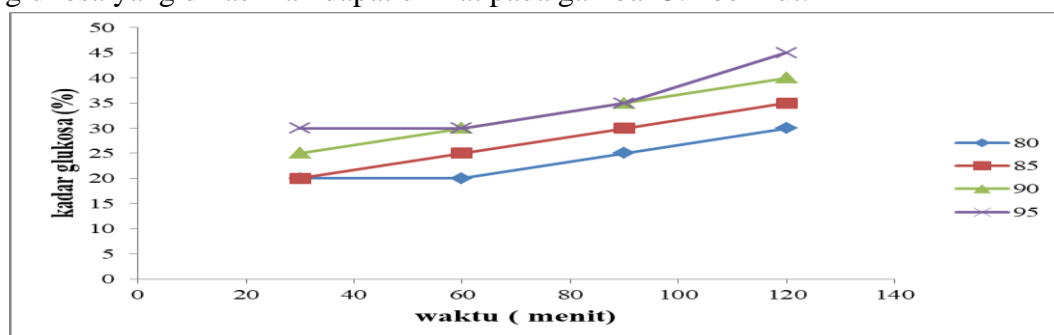
### 3.1 Hasil dan Diskusi

Hidrolisis pati adalah proses kimia yang menggunakan air untuk pemecahan molekul amilum dengan menggunakan air menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa dan glukosa. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh suhu dan waktu hidrolisa terhadap glukosa yang dihasilkan. Karena reaksi antara pati dan air berjalan sangat lambat, maka untuk mempercepat laju reaksi diperlukan penambahan katalisator. Salah satu katalisator yang sering digunakan adalah asam klorida (HCl). Jenis pati yang digunakan pada penelitian ini adalah pati kulit singkong yang dihidrolisa

menggunakan katalis HCl 3N dengan menggunakan variasi waktu sebesar 30, 60, 90 dan 120 menit sedangkan untuk suhu menggunakan variasi 80, 85, 90 dan 95°C.

### 3.2 Pengaruh Temperatur dan Waktu Hidrolisa terhadap Kadar Glukosa yang Dihasilkan

Kadar glukosa adalah jumlah glukosa (%) yang dihasilkan setelah proses hidrolisa terhadap lama waktu suhu operasi yang digunakan dengan konsentrasi katalis HCl 3N. Penelitian ini menggunakan bahan baku pati kulit ssingkong sebanyak 10 gr. Kadar glukosa yang dihasilkan berbeda-beda karena dipengaruhi oleh waktu dan suhu operasi dengan variasi suhu, yaitu 80°C, 85°C, 90°C, dan 95°C. Sedangkan untuk variasi waktu hidrolisa sebesar 30, 60, 90, dan 120 menit. Kadar glukosa yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



**Gambar 3.1** Pengaruh Suhu dan Waktu terhadap Kadar Glukosa

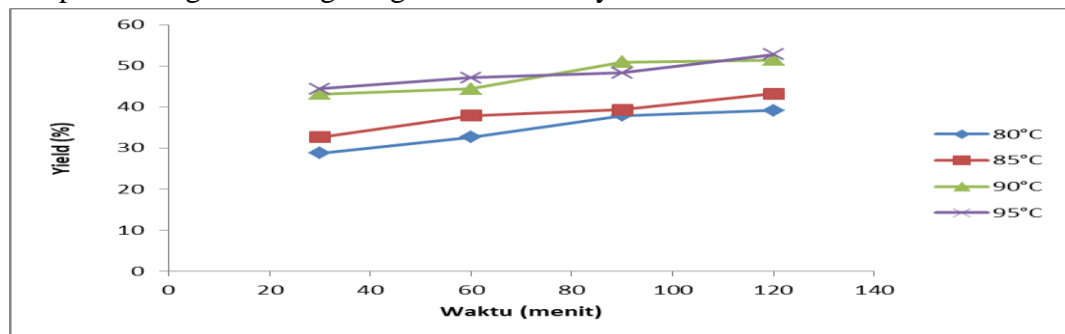
Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa kadar glukosa paling tinggi dihasilkan pada waktu 120 menit dengan suhu hidrolisa 95°C dengan kadar glukosa yang dihasilkan sebesar 45%. Sedangkan kadar glukosa yang paling rendah dihasilkan pada suhu 80°C dengan waktu hidrolisa 35 menit, kadar glukosa yang dihasilkan adalah 20%. Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa kadar glukosa yang dihasilkan seiring dengan penambahan waktu dan suhu reaksi mengalami kenaikan dikarenakan adanya gula reduksi. Sifat mereduksi ini disebabkan oleh gugus hidroksil (-OH) bebas yang aktif. Selain itu, kadar glukosa yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh waktu dan suhu. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu hidrolisa maka semakin banyak pati yang diurai oleh katalis asam klorida sehingga makin banyak kadar glukosa yang dihasilkan. Begitu halnya dengan kenaikan suhu operasi, semakin lama dan semakin besar suhu yang dioperasikan maka kadar glukosa yang dihasilkan juga semakin banyak. (Levenspiel, 1972)

