

Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Dekomposer Asal Rhizosfer Tanaman Bambu dari Kabupaten Sidrap, Sulawesi Selatan

Isolation and Morphological Characterization of Decomposer Bacteria from the Rhizosphere of Bamboo Plants from Sidrap Regency, South Sulawesi

Mu'minah^{1*}, Darmawan¹, Baso Darwisah¹, Junyah Leli Isnaini¹, Abdul Mutalib¹,
Muh. Dzulkifly Ashan¹, Sarief Ismail¹, Erny Yuniarti²

Submission: 14 Oktober 2024, Review: 12 Desember 2024, Accepted: 30 April 2025

*) Email korespondensi: mutmainah2009@gmail.com

¹) Jurusan Teknologi Produksi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Pangkep, Jl Poros Pare-Makassar, Kabupaten Pangkep, 90165, Sulawesi Selatan

²) Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN), Jalan Raya Bogor No. 970. Cibinong, 16915, Jawa Barat

ABSTRAK

Pemanfaatan mikroorganisme yang dapat mempercepat proses pengomposan yaitu pemanfaatan bakteri perombak dari produk dekomposer yang berguna untuk mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh isolat bakteri yang dapat berfungsi sebagai dekomposer limbah pertanian dari rhizosfer bambu asal Kabupaten Sidrap. Penelitian ini terdiri dari 4 tahapan yaitu (i) Pengambilan sampel di rhizosfer tanaman bambu, (ii) Isolasi sampel tanah rhizosfer (iii) Identifikasi morfologi mikroorganisme (iv), dan tahap terakhir adalah pengujian kemampuan mendegradasi selulosa (sellulolitik). Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Kabupaten Sidrap terdapat 4 titik pengambilan sampel yaitu pada S 03° 57 '25.4" dan E 119° 40'44. 9" dan S 03°56'09.7" dan E 119° 41'24.9". Terdapat 52 isolat yang berhasil diisolasi dari keempat tempat tersebut. Isolat SDR1A10¹B dan SDR1A10⁷B mempunyai kemampuan mendegradasi dan mendekomposisi selulosa yang terbaik.

Kata kunci: bakteri; dekomposer; rhizosfer; limbah.

ABSTRACT

The utilization of microorganisms that can accelerate the composting process is the utilization of decomposing bacteria from decomposer products that are useful for accelerating the decomposition process of organic materials. This study aims to obtain bacterial isolates that can function as agricultural waste decomposers from bamboo rhizosphere from Sidrap Regency. This study consists of 4 stages, namely (i) Sampling in the bamboo plant rhizosphere, (ii) Isolation of rhizosphere soil samples, (iii) Identification of microorganism morphology, (iv), and the last stage is testing the ability to degrade cellulose (cellulolytic). The study results showed that in Sidrap Regency, there were 4 sampling points, namely at S 030 57 '25.4 "and E 1190 40'44. 9" and S 03056'09.7 "and E 1190 41'24.9". There, 52 isolates were successfully isolated from the four places. Isolates SDR1A10¹B and SDR1A10⁷B have the best ability to degrade and decompose cellulose.

Keywords: bacteria; decomposer; rhizosphere; waste.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan produksi pertanian dan perkebunan diikuti oleh meningkatnya limbah (residu) tanaman yang dihasilkan, seperti jerami, tongkol jagung, kulit pisang, tandan kosong kelapa sawit (TKSS), dan serasah tanaman tebu (Eliyatiningsih et al., 2022). Jika limbah ini dibiarkan dan tidak dikelola akan menjadi sumber hama dan penyakit serta dapat merusak lingkungan. Padahal limbah (residu) tanaman tersebut masih mengandung sejumlah nutrisi, sehingga dapat dikonversi menjadi produk yang bernilai ekonomi seperti kompos, pakan ternak, atau sebagai medium pertumbuhan tanaman. Kompos mampu memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan kemampuan tanah untuk mempertahankan kandungan air tanah (Hartatik et al., 2015). Kompos diibaratkan sebagai multivitamin untuk tanah pertanian dan perkebunan, karena mampu meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang perakaran yang sehat, terutama kondisi lahan yang saat ini mengalami penurunan produktivitas. Hasil penelitian menunjukkan kandungan bahan organik hampir diseluruh lahan yang ada di Indonesia kurang dari 0,5%, (Las and Tim 2008), padahal sebaiknya kandungan bahan organik yang baik berkisar 0,5%-2% (Nangaro et al., 2021). Apabila keadaan ini dibiarkan terus menerus akan menyebabkan terjadinya degradasi lahan yang berujung pada penurunan kualitas tanah. Kualitas tanah yang rata-rata relatif rendah merupakan salah satu penyebab rendahnya produktivitas lahan pertanian.

