

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN UNGGULAN KOMPETITIF
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**HIDROLISIS ENZIMATIK SELULOSA SEKAM PADI YANG TELAH DIBERI
PRAPERLAKUAN KIMIA UNTUK MEMPRODUKSI BIOETANOL GENERASI
KEDUA**



Oleh:

Ketua Peneliti	: Novia, ST, MT, PhD	NIDN. 0005117301
Anggota Peneliti	: 1. Elda Melwita, ST, MT, PhD	NIDN. 0011057504
	2. Selpiana, ST., MT	NIDN. 0019097801

Dibiayai oleh:
Anggaran DIPA Badan Layanan Umum
Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2022
Nomor SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2022
Sesuai dengan SK Rektor
Nomor : 0109/UN9.3.1/SK/2022
Tanggal 28 April 2022

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
TAHUN 2022**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

SKEMA PENELITIAN UNGULAN KOMPETITIF

1. Judul Penelitian : HIDROLISIS ENZIMATIK SELULOSA SEKAM PADI YANG TELAH DIBERI PRAPERLAKUAN KIMIA UNTUK MEMPRODUKSI BIOETANOL GENERASI KEDUA
2. Bidang Penelitian : Energi Baru dan Terbarukan
3. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Novia, ST., MT., Ph.D
 - b. NIDN/NIDK : 0005117301
 - c. Pangkat dan Golongan : Pembina / IV-a
 - d. Fakultas/Jurusan/Prodi : Teknik/Teknik Kimia
 - e. Telepon/HP/E-mail : 081368632611/novia@ft.unsri.ac.id
- 4 Jumlah Anggota Peneliti :
- a. Nama Anggota I : Elda Melwita, ST., MT., Ph.D
NIDN/NIDK : 0011057504
 - b. Nama Anggota II : Selpiana, ST., MT.
NIDN/NIDK : 0019097801
- 6 Jangka Waktu Penelitian : 1 Tahun
7. Jumlah Dana yang Disetujui : Rp. 47.000.000
8. Target Luaran TKT : 4
9. Nama, NIM dan Jurusan/
Program Studi/BKU
Mahasiswa yang Terlibat
- 1. Winta Efrinalia, 03012682024010/Prodi Magister Teknik Kimia (S2)/BKU Lingkungan
 - 2. Nur Hafidzah Deviyana, 03031381823071/Teknik Kimia (S1)
 - 3. Violetta Viola, 03031381823077/Teknik Kimia (S1)

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, MT
NIP. 196706151995121002

Inderalaya, 12 November 2022
Ketua Peneliti,

Novia, ST., MT., Ph.D
NIP. 197311052000032003

Inderalaya, November 2022

Ketua LPPM Universitas Sriwijaya,



Samsuryadi, S.Si., M.Kom., Ph.D
NIP. 197102041997021003

LAPORAN AKHIR PENELITIAN

1. IDENTITAS PENELITIAN (diisikan sesuai dengan proposal)

A. JUDUL PENELITIAN

HIDROLISIS ENZIMATIK SELULOSA SEKAM PADI YANG TELAH DIBERI PRAPERLAKUAN KIMIA UNTUK MEMPRODUKSI BIOETANOL GENERASI KEDUA
--

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus Riset	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Energi - Energi Baru dan Tebarukan	Pengembangan Biofuel	Pengembangan Biofuel (Bioetanol Generasi Kedua)	Teknik Kimia

C. SKEMA, TARGET TKT, LAMA PENELITIAN DAN LOKASI PENELITIAN

Skema Penelitian	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)	Lokasi Penelitian
Unggulan Kompetitif	4	1	Inderalaya

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama Ketua, Anggota, dan Peran	Program Studi/ Bagian	ID Sinta	H-Index
Novia, ST, MT, Ph.D (Ketua)	Teknik Kimia	6059009	4
Elda Melwita, ST, MT, Ph.D	Teknik Kimia	5986115	5
Selpiana, ST., MT	Teknik Kimia	6040435	2

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Mitra	Nama Mitra
.....	

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status Target Capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
2022	Laporan Riset Mahasiswa S1	Selesai Seminar Riset	
2022	Laporan Tesis Mahasiswa S3	Selesai Sidang Tesis	
2022	Jurnal Litbang Industri (SINTA 2)	Submitted	

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status Target Capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
2022	Paten Sederhana	Terdaftar No. Pendaftaran: S00202212167	
2022	Jurnal Internasional terindeks Scopus Q1 "Fermentation"	Published	https://doi.org/10.3390/fermentation8090417

5. LAPORAN AKHIR PENELITIAN

A. RINGKASAN: Ringkasan penelitian berisi latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian yang diusulkan.

Indonesia memiliki potensi limbah sekam padi yang sangat besar. Menurut data Badan Pusat Statistik, produksi padi Indonesia tahun 2018 adalah sebesar 56,54 juta ton Gabah Kering Giling (GKG). Diperkirakan terdapat limbah sekam padi sekitar 11 juta ton (kandungan sekam padi $\pm$ 20% GBK). Selama ini sekam padi belum dimanfaatkan secara optimal, petani hanya menumpuk dan membakarnya. Hal ini dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Kandungan selulosa pada sekam padi berpotensi untuk dikonversikan menjadi bioethanol. Konversi sekam padi menjadi bioethanol memiliki 3 tahapan proses yaitu pra-perlakuan (pretreatment), hidrolisis enzimatis dan fermentasi. Proses pra-perlakuan diperlukan untuk memecahkan struktur rumit bahan lignoselulosa dan membantu dalam membuat biomassa lebih mudah diakses untuk aktivitas mikroba dan enzimatis yang diperlukan oleh selulosa dan hidrolisis hemiselulosa. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bioethanol dari sekam padi yang diberi praperlakuan kimia (H_2O_2 3% suhu 85 oC selama 6 jam dan NH_4OH 20% suhu 100 oC selama 5 jam). Setelah itu dilanjutkan dengan hidrolisis enzimatis menggunakan crude enzim dari *Aspergillus niger*, lalu difermentasi lanjut menjadi bioethanol. Variasi konsentrasi enzim yang digunakan adalah dari 10% sampai 20% dari total fraksi enzim (10% berarti 5 mL enzim per 50 gr biomassa kering). Gula yang diperoleh dari hidrolisis enzimatis selanjutnya difermentasi menjadi bioethanol. Variabel hidrolisis enzimatis yang diamati: variasi konsentrasi enzim dan waktu hidrolisis. Penelitian ini difokuskan pada hidrolisis enzimatis untuk mendapatkan kinetika reaksi enzimatis. Waktu fermentasi yang diteliti adalah 5 hari, sedangkan konsentrasi ragi *Saccharomyces cerevisiae* adalah 10%. Selanjutnya bioethanol yang dihasilkan dimurnikan dengan proses destilasi untuk mendapatkan bioethanol dengan kualitas dan spesifikasi tertentu. Peneliti utama dan anggota memiliki pengalaman penelitian yang relevan dengan usulan. Penelitian ini telah menghasilkan luaran wajib berupa **Tesis S2** (Sidang Thesis dilaksanakan tanggal 15 November 2022) dan **laporan riset mahasiswa S1**; (serta artikel ilmiah yang dipublikasikan di **Jurnal Litbang Industri (SINTA 2)** dengan Status: **Submitted**. Luaran tambahan berupa **Paten Sederhana** dan **Jurnal Internasional terindeks Scopus Q1 "Fermentation"** dengan Status: **Published**. Pengukuran TKT penelitian yang diusulkan ini berada pada level 4.