### 3.3 Yield dan Konversi Pati Menjadi Glukosa

Suatu reaksi kimia akan berjalan dengan baik jika ditambahkan katalis. Kinerja katalis secara kuantitatif ditinjau dari aktivitas katalis. Aktivitas tersebut dinyatakan oleh konversi dan *yield* (perolehan).

### 3.3.1 Pengaruh Waktu Terhadap *Yield* pada Berbagai Suhu

Semakin lama waktu yang digunakan untuk mereaksikan suatu zat maka semakin besar pula *yield* yang didapat. Disamping itu suhu juga berpengaruh terhadap *yield* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan semakin besar suhu maka gerakan molekul-molekul reaktan semakin kuat sehingga kemungkinan terjadi tumbukan juga semakin sering. Pada gambar 3.2 dapat dilihat bahwa *yield* yang didapat meningkat seiring dengan bertambahnya suhu.



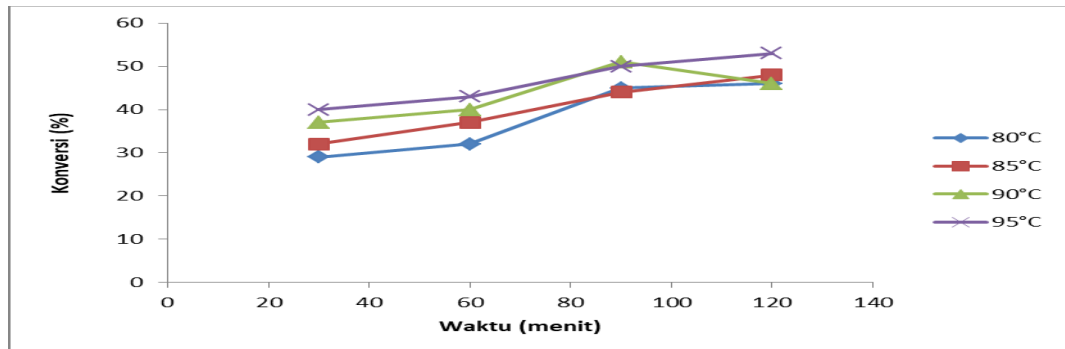
**Gambar 3.2** Hubungan Waktu dengan *Yield* pada Berbagai Suhu

Pada gambar 3.2 didapat nilai *yield* mengalami peningkatan seiring meningkatnya waktu operasi dari 35 menit sampai waktu 50 menit. Peningkatan nilai *yield* ini disebabkan oleh konsentrasi katalis yang akan mempercepat berlangsungnya reaksi. Selain itu, dengan meningkatnya temperatur juga akan memperluas permukaan partikel-partikel zat yang beraksi sehingga mempermudah terjadinya reaksi antara zat satu dengan zat lain. (Levenspiel, 1972)

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa *yield* paling tinggi didapat pada suhu 95°C dengan waktu reaksi selama 120 menit dimana *yield* yang didapat yaitu sebesar 52,77 %. Sedangkan nilai *yield* terendah diperoleh pada suhu operasi 80°C dengan waktu reaksi selama 30 menit dengan *yield* yang diperoleh sebesar 28,72 %.