Limbah pertanian dan perkebunan dengan volume yang cukup besar dapat dipandang sebagai sumberdaya hayati yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik bagi berbagai kegiatan pertanian (Diansari & Muzaifa, 2024). Mengingat limbah pertanian terus menumpuk, sehingga perlu untuk mengurangi jumlah limbah pertanian dan perkebunan dengan memanfaatkan kembali limbah ini untuk kepentingan manusia melalui proses dekomposisi. Ini juga sekaligus sebagai usaha untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Pemanfaatan kembali limbah pertanian dan perkebunan dengan melakukan pengomposan ternyata banyak memberikan keuntungan bagi kehidupan manusia (Diansari dan Muzaifa 2024).

Pada dasarnya pengomposan adalah dekomposisi dengan menggunakan aktivitas mikroba. Oleh karena itu kecepatan dekomposisi dan kualitas kompos tergantung pada keadaan dan jenis mikroba yang aktif selama proses pengomposan (Suliono et al., 2022). Kondisi optimum bagi aktivitas mikroba perlu diperhatikan selama proses pengomposan, misalnya aerasi, kelembaban, media tumbuh, dan sumber makanan bagi mikroba (Ashari & Purwaningsih, 2024). Strategi yang lebih maju adalah dengan memanfaatkan organisme yang dapat mempercepat proses pengomposan yaitu pemanfaatan bakteri perombak akan menghasilkan produk dekomposer yang berguna untuk mempercepat proses dekomposisi limbah pertanian yang berpotensi mencemari lingkungan. Limbah organik yang terbuang dapat membusuk dan menghasilkan gas metana, yang merupakan gas rumah kaca dan berkontribusi pada perubahan iklim.

Olehnya itu, bila limbah organik dikelola dengan cermat dapat menjadi potensi ketersediaan bahan organik dalam tanah. Penggunaan mikroorganisme dekomposer tanah ditujukan untuk memperbaiki kualitas fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga produktivitas tanah menjadi optimum dan mendukung konservasi karbon dalam tanah

(Kurniawan dan Gusmawartati 2022). Limbah pertanian dan perkebunan yang didekomposisi oleh beberapa jenis bakteri perombak seperti *Cytophaga sp*, *Bacillus sp*, dan *Pseudomonas sp*, dapat merombak limbah menjadi sumber bahan organik. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh bakteri dekomposer dari rizosfer tanaman bambu untuk dekomposisi sampah organik dan limbah pertanian.

II. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada Mei hingga September 2024. Tempat pengambilan sampel tanah di Kabupaten Sidrap dan pengujiannya di Laboratorium Mikrobiologi Tanah, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan.

Penelitian terdiri dari 3 tahap yaitu: (i) tahap pengambilan sampel tanah lapisan rizosfer tanaman bambu (ii) tahap isolasi sampel tanah rizosfer, dan (iii) tahap identifikasi morfologi, (iv) Tahap pengujian kemampuan mendegradasi selulosa (sellulotik).

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah GPS (*Global Positioning System*), kertas label, pH meter, sekop tangan, spidol permanen, autoklaf, oven, cawan petridish, tabung reaksi, jarum ose, spatula, vortex, *Laminar Air Flow (LAF)*, kaca preparat, erlenmeyer, gelas ukur, dan pipet.

Sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel tanah yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bambu, akuades, media *Nutrien Agar (NA)*, King's B KOH 3%, Congo Red, NaCl, *Carboxymethyl cellulose (CMC)*, alkohol, dan plastik wrap.

