

Bioprospeksi Bakteri Selulolitik Indigenous dari Hutan Kemampo, Sumatera Selatan Sebagai Agen Pendegradasi Selulosa

Bioprospection of Indigenous Cellulolytic Bacteria from Kemampo Forest, South Sumatra as Cellulose Degrading Agents

Mutiara Manda Sari 1), Adelia Rizki 2), Yunita Pransiska 3), Saffuana 4), Siti Soleha 5)*

¹⁾ Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang

²⁾ Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang

³⁾ Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang

⁴⁾ Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang

⁵⁾ Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang
Jl. Pangeran Ratu No.475 Kel. Lima Ulu Kec. Jakabaring Palembang 30452

Email: sitsoleha@radenfatah.ac.id

ABSTRAK

Kemampuan bakteri selulolitik indigenous dalam menghasilkan selulase menjadi sumber biodiversitas yang dapat dimanfaatkan dalam proses degradasi Selulosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri Selulolitik *Indigenous* dan menguji aktivitas Selulase yang dihasilkan dari bakteri tersebut. Proses isolasi bakteri Selulolitik *Indigenous* dilakukan dengan menggunakan media CMC Agar, diikuti oleh karakterisasi morfologi isolat secara makroskopis dan mikroskopis. Untuk menguji aktivitas selulase yang dihasilkan oleh masing-masing isolat, digunakan metode DNS pada Panjang gelombang 540 nm. Proses isolasi menghasilkan tiga isolat bakteri selulolitik indigenous, yaitu S0-3, S0-4, dan S0-5. Isolate S0-3 merupakan bakteri gram positif berbentuk bulat, koloni berwarna krem, berbentuk bulat, bertekstur smooth dengan aktivitas crude selulase sebesar 47,65 U/mL. Isolate S0-4 merupakan kelompok bakteri batang pendek gram negatif, bentuk koloni bulat dan berwarna krem, bertekstur smooth dengan aktivitas crude selulase sebesar 47,66 U/mL. Isolat S0-5 menghasilkan aktivitas crude selulase sebesar 47,66 U/mL dan merupakan bakteri gram positif bentuk bulat, koloni irregular, berwarna krem dengan tekstur smooth. Berdasarkan uji aktivitas crude selulase, dapat disimpulkan bahwa isolat S0-3, S0-4, dan S0-5 dapat dimanfaatkan sebagai agen pendegradasi selulosa.

Keywords: Bakteri selulolitik indigenous, Crude selulase, Selulosa

PENDAHULUAN

Mikroorganisme, termasuk bakteri selulolitik, mempunyai keterampilan dalam mendegradasi selulosa menjadi substansi yang lebih sederhana, seperti glukosa. Hal ini disebabkan oleh kemampuan bakteri selulolitik untuk memproduksi enzim selulase (Arifin et al., 2019). Produksi enzim ini umumnya dilakukan oleh berbagai spesies jamur dan bakteri. Produksi enzim ini memungkinkan kelangsungan hidup berbagai mikroorganisme seperti jamur dan bakteri di lingkungan dengan substrat yang mengandung selulosa sebagai sumber

karbon (Yogyaswari et al., 2018). Selulase yang dihasilkan oleh berbagai spesies bakteri sudah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang kehidupan. Serasah-serasah daun hutan yang merupakan salah satu bahan organik dibutuhkan untuk proses degradasi selulosa. Keberadaan organisme pengurai, termasuk bakteri yang mampu mendegradasi selulosa seperti bakteri selulolitik, memegang peran krusial dalam ekosistem rantai hutan. Dengan memanfaatkan bakteri Selulolitik dalam proses dekomposisi, limbah dari sektor pertanian dan Perkebunan dapat transformasi menjadi sumber energi yang mendukung kelangsungan hutan (Kurniawan et al., 2019).

