

**PENENTUAN KINETIKA ENZIM SELULASE DAN APLIKASINYA  
TERHADAP TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) YANG  
DIPRETREATMENT MENGGUNAKAN *IONIC LIQUIDS***

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Bidang Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Oleh:**

**EVA SILVIA**

**08031382025093**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENENTUAN KINETIKA ENZIM SELULASE DAN APLIKASINYA  
TERHADAP TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) YANG  
DIPRETREATMENT MENGGUNAKAN *IONIC LIQUIDS***

**SKRIPSI**

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

**oleh:**

**EVA SILVIA**

**080313820205093**

**Indralaya, 01 Agustus 2024**

**Mengetahui,**

**Pembimbing I**



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

**Pembimbing II**



**Dr. Addy Rachmat, M.Si  
NIP. 197409282000121001**

**Dekan FMIPA**



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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Eva Silvia (08031382025093) dengan judul "Penentuan Kinetika Enzim Selulase dan Aplikasinya terhadap Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang *dipretreatment* menggunakan Ionic Liquids" telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Juli 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 01 Agustus 2024

Ketua :

1. **Dr. Widia Purwaningrum, M.Si**

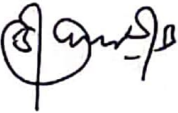
NIP. 197304031999032001

(  )

Sekretaris

2. **Dr. Eliza, M.Si**

NIP. 196407291991022001

(  )

Pembimbing:

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

NIP. 197111191997021001

(  )

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

NIP. 197409282000121001

(  )

Penguji:

1. **Dra. Julinar, M.Si**

NIP. 196507251993032002

(  )


2. **Dr. Zainal Fanani, M.Si**

NIP. 196708211995121001


(  )

Mengetahui,

Dekan FMIPA

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

Mengetahui,

  
Ketua Jurusan Kimia  
Prof. Dr. Muharni, M.Si.  
NIP. 196903041994122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Eva Silvia

NIM : 08031382025093

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 keserjanaan strata (SI) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini 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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 02 Agustus 2024



Yang Menyatakan,

Eva Silvia

NIM. 08031382025093

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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Eva Silvia

NIM : 08031382025093

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/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 : "Penentuan Kinetika Enzim Selulase dan Aplikasinya terhadap Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang *dipretreatment* Menggunakan *Ionic Liquids*". Dengan hak bebas royalti non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, 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.

Indralaya, 02 Agustus 2024

Yang Menyatakan,



Eva Silvia

NIM. 08031382025093



## HALAMAN PERSEMBAHAN

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

**Surah Al-Baqarah: (286)**

حَسْبُنَا اللَّهُ وَنِعْمَ الْوَكِيلُ

”Cukuplah Allah penolong bagi kami, karena Dia sebaik-baiknya pelindung”

**Surah Al-Imran: (173)**

**“Hanya Karena Sulit, Bukan Berarti Tidak Mungkin”**

*Skripsi ini tanda syukurku kepada*

*Allah ﷻ*

*Nabi Muhammad ﷺ*

*Skripsi ini saya persembahkan untuk*

- 1) *Kedua orang tuaku tersayang yang selalu memberi kasih sayang dan senantiasa mendoakanku setulus hati ♥*
- 2) *Atang dan ine yang selalu mendoakanku dan selalu memberi nasehat untuk selalu taat perintah Allah ♥*
- 3) *Sisterku yang selalu melindungi ku, ayuk fka ♥*
- 4) *Pembimbingku*  
*(Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D & Dr. Addy Rachmat, M.Si)*
- 5) *Sahabat-sahabat tercinta*
- 6) *Almamatunku (Universitas Sriwijaya)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Kinetika Enzim Selulase dan Aplikasinya terhadap Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang dipretreatment Menggunakan *Ionic Liquids*”. Skripsi ini disusun 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 mendapatkan bantuan, dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada **Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D dan Dr. Addy Rachmat, M.Si** yang telah 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. Allah SWT. yang senantiasa melimpahkan nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga pelaksanaan kerja praktik dan laporan ini dapat dilaksanakan dengan baik.
2. Kedua orang tua, ayuk dan keluarga yang telah memberikan dukungan baik secara doa, moral, dan material.
3. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA, Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia dan seluruh dosen Kimia FMIPA yang telah mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.
6. Ibu Dra. Julinar, M.Si dan Bapak Dr. Zainal Fanani, M.Si selaku pembahas sekaligus penguji sidang Sarjana
7. Bapak tercinta **Bustomi** dan Umak tersayang **Zahara** yang selalu menjadi rumah tempat aku beristirahat dikala lelah. Terimakasih telah mendidik, menemani, dan selalu menjadi penyemangat dalam hidupku.