3. Pengambilan Sampel Tanah pada Lapisan Rizosfer Tanaman Bambu

Kabupaten Sidrap merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang terletak 197 km dari kota Makassar. Tempat pengambilan sampel di rhizosfer tanaman bambu pada 2 titik di Desa Mattirotasi, Kecamatan Watang Pulu, dan 2 titik di Desa Lainungan, Kecamatan Watang Pulu, Kabupaten Sidrap terdiri 2 titik. Alat dan bahan yang digunakan pada pengambilan sampel ini di antaranya adalah sekop, cangkul, kantong plastik, label, dan GPS untuk menentukan titik koordinat pengambilan sampel. Sampel tanah diambil dengan kedalaman tanah 10 - 20 cm sebanyak 500 gram di 4 titik yang berbeda (Saraswati, 2012).

4. Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi merupakan suatu proses menghilangkan atau mematikan mikroorganisme pada benda atau peralatan untuk menjaga kebersihan/kesterilan, serta mencegah terjadinya kontaminasi pada objek penelitian (Istini, 2020). Sterilisasi dilakukan menggunakan metode sterilisasi basah dengan autoklaf dengan tekanan 15 Psi atau sekitar 2 atm dengan suhu 121°C. Sterilisasi alat dan bahan dilakukan dengan waktu yang berbeda dengan persiapan yang berbeda pula, dengan waktu 1 jam sedangkan pada bahan diperlukan sterilisasi selama 30 menit. Sterilisasi kering dengan menggunakan oven pada suhu 150-160°C untuk sterilisasi cawan *petridish*, tabung reaksi, jarum ose, dan spatula pada kegiatan isolasi.

5. Isolasi Bakteri dari Lapisan Rizosfer Tanaman Bambu

Isolasi dengan memisahkan atau memindahkan mikroba tertentu dari lingkungan alamnya dan menumbuhkan mikroba tersebut pada media buatan sehingga diperoleh kultur murni (Mikdarullah & Nugraha, 2017). Isolasi terhadap hasil eksplorasi diawali dengan mengeringanginkan tanah hasil eksplorasi. Selanjutnya dilakukan proses pengenceran, dengan menghomogenkan tanah dan air steril dengan perbandingan 1:10, dengan pengenceran bertingkat sebanyak 8 kali dengan tujuan untuk memperkecil atau mengurangi jumlah mikroba yang tersuspensi pada cairan. Pengenceran dilakukan dengan mengambil larutan tanah sampel sebanyak 1 ml dan dicampurkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml air steril, kemudian divortex. Setelah dilakukan pengenceran, proses selanjutnya adalah isolasi menggunakan metode *spread plate*, dengan menuangkan hasil pengenceran sebanyak 0,1 mL di atas media nutrisi agar (NA) pada cawan petri. Larutan diratakan pada media dengan menggunakan spatula dan ditutup rapat menggunakan *plastic wrap*. Inkubasi dilakukan selama 24 hingga 48 jam untuk bakteri.

6. Identifikasi Karakterisasi Morfologi

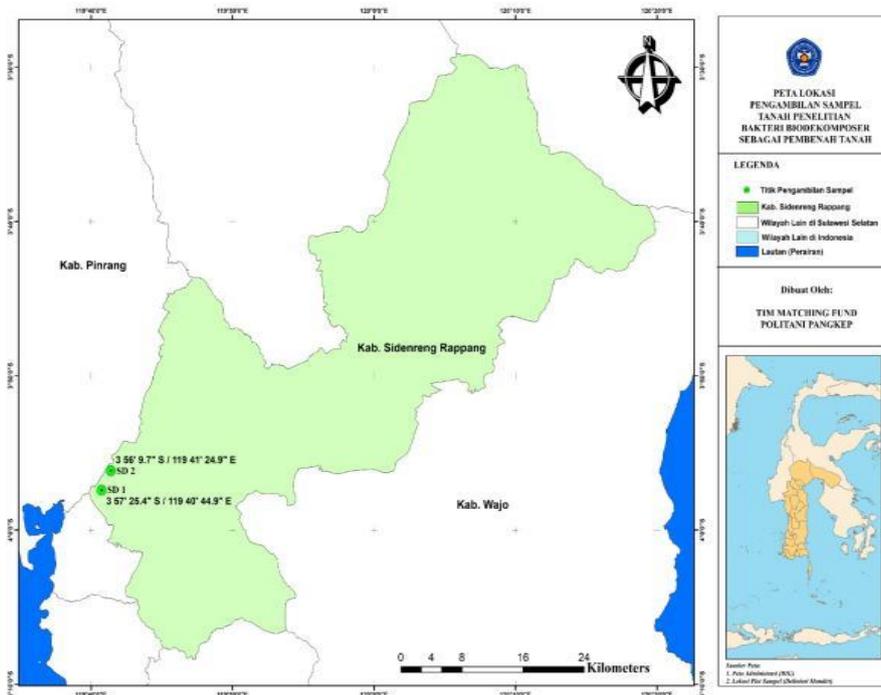
Pengamatan makroskopis pada koloni bakteri bertujuan untuk mengetahui karakter dan ciri-ciri bakteri yang diperoleh untuk proses identifikasi selanjutnya. Menurut Suryani dan A'yun (2022), pengamatan makroskopis dilakukan secara langsung dengan melihat morfologi koloni bakteri sampel. Juga dilakukan pengujian pada Mac Concay yaitu pengujian kemampuan bakteri untuk memanfaatkan sumber carbon atau memferivikasi uji gram yang dilakukan.

