

SKRIPSI

**OPTIMASI AKTIVITAS ENZIM SELULASE YANG
DIHASILKAN OLEH BAKTERI SELULOLITIK Y**

***OPTIMIZATION OF CELLULASE ENZYME ACTIVITY
PRODUCED BY Y CELLULOLYTIC BACTERIA***



**Cik Rahma Zahira
05031281924034**

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

SUMMARY

CIK RAHMA ZAHIRA. Optimization of Cellulase Enzyme Activity produced by Y Cellulolytic Bacteria (Supervised by **ANNY YANURIATI**).

Cellulase enzymes break β -1,4 glycosidic bonds in cellulose, cellodextrin, cellobiose and other cellulose derivatives. This research aimed to determine the highest cellulase enzyme activity of several bacterial isolates using the DNS method and to study the optimum conditions of pH, temperature, substrate and metal ion concentrations of the cellulase enzyme activity. This research used a non-factorial Completely Randomized Design (CRD) with four treatment factors repeated three times. The parameter observed was the amount of reducing sugar released in cellulase enzyme activity.

The results showed cellulase enzyme activity was measured using the DNS method for 20 isolates of cellulolytic bacteria. Two bacterial isolates had the highest enzyme activity, sample code D 10^{-6} (39) of 10.20 U/mL and D 10^{-6} (44) of 8.86 U/mL. This study used the second-highest bacterial isolate, sample D(10^{-6}) 44. The optimum conditions for cellulase activity from bacterial isolate D (10^{-6}) 44 were at pH 7 with an activity value of 7.03 U/mL, temperature 30°C with Enzyme activity was 6.05 U/mL, substrate concentration was 0.5% with an enzyme activity value of 85.03 U/mL and the addition of FeCl₂ metal ion with an enzyme activity value of 100.45 U/mL, FeCl₂ metal ion acts as an activator in cellulase activity, while the addition of metal ions MgCl₂, CaCl₂, ZnCl₂, and CuCl₂ acts as an inhibitor in cellulase activity.

Keywords: *cellulosa, cellulolytic bacteria, cellulase enzyme activity*

RINGKASAN

CIK RAHMA ZAHIRA, Optimasi Aktivitas Enzim Selulase yang dihasilkan oleh Bakteri Selulolitik Y (Dibimbing oleh **ANNY YANURIATI**),

Enzim selulase yaitu enzim yang dapat memutuskan ikatan β -1,4 glikosidik dalam selulosa, selodekstrin, selobiosa, dan turunan selulosa lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan aktivitas enzim selulase tertinggi beberapa isolat bakteri dengan menggunakan metode DNS dan mempelajari kondisi optimum pH, suhu, konsentrasi substrat dan ion logam dari aktivitas enzim selulase tersebut. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan 4 faktor perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali. Parameter yang diamati yaitu jumlah gula reduksi yang dibebaskan dalam aktivitas enzim selulase.

Hasil penelitian menunjukkan pengukuran aktivitas enzim selulase menggunakan metode DNS terhadap 20 isolat bakteri selulolitik terdapat 2 isolat bakteri yang memiliki aktivitas enzim tertinggi yaitu kode sampel D 10^{-6} (39) sebesar 10,20 U/mL dan D 10^{-6} (44) sebesar 8,86 U/mL. Penelitian ini menggunakan isolat bakteri tertinggi kedua yaitu sampel D (10^{-6}) 44. Kondisi optimum aktivitas selulase dari isolat bakteri D (10^{-6}) 44 berada pada pH 7 dengan nilai aktivitas sebesar 7,03 U/mL, suhu 30 °C dengan aktivitas enzim sebesar 6.05 U/mL, konsentrasi substrat sebesar 0,5% dengan nilai aktivitas enzim sebesar 85,03 U/mL dan penambahan ion logam FeCl₂ dengan nilai aktivitas enzim sebesar 100,45 U/mL. Ion logam FeCl₂ sebagai aktivator dalam aktivitas selulase, sedangkan penambahan ion logam MgCl₂, CaCl₂, ZnCl₂ dan CuCl₂ bertindak sebagai inhibitor dalam aktivitas selulase.

