

**SKRINING BAKTERI SELULOLITIK DAN KARAKTERISASI ENZIM
SELULASE DARI ISOLAT BAKTERI TERMOFILIK SUMBER AIR
PANAS TANJUNG SAKTI LAHAT**

SKRIPSI

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



Oleh:

REZA NOPRIANTI

08031181823010

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**SKRINING BAKTERI SELULOLITIK DAN KARAKTERISASI ENZIM
SELULASE DARI ISOLAT BAKTERI TERMOFILIK SUMBER AIR
PANAS TANJUNG SAKTI LAHAT**

SKRIPSI

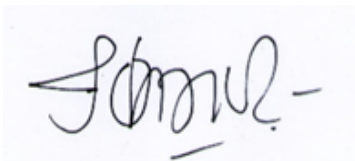
Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh:

REZA NOPRIANTI
08031181823010

Indralaya, 4 November 2022

Pembimbing I



Dr. Heni Yohandini, M. Si.
NIP. 197011152000122004

Pembimbing II



Dr. Ferlinahayati, M. Si.
NIP. 197402052000032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Skrining Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzim Selulase dari Isolat Bakteri Termofilik Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 26 Oktober 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 4 November 2022

Ketua:

1. **Dr. Ady Mara, M.Si.**
NIP. 196404301990031003

()

Pembimbing:

1. **Dr. Heni Yohandini, M.Si.**
NIP. 197011152000122004
2. **Dr. Ferlinahayati, M.Si.**
NIP. 197402052000032001

()

()

Penguji:

1. **Dra. Julinar, M.Si.**
NIP. 196507251993032002
2. **Dr. Desnelli, M.Si.**
NIP. 196912251997022001

()

()

Mengetahui,



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



Prof. Dr. Muharni, M.Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Reza Noprianti

NIM : 08031181823010

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 (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.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 4 November 2022

Penulis



Reza Noprianti
NIM. 08031181823010

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

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

Nama Mahasiswa : Reza Noprianti
NIM : 08031181823010
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam/ KimiaJenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Skrining Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzim Selulase dari Isolat Bakteri Termofilik Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/menformatkan, 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.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 4 November 2022



Reza Noprianti
NIM. 08031181823010

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Jangan pernah katakan "tidak mungkin" jika Allah menghendaki sesuatu maka
apapun dapat terjadi
(Q.S. Yasin: 82)*

*"Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan."
(Q.S. Al Insyirah 5)*

*"Ketika segalanya menjadi sulit berhentilah sejenak berbalik kebelakang dan
lihatlah seberapa jauh kamu telah melangkah"
-Kim Taehyung-*

**Skripsi ini hadir karena
Rasa syukur penulis kepada Allah SWT
&
Rasulullah SAW
serta karena
Kedua orangtua**

**Karya Ilmiah ini dipersembahkan untuk Almamater Universitas Sriwijaya
dan para peneliti yang membutuhkan.**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat beriring salam tak lupa pula penulis haturkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW dan para sahabatnya yang tetap istiqomah hingga akhir zaman. Skripsi dengan judul “Skrining Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzim Selulase dari Isolat Bakteri Termofilik Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat” ini dibuat bertujuan untuk diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan Skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada dosen pembimbing yaitu Ibu Dr. Heni Yohandini, M. Si dan Ibu Dr. Ferlinahayati, M. Si yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan serta bimbingan demi terselesainya skripsi penelitian ini. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar skripsi ini lebih baik lagi dan bermanfaat.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Heni Yohandini, M.Si dan Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan, saran, motivasi, semangat juang dan segenap ilmu serta pengalaman hingga selesainya penelitian dan penulisan skripsi sampai penulis memperoleh gelar sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Kedua orang tua (Bapak Riduan dan Ibu Hilda Yani), Adik (Kolas, Latifa dan Albert) dan keluarga besar atas doa dan dukungan yang selalu hadir untuk penulis dalam penyelesaian studi akademik.
3. Bapak Dr. Ir. Anis Sagaf, M.S.C.E selaku Rektorat Universitas Sriwijaya.

4. Bapak Prof. Hermansyah, Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si dan Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Ketua dan Sekretaris jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasehat selama proses perkuliahan.
7. Ibu Dra. Julinar, M. Si dan Ibu Dr. Desnelli, M. Si selaku pembahas yang telah memberikan bimbingan, saran serta koreksi selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNSRI yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat selama proses perkuliahan.
9. Analis laboratorium jurusan Biologi (Kak Agus) yang telah membantu dan memberikan ilmu selama penelitian.
10. Karyawan Jurusan Kimia FMIPA UNSRI yang telah membantu dalam proses teknis dan administrasi selama perkuliahan dan penelitian.
11. Teman-teman yang telah membantu dan yang selalu mendukung serta memberi semangat kepada penulis.

Semoga doa, bantuan, dukungan dan bimbingan yang diberikan menjadi amal jariyah di sisi Allah SWT, serta menjadi pintu kekuatan dan kemudahan dalam kehidupan yang dijalankan. Mohon maaf untuk kekurangan dan bila ada kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, penulis berharap pembaca dapat memberikan kritik dan saran untuk menjadi lebih baik lagi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Indralaya, 4 November 2022

Penulis

SUMMARY

CELLULOLYTIC BACTERIAL SCREENING AND CHARACTERIZATION OF CELLULASE ENZYMES FROM ISOLATES OF THERMOPHILIC BACTERIA OF TANJUNG SAKTI LAHAT HOT SPRING

Reza Noprianti: Supervised by Dr. Heni Yohandini, M.Si and Dr. Ferlinahayati, M.Si.

