

**TESIS**

**KINETIKA HIDROLISIS ENZIMATIK DARI SELULOSA  
SEKAM PADI YANG DIBERI PRAPERLAKUAN  
HIDROGEN PEROKSIDA-AQUEOUS AMMONIA**



**WINTA EFRINALIA  
03012682024010**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

# **TESIS**

## **KINETIKA HIDROLISIS ENZIMATIK DARI SELULOSA SEKAM PADI YANG DIBERI PRAPERLAKUAN HIDROGEN PEROKSIDA-*AQUEOUS AMMONIA***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Magister Teknik (M.T) Pada Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**



**WINTA EFRINALIA  
03012682024010**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

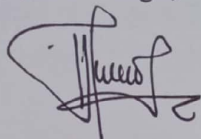
**KINETIKA HIDROLISIS ENZIMATIK DARI SELULOSA  
SEKAM PADI YANG DIBERI PRAPERLAKUAN  
HIDROGEN PEROKSIDA-AQUEOUS AMMONIA**

**TESIS**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan  
Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

Palembang, November 2022

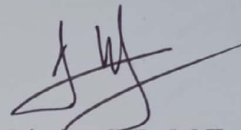
Pembimbing I,



Novia, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197311052000032003

Pembimbing II,



Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197505112000122001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.

NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan



Dr. Tutu Indah Sari, S.T., M.T.

NIP. 197502012000122001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul " Kinetika Hidrolisis Enzimatik Dari Selulosa Sekam Padi Yang Diberi Praperlakuan Hidrogen Peroksida-Aqueous Ammonia" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 November 2022.

Palembang, 15 November 2022

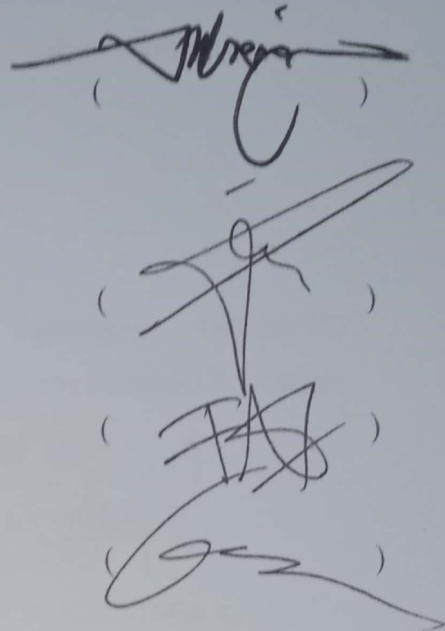
Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis

Ketua :

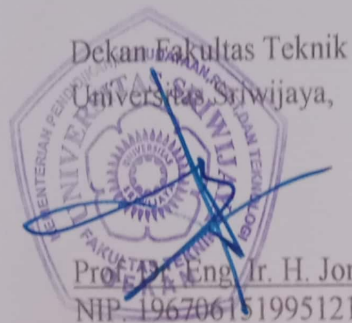
1. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.  
NIP. 196009091987031004

Anggota :

1. Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003
2. Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T  
NIP. 197808222002122001
3. Dr. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T  
NIP. 197503261999032002



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya,  
  
Prof. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.  
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan  
  
Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.  
NIP. 197502012000122001

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Winta Efrinalia

NIM : 03012682024010

Judul : Kinetika Hidrolisis Enzimatik Dari Selulosa Sekam Padi Yang Diberi  
Praperlakuan Hidrogen Peroksida-*Aqueous Ammonia*

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Oktober 2022

Yang Membuat Pernyataan,



Winta Efrinalia

NIM. 03012682024010

## RINGKASAN

### KINETIKA HIDROLISIS ENZIMATIK DARI SELULOSA SEKAM PADI YANG DIBERI PRAPERLAKUAN HIDROGEN PEROKSIDA-*AQUEOUS AMMONIA*

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, November 2022

Winta Efrinalia, Dibimbing oleh Novia, S.T., M.T., Ph.D., dan Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.

