

**KINETIKA HIDROLISIS SELULOSA MENJADI GLUKOSA
PADA LIMBAH KULIT NANAS (*ANANAS COMOSUS*)
MENGUNAKAN ENZIM SELULASE**

SKRIPSI



Oleh :

PUTRI AZMI ANNIDYA

NPM 21034010026

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2025

**KINETIKA HIDROLISIS SELULOSA MENJADI GLUKOSA
PADA LIMBAH KULIT NANAS (*ANANAS COMOSUS*)
MENGUNAKAN ENZIM SELULASE**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan**

Diajukan Oleh

PUTRI AZMI ANNIDYA

NPM: 21034010026

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**KINETIKA HIDROLISIS SELULOSA MENJADI GLUKOSA
PADA LIMBAH KULIT NANAS (*ANANAS COMOSUS*)
MENGUNAKAN ENZIM SELULASE**

Disusun Oleh:


Putri Azmi Annidya
NPM. 21034010026

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Ir. Tuhu Agung R., MT.
NIP./NPT. 19620501 198803 1 001


Rizka Novembrianto, ST., MT.
NIP./NPT. 198711272025211062

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**


Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**KINETIKA HIDROLISIS SELULOSA MENJADI GLUKOSA
PADA LIMBAH KULIT NANAS (*ANANAS COMOSUS*)
MENGUNAKAN ENZIM SELULASE**

Disusun Oleh:


Putri Azmi Annidva
NPM. 21034010026

**Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal Natural
Sciences (Terakreditasi Sinta 4)**

Menyetujui,

Pembimbing 1


Ir. Luhu Agung R., MT.
NIP./NPT. 19620501 198803 1 001

TIM PENGUJI
1. Ketua


Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, M.T.
NIP./NPT. 19570314 198603 2 001

Pembimbing 2


Rizka Novembrianto, ST., MT.
NIP./NPT. 198711272025211062

2. Anggota


**Dr. Okik Hendrivanto
Cahyonugroho, ST., MT**
NIP./NPT. 19750717 202121 1 007

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**


Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

KINETIKA HIDROLISIS SELULOSA MENJADI GLUKOSA
PADA LIMBAH KULIT NANAS (*ANANAS COMOSUS*)
MENGUNAKAN ENZIM SELULASE

Disusun Oleh:

Putri Azmi Annidya

NPM. 21034010026

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 01 Desember 2025

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA

Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, M.T.
NIP./NPT. 19570314 198603 2 001

Dr. Okik Hendriyanto
Cahyonugroho., ST., MT
NIP./NPT. 19750717 202121 1 007

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Putri Azmi Annidya
NPM : 21034010142
Program : Sarjana(S1)/~~Magister (S2)~~ / ~~Doktor (S3)~~
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik Dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah ~~Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi~~* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada ~~Skripsi/Tesis/Desertasi~~ ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 01 Desember 2025

Yang Membuat Pernyataan



Putri Azmi Annidya
NPM. 21034010026

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala kasih dan karunia Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Kinetika Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa Pada Limbah Kulit Nanas (*Ananas Comosus*) Menggunakan Enzim Selulase” sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar strata 1 (S1) pada program studi Teknik Lingkungan di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan hormat sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, ST., MT., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T., dan Rizka Novembrianto, ST., MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan banyak pengarahan dan motivasi untuk penyelesaian Skripsi ini.
4. Prof. Euis Nurul Hidayah, ST.,MT.,Ph.D selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi dan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Semua dosen Program Studi Teknik Lingkungan dan Staf Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan segenap ilmunya selama perkuliahan.
6. Kedua orang tua tercinta, kakak, yaya serta keluarga besar yang tiada henti memberikan Do’a, kasih sayang, motivasi serta dukungan yang luar biasa sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dengan baik.
7. Raja Lee, ucapan terima kasih yang tulus dan mendalam sudah menjadi teman, sahabat sekaligus orang yang sangat berpengaruh bagi penulis yang

senantiasa memberikan dukungan, masukan, dan motivasi sejak masa sekolah menengah atas hingga penulisan karya ini selesai. Kehadiran dan dukungan yang diberikan telah mempermudah jalan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

8. Teman – teman Teknik Lingkungan – 28 yang telah memberikan semangat dalam proses pengerjaan Skripsi ini.
9. Sasa, Salsa, dan Wilu yang telah memberikan semangat dan menjadi teman seperjuangan dari maba sampai dengan proses pengerjaan Skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini telah diusahakan semaksimal mungkin. Namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan.

