

## Kinetika Hidrolisis Selulosa Bakteri Menggunakan Natrium Hidroksida

(Hydrolysis Kinetics of Bacterial Cellulose Using Sodium Hydroxide)

Jabosar Ronggur Hamonangan Panjaitan<sup>1\*</sup>, David Andrian Padang<sup>2</sup>, Aziz Fatchurohman<sup>3</sup>,  
Fourka Fitra Ramadhan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Lampung 35365, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received : 12 December 2022

Revised : 22 January 2022

Accepted : 6 March 2023

#### DOI :

<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4433>

#### Keywords :

cellulose; hydrolysis; kinetics.

#### \*e-mail corresponding author :

[jabosar.panjaitan@tk.itera.ac.id](mailto:jabosar.panjaitan@tk.itera.ac.id)

### ABSTRAK

Reaksi hidrolisis merupakan reaksi pemecahan reaktan dengan air yang umumnya dilakukan untuk memproduksi produk – produk turunan bermanfaat dan dapat ditinjau kinetiknya sebagai dasar dalam perancangan reaktor. Nata atau selulosa bakteri merupakan senyawa yang terdiri dari selulosa murni dan air sehingga dapat dihidrolisis untuk menghasilkan berbagai senyawa degradasi selulosa. Pada penelitian ini diteliti kinetika hidrolisis selulosa bakteri menggunakan katalis natrium hidroksida. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan parameter kinetika reaksi hidrolisis nata menggunakan katalis basa natrium hidroksida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan lama waktu hidrolisis akan meningkatkan kinerja reaksi hidrolisis. Kinetika hidrolisis pada penelitian ini terbagi dua tipe yaitu kinetika hidrolisis Tipe 1 yang menggunakan berat basah selulosa bakteri dan Tipe 2 yang menggunakan berat kering selulosa bakteri. Dari hasil perhitungan diperoleh orde reaksi hidrolisis selulosa bakteri berkisar antar 5 – 6 dengan konstanta reaksi kinetika hidrolisis Tipe 1 pada suhu 40°C, 60°C dan 80°C berturut – turut adalah 0,000012; 40.255,4; dan 299.839 min<sup>-1</sup>. Sedangkan konstanta reaksi kinetika hidrolisis Tipe 2 pada suhu 40°C, 60°C dan 80°C berturut – turut adalah 0,516851; 1,124119; dan 2,408972 min<sup>-1</sup>. Energi aktivasi kinetika hidrolisis Tipe 1 sebesar 558,3932 kJ/mol, dan energi aktivasi kinetika hidrolisis Tipe 2 sebesar 35,31205 kJ/mol. Perbedaan nilai parameter kinetika pada Tipe 1 dan 2 akan menjadi acuan dalam perancangan reaktor hidrolisis nata berbahan baku nata basah dan kering untuk memproduksi berbagai senyawa degradasi selulosa.

### PENERBIT

#### UNITRI PRESS

Jl. Telagawarna, Tlogomas-  
Malang, 65144, Telp/Fax:  
0341-565500



This is an open access article under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License**. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. CC-BY-SA

### ABSTRACT

The hydrolysis reaction is a rupture reaction of reactants with water which is generally used to produce useful derivative products and can be reviewed for kinetics as a basis for reactor design. Nata or bacterial cellulose is a compound consisting of pure cellulose and water so that it can be hydrolyzed to produce various cellulose degradation products. This research examined the kinetic hydrolysis of bacterial cellulose using a sodium hydroxide catalyst. This study aimed to determine the kinetic parameters of the nata hydrolysis reaction using a base sodium hydroxide catalyst. The results showed higher temperatures and longer hydrolysis time performed better in hydrolysis reactions. The hydrolysis kinetics in this study were divided into two types, Type 1 hydrolysis kinetics which used the wet weight of bacterial cellulose, and Type 2, which used the dry weight of bacterial cellulose. From the calculation results, the order of bacterial cellulose hydrolysis reaction ranges from 5 – 6, with the kinetic constants of Type 1 hydrolysis kinetics at 40oC, 60oC, and 80oC were 0.000012, 40,255.4, and 299,839 min<sup>-1</sup>. In comparison, the reaction constants of Type 2 hydrolysis kinetics at 40oC, 60oC, and 80oC were 0.516851, 1.124119, and 2.408972 min<sup>-1</sup>. The activation energy of Type 1 hydrolysis kinetics was 558.3932 kJ/mol, and Type 2 hydrolysis kinetics was 35.31205 kJ/mol. The difference in kinetic parameter values for Types 1 and 2 will be a reference in designing a nata hydrolysis reactor from wet and dry nata reactants to produce various cellulose degradation compounds.