Kinetic Model for Enzymatic Hydrolysis of Cellulose from Pre-Treated Rice Husks with hydrogen Peroxide-*Aqueous Ammonia*

xvi + 70 halaman, 11 Tabel, 24 Gambar, 4 Lampiran

### RINGKASAN

Sekam padi mengandung selulosa generasi kedua sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Selulosa dari sekam padi yang diberi praperlakuan dihidrolisis menjadi gula pereduksi menggunakan enzim selulase yang berasal dari *Aspergillus niger*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi, waktu hidrolisis, dan menentukan kinetika hidrolisis enzimatik pada konsentrasi enzim 10, 15, dan 20% (v/b) dan hidrolisis waktu 5, 10, 15, 20, dan 25 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selulosa terhidrolisis menjadi gula pereduksi. Aktivitas CMC<sub>Case</sub> dan aktivitas FPase masing-masing mencapai 548.940 dan 314.892 U mL<sup>-1</sup>, jauh lebih tinggi daripada kebanyakan laporan sebelumnya tentang genus ini. Dari perhitungan laju reaksi menggunakan model kinetika Michaelis–Menten, nilai konstanta Michaelis berkisar dari 0,001 hingga 0,0007, dan laju maksimumnya adalah  $1,3 \times 10^{-7}$  hingga  $2,7 \times 10^{-7}$  Mol L<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>. Gula pereduksi tertinggi diperoleh (1,80 g L<sup>-1</sup>) pada konsentrasi enzim 20% (v/w) dan hidrolisis waktu 25 jam dengan kondisi optimal pH 5.

Kata kunci : hidrolisis enzimatik; model kinetik; Michaelis–Menten; sekam padi yang sudah diolah sebelumnya; gula pereduksi

## SUMMARY

### KINETIC MODEL FOR ENZYMATIC HYDROLYSIS OF CELLULOSE FROM PRE-TREATED RICE HUSKS WITH HYDROGEN PEROXIDE-AQUEOUS AMMONIA

Scientific writing in the form of a thesis, November 2022

Winta Efrinalia, Dibimbing oleh Novia, S.T., M.T., Ph.D., dan Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.

Kinetika Hidrolisis Enzimatik Dari selulosa Sekam Padi Yang Diberi Praperlakuan Hidrogen Peroksida-*Aqueous Ammonia*

xvi + 70 halaman, 11 Tabel, 24 Gambar, 4 Lampiran

### SUMMARY

Rice husks contain cellulose as a raw material for manufacturing second-generation bioethanol. Cellulose from pre-treated rice husks was converted into reducing sugars through enzymatic hydrolysis using enzymes derived from *Aspergillus niger*. This study aims to determine the effect of variations in concentration, hydrolysis time and kinetics of enzymatic hydrolysis at enzyme concentrations of 10, 15, and 20% (v/w) and hydrolysis times of 5, 10, 15, 20, and 25 h. The results showed that cellulose was hydrolyzed to form reducing sugars. The CMCase activity and FPase activity reached 548.940 and 314.892 U mL<sup>-1</sup>, respectively, much higher than most previous reports on this genus. From the calculation of the reaction rate using the Michaelis–Menten kinetic model, the value of the Michaelis constant ranges from 0.001 to 0.0007, and the maximum rate is  $1.3 \times 10^{-7}$  to  $2.7 \times 10^{-7}$  Mol L<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>. The highest reducing sugar concentration was obtained (1.80 g L<sup>-1</sup>) at an enzyme concentration of 20% (v/w) and a hydrolysis time of 25 h with an optimal condition pH of 5.

**Keywords:** enzymatic hydrolysis; kinetic model; Michaelis–Menten; pre-treated rice husks; reducing sugar

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga laporan tesis yang berjudul “Kinetika Hidrolisis Enzimatis Dari Selulosa Sekam Padi Yang Diberi Praperlakuan Hidrogen Peroksida – *Aqueous Ammonia* ” dapat diselesaikan.

Laporan tesis diselesaikan sebagai salah satu syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Magister Teknik pada Program Studi Megister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Laporan tesis disusun berdasarkan penelitian yang dilaksanakan penulis pada bulan Juni 2021 dengan Juni 2022 sampai dengan selesai.