Pemanfaatan Selulase dari bakteri dapat berperan sebagai solusi dalam mengatasi masalah pencemaran dengan mengurangi penumpukan limbah Selulosa, termasuk daun di tempat pembuangan akhir, limbah pertanian, dan rumput laut di daerah pesisir. Selain itu, pemanfaatan selulase ini dapat meningkatkan nilai tambah dalam mengubah limbah tersebut menjadi pupuk organik yang terolah. Pengelolaan limbah pertanian yang memanfaatkan bakteri pengurai dilakukan untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik yang bersifat tidak ramah lingkungan serta mengurangi limbah organik di hutan (Anindyawati, 2010).

Pencemaran selulosa dapat direduksi dengan memanfaatkan reaksi enzimatik dari selulase. Penguraian selulosa oleh bakteri melibatkan enzim ekstraselular, termasuk Endo β -1,4-glukanase, Ekso β -1,4-glukanase, dan β -glukosidase dalam proses hidrolisis memiliki peran kunci dalam proses dekomposisi selulosa. Endo β -1,4-glukanase berfungsi secara acak memecah polimer selulosa, menghasilkan molekul selulosa yang lebih sederhana. Ekso β -1,4-glukanase, di sisi lain, memecah dua subunit glukosa pada ujung, menghasilkan selobiosa sebagai disakarida. Sementara itu, peran β -glukosidase adalah mengubah selobiosa menjadi glukosa. Degradasi selulosa secara enzimatik dapat dilakukan oleh mikroorganisme, terutama mikroorganisme selulolitik yang umumnya banyak ditemui. Bakteri selulolitik yang hadir pada serasah dan kayu, terutama di wilayah hutan tropis, memiliki peran dalam mendegradasi serat dan selulosa, mempercepat proses pelapukan. Selulosa, sebagai molekul gula linear berantai panjang yang tinggi karbon, cenderung meningkat seiring dengan kandungan karbon, dan potensinya juga meningkat seiring dengan diameter pohon yang lebih besar (Kurniawan *et al.*, 2018; Nofrifaldi *et al.*, 2020; Saropah *et al.*, 2013).

Selulosa merupakan biopolimer yang melimpah dan melibatkan mikroorganisme dalam proses pengomposan khususnya bakteri selulolitik. Oleh karena itu peran bakteri selulolitik indigenous sangat penting dalam mendegradasi cemaran selulosa yang berlebih di lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri Selulolitik *Indigenous* dan menguji aktivitas Selulase yang dihasilkan dari bakteri tersebut.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang selama periode September hingga November 2023.

Alat dan Bahan

Instrumen yang dipakai dalam penelitian mencakup autoclave, batang pengaduk, bunsen, cawan petri, cuvette, gelas beaker, gelas ukur, *hot plate*, inkubator, jarum ose, *Laminar Air Flow*, magnetic stirrer, mikropipet, mikrotip, neraca analitik, rak tabung reaksi, sentrifuge, shaker, spektrofotometer, tabung falcon, tabung reaksi, vortex. Sementara itu, Bahan yang digunakan mencakup akuades, CMC (Carboxymethyl Cellulase), glukosa, KNO₃, NB (Nutrient Borth), nystatin, reagen DNS, dan sampel tanah.

Pengambilan Sampel

Sampel tanah diambil dari Hutan Kemampo, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan, dengan dua titik pengambilan yang berbeda, yaitu di area yang tertutup oleh serasah daun dan area yang tertutup oleh kayu lapuk. Saat pengambilan sampel, dilakukan pengukuran parameter kimia dan fisika tanah, termasuk kandungan pH tanah, tingkat kelembaban tanah, suhu tanah, dan tingkat intensitas cahaya.