**Cara Mengutip :** Panjaitan, J. R. H., Padang, D. A., Fatchurohman, A., Ramadhan, F. F. (2023). Hydrolysis Kinetics of Bacterial Cellulose Using Sodium Hydroxide. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 8(1), 79-87. doi:<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4433>

## 1. PENDAHULUAN

Selulosa bakteri atau nata adalah produk bioteknologi yang dihasilkan secara fermentasi aerob. Nata dapat diproduksi melalui fermentasi dengan menggunakan mikroba *Acetobacter xylinum* [1]. Selulosa bakteri dari bahan baku kelapa lebih dikenal sebagai produk makanan dengan nama nata de coco [2]. Selain itu, selulosa bakteri juga dapat dimanfaatkan pada berbagai aplikasi seperti pada bidang medis [2][3], kosmetik [4] dan material komposit [5]. Selulosa bakteri dapat dibuat dari karbon dan nitrogen sebagai komponen utama dengan komposisi yang cukup [6]. Metode produksi selulosa bakteri dapat dilakukan secara statis, agitated, dan bioreaktor [7]. Selulosa bakteri berbeda dengan selulosa tanaman karena tidak mengandung komponen lignin dan hemiselulosa. Selulosa bakteri berstruktur tiga dimensi dengan ikatan (1-4)-glycosidic, kristalinitas mencapai lebih 80%, dan memiliki kandungan air mencapai 99% [8].

Metode hidrolisis merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam memanfaatkan selulosa bakteri. Hidrolisis merupakan reaksi antara senyawa reaktan dengan air sehingga terjadi penguraian senyawa reaktan [9]. Selulosa bakteri selama proses hidrolisis akan dipecah dengan air dan menghasilkan senyawa glukosa. Pada umumnya, reaksi hidrolisis berlangsung sangat lambat sehingga dibutuhkan bantuan katalis untuk mempercepat reaksi berupa asam, basa atau enzim [10].

Reaksi hidrolisis dengan bahan baku selulosa perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui seberapa cepat reaksi hidrolisis berlangsung. Selulosa yang merupakan polimer rigid dan tersusun dari monomer glukosa tidak mudah untuk dihidrolisis. Katalis seperti asam dan enzim sudah banyak dipakai untuk mempercepat reaksi hidrolisis selulosa. Akan tetapi, senyawa basa masih sedikit diaplikasikan untuk menghidrolisis selulosa. Senyawa basa bersifat tidak korosif seperti asam dan lebih murah dibandingkan enzim. Oleh sebab itu, studi kinetika reaksi atau kecepatan reaksi hidrolisis selulosa dengan katalis basa perlu dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui parameter kinetika hidrolisis yang nantinya dapat digunakan dalam perancangan reaktor.

Beberapa penelitian tentang mereaksikan selulosa dengan senyawa basa telah dilakukan. Knill and Kennedy (2003) telah mengoverview jalur degradasi selulosa pada kondisi basa [11]. Pavasars et al (2003) meneliti kinetika degradasi alkali selulosa untuk memproduksi isosaccharinic acid (ISA) [12]. Yin et al (2011) meneliti pengaruh efek alkalinitas pada hidrotermal alkalisasi selulosa untuk memproduksi bio-oil [13]. Testova et al (2014) meneliti tentang model kinetika degradasi selulosa secara basa pada kasus peeling/stopping reactions [14]. Bali et al (2014) meneliti efek berbagai pretreatment alkali pada struktur selulosa serta aksesibilitasnya yang dikorelasikan dengan hidrolisis enzimatis [15]. Li et al (2017) meneliti berbagai faktor degradasi alkali pada mikrokristalin selulosa [16]. Amir (2020) telah meneliti pengaruh oksigen, tekanan gas, dan suhu pada degradasi oksidatif selulosa dalam kondisi basa [17]. Dari berbagai penelitian yang telah banyak dilakukan belum ada penelitian yang meneliti kinetika reaksi degradasi selulosa bakteri dengan senyawa basa natrium hidroksida. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan diteliti

kinetika reaksi degradasi selulosa bakteri dengan senyawa basa natrium hidroksida. Parameter kinetika yang diperoleh dapat digunakan selanjutnya sebagai dasar dalam perancangan reaktor.