7. Pengujian Karakterisasi Fisiologis

Karakterisasi fisiologis dan biokimia isolat bakteri dengan melakukan proses identifikasi awal bakteri hingga ke tingkat genus. Identifikasi bakteri dilakukan dengan pengujian uji gram (KOH 3%), uji pigmentasi, dan uji sinergistas. Karakterisasi dilakukan untuk mengidentifikasi dan determinasi suatu biakan murni bakteri hasil isolasi melalui sifat fisiologisnya (Imtiyaz & Octavia, 2023). Selain itu dilakukan pengujian aktifitas enzim sellulolitik secara kualitatif. Pengujian aktivitas selulolitik dilakukan dengan metode Congo Red, yaitu larutan Congo Red (0,1% w/v) dituang pada kultur dan dibiarkan selama 15 menit. Larutan kemudian dibuang dan dibilas dengan NaCl 0,2 M selama 15 menit sebanyak tiga kali. Pencucian ini bertujuan untuk membuang Congo Red yang tidak berikatan dengan polisakarida. Selanjutnya dilakukan inkubasi pada suhu 40 °C selama 48 jam untuk menyempurnakan pembentukan zona bening, kemudian diamati zona bening yang terbentuk. Isolat bakteri yang mampu menguraikan CMC ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening disekitar koloni setelah diuji dengan metode *Congo Red*. Indeks aktivitas selulase dapat ditentukan dengan cara mengukur rasio diameter zona bening terhadap diameter koloni menurut Persamaan I (Murtiyaningsih dan Muhammad, 2017).

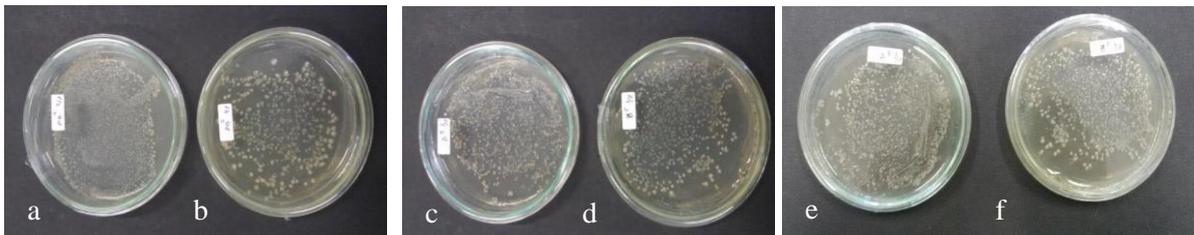
$$\text{Indeks Aktivitas Enzim (cm)} = \text{Diameter zona bening (cm)} - \text{Diameter koloni (cm)} \dots\dots\dots (1)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel di Kabupaten Sidrap

Tempat pengambilan sampel di rhizosfer tanaman bambu dengan 2 titik di Desa Mattirotasi, Kecamatan Watang Pulu terdiri 2 titik lokasi dan Desa Lainungan, Kecamatan Watang Pulu terdiri 2 titik lokasi (Gambar 1). Hasil yang diperoleh dari isolasi di kedua titik yang ada di Kabupaten Sidrap diperoleh 52 isolat yang berhasil diisolasi dari rhizosfer bambu. Isolat yang diperoleh selanjutnya diuji pada media CMC, dan menghasilkan 6 isolat unggul yang akan diuji kemampuan mendegradasi enzim sellulotik (Gambar 2). Hasil pengujian tersebut diperoleh 2 isolat unggul dari rhizosfer bambu (Gambar 3).