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University xii +86 pages, 11 pictures, 3 tables, 17 attachments.

Applications in the industrial field partially require cellulase enzymes that are thermostable, for example for industrial processes that require high temperatures. Cellulase enzymes that are thermostable can be obtained from microorganisms that have the ability to live at high temperatures, one of which is thermophilic bacteria. Commercial production of cellulase enzymes usually uses pure cellulose such as *carboxy methyl cellulose* (CMC) at a fairly high cost, therefore it needs cheap substitute materials such as those from agricultural waste containing high cellulose such as rice husks.

In this study, Cellulolytic Bacteria Screening and Cellulase Enzyme Characterization from Thermophilic Bacterial Isolates of Tanjung Sakti Lahat Hot Springs have been carried out. This study was carried out bacterial screening of 15 isolates of thermophilic bacteria from Tanjung Sakti Lahat Hot Springs to obtain cellulase-producing bacteria, determine the growth time of bacteria in producing cellulase enzymes in rice husk media and CMC by hemasitometer and DNS methods, as well as knowing the characteristics of the cellulase enzymes produced including characterization of temperature (30; 40; 50; 60; and 70)°C, pH (5; 6; 7; 8; and 9) and substrate concentrations (0.5; 1; 1.5; 2; and 2.5%) by testing the activity of enzymes using the DNS method.

Five bacterial isolates show cellulase activity with the formation of clear zones on cmc agar media. Isolates of *Bacillus licheniformis* TS-10 show relatively high cellulolytic activity with a clear zone of 1,1 cm. The best growth time of bacteria in producing cellulase enzymes was obtained during the incubation time of 32 hours with enzyme activity in rice husk media of 0,732 U/mL and CMC media of 0,527 U/mL. Characterization of cellulase enzymes was carried out after a crude extract of cellulase enzymes produced on rice husk media diffraction of ammonium sulfate 40-60% with a specific cellulase activity of 6,529 U/mg. The results of the cellulase enzyme characterization study showed that the cellulase enzyme isolate of the bacterium *Bacillus licheniformis* TS-10 was optimal at a temperature of 50°C with an enzyme activity of 0,284 U/mL, pH 7 with an activity of 0,235 U/mL, and a substrate concentration of 1% with enzyme activity of 0,243 U/mL.

Keywords: Screening, thermophilic bacteria, characterization, cellulase activity, rice husk

Citations: 71 (1961-2021)

RINGKASAN

SKRINING BAKTERI SELULOLITIK DAN KARAKTERISASI ENZIM SELULASE DARI ISOLAT BAKTERI TERMOFILIK SUMBER AIR PANAS TANJUNG SAKTI LAHAT

Reza Noprianti: Dibimbing oleh Dr. Heni Yohandini, M.Si dan Dr. Ferlinahayati, M.Si.

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya xii +86 halaman, 11 gambar, 3 tabel, 17 lampiran.

Aplikasi di bidang industri sebagian memerlukan enzim selulase yang bersifat termostabil, misalnya untuk proses-proses industri yang memerlukan suhu tinggi. Enzim selulase yang bersifat termostabil dapat diperoleh dari mikroorganisme yang memiliki kemampuan hidup pada suhu tinggi salah satunya bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat. Produksi enzim selulase secara komersial biasanya menggunakan selulosa murni seperti *carboxy methyl cellulose* (CMC) dengan biaya yang cukup tinggi oleh sebab itu perlu bahan pengganti yang murah seperti yang berasal dari limbah pertanian yang mengandung selulosa tinggi seperti sekam padi.

Pada penelitian ini telah dilakukan Skrining Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzim Selulase dari Isolat Bakteri Termofilik Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat. Penelitian ini dilakukan skrining bakteri terhadap 15 isolat bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat untuk memperoleh bakteri penghasil selulase, menentukan waktu pertumbuhan bakteri dalam memproduksi enzim selulase pada media sekam padi dan CMC dengan metode hemasitometer dan DNS, serta mengetahui karakteristik enzim selulase yang dihasilkan meliputi karakterisasi terhadap suhu (30; 40; 50; 60; dan 70)°C, pH (5; 6; 7; 8; dan 9) dan konsentrasi substrat (0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5%) dengan menguji aktivitas enzim menggunakan metode DNS.

Lima isolat bakteri menunjukkan aktivitas selulase dengan terbentuknya zona bening pada media CMC agar. Isolat *Bacillus licheniformis* TS-10 menunjukkan aktivitas selulolitik relatif tinggi dengan zona bening sebesar 1,1 cm. Waktu pertumbuhan terbaik bakteri dalam memproduksi enzim selulase didapatkan selama waktu inkubasi 32 jam dengan aktivitas enzim pada media sekam padi sebesar 0,732 U/mL dan media CMC sebesar 0,527 U/mL. Karakterisasi enzim selulase dilakukan setelah ekstrak kasar enzim selulase yang diproduksi pada media sekam padi difraksiansi amonium sulfat 40-60% dengan aktivitas spesifik selulase sebesar 6,529 U/mg. Hasil penelitian karakterisasi enzim selulase menunjukkan enzim selulase isolat bakteri *Bacillus licheniformis* TS-10 optimum pada suhu 50°C dengan aktivitas enzim sebesar 0,284 U/mL, pH 7 dengan aktivitas sebesar 0,235 U/mL, dan konsentrasi substrat 1% dengan aktivitas enzim sebesar 0,243 U/mL.