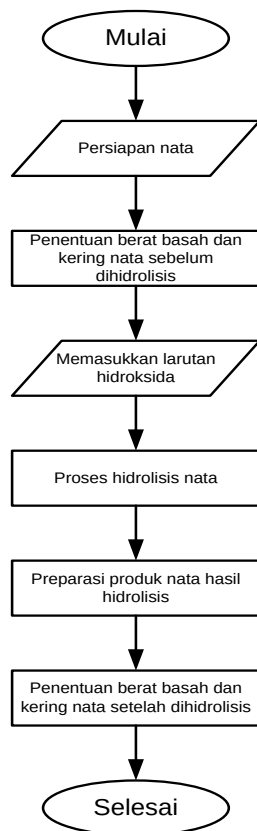
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain hot plate, oven, neraca analitik, gelas beaker, saringan, batang pengaduk, termometer, wadah plastik, nampan, aluminium foil dan tissue. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah selulosa bakteri dari produk Nata de coco bermerek Wong Coco yang merupakan hasil fermentasi dari pengolahan air kelapa. Bahan lain yang digunakan antara lain sodium hidroksida (NaOH) dari Merck dan aquades.

### 2.2. Hidrolisis Selulosa Bakteri

Selulosa Bakteri atau Nata de coco yang digunakan pada penelitian ini dibagi dua jenis yaitu massa berat basah dan berat kering. Berat basah nata merupakan berat nata yang dicuci dengan aquades dan dikeringkan menggunakan tisu. Sedangkan berat kering nata merupakan berat nata yang di oven selama 24 jam dengan temperatur 60°C. Oleh sebab itu, Berat basah nata merupakan berat selulosa dengan air. Sedangkan berat kering nata merupakan berat selulosa tanpa adanya air.



Gambar 1. Diagram Alir Hidrolisis Nata Menggunakan Sodium Hidroksida

Pada penelitian ini berat basah nata awal yang digunakan sebelum hidrolisis sebanyak 50 gram (M1) yang kemudian nantinya dikeringkan menggunakan oven hingga diperoleh berat kering sebesar 6,57 gram (M2). Hidrolisis nata de coco menggunakan sodium hidroksida (NaOH) dilakukan dengan variasi temperatur (40°C, 60°C, 80°C) dan variasi waktu (30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 180 menit). Pada saat hidrolisis, nata de coco sebanyak 50 gram dicampurkan ke dalam larutan NaOH 100 ml (0,1 liter) kedalam gelas beaker. Kemudian taruh gelas beaker di atas hot plate dengan panas sesuai variasi temperatur dan variasi waktu. Setelah proses hidrolisis, nata hasil hidrolisis dicuci dengan aquades dan dikeringkan menggunakan tisu dan ditimbang untuk mendapat berat basah nata setelah hidrolisis (M3). Selanjutnya nata hasil hidrolisis tersebut dikeringkan di oven selama 24 jam dengan temperature 60°C dan di timbang untuk mendapat berat kering nata setelah hidrolisis (M4).

### 2.3 Penentuan Parameter Kinetika Reaksi Hidrolisis

Data massa nata dari hasil hidrolisis yaitu massa basah dan massa kering sebelum dan setelah dihidrolisis digunakan untuk mendapatkan parameter kinetika reaksi hidrolisis dengan menggunakan bantuan *software* Excel. Kinetika hidrolisis selulosa bakteri pada penelitian ini akan dibagi atas dua tipe yaitu kinetika hidrolisis Tipe 1 dan kinetika hidrolisis Tipe 2. Kinetika hidrolisis Tipe 1 akan dihitung menggunakan data berat basah nata sebelum (M1) dan sesudah hidrolisis (M3). Sedangkan kinetika hidrolisis Tipe 2 akan dihitung menggunakan data berat kering nata sebelum (M2) dan sesudah hidrolisis (M4).

