

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

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana
Sains Program Studi Biologi



oleh:

Aulia Rachmah

NIM. 1900816

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

LEMBAR HAK CIPTA

**OPTTIMASI PRODUKSI ENZIM OLEH BAKTERI SELULOLITIK
ESCHERICHIA DAN *CELLVIBRIO* ASAL LEACHATE PADA MEDIA
SERBUK TONGKOL JAGUNG (*Zea mays*)**

Oleh:

Aulia Rachmah

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

©Aulia Rachmah
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

AULIA RACHMAH

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

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. Yanti Hamdiyati, M.Si.
NIP. 196611031991012001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi FPMIPA UPI



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

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Optimasi Produksi Enzim Selulase oleh Bakteri Selulolitik *Escherichia* dan *Cellvibrio* 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,

Aulia Rachmah

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, hidayah, dan rahmat-Nya, penulis berhasil menyelesaikan skripsi dengan judul "Optimasi Produksi Enzim Selulase oleh Bakteri Selulolitik *Escherichia* dan *Cellvibrio* Asal *Leachate* pada Media Serbuk Tongkol Jagung (*Zea Mays*)". Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua penulis, Bapak Imam dan Ibu Ina, serta kakak penulis, Dhimas, yang memberikan perhatian, kasih sayang, semangat, dan doa yang tiada henti untuk kelancaran dan keberhasilan penelitian skripsi ini. Penulis juga ingin mengakui dukungan dari berbagai pihak yang tak terelakkan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Kepada Ibu Dr. Hj. Peristiwa, M.Kes. selaku pembimbing yang selalu memberikan arahan, bimbingan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kepada Ibu Dr. Yanti Hamdiyati, M.Si. selaku pembimbing yang selalu memberikan arahan, bimbingan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Kepada Bapak Dr. H. Wahyu Surakusumah, M.T. selaku ketua Program Studi Biologi yang telah memberikan dukungan dan bimbingan pada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Kepada Ibu **Prof. Dr. Hj. RR. Hertien Koosbandiah S., M.Sc.** selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan dukungan dan bimbingan pada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kepada segenap dosen Prodi Biologi yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulis hingga dapat menunjang dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Kepada seluruh PLP yang selalu membantu dalam memberikan ilmu dan fasilitas pada penulis hingga dapat menunjang dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Kepada seluruh staf akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulis hingga dapat menunjang dalam menyelesaikan skripsi ini.

8. Kepada sahabat sekaligus rekan penelitian Zara dan Wasni yang selalu memberi masukan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Kepada sahabat-sahabat saya: Drania, Rajib, Hilma, Zahra, Asty, Hanna, Naya, Adillah, dan Febby, yang selalu memberi perhatian dan semangat kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Kepada sahabat-sahabat saya: Raisya, Ivan, dan Putra yang selalu memberi dukungan dan semangat kepada penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
11. Kepada teman-teman seperjuangan di angkatan Biologi 2019 yang selalu memberi semangat dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT selalu membalas segala kebaikan yang telah diberikan. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat, khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Bandung, Agustus 2023

Penulis

Aulia Rachmah

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

ABSTRAK

Salah satu enzim komersial yang sangat populer di pasar internasional adalah enzim selulase. Enzim selulase dapat menghidrolis substrat selulosa yang mana banyak ditemukan di limbah tongkol jagung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menetapkan masa inkubasi yang ideal bagi bakteri penghasil enzim selulase yang menghidrolisis selulosa. Bakteri selulolitik diisolasi dari *leachate* Pasar Tradisional Gegerkalong pada media agar *Carboxymethylcellulose* (CMC) dengan indikasi zona bening di sekitar koloni bakteri yang berkembang, dipilih bakteri selulolitik yang diisolasi dari *leachate*. Bakteri selulolitik hasil seleksi dari *leachate* yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah dua bakteri dengan genus yang berbeda. Bakteri selulolitik terpilih diidentifikasi dengan cara morfologi, biokimia, lalu menggunakan buku *Bergery's Manual Identification* untuk penentuan genus bakteri. Tongkol jagung berasal dari perkebunan Desa Karangmangu, Kabupaten Kuningan yang sudah dijadikan serbuk lalu dilakukan delignifikasi terlebih dahulu. Teknik *Submerged Fermentation* (SmF) digunakan untuk proses produksi enzim selulase. Variasi waktu inkubasi yang dilakukan yaitu 0, 24, 48, 72, 96, dan 120 jam dengan parameter yang diamati yaitu biomassa bakteri, konsentrasi gula pereduksi, serta aktivitas enzim selulase. Aktivitas enzim selulase diukur dengan perhitungan gula pereduksi menggunakan metode *Dinitrosalisilic Acid* (DNS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri merupakan bakteri dengan genus *Escherichia* dan *Cellvibrio*. Bakteri *Escherichia* memiliki aktivitas enzim selulase optimum pada waktu inkubasi 72 jam dengan nilai sebesar 4,193 U/mL, sedangkan bakteri *Cellvibrio* memiliki aktivitas enzim selulase optimum pada waktu inkubasi 48 jam dengan nilai sebesar 2,546 U/mL.

