



## Produksi Gula Reduksi dari Batang Ubi Kayu dengan Hidrolisis Menggunakan Asam Encer dan Induksi Medan Elektromagnetik

### Production of Reducing Sugars From Cassava Stem by Hydrolysis Using Dilute Acid and Electromagnetic Field Induction

Lia Lismeri<sup>1\*</sup>, Rhiki Sekti Utami<sup>1</sup>, Yuli Darni<sup>1</sup>, Muhammad Hanif<sup>1</sup>, Agus Riyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung.

<sup>2</sup> Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung.

\*E-Mail : [lismeri@yahoo.com](mailto:lismeri@yahoo.com)

Terima draft : 03 November 2017; Terima draft revisi: 08 Februari 2018; Disetujui : 24 Februari 2018

#### Abstrak

tanaman ubi kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengkonversi limbah batang ubi kayu menjadi gula reduksi. Proses konversi lignoselulosa menjadi gula reduksi secara hidrolisis umumnya dilakukan pada temperatur dan tekanan tinggi dengan menggunakan katalis asam. Pada penelitian ini, digunakan induksi medan elektromagnetik pada proses hidrolisis lignoselulosa dengan menggunakan asam encer sehingga proses hidrolisis dapat berlangsung pada kondisi operasi yang rendah. Hasil penelitian menunjukkan komponen gula reduksi yang dihasilkan berupa xylosa, arabinosa, dan glukosa. Kadar gula reduksi sebesar 10 mg/mL menggunakan pelarut HCl 5%, induksi medan elektromagnetik sebesar  $7,18 \times 10^{-4}$  Tesla, pada temperatur 100°C selama 60 menit. Kondisi operasi yang lunak dapat mengatasi degradasi gula reduksi menjadi komponen hidrokismetilfurfural (HMF) dan furfural.

Kata kunci: Asam encer, Batang ubi kayu, Hidrolisis, Induksi Medan Elektromagnetik

#### Abstract

Cassava rod was waste biomass produced from post harvest of cassava plants. This study aims to utilize cassava stem waste as raw material to be converted into reduction sugar. Process converting of lignocelluloses biomass into reducing sugar generally done by high temperature and pressure acid hydrolysis. In this study, electromagnetic field induction is used on lignocellulose hydrolysis process by using dilute acid so the hydrolysis process can be carried out under low operating condition. The results showed that the reduction sugar components produced were xylose, arabinose and glucose. Reducing sugar concentration was 10 mg/mL using 5% HCl solvent, electromagnetic field induction of  $7.18 \times 10^{-4}$  Tesla, at 100 °C for 60 minute reaction time. Soft operating condition can overcome the degradation of reducing sugar into Hydroxymethylfurfural (HMF) and furfural components.

Keywords: Cassava stem, Dilute acid, Electromagnetics field induction, Hydrolysis

#### 1. Pendahuluan

Biomassa merupakan bahan yang cukup melimpah ketersediannya. Komponen lignoselulosa dalam biomassa sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan juga bahan dasar dalam sintesis senyawa-senyawa kimia (leif dkk., 2016). Batang ubi kayu merupakan lignoselulosa yang terdiri dari selulosa 39,30%, hemiselulosa 24,34%, lignin 13,42%, bahan-bahan ekstraktif 22,16% dan abu 1,55% (Lismeri dkk., 2016). Bahan lignoselulosa dapat dikonversi menjadi gula sederhana dengan proses hidrolisis. Proses hidrolisis akan memecah polimer selulosa

menjadi glukosa dan hemiselulosa menjadi xylosa, arabinosa, dan glukosa. Gula hasil hidrolisis tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bioetanol dan biogasoline dengan proses fermentasi (Badger, 2002 ; Asif dkk., 2011).