B. HASIL PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, table, grafik dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

B.1. Pengaruh Delignifikasi Terhadap Komposisi Sekam Padi

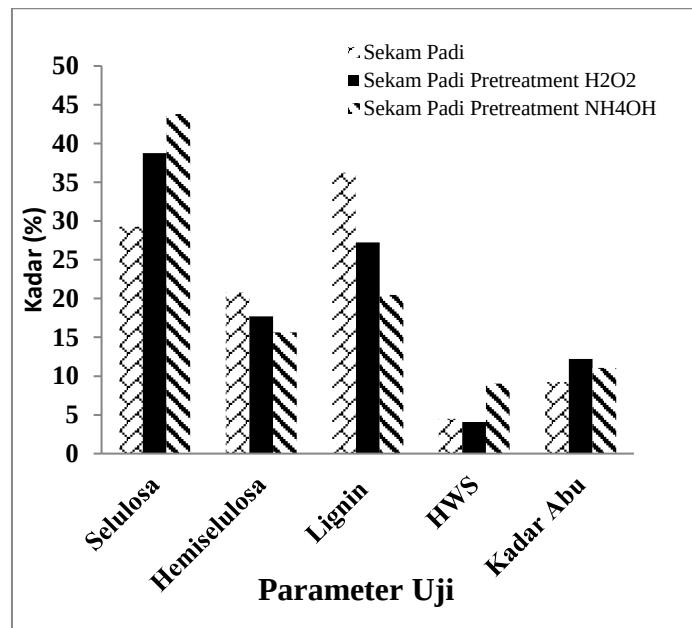
Pada penelitian ini, delignifikasi atau pretreatment dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama menggunakan senyawa Hidrogen Peroksida. Hidrogen Peroksida dipilih karena terbukti menjadi pilihan yang baik untuk proses pretreatment karena bersifat oksidator kuat, larut dalam air serta memiliki kemampuan 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 [3]. 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 B.1 dan Gambar B.1.

Tabel B.1. Hasil Analisa Komposisi Sekam Padi Sebelum dan Sesudah Pretreatment.

Parameter Uji	Keterangan Sampel			
	Sekam Sebelum Pretreatment	Padi	Sekam Pretreatment H ₂ O ₂	Padi
	(%)		(%)	
Selulosa	29,26		38,77	
Hemiselulosa	20,79		17,71	
Lignin	36,24		27,22	
HWS	4,49		4,08	
Kadar Abu	9,22		12,22	



Gambar B.1. Komposisi Sekam Padi Sebelum dan Sesudah Pretreatment.

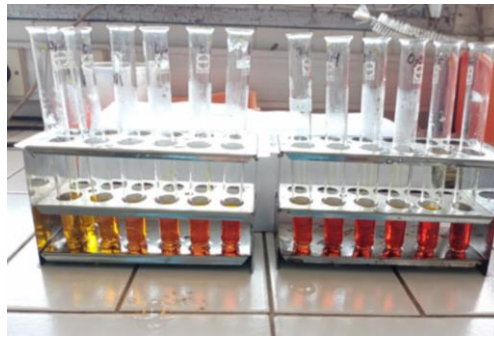
Komposisi persentase parameter yang diperoleh pada setiap pretreatment menunjukkan hubungan yang cukup signifikan. Kadar *Hot Water Soluble* (HWS) menunjukkan jumlah senyawa oligosakarida dan pektin di dalam tanaman yang berguna sebagai penyusun dinding sel tumbuhan [5]. Pretreatment menggunakan hidrogen peroksida dan *aqueous ammonia* mampu menurunkan kadar lignin dari 36,24 % menjadi 20,47 %. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya jumlah lignin yang terdegradasi seiring dengan kontaknya sampel dengan larutan hidrogen peroksida dan *aqueous ammonia*. Dalam penelitian terdahulu (Novia dkk., 2014), pretreatment yang baik mampu meningkatkan porositas selulosa. Persentase hemiselulosa dan selulosa cenderung meningkat akibat dari banyaknya lignin yang terdegradasi. Sekam padi mempunyai komposisi kimia selulosa sekitar 34% yang dapat dikonversi menjadi bioethanol (Novia dkk., 2021). Kadar selulosa maksimum yang diperoleh adalah sebesar 43,80 %, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk glukosa.

B.2. Karakterisasi Ekstrak Enzim Selulase

Enzim selulase adalah protein yang diperoleh dengan teknik fermentasi oleh isolat *Aspergillus niger* selama 96 jam. Enzim selulase adalah sistem enzim yang terdiri dari tiga tipe enzim utama yaitu endo- β -glucanase, exo- β -glucanase, dan β -glukosidase. Ketiga enzim ini bekerja mendegradasi selulosa dan melepaskan gula reduksi (glukosa) sebagai produk akhir. Aktivitas enzim selulase dinyatakan dalam satuan internasional yaitu U/mL, satu unit merupakan jumlah enzim yang dibutuhkan untuk memecah 1 μ mol selulosa menjadi gula reduksi per menit pada kondisi pengujian (Nababan dkk., 2019). Aktivitas enzim selulase ditentukan secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer Vis dengan metode Dinitrosalisilic Acid (DNS).

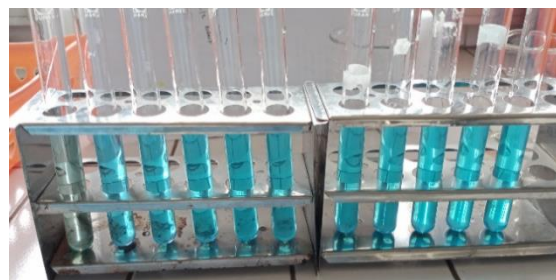
Pengujian aktivitas selulase dilakukan dengan metode CMCcase dan aktivitas total enzim. Pengujian menggunakan CMCcase bertujuan untuk mengetahui aktivitas endo- β -glucanase dalam memotong rantai selulosa secara random sehingga sisi yang terbuka dapat diserang oleh exo- β -glucanase dan menghasilkan selobiosa yang kemudian dihidrolisis menjadi glukosa. Sedangkan pengujian aktivitas total enzim menggunakan substrat kertas saring whatman no.1, menunjukkan aktivitas total dari ketiga komponen yang ada dalam enzim selulase untuk membentuk glukosa.

Hasil dari pengujian dengan dua metode tersebut menunjukkan bahwa enzim memiliki kemampuan dalam menghidrolisis selulosa membentuk gula pereduksi yaitu glukosa. Gugus glukosa bereaksi dengan DNS (asam dinitrosalisilat) sebagai oksidator dalam membentuk asam 3-amino-5-nitrosalisilat yang menghasilkan warna jingga kemerahan seperti Gambar B.2. Warna tersebut dapat diukur secara kuantitatif dengan pembacaan secara kolorimetri menggunakan spektrofotometer (Murtiyaningsih & Hazmi, 2017).



Gambar B.2. Larutan Standar Glukosa.

Selain itu, kadar protein terlarut pada enzim selulase juga di uji menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan metode bradford. Metode bradford merupakan pengukuran konsentrasi protein total secara kolorimetri dalam suatu larutan dengan penambahan pewarna *Coomassie Brilliant Blue* yang dibaca pada panjang gelombang 595 nm (Pujiati dkk., 2018). Larutan bradford direaksikan dengan protein (BSA) membentuk warna biru seperti pada Gambar B.3.



Gambar B.3. Larutan Standar Protein (BSA).