Kata Kunci: enzim selulase, tongkol jagung, bakteri selulolitik, cairan sampah, media SmF

***Optimization Of Cellulase Enzyme Production By Cellulolytic Bacteria
Escherichia and Cellvibrio from Leachate On Corn Cob Powder Media (Zea
mays)***

ABSTRACT

One of the most popular commercial enzymes in the international market is the cellulase enzyme. Cellulase enzymes can hydrolyze cellulose substrates which are mostly found in corncob waste. The purpose of this research is to determine the ideal incubation period for bacteria that produce cellulase enzymes that hydrolyze cellulose. Cellulolytic bacteria were isolated from Gegerkalong Traditional Market leachate on Carboxymethylcellulose (CMC) agar media with indications of clear zones around growing bacterial colonies, selected cellulolytic bacteria isolated from leachate. Cellulolytic bacteria as a result of selection from leachate used in this study amounted to two bacteria with different genera. Selected cellulolytic bacteria were identified by means of morphology, biochemistry, and then using Bergery's Manual Identification to determine the genus of bacteria. Corn cobs come from a plantation in Karangmangu Village, Kuningan Regency which has been made into powder and then delignified first. The Submerged Fermentation (SmF) technique is used for the cellulase enzyme production process. Variations in incubation time were carried out, namely 0, 24, 48, 72, 96, and 120 hours with the observed parameters, namely bacterial biomass, reducing sugar concentration, and cellulase enzyme activity. Cellulase enzyme activity was measured by calculating reducing sugars using the Dinitrosalisilic Acid (DNS) method. The results showed that the bacteria belonged to the genera Escherichia and Cellvibrio. Escherichia bacteria had optimum cellulase enzyme activity at 72 hours of incubation time with a value of 4.193 U/mL, while Cellvibrio bacteria had optimum cellulase enzyme activity at 48 hours of incubation time with a value of 2.546 U/mL.

Keywords: *cellulase enzymes, corncobs, cellulolytic bacteria, leachate, SmF media*

