

# PENGARUH TEMPERATUR HIDROLISIS DAN KONSENTRASI LARUTAN ASAM PADA HIDROLISIS ECENG GONDOK

Moch Rizal Priatna<sup>1</sup>, Wima Haikal Palit<sup>2</sup>, Ronny Kurniawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional  
Jl. PH.H. Mustofa No.23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat  
40124

Email: [rk.itenas@gmail.com](mailto:rk.itenas@gmail.com)

Received 13 Agustus 2021 | Revised 14 Agustus 2021 | Accepted 14 Agustus 2021

## ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkonversi selulosa menjadi glukosa dari tanaman eceng gondok atau *Eichornia crassipes* melalui hidrolisis asam dengan variasi temperatur, konsentrasi asam, dan bahan (bagian dari eceng gondok: batang, daun, dan campuran batang-daun) untuk memperoleh kondisi hidrolisis asam yang terbaik berdasarkan nilai glukosa yang diperoleh. Temperatur hidrolisis yang digunakan pada temperatur 90°C, 100°C, dan 110°C. Waktu hidrolisis yang diperlukan yaitu 90 menit. Jenis asam yang digunakan yaitu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12%. Bahan yang digunakan adalah eceng gondok bagian batang, daun, dan campuran. Berdasarkan hasil penelitian didapat glukosa dengan konsentrasi tertinggi yaitu sebesar 0,1978 g/mL sebanyak 9 mL dari hidrolisis dengan konsentrasi asam 12% pada suhu 100°C dan bahan yang digunakan adalah batang dengan perolehan %yield glukosa terhadap massa eceng gondok kering sebesar 44,51% dan %yield glukosa terhadap massa eceng gondok basah sebesar 5,34%.

**Kata Kunci:** Eceng Gondok, Glukosa, Hidrolisis.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to convert cellulose into glucose from water hyacinth plants or *Eichornia crassipes* through acid hydrolysis with variations in temperature, acid concentration, and materials (parts of water hyacinth: stems, leaves, and mixtures stems-leaves) to obtain the best acid hydrolysis conditions based on glucose values obtained. The hydrolysis temperatures used were 90°C, 100°C, and 110°C. The required hydrolysis time is 90 minutes. The type of acid used is H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with concentrations of 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, and 12%. The materials used are water hyacinth stems, leaves, and mixtures. Based on the results of the study obtained glucose with the highest concentration of 0.1788 g/mL as much as 9 mL from hydrolysis with an acid concentration of 12% at a temperature of 100°C and the material used was stems with the acquisition of % yield of glucose to dry water hyacinth mass of 44, 51% and % yield of glucose to the mass of wet water hyacinth by 5.34%.

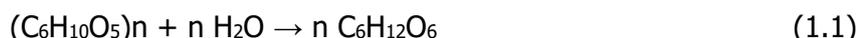
**Keywords:** Glucose, Hyacinth, Hydrolysis

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu perairan di Indonesia yang dipenuhi dengan tanaman eceng gondok adalah Waduk Cirata. Waduk Cirata berlokasi di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Hampir 70% Waduk Cirata dipenuhi dengan tanaman eceng gondok. Petani Keramba Jaring Apung di perairan Waduk Cirata mengeluhkan keberadaan gulma eceng gondok yang terus meluas. Penutupan permukaan air oleh tumbuhan eceng gondok mengakibatkan berkurangnya oksigen dan paparan sinar matahari. Sehingga, ikan di perairan Waduk Cirata jadi kekurangan oksigen. Namun, selain menimbulkan dampak negatif, tanaman eceng gondok memiliki manfaat dalam mencegah akumulasi logam berat, pupuk organik, media pertumbuhan jamur dan memiliki potensi besar dalam pembuatan biomassa seperti bioetanol. Eceng gondok mengandung selulosa 64,51% hemiselulosa 15,61% lignin 7,69%. Selulosa yang terkandung dipecah menjadi glukosa melalui proses hidrolisis (R. Nuryana, 2016). Glukosa tersebut yang akan difermentasi menjadi bioetanol.

