

**HIDROLISIS TKKS MENGGUNAKAN EKSTRAK KASAR  
ENZIM SELULASE DARI BAKTERI SELULOTIK RAYAP  
LAHAN GAMBUT**

**Skripsi**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Bidang Studi Kimia**



**Oleh :**

**ELIZABETH GLORIA**

**08031281924033**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
TAHUN 2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**HIDROLISIS TKKS MENGGUNAKAN EKSTRAK KASAR ENZIM  
SELULASE DARI BAKTERI SELULOTIK RAYAP LAHAN GAMBUT**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**

**oleh:**

**ELIZABETH GLORIA**

**08031281924033**

**Indralaya, 27 November 2023**

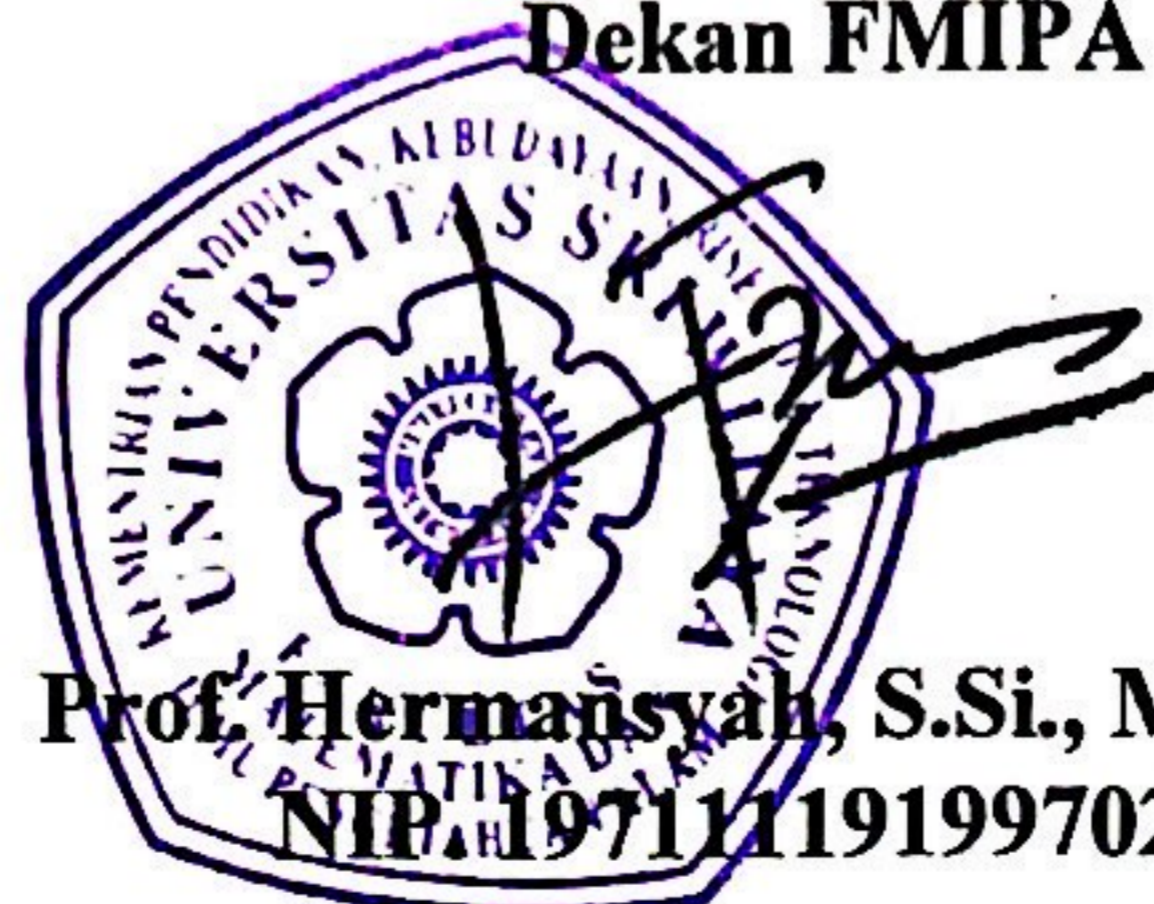
**Mengetahui,**

**Pembimbing**



**Prof. Hermansyah S.Si., M.Si., Ph.D.  
197111191997021001**

**Dekan FMIPA**



**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Elizabeth Gloria (08031281924033) dengan judul "Hidrolisis TKKS Menggunakan Ekstrak Kasar Enzim Selulase Dari Bakteri Selulolitik Rayap Lahan Gambut" telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 November 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 27 November 2023

Ketua :

1. **Dr. Addy Rachmat, M.Si.**

NIP. 197409282000121001

Sekretaris :

1. **Dr. Muhammad Said, M.Si.**

NIP. 197407212001121001

Pembimbing :

1. **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.**

NIP. 197111191997021001

Penguii:

1. **Dr. Heni Yohandini, M.Si.**

NIP. 197011152000122004

2. **Prof. Dr. Muharni, M.Si**

NIP. 196903041994122001

(  )