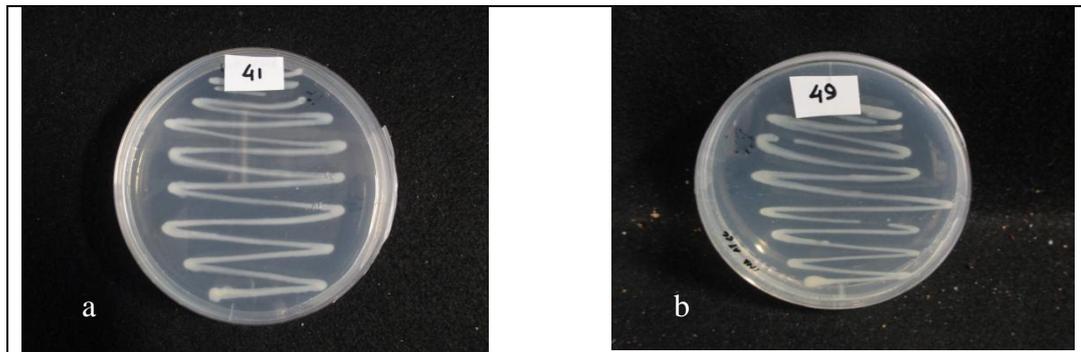


Gambar 2. Pengamatan Makroskopis bakteri, a. Isolat SDR 1A101B, b. Isolat SDR1A107B, c. Isolat SDR1B107 A, d. Isolat SDR2A107A, e. Isolat SDR2B101B, dan f. Isolat SDR2B102 A

Lapisan rhizosfer bambu dipilih karena adanya dugaan bahwa tanaman bambu jarang terkontaminasi oleh adanya bahan kimia maupun limbah kimia. Akumulasi bahan organik di sekitar tanaman bambu merupakan fenomena umum yang terutama disebabkan oleh rontoknya daun bambu. Daun bambu yang gugur ini mengandung bahan organik yang berasal dari zat seperti selulosa, lignin, dan senyawa organik lainnya yang merupakan

bagian dari jaringan tanaman (Dewi et al., 2023). Ketika daun-daun ini berguguran dan menumpuk di sekitar batang bambu, terbentuk endapan alami di tanah.

Pengamatan makroskopis merupakan tahapan paling awal yang dapat dilakukan pada saat identifikasi bakteri. Setiap spesies bakteri memiliki bentuk morfologi yang berbeda-beda. Pengujian ini dapat memperkecil ruang pengamatan terhadap bakteri yang tidak sesuai kriteria bakteri yang sedang dicari. Pengamatan makroskopis dapat dilakukan hanya dengan menggunakan pengamatan mata langsung atau dengan bantuan kaca pembesar untuk memperjelas koloni bakteri yang diamati. Hasil pengamatan morfologi koloni isolat bakteri yang dilakukan secara makroskopis disajikan pada Tabel 1, yang menunjukkan bahwa seluruh isolat memiliki bentuk yang bulat dan batang, permukaan rata, dan tepi yang utuh dan bergerigi, sesuai dengan morfologi dari bakteri *Pseudomonas fluorescens*. Namun pada sampel PF 1, PF 2, dan PF 4 warna dari koloni terlihat putih susu sedangkan pada sampel SDR 1A10¹ B (Gambar 3). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Adiathy et al., 2017) yang menyatakan bahwa bakteri *P. fluorescens* memiliki koloni berbentuk bulat, cembung, dan berwarna putih-krem kekuningan. Bentuk bulat dan cembung memungkinkan bakteri untuk meningkatkan area kontak dengan lingkungan sekitarnya, sehingga mempermudah pertukaran nutrisi dan metabolit. Selain itu, warna putih-krem kekuningan pada koloni ini seringkali disebabkan oleh produksi pigmen pendarfluor yang merupakan fitur unik dari bakteri ini (Permata et al., 2024).