Sebelum dilakukan hidrolisis eceng gondok dilakukan pretreatment terlebih dahulu dengan cara menambahkan NaOH 0,5 M pada eceng gondok yang sudah disamakan ukurannya sebesar 1 cm. Proses tersebut merupakan delignifikasi yang bertujuan untuk menghilangkan kadar lignin. Kadar lignin ini perlu dihilangkan karena dapat menghalangi proses hidrolisis dalam mengkonversi selulosa menjadi glukosa (Permatasari dkk, 2013). Setelah tahap delignifikasi, dilakukan proses hidrolisis dengan menggunakan katalis. Jenis katalis yang digunakan adalah katalis asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Hidrolisis merupakan reaksi kimia antara air dengan suatu zat lain yang menghasilkan satu zat baru atau lebih dan juga menyebabkan suatu larutan terdekomposisi dengan menggunakan air. Reaksi hidrolisis pada umumnya merupakan reaksi endoterm (memerlukan kalor). Proses hidrolisis selulosa mengikuti persamaan berikut:



Hidrolisis dengan menggunakan katalis asam dipengaruhi oleh temperatur, konsentrasi asam, dan bahan yang akan dihidrolisis. Pengaruh temperatur terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius: semakin tinggi suhu, semakin cepat jalannya reaksi (Groggins, 1958). Pengaruh konsentrasi asam dalam proses hidrolisis semakin tinggi konsentrasi asam maka akan memberikan kadar gula yang tinggi setelah melalui tahapan hidrolisis (Hamelinck, et al., 2005). Bahan yang akan dihidrolisis tergantung dari banyaknya selulosa yang terkandung dalam bahan tersebut, semakin banyak selulosa yang terkandung dalam bahan maka konversi selulosa menjadi glukosa akan semakin besar.

Pada penelitian ini dimaksudkan untuk memproduksi glukosa melalui hidrolisis asam dari tanaman eceng gondok dengan variasi temperatur, konsentrasi asam, dan bahan (bagian dari eceng gondok: batang, daun, dan campuran) untuk memperoleh kondisi hidrolisis asam yang terbaik. Penentuan kondisi hidrolisis asam terbaik ditinjau dari nilai konsentrasi glukosa tertinggi yang dianalisis dengan metode refraktometer.

# PENGARUH TEMPERATUR HIDROLISIS DAN KONSENTRASI LARUTAN ASAM PADA HIDROLISIS ECENG GONDOK

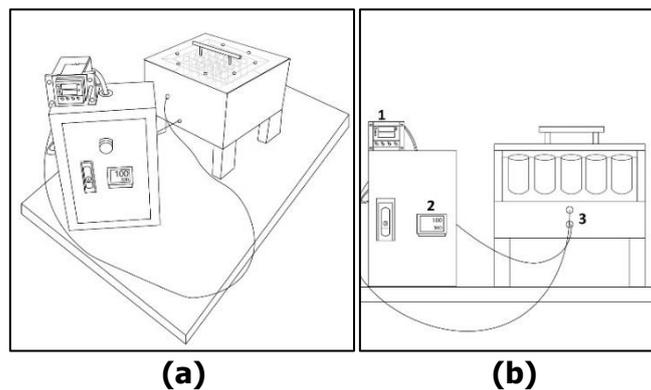
## 2. METODOLOGI

### 2.1 Pendekatan

Produksi glukosa dari eceng gondok diambil dari Waduk Cirata yang terletak di Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Konversi selulosa menjadi glukosa ini dilakukan melalui proses hidrolisis asam. Hidrolisis asam dilakukan pada temperatur 90°C, 100°C, dan 110°C. Waktu hidrolisis yang diperlukan yaitu 90 menit. Jenis asam yang digunakan yaitu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12%. Bahan yang digunakan adalah eceng gondok bagian batang, daun, dan campuran. Hasil dari hidrolisis tersebut ditentukan konsentrasi glukosanya melalui analisa refraktometer.

### 2.2 Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan yaitu alat hidrolisis asam. Bahan yang digunakan adalah tanaman eceng gondok, NaOH 0,5 M, aquadest, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.



