

**OPTIMASI PRODUKSI ENZIM SELULASE OLEH BAKTERI
SELULOLITIK L2 DAN L4 ASAL *LEACHATE* PADA MEDIA SERBUK
TONGKOL JAGUNG (*Zea mays*)**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Biologi Departemen Pendidikan Biologi



Oleh
Wasni Az Zahra
1902717

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2023**

**OPTIMASI PRODUKSI ENZIM SELULASE OLEH BAKTERI
SELULOLITIK L2 DAN L4 ASAL *LEACHATE* PADA MEDIA SERBUK
TONGKOL JAGUNG (*Zea mays*)**

Oleh
Wasni Az Zahra

Skripsi yang diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana
Sains pada Program Studi Biologi Departemen Pendidikan Biologi Fakultas
Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Wasni Az Zahra 2023
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya ataupun sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

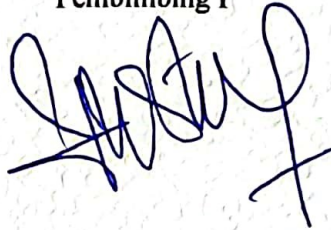
LEMBAR PENGESAHAN

WASNI AZ ZAHRA

**OPTIMASI PRODUKSI ENZIM SELULASE OLEH BAKTERI
SELULOLITIK L2 DAN L4 ASAL *LEACHATE* PADA MEDIA SERBUK
TONGKOL JAGUNG (*Zea mays*)**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing

Pembimbing I



Dr. Hj Peristiwa, M.Kes.
NIP. 196403201991032001

Pembimbing II



Dr. Hj. Any Fitriani, M.Si.
NIP. 196502021991032001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi FPMIPA UPI



Dr. H. Wahyu Surakusumah, M. T.
NIP. 197212301999031001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Optimasi Produksi Enzim Selulase oleh Bakteri Selulolitik L2 dan L4 Asal *Leachate* pada Media Serbuk Tongkol Jagung (*Zea mays*)” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,

Wasni Az Zahra

NIM 1902717

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karuni-Nyalah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Produksi Enzim Selulase oleh Bakteri Selulolitik L2 dan L4 Asal *Leachate* pada Media Serbuk Tongkol Jagung (*Zea mays*)”. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu untuk memenuhi salah satu syarat untuk mengikuti sidang skripsi Program Studi Biologi, Departemen Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia.

Dalam penelitian dan penulisan skripsi ini, penulis menemui banyak sekali hambatan, namun berkat bantuan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Bandung, Agustus 2023

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini semata-mata tidak hanya melalui usaha penulis sendiri melainkan dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak pula. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, maka dengan segala hormat dan ketulusan hati penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Hj Peristiwati, M.Kes. selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing I serta Ibu Dr. Hj. Any Fitriani, M.Si. selaku dosen pembimbing II atas segala bantuannya selama ini, telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, memberi saran serta motivasi kepada penulis sehingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak Dr. Wahyu Surakusumah, M. T. selaku Ketua Program Studi Biologi FPMIPA UPI.
3. Ibu Dr. R. Kusdianti, M.Si. dan Ibu Dr. Rini Solihat, M.Si., selaku ketua DBS yang selalu memberikan informasi, motivasi, dan bimbingan mengenai skripsi.
4. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA UPI yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis selama perkuliahan.
5. Seluruh staf Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA UPI yang telah membantu dalam penyelesaian administrasi selama perkuliahan.
6. Khususnya kepada orang tua-orang tua penulis, ayah Yasin Sani dan ibu Alm, Yusnani Maria, dan juga papa Syamsuddin Abdullah dan mama Ratna Juwita atas kerja keras dan pengorbanannya tanpa pamrih dari dulu hingga saat ini, dengan kasih sayangnya tiada henti mendoakan dan memberikan dukungan baik secara moral dan materi kepada penulis. Semoga skripsi ini dapat menjadi salah satu bukti keberhasilan orang tua penulis selama mendidik penulis.