Isolasi dan Pemurnian Bakteri Selulolitik

Proses isolasi bakteri Selulolitik dimulai dari mengencerkan 1 gram sampel tanah hingga seri pengenceran 10⁻⁶. Seri pengenceran 10⁻³ hingga 10⁻⁶ kemudian dipipetkan secara duplo dan diaplikasikan menggunakan metode spread plate pada medium selektif CMC agar. Komposisi dari 100 ml media CMC agar melibatkan 0,1 gram glukosa, 0,2 gram ekstrak yeast, 1,8 gram agar, 0,002 gram FeSO₄, 0,004 gram CaCl₂, 0,02 gram MgSO₄·7H₂O, 0,075 gram KNO₃, 1 gram CMC, dan 0,05 gram K₂HPO₄ digunakan sebagai komposisi media. Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama periode 48 jam (Devi & Rasyidah, 2023)

Bakteri koloni yang tumbuh selanjutnya diisolasi melalui metode streak plate pada medium CMC agar. Koloni murni yang berhasil diisolasi kemudian ditanam pada media CMC Agar dalam posisi miring sebagai stok bakteri. (Arifin et al., 2019)

Karakterisasi Morfologi Bakteri

Morfologi makroskopis bakteri selulolitik diamati dengan melihat warna, bentuk, elevasi dan tepian koloni. Morfologi mikroskopis diamati dengan menggunakan metode pewarnaan gram. Proses pewarnaan gram dimulai dengan mengambil 1

ose bakteri selulolitik dari CMC agar miring, lalu menyuspensikannya dalam akuades di atas kaca preparat. Kaca preparat dipanaskan dengan bunsen hingga kering. Proses berikutnya melibatkan pemberian tetes larutan kristal violet, dengan inkubasi selama 1 menit, diikuti oleh pencucian menggunakan akuades steril dan pengeringan. Kemudian tetesi iodine di atas preparat diamkan selama 1 menit, lalu dibersihkan dengan akuades steril, dan dikeringkan. Setelah itu, preparat dikenai alkohol 96% dengan waktu penantian 30 detik, dilanjutkan dengan pembersihan menggunakan akuades steril dan pengeringan. Tahap berikutnya melibatkan pewarnaan dengan safranin selama 1 menit, diikuti dengan pembersihan menggunakan akuades dan pengeringan. Dalam pengamatan mikroskopis, bakteri gram positif terlihat berwarna ungu pada sel bakterinya, sementara bakteri gram negatif menunjukkan dengan warna merah pada sel bakterinya (Kurniawan et al., 2019; Remijawa et al., 2020).

Kurva Pertumbuhan Bakteri Selulolitik

Kurva pertumbuhan dibuat dengan tujuan untuk mengetahui fase ekponensial sebagai waktu yang tepat untuk memanen crude selulase yang dihasilkan oleh bakteri selulolitik. Isolat bakteri selulolitik dibiakkan dalam kultur cair menggunakan medium NB dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah inkubasi, kultur cair diambil sebanyak 1 ml dan diinokulasi ke dalam medium CMC cair. Media CMC cair yang telah ditanam kemudian ditempatkan dalam inkubator pada suhu 37°C dengan kecepatan agitasi sebesar 150 rpm. Pengukuran Optical Density (OD) pada isolat bakteri dilakukan pada interval waktu inkubasi 0 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam dengan menggunakan panjang gelombang $\lambda = 600$ nm. Nilai OD digunakan untuk membuat kurva pertumbuhan masing-masing isolat bakteri selulolitik (Wahyuningsih & Zulaika, 2019).

Produksi Crude Selulase

Sebanyak 50 ml kultur bakteri selulolitik pada fase eksponensial diambil lalu disentrifuge dengan kecepatan 9000 rpm selama 10 menit. Bagian cairan yang terpisah, dikenal sebagai supernatan, merupakan crude selulase. Supernatan dipisahkan dan digunakan untuk uji aktivitas selulase (Dan et al., 2014)

Pembuatan Kurva Standar Glukosa

Larutan glukosa dihasilkan dengan melarutkan 1 gram glukosa dalam 100 ml akuades, dilanjutkan dengan serangkaian pengenceran pada konsentrasi 0 ppm, 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, 100 ppm, 120 ppm, 140 ppm, dan 160 ppm. Absorbansi pada tiap konsentrasi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Nilai absorbansi yang didapat digunakan untuk membentuk persamaan regresi linear (Darliana, 2021).