### 2.4 Penentuan Orde Reaksi, Konstanta Reaksi, dan Energi Aktivasi

Orde reaksi dan konstanta reaksi pada setiap data variasi suhu hidrolisis dapat dihitung dari persamaan sesuai Fogler (2006) yang menggunakan metode differensiasi sesuai persamaan [18]:

$$\ln \left( -\frac{dC_A}{dt} \right) = \ln k + \alpha \cdot \ln C_A \quad \dots \quad (1)$$

Dimana  $C_A$  (mol/vol) adalah konsentrasi selulosa bakteri pada berat basah dan kering.  $K$  adalah konstanta reaksi. Nilai  $dC_A/dt$  adalah nilai penurunan konsentrasi selulosa bakteri terhadap waktu hidrolisis dapat dicari menggunakan metode numerik. Data yang diambil adalah berat nata hasil hidrolisis pada menit ke-30 hingga 180. Perhitungan variabel  $(-dC_A/dt)$  dapat dilakukan menggunakan rumus tiga titik diferensiasi [18]:

- Titik awal:

$$\left( \frac{dC_A}{dt} \right)_{t_0} = \frac{-3C_{A0} + 4C_{A1} - C_{A2}}{2\Delta t} \quad \dots \quad (2)$$

- Titik tengah:

$$\left( \frac{dC_A}{dt} \right)_{t_i} = \frac{1}{2\Delta t} [(C_{A(i+1)} - C_{A(i-1)})] \quad \dots \quad (3)$$

- Titik akhir:

$$\left( \frac{dC_A}{dt} \right)_{t_6} = \frac{C_{A4} - 4C_{A5} + 3C_{A6}}{2\Delta t} \quad \dots \quad (4)$$

Dimana  $\ln(-dC_A/dt)$  adalah variabel perubahan konsentrasi per satuan waktu,  $C_{A1-6}$  adalah berat nata pada hidrolisis menit ke-30 hingga 180, dan  $\Delta t$  adalah selang waktu yaitu 30 menit. Hasil plot  $\ln(-dC_A/dt)$  vs  $\ln C_A$  secara linear akan mendapatkan nilai orde reaksi

dan konstanta reaksi. Selain itu, penentuan energi aktivasi juga dapat dicari menggunakan persamaan Arrhenius sesuai Fogler (2006) dengan persamaan [18]:

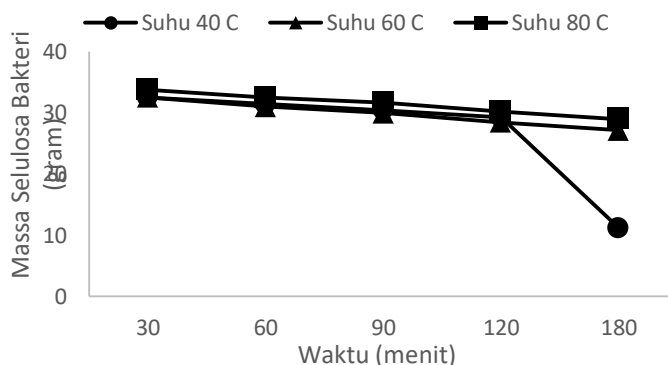
$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R.T} \dots (5)$$

Dimana k adalah konstanta reaksi, R adalah Konstanta gas ( $8.314 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ), A adalah faktor frekuensi ( $\text{L/mol}^{-1}$ ), T adalah Temperatur ( $^{\circ}\text{K}$ ) dan  $E_a$  adalah Energi aktivasi ( $\text{J/mol}$ ).

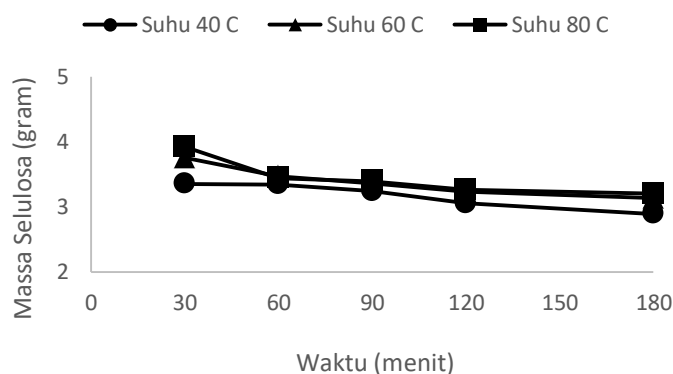
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hidrolisis Selulosa Bakteri