7. Kakak dan adik tercinta penulis, Ayu Shania, Abdullah Nugraha, dan Yasni Salsabila yang selalu mendoakan, memberi dukungan, dan kebersamai penulis.
8. Seluruh keluarga besar yang telah mendoakan dan memberi dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Muhamad Fikri Nur Arrafi, yang telah menjadi salah satu bagian dari hidup penulis, selalu menjadi pengingat, penyemangat, dan tempat bersandar untuk penulis. Semoga sukses selalu dan kebersamai penulis hingga kedepannya.
10. Keponakan-keponakan penulis, Abang Al, Uwi, dan Ade Ellis atas keceriaan dan kehadirannya yang menemani penulis selama ini.
11. Sahabat-sahabat penulis, Annisa Nurallya Imannida, Hanna Yustianisa, Asty Seren Monica Butar Butar, Zahra Auliana, Drania Aaliyah Salsabiil Wirakarta, Febby Nurfadilah, Hilma Durotul Fatimah, dan Adilah Hafizha Nur Sabrina yang selalu ada selama menjalani perkuliahan dan penyusunan skripsi.
12. Rekan seperjuangan dalam kegiatan magang dan penelitian di Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan Bandung, Aulia Rachmah dan Zara Janeeta Yusuf atas kerja sama, dukungan, dan kehadirannya selama magang dan penelitian.
13. Teman-teman kelas Biologi C 2019 yang telah menjadi keluarga terbaik selama penulis menempuh perkuliahan.
14. Teman baik saat SMA yang masih berhubungan baik hingga saat ini, Golaksi, Ratu, Bilqist, Sephia, Silvie, Imam, Fadli, Ahim dan yang tidak dapat disebut satu persatu atas dukungan, dan motivasinya.
15. Seluruh pihak yang hadir dalam hidup penulis, yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuan dan motivasinya.

ABSTRAK

Optimasi Produksi Enzim Selulase oleh Bakteri Selulolitik L2 dan L4 Asal *Leachate* pada Media Serbuk Tongkol Jagung (*Zea mays*)

Enzim selulase merupakan salah satu enzim yang memiliki peran penting dalam proses degradasi selulosa menjadi gula-gula sederhana. Penggunaan enzim selulase memiliki potensi yang sangat luas dalam berbagai industri, seperti kertas, deterjen, makanan, pertanian, dan pengolahan limbah organik. Salah satu sumber potensial untuk mendapatkan bakteri yang menghasilkan enzim selulase adalah *leachate*, yaitu cairan hasil dari proses dekomposisi sampah yang terjadi di dalam TPA. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi produksi enzim selulase oleh bakteri selulolitik L2 dan L4 yang berasal dari *leachate* pada media serbuk tongkol jagung (*Zea mays*). Metode penelitian dilakukan dengan mengisolasi bakteri selulolitik dari sampel *leachate* yang berasal dari TPA Sarimukti. Bakteri diidentifikasi dan ditumbuhkan pada media CMC agar untuk seleksi bakteri selulolitik. Bakteri selulolitik yang didapat L2 dan L4 diuji kemampuannya dalam menghasilkan enzim selulase. Media kultur yang mengandung serbuk tongkol jagung digunakan sebagai substrat utama selulosa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri selulolitik yang diisolasi dari *leachate* memiliki potensi untuk menghasilkan enzim selulase. Jenis bakteri selulolitik yang teridentifikasi yaitu *Enterobacter* (L2) dan *Klebsiella* (L4) yang optimum di suhu 37°C dan pH 7. Aktivitas enzim pada isolat bakteri L2 sebesar 4.746 U/mL dan pada bakteri L4 sebesar 4.788 U/mL. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam mengidentifikasi bakteri selulolitik yang berasal dari *leachate* sebagai sumber potensial untuk produksi enzim selulase. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam aplikasi industri dan pengelolaan limbah organik.

Kata Kunci: Enzim selulase, selulosa, tongkol jagung, bakteri selulolitik, *leachate*

ABSTRACT

Optimisation of Cellulase Enzyme Production by Cellulolytic Bacteria L2 and L4 from Leachate on Corn Cob Powder Media (*Zea mays*)

The cellulase enzyme plays an important role in the degradation of cellulose into simple sugars. The use of cellulase enzymes has a very broad potential in various industries, such as paper, detergents, food, agriculture, and organic waste treatment. One of the potential sources for obtaining bacteria that produce cellulase enzymes is leachate, which is the liquid from the waste decomposition process in landfills. This study aims to optimize the production of cellulase enzymes by cellulolytic bacteria L2 and L4 derived from leachate on corncob (*Zea mays*) powder media. The research method was carried out by isolating cellulolytic bacteria from leachate samples originating from the Sarimukti Landfill. Bacteria were identified and grown on CMC agar media for the selection of cellulolytic bacteria. The cellulolytic bacteria obtained by L2 and L4 were tested for their ability to produce cellulase enzymes. Culture media containing corncob powder were used as the main substrate for cellulose. The results showed that cellulolytic bacteria isolated from leachate had the potential to produce cellulase enzymes. The types of cellulolytic bacteria identified were *Enterobacter* (L2) and *Klebsiella* (L4), which were optimum at 37°C and pH 7. Enzyme activity in bacterial isolates L2 was 4,746 U/mL, and in L4 bacteria was 4,788 U/mL. This study makes an important contribution by identifying cellulolytic bacteria derived from leachate as a potential source for the production of cellulase enzymes. In addition, the results of this study form the basis for further developments in industrial applications and organic waste management.