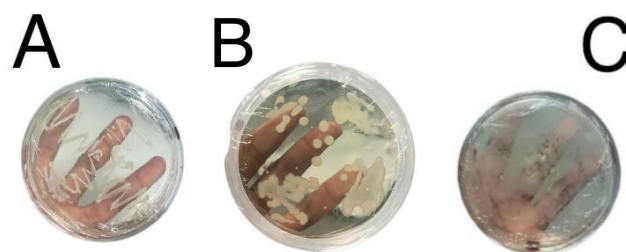
Uji Aktivitas Crude Selulase

Aktivitas crude selulase diukur dengan menggunakan metode DNS (3,5-Teknik DNS (3,5-Dinitrosalicyclic Acid) digunakan dalam mengukur aktivitas crude selulase. Campuran reaksi terdiri dari crude selulase, media CMC broth 1%, dan reagen DNS. Langkah-langkah melibatkan penambahan 1,75 ml crude selulase dan 1 ml media CMC broth 1% ke dalam tabung reaksi, pengadukan hingga homogen, dan inkubasi selama 60 menit pada suhu ruang. Selanjutnya, tambahkan 2 ml reagen DNS dan diaduk kembali, lalu panaskan pada suhu 100°C selama 10 menit. Blanko dibuat dengan prosedur serupa tanpa penambahan crude selulase. Setelah mendingin, absorbansi campuran reaksi diukur pada panjang gelombang 540 nm. Aktivitas crude Selulase dihitung menggunakan rumus yang berasal dari kurva standar yang telah disiapkan (Solahuddin et al., 2021).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Selulolitik

Dalam isolasi bakteri dari sampel tanah serasah Hutan Kemampo, ditemukan tiga isolat yang memiliki potensi mendegradasi selulosa. Ketiga isolat ini dinamai S0-3, S0-4, dan S0-5. Pertumbuhan isolat bakteri tersebut diamati pada media selektif CMC agar menggunakan metode *Spread plate* (Gambar 1). Setelah dikarakterisasi, isolat S0-3 teridentifikasi sebagai bakteri gram positif berbentuk bulat, dengan koloni berwarna krem, dan memiliki tekstur smooth. Isolat S0-4 merupakan kelompok bakteri batang pendek gram negatif, dengan koloni berbentuk bulat dan berwarna krem, serta bertekstur smooth. Sementara itu, isolat S0-5 tergolong bakteri gram positif berbentuk bulat, dengan koloni irregular berwarna krem dan tekstur smooth (Tabel 1).



Gambar 1. Hasil isolasi bakteri selulolitik: a) pengenceran S0-3, b) pengenceran S0-4, c) pengenceran S0-5.

Tabel 1. Karakterisasi morfologi bakteri Selulolitik

Karakteristik	Kode Isolat Bakteri		
	S0-3	S0-4	S0-5
Warna	Krem	Krem	Krem
Bentuk	Bulat	Bulat	Irreguler
Tekstur	Smooth	Smooth	Smooth
Pewarnaan Gram	Positif	Negative	Positif

Bentuk Sel	<i>Coccus</i> (Bulat)	<i>Coccobasil</i> (Batang Pendek)	<i>Coccus</i> (Bulat)
------------	-----------------------	-----------------------------------	-----------------------

Bakteri berhasil diisolasi dari sampel tanah yang diambil dan diduga bakteri tersebut adalah bakteri selulolitik, karena bakteri tersebut tumbuh dalam media selektif CMC agar yang memanfaatkan selulosa sebagai nutrisi kebutuhan hidupnya. Identifikasi pertumbuhan bakteri selulolitik dapat dilakukan dengan mendeteksi zona bening yang terbentuk di sekitar koloni bakteri menandakan kemampuannya dalam mendegradasi selulosa. Keberadaan zona bening ini mengindikasikan bahwa isolat bakteri tersebut mampu menghidrolisis substrat dengan efektif (Kurniawan et al., 2019; Rohyani et al., 2014).