(c)

Keterangan Gambar (b) Tampak Depan:

1. Power Supply
2. Termostat
3. Pemanas

**Gambar 1.** Alat Hidrolisis Asam (a) Skema Alat Tampak Atas (b) Skema Alat Tampak Samping (c) Foto Alat

## 2.3 Prosedur Penelitian

### 2.3.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku dalam penelitian ini bertujuan untuk mempersiapkan bahan baku yang akan digunakan selama proses penelitian berlangsung diantaranya eceng gondok yang digunakan sebagai substrat serta air sebagai komponen pendukung dalam penelitian. Tahapan awal yang dilakukan adalah proses pemotongan substrat eceng gondok menjadi ukuran yang lebih kecil. Setelah ukuran menjadi lebih kecil proses selanjutnya adalah delignifikasi dengan menambahkan NaOH 0,5 M kedalam eceng gondok lalu diamkan selama 90 menit. Larutan disaring, selanjutnya residu larutan yang merupakan eceng gondok bebas lignin dicuci dengan aquadest hingga pH residu netral. Eceng gondok dikeringkan yang bertujuan untuk mengurangi kadar air yang ada dalam eceng gondok agar didapatkan perbandingan yang sama. Setelah dikeringkan eceng gondok yang sudah kering diblender hingga berbentuk serbuk. Kemudian dianalisa kandungan selulosa di Balai Besar Pulp dan Kertas.

### 2.3.2 Tahap Hidrolisis Asam

Mula-mula membuat larutan  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12%. Eceng gondok kering sebanyak 4 gram dimasukkan ke dalam tabung reaksi dengan penutup ulir lalu ditambahkan larutan  $H_2SO_4$  sebanyak 9 mL. Larutan dihidrolisis pada variasi temperatur 90°C, 100°C, dan 110°C dengan waktu 90 menit. Hasil dari proses hidrolisis dianalisa kandungan glukosanya dengan metode refraktometer.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Persiapan Bahan Baku

Proses delignifikasi akan menghilangkan kandungan lignin yang ada pada eceng gondok sehingga konversi selulosa menjadi glukosa pada saat proses hidrolisis semakin baik. Lignin yang terlarut dalam larutan NaOH ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam. Hasil sisa rendaman proses delignifikasi dapat dilihat pada **Gambar 2**:



**Gambar 2.** Hasil Sisa Rendaman Proses Delignifikasi

Didapat juga kadar air dari setiap bagian eceng gondok. kadar air yang terkandung di dalam batang eceng gondok sebesar 88%, daun sebesar 69%, dan campuran (batang dan daun) sebesar 78,5%. Batang dan daun kering dianalisa kadar selulosanya di Balai Besar Pulp dan Kertas yang berlokasi di Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat. Bahan yang digunakan untuk Analisa selulosa membutuhkan sebanyak 1 kg bahan kering, dimana komposisinya 650 g batang kering dan 350 g daun kering. Metode untuk analisa kadar selulosa menggunakan

## PENGARUH TEMPERATUR HIDROLISIS DAN KONSENTRASI LARUTAN ASAM PADA HIDROLISIS ECENG GONDOK

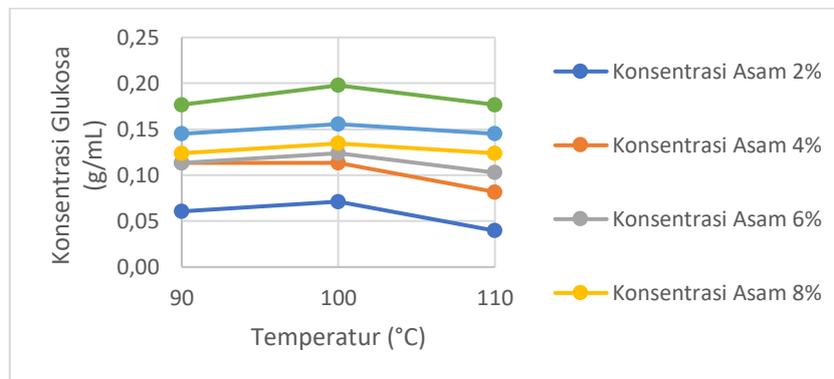
metode ASTM D 1103-60. Kadar selulosa batang dan daun eceng gondok kering menurut laporan hasil uji sebesar 50,15% (w/w).