Keywords: Cellulase enzyme, cellulose, corncob, cellulolytic bacteria, leachate

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Pertanyaan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1 Air Lindi (<i>Leachate</i>).....	8
2.2 Bakteri Selulolitik	10
2.3 Tongkol Jagung (<i>Zea mays</i>)	11
2.4 Selulosa	12
2.5 Lignoselulosa	13
2.6 Enzim Selulase	15
2.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim Selulase	16
2.7.1 Suhu	16
2.7.2 pH.....	16
2.7.3 Aktivator Enzim.....	16
2.7.4 Inhibitor Enzim	17
2.7.5 Konsentrasi Substrat	17

2.7.6	Konsentrasi Enzim	17
2.7.7	Gula pereduksi	18
2.8	SmF (Submerged Fermentation)	18
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.1	Jenis Penelitian	19
3.2	Desain Penelitian	19
3.3	Waktu dan Lokasi Penelitian	19
3.4	Populasi dan Sampel Penelitian	20
3.5	Prosedur Penelitian	20
3.5.1	Persiapan Alat dan Bahan Penelitian	20
3.5.2	Pengambilan Sampel	21
3.5.3	Isolasi Bakteri	21
3.5.4	Pembiakan Isolat Bakteri	22
3.5.5	Seleksi Bakteri Selulolitik pada Media CMC Agar	23
3.5.6	Identifikasi Bakteri Selulolitik	23
3.5.7	Pembuatan Kurva Tumbuh Bakteri Selulolitik	30
3.5.8	<i>Pre-treatment</i> Tongkol Jagung dan Delignifikasi	30
3.5.9	Produksi Enzim Secara Submerged Fermentation (SmF)	32
3.5.10	Pembuatan Larutan Standar Glukosa	33
3.5.11	Pembuatan Kurva Standar Glukosa	33
3.5.12	Pengukuran Parameter	34
3.6	Analisis Data	35
3.7	Alur Penelitian	35
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Karakter Isolat Bakteri asal <i>leachate</i>	39
4.2	Indeks Selulolitik Isolat Bakteri Selulolitik pada Medium CMC	41
4.3	Karakteristik Morfologi dan Biokimia Bakteri Selulolitik L2 dan L4	44
4.4	Pengukuran Kurva Pertumbuhan Bakteri Selulolitik L2	47
4.5	Pengukuran Kurva Pertumbuhan Bakteri Selulolitik L4	49
4.6	Biomassa dan Aktivitas Enzim Bakteri L2 dan L4 Selama Proses Fermentasi	50
4.7	Kadar Gula Pereduksi dan Aktivitas Enzim Selulase yang Dihasilkan Bakteri L2 dan L4 dengan Metode DNS	53

BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI.....	59
5.1 Simpulan.....	59
5.2 Implikasi.....	59
5.3 Rekomendasi	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Lignoselulosa dari Berbagai Limbah Agrikultur.....	15
Tabel 4.1 Morfologi Isolat Bakteri Selulolitik L2 dan L4	39
Tabel 4.2 Indeks Selulolitik Bakteri dari Leachate.....	41
Tabel 4.3 Karakteristik Morfologi dan Biokimia Bakteri Selulolitik L2 dan L4 ..	44
Tabel 4.4 Hubungan Gula Pereduksi Dengan Aktivitas Enzim Selulase yang dihasilkan oleh bakteri L2.....	54
Tabel 4.5 Hubungan Gula Pereduksi Dengan Aktivitas Enzim Selulase yang dihasilkan oleh bakteri L4.....	55
Tabel 4. 6 Hasil Uji Statistik.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kolam Stabilisasi <i>Leachate</i> pada Tempat Pembuangan Akhir Sarimukti.....	8
Gambar 2. 2 Instalasi Pengolahan <i>Leachate</i> pada Tempat Pembuangan Akhir Sarimukti.....	9
Gambar 2.3 Tanaman Jagung.....	11
Gambar 2.4 Mekanisme Hidrolisis Selulosa Oleh Enzim	13
Gambar 2.5 Struktur Lignoselulosa	14
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	35
Gambar 3. 2 Alur Kerja <i>Pre-treatment</i> pada Tongkol Jagung (<i>Zea mays</i>).....	36
Gambar 3.3 Alur Kerja Isolasi dan Identifikasi Bakteri selulolitik L2 dan L4 asal <i>leachate</i>	37
Gambar 3.4 Alur Kerja Produksi Enzim Selulase Ekstrak Kasar dengan Metode Fermentasi SmF menggunakan Media Serbuk pada Tongkol Jagung (<i>Zea mays</i>).....	38
Gambar 4.1 Koloni bakteri yang diisolasi dari <i>leachate</i>	40
Gambar 4.2 Zona bening bakteri selulolitik L2 pada medium CMC.....	43
Gambar 4.3 Zona bening bakteri selulolitik L4 pada medium CMC.....	43
Gambar 4.4 Grafik pertumbuhan bakteri L2 pada Nutrient Broth pH 7, suhu 37°C dan 120 rpm dengan optical density (OD) $\lambda = 600$ nm.....	48
Gambar 4.5 Grafik pertumbuhan bakteri L4 pada Nutrient Broth pH 7, suhu 37°C dan 120 rpm dengan optical density (OD) $\lambda = 600$ nm.....	49
Gambar 4. 6 Grafik Biomassa dan Aktivitas Enzim Isolat Bakteri L2.....	51
Gambar 4. 7 Grafik Biomassa dan Aktivitas Enzim Isolat Bakteri L4.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	70
Lampiran 2. Dokumentasi Tumbuhan Jagung (<i>Zea mays</i>)	73
Lampiran 3. Dokumentasi <i>Pre-treatment</i> Tongkol Jagung dan Delignifikasi.....	74
Lampiran 4. Protokol Pembuatan Reagen Dan Media.....	76
Lampiran 5. Pengenceran Cawan Sebar Bakteri Asal <i>Leachate</i>	82
Lampiran 6. Karakteristik Morfologi, Pewarnaan dan Biokimia Bakteri L2 dan L4	83
Lampiran 7. Kurva Tumbuh Bakteri L2 dan L4	97
Lampiran 8. Kurva Standar Glukosa Menggunakan Pereaksi Dns (3,5- <i>Dinitrosalicylic Acid</i>).....	98
Lampiran 9. Dokumentasi Enzim Selulase Yang Dihasilkan Oleh Bakteri L2 Dan L4 Menggunakan Reagen DNS	101
Lampiran 10. Biomassa Bakteri L2 dan L4 Selama Proses Fermentasi	103
Lampiran 11. Pengukuran Gula Pereduksi	104
Lampiran 12. Pengukuran Aktivitas Enzim Selulase	105
Lampiran 13. Analisis Statistik dengan Software Ibm Spss 27 For Windows	106
Lampiran 14. Dokumentasi Kegiatan	111