(  )

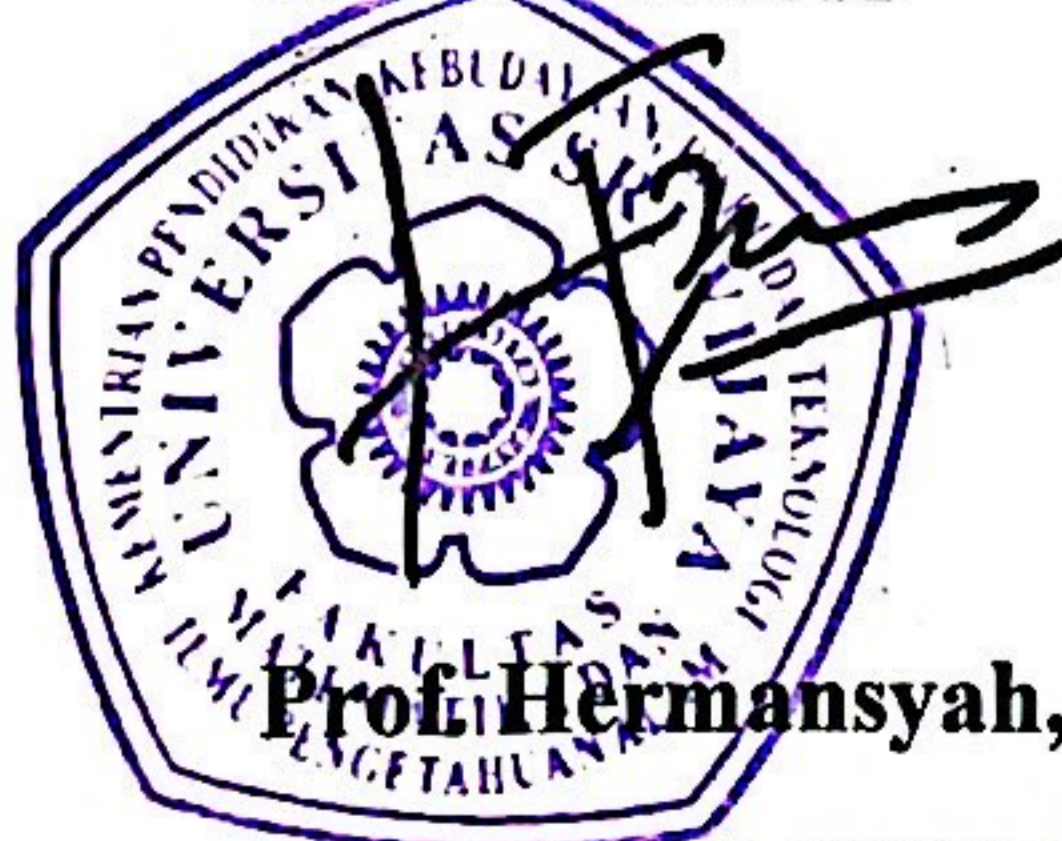
(  )

(  )

(  )

Mengetahui,

**Dekan FMIPA**



**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.**

NIP. 197111191997021001

**Ketua Jurusan Kimia**



**Prof. Dr. Muharni, M.Si.**

NIP. 196903041994122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Elizabeth Gloria

NIM : 08031281924033

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan Strata-1 (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis. Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Inderalaya, 27 November 2023

Yang Menyatakan,



Elizabeth Gloria

NIM. 08031281924033

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Elizabeth Gloria

NIM : 08031281924033

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, Saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Hidrolisis TKKS Menggunakan Ekstrak Kasar Enzim Selulase Dari Bakteri Selulolitik Rayap Lahan Gambut”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Inderalaya, 27 November 2023

Yang menyatakan,



Elizabeth Gloria

NIM. 08031281924033

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*"Atas Karunia Tuhan dan restu orang tua aku jadikan sebagai pengiring untuk  
menggapai cita-cita"*

*"Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan  
kepadaku."*

*(Filipi 4:13)*

*"Sebab Tuhan, Dia sendiri akan berjalan di depanmu, Dia sendiri akan menyertai  
engkau, Dia tidak akan membiarkan engkau dan tidak akan meninggalkan  
engkau; janganlah takut dan janganlah patah hati."*

*(Ulangan 31:8)*

*"Bersabarlah, Berdoa dan Usahakan Sebaik Mungkin agar Kamu Berhasil"*

*Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada :*

- *Allah Bapa di Surga*
- *Yesus Kristus*
- *Roh Kudus*
- 

*Skripsi ini saya persembahkan untuk :*

1. *Kedua Orang Tuaku tersayang yang selalu memberiku kasih sayang dan  
senantiasa mendoakanku setulus hati*
2. *Saudara-saudariku yang selalu aku sayangi*
3. *Pembimbingku (Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D)*
4. *Sahabat-sahabatku tercinta*
5. *Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

## KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji hanyalah milik Tuhan Yesus Kristus, Tuhan yang menciptakan dan memelihara seluruh alam semesta. Hanya kepada-Nya kita berserah dan memohon pertolongan. Penulis mengucapkan puji syukur karena dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Hidrolisis TKKS Menggunakan Ekstrak Kasar Enzim Selulase Dari Bakteri Selulolitik Rayap Lahan Gambut”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan, dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D** yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, pengalaman, motivasi, saran dan petunjuk atas kesabaran hati kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan nikmat-Nya yang begitu besar.
2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia dan seluruh dosen Kimia FMIPA yang telah mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.
5. Ibu Dr. Heni Yohandini, M.Si selaku pembahas sekaligus penguji sidang sarjana.
6. Ayah tercinta **Oskar Sinurat** dan Ibu tersayang **Karmini R.J Sitorus** yang selalu menjadi rumah tempat aku beristirahat dikala lelah. Terimakasih telah mendidik, menemani, dan selalu menjadi penyemangat dalam hidupku.
7. Adik laki-lakiku tersayang, **Michael Daniel Sinurat** yang menjadi salah

satu alasan penulis untuk semangat dalam menuntaskan Tugas Akhir. Semangat kuliahnya ya dek, biar cepat nyusul.

8. Keluarga besarku, terimakasih atas doa serta semangat yang selalu diberikan kepadaku. Semoga kebaikan selalu menyertai kita.
9. **Abang Ediy** sebagai penyemangat serta pasangan yang selalu meyakinkan bahwa penulis mampu melewati hari-hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan Tugas Akhir. Terimakasih telah hadir hingga menjadi salah satu bagian dari kisah peneliti dalam menyelesaikan Tugas Akhir. ILoveYou!.
10. **Marsinta Melania K, S.T, Suminah, Nur Fathonah, S.Si, Mami Erika Dhamayanti, S.Si** sebagai yang selalu ada ketika penulis butuh tempat untuk mengadu. Terimakasih untuk segala bantuan, masukan, nasihat, dan waktu yang telah disediakan untuk penulis. Terimakasih juga karena telah menjadi *support system* terbaik penulis selama menjalani Tugas Akhir, tanpa kalian penulis tidak mungkin bisa sampai di titik ini. Semoga persahabatan yang telah dijalin seperti saudara ini berlanjut hingga selamanya.
11. **Irena Francina Kelly Kamal**, teman satu bimbingan yang banyak sekali memberikan bantuan serta motivasi kepada penulis selama penelitian. Terimakasih atas masukan, bantuan dan solusi yang diberikan kepada penulis dalam setiap permasalahan pengerjaan Tugas Akhir.
12. Yuk Nur, Yuk Niar dan Yuk Yanti selaku analis kimia dan karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya terimakasih telah banyak membantu selama masa penelitian, semoga sehat selalu.
13. Mba Novi dan Kak Iin selaku administrator di jurusan kimia yang selalu memberikan pelayanan terbaik, terimakasih banyak telah membantu selama perkuliahan, sukses dan sehat selalu yaa.
14. Adik asuh aku (**Husnil, Riyanti, Cecil, Syirrin**), terimakasih pernah memberikan dukungan, canda tawa, dan kebersamaan yang mengesankan. Semangat terus kuliahnya yaa.
15. Adik-adik kimiaku tetap semangat dan yang rajin kuliahnya iyaa.
16. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, semoga



Tuhan membalas setiap kebaikan yang telah dilakukan. Aamiin.

17. Dan yang terakhir, saya mengucapkan terimakasih kepada **Diri Saya Sendiri** karena telah percaya dan yakin dengan diri sendiri bahwa semuanya bisa terlewati terlepas dari banyaknya rintangan dan penyakit yang dihadapi. **Kamu Hebat, Eli**. Terimakasih karena tidak menyerah ketika semuanya terasa tidak mungkin.

Demikianlah skripsi ini penulis persembahkan sebagai sebuah karya yang diharapkan dapat memberi manfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis berterima kasih apabila pembaca dapat memberikan saran dan kritik yang membangun.

Inderalaya, 27 November 2023

Penulis

## SUMMARY

### HYDROLYSIS OF EPOFB USING A CRUISE EXTRACT OF CELLULASE ENZYMES FROM CELLULOTIC BACTERIA OF PEATLAND

Elizabeh Gloria: Supervised by Prof. Hermansyah S.Si., M.Si., Ph.D.

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Sriwijaya University

vii + 62 pages + 1 table + 9 figures + 7 attachments

The crude extract of the cellulase enzyme was obtained from *Enterobacter asburiae*, a cellulotic bacterium that is often found in the digestion of peatland termites. Enzymes are used to hydrolyze cellulose from Empty Palm Oil Fruit Brunch (EPOFB) into glucose. This research aimed to determine the effect of hydrolysis time on glucose levels as well as pH and amount of substrate on enzyme activity in hydrolyzing cellulose from EPOFB. The hydrolysis results were then determined using the 3,5-dinitrosalicylic acid method. The hydrolysis results were then measured using a UV-Vis Spectrophotometer with a wavelength of 540 nm. The research results showed that the longer the hydrolysis time, the higher the glucose levels would be. Based on data obtained from the time periods of 2 hours, 4 hours, 6 hours, 8 hours and 10 hours, the highest glucose level was obtained at 0.0253 mg/mL in the 10 hour hydrolysis treatment. Addition of substrate can increase enzyme activity. Based on data obtained from variations of 2 g, 2.5 g, 3 g, 3.5 g and 4 g, the highest glucose levels were obtained when using 4 grams of substrate which produced an enzyme activity of 0.001696 U/ml. pH can increase enzyme performance. Based on data obtained from the pH range 4, 5, 7, 8, and 10, pH 8 is the pH with the highest enzyme activity of 0.000215 U/mL.