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| LEMBAR HAK CIPTA..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| 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. Asumsi | 5 |
| 1.8. Hipotesis | 6 |
| 1.9. Struktur Organisasi | 6 |
| BAB II Produksi Enzim Selulase oleh Bakteri Selulolitik pada Substrat Tongkol Jagung Melalui Teknik Submerged Fermentation (SmF)..... | 7 |
| 2.1. Enzim Selulase..... | 7 |
| 2.1.1. Aktivitas Enzim Selulase | 9 |
| 2.1.2. Kegunaan Enzim Selulase..... | 11 |
| 2.2. Cairan Sampah (Leachate) | 12 |
| 2.3. Bakteri Selulolitik | 14 |
| 2.4. Tongkol Jagung (<i>Zea mays</i>)..... | 16 |
| 2.5. Selulosa | 18 |
| 2.6. Lignoselulosa | 20 |
| 2.7. Pretreatment Tongkol Jagung | 21 |
| 2.8. SmF (Submerged Fermentation)..... | 22 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 24 |
| 3.1. Jenis Penelitian..... | 24 |
| 3.2. Desain Penelitian | 24 |
| 3.3. Waktu dan Lokasi Penelitian | 24 |
| 3.4. Populasi Penelitian | 24 |
| 3.5. Prosedur Penelitian | 25 |
| 3.5.1. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian | 25 |
| 3.5.2. Pengambilan Sampel..... | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5.3. Isolasi Bakteri | 26 |
| 3.5.4. Pembiakan Isolat Bakteri | 26 |
| 3.5.5. Seleksi Bakteri Selulolitik pada Media CMC Agar | 27 |
| 3.5.6. Identifikasi Bakteri Selulolitik..... | 27 |
| 3.5.7. Pembuatan Kurva Tumbuh Bakteri Selulolitik..... | 30 |
| 3.5.8. Pre-treatment Tongkol Jagung dan Delignifikasi | 31 |
| 3.5.9. Produksi Enzim Secara Submerged Fermentation (SmF) | 31 |
| 3.5.10. Pembuatan Larutan Standar Glukosa..... | 32 |
| 3.5.11. Pembuatan Kurva Standar Glukosa | 32 |
| 3.5.12. Pengukuran Parameter | 33 |
| 3.6. Analisis Data | 33 |
| 3.7. Alur Penelitian | 34 |
| BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN | 37 |
| 4.1. Isolasi Bakteri Dari Cairan Sampah (Leachate)..... | 37 |
| 4.2. Karakteristik Isolat Bakteri Selulolitik pada Medium CMC | 39 |
| 4.3. Identifikasi Bakteri Selulolitik T1 dan T2 | 41 |
| 4.4. Pengukuran Kurva Tumbuh Bakteri T1 dan T2 | 43 |
| 4.5. Konsentrasi Gula Pereduksi dan Aktivitas Enzim Selulase..... | 45 |
| 4.6. Pengaruh Biomassa Terhadap Aktivitas Enzim Selulase | 51 |
| BAB V SIMPULAN DAN REKOMENDASI..... | 54 |
| 5.1. Simpulan | 54 |
| 5.2. Implikasi | 54 |
| 5.3. Rekomendasi..... | 54 |
| DAFTAR PUSTAKA | 55 |
| LAMPIRAN..... | 65 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Morfologi Koloni Bakteri Asal Cairan Sampah | 37 |
| Tabel 4.2 Indeks Selulolitik Bakteri Hasil Isolasi dari Cairan Sampah..... | 39 |
| Tabel 4.3 Karakteristik Morfologi dan Biokimia Bakteri T1 dan T2 | 40 |
| Tabel 4.4 Hubungan Gula Pereduksi dengan Aktivitas Enzim Selulase | 46 |
| Tabel 4.5 Hasil Uji Statistik Post Hoc Bakteri T1 | 49 |
| Tabel 4.6 Hasil Uji Statistik Post Hoc Bakteri T2 | 49 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Tumbuhan Jagung (<i>Zea mays</i>) | 17 |
| Gambar 2.2 Tongkol Jagung | 17 |
| Gambar 2.3 Struktur Kimia Rantai Selulosa..... | 19 |
| Gambar 2.4 Mekanisme Hidrolisis Selulosa oleh Enzim | 20 |
| Gambar 3.1 Alur Penelitian..... | 34 |
| Gambar 3.2 Alur Kerja Isolasi dan Identifikasi Bakteri | 34 |
| Gambar 3.3 Alur Kerja Pre-Treatment Tongkol Jagung..... | 35 |
| Gambar 3.4 Alur Kerja Optimasi Enzim Selulase | 35 |
| Gambar 4.1 Koloni Bakteri yang Diisolasi Dari Cairan Sampah (Leachate) | 37 |
| Gambar 4.2 Kurva Perumbuhan Bakteri; a: Bakteri T1; b: Bakteri T2 | 43 |
| Gambar 4.3 Perubahan Warna Pada Sampel Uji Aktivitas Enzim Selulase; a: Bakteri T1, b: Bakteri T2 | 45 |
| Gambar 4.4 Nilai Aktivitas Enzim Selulase Bakteri T1 dan T2 Selama Inkubasi | 47 |
| Gambar 4.5 Biomassa Terhadap Nilai Aktivitas Enzim Selulase T1 | 51 |
| Gambar 4.6 Biomassa Terhadap Nilai Aktivitas Enzim Selulase T2 | 51 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1 Daftar Alat dan Bahan Penelitian | 65 |
| Lampiran 2 Pengambilan Sampel Cairan Sampah (Leachate)..... | 68 |
| Lampiran 3 Dokumentasi Zona Bening Isolat Bakteri pada Media CMC Agar... 69 | |
| Lampiran 4 Karakteristik Morfologi dan Biokimia Bakteri T1 dan T2..... | 70 |
| Lampiran 5 Kurva Tumbuh Bakteri <i>Escherichia</i> dan <i>Cellvibrio</i> | 81 |
| Lampiran 6 Prrtreatment Tongkol Jagung..... | 83 |
| Lampiran 7 Kurva Standar Glukosa Menggunakan Pereaksi DNS (3,5- Dinitrosalicylic Acid)..... | 84 |
| Lampiran 8 Dokumentasi Gula Pereduksi yang Dihasilkan Oleh Bakteri T1 dan T2 Menggunakan Reagen DNS..... | 87 |
| Lampiran 9 Optical Density Bakteri T1 dan T2 Selama Proses Fermentasi..... | 89 |
| Lampiran 10 Pengukuran Gula Pereduksi dan Aktivitas Enzim Selulase | 90 |
| Lampiran 11 Analisis Statistik dengan Software IBM SPSS 27 for Windows..... | 92 |