Surabaya, 29 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB 2.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah Organik Rumah Tangga.....	4
2.1.1 Kulit Nanas.....	5
2.2 Selulosa	6
2.3 Glukosa	8
2.4 <i>Pretreatment</i> Kimia (Delignifikasi)	9
2.5 Enzim Selulase.....	10
2.6 Hidrolisis.....	11
2.6.1 Hidrolisis dengan Air	11
2.6.2 Hidrolisis dengan Enzim	12
2.7 Mekanisme Hidrolisis Selulosa dengan Enzim Selulase	13
2.8 Model Kinetika	14
2.8.1 Reaksi Enzimatis.....	14
2.8.2 Persamaan <i>Michaelis-Menten</i>	15
2.9 Faktor yang Mempengaruhi Hidrolisis	17

2.10 Faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim.....	17
2.11 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB 3.....	22
METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Kerangka Penelitian.....	22
3.2 Bahan dan Alat.....	24
3.2.1 Bahan.....	24
3.2.2 Alat.....	24
3.3 Variabel.....	25
3.3.1 Variabel Terikat.....	25
3.3.2 Variabel Bebas.....	25
3.3.3 Variabel Kontrol.....	25
3.3.4 Parameter Uji.....	25
3.4 Prosedur Kerja.....	26
3.4.1 Persiapan Substrat Kulit Nanas.....	26
3.4.2 Proses Delignifikasi.....	26
3.4.3 Proses Hidrolisis Enzimatis.....	27
3.5 Analisis Data dan Hasil.....	27
3.5.1 Analisis Kadar Glukosa.....	27
3.5.2 Analisis Kinetika.....	27
3.6 Jadwal Kegiatan.....	28
BAB 4.....	29
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil Penelitian.....	29
4.1.1 Analisa Awal.....	29
4.1.2 Hasil Proses Delignifikasi.....	30
4.1.3 Hasil Proses Hidrolisis.....	32
4.2 Pembahasan.....	35
4.2.1 Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Substrat (CA_0) terhadap Konsentrasi Produk/Glukosa (CR).....	35
4.2.2 Penentuan Persamaan Michaelis-Menten.....	37

4.2.3 Hasil Uji Statistik Minitab ANOVA metode General Linear Model.....	42
BAB 5.....	47
KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN A	55
ANALISA DATA	55
LAMPIRAN B	61
PERHITUNGAN	61
LAMPIRAN C	70
DOKUMENTASI KEGIATAN	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Kulit Nanas	5
Tabel 3. 2 Jadwal Kegiatan	28
Tabel 4. 1 Hasil Proses Delignifikasi Pada Limbah Kulit Nanas.....	31
Tabel 4. 2 Konsentrasi produk (glukosa) yang terbentuk dalam satuan persen (%)	34
Tabel 4. 3 Konsentrasi produk (glukosa) yang terbentuk dalam satuan mol	34
Tabel 4. 4 Konversi selulosa oleh enzim selulase menjadi glukosa.....	36
Tabel 4. 5 Hubungan konsentrasi substrat dan waktu hidrolisis tiap satuan waktu	38
Tabel 4. 6 Persamaan Michaelis-Menten tiap satuan waktu	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Limbah Kulit Nanas	5
Gambar 2. 2 Ilustrasi Proses Perlakuan Awal Biomassa Lignoselulosa	7
Gambar 2. 3 Struktur Kimia Selulosa	8
Gambar 2. 4 Struktur Fischer Glukosa dan Haworth Glukosa.....	9
Gambar 2. 5 Pemutusan Ikatan Antara Lignin dan Selulosa Oleh NaOH	10
Gambar 2. 6 Mekanisme Hidrolisis Selulosa Oleh Enzim Selulase	14
Gambar 2. 7 Grafik Penentuan Konstanta Michaelis-Menten	16
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	23
Gambar 3. 2 Proses Penelitian	25
Gambar 3. 3 Rangkaian Alat Delignifikasi	26
Gambar 4. 1 Hubungan antara waktu hidrolisis (menit) dengan konsentrasi produk (%) pada berbagai konsentrasi substrat (%).....	35
Gambar 4. 2 Hubungan konsentrasi substrat dan waktu hidrolisis.....	38
Gambar 4. 3 Model kinetika orde satu konsentrasi produk (glukosa) pada berbagai variasi konsentrasi substrat dan waktu.....	41