Atas berbagai bantuan yang telah diiteima penulis selama penelitian dan penyusunan laporan ini, ucapan terimakasih disampaikan penulis kepada :

1. Bapak Prof. Dr Ir. H. Anis Saggaff, MSCE, IPU., ASEAN. Eng selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Tuti Indah Sari, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. David Bahrin, S.T., M.T selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Novia, S.T., M.T., Ph. D selaku Dosen Pembimbing I Tesis.
6. Ibu Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing II Tesis.



7. Kepala UPT. Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya dan seluruh staff
8. Dosen serta staff karyawan Jurusan Teknik Kimia FT Universitas Sriwijaya.
9. Kedua orang tua dan rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Kimia FT Universitas Sriwijaya.

Semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membacanya.

Palembang, Oktober 2022

Hormat kami,

Penulis

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1.Latar Belakang**

Kebutuhan energi semakin bertambah seiring dengan meningkatnya pertumbuhan industri dan populasi di Indonesia, salah satunya peningkatan konsumsi bahan bakar fosil. Sementara ketersediaan bahan bakar fosil yang dikonsumsi saat ini semakin menipis dan bahan bakar ini tidak dapat diperbaharui (Yuniarti dkk., 2018). Bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui adalah salah satu solusi yang dapat menyelesaikan masalah kelangkaan sumber energi saat ini. Sumber energi terbarukan yang dapat digunakan salah satunya adalah bioetanol.

Bioetanol merupakan senyawa yang terbentuk dari proses fermentasi glukosa. Dimana selulosa adalah bahan baku utama yang diolah dari tumbuh-tumbuhan. Biasanya sekam padi tidak terpakai atau menjadi limbah yang dapat merusak lingkungan. Ketersediaan sekam padi yang sangat melimpah ini berpotensi untuk dijadikan bahan baku bioetanol. Sekam padi merupakan produk samping biomassa utama industri padi (Cacua dkk., 2018). Sekam padi mengandung serat kasar yang terdiri dari hemiselulosa, selulosa, dan lignin dapat dikembangkan menjadi bioetanol. Hal tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sehingga sekam padi menjadi limbah yang menimbulkan masalah lingkungan. Limbah sekam padi dapat dimanfaatkan secara optimal menjadi gula pereduksi.

Penelitian (Novia dkk., 2014) hanya terfokus pada bagian pretreatment saja untuk menghasilkan bioetanol, sehingga masih diperlukan penelitian lebih lanjut. Dari hasil pretreatment yang mereka lakukan, diperoleh glukosa optimal pada konsentrasi  $\text{NH}_3$  20 % suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Sementara peneliti (Novia dkk., 2022) menggunakan pretreatment  $\text{H}_2\text{O}_2$  pada yang dilanjutkan dengan  $\text{NH}_3$ . Konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  optimal yang mereka peroleh adalah 3 %, suhu  $85\text{ }^\circ\text{C}$  selama 6 jam. Menurut peneliti (Rabelo dkk., 2014 ; Ingrid dkk., 2016), larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dapat merusak dinding lignin yang terkandung dalam biomassa. Selain itu, glukosa yang dihasilkan cukup tinggi dan proses dapat dilakukan dalam suhu dan tekanan yang

rendah. Larutan  $H_2O_2$  yang bersifat oksidator kuat, dapat digunakan untuk meningkatkan pencernaan enzimatik dari residu primer dan skunder produk pertanian.

Bahan baku utama pembentuk bioetanol adalah gula pereduksi yang di hidrolisis dari selulosa. Proses hidrolisis sangat dipengaruhi oleh suhu, pH, waktu dan jumlah reaktan. Hidrolisis enzimatik memiliki keunggulan ramah lingkungan dibandingkan dengan proses hidrolisis lainnya karena proses ini tidak menghasilkan limbah baru dan mengkonsumsi energi yang rendah. Produk yang dihasilkan masih cenderung kecil sehingga diperlukan penelitian lanjut. Untuk mendapatkan gula pereduksi tertinggi, penelitian ini difokuskan pada proses kintekia hidrolisis enzimatik dengan variasi variabel pengaruh konsentrasi enzim, pH, dan waktu proses hidrolisis dari enzim selulase dari jamur *Aspergillus niger*.