Nilai berat basah dan kering nata hasil hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2. Berdasarkan Gambar 1 dan 2, dapat dilihat bahwa proses hidrolisis menyebabkan massa selulosa bakteri/nata (berat basah) dan massa selulosa (berat kering) berkurang seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu hidrolisis. Semakin tinggi suhu reaksi dan semakin lama waktu reaksi maka akan semakin banyak selulosa bakteri dan selulosa yang terhidrolisis yang ditandai dengan massa yang semakin berkurang. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan Li et al (2017) yang menyatakan bahwa struktur kristal selulosa akan terdegradasi pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  [16]. Hidrolisis menggunakan NaOH dapat mempengaruhi struktur serat, ukuran pori, dan ukuran serat selulosa [19]. Pada hidrolisis berat basah diperoleh massa terkecil pada waktu hidrolisis 180 menit dengan massa sebesar 11,14 gram pada  $40^{\circ}\text{C}$ , 27,18 gram pada  $60^{\circ}\text{C}$ , dan 29 gram pada  $80^{\circ}\text{C}$ . Pada hidrolisis berat kering diperoleh massa terkecil pada waktu hidrolisis 180 menit dengan massa sebesar 2,89 gram pada  $40^{\circ}\text{C}$ , 3,13 gram pada  $60^{\circ}\text{C}$ , dan 3,2 gram pada  $80^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 1. Hidrolisis Berat Basah



Gambar 2. Hidrolisis Berat Kering

### 3.2 Evaluasi Parameter Kinetika Hidrolisis

Nilai  $\ln C_A$  dan  $\ln (-dC_A/dt)$  pada kinetika hidrolisis Tipe 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Hasil linearisasi plot akan menghasilkan orde reaksi dan konstanta reaksi sesuai Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa orde reaksi hidrolisis selulosa bakteri berkisar antara 5 – 6 dengan rentang suhu 60 – 80°C. Sedangkan pada suhu 40°C orde reaksi akan lebih kecil. Hal ini disebabkan karena proses hidrolisis selulosa bakteri merupakan reaksi endotermis yang membutuhkan panas. Rendahnya suhu akan mengurangi kebutuhan panas yang dibutuhkan dalam reaksi hidrolisis yang berimplikasi hasil perhitungan kinetika yang kurang akurat. Nilai konstanta reaksi juga telah diperoleh dari hasil plot linearisasi  $\ln C_A$  dan  $\ln (-dC_A/dt)$ . Konstanta reaksi kinetika hidrolisis Tipe 1 pada suhu 40°C, 60°C dan 80°C berturut – turut adalah 0,000012, 40.255,4, dan 299.839  $\text{min}^{-1}$ . Konstanta reaksi kinetika hidrolisis Tipe 2 pada suhu 40°C, 60°C dan 80°C berturut – turut adalah 0,516851, 1,124119, dan 2,408972  $\text{min}^{-1}$ .

**Tabel 1. Penentuan  $\ln C_A$  dan  $\ln (-dC_A/dt)$  Kinetika Hidrolisis Tipe 1**

| Waktu<br>(menit) | $\ln C_A$ |          |          | $\ln (-dC_A/dt)$ |          |          |
|------------------|-----------|----------|----------|------------------|----------|----------|
|                  | 40°C      | 60°C     | 80°C     | 40°C             | 60°C     | 80°C     |
| 0                | -3,34674  | -3,34674 | -3,34674 | -7,41776         | -7,42521 | -7,49533 |
| 30               | -3,77537  | -3,77568 | -3,73860 | -8,43318         | -8,41077 | -8,49205 |
| 60               | -3,81005  | -3,82349 | -3,77691 | -10,6017         | -10,4014 | -10,5923 |
| 90               | -3,84268  | -3,85857 | -3,80403 | -10,5830         | -10,4014 | -10,5072 |
| 120              | -3,88118  | -3,91062 | -3,85125 | -8,39249         | -10,3270 | -10,3785 |
| 180              | -4,84822  | -3,95628 | -3,89147 | -7,37661         | -10,5245 | -10,6064 |

