

SKRIPSI

**OPTIMASI KONDISI AKTIVITAS ENZIM SELULASE
DARI BAKTERI X**

***OPTIMIZATION OF CELLULASE ENZYME ACTIVITY
CONDITIONS ISOLATED FROM BACTERIA X***



Salsabila

05031381924084

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

SKRIPSI

OPTIMASI KONDISI AKTIVITAS ENZIM SELULASE DARI BAKTERI X

OPTIMIZATION OF CELLULASE ENZYME ACTIVITY CONDITIONS ISOLATED FROM BACTERIA X

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian pada Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya



Salsabila

05031381924084

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI KONDISI AKTIVITAS ENZIM SELULASE DARI
BAKTERI X**

SKRIPSI


Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknologi Pertanian
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh :

Salsabila
05031381924084


Indralaya, Mei 2023

Pembimbing


Dr. Ir. Anny Yanuriati, M. Appl.Sc.
NIP. 196801301992032003

Mengetahui :

Dekan Fakultas Pertanian


Prof. Dr. Ir. A. Muslim, M. Agr.
NIP. 196412291990011001



Skripsi dengan judul "Optimasi Kondisi Aktivitas Enzim Selulase oleh Bakteri X" oleh Salsabila telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

1. Dr. Ir. Anny Yanuriati, M.Appl.Sc.. Pembimbing
NIP. 197509022005012002

(.....)

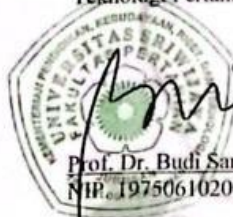
2. Dr. rer.nat. Ir. Agus Wijaya, M.Si. Penguji
NIP. 196808121993021006

(.....)

Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian

17 MAY 2023

Indralaya, April 2023
Koordinator Program Studi
Teknologi Hasil Pertanian



Prof. Dr. Budi Santoso, S.TP., M.Si.
NIP. 197506102002121002

(.....)

Prof. Dr. Budi Santoso, S.TP., M.Si.
NIP. 197506102002121002

ILMU ALAT PENGABDIAN

SUMMARY

SALSABILA. Optimization of Cellulase Enzyme Activity Conditions Isolated from Bacteria X. (Supervised by **ANNY YANURIATI**).

The purpose of this study was to determine the optimal activity of pH, temperature, substrate concentration, and the effect of metal ions as cellulase enzyme activators. This research was conducted from November 2022 to February 2023 at the Laboratory of Microbiology and Biotechnology, Department of Agricultural Technology, Laboratory of Aquaculture and Experimental Ponds, Department of Aquaculture, and Laboratory of Genetics and Biotechnology, Faculty of MIPA, Sriwijaya University. This research was conducted using a non-factorial Completely Randomized Design (CRD) method to optimize cellulase enzyme activity from cellulolytic bacteria. Was data obtained would be processed using analysis of variance (ANOVA). Treatments that have a significant effect would be tested further using the 5% Least Significant Difference (LSD) test. There are 4 treatment factors consisting of 5 levels including determining the optimum pH for enzyme activity with a variation of pH 3, pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, and pH 8. Determination of the optimum temperature for enzyme activity with a temperature variation of 30°C, 35°C, 40°C, 45°C and 50°C. Determination of the optimum substrate concentration on enzyme activity with variations in substrate concentration of 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, and 3%. As well as the determination of metal ions as cellulase enzyme activators with variations of metal ions CuCl₂, FeCl₂, MgCl₂, ZnCl₂, CaCl₂. Each treatment was tested in duplo and repeated three times.

Among the 20 cellulolytic bacterial isolates, the bacterial isolate with sample code D 10-6 (39) was the highest bacterial isolate with an activity of 10.2 U/mL. These bacterial isolates were used as samples in further studies to determine the optimum conditions of pH, temperature, substrate concentration, and metal ions as activators of cellulase enzyme activity. The optimum pH for cellulase enzymes was pH 6 to pH 8 with an activity of 23.894 ± 2.97 U/mL to 26.055 ± 2.33 U/mL. The optimum temperature for bacteria X was 30°C to 35°C with an activity of 42.94 ± 0.93 U/mL to 44.695 ± 0.57 U/mL. The optimum substrate concentration for bacteria X was 1% CMC concentration with an activity of 80.761 ± 2.41 U/mL. The metal ion FeCl₂ was an activator of the cellulase enzyme with an activity of 106.27 ± 18.60 U/mL while other metal ions were inhibitors of the cellulase enzyme.