Kata kunci: selulosa, bakteri selulolitik, aktivitas enzim selulase

SKRIPSI

OPTIMASI AKTIVITAS ENZIM SELULASE YANG DIHASILKAN OLEH BAKTERI SELULOLITIK Y

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



Cik Rahma Zahira
05031281924034

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

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI AKTIVITAS ENZIM SELULASE YANG
DIHASILKAN OLEH BAKTERI SELULOLITIK Y**

SKRIPSI

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

Oleh :

Cik Rahma Zahira
05031281924034

Indralaya, Mei 2023

Pembimbing

Dr. Ir. Aany Yanuriati. M.Appl.Sc.
NIP. 196801301992032003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Pertanian



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

Skripsi dengan judul "Optimasi Aktivitas Enzim Selulase yang dihasilkan oleh Bakteri Selulolitik Y" oleh Cik Rahma Zahira yang telah dipertahankan dihadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 April 2023 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan komisi peguji.

Komisi Penguji

1. Dr. Ir. Anny Yanuriati, M.Appl.Sc. Pembimbing
NIP. 196801301992032003
2. Dr. Ir. Tri Wardani Widowati, M.P. Penguji
NIP. 196305101987012001



Indralaya, Mei 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian

Koordinator Program Studi
Teknologi Hasil Pertanian

17 MAY 2023



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

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

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cik Rahma Zahira

NIM : 05031281924034

Judul : Optimasi Aktivitas Enzim Selulase yang dihasilkan oleh Bakteri
Selulolitik Y

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa seluruh 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 laporan skripsi 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.



Cik Rahma Zahira
05031281924034

RIWAYAT HIDUP

CIK RAHMA ZAHIRA. Lahir di Kota Palembang, Sumatera Selatan pada tanggal 25 Agustus 2001. Penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara, yang merupakan anak dari Bapak Abdul Basid dan Ibu Cik Ayu. Penulis tinggal bersama kedua orang tua beralamat di Jalan Demang Lebar Daun. Gang. Kelinci, No. 2983 RT. 02 RW. 01, Kecamatan Ilir Barat I, Kelurahan Bukit Baru, Palembang.

Pendidikan yang pernah ditempuh penulis yaitu pendidikan Sekolah Dasar Negeri 4 Palembang, selama 6 tahun dan dinyatakan lulus pada tahun 2013. Pendidikan Menengah Pertama di Sekolah Menengah Pertama Negeri 18 Palembang, selama 3 tahun dan dinyatakan lulus pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di Sekolah Menengah Muhammadiyah 1 Palembang, selama 3 tahun dan dinyatakan lulus pada tahun 2019. Sejak Agustus 2019, penulis tercatat sebagai mahasiswa di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama perkuliahan penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATETA) Unsri pada tahun 2020-2021 dan Himpunan Mahasiswa Peduli Pangan Indonesia (HMPPI) Unsri pada tahun 2020. Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sumber Hidup (SP1). Kecamatan Pedamaran, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan pada bulan Juli 2022. Penulis juga telah melaksanakan Praktik Lapangan (PL) di PD, Sahang Mas Palembang, Sumatera Selatan pada bulan Agustus sampai dengan September 2022. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah prinsip pengolahan hasil pertanian pada tahun 2022 di Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Sriwijaya.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil‘alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Optimasi Aktivitas Enzim Selulase yang dihasilkan oleh Bakteri Selulolitik Y”** dengan baik sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi besar Muhammad Shallallahu ‘alaihi wa sallam beserta umat hingga akhir zaman. Selama melaksanakan penelitian sampai terselesainya skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan, dukungan dan doa dari berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini, penulis sampaikan ucapan 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, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Ir. Anny Yanuriati. M.Appl.Sc. selaku pembimbing akademik, pembimbing praktik lapangan dan pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, nasihat, saran, solusi, motivasi, bimbingan, bantuan, kepercayaan, semangat dan doa kepada penulis.
5. Ibu Dr. Ir. Tri Wardani Widowati. M.P. selaku dosen pembahas makalah dan penguji skripsi yang telah memberikan masukan, saran serta bimbingan kepada penulis.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknologi Pertanian yang telah mendidik secara tulus dan menginspirasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir penulis.
7. Staff Analis Laboratorium Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya (Mbak Hafsah, S.T., M.T., Mbak Elsa Juniar, A.Md., Mbak Lisma dan Mbak Tika) dan Staff Administrasi Jurusan Teknologi Pertanian (Mbak Nike dan Kak Jhon).
8. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Basid dan Ibu Cik Ayu serta kakakku tersayang Kak Syarif yang selalu memberikan semangat, motivasi, waktu,

bantuan dan terutama doa sehingga penulis bisa sampai pada tahap ini dan menyelesaikan studi dengan sangat baik.