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A., & Bibi, A. (2018). Fungal cellulase; production and applications: minireview. *Int. J. Health Life Sci*, 4(1), 19-36.
- Akhdiya, A. (2003). Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease Alkalin Termotabil. *Buletin Plasma Nutfah*. 9(2), 38-39.
- Aidul, A. (2022). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Termofilik Penghasil Enzim Xantin Oksidase Dari Sumber Air Panas Panggo Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan (Doctoral dissertation). Universitas Hasanuddin.
- Allinya, P. (2019). Optimasi Aktivitas Enzim Selulase Ekstrak Kasar Oleh Isolat Bakteri Selulolitik R4-3 Dari Saluran Pencernaan Rayap *Cryptotermes sp.* Menggunakan Media Serbuk Jerami Padi (*Oryza sativa*, Linn) (Doctoral dissertation). Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ambriyanto, K. (2010). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Aerob Pendegradasi Selulosa dari Serasah Daun Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum schaum*). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Andriani, H., & 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.
- Aryal, S. (2018). Biochemical Test. [Online] Diakses dari: <https://microbiologyinfo.com/category/biochemical-test/>
- Ariyani, S. B., Asmawit, A., & Utomo, P. P. (2014). Optimization of incubation time on cellulase enzyme production using *Aspergillus niger* under solid state fermentation. *Biopropal Industri*, 5(2). 61-67.
- Asrul. (2017). Analisis Efisiensi Pakan Konsentrat Yang Disubstitusi Tongkol Jagung. (Skripsi). Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Awatashi, M., Kaur, J., & Rana, S. (2013). Bioetanol Production Through Water Hyacinth Eichornia Crassipes via Optimization of The Pretreatment Condition. *59 International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(3), 42-46.
- Azhar, M. (2016). Biomolekul sel: karbohidrat, protein, dan enzim. Padang: Universitas Negeri Padang Press. 208-210.
- Aziz, P. (2012). Enzim dan Faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Reaksi Enzim. *Addition material for FIK Biochemical Experiment Class*.
- Badan Pusat Statistik. (2015). Produksi Jagung dan Kedelai Menurut Provinsi. 2015. [Online]. Diakses dari: https://www.bps.go.id/indikator/indikator/view_data_pub/0000/api_p

ub/eHNUZGIwSjlsL0lRNjB0c2VhMGowQT09/da_05/1

- Badan Pusat Statistik. (2018). Luas Panen, Produktivitas dan Produksi Jagung Menurut Provinsi. Tersedia di: <https://st2013.bps.go.id/dev2/index.php/site/tabel?search-tabel=Jumlah+Rumah+Tangga%2CLuas+Tanam%2C+dan+Rata-rata+Luas+Tanam+Usaha+Tanaman+Padi+dan+Palawija+menurut+Jenis+Tanaman&tid=66&searchwilayah=Indonesia&wid=0000000000&lang=id>
- Baderna, D., Caloni, F., & Benfenati, E. (2019). Investigating landfill leachate toxicity in vitro: A review of cell models and endpoints. *Environ. Int.* 122, 21–30.
- Bogati, D.R. (2011). Cellulose based on biochemical and their applications. (Tesis). Faculty of Technology, Degree Programme in Paper Technology, Saimaa University of Applied Sciences, Finlandia.
- Cappuccino, James G & Natalie Sherman. (2014). *Microbiology: A Laboratory Manual-10th ed.* New York: Pearson
- Carballa, M., Rigueiro, L., & Lema, J. M. (2015). Microbial management of anaerobic digestion: exploiting the microbiome-functionality nexus. *Current opinion in biotechnology*, 33, 103-111.
- Chen, W., Zhang, A., Gu, Z., Li, Q. (2018). Enhanced degradation of refractory organics in concentrated landfill leachate by Fe⁰/H₂O₂ coupled with microwave irradiation. *Chem. Eng. J.* 354, 680-691.
- Co, R., & 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.
- Costa, A.M., Alfaia, R.G.D.S., & Campos, J.C. (2019) Landfill leachate treatment in Brazil-an overview. *J. Environ. Manage.* 232, 110-116.
- Crueger, W. & A. Crueger. (1984). *Biotechnology A text Book of Industrial Microbiology.* Oxford: Blackwell Scientific Publication. 136.
- Cui, Y.-H., Xue, W.-J., Yang, S.-Q., Tu, J.-L., Guo, X.-L., & Liu, Z.-Q., 2018. Electrochemical/peroxydisulfate/Fe³⁺ treatment of landfill leachate nanofiltration concentrate after ultrafiltration. *Chem. Eng. J.* 353, 208-217
- Dabaghian, Z., Peyravi, M., Jahanshahi, M., & Rad, A.S., 2018. Potential of advanced nano- structured membranes for landfill leachate treatment: a review. *Chembioeng Rev.* 5, 119–138.
- Dar, A. M., Pawar, K. D., Jadhav, J. P., & Pandit, R. S. (2015). Isolation of cellulytic bacteria from the gastrointestinal tract of *Achatina fulica* and