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kadar enzim dalam sampel, karena enzim yang digunakan adalah ekstrak kasar. Hasil dari pengujian enzim ekstrak kasar diperoleh kadar air sebesar 80 % dan kadar protein 4,029 mg/mL atau 4029 µg/mL. Dalam penelitian lain (Nathan dkk., 2014), kadar protein tertinggi diperoleh adalah 314,8 µg/mL dengan kadar air sebesar 50 % dan terkecil sebesar 105,4 µg/mL dengan kadar air sebesar 20 %. Jumlah tersebut lebih kecil dibandingkan dengan data yang dihasilkan oleh peneliti. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar air maka pertumbuhan enzim selulase dari *Aspergillus niger* semakin meningkat. Adapun data kadar protein dan aktivitas enzim selulase pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel B.2.

Tabel B.2. Data Analisis Kadar Protein dan Aktivitas Enzim Selulase.

No	Parameter Uji	Kadar	
1	Aktivitas Enzim Selulase		
1.a	Aktivitas endo- β -glucanase	314,892	U/mL
		56,681	mg/mL/Menit
1.b	Aktivitas total enzim	548,940	U/mL
		98,809	mg/mL/Menit
2	Protein		
2.a	Protein Larut Air	4,029	mg/mL
		4029	µg/mL
2.b	Kadar Air	80	%

Menurut Hames dan Hooper, aktivitas enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor media tumbuh seperti suhu, pH, substrat, dan konsentrasi enzim (Kusumaningrum dkk., 2019). Setiap enzim memiliki kemampuan aktivitas yang berbeda-beda. Dari tabel B.2 terlihat bahwa enzim memiliki kemampuan untuk menghidrolisis selulosa menjadi glukosa sebesar 548, 940 U/mL dengan kadar air 80 %. Angka ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, dimana hasil uji aktivitas total enzim yang di dapat hanya sebesar 0,747 U/mL dan 0,207 U/mL dengan menggunakan ampas tebu dan ampas sagu sebanyak 2 % (Gunam & Wartini., 2013 ; Sari dkk., 2017). Aktivitas enzim novozymes dalam dalam penelitian (Pabon dkk., 2020) hanya 110 U/mL pada konsentrasi 10 % b/v biomassa, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan data yang diperoleh peneliti.

Nilai yang berbeda ini disebabkan perbedaan jenis dan konsentrasi biomassa yang digunakan sebagai sumber substrat untuk memproduksi enzim selulase. Peneliti menggunakan jenis biomassa sekam padi dengan konsentrasi 20 %, sehingga aktivitas dan konsentrasi enzim selulase cenderung lebih besar dari kedua peneliti sebelumnya. Semakin tinggi konsentrasi biomassa, maka akan semakin tinggi konsentrasi enzim yang terbentuk. Substrat selulosa pada biomassa adalah sumber karbon yang berfungsi sebagai sumber energi dalam pembentukan sel enzim selulase (Nababan dkk., 2019).

B.3. Hidrolisis Enzimatik

Hidrolisis enzimatik bertujuan untuk mengubah selulosa menjadi glukosa dengan bantuan enzim sebagai katalis. Penelitian ini memanfaatkan katalis biologi berupa enzim selulase yang diperoleh dari metabolisme kapang *Aspergillus niger*.

B.3.1. Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Glukosa

Glukosa yang diperoleh melalui proses hidrolisis enzimatik, di analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan metode Dinitrosalisilic Acid Nelson Somogyi (DNS). Adapun data hasil uji pengaruh waktu hidrolisis dan konsentrasi enzim terhadap kadar glukosa dapat dilihat pada Tabel B.3.

Tabel B.3. Kadar Glukosa Pada Berbagai Variasi Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Enzim dengan Kondisi pH 5.

Waktu Hidrolisis (Jam)	Kadar Glukosa (mg/mL) Pada Konsentrasi Enzim		
	10 % b/v	15 % b/v	20 % b/v
1	0,0795	0,0923	0,1060
5	0,8939	0,9210	1,4963
10	0,9715	0,8564	1,5690
15	0,8367	0,9377	1,6786
20	1,0405	1,0867	1,7704
25	1,0448	1,0898	1,7809

Tabel diatas menunjukkan bahwa kadar glukosa meningkat secara cepat dari waktu 1 sampai 20 jam dengan kadar glukosa sebesar 1,7704 mg/mL. Pertumbuhan melambat ketika memasuki waktu 20 sampai 25 jam sebesar 1,7809 mg/mL. Hal ini terjadi karena aktivitas enzim selulase memasuki fase pertumbuhan logaritmik dan stationer. Pada fase logaritmik terjadi proses pemecahan selulosa secara besar-besaran menjadi glukosa dan fase stationer mikroorganisme tidak lagi melakukan pembelahan sel sehingga jumlah sel cenderung tetap dan melambat (Dyah dkk., 2012).

Pada Gambar B.4 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim, maka kadar glukosa semakin tinggi. Hal disebabkan oleh aktivitas enzim yang semakin tinggi. Kadar glukosa optimal diperoleh sebesar 1,7809 mg/mL pada saat konsentrasi enzim 20 % (v/b) dan waktu hidrolisis 25 jam. Kadar tersebut

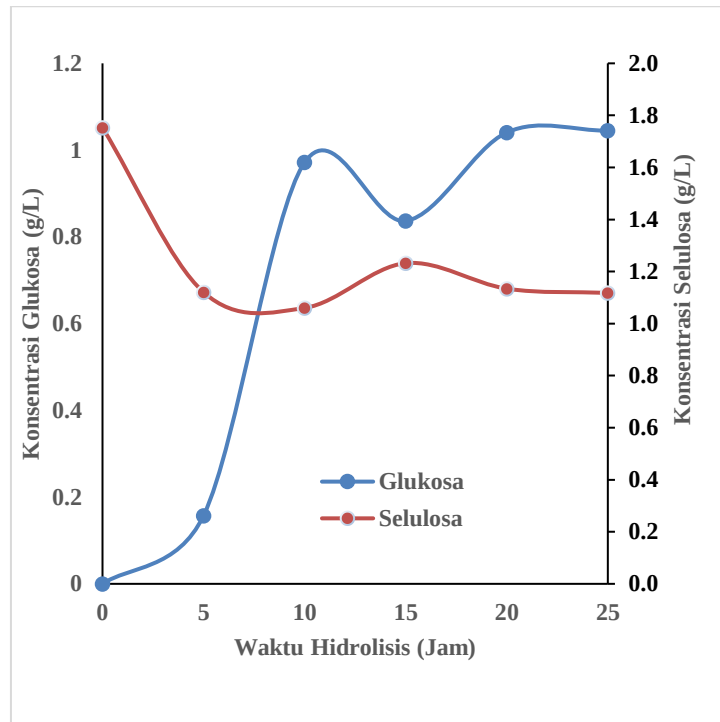
lebih tinggi dibandingkan dengan data penelitian sebelumnya. Adapun perbandingan kadar glukosa penelitian sebelumnya dengan penelitian ini dapat dilihat pada tabel B.4