Kata Kunci: Skrining, bakteri termofilik, karakterisasi, aktivitas selulase, sekam padi

Sitasi: 71 (1961-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Enzim	4
2.2 Enzim selulase	5
2.3 Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Selulase	7
2.4 Selulosa sebagai Substrat.....	9
2.5 Aktivitas Enzim Selulase	11
2.6 Fraksinasi Amonium Sulfat	14
2.7 Dialisis.....	16
2.8 Metode DNS	18
2.9 Metode Bradford	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.2.1 Alat.....	21
3.2.2 Bahan	21
3.3 Prosedur Penelitian	22
3.3.1 Sterilisasi.....	22
3.3.2 Preparasi sekam padi.....	22
3.3.3 Pembuatan Media.....	22
3.3.3.1 Pembuatan Media Nutrien Agar (NA)	22
3.3.3.2 Media Nutrien Broth (NB)	22
3.3.3.3 Media Skrining CMC (<i>Carboxy Methyl Cellulose</i>).....	23
3.3.3.4 Media <i>Starter</i> Sekam Padi.....	23
3.3.3.5 Media Produksi Sekam Padi.....	23
3.3.3.6 Media <i>Starter</i> CMC	23
3.3.3.7 Media Produksi CMC	23
3.3.4 Kultivasi Bakteri Termofilik.....	23
3.3.5 Skrining Bakteri Termofilik Penghasil Selulase.....	24
3.3.6 Pembuatan Kurva Pertumbuhan dan Aktivitas Enzim Selulase ...	24
3.3.7 Produksi Enzim Selulase.....	24
3.3.8 Penentuan Aktivitas Enzim Selulase dan Kadar Protein	25
3.3.8.1 Pembuatan Kurva Glukosa Standar	25
3.3.8.2 Pembuatan Kurva BSA Standar	25
3.3.8.3 Uji Aktivitas Enzim Selulase.....	26
3.3.8.4 Penentuan Kadar Protein	26
3.3.9 Fraksinasi Amonium Sulfat	26
3.3.10 Dialisis Selulase	27
3.3.11 Karakterisasi Enzim Selulase.....	27
3.3.11.1 Penentuan Pengaruh Suhu	27
3.3.11.2 Penentuan Pengaruh pH	28
3.3.11.3 Penentuan Pengaruh Konsentrasi Substrat	28

3.4	Analisis Data.....	29
3.4.1	Penentuan Diameter Zona Bening Bakteri	29
3.4.2	Penentuan Kurva Pertumbuhan Bakteri.....	29
3.4.3	Penentuan Kadar Protein.....	30
3.4.4	Aktivitas Enzim Selulase	30
3.4.5	Aktivitas Spesifik Enzim	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Hasil Skrining Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Selulase.....	32
4.2	Kurva Pertumbuhan dan Aktivitas Enzim Selulase Bakteri Termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10	34
4.3	Produksi Enzim Selulase dan Fraksinasi Amonium Sulfat.....	38
4.4	Karakterisasi Aktivitas Enzim Selulase	41
4.5.1	Pengaruh Suhu	41
4.5.2	Pengaruh pH.....	43
4.5.3	Pengaruh Konsentrasi Substrat	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Mekanisme pembentukan E-S (Enzim-Substrat)	4
Gambar 2 Mekanisme kerja enzim selulase	6
Gambar 3 Struktur molekul selulosa	10
Gambar 4 Difusi molekul yang lebih kecil melalui pori-pori membran dialisis	16
Gambar 5 Reaksi glukosa dengan DNS	19
Gambar 6 <i>Coomassie Brilliant Blue Structure</i>	20
Gambar 7 Kurva pertumbuhan bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 pada media sekam padi dan media CMC	34
Gambar 8 Kurva pertumbuhan dan aktivitas selulase bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 pada media sekam padi	36
Gambar 9 Kurva pertumbuhan dan aktivitas selulase bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 pada media sekam CMC	37
Gambar 10 Grafik pengaruh suhu inkubasi terhadap aktivitas enzim selulase	42
Gambar 11 Grafik pengaruh pH terhadap aktivitas enzim selulase	43
Gambar 12 Grafik konsentrasi substrat terhadap aktivitas enzim selulase	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Isolat bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat....	8
Tabel 2 Hasil skrining isolat bakteri termofilik Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat	32
Tabel 3 Aktivitas spesifik hasil fraksinasi amonium sulfat	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Skema penelitian.....	56
Lampiran 2 Data hasil skrining isolat bakteri termofilik penghasil enzim selulase	57
Lampiran 3 Data kurva pertumbuhan bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 penghasil enzim selulase pada media sekam padi melalui metode Hemasitometer.....	58
Lampiran 4 Data kurva pertumbuhan bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 penghasil enzim selulase pada media CMC melalui metode Hemasitometer.....	60
Lampiran 5 Pembuatan larutan standar glukosa dan <i>Bovine Serum Albumi</i> (BSA).....	61
Lampiran 6 Kurva standar pengukuran konsentrasi glukosa untuk penentuan aktivitas enzim selulase dengan metode DNS	63
Lampiran 7 Kurva standar pengukuran konsentrasi BSA untuk penentuan kadar protein enzim selulase dengan metode Bradford.....	64
Lampiran 8 Data pengukuran absorbansi aktivitas enzim selulase isolat bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10. pada media sekam padi setiap 4 Jam selama 48 Jam.....	65
Lampiran 9 Data pengukuran absorbansi aktivitas enzim selulase isolat bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 pada media CMC setiap 4 Jam selama 48 jam	66
Lampiran 10 Tabel kejenuhan amonium sulfat.....	67
Lampiran 11 Jumlah penambahan amonium sulfat dan volume ekstrak kasar enzim yang diperoleh pada setiap fraksi	68
Lampiran 12 Penentuan aktivitas enzim selulase isolat bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 hasil fraksinasi amonium sulfat....	69
Lampiran 13 Penentuan kadar protein enzim selulase dari isolat bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 hasil fraksinasi amonium sulfat	70
Lampiran 14 Aktivitas spesifik dan tingkat kemurnian enzim selulase isolat bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 hasil fraksinasi amonium sulfat	71
Lampiran 15 Data absorbansi enzim selulase dari isolat bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 untuk aktivitas enzim selulase pada variasi suhu	72