8. Ayuk tersayang, **Eka Verdiana** yang menjadi salah satu alasan penulis semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Anang Alm. **Nawas** dan Ine **Romlah**, Almh. Sok **Zaleha**. Eva Indu Anang dengan Sok, semoga nanti ketemu lagi ditempat terbaik Allah. Aamiin  
Ine sehat terus, karna ine alasan terbesar eva balik ke rumah.
10. Terimakasih keluarga besarku yang selalu mendoakan dan memberi semangat kepada penulis.
11. **Umi Syarita, Silvia Irani, S.Si, Msy. Yunita, S.Si** yang selalu menemani, memberi arahan dan selalu menjadi tempat cerita di setiap proses perkuliahan.
12. **Rafly Anada Lafatah dan M. Husnil Mubarak**, teman satu bimbingan yang banyak sekali direpotkan dan memberi bantuan serta motivasi kepada penulis selama penelitian.
13. **Sumi Rati, S.Sos dan Santi, S.Pd**, teman kos dan teman SMA yang selalu ada disaat senang maupun susah. Sukses terus yaa.
14. **Kak Apresi dan bang Mahdi**, terimakasih telah membantu mengarahkan dan membimbing kepada penulis selama perkuliahan.
15. Yuk Nur, Yuk Dessy, 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.
16. 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.
17. Adik asuhku (**Husnul dan Titah**), terimakasih pernah memberikan dukungan, canda tawa, dan kebersamaan yang mengesankan. Semangat terus kuliahnya yaa.
18. Adik-adik kimiaku tetap semangat dan yang rajin kuliahnya yaa.
19. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, semoga Allah membalas kebaikan yang telah dilakukan. Aamiin.
20. Yang terakhir terimakasih kepada **Eva Silvia** telah berani menyelesaikan tanggungjawab setiap proses perkuliahan ditengah keraguan yang ada. *Big hug* untuk diri sendiri.



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.

Indralaya, 02 Agustus 2024

Penulis

**Eva Silvia**

## SUMMARY

### DETERMINING CELLULASE ENZYME KINETICS AND ITS APPLICATION TO OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES (OPEFB) PRETREATED USING IONIC LIQUIDS

Eva Silvia : supervised by Prof. Hermansyah S.Si., M.Si., Ph.D dan Dr. Addy  
Rachmat, M.Si

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya  
University xv + 46 pages + 9 figures + 9 appendices

Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) are materials rich in cellulose and have the potential to be processed into glucose. The conversion of cellulose into glucose is carried out through enzymatic hydrolysis. The kinetics of hydrolysis is determined using the Michaelis-Menten equation and transformed into the Lineweaver-Burk method to obtain  $V_{max}$  and  $K_m$  parameters. The research findings show that enzyme activity is directly proportional to substrate concentration. The enzyme activity at a substrate concentration of 75 mg/mL is 0.2285 U/mL, while at 150 mg/mL it is 0.3872 U/mL. The enzymatic kinetics results in a  $V_{max}$  of 1.34 ( $\mu\text{mol/mL}$ )/minute and a  $K_m$  value of 368  $\mu\text{mol/mL}\cdot\text{minute}$ . The high  $K_m$  value indicates that the enzyme's affinity is less effective. The maximum rate of cellulase enzyme in converting CMC substrate to product is 1.34  $\mu\text{mol/mL}$  CMC per minute.

**Keywords:** Enzymatic Hydrolysis, Lineweaver-Burk method, Delignified Oil  
Palm Empty Fruit Bunches

## RINGKASAN

### **PENENTUAN KINETIKA ENZIM SELULASE DAN APLIKASINYA TERHADAP TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) YANG DIPRETREATMENT MENGGUNAKAN *IONIC LIQUIDS***

Eva Silvia : dibimbing oleh Prof. Hermansyah S.Si., M.Si., Ph.D dan Dr. Addy Rachmat, M.Si

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya xv + 46 halaman + 9 gambar + 9 lampiran