Keywords : Cellulase Enzyme, Bacteria X, Optimum Activity

RINGKASAN

SALSABILA. Optimasi Kondisi Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri X. (Dibimbing oleh **ANNY YANURIATI**).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan aktivitas optimal pH, suhu, konsentrasi substrat, dan pengaruh ion logam sebagai aktivator enzim selulase. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2022 sampai Februari 2023 di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Jurusan Teknologi Pertanian, Laboratorium Budidaya Perairan dan Kolam Percobaan Jurusan Budidaya Perairan, serta Laboratorium Genetika dan Bioteknologi Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya. Penelitian ini dilakukan dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial terhadap optimasi aktivitas enzim selulase dari bakteri selulolitik. Data yang diperoleh akan diolah menggunakan analisa keragaman (ANOVA). Perlakuan yang berpengaruh nyata akan diuji lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5%. Terdapat 4 faktor perlakuan yang terdiri dari 5 taraf diantaranya penentuan pH optimum terhadap aktivitas enzim dengan variasi pH 3, pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, dan pH 8. Penentuan suhu optimum terhadap aktivitas enzim dengan variasi suhu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C. Penentuan konsentrasi substrat optimum terhadap aktivitas enzim dengan variasi konsentrasi substrat 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, dan 3%. Serta penentuan ion logam sebagai aktivator enzim selulase dengan variasi ion logam CuCl₂, FeCl₂, MgCl₂, ZnCl₂, CaCl₂. Setiap perlakuan dilakukan pengujian secara duplo dan pengulangan sebanyak tiga kali.

Hasil Penelitian menunjukkan dari 20 isolat bakteri selulolitik, isolat bakteri kode sampel D 10-6 (39) merupakan isolat bakteri tertinggi dengan aktivitas sebesar 10,2 U/mL. Isolat bakteri ini digunakan sebagai sampel pada penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kondisi optimum pH, suhu, konsentrasi substrat, dan ion logam sebagai aktivator aktivitas enzim selulase. pH optimum enzim selulase adalah pH 6 sampai pH 8 dengan aktivitas sebesar $23,894 \pm 2,97$ U/mL sampai $26,055 \pm 2,33$ U/mL. Suhu optimum bakteri X adalah suhu 30°C sampai 35°C dengan aktivitas sebesar $42,94 \pm 0,93$ U/mL sampai $44,695 \pm 0,57$ U/mL. Konsentrasi substrat optimum bakteri X adalah konsentrasi CMC 1% dengan aktivitas sebesar $80,761 \pm 2,41$ U/mL. Ion logam FeCl₂ merupakan aktivator enzim selulase dengan aktivitas sebesar $106,27 \pm 18,60$ U/mL sedangkan ion logam lainnya merupakan inhibitor enzim selulase.

Kata kunci : Enzim Selulase, Bakteri X, Aktivitas Optimum

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Salsabila

NIM : 05031381924084

Judul : Optimasi Kondisi Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri X

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam proposal penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.

Indralaya, April 2023



RIWAYAT HIDUP

Salsabila lahir di Kayuagung kabupaten Ogan Komering Ilir provinsi Sumatera Selatan pada tanggal 19 Juli 2001. Penulis adalah anak pertama dari enam bersaudara dari Bapak M. Indrajaya dan Ibu Nyiayu Khodijah.

Riwayat pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis, yaitu pendidikan SD Negeri 2 Tugumulyo dinyatakan lulus pada tahun 2013. Pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Lempuing selama 3 tahun dan dinyatakan lulus pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 3 Unggulan Kayuagung selama 3 tahun dan dinyatakan lulus pada tahun 2019.

Pada bulan Agustus 2019 tercatat sebagai mahasiswa pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya melalui jalur Ujian Saringan Masuk Bersama. Kegiatan penulis selain sebagai mahasiswa aktif adalah sebagai asisten praktikum mata kuliah Mikrobiologi Pangan dan Pengolahan tahun 2020/2021 genap. Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kasai, Kecamatan Sungai Rotan, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan pada bulan Juni 2022 dan praktik lapangan di PT Sinar Sosro Sumatera Selatan pada Agustus 2022.