Tabel B.4. Perbandingan Kadar Glukosa Dengan Penelitian Sebelumnya

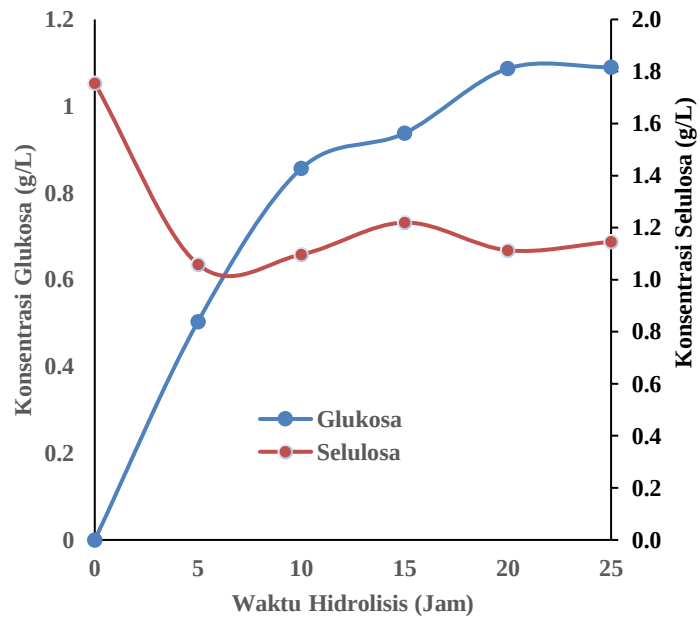
Biomassa	Pretreatment	Kadar Glukosa	Pustaka
Sekam Padi	H ₂ O ₂ - <i>Aquoes Ammonia</i>	1,7809 mg/mL	diteliti
	Alkali Pretreatment		
Jerami Padi		0,575 mg/mL	(Thomas dkk., 2016)
	Alkali Peroxide		
Bonggol Jagung		514 ppm atau 0,514 mg/mL	(Inggrid dkk., 2016)
	<i>Aquoes Ammonia</i>		
Sekam Padi	Pretratment	0,241 mg/mL	(Novia dkk., 2020)
Sekam Padi	Ammonia-acid Pretreatment	14 % atau 0,0444 mg/mL (konversi dari % glukosa metode luff)	(Novia dkk., 2014)

Pada Tabel B.4 dapat dilihat bahwa kadar glukosa diperoleh oleh peneliti lebih tinggi dibandingkan dengan hasil peneliti lainnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil tersebut disebabkan oleh perbedaan jenis biomassa sebagai sumber selulosa, konsentrasi enzim dan proses pretreatment. Pada penelitian (Thomas dkk., 2016 ; Inggrid dkk., 2016) diperoleh kadar glukosa sebesar $\pm 0,5$ mg/mL, hasil ini sebanding dengan nilai selulosa yang ada pada biomassa jerami padi yaitu 39 % dan bonggol jagung 32 % yang digunakan dalam proses hidrolisis .

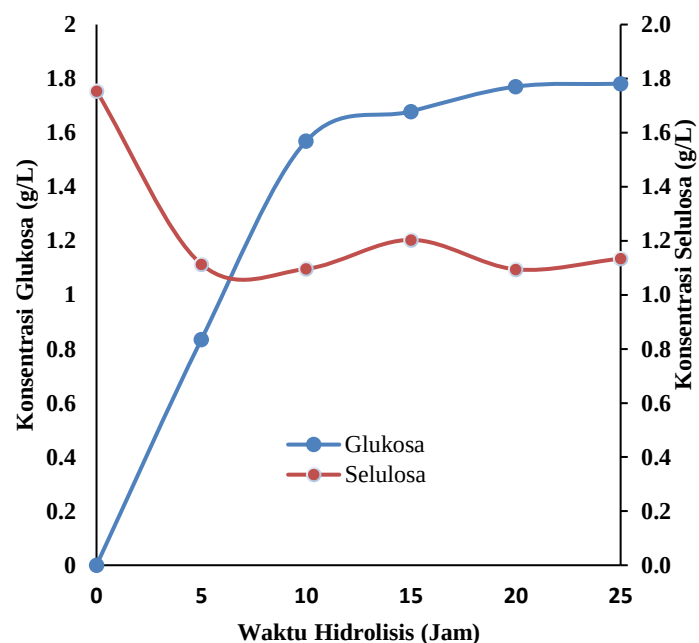
Dalam penelitian (Novia dkk., 2014 ; Novia dkk., 2020), hasil glukosa yang diperoleh hanya sebesar 0,0444 mg/mL, hal ini disebabkan oleh adanya selulosa yang ikut larut atau rusak pada proses pretreatment tahap ke dua yang menggunakan asam sulfat untuk mengurangi lignin. Pretreatment sangat mempengaruhi dalam pengurangan lignin yang dapat menghambat aktivitas enzim. Dugaan ini diperkuat dengan adanya penelitian kembali pada tahun 2020 yang hanya menggunakan *Aquoes Ammonia* untuk proses pretreatment, hasil glukosa yang diperoleh adalah sebesar 0,241 mg/mL dengan konsentrasi enzim untuk hidrolisis sebesar 10 % v/b. Hubungan antara konsentrasi glukosa dan substrat terhadap waktu hidrolisis dapat dilihat pada gambar B.4, gambar B.5 dan gambar B.6.



Gambar B.4. Hubungan konsentrasi glukosa dan selulosa terhadap waktu hidrolisis pada konsentrasi enzim selulase 10 %.



Gambar B.5. Hubungan konsentrasi glukosa dan selulosa terhadap waktu hidrolisis pada konsentrasi enzim selulase 15 %.



Gambar B.6. Hubungan konsentrasi glukosa dan selulosa terhadap waktu hidrolisis pada konsentrasi enzim selulase 20 %.

B.3.2. Pengaruh pH Terhadap Glukosa

Selain konsentrasi enzim, substrat, dan waktu hidrolisis, aktivitas enzim juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti pH. Setelah mendapatkan konsentrasi dan waktu hidrolisis optimal enzim selulase, penulis melakukan penelitian terhadap kondisi lingkungan pH yang cocok untuk aktivitas enzim dalam memproduksi glukosa. Adapun data pengaruh pH dalam proses hidrolisis dapat di lihat pada Tabel B.5.

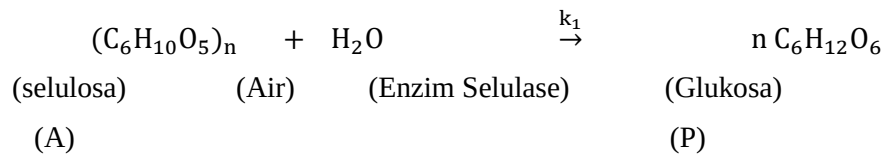
Tabel. B.5. Data Analisa Glukosa Variasi pH Pada Konsentrasi Enzim 20 % dan Waktu Hidrolisis 25 Jam

No	pH	Kadar Glukosa (mg/mL)
1	4	0,6272
2	5	1,7809
3	6	0,7067

Tabel B.5 menunjukkan bahwa kondisi pH optimum untuk menghasilkan glukosa tertinggi adalah pada pH 5 dengan kadar glukosa sebesar 1,7044 mg/mL. Nilai ini sebanding dengan dengan penelitian (Dini and Munifah, 2014), dimana pada pH 5 selulase memiliki aktivitas tertinggi sebesar 0,128 U/mL dibandingkan dengan pH lainnya. Dengan diketahuinya pH optimum, enzim dapat dimanfaatkan secara maksimal. Apabila terjadi perubahan pH, maka aktivitas atau stabilitas enzim dalam memproduksi glukosa akan berubah dan terganggu. Peningkatan aktivitas enzim dalam mengikat substrat pada pH optimum berkaitan dengan perubahan yang terjadi pada gugus ionik enzim. Pada pH rendah enzim akan mengalami protonisasi sehingga kehilangan muatan negatif sedangkan pada substrat tinggi akan mengalami ionisasi dan kehilangan muatan positifnya [19].