Penggunaan ekstrak enzim dapat menghemat biaya produksi dan mencegah terjadinya resiko kerusakan enzim pada saat pengiriman karena pengaruh lingkungan yang tidak sesuai. Penelitian kinetika hidrolisis enzimatik sekam padi yang diberi perlakuan  $H_2O_2 - aqueous ammonia$  untuk menghasilkan gula pereduksi belum pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu.

## 1.2.Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah

- a. Bagaimana kadar gula pereduksi hasil hidrolisis selulosa sekam padi setelah di praperlakuan  $H_2O_2 - aqueous ammonia$  ?
- b. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi enzim selulase dari *Aspergillus niger* dan waktu hidrolisis terhadap kadar gula pereduksi?
- c. Bagaimana pengaruh pH terhadap kadar gula pereduksi ?
- d. Bagaimana kinetika reaksi hidrolisis enzimatik selulosa sekam padi (yang telah diberi praperlakuan  $H_2O_2-NH_4OH$ )?

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

- a. Mengkaji pengaruh konsentrasi enzim selulase dari *Aspergillus niger* terhadap hidrolisis enzimatik selulosa sekam padi (yang telah diberi preperlakuan  $H_2O_2-NH_3$ ) untuk menghasilkan gula pereduksi.
- b. Mengkaji pengaruh waktu hidrolisis enzimatik selulosa sekam padi (yang telah diberi preperlakuan  $H_2O_2-NH_3$ ) terhadap kadar gula pereduksi.
- c. Mengkaji pengaruh pH terhadap kadar gula pereduksi.
- d. Menghitung kinetika hidrolisis enzimatik selulosa sekam padi (yang telah diberi preperlakuan  $H_2O_2-NH_3$ ).

## 1.3. Hipotesa

Hipotesa dari penelitian ini adalah

- a. Sekam padi yang diberi preperlakuan  $H_2O_2-NH_4OH$  dapat meningkatkan reaksi hidrolisis enzimatik. Preperlakuan dapat mengurangi kadar lignin dan mengoptimalkan / meningkatkan kadar gula pereduksi yang dihasilkan (Kim dkk., 2016 ; Novia dkk., 2022)
- b. Kinetika hidrolisis enzimatik dapat ditentukan dengan model konstanta Michaelis-Menten (Bisswanger, 2017).

## 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini

- a. Perbandingan massa sekam padi dan pelarut adalah 1 : 10 % b/v.
- b. Proses delignifikasi menggunakan  $H_2O_2$  3 %, suhu 85 °C selama 6 jam dan *aqueous ammonia* 20 % , suhu 100 °C selama 5 jam.
- c. Pembuatan dan analisis enzim selulase
- d. Enzim dari jamur *Aspergillus niger* digunakan untuk proses hidrolisis dengan variasi konsentrasi 10 % v/b, 15 % v/b, dan 20 % v/b pada suhu 50 °C.
- e. Variasi waktu hidrolisis adalah 5 jam, 10 jam, 15 jam, 20 jam, dan 25 jam.
- f. Variasi pH pada waktu hirolisis dan konsentrasi optimum enzim yaitu 4, 5, dan 6.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini

- a. Memberi informasi pengaruh konsentrasi enzim selulase dari *Aspergillus niger* pada proses hidrolisis enzimatik untuk menghasilkan produk gula pereduksi.
- b. Memberi informasi mengenai pengaruh waktu hidrolisis enzimatik untuk menghasilkan produk gula pereduksi.
- c. Limbah sekam padi dapat dimanfaatkan secara optimal untuk sumber bahan bakar alternatif.
- d. Menambah nilai jual pada limbah sekam padi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adekunle, Abiodun E., Taposhi Rabeya, Farjana Jehadin, Mohammad A. Asad, Olubunmi O. Ayodele, dan Md Saiful Islam. 2020. "Compressed hot water pretreatment enhanced bioethanol production from corn stalk." *Bioresource Technology Reports* 12(September):100595. doi: 10.1016/j.biteb.2020.100595.
- Aditiya, H. B., T. M. I. Mahlia, W. T. Chong, Hadi Nur, dan A. H. Sebayang. 2016. "Second generation bioethanol production: A critical review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 66:631–53. doi: 10.1016/j.rser.2016.07.015.
- Agustriyanto, Rudy, dan Akbarningrum Fatmawati. 2014. "Pemodelan Batch Hidrolisa Enzimatis Sabut Kelapa dengan Pengolahan Awal Larutan Basa." *Prosiding Seminar Nasional TEKNOIN* 24–26.
- Ahmaruzzaman, M., dan Vinod K. Gupta. 2011. "Rice husk and its ash as low-cost adsorbents in water and wastewater treatment." *Industrial and Engineering Chemistry Research* 50(24):13589–613. doi: 10.1021/ie201477c.
- Alvira, P., E. Tomás-Pejó, M. Ballesteros, dan M. J. Negro. 2010. "Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: A review." *Bioresource Technology* 101(13):4851–61. doi: 10.1016/j.biortech.2009.11.093.
- Arismendy Pabón, Ana María, Fernando E. Felissia, Carolina M. Mendieta, Ester Chamorro, dan María Cristina Area. 2020. "Improvement of bioethanol production from rice husks." *Cellulose Chemistry and Technology* 54(7–8):689–98. doi: 10.35812/CelluloseChemTechnol.2020.54.68.
- Axelsson, Josefin. 2011. *Separate Hydrolysis and Fermentation of Pretreated Spruce* *Separate Hydrolysis and Fermentation of Pretreated Spruce*.
- Azizah, Mia, dan Mira Humairoh. 2015. "Analisis Kadar Amonia (NH<sub>3</sub>) Dalam Air Sungai Cileungsi." *Nusa Sylva* 15(82):47–54.
- Bezerra, Rui M. F., dan Albino A. Dias. 2004. "Discrimination among eight modified Michaelis-Menten kinetics models of cellulose hydrolysis with a large range of substrate/enzyme ratios: Inhibition by cellobiose." *Applied Biochemistry and Biotechnology - Part A Enzyme Engineering and Biotechnology* 112(3):173–84. doi: 10.1385/ABAB:112:3:173.
- Bisswanger, Hans. 2017. *Enzyme Kinetics Principles and Methods*.
- Cacua, A., J. J. Gelvez, D. C. Rodríguez, dan J. W. Parra. 2018. "Production of bioethanol from rice husk pretreated with alkalis and hydrolyzed with acid cellulase at pilot scale." *Journal of Physics: Conference Series* 1126(1). doi: 10.1088/1742-6596/1126/1/012034.

- Carvalho, M. L., R. Sousa, U. F. Rodríguez-Zúñiga, C. A. G. Suarez, D. S. Rodrigues, R. C. Giordano, dan R. L. C. Giordano. 2013. "Kinetic study of the enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse." *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 30(3):437–47. doi: 10.1590/S0104-66322013000300002.
- Cheng, Jay J., dan Govinda R. Timilsina. 2011. "Status and barriers of advanced biofuel technologies: A review." *Renewable Energy* 36(12):3541–49. doi: 10.1016/j.renene.2011.04.031.
- Datta, Rathin. 1981. "Acidogenic fermentation of lignocellulose—acid yield and conversion of components." *Biotechnology and Bioengineering* 23(9):2167–70. doi: 10.1002/bit.260230921.
- Dini, Isna Rahma, dan Ifah Munifah. 2014. "Produksi dan karakterisasi Enzim Selulase Ekstrak Kasar dari Bakteri yang Diisolasi dari Limbah Rumput Laut." *Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia* 06(03):69–75.
- Gunam, IBW, dan NM Wartini. 2013. "Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakaraifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar Dari *Aspergillus*." *Jurnal Teknologi ...* 34:24–32.
- Haldar, Dibyajyoti, Kalyan Gayen, dan Dwaipayan Sen. 2018. "Enumeration of monosugars' inhibition characteristics on the kinetics of enzymatic hydrolysis of cellulose." *Process Biochemistry* 72(June):130–36. doi: 10.1016/j.procbio.2018.06.008.
- Herlambang, Susila., Susanti. Rina, dan Heru Tri Sutiono. 2017. "Biomassa sebagai Sumber Energi Masa Depan." *Buku Ajar*.
- Inggrid, H Maria., ign suharto. 2012. "151-271-1-SM.pdf."
- Inggrid, H. Maria, Reinaldo Wong, dan Herry Santoso. 2016. "Pretreatment Bonggol Jagung dengan Alkali Peroksida dan Hidrolisis Enzim." *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* 1–6.
- Irawan, Deddy, dan Zainal Arifin. 2012. "Sintesa Gula Dari Sampah Organik Dengan Proses Hidrolisis Menggunakan Katalis Asam." *Reaktor* 14(2):118. doi: 10.14710/reaktor.14.2.118-122.
- Je, Marcin, Emilia Soszka, Martyna Czapnik, Agnieszka M. Ruppert, dan Jacek Grams. 2019. "Second and Third Generation of Feedstocks: Chapter 6 Physical and chemical pretreatment of lignocellulosic biomass." 143–96.
- Kim, Jun Seok, Y. Y. Lee, dan Tae Hyun Kim. 2016. "A review on alkaline pretreatment technology for bioconversion of lignocellulosic biomass." *Bioresourc Technology* 199:42–48. doi: 10.1016/j.biortech.2015.08.085.
- Kim, Tae Hyun, Frank Taylor, dan Kevin B. Hicks. 2008. "Bioethanol production