Teknologi hidrolisis dapat dilakukan dalam kondisi asam dan secara enzimatik (Harianja dkk., 2015). Hidrolisis dengan asam encer adalah yang paling umum diaplikasikan untuk mendapatkan gula sebagai bahan baku bioetanol. Umumnya, hidrolisis asam encer menggunakan asam mineral seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HCl, pada suhu antara 120-200°C (Taherzadeh dkk., 2007). *Yield* dari gula fermentasi tergantung pada waktu, suhu dan

kereaktifan katalisator asam (Jevaan dkk., 2011). Beberapa penelitian menunjukkan kereaktifan katalisator asam dihambat oleh lignin (Jevaan dkk., 2011; Kumar dkk., 2009). Lignin merupakan polimer yang terdiri dari unit fenil propan yang terikat didalam struktur tiga dimensi (Usmana dkk., 2012). Dalam bahan lignoselulosa, lignin berperan sebagai perekat selulosa dan hemiselulosa sehingga bahan lignoselulosa bersifat keras. Keberadaan lignin dalam bahan lignoselulosa akan menghambat proses degradasi selulosa membentuk gula. Oleh sebab itu, sebelum dilakukan proses degradasi dengan cara hidrolisis, bahan lignoselulosa perlu diberi perlakuan delignifikasi untuk membuka struktur lingo-selulosa sehingga selulosa dapat diakses oleh zat atau enzim pemecah selulosa (Gunam dkk., 2011).

Delignifikasi merupakan proses yang bertujuan untuk menghancurkan struktur lignin dan membuka struktur lignoselulosa agar selulosa dan hemiselulosa lebih mudah diakses oleh zat pereaksi pada proses hidrolisis. Proses delignifikasi akan menyebabkan kerusakan struktur lignin sehingga selulosa dan hemiselulosa yang terikat dengan lignin dapat terlepas (Mardina dkk., 2013).

Hidrolisis merupakan proses pemecahan suatu polimer menjadi monomer-monomer penyusunnya oleh air. Keuntungan proses hidrolisis secara enzimatik yaitu, proses dapat berlangsung dalam keadaan lunak (*mild condition*), tidak terjadi degradasi produk gula reduksi menjadi HMF atau furfural. Namun, proses hidrolisis secara enzimatik memerlukan biaya tinggi untuk pengisolasian enzim dan proses berlangsung lama. Sedangkan proses hidrolisis menggunakan asam dapat berlangsung secara cepat, harga katalis asam relatif murah akan tetapi, proses hidrolisis berlangsung dalam kondisi keras (*harsh condition*) menyebabkan peralatan mudah korosif, reaksi hidrolisis dapat menyebabkan degradasi produk membentuk HMF dan furfural dan dapat menimbulkan masalah lingkungan (Verardi dkk., 2012). Hidrolisis menggunakan asam encer umumnya terjadi pada tekanan dan temperatur tinggi. Konversi *yield* yang dihasilkan dari hidrolisis asam encer hanya mencapai 50% karena besarnya jumlah produk samping yang terbentuk (Chen dkk., 2014; Dedi dan Zainal, 2012) Diperlukan alternative teknologi hidrolisis asam encer yang dapat berlangsung dalam kondisi yang lebih lunak, dengan menggunakan temperatur rendah sehingga dapat

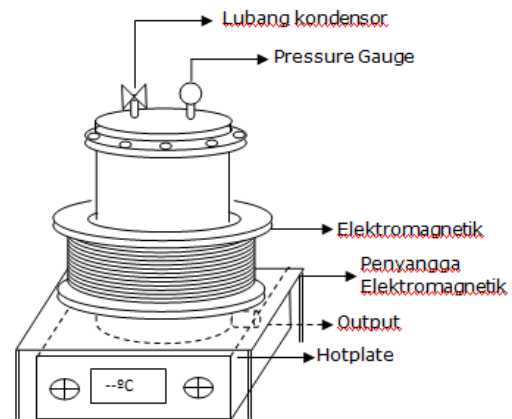
mengatasi penurunan *yield* gula reduksi yang terdegradasi membentuk produk samping seperti, HMF, dan furfural.

Proses hidrolisis selulosa dari limbah batang ubi kayu dengan menggunakan induksi medan elektromagnetik menghasilkan *yield* glukosa sebesar 47,43% dengan pelarut asam Hipoklorit. Proses hidrolisis terjadi pada suhu 160°C dan tekanan 4 atm (Lismeri, 2018).

Induksi medan elektromagnetik akan mempengaruhi aktivitas partikel atom pada bahan menjadi lebih aktif dan arah momen magnet inti partikel tersebut akan tersusun searah dengan medan magnet eksternal.