Karakterisasi secara mikroskopis yang dilakukan menggunakan uji pewarnaan gram, ditemukan 2 bakteri jenis gram positif yang menunjukkan warna ungu dan 1 jenis bakteri gram negative yang menunjukkan warna merah, dengan bentuk sel yang berbeda. Hal ini disebabkan karena bakteri gram negatif memiliki kandungan lipid atau lemak yang lebih tinggi pada dinding selnya jika dibandingkan dengan bakteri gram positif. Oleh karena itu saat pewarnaan, lipid pada membran luar larut dan lepas disertai kristal violet menyebabkan permeabilitas sehingga zat pewarna pendamping diikat lalu bakteri gram negatif pun terwarnai merah (Anuar et al., 2014). Diantara nya yaitu bakteri *coccus*, *coccobasil*, dan *coccus*. Bentuk bakteri *ellipsoidal* (kokobasil) adalah bakteri yang bersifat gram negatif. Bakteri yang dikatakan gram negatif yaitu dinding sel bakteri tersebut tidak dapat mempertahankan pewarnaan kristal violet saat pewarnaan gram sehingga warna akan menjadi merah saat dilihat melalui mikroskop. *Coccus* atau bakteri yang berbentuk bulat seperti bola maupun elip dengan ukuran lingkaran diameter antara 0,5-1 μm (Hasanuddin, 2017; Octaviana et al., 2023; Thairu et al., 2014).

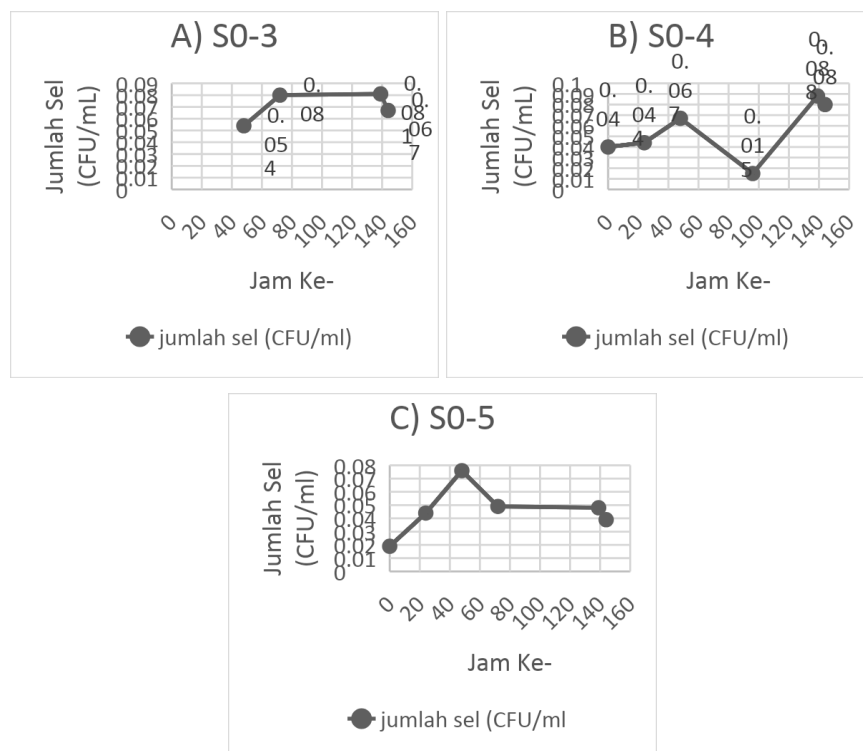
Kurva Pertumbuhan Bakteri Selulolitik

Pertumbuhan bakteri selulolitik pada ketiga isolat diukur melalui metode turbidimetri, menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm untuk membuat kurva pertumbuhan. Tujuannya adalah untuk melihat fase eksponensial dari isolat bakteri yang telah diisolasi. Selulase dari isolat S0-3 dapat dipanen pada jam ke-72 inkubasi. Selulase dari isolat S0-4 dan S0-5 dapat dipanen pada jam ke-48 inkubasi (Gambar 2.) Pada waktu tersebut, ketiga isolat berada pada fase eksponensial (Kurniawati et al., 2021; Ovy Sonia & Kusnadi, 2015; Rosmania & Yanti, 2020).