TKKS (Tandan kosong kelapa sawit) merupakan bahan yang banyak mengandung selulosa dan berpotensi untuk diproses sebagai glukosa. Produksi glukosa dari TKKS merupakan tahap awal yang sangat penting bagi berhasilnya proses konversi selulosa menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses konversi selulosa dilakukan dengan metode hidrolisis enzimatis. Kinetika hidrolisis ditentukan berdasarkan persamaan Michaelis-menten dan ditransformasikan ke metode Lineweaver Burk dengan parameter  $V_{max}$  dan  $K_m$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi substrat berbanding lurus dengan aktivitas enzim yang dihasilkan. Aktivitas enzim pada konsentrasi 75 mg/mL yaitu 0,2285 U/mL, sedangkan konsentrasi 150 mg/mL yaitu 0,3872 U/mL. Hasil penelitian kinetika enzimatis menghasilkan  $V_{max}$  yaitu 1,34 ( $\mu\text{mol/mL}$ )/menit dan nilai  $K_m$  yaitu 368  $\mu\text{mol/mL}$ .menit. Nilai  $K_m$  besar menunjukkan afinitas enzim kurang efektif dan kecepatan maksimum enzim selulase dalam mengubah substrat CMC menjadi produk sebesar 1,34  $\mu\text{mol/mL}$  CMC tiap menitnya.

**Kata Kunci:** Hidrolisis enzimatis, metode Lineweaver Burk, TKKS yang didelignifikasi *ionic liquid*

## 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>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) .....	3
2.2 Kinetika Enzimatis... ..	4
2.3 Delignifikasi Lignoselulosa .....	5
2.4 Selulosa.....	5
2.5 Glukosa.....	6
2.6 Enzim Selulase .....	7
2.7 Hidrolisis .....	8
2.8 Hidrolisis Enzim .....	8
2.9 Asam 3,5 Dinitrosalsilat .....	9
2.10 <i>High Performance Liquid Chromatography</i> (HPLC) .....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	12

3.2 Alat dan Bahan .....	12
3.3 Prosedur Percobaan .....	12
3.3.1 Penentuan Kinetika Enzimatis (Fathimah dkk., 2014) .....	12
3.3.2 Analisa Kadar Glukosa .....	12
3.3.2.1 Persiapan Kurva Standar (Safari dkk., 2017) .....	12
3.3.2.2 Analisis Glukosa Hasil Hidrolisis (Putri., 2014) ...	13
3.3.3 Preparasi sampel tandan kosong kelapa sawit (TKKS).....	13
3.3.4 Delignifikasi Menggunakan <i>Ionic liquid</i> (Lee <i>et al.</i> , 2015) .....	13
3.3.5 Penentuan Kadar Lignoselulosa (Kanani dkk., 2018) .....	14
3.3.6 Pengaruh Lama Waktu Hidrolisis Terhadap Aktivitas Enzim (Ali <i>et al.</i> , 2020) .....	14
3.3.7 Perhitungan Aktivitas Enzim .....	15
3.3.8 Analisa Jenis Gula dengan HPLC.....	15
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>16</b>
4.1 Kinetika Reaksi Hidrolisis Enzimatis .....	16
4.2 Hasil Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) .....	18
4.3 Hasil Pengukuran Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin .....	18
4.4 Pengaruh Lama Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa.....	19
4.5 Hasil Analisis Konsentrasi Gula dengan HPLC .....	20
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>22</b>
5.1 Kesimpulan .....	22
5.2 Saran .....	22
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>23</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>28</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) (PT. ADSL, 2022).....	3
<b>Gambar 2.</b> Struktur Selulosa (Ufodike <i>et al.</i> , 2019).....	6
<b>Gambar 3.</b> Reaksi DNS dengan Gula Pereduksi .....	10
<b>Gambar 4.</b> Hubungan konsentrasi substrat dengan aktivitas enzim .....	16
<b>Gambar 5.</b> Grafik Lineweaver-Burk Hubungan Antara $1/v$ dengan $1/CMC]$	17
<b>Gambar 6.</b> Perubahan Warna TKKS Sebelum (a) dan Sesudah (b) Proses Delignifikasi Menggunakan <i>1-Butyl-3-methylimidazolium Chloride</i> .....	18
<b>Gambar 7.</b> Diagram pengaruh waktu hidrolisis terhadap kadar glukosa.....	19
<b>Gambar 8.</b> Kromatogram Larutan Standar Glukosa.....	20
<b>Gambar 9.</b> Kromatogram Sampel Hasil Hidrolisis Enzimatis Selama 48 Jam .....	20