### 3.3.2 Pengaruh Waktu Terhadap Konversi pada Berbagai Suhu

Begitu pula dengan konversi, semakin lama waktu yang digunakan semakin besar pula konversi yang dicapai. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka semakin lama waktu kontak antar partikel untuk bereaksi. Hal ini disebabkan semakin besar suhu, semakin sering pula terjadi tumbukan antar partikel dan kecepatan reaksi pun semakin meningkat. Hasil konversi yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



**Gambar 3.3** Hubungan Waktu dengan Konversi pada Berbagai Suhu

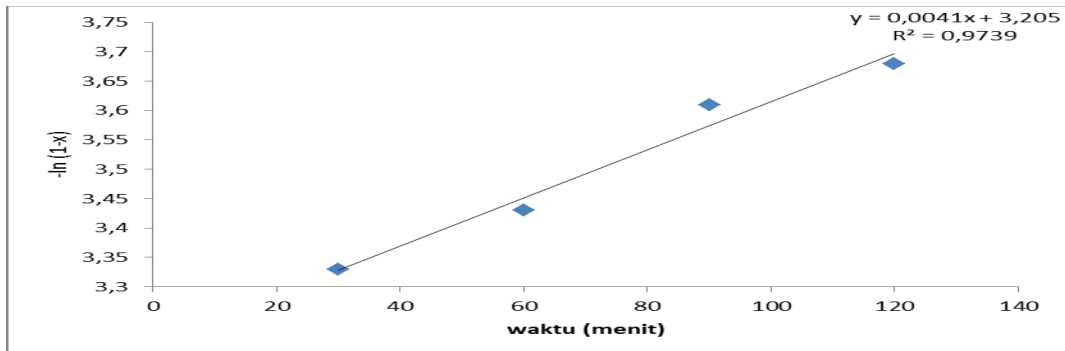
Pada gambar 3.3 diatas dapat dilihat bahwa konversi paling tinggi diperoleh pada suhu 95°C dengan waktu operasi selama 120 menit dimana konversi yang diperoleh sebesar 53%. Pengaruh suhu terhadap kecepatan hidrolisa karbohidrat akan mengikuti persamaan Arrhenius, bahwa semakin tinggi suhunya maka semakin tinggi konversi yang diperoleh, akan tetapi jika suhu yang digunakan terlalu tinggi konversi yang diperoleh akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang, yang ditunjukkan oleh semakin tuanya warna hasil. Sedangkan pada suhu yang tidak terlalu tinggi (tidak melebihi titik didih air) air sebagai zat penghidrolisa tetap berada pada fase cair, sehingga terjadi kontak yang baik antara molekul-molekul serbuk kulit singkong dengan sebagian air. Dengan demikian, reaksi dapat berjalan dengan baik.

Hasil perhitungan dan data pengamatan diatas digunakan untuk mengetahui orde reaksi dan nilai konstanta kecepatan reaksi hidrolisis ini, dicoba orde satu semu. Maka dapat digunakan persamaan kinetika akan diperoleh persamaan hubungan konversi (x) dengan waktu (t) yaitu  $-\ln(1-x) = k t$ , sehingga apabila dibuat grafik hubungan  $-\ln(1-x)$  dengan waktu (t) akan membentuk garis lurus. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 3.1 dan grafik dapat dilihat pada gambar 3.4 sampai dengan gambar 3.7 berikut ini.

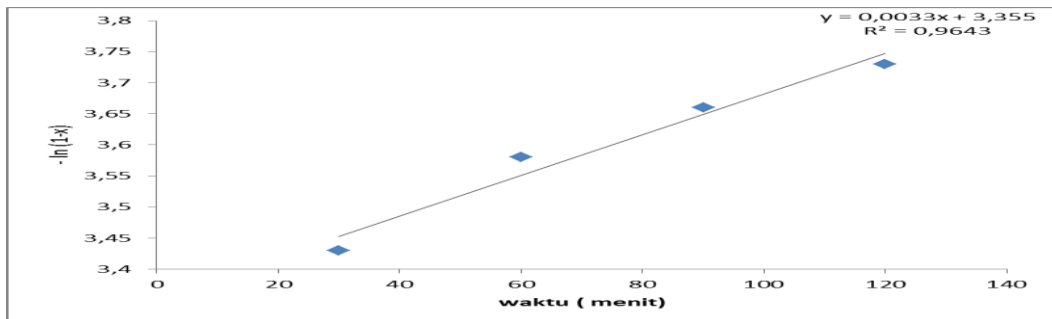
**Tabel 3.1** Hubungan antara  $-\ln(1-x)$  Terhadap Waktu pada Berbagai Suhu

waktu (menit)	$-\ln(1-x)$ pada berbagai suhu			
	80°C	85°C	90°C	95°C
30	3,33	3,43	3,78	3,80
60	3,43	3,58	3,76	3,85
90	3,61	3,66	3,91	3,82
120	3,68	3,73	3,89	3,95