**Keywords:** EPOFB, Hydrolysis, Cellulase, Cellulose, DNSA Method, *E. asburiae*

## RINGKASAN

# HIDROLISIS TKKS MENGGUNAKAN EKSTRAK KASAR ENZIM SELULASE DARI BAKTERI SELULOTIK RAYAP LAHAN GAMBUT

Elizabeh Gloria : Dibimbing oleh Prof. Hermansyah S.Si., M.Si., Ph.D.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas  
Sriwijaya

vii + 62 halaman + 1 tabel + 9 gambar + 7 lampiran

Ekstrak kasar enzim selulase diperoleh dari *Enterobacter asburiae*, bakteri selulolitik yang banyak ditemukan pada pencernaan rayap lahan gambut. Enzim dimanfaatkan untuk menghidrolisis selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) menjadi glukosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu hidrolisis terhadap kadar glukosa serta pH dan jumlah substrat terhadap aktivitas enzim dalam menghidrolisis selulosa dari TKKS. Hasil hidrolisis kemudian ditentukan dengan menggunakan metode asam 3,5-dinitrosalisilat. Hasil hidrolisis selanjutnya diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 540 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu hidrolisis akan menghasilkan kadar glukosa yang semakin banyak. Berdasarkan data yang didapatkan dari periode waktu 2 jam, 4 jam, 6 jam, 8 jam dan 10 jam diperoleh kadar glukosa tertinggi sebesar 0,0253 mg/mL pada perlakuan hidrolisis selama 10 jam. Penambahan substrat dapat meningkatkan aktivitas enzim. Berdasarkan data yang diperoleh dari variasi 2 g, 2,5 g, 3 g, 3,5 g dan 4 g, kadar glukosa tertinggi diperoleh pada penggunaan 4 gram substrat yang menghasilkan aktivitas enzim sebesar 0,001696 U/ ml. pH dapat mempengaruhi kinerja enzim. Berdasarkan data yang diperoleh dari rentang pH 4, 5, 7, 8, dan 10, pH 8 menjadi pH dengan aktivitas enzim tertinggi sebesar 0,000215 U/mL.

**Kata Kunci:** TKKS, Hidrolisis, Selulase, Selulosa, Metode DNS, *E. asburiae*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>x</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Masalah .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	4
2.2 Delignifikasi .....	5
2.3 Selulosa .....	6
2.4 Glukosa .....	7
2.5 Enzim .....	9
2.6 Enzim selulase.....	10
2.7 Hidrolisis .....	11
2.8 Hidrolisis Enzimatis .....	13
2.9 Asam 3,5-dinitrosalisilat .....	

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan .....	16
3.3 Prosedur Penelitian.....	16
3.3.1 Pembuatan serbuk TKKS.....	16
3.3.2 Delignifikasi TKKS .....	16
3.3.3 Pembuatan nutrient agar .....	17
3.3.4 Pembuatan CMC cair.....	17
3.3.5 Peremajaan isolat bakteri .....	17
3.3.6 Produksi Enzim Selulase Kasar .....	17
3.3.7 Hidrolisis Enzimatis.....	18
3.3.7.1 Pengaruh Lama Waktu Hidrolisis .....	18
3.3.7.2 Pengaruh pH.....	18
3.3.7.3 Pengaruh Jumlah Substrat.....	19
3.3.8 Analisa Kadar Glukosa .....	19
3.3.8.1 Pembuatan pereaksi DNS.....	19
3.3.8.2 Persiapan kurva standard .....	19
3.3.8.3 Analisis glukosa hasil hidrolisis.....	19
3.3.9 Perhitungan Aktivitas Enzim .....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 <i>Pretreatment</i> Fisik Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	21
4.2 Delignifikasi sampel .....	21
4.3 Pertumbuhan <i>Enterobacter asburiae</i> .....	22
4.4 Ekstrak kasar enzim selulase dari bakteri <i>Enterobacter asburiae</i> .....	23
4.5 Pengaruh lama waktu hidrolisis terhadap aktivitas enzim .....	24
4.6 Pengaruh penambahan substrat pada terhadap aktivitas enzim .....	25
4.7 Pengaruh pH terhadap aktivitas enzim.....	27
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>29</b>
5.1 Kesimpulan .....	29
5.2 Saran .....	29