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
<b>Lampiran 1.</b> Skema Kerja.....	29
<b>Lampiran 2.</b> Hasil Pengukuran Kadar Hemiselulosa, Selulosa dan Lignin Sebelum dan Setelah Delignifikasi .....	31
<b>Lampiran 3.</b> Pembuatan Larutan Standar Glukosa.....	34
<b>Lampiran 4.</b> Data Absorbansi Kurva Standar Glukosa .....	36
<b>Lampiran 5.</b> Data Kadar Glukosa dan Aktivitas Enzim Selulase pada Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Perhitungan.....	37
<b>Lampiran 6.</b> Data Kadar Glukosa dan Aktivitas Enzim Selulase pada Pengaruh Konsentrasi Substrat dan Perhitungan .....	39
<b>Lampiran 7.</b> Kinetika Enzim .....	41
<b>Lampiran 8.</b> Gambar Penelitian .....	43
<b>Lampiran 9.</b> Kromatogram Hasil Karakterisasi HPLC .....	44



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

TKKS (Tandan kosong kelapa sawit) merupakan bahan yang banyak mengandung selulosa dan berpotensi untuk diproses sebagai glukosa. Produksi glukosa dari TKKS merupakan tahap awal yang sangat penting bagi berhasilnya proses konversi selulosa menjadi senyawa yang lebih sederhana (Tursiloadi dkk, 2019). Proses konversi selulosa dilakukan dengan metode hidrolisis. Metode hidrolisis yang baik dalam menghasilkan glukosa yaitu dengan bantuan enzim. Proses hidrolisis enzimatik digunakan untuk memutus rantai selulosa dengan bantuan enzim dalam menghasilkan glukosa (Nasrudin, 2012).

Beberapa keuntungan hidrolisis enzimatik dibandingkan dengan hidrolisis asam, yang pertama dapat berlangsung pada suhu rendah, kedua dapat memberikan hasil yang lebih tinggi dan ketiga ramah lingkungan (Nugrahini dkk, 2016). Dalam penelitian sebelumnya, Elizabeth (2023) menyelidiki hidrolisis TKKS menggunakan ekstrak kasar enzim selulase dari bakteri selulolitik rayap lahan gambut. Namun, tidak menghitung kinetika hidrolisis enzimatik selulosa yang diperoleh dari TKKS yang diperlakukan sebelumnya. Enzim selulase mengurangi ikatan glikosidik selulosa pada ujung pengurangan atau non-pereduksi.  $\beta$ -glukosidase menghidrolisis bahan selulosa dan menghasilkan glukosa (Efrinalia *et al*, 2022).

Penggunaan enzim yang efisien diperlukan pengukuran kinetika enzimatik. Selanjutnya dapat diukur konversi bahan baku dan tingkat hidrolitik serta menentukan pengaruh lambatnya proses hidrolisis. Model kinetik memprediksi degradasi substrat, pertumbuhan biomassa, dan pembentukan produk. Tujuan dari model kinetik adalah untuk mensimulasikan pertumbuhan biomassa, pemanfaatan substrat, dan proses pembentukan produk sambil mempertimbangkan ketergantungan waktu (Efrinalia *et al*, 2022).

Parameter kinetik dan stoikiometri dapat diselesaikan dengan integrasi numerik. Kinetika Michaelis-Menten adalah representasi laju yang diperoleh dari reaksi dasar. Ini menggambarkan kinetika enzim ketika konsentrasi substrat jauh lebih signifikan daripada konsentrasi enzim (Efrinalia *et al*, 2022). Parameter kinetika enzim meliputi  $K_m$  dan  $V_{max}$ .  $V_{max}$  mencerminkan kecepatan maksimum

enzim dalam memecah substrat, sementara  $K_m$  adalah konsentrasi substrat di mana setengah dari situs aktif enzim telah terisi, yaitu pada titik di mana kecepatan reaksi enzim mencapai setengah dari  $V_{max}$  (Fathimah dkk, 2014). Beberapa peneliti telah mempelajari kinetik hidrolisis enzimatis biomassa, khususnya dengan kopi, ampas tebu dan jerami tebu. Namun, tidak ada studi yang terdokumentasi pada model Michaelis-Menten untuk menyelidiki hidrolisis enzimatis dari TKKS yang diperlakukan dengan *ionic liquids*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinetika hidrolisis enzimatis selulosa dari TKKS menggunakan persamaan Michaelis-Menten berkelanjutan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dipelajari pada penelitian ini berupa:

1. Bagaimana nilai  $K_m$  dan  $V_{max}$  enzim selulase dari Sigma Aldrich terhadap substrat CMC (*Carboxymethyl Cellulose*)?
2. Bagaimana pengaruh proses delignifikasi *ionic liquid* dari TKKS terhadap kadar lignoselulosa?
3. Bagaimana pengaruh waktu proses hidrolisis enzimatis TKKS yang sudah di delignifikasi menggunakan *ionic liquid* terhadap kadar glukosa?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan nilai  $K_m$  dan  $V_{max}$  enzim selulase dari Sigma Aldrich terhadap substrat CMC
2. Menentukan pengaruh proses delignifikasi *ionic liquid* dari TKKS terhadap kadar lignoselulosa.
3. Menentukan pengaruh waktu pada proses hidrolisis enzimatis TKKS yang sudah didelignifikasi menggunakan *ionic liquid* terhadap kadar gula pereduksi.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan limbah biomassa tandan kosong kelapa sawit.
2. Penelitian ini dapat berkontribusi terhadap pengembangan metode hidrolisis enzimatis agar dapat diterapkan produksi skala yang lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2020. *Indonesian Oil Palm Statistics*. Indonesia: <https://www.bps.go.id/>.
- Baharuddin M., Patong, R.A., Ahmad, A., Nafie, N.L. 2014. Pengaruh Suhu dan pH terhadap hidrolisis CMC oleh Enzim Selulase dari Isolat Bakteri *La Kupu-Kupu Cossus cossus*. *Jurnal Teknosains*. 8(3): 344.
- Barlianti, V., Dahnum, D., Muryato., Triwahyuni, E., Aristiawan, E. dan Sudiyan. 2015. Hidrolisis Enzimatis Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Menghasilkan Gula Pereduksi dan Kinetikanya. *Jurnal Menara Perkebunan*. 83(1): 38.
- Dyah Ayu Saropah. D. A., Jannah, A., dan Maunatin, A. 2012. Kinetika Reaksi Enzimatis Ekstrak Kasar Enzim Selulase Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi dari Bekatul. *Jurnal Alcemy*. 2 (1): 34-45.
- Fan, L. T., Gharpuray, M. M., Lee, Y. H. 1987. *Cellulose Hydrolysis*. German: Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Fathimah, S., Idiawati, N., Adhitiyawarman. dan Arianie, L. 2014. Penentuan Kinetika Hidrolisis Enzimatis dalam Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*. 3(4): 47.
- Fatmayati dan Deli. N. A. 2017. Delignifikasi Batang Sawit Nonproduktif secara Organosolv dengan Asam Formiat. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 6(3): 113-118.
- Fatriasari W and Hermiati E. 2015. Lignocellulosic Biomass for Bioproduct: Its Potency and Technology Development. *Journal Lignocellulose Technology*. 1: 1-14.
- Fitri, A.S., Fitriana, Y.A.N. 2020. Analisis Senyawa Kimia pada Karbohidrat. *Jurnal Sainteks*. 17(1): 46.
- Fuadi, A. M dan Pranoto, H. 2016. Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Glukosa. *Jurnal Chemical*. 3: 1-2.
- Ghanjaoui, M. E., Mandil A., Mou, S. and Slimani R. 2020. High Performance Liquid Chromatography Quality Control. *International Journal of Advanced Chemistry*. 8 (1): 160.
- Gloria, E dan Hermasnyah. 2023. Hidrolisis TKKS menggunakan Ekstrak Kasar Enzim Selulase dari Bakteri Selulolitik Rayap Lahan Gambut. *Skripsi*. Universitas Negeri Sriwijaya. Sumatera Selatan.