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S. Z., Riaz, M., Ramzan, N., Zahid, M. T., Shakoori, F. R., dan Rafatullah, M. (2014). Isolation and characterization of arsenic resistant bacteria from wastewater. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45, 1309-1315.
- Allinya, P. (2019). *Optimasi Aktivitas Enzim Selulase Ekstrak Kasar Oleh Isolat Bakteri Selulolitik T3 dan T4 Dari Saluran Pencernaan Rayap Cryptotermes Sp. Menggunakan Media Serbuk Jerami Padi (Oryza sativa, Linn)* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Alonso, D.M., Stephanie G.W., dan James A.D. (2012). Bimetallic Catalysts for Upgrading of Biomass to Fuels and Chemicals. *Royal Society of Chemistry*. London.
- Anand, P. A. A., Vennison, S. J., Sankar, S. G., Gilwax Prabhu, D. I., Vasani, P. T., Raghuraman, T., dan Vendan, S. E. (2010). 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(1), 107.
- Andriani, H. dan Audina, M. (2022). Analisis Kadar Rhodamin B Pada Gula Kapas Dan Arbanat Dengan Spektrofotometri Uv-Vis Di Kota Banjarmasin. *Sains Medisina*, 1(1), 33-41.
- Apriani, K., Haryani, Y., dan Kartika, G. (2014). *Produksi dan Uji Aktivitas Selulase dari Isolat Bakteri Selulolitik Sungai Indragari*. JOM FMIPA, 1(2):261-267
- Argo, Bambang Dwi., Hendrawan, Yusuf., Maharani, Dewi Maya., Putranto, Angky Wahyu, dan Winarsih, Sri. (2016). The Effect of Microwave NaOH Pretreatment and Hydrolysis Enzyme Using Trichoderma reesei-Aspergillus niger on Rice Straw Bioethanol Production. *Journal Advanced Science Engineering Information Technology*. 6(1): 20-26
- Arifin, Z., Gunam, I. B. W., Antara, N. S., dan Setiyo, Y. (2019). Isolasi bakteri selulolitik pendegradasi selulosa dari kompos. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri ISSN*, 2503, 488X.
- Aryal, Sagar. (2018). *Biochemical Test*. [Online] Diakses dari : <https://microbiologyinfo.com/category/biochemical-test/>
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Produksi Jagung Provinsi Jawa barat menurut Kabupaten/Kota (Ton)*. Jawa Barat. Tersedia di : <http://www.bps.go.id/>.