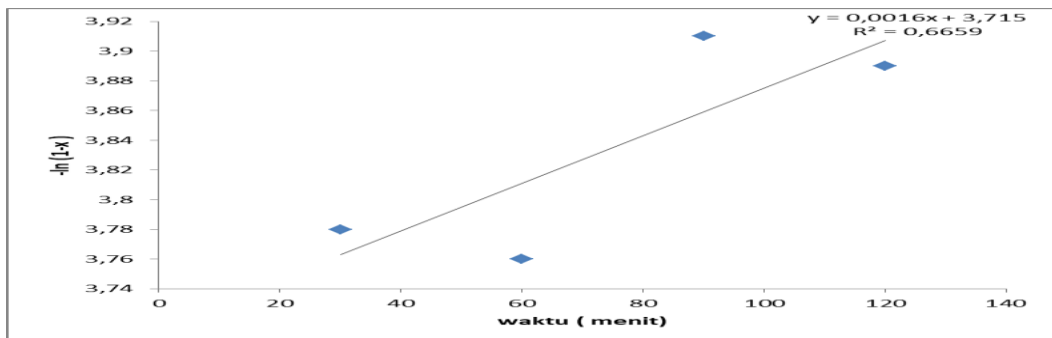




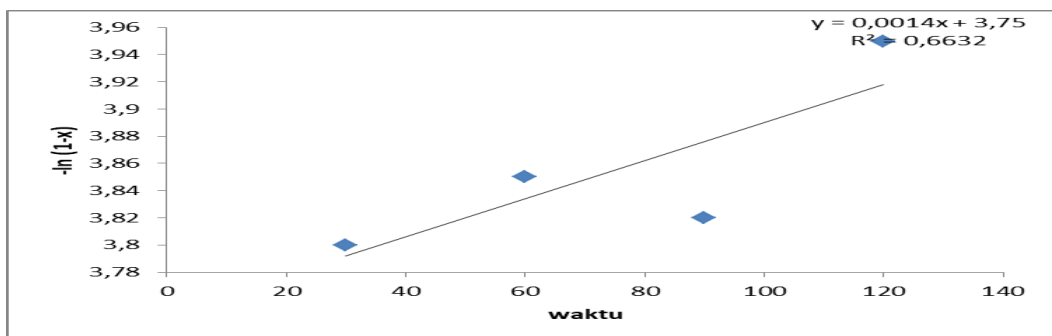
**Gambar 3.4** Hubungan antara  $-\ln(1-x)$  dengan Waktu pada Suhu 80°C



**Gambar 3.5** Hubungan antara  $-\ln(1-x)$  dengan Waktu pada Suhu 85°C



**Gambar 3.6** Hubungan antara  $-\ln(1-x)$  dengan Waktu pada Suhu 90°C



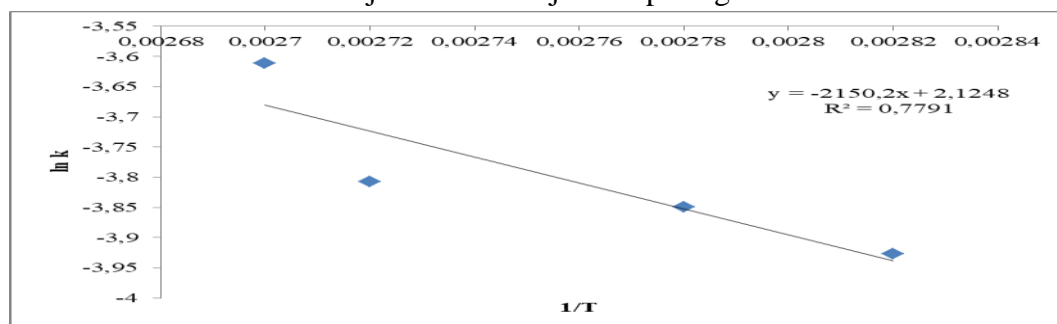
**Gambar 3.7** Hubungan antara  $-\ln(1-x)$  dengan Waktu pada Suhu 95°C