- Haq, I. U., Qaisar, K., Nawaz, A., Akram, F., Mukhtar, H., Zohu, X., Xu, Y., Mumtaz, M.W., Rashid, U., Ghani, W. A. W., and Choong, T.S.Y. 2021. *Catalysts*. 11. 10. <https://doi.org/10.3390/catal11030309>.
- Hargono, H., Jos, B., Satriadi, H. dan Zakaria, M. F. 2022. Analisis Penambahan Ion Na dan Ca pada Hidrolisis Pati Singkong (*Manihot esculanta*) untuk Meningkatkan Aktivitas Enzim: Studi Kinetika Hidrolisis. *Jurnal Teknik*. 43 (1): 18.
- Hidayat, R. H. 2013. Teknologi *Pretreatment* Bahan Lignoselulosa dalam Proses Produksi Bioetanol. *Biopropal Industri*. 4(1): 33-48.
- Isroi. 2017. Characteristic Of Oil Palm Empty Fruit Bunch Pretreated With *Pleurotus Floridanus*. *Jurnal Menara Perkebunan*. 85(2): 67.
- Kanani, N., Rahmayetty. dan Endarto, Y. W. 2018. Pengaruh Penambahan  $\text{FeCl}_3$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Terhadap Kadar Lignin pada Delignifikasi Tongkol Jagung dengan Pelarut NaOH Menggunakan Bantuan Gelombang Ultrasonic. *Jurnal Muhammadiyah Jakarta*. 17(2): 6.
- Kolo, S., dan Sine, Y. 2019. Produksi Bioetanol dari Ampas Sorgum Lahan Kering dengan Perlakuan Awal Microwave Irradiasi. *Jurnal Saintek Lahan Kering*. 2(2): 40.
- Kristina., Sari, E. R. dan Novia. 2012. Alkaline *Pretreatment* dan Proses Simultan Sakarifikasi – Fermentasi untuk Produksi Etanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*. 18(3): 2.
- Kumar, R., Singh S. and Singh, O.V. 2008 Bioconversion of lignocellulosic biomass: Biochemical and molecular perspectives. *Journal Industrial Microbiology Biotechnology*. 35(5): 378.
- Kurniawan, E. W dan Rahman, M. 2020. Proses Optimasi Produksi Bioetanol dari Limbah Serat Buah Sawit dengan Metode SHF. *Buletin Loupe*. 16(1): 62.
- Lande, N. P., Mewo, Y. dan Paruntu, M. 2015. Perbandingan Kadar Glukosa Sebelum dan Sesudah Aktivitas Fisik Intensitas Berat. *Jurnal e-Biomedik*. 3(1): 20.
- Lismeri, L., Darni, Y., Sanjaya, M.D., dan Immadudin, M. I. 2019. Pengaruh Suhu dan Waktu *Pretreatment* Alkali pada Isolasi Selulosa Limbah Batang Pisang. *Journal of Chemical Proces Engineering*. 4(1): 19.
- Maharani, D.M. dan Rosyidin, K., 2018. Efek *Pretreatment* Microwave-NaOH Pada Tepung Gedebog Pisang Kepok terhadap Yield Selulosa. *Jurnal Agritechnology*, 38 (2): 133–139.

- Mariana, F. L., Zulfansyah. dan Fermi, M. I. 2010. Delignifikasi Tandan Kosong Sawit dalam Media Asam Formiat. *Peran Strategis Sains & Teknologi*. 1(3): 218.
- Miller, G.L. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Journal of Analytical Chemistry*. 31(3): 426-428.
- Nasruddin. 2012. Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dilanjutkan dengan Hidrolisis Bertahap untuk Menghasilkan Glukosa. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 23 (1): 2.
- Ningsih, Y. A., Lubis, K. R., dan Moeksin, R. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 1 (18): 30.
- Nugrahini, P., Sitompul, H. dan 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.
- Olofsson, K., Khairunnas, dan Gigih, T. P. 2008. A Short Review on SSF-an Interesting Process Option for Ethanol Production from Lignocellulosic Feedstocks. *Biotechnology for Biofuels*. 1(7): 1-14.
- Oswaldo, Z. S., Panca Putra S., M. Faizal, 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(18): 1-11.
- Pratiwi, Y. H., Ratnayani, O. dan Wirajana, I. N. 2018. Perbandingan Metode Uji Gula Pereduksi dalam Penentuan Aktivitas A-L-Arabinofuranosidase dengan Substrat Janur Kelapa (*Cocos Nucifera*). *Jurnal Kimia* 12 (2): 134-39.
- 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.
- Purwadaria, T., Marbun, P.A., Sinurat, A.P., Ketaren, P.P. 2003. Perbandingan Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri dan Kapang Hasil Isolasi dari Rayap. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 8(4): 214.
- Purwita, C. A dan Wirawan, S. K. 2017. *Biodeinking Sorted White Ledger (Swl) Menggunakan Selulase*. *Jurnal Selulosa*. 7 (2): 51.
- Puspitasari, G., Safrihatini, W. dan Umam, K. 2019. Stugi Kinetika dari Enzim  $\alpha$ -amilase pada Proses Penghilangan Kanji Kain Kapas. *Jurnal Arena Tekstil*. 1(34): 4.
- Putri E.S. 2014. "Pemanfaatan Limbah Tandan Kelapa untuk Pembuatan Bioetanol Melalui Proses Hidrolisis dan Fermentasi". *Skripsi*. Universitas