9. Keluarga besar yang tidak bisa disebutkan satu per satu terima kasih atas nasihat, semangat dan doa yang selalu menyertai.
10. Sahabatku tersayang khansa terimakasih atas segala bantuan, doa, semangat dan dukungan.
11. Sahabat perjuangan dari awal perkuliahan Poppy, Dina, Isna dan Uswah, terimakasih atas segala bantuan, doa, semangat, dukungan, masukan dan motivasi selama perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.
12. Rekan satu bimbingan akademik dan skripsi Salsabila, Niken, Angela dan Masyto serta kakak tingkatku kak Septika, kak Febry dan kak Wiji yang senantiasa memberikan informasi, masukan, arahan dan semangat selama perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.
13. Keluarga Teknologi Hasil Pertanian 2019 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih telah memberikan banyak cerita suka dan duka semasa kuliah.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk memberikan sumbangan pemikiran yang bermanfaat bagi kita semua dalam pengembangan ilmu pengetahuan agar skripsi ini dapat menjadi lebih baik.

Indralaya, Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Hipotesis.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Selulosa	4
2.2 TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit).....	5
2.3 Bakteri Selulolitik	6
2.4 Enzim Selulase	6
2.5 CMC (<i>Carboxymethyl Cellulose</i>).....	8
2.6 Metode DNS (<i>Dinitrosalicylid Acid</i>)	8
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN	10
3.1 Tempat dan Waktu	10
3.2 Alat dan Bahan.....	10
3.3 Metode Penelitian.....	10
3.4 Analisa Data	12
3.4.1 Analisa Statistik Paramterik	12
3.5 Pelaksanaan Penelitian	13
3.5.1 Pembuatan Media CMC untuk Produksi Enzim Selulase.....	13
3.5.2 Produksi Enzim Selulase.....	13
3.5.3 Pembuatan Reagen DNS	14
3.5.4 Uji Aktivitas Enzim Selulase	14
3.5. Optimalisasi Aktivitas Enzim Selulase	17

	Halaman
3.5.1 Optimalisasi pH terhadap Aktivitas Enzim.....	17
3.5.2 Optimalisasi Suhu terhadap Aktivitas Enzim	17
3.5.3 Optimalisasi Konsentrasi Substrat terhadap Aktivitas Enzim	18
3.5.4 Optimalisasi Ion Logam terhadap Aktivitas Enzim	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Pengukuran Aktivitas Enzim.....	20
4.2 Penentuan Kondisi Optimum Enzim Selulase	22
4.2.1 pH Optimum	22
4.2.2 Suhu Optimum	24
4.2.3 Konsentrasi Substrat Optimum	27
4.2.4 Ion Logam Optimum.....	30
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Selulosa, lignin dan hemiselulosa pada dinding sel tumbuhan	4
2.2. Rumus Kimia Selulosa	5
2.3. Mekanisme Hidrolisis Selulosa oleh Enzim Selulase	7
4.1. Pengaruh pH terhadap Aktivitas Enzim Selulase.....	23
4.2. Pengaruh Suhu terhadap Aktivitas Enzim Selulase	25
4.3. Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Aktivitas Enzim Selulase ...	27
4.4. Pengaruh Ion Logam terhadap Aktivitas Enzim Selulase.....	30

