



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Palembang-Prabumulih, KM 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662  
Telepon (0711) 580739, Faksimile (0711) 580741  
Pos El [ftunsri@unsri.ac.id](mailto:ftunsri@unsri.ac.id)

**KEPUTUSAN  
REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
Nomor : 0191/UN9.FT/TU.SK/2021**

**Tentang**

**NAMA DOSEN PEMBIMBING TESIS  
PADA PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
PERIODE SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2020/2021**

**REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

- MEMPERHATIKAN** : Surat Koordinator Program Studi Magister Teknik Kimia Nomor : 025/UN9.1.3.2/KM/TK/2021 tanggal 3 Maret 2021, tentang Penerbitan surat keputusan Pembimbing Tesis Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- MENIMBANG** : a. bahwa agar pelaksanaan Perkuliahan Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021 terlaksana, di pandang perlu menerbitkan Surat Keputusan kepada saudara-saudara untuk membimbing Tesis mahasiswa pada Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.  
b. bahwa Sehubungan dengan butir a tersebut diatas, maka perlu dikeluarkan Surat Keputusan sebagai Pedoman dan landasan hukumnya
- MENGINGAT** : 1. Undang-Undang Nomor : 22 Tahun 1961 Tentang Perguruan Tinggi.  
2. Undang-Undang Nomor : 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional.  
3. Peraturan Pemerintah Nomor : 42 Tahun 1960 Tentang Pendirian Universitas Sriwijaya..  
4. Peraturan Pemerintah Nomor : 60 Tahun 1999 Tentang Pendidikan Tinggi.  
5. Peraturan Pemerintah Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi.  
6. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor : 32031/M/KP/2019, tanggal 24 September 2019. Tentang Pengangkatan Rektor  
7. Keputusan Rektor Unsri No. 110/UN9/SK.BAK.Ak/2020, tanggal 23 Juli 2020, tentang Kalender Akademik Universitas Sriwijaya TA 2020/2021.  
8. Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya Nomor : 0108/UN9/SK.BUK.KP/2021 tanggal 24 Februari 2021 tentang Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya masa tugas 2021 – 2025.  
9. Keputusan Rektor Unsri No. 0015/UN9/KP/2012 tentang Pengalihan Status (kedudukan) Pengelolaan Program Studi Magister Teknik Kimia Konsentrasi Teknologi Energi, Program Studi Magister Teknik Sipil dan Program Studi Magister Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya dibawah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

**MEMUTUSKAN**

- MENETAPKAN**  
Pertama : Nama Dosen Pembimbing Tesis Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Periode Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021  
Kedua : Segala biaya yang timbul akibat dikeluarkannya Surat Keputusan ini dibebankan kepada anggaran Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, atau anggaran yang disediakan untuk itu.  
Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan, dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya apabila terdapat kekeliruan dalam Keputusan ini.

Ditetapkan di : Indralaya  
Pada tanggal : 15 Maret 2021

*(Signature)*  
n. Rektor  
Dekan,

**Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T**  
NIP. 196706151995121002

**TEMBUSAN :**

1. Rektor Universitas Sriwijaya
2. Para Wakil Dekan dalam lingkungan FT. Unsri
3. Koordinator Program Studi Magister Teknik Kimia FT. Unsri
4. Dosen Pembimbing
5. Yang Bersangkutan



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Palembang-Prabumulih, KM 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662  
Telepon (0711) 580739, Faksimile (0711) 580741  
Pos El [ftunsri@unsri.ac.id](mailto:ftunsri@unsri.ac.id)

Lampiran : Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya  
Nomor : 0191/UN9.FT/TU.SK/2021  
Tanggal : 15 Maret 2021

Daftar Nama Dosen Pembimbing Tesis Mahasiswa Magister Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

No	Nama/Nim/BKU	Dosen Pembimbing
1.	A.Fajrin K. Wijaya 03012682024002 Teknologi Energi	1. Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng 2. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
2.	Ahmad Fathoni El Fikri 03012682024008 Teknologi Energi	1. Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng 2. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
3.	Winta Efrinalia 03012682024010 Teknologi Lingkungan	1. <b>Dr. Novia, ST.,MT</b> 2. Elda Melwita, ST.,MT.,Ph.D

a.n. Rektor  
Dekan,

Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T  
NIP. 196706151995121002

**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**

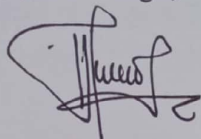
**KINETIKA HIDROLISIS ENZIMATIK DARI SELULOSA  
SEKAM PADI YANG DIBERI PRAPERLAKUAN  
HIDROGEN PEROKSIDA-AQUEOUS AMMONIA**