Selama perkuliahan penulis berpartisipasi dalam beberapa organisasi jurusan seperti Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian dan Himpunan Mahasiswa Peduli Pangan Indonesia, serta ikut serta dalam Program Wirausaha Mahasiswa skema unggulan Universitas Sriwijaya.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT. atas berkat rahmat serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Optimasi Kondisi Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri X”** dengan baik. Skripsi ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknologi Pertanian.

Selama melaksanakan penelitian hingga selesainya skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
2. Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas, Pertanian Universitas Sriwijaya.
3. Koordinator Program Studi Teknologi Hasil Pertanian dan Koordinator Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Ir. Anny Yanuriati, M.Appl.Sc. selaku pembimbing skripsi sekaligus pembimbing akademik yang telah memberikan saran dan masukan, nasihat, bimbingan, arahan, motivasi dan doa untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. rer.nat. Ir. Agus Wijaya, M.Si. selaku penguji skripsi yang telah memberikan saran, masukan, nasihat, bimbingan, dan arahan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya yang telah mendidik, membagi ilmu dan menjadi pedoman bagi penulis.
7. Staf administrasi akademik Jurusan Teknologi Pertanian, dan staf laboratorium Jurusan Teknologi Pertanian terima kasih atas semua bantuan dan kemudahan yang diberikan kepada penulis.
8. Kedua orang tua penulis, Bapak M. Ali Indrajaya dan Ibu Nyiayu Khodijah yang telah membesarkan, mendidik, membimbing, menyayangi, dan selalu memberikan motivasi baik moral maupun materi, serta doa yang telah menyertai penulis hingga dapat berada di tahap ini. Kepada adik-adik penulis yang selalu memberikan semangat dan mendoakan penulis selama ini.

9. Seluruh rekan-rekan Jurusan Teknologi Pertanian angkatan 2019, kakak tingkat, adik tingkat yang membantu selama masa studi akademik hingga selesainya tugas akhir ini.
10. Cik Rahma Zahira dan Mellyta Niken Pancarani yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi, masukan, doa, harapan, dan telah kebersamai penulis selama pengerjaan skripsi ini berlangsung.
11. Kak Septika Indiani, Kak Febri Hariyanti, S.TP. dan Kak Wiji Lestari, S.TP. yang telah memberikan banyak bantuan, bimbingan, motivasi, masukan, arahan, dan doa kepada penulis selama pengerjaan skripsi berlangsung.
12. Kak Junanda Auditya Onasis, S.TP. dan Kak Nadia Erika Putri, S.TP. yang telah memberikan banyak bantuan, bimbingan, motivasi, masukan, arahan, dan doa kepada penulis selama masa perkuliahan berlangsung.
13. Bagindo Rafli N.P yang telah memberikan motivasi, dukungan, pendapat, masukan, dan doa kepada penulis.
14. Teman-teman penulis (Raniah, Berli, Siti, Ririn, Sultan, dan Yusuf) yang telah memberikan banyak bantuan, motivasi, dukungan, dan doa kepada penulis selama masa kuliah berlangsung.
15. Teman-teman penulis (Poppy, Anis, Liyo, Dila, Rere, Dina, dan lain-lain) yang telah memberikan banyak bantuan, motivasi, dukungan, dan doa kepada penulis selama masa penelitian berlangsung.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Penulis menyadari terdapat banyak ketidaksempurnaan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan.

Indralaya, April 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SUMMARY	v
RINGKASAN	vi
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Hipotesis.....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Bakteri Selulolitik	3
2.2 Selulosa	3
2.3 Enzim Selulase	4
2.4 Aktivitas Enzim.....	5
2.5 <i>Carboxymethyl Cellulose</i>	6
2.6 <i>Dinitrosalicylic Acid (DNS)</i>	7
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	8
3.1 Tempat dan Waktu	8
3.2 Alat dan Bahan.....	8
3.3 Metode Penelitian.....	9
3.4 Analisis Data	10
3.5 Analisis Statistik	10
3.6 Pelaksanaan Penelitian	11
3.6.1 Pembuatan Media	11
3.6.2 Persiapan Reagen	11