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>35</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Struktur selulosa tersusun atas monomer glukosa .....	6
Gambar 2. Struktur terbuka (opened chain structure) D-Glukosa .....	7
Gambar 3. Reaksi DNS dengan Gula Pereduksi .....	14
Gambar 4. Bintik-bintik yang terdapat dalam sampel menandakan adanya Lignin yang terlarut dalam campuran NH <sub>3</sub> dan NaOH .....	22
Gambar 5. Bakteri <i>E. asburiae</i> pada media tumbuh NA .....	23
Gambar 6. Ekstrak kasar enzim selulase oleh bakteri <i>E. asburiae</i> .....	24
Gambar 7. Diagram aktivitas enzim terhadap lama waktu hidrolisis .....	25
Gambar 8. Diagram aktivitas enzim terhadap pH .....	26
Gambar 9. Diagram aktivitas enzim terhadap jumlah substrat .....	27

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Komposisi struktur tandan buah kosong (wt%).....	4
Tabel 2. Nilai Absorbansi Standar Glukosa.....	40
Tabel 3. Hasil analisis pengaruh waktu terhadap enzim selulase .....	41
Tabel 4. Hasil analisis pengaruh pH terhadap enzim selulase .....	43
Tabel 5. Hasil analisis pengaruh jumlah substrat terhadap enzim selulase.....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja .....	36
Lampiran 2. Pembuatan Larutan Standar Glukosa .....	37
Lampiran 3. Data Absorbansi Kurva Standar Glukosa.....	38
Lampiran 4. Data Aktivitas Enzim Selulase pada Pengaruh Lama Waktu Hidrolisis dan Perhitungan.....	39
Lampiran 5. Data Aktivitas Enzim Selulase pada Pengaruh pH ( <i>Potential Hydrogen</i> ) dan Perhitungan .....	46
Lampiran 6. Data Aktivitas Enzim Selulase pada Pengaruh Jumlah Substrat dan Perhitungan .....	54
Lampiran 7. Lampiran Gambar .....	61

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi salah satu produsen dan eksportir minyak sawit terbesar di dunia. Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) mengumumkan hasil pengolahan minyak sawit Indonesia mencapai 47 juta ton pada tahun 2018. Produksi CPO di Indonesia terus meningkat yaitu masing-masing sebesar 31,29 ton, 34,94 ton, 42,88 ton, 47,12 ton, dan 44,76 ton pada tahun 2016 hingga 2020 secara berturut (Badan Pusat Statistik, 2020). Jumlah ini akan terus bertambah di tahun berikutnya. Peningkatan produksi minyak sawit disertai dengan peningkatan limbah industri kelapa sawit yang perlu dikelola. Salah satunya adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Limbah TKKS merupakan limbah yang mengandung lignoselulosa dan belum dimanfaatkan secara optimal.

Peningkatan pengolahan minyak sawit disertai dengan peningkatan limbah industri kelapa sawit yang perlu dikelola. Satu diantaranya adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Limbah ini diketahui sebagai limbah yang mengandung lignoselulosa. Sebelumnya, tandan buah kosong hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler, kompos, serta paving stone untuk perkebunan kelapa sawit. Di sisi lain, cluster buah kelapa sawit yang kosong berpotensi digunakan sebagai bahan baku bioetanol (Fuadi dan Pratono, 2016).

TKKS merupakan biomassa lignoselulosa yang mengandung 41,30%–46,50% selulosa, 25,30%–33,80% hemiselulosa, dan 27,60%–32,50% lignin (Nugrahini et al., 2016). Selulosa dikenal sebagai polimer glukosa dengan jumlah monomer glukosa yang banyak berkisar antara 8000 hingga 12000 unit dan ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik, yang dapat dihidrolisis secara enzimatik atau kimia menjadi glukosa (Asih dkk, 2018). Kandungan lignin yang tinggi menghambat proses enzimatik untuk pemanfaatan selulosa atau hemiselulosa lebih lanjut. Oleh sebab itu, perlu dilakukan preparasi awal atau delignifikasi untuk menurunkan kandungan lignin. Hidrolisis sempurna selulosa (polisakarida) menghasilkan glukosa (monosakarida), lalu hemiselulosa membentuk sebagian monomer gula pentosa (C5) dan heksosa (C6) (Sari et al., 2018).

Hidrolisis selulosa atau proses pengubahan senyawa selulosa menjadi glukosa dengan cara memecah gugus polisakarida menjadi monosakarida. Hidrolisis komponen hemiselulosa menghasilkan campuran monosakarida seperti glukosa, galaktosa, xilosa, dan arabinosa (Fuadi dkk, 2015). Hidrolisis selulosa menjadi monosakarida dapat dilakukan secara fisik, biologis, kimia, atau kombinasi. Beberapa keunggulan hidrolisis enzimatik dibandingkan dengan hidrolisis asam, tidak terjadi degradasi gula melalui hidrolisis, kondisi proses yang lebih ringan (*low temperature*, pH netral), potensi rendemen yang tinggi, dan biaya pemeliharaan tanaman yang relatif rendah karena tidak adanya zat korosif (Yang et al., 2011). Enzim selulase sendiri termasuk dalam sekelompok enzim yang berfungsi memecah selulosa menjadi monomer glukosa (Ariyani dan Utomo, 2014).