- Badan Pusat Statistik. (2021). *Analisis Produktivitas Jagung dan Kedelai di Indonesia 2020* (Hasil Survei Ubinan) (BPS RI-BPS Statistic Indonesia, Ed.). Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Baehaki, Ace., Rinto., dan Arief Budiman. (2011). Isolasi dan Karakterisasi Protease dari Bakteri Tanah Rawa Indralaya Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. (12) 1: 37-42.
- Baharuddin, M., Abdul, R. P., Ahyar, A., dan Nursiah, L. N. (2014). Aktivitas Enzim Selulase Kasar dari Isolat Bakteri Larva *Cossus cossus* dalam Hidrolisis Jerami Padi. *Jurnal Kimia Valensi*, 4 (2), 128-133.
- Basymeleh, S. (2009). *Pengaruh jenis hijauan pakan dan lama penyimpanan terhadap sifat fisik wafer*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Bentubo, H. D. L., dan O. F. Gompertz. (2014). Effects of temperature and incubation time on the in vitro expression of proteases, phospholipases, lipases and DNases by different species of Trichosporon. *Springer Plus*. 3(1) : 1-10. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-37>
- Brenner, Don J., Krieg, Noel R., dan Staley, James T. (2005). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Second Edition Volume Two*. United States: Springer
- Cappuccino, J. G. dan Natalie S. (2014). *Microbiology: A Laboratory Manual-10th ed*. New York: Pearson.
- Co, R. dan Hug, L. A. (2021). Prediction, enrichment and isolation identify a responsive, competitive community of cellulolytic microorganisms from a municipal landfill. *FEMS microbiology ecology*, 97(5), fiab065.
- Collins, L., Alvarez, D., dan Chauhan, A. (2014). Phycoremediation coupled with generation of value-added products. *Microbial Biodegradation and Bioremediation* (pp. 341-387). Elsevier.
- Dahlan A., Wahyuni S., dan Ansharullah. (2017). Morfologi dan Karakterisasi Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat (UM 1.3a). *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*; 2(4): 657-663.
- Darojati, H. A. (2017). Prospek Pengembangan Teknologi Radiasi sebagai Perlakuan Pendahuluan Biomassa Lignoselulosa. *Jurnal Forum Nuklir*, 11, 71–80
- Dewi, P. dan Kusmiyati. (2016). *Fisiologi tanaman budidaya*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Efendi, V. O. dan Efendi, Y. (2013). *Mikrobiologi Hasil Perikanan*. Bung Hatta University Press. Padang.

- Fahrudin, F., Haedar, N. H. N., dan Tuwo, M. (2020). Potensi Bakteri Dari Limbah Kotoran Ternak Dalam Mendegradasi Selulosa. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 11(1).
- Furqonita, A., Aritonang, A. B., dan Wibowo, M. A. (2021). Sintesis Tio₂ Terdoping Bi³⁺ Dan Uji Aktivitas Fotokatalisis Antibakteri E. Coli Dengan Bantuan Sinar Tampak (Synthesis Of Bi³⁺ Doped Tio₂ And Photocatalysis Activity Test Of E. Coli Antibacteria Under Visible Irradiation). *Indonesian Journal Of Pure And Applied Chemistry*, 4(2), 69-80.
- Gunam, I. B. W., Buda, K., dan Guna, I. M. Y. S. (2010). Pengaruh perlakuan delignifikasi dengan larutan NaOH dan konsentrasi substrat jerami padi terhadap produksi enzim selulase dari aspergillus niger NRRL A-II, 264.
- Hamdiyati, Y. dan Kusnadi. (2018). *Petunjuk Praktikum Mikrobiologi*. Departemen Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika IPA. Univeristas Pendidikan Indonesia.
- Hasanah, N. dan Iwan S. (2015). Aktivitas Selulase Isolat Jamur dari Limbah Media Tanam Jamur Merang. *Jurnal Prosedum Seminar Masyarakat Biodiv Indonesia*. Vol. 1(5): 1110-1115.
- Hasibuan, B.E. (2009). *Pupuk dan Pemupukan*. Medan. I. B. Gundam, K. Buda and I. M. Y. S. Guna, “Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan Larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami. Sumatra: Universitas Sumatra Utara Press.
- Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T. C., Suparno, O., dan Prasetya, B. (2010). Pemanfaatan biomassa lignoselulosa ampas tebu untuk produksi bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4), 121-130.
- Indah Sari, N. (2018). *Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Tanah Di 22 Kecamatan Pattallasang Kabupaten Gowa* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negri Alauddin Makassar).
- Indariani, F. (2018). *Karakteristik Arang Aktif Tongkol Jagung (Zea Mays Linn) Dengan Penambahan Asam Fosfat (H₃PO₄) Pada Beberapa Variasi Suhu Aktivasi* (Doctoral dissertation, Universitas Mataram)
- Irawati, Rosyida. (2016). *Karakterisasi pH, Suhu dan Konsentrasi substrat Pada Enzim Selulase Kasar yang Diproduksi oleh Bacillus circulans*. [Skripsi]. Fakultas Sains dan Teknologi Uin Maulana Malik Ibrahim. Malang
- Istiqomah, A. (2019). *Optimasi Produksi Enzim Selulase Ekstrak Kasar Oleh Konsorsium Bakteri Selulolitik R3-1, R4-3, Dan R7-3 Dari Saluran Pencernaan Rayap Cryptotermes Sp. Menggunakan Media Serbuk Jerami Padi (Oryza sativa Linn)* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).