### 2.1. Reaktor Hidrolisis Elektromagnetik

Skema reaktor hidrolisis elektromagnetik yang digunakan pada penelitian ini adalah seperti Gambar 1.



**Gambar 1.** Skema Reaktor Hidrolisis Elektromagnetik.

### 2.2. Preparasi Bahan Baku

Batang ubi kayu yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari kebun percobaan di daerah Natar, Lampung Selatan. Batang yang diperoleh kemudian dibersihkan dari kulitnya, dipotong-potong kemudian dijemur dibawah sinar matahari. Batang yang telah kering kemudian digiling lalu diayak dengan ayakan 80 *mesh*, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C. Serbuk yang diperoleh dianalisis komposisi kandungan lignoselulosanya dengan menggunakan metode Chesson-datta.

### 2.3. Delignifikasi

Proses delignifikasi dilakukan dengan menggunakan pelarut NaOH 25% dengan perbandingan berat bahan dan pelarut

adalah 1:20 pada suhu 120°C selama 60 menit. Kemudian padatan yang didapatkan dari proses delignifikasi dipisahkan dari pelarut NaOH dengan cara dicuci menggunakan aquades. Setelah pencucian, lingo-selulosa basah selanjutnya dikeringkan menggunakan oven hingga berat bahan konstan, bahan ini selanjutnya digunakan dalam tahap hidrolisis. Serbuk hasil delignifikasi dianalisis kembali komposisi kandungan lingo-selulosanya menggunakan metode Chesson-datta.

### 2.4. Hidrolisis

Bahan hasil delignifikasi yang telah kering, ditimbang dan dilarutkan dalam HCl 5% dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:10, setelah itu bahan diinduksikan dengan medan elektromagnetik. Variasi kuat medan magnet yang diinduksikan sebesar 0 Tesla,  $3,59 \times 10^{-4}$  Tesla, dan  $7,18 \times 10^{-4}$  Tesla dan variasi waktu induksi medan elektromagnetik adalah 15, 30, 45, dan 60 menit. Hidrolisis berlangsung pada tekanan 1 atm dan temperatur 100°C. Hidrolisat yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis Varian Cary 100 untuk mengetahui kadar gula reduksi dan analisis komponen dengan menggunakan metode HPLC.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Bahan baku ubi kayu yang digunakan pada penelitian ini memiliki komposisi fisik yang terdiri dari kayu 83,83%, kulit 13,04%, dan gabus 3,13%. Komposisi kimia yang

terkandung didalam serat batang ubi kayu yaitu selulosa 39,29%, hemiselulosa 24,34% dan lignin 13,42% sisanya merupakan bahan-bahan ekstraktif 22,16% dan abu 1,55%.

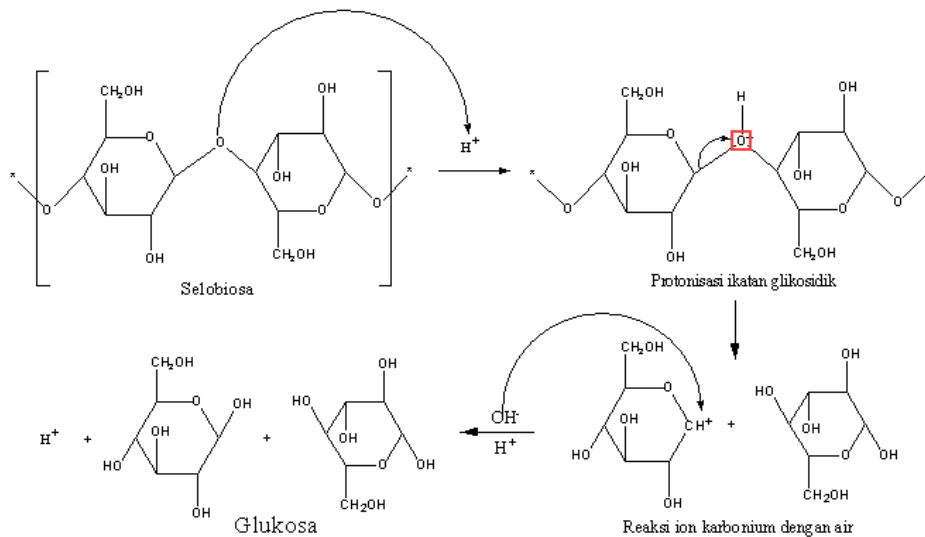
### 3.1. Hasil Analisis Lingo-selulosa

Dilakukan analisis kandungan komponen lingo-selulosa yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin pada bahan baku, bahan setelah proses delignifikasi dan setelah proses hidrolisis. Hasil analisis komponen lingo-selulosa pada bahan dapat dilihat seperti Tabel 1.