*Enzymatic hydrolysis* dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berhubungan dengan substrat, faktor yang berhubungan dengan enzim, adanya inhibitor dan penghambatan umpan balik serta aditif aktif permukaan. Kondisi reaksi seperti suhu dan pH dapat mempengaruhi proses hidrolisis biomassa lignoselulosa. Enzim dapat bekerja dengan baik pada suhu dan pH optimal (Amit et al, 2018).

Riset terkait hidrolisis enzimatik terus berkembang, termasuk mengisolasi enzim selulase dari berbagai sumber. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dampak atau pengaruh karakterisasi jumlah substrat, waktu dan pH dalam proses hidrolisis TKKS menggunakan ekstrak kasar enzim selulase yang diisolasi dari bakteri rayap lahan gambut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh waktu hidrolisis selulosa dari TKKS terhadap kadar glukosa.
2. Bagaimana pengaruh jumlah substrat dalam hidrolisis selulosa dari TKKS pada aktivitas enzim selulase dari bakteri rayap.
3. Bagaimana pengaruh pH dalam hidrolisis selulosa dari TKKS pada aktivitas enzim selulase dari bakteri rayap.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menentukan pengaruh waktu hidrolisis selulosa dari TKKS terhadap kadar glukosa.
2. Menentukan pengaruh jumlah substrat dalam hidrolisis selulosa dari TKKS pada aktivitas enzim selulase dari bakteri rayap.
3. Menentukan pengaruh pH dalam hidrolisis selulosa dari TKKS pada aktivitas enzim selulase dari bakteri rayap.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi kepada peneliti yang ingin melakukan penelitian serupa serta menambah wawasan dan pengetahuan bagi pembaca kajian ini tentang pemanfaatan tandan buah kosong dari limbah kelapa sawit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afriza, R., Ismanilda. 2019. Analisis Perbedaan Kadar Gula Pereduksi Dengan Metode Lane Eynon Dan Luff Schoorl Pada Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Pengelolaan Laboratorium (Temapela)*. 2(2): 91.
- Amit, K., Nakachew, M., Yikal, B., Mukesh, Y. 2018. A Review of Factors affecting Enzymatic Hydrolysis of Pretreated Lignocellulosic Biomass. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 22(7): 62-64.
- Anwar, Z., Gulfraz, M., Irshad, M. 2014. Agroindustrial lignocellulosic biomass akey to unlock the future bio-energy: a brief review. *J. Rad. Res. Appl. Sci*. 7(2014):163–173.
- Ariyani, S.B., Asmawit., Utomo, P.P. 2014. Optimasi Waktu Inkubasi Produksi Enzim Selulase Oleh *Aspergillus niger* Menggunakan Fermentasi Substrat Padat. *Jurnal Biopropal Industri*. 5(2): 62.
- Asih, N.N.K., Suaraya, P., Manuaba, I.B.P., Wirajana, I.N. 2018. Hidrolisis Batang Jagung Secara Enzimatik Dari Tanah Hutan Mangrove. *Jurnal Cakra Kimia*. 6(2): 107-113.
- Aushaf, R., Juliprijanto, W., dan Septiani, Y., 2020. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Impor Gula di Indonesia Tahun 1998-2018. *Directory Journal of Economic*. 2(3): 701.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2020*. Jakarta Pusat: Badan Pusat Statistik.
- Baharuddin, M., Patong, R.A., Ahmad, A., Nafie, N.L. 2014. Pengaruh Suhu dan pH terhadap hidrolisis CMC Oleh Enzim Selulase Dari Isolat Bakteri Larva Kupu-Kupu *Cossus cossus*. *Jurnal Teknosains*. 8(3): 344.
- Barlianti, V., Dahnum, D., Muryanto, Triwahyuni, E., Aristiawan, Y., Sudiyani, Y. 2015. Enzymatic hydrolysis of oil palm empty fruit bunch to produce reducing sugar and its kinetic. *Menara Perkebunan*. 83 (1): 37- 43.
- Chang, S.H. 2014. An overview of empty fruit bunch from oil palm asfeedstock for bio-oil production. *Biomass and Bioenergy Journal*. 62(2014): 174-176.
- Chen, H.Z. 2015. *Lignocellulose biorefinery feedstock engineering*. Cambridge: Woodhead Publishing.