**Tabel 2. Penentuan  $\ln C_A$  dan  $\ln (-dC_A/dt)$  Kinetika Hidrolisis Tipe 2**

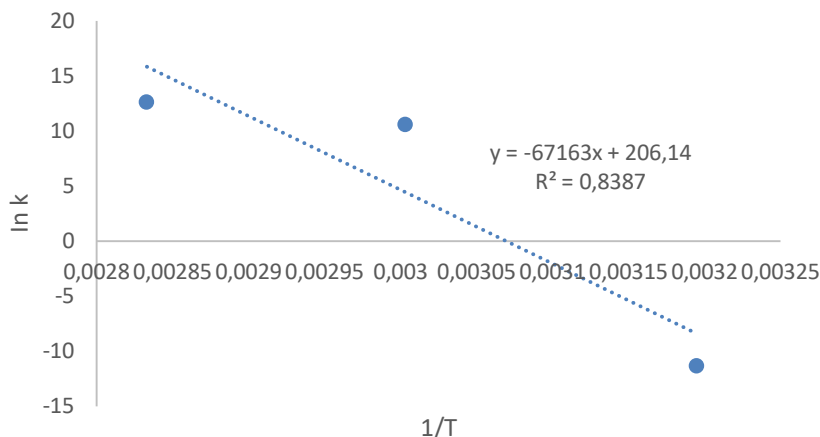
| Waktu<br>(menit) | $\ln C_A$ |          |          | $\ln (-dC_A/dt)$ |          |          |
|------------------|-----------|----------|----------|------------------|----------|----------|
|                  | 40°C      | 60°C     | 80°C     | 40°C             | 60°C     | 80°C     |
| 0                | -0,90316  | -0,90316 | -0,90316 | -4,61285         | -4,77804 | -4,86879 |
| 30               | -1,57691  | -1,46412 | -1,41978 | -5,70732         | -5,74839 | -5,73876 |
| 60               | -1,57990  | -1,54172 | -1,55040 | -9,08749         | -7,82183 | -7,51510 |
| 90               | -1,61030  | -1,57393 | -1,56505 | -8,11809         | -8,30734 | -8,59502 |
| 120              | -1,67073  | -1,61339 | -1,60415 | -7,93004         | -8,34990 | -8,54095 |
| 180              | -1,72462  | -1,64484 | -1,62272 | -8,11809         | -8,65218 | -9,87595 |

**Tabel 3. Nilai Orde Reaksi dan Konstanta Reaksi Kinetika Selulosa Bakteri**

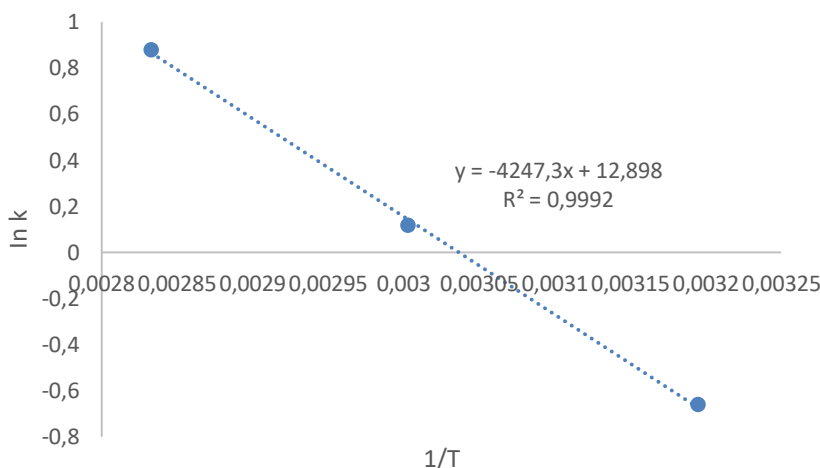
| Parameter                              | Kinetika Hidrolisis Tipe 1 |          |         | Kinetika Hidrolisis Tipe 2 |          |          |
|----------------------------------------|----------------------------|----------|---------|----------------------------|----------|----------|
|                                        | 40°C                       | 60°C     | 80°C    | 40°C                       | 60°C     | 80°C     |
| Orde Reaksi                            | -                          | 5,3419   | 5,9682  | 4,3697                     | 5,0748   | 5,8174   |
| Konstanta Reaksi ( $\text{min}^{-1}$ ) | 0,000012                   | 40.255,4 | 299.839 | 0,516851                   | 1,124119 | 2,408972 |

Penentuan energi aktivasi kinetika hidrolisis Tipe 1 dan Tipe 2 dapat diperoleh pada linearisasi plot  $\ln k$  vs  $(1/T)$  sesuai Gambar 3 dan 4. Berdasarkan Gambar 3 diperoleh persamaan  $y = -67163x + 206,14$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,8387 sehingga diperoleh nilai energi aktivasi kinetika hidrolisis Tipe 1 sebesar 558,3932 kJ/mol. Berdasarkan Gambar 4

diperoleh persamaan  $y = -4247,3x + 12,898$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,9992 sehingga diperoleh nilai energi aktivasi kinetika hidrolisis Tipe 2 sebesar 35,31205 kJ/mol.