### 3.2 Hidrolisis Asam

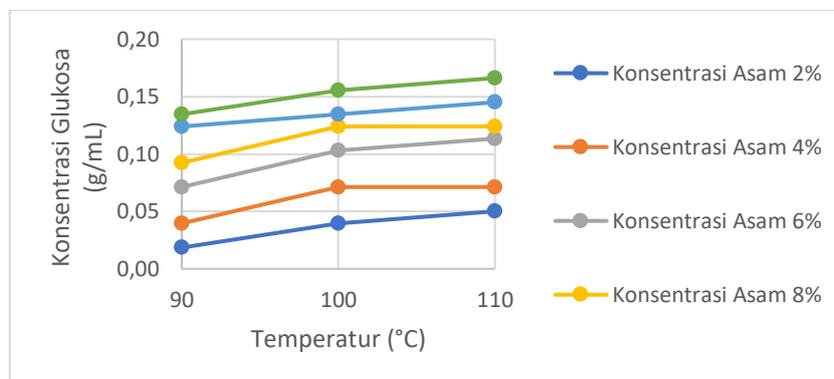
Hidrolisis asam dilakukan dengan menambahkan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%. Hidrolisis asam dilakukan pada variasi bahan batang, daun dan campuran. Masing-masing bahan yang berukuran mesh 40/60 dimasukkan kedalam tabung reaksi sebanyak 4 gram dan dimasukkan pula asam sulfat sebanyak 9 mL. Hidrolisis asam dilakukan pada pemanas tertutup yang menggunakan lampu halogen sebagai sumber panasnya. Hidrolisis asam dilakukan selama 90 menit pada suhu  $90^\circ C$ ,  $100^\circ C$  dan  $110^\circ C$ . Penggunaan konsentrasi asam yang kecil bertujuan agar tidak timbul sifat korosif dan menghemat biaya dikarenakan tidak perlu menggunakan peralatan berbahan metal yang mahal.

#### 3.2.1 Pengaruh Temperatur terhadap Konsentrasi Glukosa Hasil Hidrolisis Asam

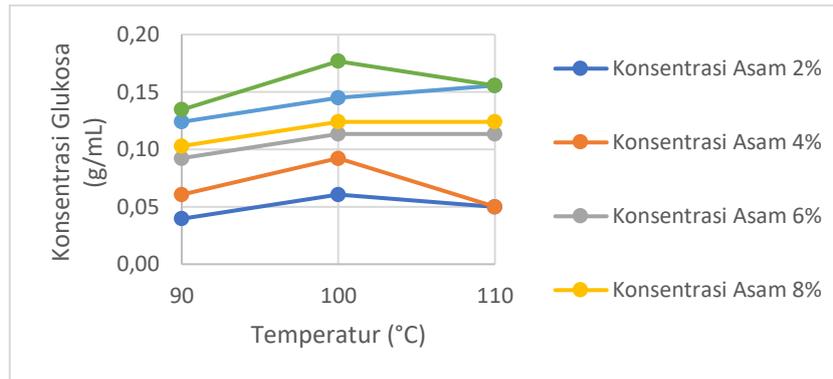
Pada penelitian ini dilakukan analisis kadar glukosa dari suspensi hasil proses hidrolisis asam dengan menggunakan refraktometer. Hasil analisa pengaruh temperatur terhadap kadar glukosa eceng gondok ditunjukkan pada gambar berikut:



**Gambar 3.** Kurva Pengaruh Temperatur terhadap Konsentrasi Glukosa Hasil Hidrolisis Asam pada Bahan Batang



**Gambar 4.** Kurva Pengaruh Temperatur terhadap Konsentrasi Glukosa Hasil Hidrolisis Asam pada Bahan Daun

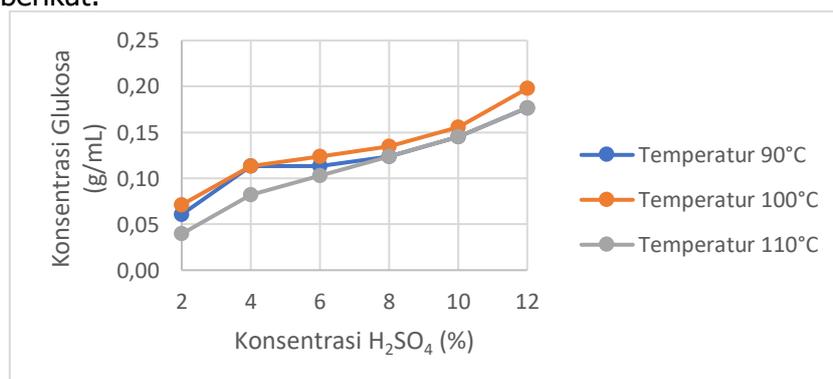


**Gambar 5.** Kurva Pengaruh Temperatur terhadap Konsentrasi Glukosa Hasil Hidrolisis Asam pada Bahan Batang-Daun

Kadar Glukosa eceng gondok dianalisis setelah melalui proses hidrolisis asam dengan menggunakan  $H_2SO_4$ . Pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius: semakin tinggi suhu, semakin cepat jalannya reaksi. Dapat dilihat pada kurva **Gambar 3** dan **Gambar 4** terdapat perbedaan antara bahan batang dan daun. Bahan batang memiliki kandungan selulosa yang lebih besar daripada bahan daun. Maka dari itu selulosa yang terkonversi menjadi glukosa pun akan lebih besar daripada bahan daun, batas maksimal untuk hidrolisis asam dengan bahan batang pada suhu  $100^\circ C$ , karena apabila suhunya lebih dari  $100^\circ C$  maka glukosa yang terbentuk akan mengalami reaksi karamelisasi. Reaksi karamelisasi terjadi pada glukosa umumnya pada suhu  $160^\circ C$ , namun reaksi karamelisasi dapat dipercepat apabila glukosa dalam keadaan asam. Dengan mengendalikan tingkat keasaman (pH), laju reaksi karamelisasi dapat diubah. Laju karamelisasi dapat dipercepat dalam kondisi asam (terutama pH di bawah 3). (Dennis D, 1993). Berbeda dengan daun, daun memiliki kandungan selulosa yang lebih sedikit daripada batang, maka selulosa yang terkonversi menjadi glukosa pun kecil, yang dimana pada bahan daun konsentrasi glukosa yang dihasilkan ada yang konstan dan ada yang meningkat seiring bertambahnya suhu hidrolisis. Pada bahan daun cenderung tidak mengalami reaksi karamelisasi. Begitupun pada bahan campuran batang dan daun didapat hasil yang beragam seperti pada kurva **Gambar 5**.

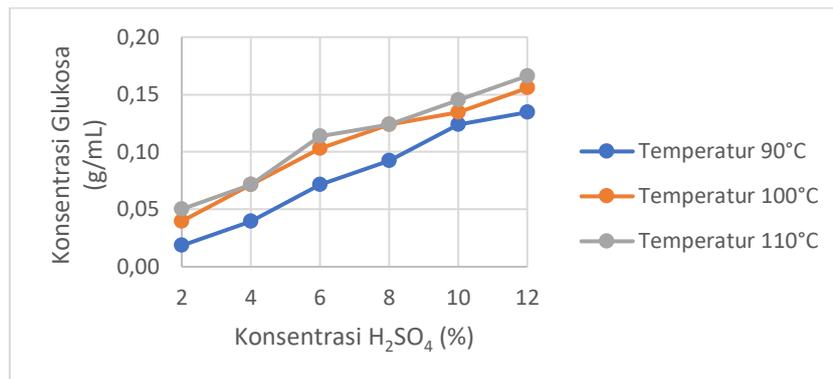
### 3.2.2 Pengaruh Konsentrasi Asam terhadap Konsentrasi Glukosa Hasil Hidrolisis Asam

Hasil analisa pengaruh konsentrasi asam terhadap kadar glukosa eceng gondok ditunjukkan pada gambar berikut:

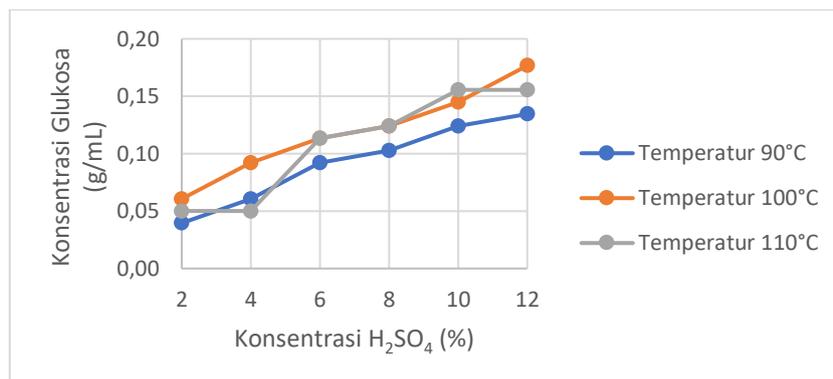


**Gambar 6.** Kurva Pengaruh Konsentrasi Asam terhadap Konsentrasi Glukosa Hasil Hidrolisis Asam pada Bahan Batang  
Diseminasi FTI-6