- from barley hull using SAA (soaking in aqueous ammonia) pretreatment.” *Bioresource Technology* 99(13):5694–5702. doi: 10.1016/j.biortech.2007.10.055.
- Kodir, Kiagus, Yuana Juwita, dan Triyandar Arif. 2016. “Inventarisasi dan karakteristik morfologi padi lokal lahan rawa di Sumatera Selatan.” *Bul. Plasma Nuftah* 22(2):101–8.
- Kusumaningrum, Ambar, Ida Bagus Wayan Gunam, dan I. Made Mahaputra Wijaya. 2019. “Optimasi Suhu Dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Endoglukanase Menggunakan Response Surface Methodology (RSM).” *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri* 7(2):243. doi: 10.24843/jrma.2019.v07.i02.p08.
- Lynd, Lee R., Paul J. Weimer, Willem H. Van Zyl, dan S. Isak. 2002. “Microbial Cellulose Utilization : Fundamentals and Biotechnology Microbial Cellulose Utilization : Fundamentals and Biotechnology Downloaded from <http://mmbr.asm.org/> on February 6 , 2013 by Iindian Institute Of Technology Madras.” *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 66(3):506–77. doi: 10.1128/MMBR.66.3.506.
- Merina, Fitria, dan Yulinah Trihadiningrum. 2011. “Produksi bioetanol dari eceng gondok.” *PRODUKSI BIOETANOL DARI ECENG GONDOK (Eichhornia crassipes) dengan Zymomonas mobilis dan Saccharomyces cerevisiae* 2:1–9.
- Mosier, Nathan, Charles Wyman, Bruce Dale, Richard Elander, Y. Y. Lee, Mark Holtzapple, dan Michael Ladisch. 2005. “Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass.” 96:673–86. doi: 10.1016/j.biortech.2004.06.025.
- Murtiyaningsih Hidayah, Hazmi Muhammad. 2017. “Isolation And Celullace Enzyme Activities Assays In Cellulolytic Bacteria OriginFrom Soil Waste.” *Agritrop* 15(Desember):293–308.
- Nababan, Monalisa, Ida Bagus Wayan Gunam, dan I. Made Mahaputra Wijaya. 2019. “Produksi Enzim Selulase Kasar Dari Bakteri Selulolitik.” *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri* 7(2):190. doi: 10.24843/jrma.2019.v07.i02.p03.
- Nathan, Vinod Kumar, Mary Esther Rani, Gunaseeli Rathinasamy, Kannan Narayanan Dhiraviam, dan Sridhar Jayavel. 2014. “Process optimization and production kinetics for cellulase production by *Trichoderma viride* VKF3.” *SpringerPlus* 3(1):1–12. doi: 10.1186/2193-1801-3-92.
- Nguyen, Tam Anh D., Kyoung Rok Kim, Se Jong Han, Hwa Young Cho, Jin Woo Kim, Sung Min Park, Jae Chan Park, dan Sang Jun Sim. 2010. “Pretreatment of rice straw with ammonia and ionic liquid for lignocellulose conversion to fermentable sugars.” *Bioresource Technology* 101(19):7432–38. doi: 10.1016/j.biortech.2010.04.053.