	Halaman
3.6.3 Proses Produksi Enzim dari Isolat Bakteri	11
3.6.4 Pengujian Aktivitas Enzim Selulase menggunakan Metode DNS	12
3.7 Optimalisasi Aktivitas Enzim Selulase	14
3.7.1 Penentuan pH Optimum Aktivitas Enzim Selulase.....	14
3.7.2 Penentuan Suhu Optimum Aktivitas Enzim Selulase	15
3.7.3 Penentuan Konsentrasi Substrat Optimum Aktivitas Enzim	15
3.7.4 Penentuan Pengaruh Ion Logam sebagai Aktivator Enzim.....	16
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Penentuan Aktivitas Enzim Selulase.....	17
4.2 Optimalisasi Aktivitas Enzim Selulase	18
4.2.1 Penentuan pH Optimum Aktivitas Enzim Selulase.....	18
4.2.2 Penentuan Suhu Optimum Aktivitas Enzim Selulase	20
4.2.3 Penentuan Konsentrasi Substrat Optimum Aktivitas Enzim	22
4.2.4 Penentuan Ion Logam Sebagai Aktivator Enzim	23
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran.....	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur Kimia Selulosa	4
2.2 Mekanisme Hidrolisis Selulosa dengan Enzim.....	5
2.3 Struktur <i>Carboxymethyl Cellulose</i>	6
4.1 Aktivitas Enzim Selulase dari 20 Isolat Bakteri	18
4.2 Pengaruh pH Terhadap Aktivitas Enzim.....	19
4.3 Pengaruh Suhu Terhadap Aktivitas Enzim	20
4.4 Aktivitas Optimum Konsentrasi Substrat.....	22
4.5 Pengaruh Ion Logam Terhadap Aktivitas Enzim.....	24

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Daftar Analisis Keragaman RAL Non Faktorial.....	10
4.1 Uji BNT 5% Pengaruh Variasi pH	19
4.2 Uji BNT 5% Pengaruh Variasi Suhu	21
4.3 Uji BNT 5% Pengaruh Variasi Konsentrasi Substrat	23
4.4 Uji BNT 5% Pengaruh Variasi Ion Logam	24

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Penentuan Aktivitas Enzim Selulase 20 Isolat Bakteri	33
2. Penentuan pH Optimum Aktivitas Enzim.....	43
3. Perhitungan Uji Lanjut pH Optimum Aktivitas Enzim.....	46
4. Penentuan Suhu Optimum Aktivitas Enzim	48
5. Perhitungan Uji Lanjut Suhu Optimum Aktivitas Enzim	51
6. Penentuan Substrat Optimum Aktivitas Enzim	53
7. Perhitungan Uji Lanjut Substrat Optimum Aktivitas Enzim	56
8. Penentuan Ion Logam sebagai Aktivator Enzim.....	58
9. Perhitungan Uji Lanjut Ion Logam sebagai Aktivator Enzim	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Enzim merupakan protein yang berfungsi sebagai katalis pada proses biokimia. Enzim pada umumnya diperoleh dari tanaman dan hewan, akan tetapi penggunaan enzim yang berasal dari bakteri lebih banyak digunakan karena biaya produksi lebih ekonomis, dapat diproduksi dalam waktu singkat, serta mudah ditingkatkan hasilnya melalui pengaturan kondisi pertumbuhan dan rekayasa genetik. Enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme memiliki kemampuan enzimatis yang lebih stabil daripada enzim yang dihasilkan oleh tumbuhan dan hewan. Salah satu contoh enzim yang diekstrak dari bakteri atau mikroorganisme adalah enzim selulase (Kusumaningrum *et al.*, 2019).

Menurut Yi *et al.* (1999) selulase adalah sekelompok enzim yang memecah selulosa dengan cara menghidrolisis ikatan β -1,4 glikosidik menjadi bentuk yang lebih sederhana seperti glukosa dan selobiosa. Selulosa adalah sumber daya hayati terbarukan paling melimpah di bumi dan merupakan polisakarida dengan struktur lurus yang mengandung glukosa (Sharma *et al.*, 2020).