## PENGARUH TEMPERATUR HIDROLISIS DAN KONSENTRASI LARUTAN ASAM PADA HIDROLISIS ECENG GONDOK



**Gambar 7.** Kurva Pengaruh Konsentrasi Asam terhadap Konsentrasi Glukosa Hasil Hidrolisis Asam pada Bahan Daun

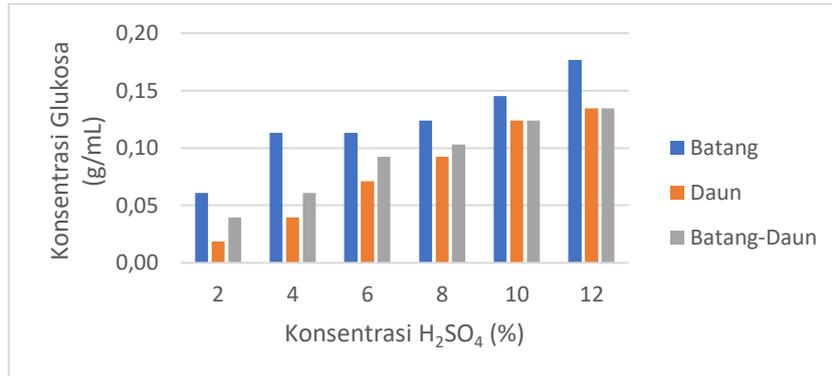


**Gambar 8.** Kurva Pengaruh Konsentrasi Asam terhadap Konsentrasi Glukosa Hasil Hidrolisis Asam pada Bahan Batang-Daun

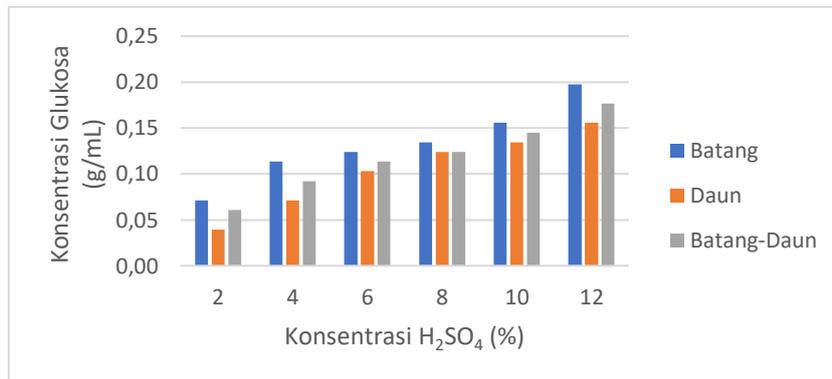
**Gambar 6, Gambar 7** dan **Gambar 8** menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi asam terhadap konsentrasi glukosa hasil hidrolisis. Menurut teori penggunaan asam dengan konsentrasi tinggi akan memberikan kadar gula yang tinggi setelah melalui tahapan hidrolisis (Hamelinck, et al., 2005). Dari **Gambar 6, Gambar 7** dan **Gambar 8** diketahui bahwa proses hidrolisis eceng gondok menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> disertai pemanasan tertutup pada temperatur 90°C, 100°C dan 110°C menghasilkan kadar glukosa yang berbeda untuk keenam konsentrasi yang digunakan. Pada tahap hidrolisis, sampel dipanaskan dengan pemanasan menggunakan uap panas. Uap panas yang dihasilkan akan meningkatkan kemampuan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk memecah selulosa menjadi glukosa. Selain itu, kadar air yang terkandung di dalam bahan baku juga mempengaruhi kadar glukosa yang dihasilkan, semakin sedikit kadar air yang terkandung di dalam eceng gondok maka semakin tinggi kadar glukosa yang diperoleh. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan pada proses hidrolisis, maka semakin tinggi pula konsentrasi glukosa yang dihasilkannya. Hal tersebut sesuai dengan teori yang ada. Dilihat dari kurva pada **Gambar 6, Gambar 7** dan **Gambar 8** konsentrasi glukosa hasil hidrolisis meningkat seiring besarnya konsentrasi asam. Hal tersebut dikarenakan pada konsentrasi asam yang lebih tinggi lebih banyak pula selulosa yang terurai menjadi glukosa. Pada penelitian ini konsentrasi asam sulfat 12% merupakan konsentrasi maksimal yang dapat digunakan untuk proses hidrolisis asam. Semakin kecil pH pada proses hidrolisis asam maka akan mempercepat reaksi karamelisasi. Reaksi karamelisasi akan menghambat konversi selulosa menjadi glukosa. Apabila terjadi karamelisasi maka konsentrasi glukosa yang terbentuk akan turun.