their evaluation form cellulose biodegradation. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 98(15), 73-80.

- Darabzadeh, N., Hamidi-Esfahani, Z., & Hejazi, P. (2019). Optimization of cellulase production under solid-state fermentation by a new mutant strain of *Trichoderma reesei*. *Food science & nutrition*, 7(2), 572-578.
- Dashtban, M., Schraft, H., & Qin, W. (2009). Fungal Bioconversion of Lignocellulosic Residue: Opportunities & Perspectives. *Int. J. Biol. Sci.* 578- 595.
- Dewi, P & Kusmiyati. (2016). Fisiologi tanaman budidaya. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ejiyurshal. (2017). Mengenal Kandungan Kimia Tongkol Jagung Bahan Baku Bioetanol. [Http://ejiyurshal.blogspot.co.id/2017/09/mengenal-kandungankimia-tongkol-jagung.html](http://ejiyurshal.blogspot.co.id/2017/09/mengenal-kandungankimia-tongkol-jagung.html).
- Fachry, A. R., P. Astuti., & T. G. Puspitasari. 2013. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 19.60-69
- Fani, R., R., Montesqrit, M., & Marlida, Y. (2020). Produksi Enzim Selulase Termotabil Dari Bakteri Ng2 Menggunakan Berbagai Sumber Selulosa Asal Limbah Pertanian Dan Perkebunan. *JITP*. 8(2), Juli. 64-72.
- Fitria, L. (2021). *Isolasi bakteri selulolitik dari bekatul dan uji aktivitas enzim selulase dengan variasi suhu inkubasi* (Doctoral dissertation). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Fun, L. T., Lee, Y. H., & Gharpuray, M. M. (1982). The nature of lignocellulosics and their pretreatment for enzymatic hydrolysis. *Adv. Biochem. Eng*, 23, 158-187.
- Gu, Z., Feng, K., Li, Y., & Li, Q. (2022). Microbial characteristics of the leachate contaminated soil of an informal landfill site. *Chemosphere*, 287, 132155.
- Gunam, I.B.W & Antara, N.S. (1999). Study on Sodium Hydroxide Treatment of Corn Stalk to Increase Its Cellulose Saccharification Enzymatically by Using Culture Filtrate of *Trichoderma reesei*. *Journal Agriculture Technology*. 5(1): 34-38
- Hamdiyati, Y & Kusnadi. (2018). Petunjuk Praktikum Mikrobiologi. Departemen Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika IPA. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Hames, D., & Hooper, N. (2005). *Biochemistry Third Edition*. United Kingdom: Taylor & Francis