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.2. Daftar Analisis Keragaman Rancangan Acak Lengkap.....	12
4.1. Hasil Pengukuran Aktivitas Enzim dari Masing-masing Isolat Bakteri	21
4.2. Uji Lanjut BNT taraf 5% Pengaruh pH terhadap Aktivitas Enzim	24
4.3. Uji Lanjut BNT taraf 5% Pengaruh Suhu terhadap Aktivitas Enzim	26
4.4. Uji Lanjut BNT taraf 5% Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Aktivitas Enzim	29
4.5. Uji Lanjut BNT taraf 5% Pengaruh Ion Logam terhadap Aktivitas Enzim	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Gambar Isolat Bakteri D 10^{-6} (44)	38
2. Data Perhitungan Aktivitas Selulase dari 20 Isolat Bakteri Selulolitik ..	39
3. Data Perhitungan pH Optimum Aktivitas Selulase.....	49
4. Data Pengaruh pH terhadap Aktivitas Selulase	51
5. Data Perhitungan Suhu Optimum Aktivitas Selulase	53
6. Data Pengaruh Suhu terhadap Aktivitas Selulase	56
7. Data Perhitungan Konsentrasi Substrat Optimum Aktivitas Selulase	58
8. Data Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Aktivitas Selulase	61
9. Data Perhitungan Ion Logam optimum Aktivitas Selulase.....	63
10. Data Pengaruh Ion Logam terhadap Aktivitas Selulase.....	66

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Enzim merupakan protein yang berfungsi sebagai katalis dalam proses biokimia. Enzim pada umumnya selain dapat diperoleh dari mikroorganisme juga dapat diproduksi dari tanaman dan hewan. Enzim dari mikroorganisme lebih banyak digunakan dibandingkan dari tanaman atau hewan karena mikroorganisme dapat berkembangbiak dengan cepat, pertumbuhan relatif mudah diatur, enzim yang dihasilkan tinggi dan lebih stabil sehingga ekonomis bila digunakan untuk industri (Kusumaningrum *et al.*, 2019).

Pemanfaatan enzim di bidang industri yang semakin banyak berbanding lurus dengan kebutuhan enzim yang cukup besar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Freedonia mengenai “*Global Industrial Enzymes*” bahwa permintaan global untuk enzim diproyeksikan akan tumbuh 4,0% per tahun menjadi \$5,0 miliar pada tahun 2021. Enzim selulase adalah salah satu enzim dengan permintaan paling banyak dalam bidang industri (Jayasekara dan Ratnayake, 2019). Indonesia saat ini masih belum memiliki unit produksi enzim selulase buatan lokal dan masih melakukan impor dalam memenuhi kebutuhan enzim selulase. Namun, harga enzim yang diimpor terbilang cukup mahal, sedangkan bahan baku selulosa untuk memproduksi enzim selulase masih sangat melimpah. Selulosa banyak ditemukan di limbah pertanian, salah satunya limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS mengandung 41,30% – 46,50 % selulosa, 25,30% - 33,80% hemiselulosa dan 27,60% - 32,50% lignin. Kandungan selulosa dalam TKKS berpotensi sebagai sumber glukosa melalui hidrolisis enzimatik (Nababan *et al.*, 2019).

Selulosa merupakan polimer berantai lurus dari β -(1,4)-D-glukosa yang sangat melimpah di bumi. Pemanfaatan selulosa menjadi produk lain seperti bioetanol membutuhkan enzim yang mampu mengubah selulosa menjadi bentuk gula sederhana yang dapat dimanfaatkan untuk industri pangan dan non pangan (Sholihati *et al.*, 2015). Selulosa dapat diurai oleh mikroba selulolitik dengan bantuan enzim selulase menjadi senyawa lain seperti glukosa, oligosakarida dan

selobiosa. Mikroorganisme yang dapat menghasilkan enzim selulase diantaranya jamur, bakteri dan *actinobacteria*. Sebagian besar penelitian membahas mengenai jamur penghasil selulase. Namun, penelitian mengenai aplikasi bakteri dalam memproduksi selulase tidak banyak digunakan. Sementara, mikroorganisme penghasil enzim selulase dari kelompok bakteri memiliki pertumbuhan yang cepat sehingga waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi selulase menjadi lebih pendek. Selain itu, bakteri selulolitik menunjukkan kecenderungan yang lebih stabil terhadap panas dibandingkan jamur. Oleh karena itu, sangat cocok untuk dilakukan produksi dan uji aktivitas enzim selulase kasar dari bakteri selulolitik. Beberapa bakteri yang menghasilkan enzim selulase diantaranya, *Cellulomonas*, *Cellvibrio*, *Pseudomonas*, *Bacillus* dan *Micrococcus* (Arusha *et al.*, 2016). Penggunaan bioaktivator yang mengandung bakteri selulolitik banyak dimanfaatkan dalam pengolahan limbah selulosa menjadi kompos dan sebagai strategi untuk mempersingkat proses dekomposisi (Azizah *et al.*, 2014).