Lampiran 16	Data absorbansi enzim selulase dari isolat bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 untuk aktivitas enzim selulase pada variasi pH.....	73
Lampiran 17	Data absorbansi enzim selulase dari isolat bakteri termofilik <i>Bacillus licheniformis</i> TS-10 untuk aktivitas enzim selulase pada variasi konsentrasi substrat	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Enzim berupa protein merupakan biokatalisator yang berfungsi sebagai katalis dalam proses biokimia yang dapat meningkatkan laju reaksi setidaknya 10^8 sampai 10^{11} kali dibandingkan tanpa menggunakan enzim (Nababan *et al.* 2019). Kebutuhan enzim di Indonesia cukup besar terutama untuk aplikasi di bidang industri diantaranya industri kertas, tekstil, pakan, detergen dan lain-lain. Akan tetapi, konsumsi enzim di industri Indonesia hampir sepenuhnya berasal dari produk impor sedangkan Indonesia sendiri merupakan negara dengan kekayaan hayati dan biodiversitas yang sangat melimpah yang berpotensi bagi pemanfaatan dalam pengembangan produk bioteknologi seperti enzim (BRIN, 2019). Enzim selulase merupakan salah satu enzim yang banyak digunakan dalam bidang industri (Puspitasari dan Ibrahim, 2020). Permintaan pasar terhadap enzim selulase ini cukup tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh dari situs *Market Reports World oleh More* (2019), konsumen terbesar dari penggunaan enzim selulase yaitu Asia-Pasifik dengan jumlah 32,84% pada tahun 2016.

Beberapa aplikasi di bidang industri sebagian menggunakan enzim selulase yang bersifat termostabil, misalnya untuk proses-proses industri yang menggunakan suhu tinggi. Enzim termostabil yaitu enzim yang mempunyai aktivitas yang baik dan stabil terhadap suhu yang tinggi. Enzim selulase termostabil dapat diperoleh dari salah satu mikroorganisme yang hidup pada suhu yang tinggi yaitu bakteri termofilik (Rakhmawati *et al.* 2014). Bakteri termofilik merupakan bakteri yang memiliki kemampuan hidup pada suhu tinggi yang pertumbuhannya optimal antara suhu 45°C sampai 80°C (Zuraidah *et al.* 2020). Produksi enzim selulase menggunakan bakteri memiliki kelebihan dibandingkan dengan mikroorganisme yang lain yaitu pertumbuhan bakteri yang relatif cepat sehingga memungkinkan untuk produksi enzim lebih tinggi (Rakhmawati *et al.* 2014). Bakteri termofilik dapat diperoleh dari berbagai sumber salah satunya dari sumber air panas. Beberapa bakteri termofilik dari sumber air panas diketahui memiliki kemampuan untuk

menghasilkan enzim selulase, seperti hasil penelitian Huawe dan Aditiawati (2020) yang mengisolasi bakteri penghasil enzim selulase dari Sumber Air Panas Sila. Selain itu juga, Lutfi (2012) memperoleh 6 isolat bakteri penghasil enzim selulase dari Sumber Air Panas Panggo, Kabupaten Sinjai.

Enzim selulase berupa enzim kompleks yang terdiri dari endoglukanase, eksoglukanase, dan β -glukosidase yang menghidrolisis selulosa menjadi glukosa (Putri, 2016). Aplikasi dari enzim selulase diantaranya untuk meningkatkan kualitas pada industri pangan, meningkatkan nutrisi pakan ternak, memperhalus bubur kertas pada industri kertas, sebagai dekomposer bahan-bahan organik, dan pada industri tekstil untuk menjaga warna kain supaya tetap cemerlang (Nababan *et al.* 2019). Umumnya, enzim selulase diproduksi menggunakan selulosa murni yaitu *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) karena harga yang terbilang mahal maka CMC tersebut perlu bahan pengganti yang lebih murah seperti yang bersumber dari limbah pertanian yang memiliki kandungan selulosa yang tinggi salah satunya sekam padi. Sekam padi mengandung selulosa yang potensi sebagai substrat dalam produksi enzim selulase dengan harga yang murah. Rulianah *et al.* (2017) menyatakan bahan dengan kandungan selulosa berpotensi dijadikan sebagai bahan baku untuk produksi selulase. Pemanfaatan sekam padi sejauh ini digunakan sebagai pakan ternak dan pupuk, dalam industri pemanfaatannya masih sedikit dan sisanya dibakar di ruang terbuka yang dapat memicu polusi udara. Sekam padi memiliki nilai jual yang rendah, ketersediannya yang melimpah dan belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sehingga sekam padi sebagai substrat dalam memproduksi enzim selulase dapat memberikan nilai tambah terhadap sekam padi.