**TESIS**

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

Palembang, November 2022

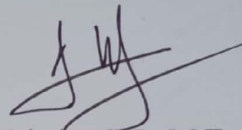
Pembimbing I,



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

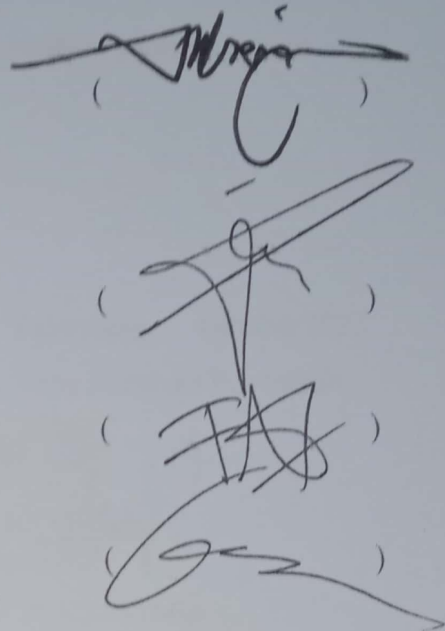
Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis

Ketua :

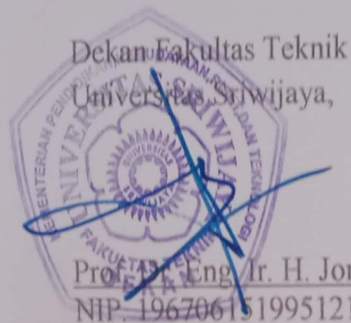
1. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D.  
NIP. 196009091987031004

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

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Hipotesa.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Biomassa Lignoselulosa .....	5
2.1.1 Selulosa.....	5
2.1.2 Hemiselulosa.....	6
2.1.3 Lignin.....	7
2.2 Sekam Padi .....	8
2.3 Delignifikasi.....	10
2.3.1 Pretreatment Fisika .....	12
2.3.2 Pretreatment Biologi.....	12
2.3.3 Pretreatment Kimia.....	13

2.3.3.1 Pretreatment Hidrogen Peroksida .....	14
2.3.3.2 Pretreatment <i>Aquoeus Ammonia</i> .....	14
2.4 Hidrolisis.....	17
2.4.1 Hidrolisis Asam .....	17
2.4.2 Hidrolisis Enzimatik .....	18
2.4.2.1 Kinetika Hidrolisis Enzimatik .....	19
2.4.2.2 Efek pH Terhadap Kinetika Hidrolisis Enzimatik.....	22
2.5 Bioetanol.....	23
2.6 Penelitian Terdahulu.....	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2 Peralatan Dan Bahan .....	26
3.2.1 Peralatan .....	26
3.2.2 Bahan.....	27
3.3 Rancangan Penelitian .....	27
3.4 Metode Penelitian.....	28
3.4.1 Preparasi Sampel .....	28
3.4.2 Delignifikasi.....	28
3.4.3 Pembuatan Enzim Selulase Dari <i>Aspergillus Niger</i> .....	28
3.4.2 Hidrolisis Enzimatik .....	29
3.5 Analisis Produk.....	30
3.5.1 Analisis Metode Chesson.....	30
3.5.2 Uji Aktivitas Enzim Selulase .....	31
3.5.3 Analisis Kadar Protein Enzim .....	32
3.5.4 Analisis Kadar Gula Pereduksi.....	32
3.5.5 Perhitungan Kinetika Reaksi Hidrolisis.....	32
3.6 Analisis Penyajian Data.....	33
3.7 Diagram Alir .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1 Pengaruh Delignifikasi Terhadap Komposisi Sekam Padi.....	38
4.2 Karakterisasi Ekstrak Enzim Selulase .....	42