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kinetika hidrolisis selulosa menjadi glukosa pada limbah kulit nanas (*Ananas comosus*) menggunakan enzim selulase dalam konteks pengolahan limbah organik rumah tangga. Limbah kulit nanas memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi (61,88%) setelah melalui proses delignifikasi dengan larutan NaOH 5% pada suhu 80°C selama 90 menit, yang bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan substrat selulosa dengan menghilangkan lignin penghambat akses enzim. Hidrolisis enzimatik dilakukan pada variasi konsentrasi substrat 1% hingga 5% (% w/v) dan waktu hidrolisis 60 hingga 180 menit pada kondisi optimum pH 5 dan suhu 50°C menggunakan enzim selulase komersial. Pengukuran hasil hidrolisis berupa konsentrasi glukosa dilakukan dengan refraktometer dan dianalisis menggunakan model kinetika Michaelis-Menten. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi glukosa meningkat secara signifikan seiring peningkatan waktu dan konsentrasi substrat hingga mencapai kejenuhan enzim. Laju reaksi maksimum (k) tertinggi dicapai pada konsentrasi substrat 5% dengan persamaan laju reaksi $-r_A = r_R = 0,3828 \frac{C_{E0}C_A}{2,357 + C_A}$, yang mengindikasikan efisiensi optimal konversi selulosa. Studi ini memberikan kontribusi penting dalam pemanfaatan limbah organik rumah tangga kulit nanas sebagai sumber glukosa melalui proses biokonversi enzimatik yang ramah lingkungan dan potensial untuk aplikasi biofertilizer maupun bioenergi.

Kata kunci: hidrolisis selulosa, enzim selulase, kulit nanas, kinetika *Michaelis-Menten*, delignifikasi

ABSTRACT

This study aims to examine the kinetics of cellulose hydrolysis into glucose in pineapple peel waste (Ananas comosus) using cellulase enzymes in the context of household organic waste processing. Pineapple peel waste has a fairly high cellulose content (61.88%) after going through a delignification process with 5% NaOH solution at 80°C for 90 minutes, which aims to increase the availability of cellulose substrates by removing lignin that inhibits enzyme access. Enzymatic hydrolysis was carried out at various substrate concentrations of 1% to 5% (% w/v) and hydrolysis times of 60 to 180 minutes at optimum conditions of pH 5 and 50°C using commercial cellulase enzymes. Measurement of hydrolysis results in the form of glucose concentration was carried out using a refractometer and analyzed using the Michaelis-Menten kinetic model. The results showed that glucose concentration increased significantly with increasing time and substrate concentration until it reached enzyme saturation. The highest maximum reaction rate (k) was achieved at a substrate concentration of 5% with a reaction rate equation of $-r_A = r_R = 0,3818 \frac{C_{E0}C_A}{2,357 + C_A}$, which indicates optimal efficiency of cellulose conversion. This study provides an important contribution to the utilization of household organic waste from pineapple peels as a source of glucose through an environmentally friendly enzymatic bioconversion process with potential for biofertilizer and bioenergy applications.

Keywords: cellulose hydrolysis, cellulase enzyme, pineapple peel, Michaelis-Menten kinetics, delignification