- Niju, S., dan M. Swathika. 2019. "Delignification of sugarcane bagasse using pretreatment strategies for bioethanol production." *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 20(May):101263. doi: 10.1016/j.bcab.2019.101263.
- Novia, Novia, Hasanudin Hasanudin, Hermansyah Hermansyah, dan Ahmad Fudholi. 2022. "Kinetics of Lignin Removal from Rice Husk Using Hydrogen Peroxide and Combined Hydrogen Peroxide – Aqueous Ammonia Pretreatments."
- Novia, Novia, Defri Hasock, dan Muhammad Alief Hathami. 2020. "Praperlakuan Hidrogen Peroksida Dan Aqueous Ammonia Pada Pembuatan Bioetanol Dari Sekam Padi." 12.
- Novia, Novia, dan and Firdha Wani Chairunnisah Hermansyah, Hasanuddin, Cindy Tamara. 2021. "Enhanced Bioethanol Production by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Pretreatment-Hydrolysis-Fermentation of Rice Husk." *SICETO* 10.
- Novia, Novia, Muhammad Said, dan Asyeni Miftahul Jannah. 2020. "Aqueous Ammonia Soaking-Dilute Acid Pretreatment to Produce Bioethanol from Rice Hull." 62(03):891–900.
- Novia, Novia, Ika Utami, dan Lia Windiyati. 2014. "Pembuatan Bioetanol Dari Sekam Padi Menggunakan Kombinasi Soaking in Aqueous Ammonia (SAA) Pretreatment – Acid Pretreatment – Hidrolisis – Fermentasi." *Jurnal Teknik Kimia* 20(1):46–53.
- Novia, Astriana Windarti, dan Rosmawati. 2014. "Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Metode Ozonolisis-Simultaneous an Fermentation (SSF) –." *Jurnal Teknik Kimia* 20(3):38–48. doi: Jurnal Teknik Kimia No. 3, Vol. 20, Agustus 2014.
- Octavia, Silvi. 2016. "Pengurangan Kadar Lignin Pada Biomassa Lignoselulosik Menggunakan Urea Untuk Meningkatkan Perolehan Glukosa Bahan Mentah Bioetanol." *Jurnal Katalisator* 1(1). doi: 10.22216/jk.v1i1.948.
- Pabon, Ana Maria Arismendy, Fernando E. Felissia, Carolina M. Mendieta, Ester Chamorro, dan María Cristina Area. 2020. "Improvement of bioethanol production from rice husks." *Cellulose Chemistry and Technology* 54(7–8):689–98. doi: 10.35812/CelluloseChemTechnol.2020.54.68.
- Perry, Robert H., dan Don W. Green. 1997. *Chemical Engineers' Handbook*.
- Pujiati, Muh. Waskito Ardhi, dan Endry Nugroho Prasetyo. 2018. *Bioteknologi berbasis proyek (produksi purifikasi enzim selulase dari kapang Trichoderma viride dan potensinya dalam bioscouring)*.
- Rabelo, Sarita C., Rafael R. Andrade, Rubens Maciel Filho, dan Aline C. Costa. 2014. "Alkaline hydrogen peroxide pretreatment, enzymatic hydrolysis and