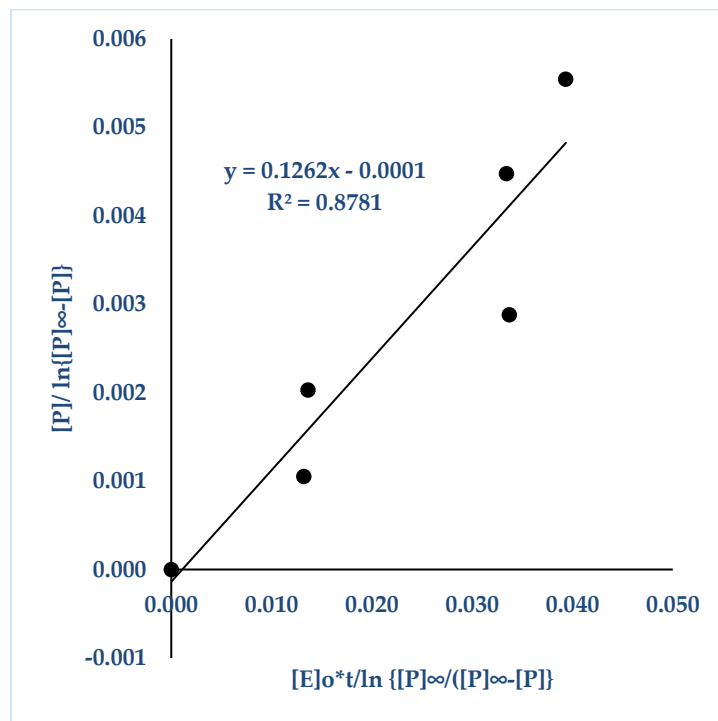
B.4. Kinetika Reaksi Enzim Selulase

Kinetika reaksi dihitung untuk mengetahui konstanta kecepatan reaksi suatu zat dalam membentuk suatu produk. Umumnya, kinetika reaksi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sifat kimia molekul pereaksi, hasil reaksi atau produk, konsentrasi zat yang bereaksi atau substrat, temperatur, dan katalis. Berdasarkan reaksi hidrolisis enzimatis:

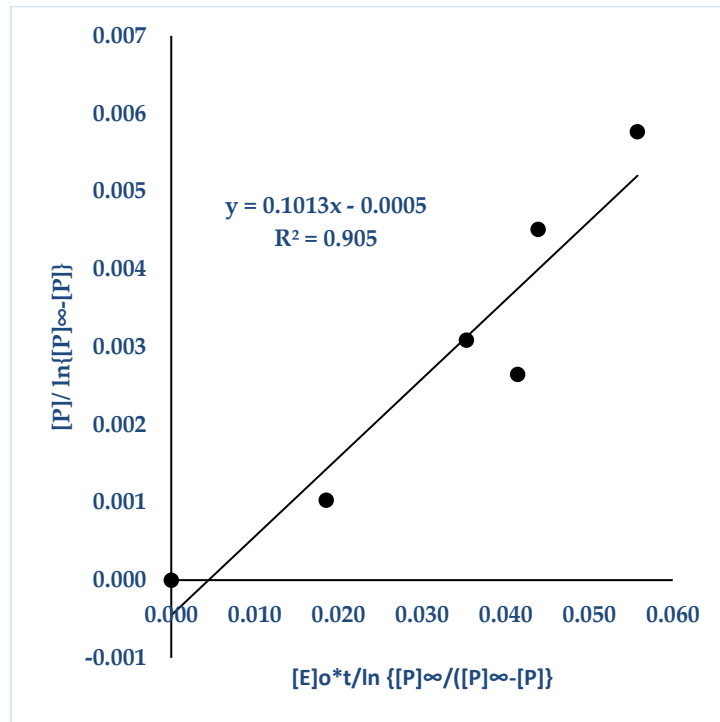


Dimana A adalah reaktan dari substrat selulosa dan P adalah produk glukosa yang terbentuk. Kinetika reaksi dapat dihitung dengan persamaan (17). Konsentrasi enzim yang digunakan dalam hidrolisis adalah % volume per berat biomassa. Berdasarkan persamaan di atas kinetika reaksi dapat dihitung dengan persamaan garis linear. Dimana $\frac{[P]}{\ln \frac{[P]_\infty}{[P]_\infty - [P]}}$ adalah sumbu Y dan $\frac{[E]_0 t}{\ln \frac{[P]_\infty}{[P]_\infty - [P]}}$ sebagai sumbu X,

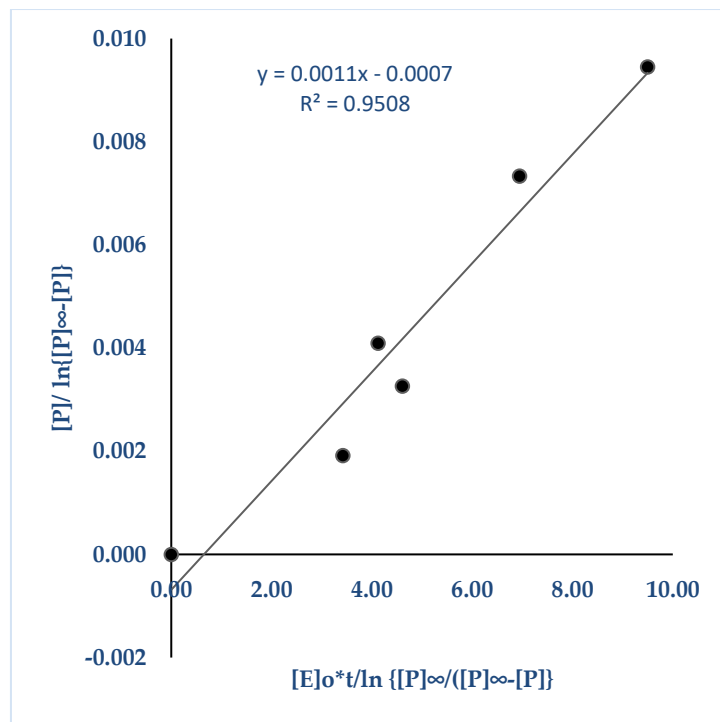
dengan kadar yield selulosa sebesar 8,76 gram. Dari penelitian yang dilakukan di laboratorium, diperoleh data yang disajikan dalam Gambar B.7, Gambar B.8, dan Gambar B.9.



Gambar B. 7. Hubungan Antara $[P] / \ln \{ [P]_\infty / [P] \}$ dengan $[E]_0 t / \ln \{ [P]_\infty / [P] \}$ pada Konsentrasi Enzim 10 %.



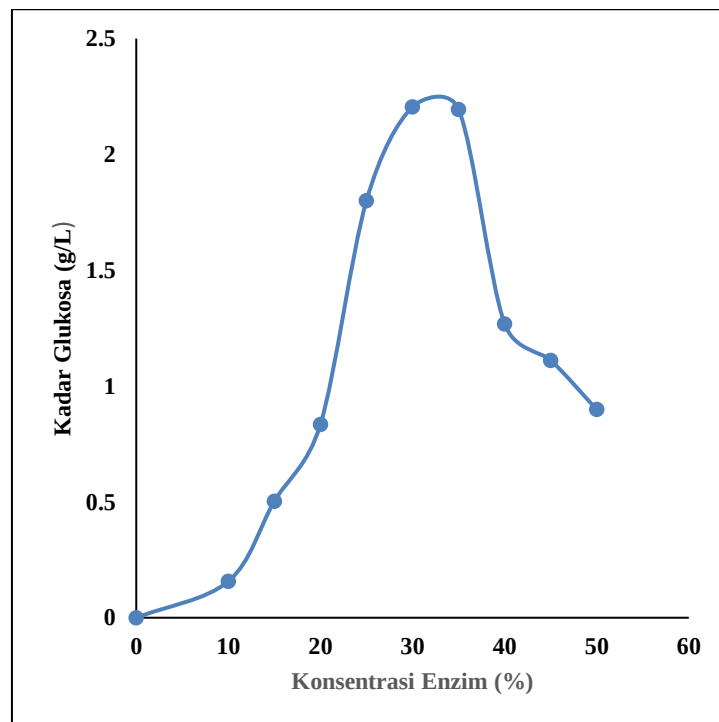
Gambar B.8. Hubungan Antara $[P]/\ln\{[P]_{\infty}/[P]\}$ dengan $[E]_0 t / \ln\{[P]_{\infty}/[P]\}$ pada Konsentrasi Enzim 15 %.