### 3.2.3 Pengaruh Bahan terhadap Konsentrasi Glukosa Hasil Hidrolisis Asam

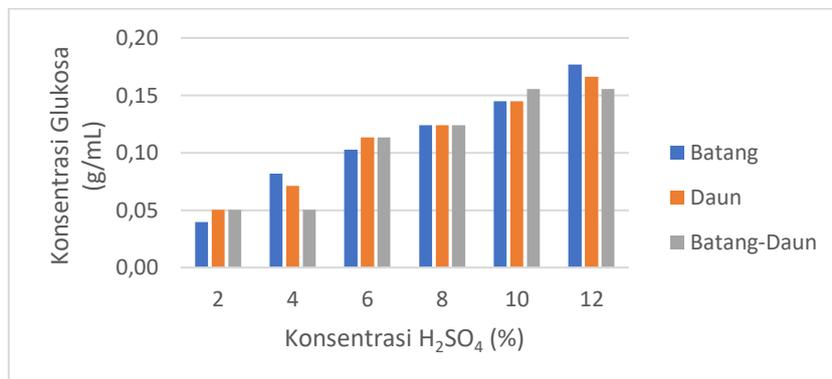
Hasil analisa pengaruh konsentrasi asam terhadap kadar glukosa eceng gondok ditunjukkan pada gambar berikut:



**Gambar 9.** Diagram Pengaruh Bahan terhadap Konsentrasi Glukosa Hidrolisis Asam pada Temperatur 90°C



**Gambar 10.** Diagram Pengaruh Bahan terhadap Konsentrasi Glukosa Hidrolisis Asam pada Temperatur 100°C



**Gambar 11.** Diagram Pengaruh Bahan terhadap Konsentrasi Glukosa Hidrolisis Asam pada Temperatur 110°C

Pada **Gambar 9** dan **Gambar 10** dapat dilihat bahwa bahan batang pada temperatur dan konsentrasi asam yang sama glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis asam memiliki konsentrasi glukosa lebih tinggi daripada bahan daun dan campuran (batang dan daun). Hal ini dapat terjadi karena batang memiliki kandungan selulosa yang lebih banyak dari pada daun. Rongga batang eceng gondok sama seperti pelepah pisang, sehingga dapat diasumsikan bahwa

**PENGARUH TEMPERATUR HIDROLISIS DAN KONSENTRASI LARUTAN ASAM PADA  
HIDROLISIS ECENG GONDOK**

kandungan selulosa pada batang eceng gondok lebih besar dari pada daun. Kandungan selulosa pada pelepah pisang sebesar 83,3% sedangkan daun pisang memiliki kandungan selulosa sebesar 10,85% (Bahri, 2015). Namun ada pengecualian atau perbedaan pada suhu 110°C dimana pada kurva **Gambar 11** dapat dilihat hasil konsentrasi glukosa hidrolisis asam dari bahan batang tidak selamanya lebih tinggi, hal ini disebabkan karena proses karamelisasi. Reaksi karamelisasi akan menghambat konversi selulosa menjadi glukosa. Apabila terjadi karamelisasi maka konsentrasi glukosa yang terbentuk akan menurun.