Menurut Yang *et al.* (2014) selulase mengacu pada sekelompok enzim yaitu endoglukonase, eksoglukonase, dan β -glukosidase. Sekelompok enzim ini dibedakan berdasarkan kemampuannya untuk mengubah *carboxymethyl cellulose* (CMC) atau substrat menjadi produk, dimana endoglukonase menjadi enzim yang paling efisien untuk digunakan diantara enzim lainnya (Henriksson *et al.*, 1999).

Enzim selulase merupakan enzim yang memiliki potensi besar untuk diproduksi karena diperoleh dari banyak sumber, dapat diekstrak dari bakteri serta dapat dimanfaatkan secara luas oleh berbagai industri, seperti industri pangan, industri tekstil, dan industri kertas. Enzim selulase dalam industri pangan berperan dalam mengurangi viskositas pure buah-buahan, meningkatkan rasa serta aroma buah dan sayuran, memperbaiki warna dan stabilitas jus (Raveedran *et al.*, 2018).

Harga enzim di pasaran cukup mahal, tetapi kebutuhan enzim selulase semakin tinggi karena fungsinya dalam berbagai industri. Ketersediaan selulosa di alam diperoleh dari hasil sisa pertanian yang sangat melimpah. Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah padat dari hasil pertanian yang jumlahnya cukup

besar, namun pemanfaatannya masih terbatas. Tandan kosong kelapa sawit merupakan lignoselulosa yang memiliki kandungan selulosa 32.57%, hemiselulosa 27.70%, dan lignin 26.49% (Rosvita *et al.*, 2019).

Peneliti sebelumnya telah melakukan isolasi bakteri dari limbah tandan kosong kelapa sawit dan diperoleh 20 isolat bakteri selulolitik yang belum diketahui kemampuannya untuk menghasilkan enzim selulase dari bakteri dengan aktivitas tertinggi, sehingga perlu dilakukan uji lanjutan untuk mengetahui aktivitas optimal dari ekstrak kasar enzim selulase yang dihasilkan.

Menurut Prima *et al.* (2015), produksi enzim dari suatu mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi produksi enzim adalah DNA dari spesies bakteri, sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi produksi enzim adalah pH, suhu, konsentrasi substrat, konsentrasi enzim, aktivator, dan inhibitor (Hames dan Hooper, 2005). Aktivitas optimum suhu dan pH menjadi indikator penting yang harus diketahui. Enzim akan terdenaturasi pada suhu tinggi sehingga mengakibatkan kecepatan reaksi enzim akan sangat menurun (Fitriani, 2003). Asam amino merupakan pusat aktif enzim yang harus berada dalam keadaan yang stabil, sehingga jika adanya pergeseran pH enzim dari pH optimum akan menyebabkan perubahan pada reaksi yang dikatalisis enzim (Murray *et al.*, 2003).

Setiap enzim selulase belum tentu menghasilkan aktivitas selulase yang sama, sehingga perlu dilakukan optimasi aktivitas enzim, seperti pH, suhu, konsentrasi substrat, dan pengaruh ion logam untuk produksi enzim selulase dari isolat bakteri yang dihasilkan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengkonfirmasi bakteri yang memiliki aktivitas selulolitik tertinggi.
2. Menentukan aktivitas optimal pH, suhu, konsentrasi substrat, dan pengaruh ion logam sebagai aktivator enzim selulase.