- Wang, J., Ding, M., Li, Y. H., Chen, Q. X., Xu, G. J., dan Zhao, F. K. (2003). Isolation of a multi-functional endogenous cellulase gene from mollusc, *Ampullaria crosseana*. *Sheng wu hua xue yu Sheng wu wu li xue bao Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 35(10), 941-946.
- Julya, F. (2022). *Seleksi Isolat Cendawan dari Limbah Serasah Tegakan Jati (Tectona grandis) Penghasil Enzim Selulase dan Pektinase*. Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin.
- Kirana, Pradita. (2012). *Pengaruh Konsentrasi dan Frekuensi Pemberian Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Jamur Tiram (Pleurotus ostreatus)*. [Online] Diakses dari : [Http://Biologi.Fst.Unair.Ac.Id/WpContent/Uploads/2012/04/Jurnal-PraditaKirana.Pdf](http://Biologi.Fst.Unair.Ac.Id/WpContent/Uploads/2012/04/Jurnal-PraditaKirana.Pdf)
- Krisno, A. (2011). *Teknik membuat biakan murni*. (online). (Available from: <https://aguskrisnoblog.wordpress.com/2011/01/14/teknik-membuatbiakan-murni/>., diakses tanggal 21 Juli 2023).
- Kucharska, K., Rybarczyk, P., Hołowacz, I., Łukajtis, R., Glinka, M., dan Kamiński, M. (2018). Pretreatment of lignocellulosic materials as substrates for fermentation processes. *Molecules*, 23(11), 2937.
- Kumar, G. S., Chandra, M. S., Sumanth, M., Vishnupriya, A., Reddy, B. R., dan Choi, Y. L. (2009). Cellulolytic enzymes production from submerged fermentation of different substrates by newly isolated *Bacillus* spp. *FME. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 52, 17-21.
- Kurniawan, A., Sari, S. P., Asriani, E., Kurniawan, A., Sambah, A. B., Triswiyana, I., dan Prihanto, A. A. (2018). Bakteri selulolitik mangrove.
- Kurniawan, E. *et al.* (2019). *Utilization Of Cocopeat And Goat Of Dirt In Marking Of Solid Organik Fertilizer To Quality Macro Nutrient (NPK)*. IOP Conf. Series : *Materials Science and Engeneering*, Doi: 10.1088/1757-8999X/543/1/012001.
- Ladeira, S.A., Cruz, E., Delatorre, A.B., Barbosa, J.B., dan Martins, M.L.L. (2015). Cellulase production by thermophilic *Bacillus* sp. SMIA-2 and its detergent compatibility. *Electronic Journal of Biotechnology*, 18: 110–115.
- Lizayana, M. dan Iswandi. (2016). Densitas Bakteri Pada Limbah Cair Pasar Tradisional. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*. 1(1):95-106 23.
- Lumunon, E. I., Riogilang, H., dan Supit, C. J. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kiniar Di Kota Tondano. *TEKNO*, 19(77).

- Mahmudah, R., Baharuddin, M., dan Sappewali, S. (2016). Identifikasi Isolat Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Lejja, Kabupaten Soppeng. *Al-Kimia*, 4(1), 31-42.
- Mango, M. E., Blümmel, M., Mtenga, L. A., dan Becker, K. (2004). Influence of maize age on the chemical composition and in vitro digestibility of corn stover. *Animal Feed Science and Technology*, 114(1-4), 319-327.
- Meryandini, A., Mubarik, N. R., dan Sunarti, T. C. (2009). Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya. *Jurnal Makara Sains*. 13(1): 33-38.
- Moody, C.M., dan Townsend, T.G, (2017). *A comparison of landfill leachates based on waste composition*. *Waste Manag.* 63, 267 -274.
- More, Ajay. (2019). *Cellulase (CAS 9012-54-8) Market 2019 Global Industry Size, Share, Business Growth, Revenue, Trends, Global Market Demand Penetration and Forecast to 2024* | 360 Market updates.
- Mulyadi, M., Wuryanti, W., dan Sarjono, P. R. (2017). Konsentrasi hambat minimum (KHM) kadar sampel alang-alang (*Imperata cylindrica*) dalam etanol melalui metode difusi cakram. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(3), 130-135.
- Murtiyaningsih, H. dan Hazmi, M. (2017). Isolasi dan uji aktivitas enzim selulase pada bakteri selulolitik asal tanah sampah. *Agrotrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian. Journal of Agricultural Science*. 15(2).
- Napitupulu R. J. (2018). *E-Learning Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan*. Retrieved from <http://www.pusdik.kkp.go.id/elearning/index.php/modul/read/181219-012810kurva-c-pertumbuhan-cjasad-c-renik>
- Nishida, I. N., Redhana, I.W., dan Ristiati, N. P. (2007). Isolasi Enzim Lipase Termostabil Dari Bakteri Termofilik Isolat Air Panas Banyuwedang Kecamatan Gerogak, Buleleng Bali. *Akta Kimindo*, 2(2), 109-112.
- Niswah, Lukluatun. (2014). *Uji aktivitas Antibakteri Dari Ekstrak Buah Parijoto (Medinilla speciosa Blume) Menggunakan Metode Difusi Cakram*. [Skripsi]. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Omoniyi, O., Okwa, O. A., Junaid, O. O., Ikuoye, I. O., dan Oyebola, A. (2016). Sustainable solid waste management: isolation of cellulolytic microorganisms from dumpsites in Lagos, Southwest Nigeria. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 5(11), 842-853.
- Orta, L.T., Monje, R.I., Rojas, V.N., Sánchez, G.J., Kiss, G., dan Cruz, R.R. (1999) *Control Ambiental del Relleno Sanitario de Nuevo Laredo, Tamaulipas (in*