4.3 Hidrolisis Enzimatik.....	46
4.3.1 Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Gula pereduksi (Glukosa) .....	46
4.3.2 Pengaruh pH Terhadap Gula pereduksi .....	49
4.4 Kinetika Reaksi Enzim Selulase .....	50
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan .....	56
5.2 Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Metode Chesson .....	63
Lampiran B Data Perhitungan Enzim .....	65
Lampiran C Perhitungan Gula Pereduksi.....	68
Lampiran D Perhitungan Kinetika Reaksi .....	70

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Komposisi Beberapa Sumber Lignoselulosa.....	8
Tabel 2.2.	Komposisi Unsur Kimia dalam Sekam Padi .....	9
Tabel 2.3.	Kelebihan dan Kekurangan dari Proses <i>Pretreatment</i> .....	16
Tabel 2.4.	Sifat Fisika Etanol.....	24
Tabel 4.1.	Hasil Analisa Komposisi Sekam Padi Sebelum dan Sesudah <i>Pretreatment</i> .....	39
Tabel 4.2.	Data Uji SEM-EDS Komposisi Unsur Sekam Padi Sebelum dan Sesudah <i>Pretreatment</i> .....	42
Tabel 4.3.	Data Aktivitas Enzim Selulase dan Kadar Protein.....	45
Tabel 4.4.	Kadar Gula Pereduksi pada Berbagai Variasi Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Enzim dengan Kondisi pH 5 .....	46
Tabel 4.5.	Perbandingan Kadar Gula Pereduksi dengan Penelitian Sebelumnya.....	47
Tabel 4.6.	Data Analisa Gula Pereduksi Variasi pH pada Konsentrasi 20 % dan Waktu Hidrolisis 25 Jam .....	49
Tabel 4.7.	Data Kinetika Hidrolisis Enzimatik Peneliti dengan Penelitian sebelumnya .....	53



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur Kimia Selulosa .....	6
Gambar 2.3.	Struktur Kimia Hemiselulosa .....	7
Gambar 2.3.	Struktur Penyusun Lignin.....	7
Gambar 2.4.	Skema <i>Pretreatment</i> Lignoselulosa .....	11
Gambar 3.1.	Diagram Alir Persiapan Bahan Baku .....	33
Gambar 3.2.	Diagram Alir Praperlakuan Hidrogen Peroksida .....	33
Gambar 3.3.	Diagram Alir Praperlakuan <i>Aqueous Ammonia</i> .....	34
Gambar 3.4.	Diagram Alir Pembuatan Enzim Selulase .....	35
Gambar 3.5.	Diagram Alir Hidrolisis Enzimatik .....	36
Gambar 3.6.	Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	37
Gambar 4.1.	Komposisi Sekam Padi Sebelum Dan Sesudah Pretreatment .....	39
Gambar 4.2.	Gambar Uji SEM-EDS Sekam Padi Sebelum Pretreatment.....	41
Gambar 4.3.	Gambar Uji SEM-EDS Sekam Padi Pretreatment H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	41
Gambar 4.4.	Gambar Uji SEM-EDS Sekam Padi Pretreatment NH <sub>4</sub> OH.....	42
Gambar 4.5.	Gambar Larutan Standar Glukosa.....	43
Gambar 4.6.	Gambar Larutan Standar Protein (BSA) .....	44
Gambar 4.7.	Hubungan Konsentrasi Gula Pereduksi dan Selulosa terhadap fungsi Waktu Hidrolisis pada konsentrasi enzim selulase 10 % .....	48
Gambar 4.8.	Hubungan Konsentrasi Gula Pereduksi dan Selulosa terhadap fungsi Waktu Hidrolisis pada konsentrasi enzim selulase 15 % .....	48
Gambar 4.9.	Hubungan Konsentrasi Gula Pereduksi dan Selulosa terhadap fungsi Waktu Hidrolisis pada konsentrasi enzim selulase 20 % .....	48
Gambar 4.10.	Hubungan Antara $[P] / \ln\{[P]_{\infty}/[P]_{\infty} - [P]\}$ dengan $[E]_0 / \ln\{[P]_{\infty}/[P]_{\infty}[P]\}$ pada Konsentrasi Enzim 10 % .....	51
Gambar 4.11.	Hubungan Antara $[P] / \ln\{[P]_{\infty}/[P]_{\infty} - [P]\}$ dengan $[E]_0 / \ln\{[P]_{\infty}/[P]_{\infty}[P]\}$ pada Konsentrasi Enzim 15 % .....	51
Gambar 4.12.	Hubungan Antara $[P] / \ln\{[P]_{\infty}/[P]_{\infty} - [P]\}$ dengan $[E]_0 / \ln\{[P]_{\infty}/[P]_{\infty}[P]\}$ pada Konsentrasi Enzim 20 % .....	52