1.3 Hipotesis

Kondisi pH, suhu, konsentrasi substrat, dan ion logam sangat mempengaruhi aktivitas enzim selulase.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus. C., Eny, F., Dwi, W. dan Benito, H.P. 2014. Peran Mikroba Starter dalam Dekomposisi Kotoran Ternak dan Perbaikan Kualitas Pupuk Kandang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21(1), 179-187.
- Anand, Vennison, Sankar, Prabhu, Vasam, Raghuraman, Geoffrey dan Vendan. 2009. Isolation and Characterization of Bacteria from The Gut of Bombyx Mori that Degrade Cellulose, Xylan, Pectin, and Starch and Their Impact on Digestion. *Journal of Insect Science*, 10(107), 1-20.
- Aryani, S. W. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Ekstrak Kasar Enzim Selulase dari Kapang Selulolitik *Mucor sp.*B₂, Skripsi, Universitas Airlangga.
- Barapatre, S., Rastogi, M., Savita dan Nandal. M. 2020. Isolation of Fungi and Optimization of pH and Temperature for Cellulose Production. *Nature Environment and Pollution*, 19(4), 1729-1735.
- Behera, B.C., Sethi, B.K., Mishra, R.R., Dutta, S.K. dan Thatoi, H. N. 2017. Microbial Cellulases-Diversity and Biotechnology with Reference to Mangrove Environment: a Review. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 15(1), 197-210.
- Berliana, S. 2021. *Sifat Serat Selulosa* [Online]. <https://roboguru.ruangguru.com/forum/sifat-serat-selulosa> [diakses pada 13 September 2022].
- Bergmeyer, H.N. dan Grassl. 1989. *Method of Enzymetic Analysis 2*. Verlag Chemia : Weinheim.
- Budiansyah, A., Resmi., Wiryawan, K.G., Soehartono, M.T., Widyastuti, Y. dan Ramli, N. 2010. Isolasi dan Karakterisasi Enzim Karbohidrase Cairan Rumen Sapi Asal Rumah Potong Hewan. *Jurnal Media Peternakan*, 33(1), 36-43.
- Dali, S., Arfah, R., Karim, A., Patong, A.R. 2013. Eksplorasi Enzim Amilase dari Mikroba yang diisolasi dari Sumber Air Panas di Sulawesi Selatan dan Aplikasinya dalam Produksi Maltodekstrin. *Skripsi*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Dar, M. A., Pawar, K. D., Rajiput, B. P., Rahi, P. dan Pandit, R. S. 2019. Purification of a Cellulase from Cellulolytic Gut Bacterium, *Bacillus tequilensis* G9 and its Evaluation for Valorization of Agro-Wastes. Into Added Value Byproducts. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20, 101-219.
- Darlina, I. 2020. Biodegradasi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) menggunakan Konsorium Bakteri Penghasil Enzim Selulase. *Jurnal Wanamukti*, 23(1), 1-9.

- Fatokun, E.N., Nwodo, U.U. dan Okok, A.I. 2016. Classical Optimization of Cellulose and Xylanase Production by a Marine *Streptococcus* sp. *Applide Science*. 6(10), 286-299.
- Fitriani, E. 2003. *Aktivitas Enzim Karboksimetil Selulase Bacillus pumilus Galur 55 pada Berbagai Suhu Inkubasi*. Bogor : Kimia FMIPA IPB.
- Hames, D. dan Hooper, N. 2005. *Biochemistry Ed ke 4*. New York : Taylor and Francis Group.
- Hatefi, A., Makhdoumi, A., Asoodeh, A. dan Mirshamsi, O. 2017. Characterization of a Bi-Functional Cellulase Produces by a Gut Bacterial Resident of Rosaceae Branch Borer Beetle, *Osphranteria Coerulea* (Coleoptera : Cerambycidae). *International Journal of Biological Macromolecules*, 103, 158-164.
- Henrikson, G., Nutt A., Henrikson, H., Pettersson, B., Staehelberg, J., Johnson, G. dan Petterson, G. 1999. Endoglucanase 28 (cell 2A) a New Phanerochaete Chrysosporium Cellulose. *Europe Journal Biochem*, 259(1-2), 88-95.
- Jennifer, V dan Thiruneelakandan, G. 2015. Enzymatic Activity of Marine *Lactobacillus* Species from South East Coast of India. *IJISSET*. 2(1), 542-546.
- Kamal, N. 2010. Pengaruh Bahan Aditif CMC (*Carboxymethyl cellulose*) terhadap Beberapa Parameter pada Larutan Sukrosa. *Jurnal Teknologi*, 17(1), 78-84.
- Kaur, J., Chadha, B.S., Kumar, B.A. dan Saini, H.S. 2007. Purification and Characterization of Two Endoglucanases from *melanocarpus* sp. MTCC 3922. *Journal Bioresource Teach*. 98, 74-81.
- Kuhad, R. C., Deswal, D., Sharma, S., Bhattacharya, A., Jain, K. K., Kaur, A., Pletschke, B. I., Singh, A. dan Karp, M. 2016. Revisiting Cellulase Production and Redefining Current Strategies Based on Major Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 249-272.
- Kusmiati dan Agustini, N.W.S. 2010. Pemanfaatan Limbah Onggok untuk Produksi Asam Sitrat dengan Penambahan Mineral Fe dan Mg pada Substrat Menggunakan Kapang *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus niger*. *Seminar Nasional Biologi*.
- Kusumaningrum, A., Gunam, I.B.W. dan Wijaya, I.M.H. 2019. Optimasi Suhu dan Ph terhadap Aktivitas Enzim Endoglukanase Menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 243-253.
- Manoi, F. 2006. Pengaruh Konsentrasi Carboxymethyl cellulose (CMC) terhadap Mutu Sirup Jambu Mete. *Jurnal Bul. Littro*, 17(2), 72-78.
- Manzoor, N., Cao, L., Deng, D., Liu, Z., Jiang, Y. dan Liu, Y. 2018. Cellulase Extraction from Cellulolytic Bacteria Promoting Bioelectricity Production

