

## SKRIPSI

### **Kinerja *Crude* Enzim Xilanase (CEX) Dalam Proses Delignifikasi Untuk Pembuatan Pulp Tongkol Jagung**



Diajukan oleh:

Nama: Anastasia Renitha      NRP: 5203021012

Nama: Theresia Laurensia Y.      NRP: 5203021013

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

**Nama** : Anastasia Renitha

**NRP** : 5203021012

telah diselenggarakan pada tanggal 29 Juli 2024, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 05 Agustus 2024

Pembimbing I



Ir. Ery Susiany Retnoingtyas, S.T.,  
M.T., Ph.D., IPM.

NIDN 0716067201

Pembimbing II



Ir. Aning Ayucitra, S.T., M.Eng.Sc.,  
Ph.D., IPM., ASEAN Eng.

NIDN 0710018103

### Dewan Penguji

Ketua



Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D.,  
IPP.

NIDN 0725119401

Sekretaris



Ir. Ery Susiany Retnoingtyas, S.T.,  
M.T., Ph.D., IPM.

NIDN 0716067201

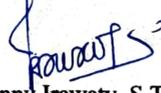
Anggota



Ir. Maria Yuliana, S.T., Ph.D., IPM.

NIDN 0706078605

Anggota



Ir. Wenny Irawaty, S.T., M.T.,  
Ph.D., IPM., ASEAN Eng.

NIDN 0702027301

### Mengetahui

Fakultas Teknik  
Dekan,  
  
Prof. Dr. Elycia Edi Soetaredjo, S.T.,  
M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.  
NIDN 0702047702

Program Studi Teknik Kimia  
Ketua Program Studi,  
  
Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,  
M.Phil., Ph.D., IPM.  
NIDN 0726127601

## LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : **Theresia Laurensia Yunita**

NRP : **5203021013**

telah diselenggarakan pada tanggal 29 Juli 2024, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 05 Agustus 2024

Pembimbing I

Ir. Ery Susiany Retnoningtyas, S.T.,  
M.T., Ph.D., IPM.

NIDN 0716067201

Pembimbing II

Ir. Aning Ayuqitra, S.T., M.Eng.Sc.,  
Ph.D., IPM., ASEAN Eng.

NIDN 0710018103

### Dewan Penguji

Ketua

Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D.,  
IPP.

NIDN 0725119401

Sekretaris

Ir. Ery Susiany Retnoningtyas, S.T.,  
M.T., Ph.D., IPM.

NIDN 0716067201

Anggota

Ir. Maria Yuliana, S.T., Ph.D., IPM.

NIDN 0706078605

Anggota

Ir. Wenny Irawaty, S.T., M.T.,  
Ph.D., IPM., ASEAN Eng.

NIDN 0702027301

### Mengetahui

Rektor Universitas Katolik Widya Mandala  
Surabaya  
Dekan, Fakultas Teknik  
Surabaya  
Ir. Lucia Edi Soetaredjo, S.T.,  
M.Phil., Ph.D., IPM., ASEAN Eng.  
NIDN 0702047702

Program Studi Teknik Kimia  
Ketua Program Studi,  
Universitas Katolik Widya Mandala  
Surabaya  
Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,  
M.Phil., Ph.D., IPM.  
NIDN 0726127601

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

**Nama : Anastasia Renitha**

**NRP : 5203021012**

Menyetujui karya ilmiah saya:

**Kinerja *Crude* Enzim Xilanase (CEX) Dalam Proses Delignifikasi Untuk Pembuatan Pulp Tongkol Jagung**

untuk dipublikasikan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 05 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Anastasia Renitha

NRP 5203021012

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

**Nama : Theresia Laurensia Yunita**

**NRP : 5203021013**

Menyetujui karya ilmiah saya:

**Kinerja *Crude* Enzim Xilanase (CEX) Dalam Proses Delignifikasi Untuk Pembuatan Pulp Tongkol Jagung**

untuk dipublikasikan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 05 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Theresia Laurensia Yunita

NRP 5203021013

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini, saya tersebut diatas juga menyatakan bahwa hasil karya ilmiah dalam bentuk Skripsi ini benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui ada pelanggaran dan penyelewengan dari peraturan akademik Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa Skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 05 Agustus 2024  
Yang menyatakan,



---

Anastasia Renitha  
NRP 5203021012

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini, saya tersebut diatas juga menyatakan bahwa hasil karya ilmiah dalam bentuk Skripsi ini benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui ada pelanggaran dan penyelewengan dari peraturan akademik Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa Skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 05 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Theresia Laurensia Yunita

NRP 5203021013

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya sehingga kami dapat menyusun skripsi yang berjudul “Kinerja *Crude* Enzim Xilanase (CEX) Dalam Proses Delignifikasi Untuk Pembuatan Pulp Tongkol Jagung” dengan baik. Penyusunan laporan ini merupakan salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini terkhusus kepada:

1. Tuhan Yesus yang memberikan kekuatan dan hiburan selama pengerjaan laporan ini;
2. Ir. Ery Susiany Retnoningtyas, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan, pengajaran serta masukan dalam penulisan laporan Skripsi;
3. Ir. Aning Ayucitra, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk mengarahkan, memberi masukan, saran, dan membimbing dalam penulisan laporan Skripsi;
4. Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D., IPP., Ir. Maria Yuliana, S.T., Ph.D., IPM., dan Ir. Wenny Irawaty, S.T., M.T., Ph.D., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen penguji yang telah banyak memberi saran dan kritik terkait laporan ini;
5. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan materi dan non materi serta juga dukungan moral sehingga laporan ini dapat terselesaikan;

6. Semua pihak yang terlibat dan ikut membantu dalam penulisan laporan ini yang penulis tidak bisa sebutkan namanya satu persatu-satu.

Adapun Skripsi yang telah penulis susun ini tentunya tidak terlepas dari kesalahan dan kelemahan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik guna peningkatan kualitas penelitian dan skripsi ke depannya. Diharapkan para pembaca berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Demikian, semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 5 Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
LEMBAR PERNYATAAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SKEMA	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian	3
I.3 Pembatasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Potensi Ketersediaan Tongkol Jagung	4
II.2 Cara Kerja Enzim Xilanase	6
II.3 Aerasi	12
II.4 Parameter yang Mempengaruhi Proses Pembuatan Pulp Non-kayu	14
BAB III METODE PENELITIAN	18
III.1 Rancangan Penelitian	18
III.2 Bahan	20
III.3 Alat	20
III.4 Instrumentasi	21
III.5 Persiapan Bahan Baku	21
III.6. Delignifikasi Enzimatik: <i>Crude</i> Enzim Xilanase	22
III.7. Metode Aerasi	22
III.8. Desain Eksperimen	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27

IV.1. Penyiapan Bahan Baku Tongkol Jagung	27
IV.2. Pengaruh Delignifikasi Enzimatik Dengan <i>Crude</i> Enzim Xilanase (CEX) Terhadap Karakterisasi Tongkol Jagung	28
IV.3. Kondisi Optimum Delignifikasi Enzimatik <i>Crude</i> Enzim Xilanase (CEX)	33
IV.4. Pengaruh Metode Aerasi Terhadap Karakterisasi Tongkol Jagung Pada Kondisi Optimum RSM	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
V.1. Kesimpulan	49
V.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN A	58
LAMPIRAN B	72
LAMPIRAN C	81

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel II.1</b>	Komposisi Tongkol Jagung	6
<b>Tabel II.2</b>	Syarat Bahan Baku Dalam Pembuatan Pulp	6
<b>Tabel II.3</b>	Perbandingan Enzim Xilanase dan Enzim Lakase pada Metode Biodelignifikasi	11
<b>Tabel II.4</b>	Perbandingan Bilangan Kappa dari Berbagai Parameter Setelah Melalui Proses Delignifikasi	15
<b>Tabel III.1</b>	Desain Eksperimental	23
<b>Tabel III.2</b>	Desain Uji Orde Dua <i>Response Surface Methodology</i>	24
<b>Tabel IV.1</b>	Karakteristik Tongkol Jagung Tanpa Treatment	27
<b>Tabel IV.2</b>	Hasil Aktivitas <i>Crude</i> Enzim Xilanase (CEX) Setelah Proses Delignifikasi Enzimatik	32
<b>Tabel IV.3</b>	Hasil Uji Orde Dua <i>Response Surface Methodology</i>	34
<b>Tabel IV.4</b>	<i>The Estimation Regression Coefficient and Their Significance for The Calculation of Celullose, Hemicelullose and Lignin Percentage, Generated by ANOVA</i>	35
<b>Tabel IV.5</b>	<i>The ANOVA Results for The Fitted Regression Model</i>	40
<b>Tabel IV.7</b>	Validasi Keakuratan Data Pada Kondisi Optimum	44