Produksi enzim dari suatu mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor eksternal terdiri dari suhu, pH, senyawa penginduksi, sumber karbon, waktu produksi, dan agitasi yang berperan menaikkan kecepatan kelarutan oksigen dan mempercepat transfer nutrisi serta oksigen ke dalam sel. Sedangkan faktor internal (berupa genetik) sangat dipengaruhi oleh DNA dari spesies mikroorganisme yang menghasilkan enzim selulase dengan karakteristik yang berbeda-beda sehingga belum tentu menghasilkan aktivitas selulase yang sama (Prima *et al.*, 2015).

Berdasarkan penelitian Vimal *et al.* (2016), isolasi bakteri selulolitik dan optimalisasi produksi enzim selulase yang dihasilkan oleh bakteri menunjukkan aktivitas enzim pada sampel antara lain, CB3 dan CB4 (*Bacillus subtilis*) sebesar 3,83 IU/ml serta CB8 (*Bacillus cereus*) sebesar 4,12 IU/ml pada ukuran inokulum 4% dan 6%. Suhu optimum untuk sampel CB3, CB4 dan CB8 berturut-turut berada pada 40°C, 30°C dan 40°C. Nilai pH optimum untuk masing-masing sampel berturut-turut yaitu 6,5, 7 dan 7,5. Waktu inkubasi optimum untuk sampel CB3 dan CB4 yaitu 48 jam dan 72 jam dengan konsentrasi CMC optimum sebesar 1,5%. Sedangkan waktu inkubasi untuk CB8 yaitu 96 jam dengan konsentrasi CMC sebesar 1%.

Aktivitas enzim selulase dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, pH, konsentrasi substrat, konsentrasi enzim serta keberadaan inhibitor sehingga untuk memaksimalkan aktivitas enzim perlu dilakukan optimalisasi aktivitas enzim selulase dari bakteri selulolitik dengan mempelajari beberapa variabel kondisi optimum aktivitas enzim selulase (Kusumaningrum *et al.*, 2019).

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah

1. Menentukan aktivitas enzim selulase tertinggi beberapa isolat bakteri dengan menggunakan metode DNS.
2. Mempelajari kondisi optimum pH, suhu, konsentrasi substrat dan ion logam dari aktivitas enzim selulase tersebut.

1.3. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah

1. Diduga metode DNS dapat menentukan aktivitas selulase tertinggi terhadap beberapa isolat bakteri.
2. Diduga kondisi optimum pH, suhu, konsentrasi substrat dan ion logam berpengaruh nyata terhadap aktivitas enzim selulase.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, A. G. dan Ardhyanta, H. 2017. Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Nano Filler Komposit Absorpsi Suara: Analisis FTIR. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 229-232.
- Agustriono, F. R. dan Hasanah, A. N. 2016. Pemanfaatan Limbah sebagai Bahan Baku Sintesis Karboksimetil Selulosa: Review. *Farmaka*, 4(3), 2-3.
- Anggraini, D. P., Roosdiana, A., Prasetyawan, A. dan Mardiana, D. 2013. Pengaruh Ion-Ion Logam terhadap Aktivitas Pektinase dari *Aspergillus Niger* Pada Penjernihan Sari Buah Jambu. *Natural B*, 2(1), 66-72.
- Arusha, P. N., Kiran, R. K., Shanti, G. G. dan Arun, S. K. 2016. Optimization of Cellulase Production for *Bacillus Sp.* and *Pseudomonas Sp.* Soil Isolates. *African Journal of Microbiology Research*, 10(13), 410-419.
- Azizah, S. N., Muzakhar, K. dan Arimurti, S. 2014. Skrining Bakteri Selulolitik Asal Vermicomposting Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Berkala Sainstek*, 2(1), 26-30.
- Baharuddin, M., Patong, A. R., Ahmad, A. dan La Nafie, N. 2014. Pengaruh Suhu dan pH terhadap Hidrolisis CMC oleh Enzim Selulase dari Isolat Bakteri Larva Kupu-Kupu *Cossus Cossus*. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 8(3), 343-356.
- 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.
- Bergmeyer, H.V. dan Grassl. 1989. *Method of Enzymatic Analysis 2*. Verlag Chemie. 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.
- Chua, M., Chan, K., Hocking, T. J., Williams, P. A., Perry, C. J. dan Baldwin, T. C. 2012. Methodologies for The Extraction and Analysis of Konjac Glucomannan from Corms of *Amorphophallus Konjac K.* Koch. *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 2202-2210.
- Dini, I. R. dan Munifah, I. 2014. Produksi dan Karakterisasi Enzim Selulase Ekstrak Kasar dari Bakteri yang diisolasi dari Limbah Rumput Laut. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 6(3), 70-75.