Gambar 3. Pengamatan makroskopis isolat unggul Bakteri. (a) SDR1A10¹B, (b) Isolat unggul SDR1B10⁷A

Tabel 1. Deskripsi Morfologi Koloni Isolat Bakteri pada Rhizosfer Tanaman Bambu di Kabupaten Sidrap

No.	Kode Isolat	Ciri Morfologi Koloni			
		Bentuk	Warna	Permukaan	Tepi
1	SDR 1A101 B	Bulat	Putih susu	Rata	Utuh
2	SDR1A107 B	Batang	Putih susu	Rata	Utuh
3	SDR1B107 A	Batang	Putih	Rata	Bergerigi
4	SDR2A107 A	Batang	Putih	Rata	Utuh
5	SDR2B101 B	Batang	Putih susu	Rata	Bergerigi
6	SDR2B102 A	Batang	Putih Kekuningan	Rata	Bergerigi

Isolat yang telah diperoleh merupakan bakteri berpotensi sebagai dekomposer yang dieksplorasi dari lapisan rhizosfer tanaman bambu (*Bambusoideae* sp.) yang berdasarkan hasil pengujian berperan dalam tanah sebagai dekomposer sellulotik. Hal tersebut dapat

mendukung adanya pertumbuhan mikroorganisme secara optimal, terutama rhizobacteria. Rhizobacteria merupakan sekelompok bakteri yang mengkolonisasi akar tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman serta dapat mendegradasi bahan organik yang ada di dalam tanah (Triani dan Gunam, 2022).

Tabel 2. Karakterisasi Fisiologi Bakteri dari Rhizosfer Bambu pada reaksi Gram dan Pertumbuhan *Mac Concay*

No.	Kode Isolat	Ciri Morfologi Koloni			
		Uji Gram	Uji Pigmentasi	Pertumbuhan pada Mac Concay	Warna Koloni
1	SDR 1A101 B	-	-	+++	Krem muda
2	SDR1A107 B	+	-	++	Kreme
3	SDR1B107 A	+	-	+	Kreme
4	SDR2A107 A	-	-	+	Kreme
5	SDR2B101 B	-	-	+	Kreme
6	SDR2B102 A	-	+	+	Pink

Tabel 3 menunjukkan kemampuan isolat bakteri mendegradasi enzim sellulotik, dan tertinggi pada isolat SDR1A10⁷B yang mempunyai diameter zona bening 0.7 cm dan kadar enzim 3.175 mU/mL.

Tabel 3. Kemampuan Isolat Bakteri dari Rhizofer Bambu Mendegradasi Enzim Sellulotik

No	Kode Isolat	Diameter Zona Bening media Sellulotik (cm)	Pengujian Enzim Sellulotik mU/mL	Metode
1	SDR 1A10 ¹ B	0.2	1.164	1. Metode Spektrofotometer
2	SDR1A10 ⁷ B	0.7	3.175	
3	SDR1B10 ⁷ A	0.2	1.241	2. Limit deteksi enzim sellulotik : 0.0053 mU/mL
4	SDR2A10 ⁷ A	0.2	1.432	
5	SDR2B10 ¹ B	0.3	2.169	
6	SDR2B10 ² A	0.3	2.698	

Keterangan: 1 unit (U) = 1 mikromol produk/menit

IV. KESIMPULAN

Diperoleh 52 isolat dari 4 titik rhizosfer bambu di 2 tempat di Kabupaten Sidrap Sulawesi Selatan. Isolat SDR1A10¹B dan SDR1A10⁷B mempunyai morfologi yang terbaik dan kemampuan mendegradasi dan mendekomposisi selulosa yang terbaik, dan berpotensi sebagai mikroba dekomposer.