- Coniwanti, P., Dani, M., Daulay, Z.S. 2015. Pembuatan Natrium Karboksimetil Selulosa (Na-CMC) Dari Selulosalimbah Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogea L.*). *Jurnal Teknik Kimia*. 4(21): 59.
- Duza, M.B., Mastan, S.A. 2013. Isolation, Characterization And Screening Of Enzyme Producing Bacteria From Different Soil Samples. *International Journal of pharma and bio sciences*. 4 (2): 813–824.
- Elawati, N.E., Pujiyanto, S., Kusdiyantini, E. 2018. Karakteristik Dan Sifat Kinetika Enzim Kitinase Asal Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana*. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. 5(1): 5.
- Fagbohunka, B, S., Okonji, R. E., & Adenike, A. Z. (2017). Purification and Characterization of Cellulase from Termite *Ametermes eveuncifer* (Silverstri) Soldiers. *Internasional Journal Biology*. 9(1),1-9.
- Fan, L.T., Gharpuray, M.M., Lee, Y.H. 1987. *Cellulose Hydrolysis*. German: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Fitri, A.S., Fitriana, Y.A.N. 2020. Analisis Senyawa Kimia pada Karbohidrat. *Jurnal Sainteks*. 17(1): 46.
- Fuadi, A.M., Harismah, K., Setiawan, A. 2015. Hidrolisis Enzimatis Kertas Bekas Dengan Variasi Pemanasan Awal. *University Research Colloquium*. Hal: 2-4.
- Fuadi, A.M., Pratono, H. 2016. Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Glukosa. *Jurnal Chemica*. 3(1): 1-4.
- Harun, H., Laga, A. 2021. Kecepatan Reaksi Hidrolisi Pati Ubi Jalar Putih Menggunakan Enzim  $\alpha$ -Amilase. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*. 21(3): 513.
- Ilyin, I., Purwaningsing, H., Irawadi, T.T. 2020. Isolation and Characterization of Cellulose from Banana Stems using Microwave Heating. *Jurnal Kimia Valensi*. 6(2): 169-170.
- Ivan' s, S., dan Sari, N.A., 2021. Potret Perbandingan Kebijakan Harga Pangan dan dengan Realita Harga Beras, Gula dan Kedelai di Tahun Pertama Pandemi Covid-19, Indonesia. *Open Science and Technology*. 1(1): 84.

- Jennifer, V and Thiruneelakandan, G. 2015. Enzymatic Activity of Marine Lactobacillus Species from South East Coast of India. *IJISSET*. Vol. 2 (1): 542-546.
- Kartawiria, I.S., Serafin, L., Abimanyu, H. Effect of The Substrate Concentration and The Stirring Rate On The Enzymatic Hydrolysis of Cellulose From Pre-treated Corn Cob. Derivation of A Kinetic Model. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 54(4): 693.
- Kolo, S., dan Yuni, S. 2019. Produksi Bioetanol dari Ampas Sorgum Lahan Kering dengan Perlakuan Awal Microwave Irradiasi. *Jurnal Saintek Lahan Kering*. 2(2): 40.
- Kusumaningrum, A., Gunam, I.B.W., Wijaya, I.M.M. 2019. Optimasi Suhu dan Ph Terhadap Aktivitas Enzim Endoglukanase Menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(2): 244-248.
- Kusmiati dan Agustini N. W. S. 2010. Pemanfaatan Limbah Onggok Untuk Produksi Asam Sitrat Dengan Penambahan Mineral Fe dan Mg Pada Substrat Menggunakan Kapang *Trichoderma Sp* dan *Aspergillus Niger*. *Seminar Nasional Biologi*, 856-466.
- Ling, J.H., Lim, Y.T., Leong, W.K., Sia, H.W. 2022. The Advantages and Disadvantages of Palm Oil Empty Fruit Bunch on Bricks and Mortar. *Journal of the Civil Engineering Forum*. 8(2): 193-194.
- Loebis, E.H. 2008. Optimasi Proses Hidrolisis Kimiawi dan Enzimatis Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Glukosa Untuk Produksi Etanol. Sekolah Pascasarjana, IPB.
- Lubis, L.H. 2019. "Proses Hidrolisis Ampas Singkong Menjadi Glukosa : Pengaruh Konsentrasi Asam Encer (HCl) Dan Konsentrasi Substrat". Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Maftukhah, S. 2019. Cellulase Enzyme Production Using Solid State Fermentation Method From Waste – A Review. *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik*. 6(2): 24.

- Mahmudatussadah, A. 2014. Komposisi Kimia Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) Cilembu pada Berbagai Waktu Simpan sebagai Bahan Baku Gula Cair. *Artikel PANGAN*. 23 (1): 53-64.
- Moorthy, K. 2008. *Fundamentals of Biochemical Calculations Second Edition*. New York: Taylor & Francis Group, LLC.
- Nababan, M., dkk. 2019. Produksi Enzim Selulase Kasar dari Bakteri Selulolitik. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(2): 190-199.
- Navarro, D.M.D., Abelilla, J.J., Stein, H. 2019. Structures and characteristics of carbohydrates in diets fed to pigs: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 10(39): 17.
- Nugrahini, P., Sitompul, H., Putra, D.R. 2016. Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Enzim Selulase Pada Proses Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Glukosa. *Analytical and Environmental Chemistry*. 1(1): 9-15.
- Oktiarni, D. 2023. *Potensi Enzim Selulase Hasil Isolasi Dari Bakteri Selulolitik di Dalam Saluran Pencernaan Rayap Lahan Gambut*. Sinopsis Disertasi, Universitas Sriwijaya.
- Osborn, T. 2023. *CHEM 1152 - Survey of Chemistry II*. California: The LibreTexts.
- Peryoga, Y., Solikhah, M.D., Raksodewato, A.A. 2014. Production Cost Assessment of Palm Empty Fruit Bunch Conversion to Bio-Oil via Fast Pyrolysis. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 4(6): 443.
- Purnamawati, N., dan Putra, A.Y. 2021. Pengaruh Kadar Suspensi Pati Kulit Pisang Kepok pada Kinetika Reaksi Proses Hidrolisis. *Journal of Research and Education Chemistry (JREC)*. Vol 3(1): 76-77.
- Purkan, H.D. Purnama, S. Sumarsih. 2015. Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* Menggunakan Sekam Padi dan Ampas Tebu sebagai Induser. *Jurnal Ilmu Dasar*. 16(2): 96.
- Purwadaria, T., Marbun, P.A., Sinurat, A.P., Ketaren, P.P. 2003. Perbandingan Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri dan Kapang Hasil Isolasi dari Rayap. *JITV*. 8(4): 214.