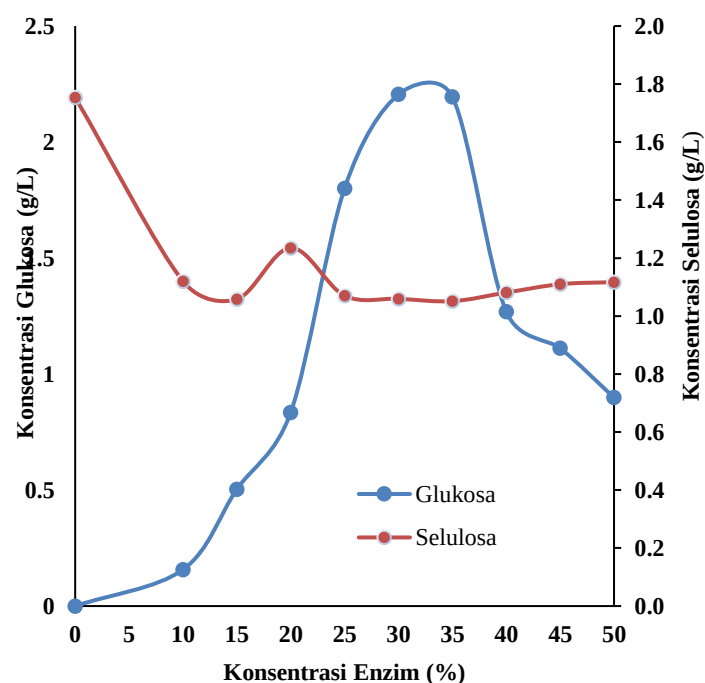
Gambar B. 9. Hubungan Antara $[P]/\ln\{[P]_{\infty}/[P]\}$ dengan $[E]_0 t / \ln\{[P]_{\infty}/[P]\}$ pada Konsentrasi Enzim 20 %.

Kinetika reaksi dapat dihitung dengan persamaan garis $y = ax + b$, dimana nilai slope menunjukkan nilai k_2 atau konstanta kecepatan reaksi dan intersept menunjukkan konstanta Michaelis-Menten K_M , V_m menunjukkan tingkat kejenuhan enzim oleh reaktan, sedangkan K_M menunjukkan efisiensi katalis atau ukuran konstanta disosiasi dari suatu enzim. Semakin kecil nilai K_M , maka semakin besar nilai afinitas enzim terhadap substrat dan sebaliknya (Bisswanger, 2017). Konstanta Michaelis-Menten yang diperoleh adalah sebesar 0,0001 sampai 0,0007, hasil ini lebih baik dibandingkan dengan penelitian [21] yaitu sebesar 0,2 sampai 0,7. Kecepatan maksimum adalah sebesar $1,3 \times 10^{-7}$ sampai $2,7 \times 10^{-7}$ Mol L⁻¹.

1 s^{-1} . Nilai tersebut menunjukkan bahwa enzim selulase mampu mengkatalisasi biomassa sekam padi menjadi glukosa. Hubungan kinetika laju reaksi variasi konsentrasi enzim terhadap produksi glukosa dapat dilihat pada Gambar B.10. Hubungan konsentrasi glukosa dan selulosa dapat dilihat pada gambar B.11.



Gambar B. 10. Variasi konsentrasi enzim terhadap kadar glukosa pada pH 5 dan waktu hidrolisis selama 5 jam.



Gambar B. 11. Hubungan konsentrasi enzim terhadap konsentrasi glukosa dan selulosa pada pH 5 dan waktu hidrolisis selama 5 jam.

Gambar B.10 dan B.11 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi, maka semakin besar glukosa yang dihasilkan. Berdasarkan teori kinetika semakin besar konsentrasi enzim, maka semakin besar energi enzim selulase mengikat selulosa untuk menjadi enzim glikol yang selanjutnya membentuk produk berupa glukosa (Saropah dkk., 2012).

C. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui SIMNG LPPM dengan cara mengklik klik Luaran Penelitian.

Adapun luaran penelitian yang dijanjikan adalah sebagai berikut:

Luaran Wajib:

1. Tesis dan Laporan riset mahasiswa
2. Jurnal SINTA 3 “Jurnal Bahan Alam Terbarukan”

Status luaran:

1. Luaran Wajib berupa laporan riset mahasiswa S1 telah selesai dimana **seminar riset mahasiswa** telah diseminarkan di jurusan Teknik kimia pada tanggal: 11 April 2022. Mahasiswa S2 mengikuti **sidang tesis** pada tanggal 15 November 2022.
2. Luaran Wajib berupa **Jurnal Litbang Industri (SINTA 2)** dengan Status: **Submitted**. Judul Artikel: “Hidrolisis Enzimatis Selulosa Sekam Padi Menggunakan Crude Enzim dari *Aspergillus Niger* untuk Produksi Bioetanol”.
3. Luaran Tambahan berupa **Paten Sederhana** dan **Jurnal Internasional terindeks Scopus Q1 “Fermentation”** Status: **Published**. Judul Paten Sederhana: “PROSES HIDROLISIS ENZIMATIK SELULOSA SEKAM PADI MENGGUNAKAN ENZIM SELULASE DARI *ASPERGILLUS NIGER*”. Judul Artikel Jurnal “Fermentation”: “Kinetic Model for Enzymatic Hydrolysis of Cellulose from Pre-Treated Rice Husks”.

D. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik. Bukti pendukung realisasi kerjasama dengan mitra unggah melalui SIMNG LPPM.

Tidak ada mitra.

E. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Dana untuk biaya publikasi di Jurnal internasional bereputasi Q1 tidak bisa dicover dr dana hibah.

F. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta roadmap penelitian secara keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat dilengkapi dengan gambar, table, diagram, serta pustaka yang relevan.