Yohandini *et al.* (2015) telah berhasil mengisolasi dan mengidentifikasi beberapa jenis bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Tanjung Sakti, Kabupaten Lahat. Berbasis urutan gen 16S rRNA, bakteri termofilik tersebut merupakan bakteri dari genus *Anoxybacillus*, *Bacillus*, *Brevibacillus* dan *Geobacillus*. Penelitian mengenai enzim selulase oleh isolat bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat belum dilakukan. Aktivitas enzim selulase dari bakteri termofilik Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat dapat diketahui dengan cara skrining bakteri termofilik selulolitik sedangkan karakteristik enzim selulase yang

dihasilkan dapat diamati melalui perubahan aktivitasnya terhadap perbedaan suhu, pH dan konsentrasi substrat. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan skrining bakteri termofilik penghasil selulase, produksi enzim selulase, pemurnian parsial dengan fraksinasi amonium sulfat, dan karakterisasi enzim selulase hasil dari bakteri termofilik Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat, menggunakan limbah sekam padi sebagai substrat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat isolat bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat yang berpotensi sebagai penghasil enzim selulase?
2. Berapa lama waktu inkubasi bakteri selulolitik untuk memproduksi enzim selulase pada media CMC dan sekam padi?
3. Bagaimana aktivitas spesifik enzim selulase yang dimurnikan secara parsial menggunakan metode fraksinasi amonium sulfat?
4. Bagaimana karakteristik aktivitas enzim selulase terhadap pengaruh suhu, pH dan konsentrasi substrat?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan isolat bakteri termofilik dari Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat sebagai penghasil enzim selulase.
2. Menentukan waktu inkubasi bakteri selulolitik untuk memproduksi enzim selulase pada media CMC dan sekam padi
3. Memurnikan secara parsial enzim selulase dengan metode fraksinasi ammonium sulfat.
4. Menentukan karakteristik aktivitas enzim selulase yang meliputi pengaruh suhu, pH dan konsentrasi substrat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi peneliti lain mengenai bakteri termofilik penghasil enzim selulase dari isolat bakteri termofilik Sumber Air Panas Tanjung Sakti Lahat. Menambah informasi tentang produksi enzim selulase dengan memanfaatkan sekam padi sebagai substrat

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, S, and Chaudhary A. 2012. Optimization of Fermentation Conditions for Cellulases Production by *Bacillus licherniformis* MVS1 and *Bacillus* sp. MVS3 Isolated from Indian Hot Spring. *International Journal Braziliana Archives of Biology and Technology*. 55(4): 497-503.
- Agustini, L, dan Efiyanti, L. 2015. The Effects of Delignification Treatments on Cellulose Hydrolysis and Ethanol Production from Lignodellulosic Wastes. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 33(1): 69-80.
- Alam, M. S., Sarjono, P. R, dan Aminin, A. L. N. 2013. Isolasi dan Karakterisasi Selulase dari Bakteri Selulolitik Termofilik Kompos Pertanian Desa Bayat Klaten Jawa Tengah. *Jurnal Sains dan Matematika*. 21(2): 48-53.
- Apriani, K., Haryani, Y, dan Kartika, G. F. 2014. Produksi dan Uji Aktivitas Selulase dari Isolat Bakteri Selulolitik Sungai Indragiri. *JOM FMIPA*. 1(2): 216-267.
- Awasthi, M. K., Wong, J. W. C., Kumar, S. Awasthi, S. K., Wang Q., Wang, M., Ren, X., Zhao, J., Chen, H., dan Zhang, Z. 2018. Biodegradation of Food Waste Using Microbial Cultures Producing Thermostable α -amylase and Cellulase Under Different pH and Temperature. *Bioresource Technology*. 248: 160-170.
- Bahri, S., Fidiantara, F., Muksin, Y. D., Tamami, F., Handayani, A. A. A. T, dan Hermansyah. 2021. Eksplorasi Bakteri Termofilik Dari Sumber Air Panas Aik Sebau Di Kawasan Taman Nasional Gunung Rinjani Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Pijar MIPA*. 16(2): 235-241.
- Bandi, T. E., Abubakar, H, dan Moge, R. A. 2018. Uji Aktivitas Enzim Selulase Isolat Bakteri dari Sedimen Lamun Perairan Rendani Manokwari. *Jurnal Biologi*. 1(1): 16-21.
- Bashori, K. A. A., Mulyani, N. S, dan Aminin, A. L. N. 2012. Isolasi Komunitas Bakteri termofilik Selulolitik dari Kompos serta Identifikasi Fenotipik dan Genotipik dengan Metode Ssccp. *Jurnal Sains dan Matematika*. 20(2): 46-53.
- Boyer, R. F. 2012. *Biochemistry Laboratory: Modern Theory and Techniques Second Edition*. US of America: PEARSON.
- Budi, K., L., Wijanarka, dan Kusdiyantini, E. 2018. Aktivitas Enzim Selulase yang Dihasilkan oleh Bakteri *Serratia marcescens* pada Substrat Jerami. *Jurnal Biologi*. 7(1): 35-42.
- BRIN Badan Riset dan Inovasi Nasional. 2019. “BPPT Dorong Penerapan Teknologi Bagi Industri Enzim di Indonesia”, <https://bppt.go.id/berita->

[bppt/bppt-dorong-penerapan-teknologi-bagi-industri-enzim-di-indonesia](#), diakses pada 12 Maret 2022 pukul 21.10.