- Gad, A. M., Suleiman, W. B., El-Sheikh, H. H., Elmezayen, H. A. dan Beltagy, E. A. 2022. Characterization of Cellulase from *Geotrichum Candidum* Strain Gad1 Approaching Bioethanol Production. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(6), 6837-6850.
- Iskandar, T. dan Widyasrini, D. A. 2009. Pengaruh Enzim Bromelin dan Waktu Inkubasi pada Proses Hidrolisis Ikan Lemuru Menjadi Kecap. *Buana Sains*, 9(2), 183-189.
- Jayasekara, S. dan Ratnayake, R. 2019. *Microbial cellulases: an overview and applications. Cellulose*, 22.
- Jennifer, V. dan Thiruneelakandan, G. 2015. *Enzymatic activity of marine Lactobacillus species from South East Coast of India. IJISSET*, 2 (1), 542-546.
- Kartika, I. N. dan Ibrahim, M. 2021. Efek Manipulasi pH pada Aktivitas Enzim Selulase Bakteri *Bacillus subtilis* Strain FNCC 0059 dalam Mendegradasi Selulosa. *Jurnal Berkala Ilmiah Biologi*, 10(1), 52-57.
- Kodri, K., Argo, B. D. dan Yulianingsih, R. 2013. Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma Reesei* dan *Aspergillus Niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi dengan Pretreatment Microwave. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(1).
- Kurniawan, C. A. dan Gusmawartati, G. 2021. Uji Isolat Bakteri Selulolitik Sebagai Dekomposer Pada Dekomposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 5(1), 55-62.
- 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.
- Melati, I., Mulyasari, M., 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 Irma. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(2), 263-270.
- Mulyadi, I. 2019. Isolasi dan Karakterisasi Selulosa. *Jurnal Sainika Unpam: Jurnal Sains dan Matematika Unpam*, 1(2), 177-182.
- Murtiyaningsih, H. dan Hazmi, M. 2017. Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase Pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 15(2), 293-308.
- Nofu, K., Khotimah, S. dan Lovadi, I. 2014. Isolasi dan Karakteristik Bakteri Pendegradasi Selulosa Pada Ampas Tebu Kuning (Bagasse). *Jurnal Protobiont*, 3(1), 25-33.