**Gambar 3. Grafik ln k vs (1/T) Kinetika Hidrolisis Tipe 1**



**Gambar 4. Grafik ln k vs (1/T) Kinetika Hidrolisis Tipe 2**

Parameter kinetika hidrolisis Tipe 1 dan Tipe 2 yang telah diperoleh menunjukkan perbedaan. Kinetika hidrolisis Tipe 1 yang merupakan kinetika hidrolisis dengan bahan baku selulosa bakteri basah (selulosa dan air) menunjukkan perbedaan hasil dengan kinetika hidrolisis Tipe 2 yang menggunakan bahan baku selulosa bakteri kering (selulosa). Air yang terdapat pada selulosa bakteri mempengaruhi hasil perhitungan parameter kinetika. Hal ini ditandai dengan lebih besarnya nilai energi aktivasi bagi selulosa bakteri basah dibandingkan dengan selulosa bakteri kering yang menandakan lebih banyak energi yang dibutuhkan untuk menghidrolisis selulosa bakteri basah. Selulosa bakteri basah merupakan hasil produk fermentasi dari bakteri *Acetobacter xylinum*. Semakin lama fermentasi maka akan membuat selulosa terbentuk maksimal dalam mengikat air yang berasal dari mediumnya. Sesuai penelitian Colvin and Leppard (1977) yang menyatakan bahwa produk selulosa dari bakteri *Acetobacter xylinum* memiliki kapasitas penyerapan air yang tinggi [20]. Hal ini dikarenakan dalam proses pembentukan selulosa bakteri, air pada medium akan terperangkap didalam lapisan nata yang membentuk seperti gel. Konstruksi



gel inilah yang menjadi halangan bagi proses hidrolisis yang dilakukan. Hidrolisis selulosa bakteri basah membutuhkan energi lebih untuk memutuskan lapisan gel nata yang terdiri dari selulosa dan air. Di lain sisi, selulosa bakteri kering yang hanya terdiri dari selulosa murni akan lebih mudah terhidrolisis sehingga tidak membutuhkan energi aktivasi yang besar dibandingkan selulosa bakteri basah.

#### 4. KESIMPULAN

Kinetika hidrolisis selulosa bakteri menggunakan natrium hidroksida telah dilakukan. Berdasarkan hasil penelitian diketahui semakin tinggi suhu dan lama waktu hidrolisis maka akan semakin banyak selulosa yang terhidrolisis. Dua tipe kinetika dievaluasi pada penelitian ini yaitu kinetika hidrolisis Tipe 1 dan Tipe 2. Kinetika Tipe 1 adalah kinetika hidrolisis selulosa bakteri menggunakan massa basah selulosa bakteri, sedangkan kinetika Tipe 2 adalah kinetika hidrolisis selulosa bakteri menggunakan massa kering selulosa bakteri. Orde reaksi yang diperoleh dari perhitungan berkisar antara 5 – 6. Konstanta reaksi kinetika hidrolisis Tipe 1 pada suhu 40°C, 60°C dan 80°C berturut – turut adalah 0,000012, 40.255,4, dan 299.839 min<sup>-1</sup>. Konstanta reaksi kinetika hidrolisis Tipe 2 pada suhu 40°C, 60°C dan 80°C berturut – turut adalah 0,516851, 1,124119, dan 2,408972 min<sup>-1</sup>. Energi aktivasi kinetika hidrolisis Tipe 1 sebesar 558,3932 kJ/mol, dan energi aktivasi kinetika hidrolisis Tipe 2 sebesar 35,31205 kJ/mol. Parameter kinetika pada Tipe 1 dan 2 yang diperoleh pada penelitian ini dapat digunakan sebagai parameter dalam merancang reaktor hidrolisis berbahan baku nata basah dan kering untuk memproduksi berbagai senyawa degradasi selulosa.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Ross, R. Mayer, and M. Benziman, “Cellulose Biosynthesis and Function in Bacteria,” *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, vol. 55, no. 1, pp. 35–58, 1991.
- [2] I. Sulaeva, U. Henniges, T. Rosenau, and A. Potthast, “Bacterial cellulose as a material for wound treatment: Properties and modification. A Review,” *Biotechnology Advances*, Vol. 33(8), pp 1547 – 1571, 2015.
- [3] G.F. Picheth, C.L. Pirich, M.R. Sierakowski, M.A. Woehl, C.N. Sakakibara, C.F. Souza, A.A. Martin, R. Silva, R.A. Freitas, “Bacterial cellulose in biomedical applications: A review,” *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 104, pp. 97 – 106, 2017.
- [4] R.T. Bianchet, A.L.V. Cubas, M.M. Machado, and E.H.S. Moecke, “Applicability of Bacterial Cellulose in Cosmetics – Bibliometric Review,” *Biotechnology Reports*, Vol. 27, e00502, 2020.
- [5] N. Sriplai, and S. Pinitsoontorn, “Bacterial Cellulose-based Magnetic Nanocomposites: A Review,” *Carbohydrate Polymers*, Vol. 254, 117228, 2021.
- [6] W.Czaja, A. Krystynowicz, S. Bielecki, and R.M. Brown Jr, “Microbial Cellulose—The Natural Power to Heal Wounds,” *Biomaterials*, vol. 27, no. 2, pp. 145–151, 2006.