- Spanish*). Final Report prepared for ICA-SETASA by the II-UNAM. Appendices I and II.
- Pelczar, M. J., & Chan, E. C. S. (2010). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, Jilid 1, Penerjemah: Hadioetomo, RS.
- Phong, huynh Xuan., Le Thi Lin., Nguyen Ngoc Thanh., Bui Hoang Dang Lang., dan Ngo Thi Phuong Dung. (2017). Investigating The Condition Nata-de-Coco Production by Newly Isolated *Acetobacter* sp. *Jurnal Food Science and Nutrition*. 4(1): 1-6.
- Poedjiadi, A. dan Supriyanti, T. (2006). *Dasar-Dasar Biokimia Edisi Revisi*. Jakarta : UI-Press.
- Prastika, E. Z. (2018). Pengaruh konsentrasi substrat dan lama waktu inkubasi terhadap aktivitas enzim Protease yang diproduksi oleh *Bacillus subtilis* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim)
- Pratiwi, S. T. (2008). *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta: Erlangga.
- Pratiwi, Y. H., Ratyani, 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): 134-138
- Prihatiningrum, A. (2002). Pengaruh Pengaturan Suhu dan Macam Bakteri Terhadap Hidrolisis Limbah Padat Pabrik Gula. *Berkala Penelitian Hayati*. Penerbit PBI. Jawa Timur.
- Putri M. H., Sukini, dan Yodong. (2017). *Mikrobiologi*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Putri, Syarafina. (2016). *Karakterisasi Enzim Selulase Yang Dihasilkan Oleh Lactobacillus Plantarum Pada Variasi Suhu, pH Dan Konsentrasi Substrat*. Skripsi. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Radtra, A. H. A. dan Sigit, U. (2021). Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays*) Dengan Penambahan Filler Kalsium Silikat dan Kalsium Karbonat. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 427–435. Retrieved from <http://distilat.polinema.ac.id>.
- Rao, N. S. (1994). *Mikroba Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Edisi Kedua*. Jakarta: UI-PRESS.

- Ratu, Safitri. (2018). *Hidrolisis Empulur Sagu (Metroxylon Sagu Rottb) Dengan HCL Untuk Meningkatkan Efektifitas Hidrolisis Kimiawi*. 37 24 UNPAD Bandung.
- Razak, R. (2015). *Analisis manfaat ekonomi dan strategi pengembangan unit pengelolaan sampah organik (UPS) di kota Depok*. (Skripsi), IPB University, Bogor. Retrieved from <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/83091>
- Riadi, M. (2018). *Struktur, Jenis, Sifat, dan Sumber Selulosa*. Diakses dari <https://www.kajianpustaka.com/2018/10/struktur-jenis-sifat-dan-sumber-selulosa.html>
- Rosyada, N. (2015). *Isolasi Bakteri Asam Laktat dengan Aktivitas Selulolitik pada Saluran Pencernaan Mentok (Cairina moshata)*. [Skripsi]. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Rudiansyah, D., Rahmawati., dan Rafdinal. (2017). Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Tanah Hutan Mangrove Peniti, Kecamatan Segedong, Kabupaten Mempawah. *Jurnal Protoniont*. 6(3): 255-262.
- Sadhu, S. dan Tushar, K. (2013). Cellulase Production by Bacteria: A Review. *J. British Microbiology Research*. 3(3): 253-258.
- Safria, P. dan Perdana, A. (2022). Evaluasi dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Leachate di TPK Sarimukti. *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(1), 11-22.
- Sari, E. K. dan Lucyana, L. (2021). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Lindi Di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) Simpang Kandis Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Deformasi*, 6(1), 33-41.
- Septiani, W. N. (2019). *Optimasi Produksi Enzim Selulase Ekstrak Kasar oleh Isolat Bakteri Selulolitik R3-1 dari Saluran Pencernaan Rayap Cryptotermes Sp. Menggunakan Media Serbuk Jerami Padi (Oryza sativa, Linn.)* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Shahid, Z. H., Muhammad I., Muhammad N., Quratulain S., dan Javed I. Q. (2016). Production, Purification and Characterization of Carboxymethyl Cellulase from Novel Strain Bacillus megaterium. *Journal Environmental Progress and Sustainable Energy*. 1-9. doi:<https://doi.org/10.1002/ep.12398>
- Sharah A., Karnila R., dan Desmelati. (2015). *Pembuatan kurva pertumbuhan bakteri asam laktat yang di isolasi dari ikan peda kembung (Rastrelliger sp.)*. JOM; 2(2): 1-8.