- Putri, E.S. 2014 “Pemanfaatan Limbah Tandan Kelapa Untuk Pembuatan Bioetanol Melalui Proses Hidrolisis dan Fermentasi”. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Rajbhar, K., Dawda, H., Mukundan, U. 2016. Quantitative spectrophotometric estimation of specific monosaccharides by DNSA method. *Journal of Biological Science*. 2(1): 112-125.
- Rasid, N.S.A., Shamjuddin, A., Amin, N.A.S. 2021. Chemical and Structural Changes of Ozonated Empty Fruit Bunch (EFB) in a Ribbon-Mixer Reactor. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 16(2), 383-395.
- Robinson, P.K. 2015. Enzymes: principles and biotechnological applications. *Essays Biochem*. 59: 2.
- Safari, S., Bahri, S., Nurhaeni. 2017. Pemanfaatan Kulit Jagung (*Zea Mays*) Untuk Produksi Glukosa Menggunakan Kapang *Trichoderma Sp*. *Jurnal Kovalen*. 3(1): 17-23.
- Salsabilla, A., Fahrurroji, I. 2021. Hidrolisis Pada Sintesis Gula Berbasis Pati Jagung. *EDUFORTECH*. 6(1): 35.
- Sanjaya, W. dan S. Adrianti. 2010. “Optimasi Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi Menjadi Glukosa Untuk Bahan Baku Biofuel Menggunakan Selulase dari *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger*”. Skripsi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sari, E., Effendy, M., Kanani, N., Wardalia, Rusdi. 2018. Utilization of Empty Fruit Bunch Fiber of Palm Oil Industry for Bio-Hydrogen Production. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 8(3): 843.
- Sari, N., Razali, M. 2021. Penetapan Kadar Glukosa Reduksi dari Sirup Glukosa Hasil Hidrolisa Selulosa dari Limbah Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L) dengan Asam Klorida. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*. 13(2): 99.
- Sarkar N., Ghosh S.K., Bannerjee S. and Aikat K. 2012. Bioethanol production from agricultural wastes: An overview. *Renewable Energy*, 37: 19-27.

- Sartika. 2011. "Analisis Kadar Glukosa Dan Fruktosa Pada Beberapa Madu Murni Yang Beredar Di Pasaran Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Visibel". Skripsi. Makassar: UIN Alauddin Makassar.
- Shendurse, A., Khedkar, C.D. 2016. Glucose: Properties and Analysis. *The Encyclopedia of Food and Health*. vol. 3, pp. 239-240.
- Sutarno, R.J., Zahara, T.A., Idiawati, N. 2013. Hidrolisis Enzimatis Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari *Trichoderma Reesei* dan *Aspergillus Niger*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 2(1): 54.
- Tajjala, G.U.N., Humaira, S., Parmita, A.W.Y.P., Zulfikar, A. 2019. Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa dari Limbah Serbuk Meranti Kuning (*Shorea macrobalanos*). *Jurnal Sains Terapan*. 5(1): 143.
- Van Dyk J.S. and Pletschke B.I. 2021. A Review Of Lignocellulose Bioconversion Using Enzymatic Hydrolysis And Synergistic Cooperation Between Enzymes-Factors Affecting Enzymes. conversion and synergy. *Biotechnology Advances*. 30: 1458-1480.
- Willberta, N., Sonya, N.T., Lydia, S.H.R. 2021. Analisis Kandungan Gula Reduksi Pada Gula Semut Dari Nira Aren Yang Dipengaruhi Ph Dan Kadar Air. *Jurnal Bioedukasi*. 12(1): 102.
- Yang, B., Dai, Z., Ding, S.Y., Wyman, C.E. 2011. Enzymatic Hydrolysis Of Cellulosic Biomass. *Biofuels Journal*. 2(4): 421-450.
- Ye, J.R., Wang, N., Wang, H., Luo, H., Ren, Y., Shen, Q. 2015. Structure And Properties of Cellulose/Solidago Canadensis L. Blend. *Cellulose Chem. Technol.* 49(3-4): 275.
- Yoon, L.Y., Ang, T.N., Ngoh, G.C. (2014). Fungal solid-state fermentation and various methods of enhancement in cellulase production. *Biomass and Bioenergy Journal*. 67(2014): 319-338.