- Cahyani, P., Wijanarka, dan Raharjo, B. 2017. Aktivitas Spesifik Selulase *Serratia Marcescens* dengan Variasi Konsentrasi Amonium Sulfat ((NH₄)₂SO₄) dan pH. *Jurnal Biologi*. 6(2): 41-49.
- Campbell. 2010. *Biologi Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Deviani, S., Haryani, Y, dan Jose, C. 2014. Isolasi dan Uji Aktivitas Bakteri Selulolitik dari Air Muara Daerah Aliran Sungai Siak Wilayah Kabupaten Bengkalis. *JOM FMIPA*. 1(2): 78-87.
- Dimawarnita, F., Faramitha, Y, dan Panji, T. 2018. Peningkatan Kemurnian Selulosa dan Karboksimetil Selulosa (CMC) Hasil Konversi Limah TKKS melalui Perlakuan NaOH 12%. *Jurnal Menara Perkebunan*. 87(2): 95-103.
- Elawati, N. E., Pujiyanto, A, dan Kusdiyantini, E. 2018. Karakteristik dan Sifat Kinetika Enzim Kitinase Asal Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana*. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. 5(1): 1-7.
- Hamzah, H. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Enzim Selulase dari Keong Sawah *Pila Ampullacea* Menggunakan Substrat Serbuk Gergaji Kayu. *Jurnal Farmasi Sains dan Kesehatan*. 4(1): 16-21.
- Huwae, L. M. Ch, dan Aditiawati, P. 2020. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Selulase dari Sumber Air Panas Sila. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*. 3(1): 32-35.
- Irfan, M., Safdar, A., Syed, Q, and Nadeem, M. 2012. Isolation and Screening of Cellulolytic Bacterial from Soil and Optimization of Cellulase Production and Activity. *Turkish Journal of Biochemistry*. 37(3): 287-293.
- Ischak, N. I., Salimi, Y. K, dan Botutihe, D. N. 2017. *Biokimia Dasar*. Gorontalo: UNG Press.
- Islami, F, and Roy, N. 2019. Isolation and Characterization of Cellulase-Producing Bacteria from Sugar Industry Waste. *American Journal of BioScience*. 7(1): 16-24.
- Jacob, F, and Monod, J. 1961. Genetic Regulatory Mechanism in The Synthesis of Protein. *Journal of Molecular and Biological*. 3(1): 318-356.
- Kartika, I. N, dan Ibrahim, N. 2021. Efek Manipulasi pH pada Aktivitas Enzim Selulase Bakteri *Bacillus subtilis* Strain FNCC 0059 dalam Mendegradasi Selulosa. *Lentera Bio*. 10(1): 51-57.
- Kusmiyati, M. 2016. *Praktikum Kimia Farmasi*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

- Kusumaningrum A, Gunam I. B. W, dan 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): 243-253.
- Lamid, M, Puspaningsih, N. N. T, and Sarwoko, M. 2013. Addition of Lignocellulolytic Enzymes into Rice Straw Improves In Vitro Rumen Fermentation Products. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 3(9): 166-171.
- Listyaningrum, N. P., Sutrisno, A, and Wardani, A. K. 2018. Characterization of Thermostable Cellulase Produced by *Bacillus* Strain Isolated from Solid Waste of Carrageenan. *International Conference on Green Agro-Industry and Bioeconomy*.
- Lutfi, Z. 2012. Skrining Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Selulase dari Sumber Air Panas Panggo Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makasar.
- Marina, Lambui O, dan Suwastika, I. N. 2018. Karakterisasi Selulase Asal Bakteri Tanah Danau Kalimpa'a Sulawesi Tengah. *Journal of Science and Technology*. 7(2): 138 – 147.
- Mawati, S. D., Harpeni, E, dan Fidyandini, H. P. 2021. Skrining Bakteri Termofilik Potensial Amilolitik dari Sumber Air Panas Way Belerang Kalianda Lampung Selatan. *Journal of Aquatropica Asia*. 6(1): 1-7.
- Melati, I., Mulyasari, Sunarno, M. T. D., Bintang, M, dan Kurniasih, T. 2014. Produksi Enzim Selulase dari Bakteri TS2b yang Diisolasi dari Rumput Laut dan Pemanfaatannya dalam Menghidrolisis Kulit Ubi Kayu dan Daun Ubi Kayu sebagai Bahan Baku Pakan Ikan. *Jurnal Ris Akuakultur*. 9(2): 263-270.
- Mohammad, B. T., Daghistani, H. I. A., Jaouani, A., Latif, S. A, and Kennes, C. 2017. Isolation and Characterization of Thermophilic Bacteria from Jordanian Hot Springs: *Bacillus licheniformis* and *Thermomonas hydrothermalis* Isolates as Potential Producers of Thermostable Enzymes. *International Journal of Microbiology*. 1(11): 1-12.
- Mulyadi, I. 2019. Isolasi dan Karakterisasi Selulosa: Review. *Jurnal Sainatika Unpam*. 1(2): 177-182.
- Murtiyaningsih, H, dan Hazmi, M. 2017. Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Jurnal Agritrop*. 15(2): 293-308.
- Nababan, M., Gunam, I. B. W, dan Wijaya, M. M. 2019. Produksi Enzim Selulase Kasar dari Bakteri Selulolitik. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(2): 190-199.