**Tabel 1.** Perubahan kandungan lingo-selulosa

	Selulosa (%)	Hemise lulosa (%)	Lignin (%)
Bahan Baku	39,30	24,34	13,42
Setelah delignifikasi	52,36	17,01	7,54
Setelah hidrolisis	24,72	13,56	4,92

Dari Tabel 1 terlihat bahwa setelah tahap delignifikasi, kadar selulosa mengalami peningkatan seiring berkurangnya komponen lignin akibat degradasi oleh NaOH. Sedangkan kadar hemiselulosa mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi akibat lignin yang semula mengikat selulosa dan hemiselulosa belum mengalami degradasi, akan tetapi hanya mengalami pelunakan yang menyebabkan selulosa dan hemiselulosa terlepas dan sebagian terlarut dalam pelarut NaOH (Sumada dkk., 2013).



**Gambar 2.** Mekanisme Hidrolisis selulosa dengan asam (Kupiainen, L., 2012)

Hal tersebut terjadi akibat lignin yang semula mengikat selulosa dan hemiselulosa belum mengalami degradasi, akan tetapi hanya mengalami pelunakan yang menyebabkan selulosa dan hemiselulosa terlepas dan sebagian terlarut dalam pelarut NaOH (Sumada dkk., 2013).

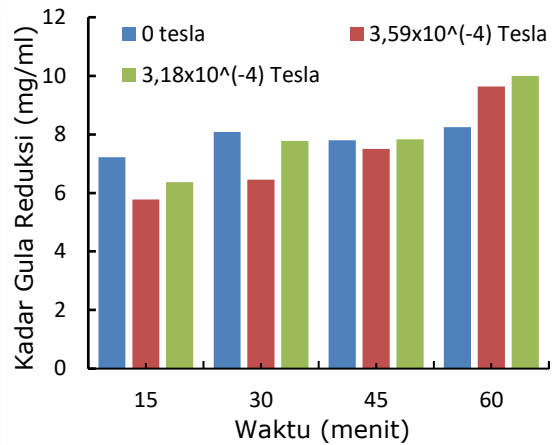
Setelah proses hidrolisis jumlah selulosa dan hemiselulosa mengalami penurunan, hal ini menunjukkan bahwa selulosa dan hemiselulosa telah terdekomposisi menjadi monomer-monomer gula yang berupa glukosa, xylosa, dan arabinosa. Mekanisme proses hidrolisis selulosa menjadi glukosa ditunjukkan pada Gambar 2. Mekanisme proses hidrolisis asam pada bahan selulosa dimulai dari interaksi secara cepat antara proton (ion  $H^+$ ) dari asam dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik pada dua unit glukosa sehingga membentuk asam konjugasi. Adanya asam konjugasi ini akan menyebabkan konformasi tidak stabil sehingga terjadi pemutusan ikatan C-O dan membebaskan asam konjugasi dalam konformasi tidak stabil. Pada keadaan tersebut ion  $OH^-$  dari air akan berikatan dengan ion karbonium sehingga membebaskan molekul glukosa dan proton. Proton yang terbentuk dari reaksi tersebut akan berinteraksi kembali dengan ikatan glikosidik. Proses ini terjadi secara kontinyu hingga rantai selulosa yang panjang akan terdegradasi membentuk polimer-polimer glukosa (Harianja dkk., 2015).