- by Degrading Cellulose. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 829, 241-248.
- Mathews, S. L., Pawlak, J. dan Grunden, A. M. (2015). Bacterial biodegradation and bioconversion of industrial lignocellulosic streams. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(7), 2939–2954.
- Miller, G.L. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Journal of Analytical Chemistry*, 31, 426-428.
- Moniriqsa, D., Niken, O., Andriani, A., Dormian, A.N., Haloho., Lestari, S., Arison, Mi., Adi, S. dan Aldes, L. 2012. Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron* L) dan Kayu Serbuk Industri Meubel. *Jurnal Penelitian Sains*, 15(3), 96.
- Munifah, I. dan Dini, I.R. 2014. Produksi dan Karakterisasi Enzim Selulase Ekstrak Kasar dari Bakteri yang diisolasi dari Limbah Rumput Laut. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 6(3), 69-75.
- Murtiyaningsih dan Hazmi. 2017. Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Jurnal Agritep*, 15(2), 293-308.
- Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A. dan Rodwell, V.W. 2003. *Harper's Illustrated BioChemistry*. Ed ke-26. San Fransisco: McGraw-Hill.
- Nababan, M., Gunam, I.B.W. dan Mahaputra, W.I. 2019. Produksi Enzim Selulase pada Bakteri Selulolitik. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 190.
- Nadhifah, M. 2021. Isolasi Bakteri Selulolitik dari Jerami Padi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase pada Berbagai Substrat, Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nandimath, A.P., Kharat, K.R., Gupta, S. G. dan Kharat, A.S. 2016. Optimization of Cellulase Production for *Bacillus* sp. and *pseudomonas* sp. soil isolates. *African Journal of Microbiology Research*, 10(13), 410-419.
- Nelson, D. L. Dan Cox, M.M. 2005. *Principles of biochemistry*. Ed ke-4. New York : Worth Publisher.
- Netty, K. 2010. Pengaruh Bahan Aditif CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) terhadap Beberapa Parameter pada Larutan Sukrosa. *Jurnal Teknologi*. 1(17),78- 84.
- Olivia, L., Oktavia, B. dan Iryani. 2013. Optimasi Komposisi Fasa Gerak dan pH *Buffer* Asetat pada Analisa Zat Warna Sintetik Rhodamin B dan Ponceau 4R Menggunakan Metoda HPLC. *Chemistry Journal of State University of Padang*, 2(2), 73-79.
- Prima, A., Devi, S. dan Saryono. 2015. Optimalisasi pH Produksi Enzim Selulase dari Bakteri Endofilik *Pseudomonas stutzeri* LBKURCC45, *Pseudomonas*