- fermentation of sugarcane bagasse to ethanol." *Fuel* 136:349–57. doi: 10.1016/j.fuel.2014.07.033.
- Ryu, Dewey D. Y., dan Sun BOK Lee. 1986. "Enzymatic hydrolysis of cellulose: Determination of kinetic parameters." *Chemical Engineering Communications* 45(1–6):119–34. doi: 10.1080/00986448608911377.
- Sakimoto, Kouki, Machi Kanna, dan Yukihiro Matsumura. 2017. "Kinetic model of cellulose degradation using simultaneous saccharification and fermentation." *Biomass and Bioenergy* 99:116–21. doi: 10.1016/j.biombioe.2017.02.016.
- Sari, Anisa Rachma, Endang Kusdoyantini, dan MG Isworo Rukmi. 2017. "Produksi Selulase Oleh Kapang *Aspergillus* sp. Hasil Isolasi dari Limbah Pengolahan Sagu (*Metroxylon* sp.) Dengan Variasi Konsentrasi Inokulum pada Fermentasi Terendam Statis." *Jurnal Biologi* 6(1):11–20.
- Saropah, Dyah Ayu. Jannah, Akyunul . Maunatin, Anik. 2012. "Kinetika Reaksi Enzimatis Ekstrak Kasar Enzim Selulase Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi Dari Bekatul." *Zeitschrift fur Allgemeinmedizin* 2(1):34–35.
- Shuler, Michael L., dan Fikret Kargi. 2022. "Bioprocess Engineering." Hal. 576 in *Engineering*. America.
- Siahaan, Satriyani, Melvha Hutapea, dan Rosdanelli Hasibuan. 2013. "Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi." *Jurnal Teknik Kimia USU* 2(1):26–30.
- Sina, Nanda Widya Fibni, Asti Aprilya Sukmaria, dan Sri Redjeki. 2020. "Studi Kinetika Reaksi Fermentasi Selulosa Tongkol Jagung Menggunakan Enzim Selulase pada Reaktor Batch." *Journal of Chemical and Procces Engineering* 1(2):14–19.
- Singh, Renu, Ashish Shukla, Sapna Tiwari, dan Monika Srivastava. 2014. "A review on delignification of lignocellulosic biomass for enhancement of ethanol production potential." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32:713–28. doi: 10.1016/j.rser.2014.01.051.
- Siripong, Premjet, Premjet Doungporn, Hah Young Yoo, dan Seung Wook Kim. 2018. "A Review Article of Biological Pre-Treatment of Agricultural Biomass Improvement of sugar recovery from *Sida acuta* ( Thailand Weed ) by NaOH pretreatment and application to bioethanol production." (December). doi: 10.1007/s11814-018-0170-1.
- Sofihidayati, Trirakhma. 2014. "Pengaruh pH Dan Kation Terhadap Aktivitas Enzim  $\beta$ -Glukosidase *Aspergillus foetidus* (Naka.)." 28:145–58.
- Sun, Ye, dan Jiayang Cheng. 2002. "Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production : a review q." 83:1–11.

- Susilowati, DN, AD Setiyani, Nani Radiastuti, I. Sofiana, dan Y. Suryadi. 2020. "Keragaman Enzim Ekstraseluler Dihasilkan Oleh Jamur Endofit Asal *Centella asiatica* ( L .) Urban / Diversity of Extracellular Enzymes Produced by Endophytic Fungus Originated from Cen ... *Centella asiatica* ( L .) Urban Diversity of Extracellular Enzymes Pr." *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 26(2):78–91.
- Taherzadeh, Mohammad J., dan Keikhosro Karimi. 2008. *Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: A review*. Vol. 9.
- Thomas, Leya, Binod Parameswaran, dan Ashok Pandey. 2016. "Hydrolysis of pretreated rice straw by an enzyme cocktail comprising acidic xylanase from *Aspergillus* sp. for bioethanol production." *Renewable Energy* 98:9–15. doi: 10.1016/j.renene.2016.05.011.
- Ude, Michael U., Ike Oluka, dan Paul C. Eze. 2020. "Optimization and kinetics of glucose production via enzymatic hydrolysis of mixed peels." *Journal of Bioresources and Bioproducts* 5(4):283–90. doi: 10.1016/j.jobab.2020.10.007.
- Walker, Graeme M. 2012. *Bioethanol: Science and technology of fuel alcohol*.
- Wiratmaja, I. Gede, I. Gusti Bagus, Wijaya Kusuma, dan I. Nyoman Suprpta Winaya. 2011. "Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumpuk Laut *Eucheuma Cottonii* Sebagai Bahan Baku I Gede Wiratmaja (1) , I Gusti Bagus Wijaya Kusuma (2) dan I Nyoman Suprpta Winaya (2)." 5(1).
- Yuniarti, Dewi Putri, Surya Hatina, dan Winta Efrinalia. 2018. "Pengaruh Jumlah Ragi Dan Waktu." *Jurnal Redoks* 3(2):1–12.