- Hasanah, N. (2014). Seleksi dan Optimasi Pemurnian Enzim Selulase Mikroba dari Limbah Media Tanam Jamur Merang. (Skripsi). Bogor: FPMIPA Institut Pertanian Bogor.
- Hossain, M. A., Ahammed, M. A., Sobuj, S. I., Shifat, S. K., & Somadder, P. D. (2021). Cellulase Producing Bacteria Isolation, Screening and Media Optimization from Local Soil Sample. *American Journal of Microbiological Research*, 9(3), 62-74.
- Indah S. N. (2018). *Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Tanah di Kecamatan Pattallasang Kabupaten Gowa* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negri Alauddin Makassar).
- Indariyani, F. (2018). Karakteristik Arang Aktif Tongkol Jagung (*Zea Mays Linn*) Dengan Penambahan Asam Fosfat (H_3PO_4) Pada Beberapa Variasi Suhu Aktivasi (Doctoral dissertation). Universitas Mataram.
- 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.
- Ji W, D. Ming., L. Yan-Hong., C. Qing-Xi., X. Gen-Jun & Z. Fu-Kun. (2003). Isolation Functional Endogenous Cellulase Gene from Mollusc, *Ampullaria crossean*. *Jurnal 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= Selection of Fungi Isolates from Litter Waste of Teak Stands (*Tectona grandis*) Produced Cellulase and Pectinase Enzymes* (Doctoral dissertation). Universitas Hasanuddin.
- Khoirunnisa, S. A., Oetari, A., & Sjamsuridzal, W. (2020). Carboxymethyl cellulose (CMC)-degrading ability of *Rhizopus azygosporus* UICC 539 at various temperatures. In *AIP Conference Proceedings* 2242(1), p. 050024). AIP Publishing LLC.
- Köchling, T.; Sanz, J.L.; Gavazza, S.; & Florencio, L. (2015) Analysis of microbial community structure and composition in leachates from a young landfill by 454 pyrosequencing. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2015, 99, 5657–5668.
- Kodri., Agro B.D., Yulianingsih R. (2013). Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma reseei* dan *Aspergillus niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi dengan Pretreatment Microwave. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 1(1): 36-43.

- Kumar, N. V., Rani, M. E., Gunaseeli, R., & Kannan, N. D. (2018). Paper pulp modification and deinking efficiency of cellulase-xylanase complex from *Escherichia coli* SD5. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111, 289-295.
- Kurniawan, A. Asriani, E. Prihanti, A., A, Kurniawan, A., Sambah, A., B. (2018). *Bakteri Selulolitik Mangrove*. Bangka Belitung: Universitas Bangka Belitung press.
- Kurniawan, E. (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.
- Kurniawati, L., Kusdiyantini, E., & Wijanarka, W. (2019). Pengaruh variasi suhu dan waktu inkubasi terhadap aktivitas enzim selulase dari bakteri *Serratia marcescens*. *Jurnal Akademika Biologi*, 8(1), 1-9.
- Kusnandar, F. (2010). *Kimia pangan Komponen Pangan*. Jakarta: PT. Dian Rakyat.
- Kusumaningrum, A., Gunam, I. B. W., & 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.
- Ladeira, S.A., Cruz, E., Delatorre, A.B., Barbosa, J.B., & Martins, M.L.L. (2015). Cellulase production by thermophilic *Bacillus* sp. SMIA-2 and its detergent compatibility. *Electronic Journal of Biotechnology*, 18: 110–115.
- Lee, H. V., Hamid, S. B. A., & Zain, S. K. (2014). Conversion of lignocellulosic biomass to nanocellulose: structure and chemical process. *The Scientific World Journal*, 2014:6
- Lehninger, A.L., D.L. Nelson, & M.M Cox. (1993). *Principles of Biochemistry* Second Edition. New York: Wiley.
- Lizayana, Mudatsir & Iswandi. (2016). Densitas Bakteri Pada Limbah Cair Pasar Tradisional. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*. 1(1):95-106
- Mango, M. E., Blümmel, M., Mtenga, L. A., & 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
- Mergner, R., Janssen R., Rutz D., de Bari I., Sissot F., Chiaramonti D., & Nistri, R. (2013). *Lignocellulosic Ethanol Process and Demonstration*. A Handbook Part I. Munich: WIP Renewable Energies.
- Meryandini A., Widosari W., Maranatha B., Sunarti TC., Rachmania N., & Satria