G. DAFTAR PUSTAKA: disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

- [1] S. C. Rabelo, R. R. Andrade, R. Maciel Filho, and A. C. Costa, "Alkaline hydrogen peroxide pretreatment, enzymatic hydrolysis and fermentation of sugarcane bagasse to ethanol," *Fuel*, vol. 136, pp. 349–357, 2014, doi: 10.1016/j.fuel.2014.07.033.
- [2] H. M. Ingrid, R. Wong, and H. Santoso, "Pretreatment Bonggol Jagung dengan Alkali Peroksida dan Hidrolisis Enzim," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan"*, pp. 1–6, 2016.
- [3] S. Octavia, "Pengurangan Kadar Lignin Pada Biomassa Lignoselulosik Menggunakan Urea Untuk Meningkatkan Perolehan Glukosa Bahan Mentah Bioetanol," *J. Katalisator*, vol. 1, no. 1, 2016, doi: 10.22216/jk.v1i1.948.
- [4] N. Novia, M. Said, A. M. Jannah, P. Pebriantoni, and M. Bayu, "Aqueous Ammonia Soaking-Dilute Acid Pretreatment to Produce Bioethanol from Rice Hull," *Technol. Reports Kansai Univ.*, vol. 62, no. 03, pp. 891–900, 2020, [Online]. Available: <https://www.kansaiuniversityreports.com/article/aqueous-ammonia-soaking-dilute-acid-pretreatment-to-produce-bioethanol-from-rice-hull>.
- [5] R. Datta, "Acidogenic fermentation of lignocellulose—acid yield and conversion of components," *Biotechnol. Bioeng.*, vol. 23, no. 9, pp. 2167–2170, 1981, doi: 10.1002/bit.260230921.
- [6] Novia, I. Utami, and L. Windiyati, "Pembuatan Bioetanol Dari Sekam Padi Menggunakan Kombinasi Soaking in Aqueous Ammonia (SAA) Pretreatment – Acid Pretreatment – Hidrolisis – Fermentasi," *J. Tek. Kim.*, vol. 20, no. 1, pp. 46–53, 2014.
- [7] N. Novia, C. Tamara, and F. Wani, "Enhanced Bioethanol Production by H₂O₂ Pretreatment-Hydrolysis-Fermentation of Rice Husk."
- [8] M. Nababan, I. B. W. Gunam, and I. M. Mahaputra Wijaya, "Produksi Enzim Selulase Kasar Dari Bakteri Selulolitik," *J. Rekayasa Dan Manaj. Agroindustri*, vol. 7, no. 2, p. 190, 2019, doi: 10.24843/jrma.2019.v07.i02.p03.
- [9] H. M. Murtiyaningsih Hidayah, "Isolation And Celullace Enzyme Activities Assays In Cellulolytic Bacteria OriginFrom Soil Waste," *Agritrop*, vol. 15, no. Desember, pp. 293–308, 2017.
- [10] Pujiati, M. W. Ardhi, and E. N. Prasetyo, *Bioteknologi berbasis proyek (produksi purifikasi enzim selulase dari kapang Trichoderma viride dan potensinya dalam bioscouring)*. 2018.
- [11] V. K. Nathan, M. E. Rani, G. Rathinasamy, K. N. Dhiraviam, and S. Jayavel, "Process optimization and production kinetics for cellulase production by Trichoderma viride VKF3," *Springerplus*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2014, doi: 10.1186/2193-1801-3-92.
- [12] A. Kusumaningrum, I. B. Wayan Gunam, and I. M. Mahaputra Wijaya, "OPTIMASI SUHU DAN pH TERHADAP AKTIVITAS ENZIM ENDOGLUKANASE MENGGUNAKAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)," *J. Rekayasa Dan Manaj. Agroindustri*, vol. 7, no. 2, p. 243, 2019, doi: 10.24843/jrma.2019.v07.i02.p08.
- [13] I. Gunam and N. Wartini, "Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakaraifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar Dari Aspergillus," *J. Teknol. ...*, vol. 34, pp. 24–32, 2013.
- [14] A. R. Sari, E. Kusdoyantini, and M. I. Rukmi, "Produksi Selulase Oleh Kapang Aspergillus sp. Hasil Isolasi dari Limbah Pengolahan Sagu (Metroxylon sp.) Dengan Variasi Konsentrasi Inokulum pada Fermentasi Terendam Statis," *J. Biol.*, vol. 6, no. 1, pp. 11–20, 2017.
- [15] A. M. Arismendy Pabón, F. E. Felissia, C. M. Mendieta, E. Chamorro, and M. C. Area, "Improvement of bioethanol production from rice husks," *Cellul. Chem. Technol.*, vol. 54, no.

- 7–8, pp. 689–698, 2020, doi: 10.35812/CelluloseChemTechnol.2020.54.68.
- [16] A. M. Dyah Ayu Saropah, Akyunul Jannah, “Kinetika Reaksi Enzimatik Ekstrak Kasar Enzim Selulase Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi Dari Bekatul,” *Z. Allgemeinmed.*, vol. 2, no. 1, pp. 34–35, 2012.
- [17] L. Thomas, B. Parameswaran, and A. Pandey, “Hydrolysis of pretreated rice straw by an enzyme cocktail comprising acidic xylanase from *Aspergillus* sp. for bioethanol production,” *Renew. Energy*, vol. 98, pp. 9–15, 2016, doi: 10.1016/j.renene.2016.05.011.
- [18] I. R. Dini and I. Munifah, “Produksi dan karakterisasi Enzim Selulase Ekstrak Kasar dari Bakteri yang Diisolasi dari Limbah Rumpun Laut,” *Teknol. dan Ind. Pertan. Indones.*, vol. 06, no. 03, pp. 69–75, 2014.
- [19] T. Sofihidayati, “Pengaruh pH Dan Kation Terhadap Aktivitas Enzim β -Glukosidase *Aspergillus foetidus* (Naka.),” vol. 28, no., pp. 145–158, 2014.
- [20] H. Bisswanger, “Enzyme Kinetics: Principles and Methods,” in *Psychology in the Brain*, Third., Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2017, pp. 1–21.
- [21] N. W. F. Sina, A. A. Sukmaria, and S. Redjeki, “Studi Kinetika Reaksi Fermentasi Selulosa Tongkol Jagung Menggunakan Enzim Selulase pada Reaktor Batch,” *J. Chem. Procces Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 14–19, 2020.

H. LAMPIRAN: Lampiran berisi bukti pendukung luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) sesuai dengan target capaian yang dijanjikan

1. Luaran Wajib berupa laporan riset mahasiswa S1 telah selesai dimana **seminar riset mahasiswa** telah diseminarkan di jurusan Teknik kimia pada tanggal: 11 April 2022. **Laporan Tesis Mahasiswa S2**, yang mengikuti **sidang tesis** pada tanggal 15 November 2022.
2. Luaran Wajib berupa **Jurnal Litbang Industri (SINTA 2)** dengan Status: **Submitted**. Judul Artikel: “Hidrolisis Enzimatis Selulosa Sekam Padi Menggunakan Crude Enzim dari *Aspergillus Niger* untuk Produksi Bioetanol”.
3. Luaran Tambahan berupa **Paten Sederhana** dan **Jurnal Internasional terindeks Scopus Q1 “Fermentation”** Status: **Published**. Judul Paten Sederhana: “PROSES HIDROLISIS ENZIMATIK SELULOSA SEKAM PADI MENGGUNAKAN ENZIM SELULASE DARI *ASPERGILLUS NIGER*”. Judul Artikel Jurnal Internasional terindeks Scopus Q1 “Fermentation”: “Kinetic Model for Enzymatic Hydrolysis of Cellulose from Pre-Treated Rice Husks”.

HALAMAN PENGESAHAN

**OPTIMALISASI HIDROLISIS ENZIMATIS UNTUK
PRODUKSI BIOETANOL DARI SEKAM PADI**

LAPORAN PENELITIAN

Sebagai salah satu syarat menyelesaikan tugas akhir Program Sarjana Strata Satu
pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

Nur Hafidzah Deviyana (03031381823071)

Violetta Viola (03031381823077)

Telah disetujui di Palembang, tanggal 21 April 2022

Pembimbing,



Novia, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197311052000032003

Mengetahui,

 Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.

NIP. 197502012000122001

HALAMAN PENGESAHAN

**HIDROLISIS ENZIMATIK SELULOSA DARI SEKAM
PADI UNTUK MEMPRODUKSI GLUKOSA**

HASIL PENELITIAN TESIS

Oleh:

Winta Efrinalia
03012682024010

Telah disetujui

Pembimbing I,



Novia, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197311052000032003

Pembimbing II,



Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197505112000122001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Megister Teknik Kimia FT Unsri



Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198110312005011003

Luaran Wajib berupa Jurnal Litbang Industri (SINTA 2) dengan Status: Submitted.