- Gambar 4.13. Variasi Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Gula Pereduksi pada pH 5 dan Waktu Hidrolisis 5 Jam ..... 54
- Gambar 4.14. Variasi Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Gula Pereduksi dan Selulosa pada pH 5 dan Waktu Hidrolisis 5 Jam..... 54

## DAFTAR SIMBOL

[P]	Konsentrasi produk pada waktu t	Mol L <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup>
[P] <sub>∞</sub>	Konsentrasi produk akhir	Mol L <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup>
[S] <sub>0</sub>	Konsentrasi substrat awal	Mol L <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup>
[S]	Konsentrasi substrat pada waktu t	Mol L <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup>
V <sub>m</sub>	Kecepatan maksimum	Mol L <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup>
K <sub>m</sub>	Konstanta Michaelis – Menten	Mol L <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup>
T	Waktu hidrolisis	S <sup>-1</sup>
[E] <sub>0</sub>	Konsentrasi enzim	Mol L <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup>
k <sub>2</sub>	Konstanta kecepatan reaksi	Mol L <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup>
v	Kecepatan reaksi	Mol L <sup>-1</sup> S <sup>-1</sup>
EA	Aktifitas enzim	mg mL <sup>-1</sup> menit <sup>-1</sup>
C	Konsentrasi	mg mL <sup>-1</sup>
BM	Berat molekul	gram Mol <sup>-1</sup>

# **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

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Biomassa Lignoselulosa**

Biomassa merupakan sumber daya hayati yang terdiri dari ratusan dan ribuan spesies tanaman, daratan, lautan maupun dari sumber limbah seperti pertanian, peternakan, perhutanan, dan perindustrian. Bahan yang diperoleh dari makhluk hidup seperti tanaman disebut biomassa baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah besar (Novia dkk., 2014).

Menurut penulis (Herlambang dkk., 2017) biomassa sangat beragam dan klasifikasinya, salah satunya merujuk pada limbah hasil pertanian seperti jerami, sekam padi, btang padi, serbuk gergaji, dan sebagainya. Lignoselulosa merupakan mengandung tiga komponen utama penyusun dinding sel tanaman yaitu selulosa (30-50% berat), hemiselulosa (15-35% berat), dan lgnin (13-30% berat) (Gunam dan Wartini 2013). Lignoselulosa adalah sumber daya terbarukan paling melimpah yang tersedia di bumi yang akan memainkan peran penting sebagai sumber daya hayati alternatif untuk energi hayati (Thomas dkk., 2016).

Lignoselulosa dapat diperoleh dari berbagai macam jenis tanaman seperti batang kayu, dedaunan, umbi-umbian, ampas tebu, jerami padi, sekam padi, dan lain sebagainya. Dalam penelitian lain (Novia dkk., 2020), disebutkan bahwa produksi material lignoselulosa mencapai 200 Milyar ton / tahun di dunia, dimana lebih dari 90 % berasal dari residu biomassa lignoselulosa hal ini sesuai dengan pernyataan penelitian terdahulu Saini (2015).

#### **2.2.1. Selulosa**

Selulosa merupakan bagian terbesar dari lignoselulosa yaitu sekitar 30-60% dari total massa kering (Axelsson 2011). Selulosa ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> adalah penyusun utama dinding sel tanaman yang berbentuk serat dan berwarna putih. Selulosa tidak larut dalam air dan tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia. Hampir 50% karbohidrat yang berasal dari tumbuhan didominasi oleh selulosa (Wiratmaja dkk., 2011). Struktur kimia dari selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.1.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2021 sampai dengan Juni 2022 di Laboratorium Biokimia UPT. Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya.