Negeri Semarang. Semarang

- Ratnayani, A. A. I. A., Laksmiwati, M. dan Sudiarto, M. 2015. Penentuan Laju Reaksi Maksimal ( $V_{max}$ ) Dan Konstanta Michaelis-Menten ( $K_m$ ) Enzim Lipase Pankreas Pada Substrat Minyak Kelapa, Minyak Sawit, Dan Minyak Zaitun. *Jurnal Kimia*. 9 (1): 94.
- Rilek, N. M., Hidayat, N. dan Sugiarto, Y. 2017. Hidrolisis Lignoselulosa Hasil Pretreatment Pelepah Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) menggunakan  $H_2SO_4$  pada Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 6 (2): 77.
- Safari S., Bahri, S., Nurhaeni. 2017. Pemanfaatan Kulit Jagung (*Zea Mays*) untuk Produksi Glukosa Menggunakan Kapang *Trichoderma* Sp. *Jurnal Kovalen*. 3(1): 17-23.
- Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, B. Prasetya, dan M. Nasikin. 2007. Pemanfaatan Selulosa Bagas untuk Produksi Etanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase. *Makara Teknologi*. 11(1): 17-24.
- 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.
- Sarwono, R. 2014. Konversi Selulosa Tandan Kosong Sawit ( TKS ) menjadi Etanol. *Jurnal Selulosa*. 4(1): 1.
- Simatupang, H., Nata, A., dan Herlina, N. 2012. Studi Isolasi dan Rendemen Lignin dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Jurnal Teknik Kimia*. 1(1): 21.
- Sindhuwat *et al.* 2021. Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Dengan Metode Fed Batch Pada Proses Hidrolisis . *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*. 5(2): 03.
- Sindhuwati, C., Mustain, A., Rosly, Y. O., Aprijaya, A. S., Mufid., Suryandari, A.S., Hardjono. dan Rulianah, S. 2021. Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol dengan Metode Fed Batch pada Proses Hidrolisis. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*. 5(2): 129.
- Sorn, V., Chang, K. L., Phitsuwan, P., Ratanakhanokchai, K., & Dong, C. Di. 2019. Effect of microwave-assisted ionic liquid/acidic ionic liquid pretreatment on the morphology, structure, and enhanced delignification of rice straw. *Bioresource Technology*. 293. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121929>

- Sulardi. 2022. *Budidaya Tanaman Kelapa Sawit*. Bekasi: PT Dewangga Energi Internasional.
- Ufodike C. O., Eze, V. O., Ahmed, M. F., Oluwalowo, A., Park, J. G., Liang, Z and Wang, H. 2019. Investigation of Molecular and Supramolecular Assemblies of Cellulose and Lignin of Lignocellulosic Materials by Troscopy and Thermal Analysis. *International Journal of Biological Macromolecules*. 1(1): 2.
- Wijaya, L. A., Nurhatika, N. dan Sudarmanta, S. 2019. Uji Efektifitas Bioetanol Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Bahan Bakar Campuran Bensin Terhadap Unjuk Kerja Mesin Generator. *Journal Sains dan Seni ITS*. 7(2): 1.
- Yolanda, I. P. 2015. “Degradasi Selulosa dari Batang Jagung (*Cornstalk*) Menjadi Glukosa dengan Proses Hidrotermal Menggunakan Kombinasi Proses *Pretreatment* Delignifikasi Ultrasonik”. *Skripsi Teknologi Industri. Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya*.
- Yoricya, G., Dalimunthe, S. A.P., Manurung, R. dan Bangun, N. 2016. Hidrolisis Hasil Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dalam Sistem Cairan Ionik Choline Chloride. *Jurnal Teknik Kimia*. 5 (1): 29.