### 3.2. Kadar Gula Reduksi

Pada proses hidrolisis dalam penelitian ini waktu reaksi dan induksi medan elektromagnetik menunjukkan pengaruh terhadap proses pemutusan ikatan molekul selulosa dan hemiselulosa untuk membentuk monomer gula reduksi. Pengaruh variasi waktu reaksi dan induksi medan elektromagnetik terhadap kadar gula reduksi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 diketahui bahwa hidrolisis tanpa medan elektromagnetik menghasilkan kadar gula reduksi yang relatif stabil. Pada reaksi hidrolisis dengan induksi medan elektromagnetik sebesar  $3,59 \times 10^{-4}$  Tesla dan  $7,18 \times 10^{-4}$  Tesla, kadar gula reduksi yang diperoleh semakin meningkat. Kadar gula reduksi maksimum diperoleh pada kuat medan elektromagnetik sebesar  $7,18 \times 10^{-4}$  Tesla selama 60 menit yaitu sebesar 10 mg/ml. Nilai tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian lismeri (2018) yang menghasilkan 47,43 mg/ml

glukosa untuk bahan baku yang sama dengan induksi kuat medan elektromagnetik yang lebih besar.



**Gambar 3.** Hubungan Antar Variasi Waktu Induksi dan Kuat Medan Elektromagnetik pada Perolehan Kadar Gula Reduksi.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kuat medan elektromagnetik yang digunakan pada proses hidrolisis dan semakin lama proses induksi medan elektromagnetik pada bahan maka semakin banyak partikel-partikel atom yang terinduksi, akibatnya aktivitas partikel atom akan semakin aktif dan semakin banyak partikel atom yang arahnya tersusun sejajar sesuai dengan arah medan elektromagnetik (Siregar, 2007). Aktivitas molekular yang semakin aktif dan arah partikel atom yang terjajar mengakibatkan partikel atom berada dalam kondisi ion bebas sehingga mempermudah pemutusan ikatan antar molekul pada proses hidrolisis.

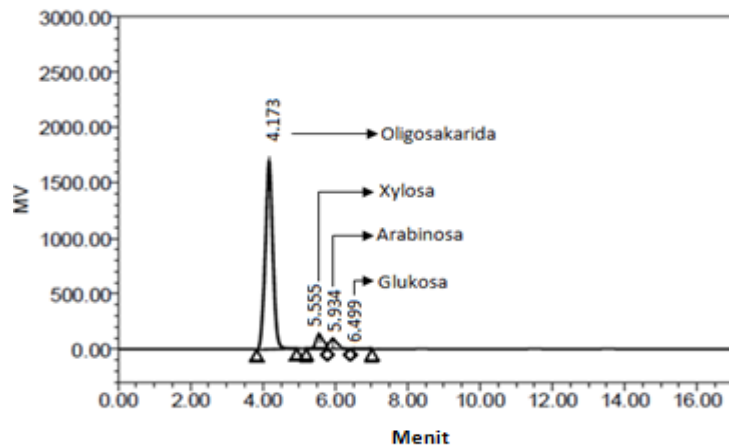
Dari Gambar 3, kadar gula reduksi yang diperoleh pada waktu reaksi selama 60 menit lebih tinggi dibandingkan dengan kadar gula yang diperoleh pada waktu 15, 30 dan 45 menit. Hal ini menunjukkan semakin lama waktu reaksi hidrolisis maka kadar gula reduksi yang diperoleh akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Supranto (1998) dalam Artati dkk., 2012 dimana waktu reaksi yang semakin lama akan memperbanyak kontak antara bahan dan zat pereaksi, sehingga molekul-molekul yang bereaksi semakin banyak dan memperbanyak jumlah produk yang terbentuk. Namun waktu hidrolisis yang terlalu lama akan menyebabkan gula reduksi yang dihasilkan terdegradasi membentuk produk samping seperti furfural, HMF dan asam asetat. Konversi gula reduksi membentuk produk

samping lebih cepat dibandingkan pembentukan gula reduksi, hal ini akan menyebabkan penurunan kadar gula yang dihasilkan (Dee dan Bell, 2011). Dalam penelitian ini, proses hidrolisis dengan menggunakan induksi medan elektromagnetik dapat menghasilkan gula reduksi dengan waktu yang lebih singkat akan tetapi waktu yang digunakan pada proses hidrolisis ini belum optimum karena gula reduksi yang dihasilkan belum mengalami penurunan kadar maupun terdegradasi menjadi HMF.