- Nababan, M., Gunam, I. B. W. dan Wijaya, I. M. M. 2019. Produksi Enzim Selulase Kasar dari Bakteri Selulolitik. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7 (2), 190-199.
- 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.
- Nurfitriani, S. dan Handayanto, E. 2017. Dekomposisi Kulit Kopi Oleh Bakteri Selulolitik yang diisolasi dari Timbunan Kulit Kopi di Perkebunan Kalibendo, Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 4(2), 503-514.
- Pratiwi, Y. H., Ratnayani, O. dan Wirajana, I. N. 2018. Perbandingan Metode Uji Gula Pereduksi dalam Penentuan Aktivitas α -L-Arabinofuranosidase dengan Substrat Jamur Kelapa (*Cocos Nucifera*). *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, 12(2), 134-139.
- Prima, A., Devi, S. dan Saryono, S. 2015. Optimalisasi pH Produksi Enzim Selulase dari Bakteri Endofitik *Pseudomonas stutzeri* LBKURCC45, *Pseudomonas cepacia* LBKURCC48 dan *Pseudomonas stutzeri* LBKURCC59. *JOM FMIPA*, 2(1), 199-204.
- Puspitasari, D. dan Ibrahim, M. 2020. Optimasi Aktivitas Selulase Ekstraseluler Isolat Bakter EG 2 Isolasi dari Bungkil Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis jacq.*). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 9(1), 42-50.
- Rawway, M., Ali, S.G and Badawy, A.S. 2018. Isolation and Identification of Cellulose Degrading Bacteria from Different Sources at Assiut Governorate (Upper Egypt). *Journal of Ecology of Health & Environment*, 6(1), 15-24.
- Ratnasari, N., Nurmiati, N. dan Periadnadi, P. 2015. Produksi dan Uji Aktivitas Enzim Jamur Merang (*Volvariella volvacea* (Bull.) Singer) pada Media Optimasi Jerami-Sagu dengan Penambahan Beberapa Dosis Dolomit. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 4(3).
- Rulianah, S., Irfin, Z., Mufid, M. dan Prayitno, P. 2017. Produksi Crude Selulase dari Bahan Baku Ampas Tebu Menggunakan Kapang *Phanerochaete chrysosporium*. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 1(1), 17-27.
- Safaria, S., Idiawati, N. dan Zaharah, T.A. 2013. Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus Niger* dan *Trichoderma Reesei* dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 2(1).
- Sandhu, D. K. dan Kalra, M. K. 1982. Production of Cellulase, Xylanase and Pectinase by *Trichoderma Longibrachiatum* on Different Substrates. *Transactions of the British Mycological Society*, 79(3), 409-413.

- Sudarmadji, S., Haryono, B. dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.
- Sulistyowati, E., Salirawati, D. dan Amanatie. 2016. Karakterisasi Beberapa Ion Logam terhadap Aktivitas Enzim Tripsin. *Jurnal Penelitian Saintek*. 21(2), 107-120.
- Saropah, D. A., Jannah, A. dan Maunatin, A. 2012. Kinetika Reaksi Enzimatis Ekstrak Kasar Enzim Selulase Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi dari Bekatul. *Alchemy*, 2 (1), 34-45.
- Sethi, S., Datta, A., Gupta, B. L. dan Gupta, S. 2013. Optimization of Cellulase Production from Bacteria Isolated From Soil. *International Scholarly Research Notices*, 1-7.
- Sholihati, A. M., Baharuddin, M. dan Santi, S. 2015. Produksi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri *Bacillus subtilis*. *Al-Kimia*, 3(2), 78-90.
- Sonia, N. M. O. dan Kusnadi, J. 2016. Isolasi dan Karakterisasi Parsial Enzim Selulase Dari Isolat Bakteri OS-16 Asal Padang Pasir Tengger-Bromo. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 4(1), 11-19.
- Sreedevi, S., Sajith, S, dan Benjamin, S. 2013. Cellulase Producing Bacteria from The Wood-Yards on Kallai River Bank. *Advances in Microbiology*, 3(4), 326.
- Suryadi, Y., Priyatno, T. P., Susilowati, D. N., Samudra, I, M., Yudhistira, N dan Purwakusumah, E. D. 2013. Isolasi dan Karakterisasi Kitinase Asal *Bacillus cereus* 11 UJ. *Jurnal Biologi Indonesia*, 9(1).
- Susanti, E. 2011. Optimasi Produksi dan Karakterisasi Sistem Selulase dari *Bacillus Circulans* Strain Lokal dengan Induser Avicel. *Jurnal Ilmu Dasar*, 12(1), 40-49,
- Thygesen, A., Vahlgren, L., Frederiksen, J, H., Linnane, W. dan Thomsen, M. H. 2012. SSF Fermentation Of Rape Straw and The Effects of Inhibitory Stress on Yeast. *Bioethanol, Intech Open Access*, 209-22.
- Tomas, M., Josef, P., Petra, O. and Igor, B. 2010. *The Using of Enzymes for Degradation of Cellulose Substrate for the Production of Biogas*. Department of Enviromental Engineering. Institute of Chemical and Enviromental Engineering, Faculty of Chemical and Food Technology. Slovak University of Technology, Radlinskeho, Bratislava, Slovak Republic.
- Vimal, J., Venu, A. dan Joseph, J. 2016. *Isolation and Identification of Cellulose Degrading Bacteria and Optimization of The Cellulase Production*. *Int J Res Biosciences*, 5(3), 58-67.