- H. 2010. Isolasi bakteri selulolitik dan karakterisasi enzimnya. *Jurnal Sains*, 13(1):33–38.
- Michalska, J., Greń, I., Żur, J., Wasilkowski, D., & Mrozik, A. (2019). Impact of the biological cotreatment of the Kalina pond leachate on laboratory sequencing batch reactor operation and activated sludge quality. *Water*, 11(8), 1539.
- Moo-Young, M. (2019). *Comprehensive biotechnology*. Ireland: Elsevier.
- Moody, C.M., & Townsend, T.G., (2017). A comparison of landfill leachates based on waste composition. *Waste Manag.* 63, 267 -274.
- Murtiyaningsih, H., & 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).
- Nababan, M., Gunam, I. B. W., & Wijaya, I. M. M. (2019). Produksi enzim selulase kasar dari bakteri selulolitik. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri ISSN, 2503*, 488X.
- Novian, A., & Gigih, T. (2018). Ekstraksi selulosa batang tanaman jagung (*Zea Mays*) metode basa. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(3): 24-28.
- Omoniyi, O., Okwa, O. A., Junaid, O. O., Ikuoye, I. O., & 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.
- Pandiyan, K., Tiwari, R., Singh, S., Nain, P. K., Rana, S., Arora, A., ... & Nain, L. (2014). Optimization of enzymatic saccharification of alkali pretreated *Parthenium sp.* using response surface methodology. *Enzyme research*, 2014.
- Phong, H. X., Le T. L., Nguyen N. T., Bui H. D. L., & Ngo T. P. D. (2017). Investigating The Condition Nata-de-Coco Production by Newly Isolated *Acetobacter sp.* *Jurnal Food Science and Nutrition*. 4(1): 1-6
- Pramanik, S. K., Mahmud, S., Paul, G. K., Jabin, T., Naher, K., Uddin, M. S., ... & Saleh, M. A. (2021). Fermentation optimization of cellulase production from sugarcane bagasse by *Bacillus pseudomycoides* and molecular modeling study of cellulase. *Current research in microbial sciences*, 2, 100013.
- Pratiwi, Y.H., Ratyani, O & 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
- Prima, R.E. (2012). Produksi dan Karakterisasi Ekstrak Kasar Xilanase Dari

- Acinetobacter baumannii* M-13.2A. (Skripsi). Universitas Indonesia, Depok.
- Poedjiaji, A. & Supriyanti, F.M. (2007). *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Potprommanee, L., Wang, X. Q., Han, Y. J., Nyobe, D., Peng, Y. P., Huang, Q., ... & Chang, K. L. (2017). Characterization of a thermophilic cellulase from *Geobacillus* sp. HTA426, an efficient cellulase-producer on alkali pretreated of lignocellulosic biomass. *PLoS one*, *12*(4), e0175004.
- Putri, F.I.C.E. (2014). *Optimasi Produksi Selulase dari Bakteri Laut Bacillus cereus*. Skripsi. Bogor: FMIPA, Institut Pertanian Bogor.
- Rahayu, S. (2004). *Karakteristik Biokimiawi Enzim Termostabil Penghidrolisis Kitin*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rangaswamy, B. E., Vanitha, K. P., & Hungund, B. S. (2015). Microbial cellulose production from bacteria isolated from rotten fruit. *International journal of polymer science*. 2015(1):1
- Razzak, M. A., Hasan, M. M., & Khan, M. M. (2015). Biogas production from agricultural wastes: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *43*, 898-907.
- Remli, N., Shah, U., Mohamad, R., & Aziz, S. (2014). Effect of Chemical and Thermal Pretreatments on The Enzymatic Saccharification of Rice Straw for Sugar Production. *BioResources*, *9*(1):510–522.
- Remmas, N., Manfe, N., Raga, R., & Akrotos, C. (2022). Activated sludge microbial communities and hydrolytic potential in a full-scale SBR system treating landfill leachate. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, *57*(9), 764-772.
- Rulaningtyas, R. (2022). Penyakit pada Batang Tanaman Jagung dan Klasifikasi Citra menggunakan Residual Network. <https://unair.ac.id/penyakit-pada-batang-tanaman-jagung-dan-klasifikasi-citra-menggunakan-residual-network/>.
- Sadhu, S., & Tushar, K. M. (2013). Cellulase Production by Bacteria: A Review. *Journal British Microbiology Research*. *3*(3): 253-258
- Sakti, P. C. (2012). *Optimasi Produksi Enzim Selulase dari Bacillus sp. BPPTCC RK2 dengan Variasi pH dan Suhu Menggunakan Response Surface Methodology*, (Skripsi). Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Saliu, B. K & A. Sani. (2012). Bioethanol potential of corn cob hydrolysed using cellulose of *Aspergillus niger* and *Penicillium decumbens*. *Exeli Journal*, *11*:468-479.