- cepacia* LBKURCC48 dan *Pseudomonas stutzeri* LBKURCC59. *JOM FMIPA*, 2(1), 199-204.
- 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.
- Purwanti, A dan Ahmad, A. 2014. *Pengaruh Penambahan FeCl₂ terhadap Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri Simbion Makroalga Coklat*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Puspitasari, D. dan Ibrahim, M. 2020. Optimasi Aktivitas Selulase Ekstraseluler Isolat Bakteri EG 2 Isolasi dari Bungkil Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq.). *Lentera Bio : Berkala Ilmiah Biologi*, 9(1), 42-50.
- Raveendran, S., Parameswaran, B., Ummalynn, B.S., Abraham, A., Mathew, A.K., Madhavan, A., Rebello, S. dan Pandey, A. 2018. Application of Microbial Enzymes in Food Industry. *Food Technology Biotechnol*, 56(1), 16-30.
- Rawway, M., Ali, S.G dan Badawy, A.S. 2018. Isolation and Identification of Cellulose Degrading Bacteria from Different sources at Assiut Governorate (Upper Egypt). *Journal Ecology of Health & Environment*, 6(1), 15-24.
- Rismawati, Y., Bahri, S. dan Prismawiryanti. 2016. Produksi Glukosa dari Jerami Padi (*Oryza sativa*) Menggunakan Jamur *Trichoderma* sp. *Jurnal Kovalen*, 2(2), 67-76.
- Rosvita, K.M., 2019. Pemurnian Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Secara Biologi dan Kimiawi untuk Pembuatan Na-CMC. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Ruswandi, Oktavia, B. dan Azhar, M. 2018. Penentuan Kadar Fruktosa Hasil Hidrolisis Inulin dengan DNS sebagai Pengoksidasi. *Eksakta*. 19(1), 14-23.
- Sari, R.F. 2010. Optimasi Jennifer, V dan Thiruneelakandan, G. 2015. Enzymatic Activity of Marine *Lactobacillus* Species from South East Coast of India. *IJISET*. 2(1), 542-546.
- Safitri, D., Rahim, E.A., Prismawiryanti. dan Sikanna, R. 2017. Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Selulosa Kulit Durian (*Durio zibethinus*). *Jurnal Kovalen*, 3(1), 58-68.
- Saropah, A., Jannah, A., Maunatin, A. 2012. Kinetika Reaksi Enzimatik Ekstrak Kasar Enzim Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi dari Bekatul. *Alchemy*. 2(1), 34-45.
- Sharma, A., Ahmad, T., Gupta, G., Mansyur, S., Jan, S., Kauro, B., Paray, A. B. dan Ahmad, A. 2020. Response Surface Optimization of Cellulase Production from *Aneurinibacillus aneurinilyticus* BKT-9 : an Isolate of Urban Himalayan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27, 2333-2343.

- 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
- Soeka, Y.S., Suharna, N., Triana E. dan Yulinery, T. Characterization of Cellulase Enzyme Produced by Two Selected Strains of *Streptomyces macrosporeus* Isolated from Soil in Indonesia. *Makara Journal of Science*, 23(2), 65-71.
- Sudarmadji, S., Suhardi dan Haryono, B. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty : Yogyakarta.
- Sulfida, D. 2020. Analisis Ekstrak Selulosa dari Rumput Laut Merah *Hypnea spinella*, Skripsi, Universitas Islam Negeri Ar Raniry Darussalam Banda Aceh..
- Syamsu, K. dan Rahmatullah, R. 2018. *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) dari Nata de Cassava [Online]. <https://innovation.ipb.ac.id/detail/218-Carboxy-Methyl-Cellulose-CMC-dari-Nata-de-Cassava>. [Diakses pada 22 Oktober 2022]
- Thomas, L., Ram, H. dan Singh, V.P. 2018. Indicable Cellulase Production from an Organic Solvent Tolerant *Bacillus* sp SVI and Evolutionary Divergence of Endoglucanase in Different Species of The Genus *Bacillus*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49(2), 429-442.
- Tomas, M., Josef P., Petra O., Igor B. 2010. *The Using of Enzymes for Degradation of Cellulose Substrate for The Production of Biogas*. Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinskeho, Bratislava, Slovak Republic.
- Wijayanti, A., Khoirullah, U. dan Siti, T. 2005. Karakterisasi Karboksimetil selulosa (CMC) dari Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms). *Indo Journal Chemistry*, 5(3), 228-233.
- Yang, W., Meng, F., Peng, J., Han, P., Fang, F., Ma, L., Cao, B. 2014. Isolation and Identification of a Cellulolytic Bacterium from The Tibetan Pig's Intestine and Investigation of its Cellulase Production. *Electronic Journal of Biotechnology*, 17, 262-267.
- Yi, J.C., Sandra, J.C., Jhon, A.B. dan Shu, T.C. 1999. Production and Distribution of Endoglucanase, Cellobiohydrolase, and β -Glucosidase Components of The Cellulolytic System of *Volvariella volvacea*, The Edible Straw Mushroom. *Application Environ Microbiol*, 65(2), 553-559.