11/12/22, 11:15 AM

Active Submissions



Jurnal Litbang Industri

BARISTAND INDUSTRI PADANG

p-ISSN: 2252-3367 e-ISSN: 2502-5007
Accredited by LIPI No: 787/Akred/P2MI-LIPI/11/2017 until October 2022
Accredited by KEMENRISTEKDIKTI No: 200/M/KPT/2020 23 December 2020 until December 2024



Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

HOME | ABOUT | USER HOME | SEARCH | CURRENT | ARCHIVES | ANNOUNCEMENTS | EDITORIAL BOARD | REVIEWER ACKNOWLEDGEMENT | SITE MAP | CONTACT US

JOURNAL CONTENT

Search

Search Scope
All

Search

Browse
» By Issue
» By Author
» By Title
» Other Journals

LANGUAGE

Select Language
English

FONT SIZE

INFORMATION

» For Readers
» For Authors
» For Librarians

Home > User > Author > **Active Submissions**

Active Submissions

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
7869	10-14	ART	Novia, Melwita, Selpiana, Deviyana,...	HIDROLISIS ENZIMATIK SELULOSA SEKAM PADI MENGGUNAKAN...	Awaiting assignment

Start a New Submission

[CLICK HERE](#) to go to step one of the five-step submission process.

Refbacks

DATE ADDED	HITS	URL	ARTICLE	TITLE	STATUS	ACTION
There are currently no refbacks.						

Our journal indexed by:



OPEN JOURNAL SYSTEMS

USER

You are logged in as...
noviaunsri
» My Journals
» My Profile
» Log Out

NOTIFICATIONS

» View
» Manage

TEMPLATE



bpkimi1.kemiperin.go.id/jli/author

1/3

Luaran Tambahan berupa **Paten Sederhana** dengan Judul: “PROSES HIDROLISIS ENZIMATIK SELULOSA SEKAM PADI MENGGUNAKAN ENZIM SELULASE DARI ASPERGILLUS NIGER”.

FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN PATEN SEDERHANA INDONESIA
APPLICATION FORM OF PATENT REGISTRATION OF INDONESIA

Data Permohonan (Application)			
Nomor Permohonan Number of Application	: S00202212167	Tanggal Penerimaan Date of Submission	: 31 Oktober 2022
Jenis Permohonan Type Of Application	: Paten Sederhana	Jumlah Klaim Total Claim	: 1
		Jumlah Halaman Total Page	: 7
Judul Title	: PROSES HIDROLISIS ENZIMATIK SELULOSA SEKAM PADI MENGGUNAKAN ENZIM SELULASE DARI ASPERGILLUS NIGER		
Abstrak Abstract	: Invensi ini berhubungan dengan proses pembuatan gula dari selulosa sekam padi yang telah diberi pretreatment H ₂ O ₂ -Aqueous ammonia, menggunakan enzim selulase dari <i>Aspergillus Niger</i> . Proses hidrolisis enzimatik selulosa sekam padi diawali dengan pretreatment menggunakan H ₂ O ₂ -Aqueous Ammonia. Enzim selulase diproduksi dari <i>Aspergillus niger</i> . Sekam padi yang telah di pretreatment dengan H ₂ O ₂ -aqueous ammonia, dicampurkan dengan enzim selulase dari <i>Aspergillus niger</i> dengan perbandingan 1 : 10 (b/v) pada kondisi pH 5. Variasi enzim selulase yang digunakan 10% sampai 20% (b/v). Hidrolisis berlangsung pada suhu 50 oC dengan kecepatan 200 rpm. Variasi waktu hidrolisis yang digunakan 5 sampai 25 jam. Kadar gula optimal diperoleh sebesar 1,7809 mg/mL pada saat konsentrasi enzim 20 % (v/b) dan waktu hidrolisis 25 jam.		

Permohonan PCT (PCT Application)			
Nomor PCT PCT Number	:	Nomor Publikasi Publication Number	:
Tanggal PCT PCT Date	:	Tanggal Publikasi Publication Date	:

Pemohon (Applicant)		
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)
Sentra HKI Universitas Sriwijaya	Jl. Palembang - Orabumulih KM. 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir, ID	sentrahki@yahoo.com 0711581077

Penemu (Inventor)			
Nama (Name)	Warganegara (Nationality)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)
Novia, ST., MT., Ph.D	Indonesia	Jl. Poltek Lr. Padang Kapas 1 No.17 Rt.44 Rw.03 ,ID	-
Elda Mewita, ST., MT., Ph.D	Indonesia	Jurusan Teknik Kimia Jl. Srijaya Negara Universitas Sriwijaya, ID	-
Winta Efrinalia, ST	Indonesia	Jl. Kimia 25 No. 272 Komp Perum Unsri Arya Mandala, ID	-

Data Prioritas (Priority Data)		
Negara (Country)	Nomor (Number)	Tanggal (Date)

Korespondensi (Correspondence)		
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)
Sentra HKI Universitas Sriwijaya	Jl. Palembang - Orabumulih KM. 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir	sentrahki@yahoo.com 0711581077

<https://doi.org/10.3390/fermentation8090417>



fermentation



Article

Kinetic Model for Enzymatic Hydrolysis of Cellulose from Pre-Treated Rice Husks

Winta Efrinalia ¹, Novia Novia ^{1,2,*} and Elda Melwita ¹

¹ Departement of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sriwijaya, Inderalaya 30662, Sumatera Selatan, Indonesia

² Biofuel Research Group, Universitas Sriwijaya, Inderalaya 30662, Sumatera Selatan, Indonesia

* Correspondence: novia@ft.unsri.ac.id; Tel.: +62-813-6863-2611

Abstract: 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 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⁻¹, 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 1.3×10^{-7} to 2.7×10^{-7} Mol L⁻¹ s⁻¹. The highest reducing sugar concentration was obtained (1.80 g L⁻¹) at an enzyme concentration of 20% (*v/w*) and a hydrolysis time of 25 h.

Keywords: enzymatic hydrolysis; kinetic model; Michaelis–Menten; pre-treated rice husks; reducing sugar



Citation: Efrinalia, W.; Novia, N.; Melwita, E. Kinetic Model for Enzymatic Hydrolysis of Cellulose from Pre-Treated Rice Husks. *Fermentation* 2022, 8, 417. <https://doi.org/10.3390/fermentation8090417>

Academic Editor: Sara C. Silvério

Received: 19 July 2022

Accepted: 19 August 2022

Published: 23 August 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Indonesia produces large amounts of rice husks, particularly in South Sumatra, which produces 2.743 million tons of rice and about 549 tons of waste rice husks [1]. Rice husks are a by-product of the rice industry [2]. Agricultural residues such as corn stover, rice straw, and wheat and rice husks contain 30–40% cellulose, 20–30% hemicellulose, and 10–20% lignin, depending on the plant species and type, climate, soil conditions, and fertilization procedures [3–5].

Different polysaccharides consist of cellulose and hemicellulose, which can be decomposed into glucose and other reducing sugars with the help of enzymes [6]. Cellulose is the most abundant organic compound on earth and accounts for about 30–60% of the total dry mass of lignocellulose [4,7,8]. Therefore, the concentration of this glucose monomer has great potential for bioethanol production. On the other hand, hemicellulose has a slightly amorphous structure with a low molecular weight [9] and serves as a supporting material in the cell wall and an adhesive between individual cells on the plant's stem.

Meanwhile, lignin consists of tissues that strengthen the bonds between hemicellulose fibers and cellulose, which are difficult to separate. Lignin can inhibit enzymatic hydrolysis and must be eliminated before cellulose hydrolysis [10]. Lignin removal can be achieved physically, chemically, or biologically through pre-treatment [5]. Previously, Novia et al. reported that ammonia pre-treatment eliminated lignin [11]. They observed the optimal glucose result with treatment at 100 °C under 20% NH₃ for 5 h. Ammonia compounds have high selectivity for lignin and retain carbohydrates in their original form [12]. H₂O₂ solutions can damage lignin in biomass [13] and improve the enzymatic digestion of primary and secondary residues of agricultural products [14]. In a previous study, Novia et al. investigated the kinetics of lignin removal from rice husks pre-treated with