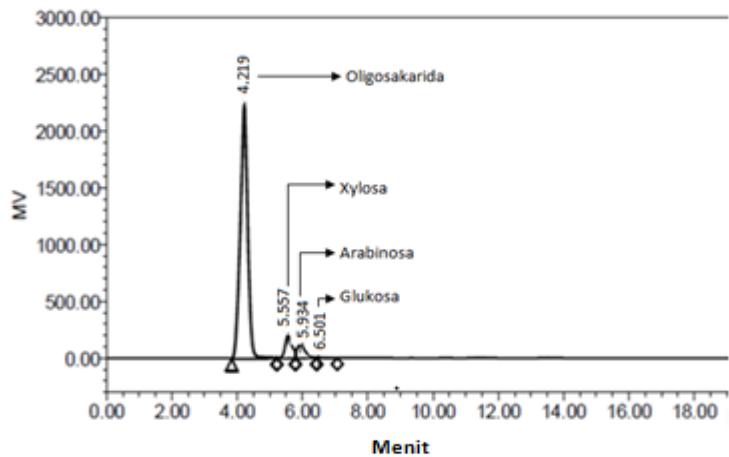
### 3.3. Komponen Kimiawi Hidrolisat Batang Ubi Kayu

Proses hidrolisis bahan lignoselulosa akan menghasilkan gula reduksi berupa Glukosa, Xylosa dan Arabinosa. Selain itu, proses hidrolisis menggunakan asam juga memungkinkan terbentuknya produk samping seperti HMF dan furfural. Hasil

analisis HPLC pada Gambar 4, pada hidrolisat yang diperoleh dari hasil hidrolisis asam encer dengan dan tanpa induksi medan elektromagnetik dilakukan untuk mengidentifikasi komponen kimia secara kualitatif dan kuantitatif. Komponen kimiawi yang terkandung dalam hidrolisat batang ubi kayu seperti terlihat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 diketahui bahwa hidrolisat batang ubi kayu mengandung gula reduksi berupa glukosa, xylosa, dan arabinosa. Sedangkan HMF dan furfural tidak terdeteksi. Penggunaan temperatur, konsentrasi asam, dan tekanan atmosferis pada proses hidrolisis dapat mencegah degradasi senyawa gula reduksi menjadi HMF dan furfural. Namun kondisi ini menyebabkan proses penguraian senyawa selulosa menjadi monosakarida berupa glukosa kurang efektif sehingga produk yang terbentuk berupa oligosakarida lebih dominan.



(a)



(b)

**Gambar 4.** (a) Spektra HPLC hidrolisat dengan variasi hidrolisis tanpa medan magnet, (b) Spektra HPLC hidrolisat dengan variasi hidrolisis dengan medan magnet

**Tabel 2.** Data Analisis Komponen Kimiawi Hidrolisat Batang Ubi Kayu

Komponen	Konsentrai Tanpa Medan Magnet (mg/ml)	Konsentrasi Dengan Medan Magnet (mg/ml)
Glukosa	0,113	0,179
Xylosa	4,368	6,673
Arabinosa	0,183	0,471
Furfural	Ttd	Ttd
HMF	Ttd	Ttd
Asam Asetat	Ttd	Ttd

Keterangan : ttd : Tidak terdeteksi

#### 4. Kesimpulan

Batang ubi kayu setelah di delignifikasi berpotensi untuk dijadikan bahan baku alternatif biofuel karena memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi yaitu selulosa 52,36%, hemiselulosa 17,01%, dan lignin 7,54%. Hasil penelitian menunjukkan kadar gula reduksi tertinggi diperoleh dari variasi kuat medan elektromagnetik yang diinduksikan pada bahan sebesar  $7,18 \times 10^{-4}$  Tesla dengan induksi selama 60 menit pada temperature 100°C dengan kadar gula reduksi sebesar 10 mg/mL. Komposisi gula reduksi terdiri dari glukosa, xylosa dan arabinosa dan hasil tidak mengandung produk samping seperti HMF dan furfural.