V. REFERENSI

- Adiathy, I. A. G. D., Suniti, N. W., & Suada, I. K. (2017). Pengaruh Inokulasi *Trichoderma* sp . Indigenus Terhadap Penyakit Akar Gada dan Pertumbuhan Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* L). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 6 (4), 423–432.
- Ashari, A. M., & Purwaningsih. (2024). Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Padat Di

- Desa Kelakar Kecamatan Hulu Gurung Kapuas Hulu. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 6 (1), 234–241.
- Diansari, V., & Muzaiifa, M. (2024). Pembuatan Pupuk Kompos Organik Dari Limbah Kulit Kopi Di Desa Alur Gading Kecamatan Pintu Rime Gayo Kabupaten Bener Meriah. *Jurnal Pengabdian Mahakarya Masyarakat Indonesia*, 2(1), 7–12. <https://doi.org/10.24815/pemasi.v1i1.35778>
- Eliyatiningsih, E., Pertami, R. R. D., Rohman, H. F., Siswadi, E., & Sukri, M. Z. (2022). Sosialisasi Pembuatan Pupuk Trichokompos Dengan Memanfaatkan Limbah Pertanian di Desa Sidodadi, Kecamatan Tempurejo, Kabupaten Jember. *Journal of Community Development*, 3(2), 175–182. <https://doi.org/10.47134/comdev.v3i2.90>
- Hartatik, W., Husnain, H., & Widowati, L. R. (2015). Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 107–120.
- Hidayah Murtiyaningsih dan Muhammad Hazmi, 2017, Isolasi dan Uji Aktifitas Enzim Sellulase Pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Jurnal Agritop* 15 (2) : 293-308. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id>
- Imtiyaz, A. N., & Octavia, B. (2023). Identifikasi Bakteri Pada Bintil Akar Aktif Dan Tidak Aktif Serta Rhizosfer Kacang Tanah. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 9(1), 63–74. <https://doi.org/10.21831/kingdom.v9i1.18626>
- Istini, I. (2020). Pemanfaatan Plastik Polipropilen Standing Pouch Sebagai Salah Satu Kemasan Sterilisasi Peralatan Laboratorium. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(3), 41. <https://doi.org/10.22146/ijl.v2i3.57424>
- Dewi, K. R., Dwi Daryono, E., Jimmy, J., Dwi, M. R., Bangkit Sukarno, L., Zulfian, M., & Aliyatus S., M. (2023). Potensi Bambu Sebagai Alternatif Bahan Bakar Briket Dengan Teknologi Sederhana. *Prosiding SENIATI*, 7(1), 128–135. <https://doi.org/10.36040/seniati.v7i1.8034>
- Kurniawan, C. A., & Gusmawartati, G. (2022). Uji Isolat Bakteri Selulolitik Sebagai Dekomposer Pada Dekomposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 5(1), 55–62. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v5i1.159>
- Las, I. dan Tim. 2008. Sumber daya lahan dan iklim mendukung swasembada beras lestari. *Memiograf*, Balai Besar Litbang SDLP. Bogor.
- Mikdarullah, M., & Nugraha, A. (2017). Teknik Isolasi Bakteri Proteolitik Dari Sumber Air Panas Ciwidey, Bandung. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 15 (1), 11. <https://doi.org/10.15578/blta.15.1.2017.11-14>
- Nangaro, R. A., Tamod, Z. E., & Titah, T. (2021). Analisis Kandungan Bahan Organik Tanah Di Kebun Tradisional Desa Sereh Kabupaten Kepulauan Talaud. *Cocos (Universitas Samratulangi)*, 1(1), 1–17.
- Permata, A. H. D., Purnawati, A., & Suharto. (2024). Eksplorasi Isolasi dan Identifikasi Bakteri Antagonis dari Lapisan Rizosfer Tanaman Bambu (*Bambusoideae* sp.). *Seminar Nasional Kedaulatan Pertanian 2024*, 1(1), 469–481.
- Saraswati, Edi Husen, & Simanungkalit, R.D.M. 2012. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Sulistiono, W., Awaludin, M. F., Nurhasan, R., Aziz, A. A., Arrasyid, M. F., & Anwar, M. K. (2022). Pengembangan kualitas lingkungan masyarakat melalui kegiatan kemasyarakatan. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*.

<http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat>

- Suryani, S., & A'yun, Q. (2022). Isolasi Bakteri Endofit Dari Mangrove *Sonneratia alba* Asal Pondok 2 Pantai Harapan Jaya Muara Gembong. *Bio Sains Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(2), 62–66.
- Triani, I. G. A. L., & Gunam, I. B. W. (2022). Karakteristik Sawi Hijau (*Brassica rapa* var *parachinensis*) yang Dihasilkan dari Aplikasi Bakteri Pemacu Pertumbuhan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 7 (1), 62. <https://doi.org/10.24843/jitpa.2022.v07.i01.p08>