- [7] J. Wang, J. Tavakoli, and Y. Tang, "Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review," *Carbohydrate Polymers*, Vol. 219, pp 63-76, 2019.
- [8] M.L. Foresti, A. Vazquez, and B. Boury, "Applications of bacterial cellulose as precursor of carbon and composites with metal oxide, metal sulfide and metal nanoparticles: A review of recent advances," *Carbohydrate Polymers*, Vol. 157, pp. 447-467, 2017.
- [9] R. Safitri, I. D. Anggita, F. M. Safitri, and A. A. I. Ratnadewi, "Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Dalam Proses Hidrolisis Selulosa dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) Untuk Produksi Bioetanol," 9th Industrial Research Workshop and National Seminar, pp. 1–5, 2018.
- [10] E. Kriswiyanti, "Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Asam Terhadap Kinetika Reaksi Hidrolisis Pelepah Pisang (*Musa Paradisiaca* L)," *Ekuilibrium*, Vol. 11, No. 2, pp. 73–77, 2012.
- [11] C.J. Knill, and J.F. Kennedy, "Degradation of Cellulose Under Alkaline Conditions", *Carbohydrate Polymers* 51, 281 – 300, 2003.
- [12] I. Pavasars, J. Hagberg, H. Boren, and B. Allard, "Alkaline Degradation of Cellulose: Mechanisms and Kinetics", *Journal of Polymers and The Environment*, Vol. 11, No. 2, 39 – 47, 2003.
- [13] S. Yin, A.K. Mehrotra, and Z. Tan, "Alkaline Hydrothermal Conversion of Cellulose to Bio-oil: Influence of Alkalinity on Reaction Pathway Change", *Bioresource Technology* 102, 6605 – 6610, 2011.
- [14] L. Testova, K. Nieminen, P.A. Penttila, R. Serimaa, A. Potthast, and H. Sixta, "Cellulose Degradation in Alkaline Media Upon Acidic Pretreatment and Stabilisation," *Carbohydrate Polymers*, Vol. 100, 185-194, 2014.
- [15] G. Bali, X. Meng, J.I. Deneff, Q. Sun, and A.J. Ragauskas, "The Effect of Alkaline Pretreatment Methods on Cellulose Structure and Accessibility," *ChemSusChem* 0000, 00, 1-5, 2014.
- [16] Q. Li, A. Wang, W. Ding, and Y. Zhang, "Influencing Factors for Alkaline Degradation of Cellulose," *Bioresource* 12(1), 1263 – 1272, 2017.
- [17] H.A.L. Amir, "Oxidative Reactions of Cellulose under Alkaline Conditions," Faculty of Mathematics and Science, University of JYVASKYLA, 2020.
- [18] H. S. Fogler, "Elements of Chemical Reaction Engineering, 4th Edition," New Jersey: Prentice Hall, 2006.
- [19] T. A. Sutrisno, H. Suryanto, R. Wulandari, M. Muhajir, S. M. S. N. S. Zahari, "The Effect of Chemical Pretreatment Process on Mechanical Properties and Porosity of Bacterial Cellulose Film," *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 8 – 17, 2019.
- [20] J. R. Colvin and G. G. Leppard, "The Biosynthesis of Cellulose by *Acetobacter Xylinum* and *Acetobacter Acetigenus*," *Can. J. Microbiol.*, vol. 23, no. 6, pp. 701–709, 1977.