- 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.
- Simanullang, A. F., Sijabat, A., dan Hasanah, M. (2021). Karakterisasi Sifat Fisik Papan Partikel Limbah Tongkol Jagung Dengan Resin Epoxy Isosianat. *Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 5(1), 82–87.
- Sinaga, R. E. (2013). *Karakterisasi Enzim Selulase Dan Aplikasinya Pada Substrat Limbah Pertanian* (Doctoral dissertation, tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Soeka, Y. S., Suharna, N., Triana, E., dan Yulinery, T. (2019). Characterization of cellulase enzyme produced by two selected strains of *Streptomyces macrosporeus* isolated from soil in Indonesia. *Makara Journal of Science*, 65-71.
- Sosiati, H., Wahyono, T., Azhar, A. R., dan Fatwaeni, Y. N. (2021). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung untuk Makanan Ternak 25 Bernutrisi. *Community Empowerment*, 6(4), 656–661. <https://doi.org/10.31603/ce.4570>
- Sreedevi, S., Sajith, S., dan Sailas, B. (2013). Cellulose Producing Bacteria from the Wood-Yards on Kallai River Bank. *Journal Advances in Microbiology*. (3): 326-332. doi: 10.4236/aim.2013.34046.
- Suhartono, M. T. (1989). *Enzim dan Bioteknologi*. Bogor: IPB
- Sulistyowati, E., Salirawati, D., dan Amanatie. (2016). Karakterisasi Beberapa Ion Logam Terhadap Aktivitas Enzim Tripsin. *Jurnal Penelitian Saintek*. (21) 2: 107-120.
- Suryani, E. N. dan Gohan, O. M. (2016). *Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Pakan Ternak Ruminansia*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Tandon, Ghanshyam. (2014). Bioproducts from Residual Lignocellulosic Biomass. *Journal Bioproducts from Agrowaste*. 2: 53-73.
- Tankeshwar. (2016). *Nutrient agar: Composition, Preparation and Uses*. [Online]. Diakses dari : <https://microbeonline.com/nutrient-agar-composition-preparation-uses/>
- Tjitrosoepomo, Gembong. (1989). *Morfologi Tumbuhan*. Universitas Gajah Mada, Press. Yogyakarta.
- Tomas, M., Josef P., Petra O., dan Igor B. (2010). *The Using of Enzymes for Degradation of Cellulose Substrate for The Production of Biogas*. Department of Environmental Engineering, Institute of Chemical and

Environmental Engineering, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinskeho, Bratislava, Slovak Republic.

- Van der Voort, M. G. A., Van der Voort, H., dan de Jong, G. (2006). Calibration curves: Basics and applications. *Journal of Chromatography A*, 1112(1-2), 3-16.
- Wahyuni, S., Yunilas., Mirwandhono, E., Tafsir, M., dan Sembiring, I. (2018). Isolation and Characteristics of Cellulolytic Bacteria Based on Corn Waste as a Fibrous Feed Bioactivator. *Journal Universitas Sumatera Utara*. 1809-1814
- Wahyuningsih, N., dan Zulaika, E. (2019). Perbandingan pertumbuhan bakteri selulolitik pada media nutrient broth dan carboxy methyl cellulose. *Jurnal sains dan Seni ITS*, 7(2), 36-38.
- Waluyo, L. (2007). *Mikrobiologi Umum*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Whittaker, J. R. (1994). *Principle of Enzymology for The Food Science Second Edition*. New York: Marcel Decker.
- Wijayanti, K., Wulandari, N., Sevira, D. I. I., Fridianyah, A., dan Mariyati, Y. (2021). Pemberdayaan Home Industri Utami Bersama PKK Mawar dalam Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Produk Nata De Soya Sebagai Usaha Konservasi di Dusun Jligudan Borobudur. *Community Empowerment*, 6(2), 223–229. <https://doi.org/10.31603/ce.4268>
- Yunilas, M. P. (2017). *Penuntun Praktikum Mikrobiologi Peternakan*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Zhang, X. Z., dan Zhang, Y. H. P. (2013). Cellulases: characteristics, sources, production, and applications. *Bioprocessing technologies in biorefinery for sustainable production of fuels, chemicals, and polymers*, 131-146.
- Zusfahair. (2011). Amobilisasi Protease Dari Bacillus sp. BT 1 Menggunakan Poliakrilamida. *Jurnal molekul*, Vol 6 No 2.