Hal ini menunjukkan bahwa terdapat variasi dan kesamaan dalam kemampuan isolat dalam menyederhanakan substrat. Perubahan dalam aktivitas enzim mungkin disebabkan oleh perbedaan pada fase pertumbuhan jumlah sel bakteri. Peningkatan aktivitas umumnya terjadi selama fase eksponensial, sedangkan penurunan aktivitas terjadi saat sel mencapai fase stasioner dan

melanjutkan ke fase kematian, yang mengakibatkan penurunan aktivitas enzim yang dihasilkan. Depletion glukosa mengarah pada penggunaan selulosa sebagai sumber karbon, memicu pemecahan selulosa dan akumulasi glukosa, yang kemudian dapat menghambat sisi aktif enzim selulase. Selama fase stasioner, juga terjadi produksi enzim protease yang dapat mengganggu aktivitas enzim selulase (Sembiring, 2019).

Perhitungan jumlah sel bakteri selulolitik menggunakan standar McFarland dengan pembacaan Panjang gelombang 600 nm memberikan nilai absorbansi pada ketiga isolat. Jumlah sel bakteri dari ketiga isolate yang diuji tidak sama ini mungkin disebabkan oleh faktor lingkungan seperti nutrisi, suhu, pH, dan kelembaban. Selain itu, jenis isolat juga mempengaruhi pola pertumbuhan bakteri yang berbeda (Wahyuningsih & Zulaika, 2019). Berikut ini hasil kurva pertumbuhan bakteri selulolitik berdasar yang diperoleh:



Gambar 2. Kurva Pertumbuhan Isolat, A) S0-3, B) S0-4, C) S0-5.

Aktivitas Enzim Selulase

Perhitungan aktivitas enzim dilakukan berdasarkan konsentrasi glukosa yang diukur melalui standar glukosa. Hasil aktivitas selulase dari isolat S0-3, S0-4, dan S0-5 mencapai 47,65 U/mL, 47,66 U/mL, dan 47,66 U/mL, seperti yang tercantum dalam Tabel 6. Perbedaan dalam aktivitas selulolitik diyakini berasal dari potensi yang berbeda dalam mengurai substrat di dalam medium pertumbuhan oleh setiap isolat bakteri. Semakin tinggi produksi selulase oleh

suatu isolat, semakin besar pula aktivitas selulolitik yang dihasilkan (Murtiyaningsih & Hazmi, 2017).

Tabel 6. Hasil pengukuran aktivitas enzim selulase

No.	Isolate	Aktivitas Selulase (U/mL)
1.	S0-3	47,65
2.	S0-4	47,66
3.	S0-5	47,66

Pada isolat S0-4 dan S0-5 memiliki aktivitas selulase yang sama yaitu sebesar 47, 66 U/mL, hal ini disebabkan oleh lama waktu inkubasi kedua isolat tersebut yaitu 48 jam dengan kenaikan jumlah biomassa sel sehingga produksi enzim selulase pun meningkat. Sedangkan pada isolat S0-3 yang memiliki aktivitas sebesar 47, 65 U/mL dengan lamanya waktu inkubasi yaitu 72 jam. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Lazuardi Budi et al., 2018) dan (Kurniawati et al., 2021), Waktu dan suhu inkubasi dalam pemanenan enzim selulase memiliki dampak signifikan terhadap aktivitas selulase (Kartika & Ibrahim, 2021).