Dengan menggunakan persamaan  $-\ln(1-x)$ , dari gambar 3.4 sampai 3.7 terlihat bahwa reaksi orde satu semu. Dari grafik hubungan  $-\ln(1-x)$  terhadap waktu ( $t$ ) mengikuti persamaan garis lurus. Nilai konstanta laju reaksi diperoleh dari slope pada persamaan  $y = mx + b$ . Hubungan konstanta laju reaksi dengan suhu dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

**Tabel 3.2** Pengaruh Nilai Konstanta Kecepatan Reaksi pada Berbagai Suhu (K)

suhu (°C)	suhu (K)	1/T	K	ln k
80	355	0,00282	0,0197	-3,92714
85	360	0,00278	0,0213	-3,84905
90	365	0,00274	0,0222	-3,80766
95	370	0,0027	0,027	-3,61192

Nilai konstanta laju reaksi dipengaruhi oleh sifat pereaksi dan suhu, semakin tinggi suhu reaksi maka semakin besar pula konstanta laju reaksi. Hal ini disebabkan oleh naiknya suhu reaksi maka suplai energi untuk mengaktifkan pereaksi dan tumbukan antar reaksi untuk menghasilkan reaksi akan bertambah sehingga produk yang dihasilkan akan lebih banyak. Sedangkan grafik hubungan antara suhu dan konstanta laju reaksi ditunjukkan pada gambar 3.8.



**Gambar 3.8** Hubungan Suhu dan Konstanta Laju Reaksi

Harga konstanta pada tabel 4.4 diatas, maka dapat dihitung nilai energi aktivasi. Melalui proses perhitungan dari grafik  $\ln k$  dan  $1/T$  tersebut diperoleh  $E_a = 17.876,77$  kJ/mol.

#### 4. Simpulan dan Saran

Setelah melakukan penelitian dan pengolahan data maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar glukosa paling tinggi diperoleh sebesar 45% dengan jumlah 5,277 gr pada waktu hidrolisa 120 menit dan suhu 95°C, sedangkan kadar glukosa terendah diperoleh 20% dengan jumlah 2,872 gr pada waktu hidrolisa 30 menit dan suhu 80°C

2. *Yield* paling tinggi diperoleh pada waktu hidrolisa 120 menit dan suhu 95<sup>0</sup>C sebesar 52,77 %, sedangkan nilai *yield* terendah diperoleh 28,72 % pada waktu hidrolisa 30 menit dan suhu 80<sup>0</sup>C.
3. Konversi glukosa yang tereduksi paling tinggi diperoleh pada waktu hidrolisa 120 menit dan suhu 95<sup>0</sup>C sebesar 53 %, sedangkan konversi terendah diperoleh 29 % pada waktu hidrolisa 30 menit dan suhu 80<sup>0</sup>C.
4. Reaksi hidrolisa kulit singkong menjadi glukosa yang terjadi merupakan reaksi orde satu semu terhadap pati.

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan pada suhu yang lebih tinggi dan waktu operasi yang lebih lama dan menggunakan katalis asam yang lain seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## 5. Daftar Pustaka

1. Faoji yahman. (2009). *Studi Kelayakan Pendirian Industri Sirup Glukosa Dari Tapioka Di Pesantren Raudlatul Ulum, Pati,*.
2. Groggins. (1958). *Unit Process In Organic Synthesis.* (1958).
3. Levenspiel. (1972). *Chemical Reaction Engineering.* 2(November), 51–65.
4. Nurul Rahmawati, Retni S. Budiarti, H. (2017). *Kajian Pembuatan Gula Cair Berbahan Dasar Kulit Singkong (Manihot Utilissima Pohl.) dengan Pemanfaatan Bakteri Bacillus Licheniformis fakultas.* 1–10.
5. Othmer, K. (1978). *Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 5.* 9(1), 23–27.
6. Prihandana. (2007). *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depasn.* (August).
7. Purnami. (2015). *Pengaruh penggunaan katalis terhadap laju dan efisiensi pembentukan hidrogen.* 105–110.