- Nanda, P.T., Siregar, S.A., Kurniawan, R., Hairuidin, Meriyanti, dan Yatno. 2017. Isolasi, Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri Penghasil Enzim Termostabil Air Panas Kerinci. *Chempublish Journal*. 2(1): 26-31.
- Nasution, U. J., Wijaya, S. M., Wibisana, A., Safarrida, A., Rachmawati, I., Puspitasari, D. J., Naim, S., Mahsunah, A. H., Wulyoadi, S, dan Suyanto. 2018. Pemurnian Enzim Sefalosporin-C Asilase dan Optimasi Proses Kromatografi Penukar Ion. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. 5(2): 119-126.
- Ngili, Y. 2009. *Biokimia Struktur dan Fungsi Biomolekul*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Nompo, S., Meryandini, A, dan Sunartid, T., C. 2019. Produksi Enzim Selulase oleh Aktinomiset Menggunakan Frond Sagu. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 16(2): 80-89.
- Nurkhotimah, Yulianti, E, dan Rakhmawati, A. 2017. Pengaruh Suhu Dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Fosfatase Bakteri Termofilik Sungai Gendol Pasca Erupsi Merapi. *Jurnal Prodi Biologi*. 6(8): 1-9.
- Oktariani, E., Mauliza, I. N, dan Muslim, I. 2019. Morfologi dan Sifat Fisik Kain Kapas Berwarna Hasil Proses Biowashing Menggunakan Enzim Selulase Hasil Fermentasi Jerami dan Sekam Padi oleh Bakteri *Aspergillus niger*. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 4(2): 98-104.
- Oktavia, Y., Andhikawati, A., Nurhayati, T, dan Tarman, K. 2014. Karakterisasi Enzim Kasar Selulase Kapang Endofit dari Lamun. *Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 6(1): 209-218.
- Pambudi, D. S., Tampoebolon, B. I. M, dan Surahmanto. 2019. Pengaruh Perbedaan Aras Starter *Aspergillus Niger* pada Proses Amofer Sekam Padi terhadap Kandungan Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa. *Jurnal Penelitian Peternakan Terpadu*. 1(1): 44-51.
- Parveen, A., Archana, D., Gunajit, G., Madhumita, B, and Chandra, B. R. 2016. Cellulase Producing Thermophilic Bacteria from Hot Spring of Assam. *International Journal of Microbiology research*. 8(8): 776-780.
- Pesrita, A., Linda, T. M dan Devi, S. 2017. Seleksi dan Aktivitas Selulase Aktinomisetes Lokal Riau pada Media Lignoselulosa Ampas Tebu. *Jurnal Riau Biologi*. 2(1): 8-13.
- Pratiwi, Y. H., Ratnayani, O, dan Wirajana, I. N. 2018. Perbandingan Metode Uji Gula Pereduksi dalam Penentuan Aktivitas α -L-Arabinofuranosidase dengan Substrat Janur Kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Kimia*. 12(2): 134-139

- Pujiati, Ardhi, W. M, dan Prasetyo. E. N. 2018. *Bioteknologi Berbasis Proyek Produksi Purifikasi Enzim Selulase dari Kapang Trichoderma Viride dan Potensi dalam Bioscouring*. Magetan: CV. AE Media Grafika.
- Purkan, Purnama, H., D, dan Sumarsih S. 2015. Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* menggunakan Sekam Padi dan Ampas Tebu sebagai Induser. *Jurnal Ilmu Dasar*. 16(2): 95-102.
- Puspitasari, D, dan Ibrahim, M. 2020. Optimasi Aktivitas Selulase Ekstraseluler Isolat Bakter EG 2 Isolasi dari Bungkil Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq.). *Lentera Bio*. 9(1): 42-50.
- Putri, R. A. C dan Wardani, A. K. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Parsial Enzim Selulase Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi dari Limbah Padat Tapioka (Onggok). *Agroindustrial Technology Journal*. 2(2): 98-106.
- Putri S, 2016. Karakterisasi enzim selulase yang dihasilkan oleh *Lactobacillus plantarum* pada variasi suhu, ph dan konsentrasi substrat. *Disertasi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Rakhmawati, A., Yulianti, E, dan Rohaeti, E. 2014. Seleksi Bakteri Termofilik Selulolitik Pasca Erupsi Merapi. *Jurnal Kaunia*. 10(2): 92-102.
- Rasul F., Afroz, A., Rashid, U., Mehmood, S, and Zeeshan, N. 2015. Screening and Characterization od Cellulase Producing Bacteria from Soil and Waste (Molasses) of Sugar Industry. *Int J Biosci*. 6(3): 230-238.
- Ratnayani, O., Yulianthi, P. E, dan Wirajana, I. N. 2021. Fraksinasi Selulase Mikroba Selulolitik dengan Amonium Sulfat dan Amobilisasi pada Agar-agar Komersial. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*. 9(1): 1-9.
- Rulianah, S., Irfin, Z., Mufid, dan Prayitno. 2017. Produksi Crude Selulase dari Bahan Baku Ampas Tebu Menggunakan Kapang *Phanerochaete chrysosporium*. *J Tek Kim Ling*. 1(1): 17-27.
- Sari, U. M., Agustien, A, dan Nurniati. 2012. Penapisan dan Karakterisasi Bakteri Selulolitik Termofilik Sumber Air Panas Sungai Medang Kerinci Jambi. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 1(2): 166-171.
- Saropah A, Jannah A, and Maunatin A, 2012. Kinetika Reaksi Enzimatik Ekstrak Kasar Enzim Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi dari Bekatul. *Alchemy*. 2(1): 34-45.
- Setyoko, H, dan Utami, B. 2016. Isolasi dan Karakterisasi Enzim Selulase Cairan Rumen Sapi untuk Hidrolisis Biomassa. *Proceeding Biology Education Conference*. 13(1): 863-867.
- Sholihati, A. M., Baharuddin, M, dan Santi, 2015. Produksi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri *Bacillus subtilis*. *Al Kimia*. 1(1): 78-90.