Dalam penelitian ini, dapat diasumsikan bahwa tanah serasah di hutan Kemampo mengandung mikroorganisme dengan kemampuan untuk menghasilkan enzim selulase. Ini memungkinkan mikroorganisme tersebut untuk mengurai selulosa dengan cara menghidrolisis ikatan (1,4)- β -D-glukosa pada selulosa. Enzim selulase terdiri dari tiga jenis utama, yaitu kompleks endo- β -1,4-glukanase (CMCase, Cx selulase endoselulase, atau carboxymethyl cellulase), glukanase (aviselase, selobiohidrolase, C1 selulase), dan β -1,4-glukosidase atau selobiase. Fungsi utama dari enzim selulase adalah mengubah selulosa dan turunannya menjadi gula sederhana atau glukosa (Murtiyaningsih & Hazmi, 2017).

PENUTUP

Tiga isolat bakteri indigenus (S0-3, S0-4, S0-5) dari hutan kemampo dapat di manfaatkan sebagai agen pendegradasi selulosa dengan aktivitas crude lipase masing-masing adalah 47, 65 U/mL, 47,66 U/mL dan 47,66 U/mL.

REFERENSI

- Anindyawati, T. (2010). Potensi selulase dalam mendegradasi lignoselulosa limbah pertanian untuk pupuk organik. *Jurnal Selulosa*, 42(2), 70–77.
- Anuar, W., Dahliaty, A., & Jose, C. (2014). Isolasi Bakteri Selulolitik Dari Perairan Dumai. *Jom Fmipa*, 1(2), 149–159.
- Arifin, Z., Gunam, I. B. W., Antara, N. S., & Setiyo, Y. (2019). Isolasi Bakteri

- Selulolitik Pendegradasi Selulosa Dari Kompos. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(1), 30.
<https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i01.p04>
- Dan, P., Enzim, K., Ekstrak, S., Dari, K., Yang, B., Dari, D., Rumput, L., Cellulose, C., Crude, E., From, E., Isolated, B., & Seaweed, F. (2014). *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia PRODUCTION AND CHARACTERIZATION CELLULOSE ENZYME CRUDE EXTRACT FROM*. 06(03).
- Darlina, I. (2021). BIODEGRADASI LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) MENGGUNAKAN KONSORSIUM AKTERI PENGHASIL ENZIM SELULASE. *Wanamukti: Jurnal Penelitian Kehutanan*, 23(1), 1. <https://doi.org/10.35138/wanamukti.v23i1.174>
- Hasanuddin, H. (2017). COCCUS BACTERIA IN FERMENTED DURIAN SPECIFIC FOOD OF BENGKULU. *Jurnal Agroindustri*, 7(1 SE-Articles), 37–43. <https://doi.org/10.31186/j.agroindustri.7.1.37-43>
- Kartika, I. N., & Ibrahim, M. (2021). Efek Manipulasi pH pada Aktivitas Enzim Selulase Bakteri *Bacillus subtilis* Strain FNCC 0059 dalam Mendegradasi Selulosa. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(1), 51–57. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n1.p51-57>
- Kurniawan, A., Febrianti, D., Sari, S. P., Prihanto, A. A., Asriani, E., Kurniawan, A., & Sambah, A. B. (2018). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Selulosa Asal. *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 3(2), 9–16.
- Kurniawan, A., Sari, S. P., Asriani, E., Kurniawan, A., Sambah, A. B., Triswiyana, I., & Prihanto, A. A. (2019). Kapasitas Hidrolisis Bakteri Pendegradasi Selulosa Dari Ekosistem Mangrove Hydrolysis Capacity of Cellulose Degrading Bacteria From Mangrove Ecosystem. *Journal of Tropical Marine Science*, 2(2), 76–82.
- Kurniawati, L., Kusdiyantini, E., & Wijanarka, W. (2021). Pengaruh Variasi Suhu Dan Waktu Inkubasi Terhadap Aktivitas Enzim Selulase Dari Bakteri *Serratia marcescens*. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 23(1), 33–42. <https://doi.org/10.14710/bioma.23.1.33-42>
- Lazuardi Budi, K., Kusdiyantini, E., & Soedarto, J. (2018). AKTIVITAS ENZYM SELULASE YANG DIHASILKAN OLEH BAKTERI *Serratia marcescens* PADA SUBSTRAT JERAMI. *Jurnal Biologi*, 7(1), 35–42.
- Murtiyaningsih, H., & Hazmi, M. (2017). Isolasi Dan Uji Aktivitas Enzim Selulase Pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Agritrop*, 15(2). <https://doi.org/10.32528/agr.v15i2.1185>
- Nofrifaldi, Hariyadi, & Widyastuti, D. R. (2020). Identifikasi dan Potensi Cendawan Indigenous untuk Pelapukan Batang Kelapa Sawit di Bogor, Indonesia. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 47(3), 312–317. <https://doi.org/10.24831/jai.v47i3.26040>
- Octaviana, C., Watumbara, M. L., Sugata, M., & Jo, J. (2023). Isolasi dan Karakterisasi *Lactobacillus* Species dari Susu Kambing Peternakan Lokal. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 8(3), 186–195. <https://doi.org/10.24002/biota.v8i3.6718>
- Ovy Sonia, N. M., & Kusnadi, J. (2015). Isolasi dan Karakterisasi Parsial Enzim Selulase dari Isolat Bakteri OS-16 Asal Padang Pasir Tengger-Bromo. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(4), 11–19.