#### **3.2. Peralatan dan Bahan**

##### **3.2.1 Peralatan**

- a) Ayakan 40 mesh
- b) Neraca Analitik
- c) Erlenmeyer
- d) Hot Plate Stirer
- e) Gelas kimia
- f) Gelas ukur
- g) Cawanpetri
- h) Batang pengaduk kaca
- i) Autoklaf
- j) Cork borer dan jarum ose
- k) Inkubator
- l) Pipet ukur
- m) Labu destilasi
- n) Labu penampung
- o) Kondensor
- p) Waterbath dan cooler
- q) Termometer
- r) Pompa sirkulasi
- s) Lampu spritus
- t) Spektrofotometer
- u) Oven
- v) Lauda
- w) Lemari asam

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Pengaruh Delignifikasi Terhadap Komposisi Sekam Padi**

Pada penelitian ini, delignifikasi atau pretreatment dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama menggunakan senyawa Hidrogen Peroksida. Hidrogen Peroksida dipilih karena terbukti menjadi pilihan yang baik untuk proses pretreatment karena bersifat oksidator kuat, larut dalam air serta memiliki kemampuan untuk merusak dinding lignin pada suhu dan tekanan yang rendah (Rabelo dkk., 2014; Ingrid dkk., 2016). Hidrogen Peroksida tergolong senyawa yang aman digunakan pada konsentrasi rendah.

Pada tahap selanjutnya adalah dengan menggunakan *aqueous ammonia*. Senyawa ini dipilih karena mempunyai selektivitas yang tinggi terhadap penurunan kadar lignin, dan mampu mempertahankan karbohidrat dalam bentuk aslinya (Octavia 2016). Dalam penelitian terdahulu (Novia dkk., 2020), pretreatment sekam padi menggunakan *aqueous ammonia* dengan konsentrasi 20 % (v/v) selama 5 jam terbukti mampu menurunkan lignin pada sekam padi. Ketersediaan *aqueous ammonia* cukup banyak dan memiliki harga yang cukup terjangkau.

Komposisi sekam padi sebelum dan sesudah pretreatment di analisis dengan menggunakan Metode Chesson, sehingga dapat diketahui kadar lignin, selulosa, hemiselulosa, HWS, dan abu. Adapun data komposisi Sekam Padi sebelum dan sesudah pretreatment dapat disajikan dalam Tabel 4.1 dan Gambar 4.1.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Konsentrasi enzim 20% menghasilkan gula pereduksi 1,7809 mg/mL yang lebih tinggi dibandingkan penelitian lain dengan bahan baku yang tidak diberi praperlakuan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – *aqueous ammonia*.
- b. Waktu hidrolisis selama 25 jam memberikan hasil gula pereduksi 1,7809 mg/mL yg lebih baik dari penelitian lain dengan bahan baku yang tidak diberi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – *aqueous ammonia*.
- c. Kondisi pH optimal untuk melakukan hidrolisis enzimatis adalah pH 5 yang memberikan hasil gula pereduksi 1,7809 mg/mL yang lebih baik dari penelitian lain dengan bahan baku yang tidak diberi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – *aqueous ammonia*.
- d. Enzim selulase dari *Aspergillus niger* memiliki kemampuan dalam menghidrolisis selulosa membentuk gula pereduksi (glukosa) sebesar 4,940 mg/mL atau 548,940 U/mL; protein sebesar 4,029 mg/mL atau 4029 µg/mL
- e. Kinetika reaksi enzimatis mengikuti kinetika Michaelis – Menten dengan konstanta (K<sub>m</sub>) 0,0001 sampai 0,0007 Mol L<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> dan Kecepatan Maksimum (V<sub>M</sub>) 1,3 x 10<sup>-7</sup> sampai 2,7 x 10<sup>-7</sup> Mol L<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>, reaksi berjalan lebih cepat dibandingkan dengan penelitian lain dengan bahan baku yang tidak diberi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – *aqueous ammonia*.

#### **5.2. Saran**

Untuk mendapatkan kadar gula reduksi yang maksimal pada saat hidrolisis enzimatis, perlu dilakukan optimasi karakterisasi enzim selulase terlebih dahulu seperti karakterisasi variasi pengaruh suhu, substrat biomassa, dan waktu produksi enzim. Selain itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pengujian senyawa penyusun gula pereduksi.



## 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.