- Solahuddin, Hanifa, N. I., Deccati, R. F, dan Muliastari, H. 2021. Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase dari Rumen Sapi (*Bibos javanicus*). *Journal of Science Technology and Entrepreneurship*. 3(1): 1-7.
- Sonia, N. M. O, dan Kusnadi, J. 2015. Isolasi dan Karakterisasi Parsial Enzim Selulase dari Isolat Bakteri OS-16 Asal Padang Pasir Tengger-Bromo. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(4): 11-19.
- Su'I, M dan Supri. 2013. Fraksina Enzim Lipase dari Endosperma Kelapa dengan Metode *Salting Out*. *Agritech*. 33(4): 377-383.
- Sukmana, M. E., Sutrisno dan Roosdiana, A. 2014. Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Kestabilan Enzim Xilanase dari *Trichoderma viride*. *Kimia Student Journal*. 2(1): 340-344.
- Susanti, D, dan Rahmi, S. 2020. Efektivitas Komposisi Substrat dan Lama Fermentasi oleh *Trichoderma harzianum* untuk Aktivitas Enzim Selulase dari Campuran Tongkol Jagung dan Blondo. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*. 2(1): 28-34.
- Susanti, E. 2011. Optimasi Produksi dan Karakterisasi Sistem Selulase dari *Bacillus circulans* strains Lokal dengan Induser Avicel. *Jurnal Ilmu Dasar*. 12(1): 40-49.
- Syifa, R. L., Rosahdi, T. D dan Hafsari, A. R. 2018. Pengaruh Buffer Dialisis, Suhu, dan Waktu Penyimpanan terhadap Aktivitas α -Amilase dari *Bacillus sp.* K2Br5. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Tarigan, W F., Sumardi, dan Setiawan, W. A. 2015. *Karakteristik Enzim Selulase dari Bakteri Selulolitik Bacillus sp.* Seminar Nasional Sains dan Tekanologi VI.
- Tuntun, M, dan Huda, M. 2014. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Way Panas Bumi Natar Lampung Selatan. *Jurnal Analisis Kesehatan*. 3(1): 297-304.
- Verma, V., Verma, A, and Kushwaha, A. 2012. Isolation and Production of Cellulase Enzyme from Bacterial Isolated from Agriculture Fields in District Hardoi, Uttar Pradesh India. *Applied Science Research*. 3(1): 171-174.
- Wahyudiati, D. 2017. *BIOKIMIA*. Mataram: LEPPIM Mataram.
- Wahyuningsih, N dan Zulaika, E. 2018. Perbandingan Pertumbuhan Bakteri Selulolitik pada Media Nutrient Broth dan Carboxy Methyl Cellulose. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 7(2): E36-E38.

- Wardani, N. E., Subaidah, W. A, dan Muliastari, H. 2021. Ekstraksi dan Penetapan Kadar Glukomanan dari Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Menggunakan Metode DNS. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 3(3): 383-391.
- Yarza, H. N., Ahda, Y, dan Fifendi, M. 2021. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Termofilik Penghasil Inulinase dari Sumber Air Panas. *Jurnal Bio Site (Biologi & Sains Terapan)*. 6(1): 1-9.
- Yohandini, H., Julinar, dan Muharni. 2015. Isolation and Phylogenetic Analysis of Thermophile Community Within Tanjung Saki Hot Spring, South Sumatera, Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*. 22(1): 143-148.
- Yuansah, S. C., Darmawan, Fitriana, N, dan Laga, A. 2019. Pengaruh Pretreatment Jerami Padi Pada Produksi Enzim Termostabil Menggunakan Isolat Bakteri Termofilik. *Canrea Journal*. 2(1): 13-18.
- Yusnia, E. D., Gunam, I. B. W, dan Antara, N. S. 2019. Isolasi dan Skrining Bakteri Selulolitik dari Beberapa Tanah Hutan di Bali. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(1): 11-20.
- Zuraidah, Wahyuni, D., dan Astuty, E. 2020. Karakteristik Morfologi dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik dari Kawasan Wisata Ie Seuum (Air Panas). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 11(2): 40-47.