- Remijawa, E. S., Rupidara, A. D. N., Ngginak, J., & Radjasa, O. K. (2020). ISOLASI DAN SELEKSI BAKTERI PENGHASIL ENZIM EKSTRASELULER PADA TANAH MANGROVE DI PANTAI NOELBAKI. *JURNAL ENGGANO*, 5(2 SE-VOL 5, NO 2 (2020): JURNAL ENGGANO), 164–180. <https://doi.org/10.31186/jenggano.5.2.164-180>
- Rohyani, Zul, D., & Fibrianti, B. L. (2014). Isolasi Bakteri Indigenus yang Potensial Sebagai Agen Biofertilizer Asal Tanah Gambut di Kawasan Zamrud dan Taman Nasional Tesso Nilo, Riau. *Jom Fmipa*, 1(2), 417–429.
- Rosmania, R., & Yanti, F. (2020). Perhitungan jumlah bakteri di Laboratorium Mikrobiologi menggunakan pengembangan metode Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2), 76. <https://doi.org/10.56064/jps.v22i2.564>
- Saropah, D., Jannah, A., & Maunatin, A. (2013). KINETIKA REAKSI ENZIMATIS EKSTRAK KASAR ENZIM SELULASE BAKTERI SELULOLITIK HASIL ISOLASI DARI BEKATUL. *ALCHEMY*. <https://doi.org/10.18860/al.v0i0.2297>
- Sembiring, A. (2019). Isolasi Dan Uji Aktivitas Bakteri Penghasil Selulase Asal Tanah Kandang Sapi. *Biosel: Biology Science and Education*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.33477/bs.v8i1.843>
- Solahuddin, Hanifa, N. I., Deccati, R. F., & Muliastari, H. (2021). Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase dari Rumen Sapi (*Bibos javanicus*). *Journal of Science, Technology, and Entrepreneurship*, 3(1), 3–9.
- Thairu, Y., Usman, Y., & Nasir, I. (2014). Laboratory perspective of gram staining and its significance in investigations of infectious diseases. *Sub-Saharan African Journal of Medicine*, 1(4), 168. <https://doi.org/10.4103/2384-5147.144725>
- Wahyuningsih, N., & Zulaika, E. (2019). Perbandingan Pertumbuhan Bakteri Selulolitik pada Media Nutrient Broth dan Carboxy Methyl Cellulose. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2), 7–9. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.36283>
- Yogyaswari, S. A., Rukmi, M. G. I., & Raharjo, B. (2018). Ekplorasi Bakteri Selulolitik Dari Cairan Rumen Sapi Peranakan Fries Holland (PFH) Dan Limousine Peranakan Ongole (Limpo). *Jurnal Biologi*, 5(4), 70–80.