- Shahid, Z. H., Muhammad, I., Muhammad, N., Quratulain, S., & 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>
- Sari, E. K., & 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.
- Sholihati, A. M., Baharuddin, M., & Santi, S. (2015). Produksi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri *Bacillus subtilis*. *Jurnal Al Kimia*. 3(2): 78-90
- Sholihati AM, Baharuddin M, & Santi. (2016). Produksi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase dari Bakteri *Bacillus subtilis*. *Jurnal Penelitian Al- Kimia: UIN Alauddin Makassar Press*.
- Simanjuntak, M.R., Devi, S., & Dahliaty, A. (2010). Optimalisasi Suhu dan Waktu Produksi Enzim Selulase dari Bakteri Selulolitik Strain Lokal S-16. Repository University of Riau. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Simanullang, A. F., Sijabat, A., & Hasanah, M. (2021). Karakterisasi Sifat Fisis 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*. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Singh, R., Srivastava M., & Shukla A. (2016). Environmental Sustainability of Bioethanol Production from Rice Straw in India: A Review. *Renew Sustain Energy Rev*. 54:202–21.
- Soeka, Y. S., Suharna, N., Triana, E., & 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., & Fatwaeni, Y. N. (2021). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung untuk Makanan Ternak Bernutrisi. *Community Empowerment*, 6(4), 656–661. <https://doi.org/10.31603/ce.4570>
- Sreedevi, S., Sajith, S., & 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.
- Sukumaran, R.K., Reeta R. S., & Ashok P. (2005). Microbial Cellulose – Production, Applications, and Challenges. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 64: 832-844.

- Sukumaran, R.K., R.R. Singhanian, G.M. Mathew, & A. Pandey. 2009. Cellulase Production Using Biomass Feed Stock and its Application in Lignocellulose Saccharification for Bioethanol Production. *Renewable Energy* 34 (2) : 421-424.
- Summerscales, D. N., Virk, A., & Hall, W. (2010). A review of bast fibres and their composites. Part 1 Fibres as reinforcements. *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 41, 1329-1335.
- Suroso, L., Andayaningsih, P., Hatta, N., Safitri, R., & Marwoto, B. (2008). Hidrolisis serbuk empulur sagu (Metroxylon sagu Rottb) dengan HCl untuk meningkatkan efektivitas hidrolisis kimiawi. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II. Universitas Lampung, tanggal* (pp. 17-18).
- Susanti, D.R. (2017). Isolasi dan Identifikasi Jamur Selulolitik dari Usus Rayap (*Cryptotermes sp.*) dalam Media Serbuk Jerami Padi (*Oryza sativa*, Linn). (Skripsi). Bandung: FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- Tjitrosoepomo, G. (1989). *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press.
- Tomas, M., Josef P., Petra O., 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
- Wahyuningsih. N., E. Zulaikha. (2018). Perbandingan Pertumbuhan Bakteri Selulolitik pada Bahan Nitrient Broth dan Carboxy Methyl Cellulose. *Jurnal sains dan Seni*, Vol. 7 (2).
- Wan, C. & Li. (2012). Fungal pretreatment of lignocellulosic biomass. *Biothechnology advances*, 30(6): 1447- 1457.
- Wijanarka, W., Kusdiyantini, E., & Parman, S. (2016). Screening cellulolytic bacteria from the digestive tract snail (*Achatina fulica*) and test the ability of cellulase activity. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 8(3), 385-391.
- Yan, S., Xu, Y., & Yu, X. W. (2021). From induction to secretion: a complicated route for cellulase production in *Trichoderma reesei*. *Bioresources and Bioprocessing*, 8(1), 1-15.
- 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(6), 262-267.

- Yaqin, N., Al-Baarri, A. N. M., Budihardjo, M. A., & Widayat, W. (2020). Efek Aerasi terhadap Perubahan Residu H₂O₂ Air Fermentasi Mocaf (Modified Cassava Flour). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 9(1), 38-43.
- Young, K. D. (2007). Bacterial Morphology: Why Have Different Shapes?. [Online]. Diakses dari : <https://doi.org/10.1016/j.mib.2007.09.009> tanggal 11 Juli 2023.
- Yuneta, R., & Putra, S.R. (2010). Pengaruh Suhu pada Lipase dari Bakteri *Bacillus subtilis*. Prosiding Kimia FMIPA. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yusuf, M. (2014). Metode Penelitian: Kuantitatif, Kualitatif dan Penelitian Gabungan. Jakarta : Penerbit Kencana