Selulosa yang terkandung di dalam eceng gondok kering yang akan di jadikan bahan baku untuk proses hidrolisis asam memiliki komposisi sebesar 50,15% sesuai dengan analisis menggunakan metode ASTM D 1103-60. Dari percobaan yang telah dilakukan didapat glukosa dengan konsentrasi tertinggi yaitu sebesar 0,1978 g/mL sebanyak 9 mL dari hidrolisis asam dengan konsentrasi asam 12% pada suhu 100°C dan bahan yang digunakan adalah batang. Hasil konversi massa eceng gondok basah, massa eceng gondok kering dan massa selulosa terhadap hasil proses hidrolisis asam terbaik dari setiap bahan dapat dilihat pada **Tabel 1**, **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

**Tabel 1.** Hasil Konversi Massa Eceng Gondok Basah, Massa Eceng Gondok Kering dan Massa Selulosa terhadap Hasil Proses Hidrolisis Asam pada Bahan Batang (Suhu Hidrolisis 100°C dan Konsentrasi Asam 12%)

Kadar Air Batang	Massa Batang Basah (g)	Massa Batang Kering (g)	Konsentrasi Glukosa (g/mL)	Massa Glukosa (g)	%Yield Glukosa /Bahan Batang Basah	%Yield Glukosa /Bahan Batang Kering
88%	33,33	4	0,1978	1,78	5,34%	44,51%

**Tabel 2.** Hasil Konversi Massa Eceng Gondok Basah, Massa Eceng Gondok Kering dan Massa Selulosa terhadap Hasil Proses Hidrolisis Asam pada Bahan Daun (Suhu Hidrolisis 110°C dan Konsentrasi Asam 12%)

Kadar Air Daun	Massa Daun Basah (g)	Massa Daun Kering (g)	Konsentrasi Glukosa (g/mL)	Massa Glukosa (g)	%Yield Glukosa /Bahan Daun Basah	%Yield Glukosa /Bahan Daun Kering
69%	12,90	4	0,1662	1,50	11,59%	37,40%

**Tabel 3.** Hasil Konversi Massa Eceng Gondok Basah, Massa Eceng Gondok Kering dan Massa Selulosa terhadap Hasil Proses Hidrolisis Asam pada Bahan Batang-Daun (Suhu Hidrolisis 100°C dan Konsentrasi Asam 12%)

Kadai Air Batang-Daun	Massa Batang -Daun Basah (g)	Massa Batang -Daun Kering (g)	Massa Selulosa (g)	Konsentrasi Glukosa (g/mL)	Massa Glukosa (g)	%Yield Glukosa /Bahan Batang-Daun Basah	%Yield Glukosa /Bahan Batang-Daun Kering	%Yield Glukosa/Selulosa
78,50%	18,60	4	2,01	0,1767	1,59	8,55%	39,77%	79,30%

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapat nilai konsentrasi asam terbaik pada proses hidrolisis asam adalah konsentrasi asam 12% pada suhu 100°C dan bahan yang digunakan adalah batang diperoleh konsentrasi glukosa sebesar 0,1978 g/mL. Nilai %yield berat glukosa/berat eceng gondok basah sebesar 5,34% dan %yield berat glukosa/berat eceng gondok kering sebesar 44,51%.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Ibu Dyah Setyo Pertiwi, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Yuono, S.T., M.T., selaku Kepala dan Koordinator Penelitian Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Bandung, Bapak Ronny Kurniawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan wawasan yang luas, pengarahan pada saat penelitian, dan dukungan kepada penulis. Kepada kedua orangtua dan teman-teman yang telah memberikan support dan bantuan kepada penulis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S. 2015. *Pembuatan Pulp dari Batang Pisang*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal 4 (2): 36-50
- Dennis D. 1993. *Food Chemistry*
- Groggins, P. H. 1958. *Unit Processes in Organic Synthesis, 5<sup>th</sup> ed., p. 775-777*. New York: McGraw-Hill Book Company
- Hamelinck, C.N., van Hooijdonk, G., & Faaij, A.P.C. 2005. *Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle- and long-term*. *Biomass Bioenergy*, 28, 384–410
- Iranmahboob, J., Nadim, F. & Monemi, S. 2002. *Optimizing acid-hydrlysis: a critical step for production of etanol from mixed wood chips*. *Biomass and Bioenergy*, 401-404
- Nuryana, R. 2016. *Eceng Gondok (Eichornia crassipes)*. Dikutip dari eprints.polsri.ac.id. Diakses pada tanggal 8 Desember 2020
- Permatasari, dkk. 2013. *Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Dan NaOH Terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (Gigantochloa Apus)*. pp. 131 - 140.