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar II.1</b>	Perkiraan Total Tongkol Jagung yang Dihasilkan (Kuintal/Hektar)	5
<b>Gambar II.2</b>	Struktur Enzim Xilanase	7
<b>Gambar II.3</b>	Reaksi Hidrolisis Xilan Menjadi Xilosa	9
<b>Gambar II.4</b>	Mekanisme Aerasi	13
<b>Gambar IV.1</b>	Hasil Karakterisasi Tongkol Jagung (raw material) vs Tongkol Jagung Setelah Delignifikasi Enzimatik CEX Dalam Berbagai Konsentrasi dan Waktu Reaksi	28
<b>Gambar IV.2</b>	Hasil Sisa Larutan Delignifikasi Enzimatik Menggunakan CEX	31
<b>Gambar IV.3</b>	Hasil Grafik Regresi Polinomial Orde Dua ( <i>R-square</i> )	41
<b>Gambar IV.4</b>	Countour Plot dari Respon Surface Methodology (RSM)	42
<b>Gambar IV.5</b>	Respon Surface Plot dari Interaksi Antara Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin Terhadap Konsentrasi Enzim serta Waktu Reaksi	43
<b>Gambar IV.6</b>	<i>Response Optimization</i>	43
<b>Gambar IV.7</b>	Mekanisme Aerasi Pada Tongkol Jagung	46
<b>Gambar IV.4</b>	Hasil Karakterisasi Tongkol Jagung Setelah Aerasi dari Hasil Delignifikasi CEX dengan Konsentrasi CEX 2,5% dan Waktu Reaksi 29 jam	47
<b>Gambar C.1</b>	Hasil Karakterisasi Tongkol Jagung Setelah Delignifikasi Enzimatik CEX Dengan Pengujian Pengaduk dan Tanpa Pengaduk	81
<b>Gambar C.2</b>	Hasil Tongkol Jagung Setelah Delignifikasi Enzimatik CEX Dengan Pengujian Pengaduk dan Tanpa Pengaduk	82
<b>Gambar C.3</b>	Hasil Karakteristik Tongkol Jagung Setelah Aerasi Dengan Perlakuan Pemanasan dan Tanpa Pemanasan	83
<b>Gambar C.4</b>	Hasil Tongkol Jagung Setelah Aerasi Dengan Pengujian Pemanasan dan Tanpa Pemanasan	84
<b>Gambar C.5</b>	Hasil Karakterisasi Tongkol Jagung Setelah Aerasi dari Hasil Delignifikasi CEX dengan Berbagai Konsentrasi CEX dan Waktu Reaksi	86

## DAFTAR SKEMA

<b>Skema 1.</b>	Alur Penelitian	19
<b>Skema 2.</b>	Persiapan Bahan Baku	21
<b>Skema 3.</b>	Delignifikasi Enzimatik	22
<b>Skema 4.</b>	Metode Aerasi	23
<b>Skema 5.</b>	Analisis Kadar Selulosa	59
<b>Skema 6.</b>	Analisis Kadar Lignin	60
<b>Skema 7.</b>	Analisis Kadar Hemiselulosa	61
<b>Skema 8.</b>	Analisis Kadar Abu	62
<b>Skema 9.</b>	Analisis Bilangan Kappa	63

## ABSTRAK

Industri pulp dan kertas merupakan salah satu industri terbesar di dunia. Industri ini telah lama dikaitkan dengan tantangan lingkungan, terutama penebangan pohon yang berlebihan untuk memenuhi permintaan pulp kertas yang terus meningkat. Selain itu, proses produksi kertas juga menggunakan bahan kimia seperti senyawa berbasis klorin dan soda dalam proses delignifikasi lignin yang menyebabkan pencemaran lingkungan dengan menimbulkan polusi air dan risiko bagi ekosistem perairan. Dalam penelitian ini, limbah tongkol jagung dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pulp, dimana limbah tongkol jagung yang digunakan memiliki kandungan selulosa 41,7%. Metode delignifikasi yang telah dilakukan menggunakan *crude* enzim xilanase (CEX), yang dapat membantu memecah rantai xilan dalam lignoselulosa dan meningkatkan efektivitas proses delignifikasi. Untuk melengkapi substitusi enzim, penambahan metode aerasi dapat semakin meningkatkan kelestarian lingkungan produksi pulp kertas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh delignifikasi enzimatik menggunakan CEX dengan variasi dosis enzim (1,5 – 3% dari 300 mL campuran buffer asetat) dan waktu reaksi (24 - 36 jam) terhadap pulp tongkol jagung yang ditinjau dari karakterisasi tongkol jagung (meliputi kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin) sebelum dan sesudah metode CEX, membandingkan pengaruh penambahan CEX dengan dan tanpa penambahan metode aerasi terhadap hasil pulp dan mempelajari kondisi optimum delignifikasi enzimatik menggunakan CEX berdasarkan konsentrasi enzim dan waktu reaksi dengan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM).

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa penggunaan CEX tanpa aerasi dapat meningkatkan kadar selulosa dalam pulp tongkol jagung sebesar 23,88%, menurunkan kadar hemiselulosa dan lignin berturut-turut sebesar 61,7% dan 23,88% dari karakteristik tongkol jagung (*raw material*). Hasil percobaan yang didapatkan pada kondisi optimum dengan bantuan metode RSM pada proses delignifikasi menghasilkan kadar selulosa tertinggi sebesar 82,3%, kadar hemiselulosa dan lignin terendah berturut-turut sebesar 8,52% dan 7,38% dengan konsentrasi CEX sebesar 2,5% dalam 300 mL campuran buffer asetat selama 29 jam. Hasil analisa metode aerasi yang didapatkan sebagai kelanjutan dari metode delignifikasi pada kondisi optimum RSM dapat meningkatkan kadar selulosa menjadi 95,87%, serta menurunkan kadar hemiselulosa dan lignin berturut-turut hingga menjadi 6,41% dan 6,14% pada tongkol jagung.