#### Daftar Pustaka

- Asif. H.M., Akram, M., Saeed, T., Khan, M.I., Akhtar, N., Rehman, R.U., Shah, S.M.A., Ahmed, K., Shaheen, G. (2011) Carbohydrates, *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, 1(1), 001 – 005.
- Artati, E.K., Irvina, F.W.H., Fatimah (2012) Pengaruh Jenis Konsentrasi Asam Terhadap Kinetika Reaksi Hidrolisis Pelepah Pisang (*Musa Paradiasca L*), *Ekulibrium*, 11(2), 73 – 77.
- Badger, P. C. (2002) Ethanol From Cellulose: A General Review, *Trends in New Crops and New Uses*, 17 – 21.
- Chen, R. Zhu, S. Chen, C., Cheng, B., Chen, J. and Wu, Y. (2014) Reiving The Acid Hydrolysis Process of Lignocellulosic Material In Bio Refinery, *Bio-resources.com*. 9, 1824 – 1827.
- Dedi, I., Zainal, A. (2012) Proses Hidrolisis Sampah Organik Menjadi Gula Dengan

Katalis Asam, *Berkala Ilmiah Teknik kimia*, 1(1).

- Dee, S.J., Bell. A.T. (2011) A Study Of The Acid-Catalized Hydrolysis Of Cellulose Dissolved In Ionic Liquids and The Factor Influencing The Dehydration Of Glucose and Formation Of Humins, *CHEMSUSCHEM*, 4, 1166 – 1173.
- Gunam, I.B.W., Wartini, N.M., Anggreni, A.A.M.D., Suparyana, M. (2011) Delignifikasi Ampas Tebu dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakarifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar dari *Asergillus Niger* FNU 6018, *LIPi-Teknologi Indonesia*, 34, 24 – 32.
- Harianja, J.W., Idiawati, N., Rudiyanah (2015) Optimasi Jenis Konsentrasi Asam Pada Hidrolisis Selulosa Dalam Tongkol Jagung, *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4, 66 – 71.
- Jeevan, P., Nelson, R., Rena, A.E. (2011) Optimization studies on acid hydrolysis of corn cob hemicellulosic hydrolysate for microbial production of xylitol, *J. Microbiol. Biotech. Res.* 1(4), 114 – 123.
- Kumar, P., Barret, D. M., Delwiche, M. J., Stroeve, P. (2009) Methods for efficient hydrolysis and biofuel production, *Industrial Engineering Chemistry Res*, 48, 3713 – 3729.
- Leif, J, J., Carlos, M. (2016) Review Pretreatment of lignocellulose: Formation of inhibitory by-products and strategies for minimizing their effects, *Bioresource Technology* 199, 103 – 112.
- Lismeri, L. (2018) Assisted of electromagnetic fields in glucose production from casava stems, *Institute of Physics Conference Series : Earth and Enviromental Science*, 141. 012017.
- Lismeri, L., Zari, P.M., Novarani, T. (2016) Sintesis Selulosa Asetat Dari Limbah Batang Ubi Kayu, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 11(2), 82 – 91.
- Mardina, P., Talalangi, A.I., Sitinjak, J.F.M., Nugroho, A., Fahrizal, M.R. (2013) Pengaruh Proses Delignifikasi Pada Produksi Glukosa Dari Tongkol Jagung

- Dengan Hidrolisis Asam Encer, *Konversi*, 2, 17 – 23.
- Siregar, H.P. (2007) Pengaruh Diameter Kawat Kumpan Alat Penghemat Energi Yang Berbasis Elektroagnetik Terhadap Kinerja Motor Diesel, *Jurnal Teknik Mesin*, 9, 1 – 8.
- Sumada, K., Widodo, L. U., Pujiastuti, C., Karaman, N. (2013) Pemisahan Alpha-Selulosa dari Limbah Batang Ubi Kayu Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida, *Jurnal Teknik Kimia*, 7, 43 – 47.
- Taherzadeh, M.J., Karimi, K. (2007) Enzyme-Based Hydrolysis Processes for Ethanol From Lignocellulosic materials: AReview, *Bio Resources*, 2(4) 707 – 738.
- Usmana, A.S., Rianda, S., Novia (2012) Pengaruh Volume Enzim dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Etanol (Bahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Pretreatment Alkali), *Jurnal Teknik Kimia*, 18, 17 – 25.
- Verardi, A., De Bari, I., Ricca, E., Calabro, V. (2012) Hydrolysis of Lignocellulosic Biomass: Current Status of Processes and Technologies and Future Perspectives, *Bioethanol*, Prof. Marco Aurelio Pinheiro Lima (Ed.), ISBN: 978-953-51-0008-9. InTec.

