

# Jurnal Biotek

p-ISSN: 2581-1827 (print), e-ISSN: 2354-9106 (online)  
Website: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/biotek/index>

## Karakterisasi Bakteri Potensial Pengurai Plastik di Kawasan Bakau Sine Tulungagung

Annisa Salsabila Zahrotul 'Izzah<sup>1\*</sup>, Muhammad Iqbal Filayani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Negeri Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung, Indonesia

\*Correspondence email: [sannisa572@gmail.com](mailto:sannisa572@gmail.com)

(Submitted: 30-10-2022, Revised: 26-12-2022, Accepted: 27-12-2022)

### ABSTRAK

Penggunaan plastik masih digemari oleh sebagian besar masyarakat hingga saat ini, hal tersebut mengakibatkan meningkatnya jumlah sampah plastik. Salah satu bakteri yang mampu melakukan bioremediasi plastik adalah bakteri yang terdapat di ekosistem bakau. Keberadaan ekosistem bakau juga dapat ditemukan di Pantai Sine Tulungagung, namun belum pernah ada eksplorasi lebih lanjut mengenai keberadaan bakteri pengurai plastik. Penelitian ini dilakukan guna mengeksplorasi keberadaan bakteri potensial di kawasan bakau pantai Sine Tulungagung, yang dapat menguraikan plastik. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deksriptif yang diawali dengan penanaman sampel plastik di endapan bakau, kemudian dilakukan pengambilan sampel bakteri di kawasan bakau Pantai Sine Tulungagung. Sampel bakteri diperoleh dengan metode isolasi sehingga didapatkan hasil sebanyak 21 isolat bakteri hasil eksplorasi, yang akan dilakukan uji pengurangan berat plastik. Bakteri yang berpotensi menguraikan plastik selanjutnya dilakukan identifikasi melalui uji morfologi (warna, bentuk, tepian, elevasi, ukuran) dan uji biokimia (pewarnaan gram dan enzim katalase). Ditemukan persentase pengurangan berat plastik tertinggi sebesar 6,97%, dengan karakteristik terbanyak berbentuk coccus atau bulat berjenis gram negatif.

**Kata Kunci:** bakau, bakteri pengurai plastik, bioremediasi, pantai sine Tulungagung

### ABSTRACT

*The use of plastic is still favored by most people today, which has increased the amount of plastic waste. One of the bacteria that can carry out plastic bioremediation is found in mangrove ecosystems. The existence of the mangrove ecosystem is found on Sine Tulungagung Beach, but there has never been further exploration regarding the presence of plastic-degrading bacteria. This research was conducted to explore the presence of potential plastic-degrading bacteria in the mangrove area of the Sine Tulungagung coast. This study used a descriptive-qualitative method that began with planting plastic samples in mangrove deposits, followed by taking bacterial samples from the mangrove area of Sine Beach, Tulungagung. 21 bacteria were isolated from the exploration and tested for their ability to reduce the weight of the plastic. Bacteria with the ability to decompose plastic were then identified using morphological (color, shape, edges, elevation, and size) and biochemical (gram staining and catalase enzyme) tests. It was found that the highest plastic weight reduction was 6.97%, with the most characteristics in the form of coccus and gram-negative bacteria.*

**Keywords:** mangroves, plastic decomposing bacteria, bioremediation, Tulungagung sine beach



Copyright©2022

## PENDAHULUAN

Plastik menjadi salah satu bahan yang sampai saat ini masih diminati penggunaannya oleh sebagian besar masyarakat (Mardiansyah & Nasution, 2018). Penggunaan bahan dasar plastik dalam kegiatan industri semakin meningkat, beriringan dengan meningkatnya minat konsumen terhadap kegiatan jual beli online (Kurniawan & Rahma, 2022). Dampak dari kegiatan tersebut salah satunya adalah meningkatnya volume sampah plastik, yang akan mengakibatkan pencemaran di lingkungan, pencemaran tanah, pencemaran air tanah, pencemaran mikroplastik pada ekosistem laut (Purwaningrum, 2016). Pencemaran mikroplastik yang membahayakan biota di laut tersebut diakibatkan terbuangnya sebanyak 3,2 juta sampah plastik (Krisyanti, 2020).

Bioremediasi merupakan kegiatan yang memanfaatkan potensi makhluk hidup untuk mereduksi atau menguraikan mikroplastik dengan menggunakan senyawa yang dikeluarkan oleh bakteri (Fachrul & Rinanti, 2018). Bakteri adalah sekelompok mikroorganisme prokariotik bersel tunggal yang hidup berkelompok, memiliki selubung inti, dan dapat hidup di berbagai lokasi (Kurniawan et al., 2018). Bakteri memainkan berbagai peran yang menguntungkan dan merugikan dalam kehidupan (Irene et al., 2020). Distribusi dan populasi mikroorganisme pengurai polimer plastik berada pada aneka macam ekosistem telah banyak dilaporkan, salah satunya adalah kelompok *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas* sp, *Halomonas* sp, dan *Azotobacter* yang didapatkan dari perairan mangroove memiliki kemampuan mendegradasi polimer mikroplastik (Vianti et al., 2020). Kelompok bakteri tersebut memanfaatkan peran enzim dalam proses degradasi plastik. Proses metabolisme dapat memecah struktur polimer menjadi monomer menggunakan enzimnya yaitu enzim lipase, esterase, dan serin hidrolase (Asmi, 2020). Enzim berinteraksi dengan permukaan polimer untuk memutus ikatan hidrolitik polimer dan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih sederhana seperti monomer, dimer, atau trimer (Kurniawati, 2018). Plastik yang terdegradasi oleh mikroba mengalami dua tahap yaitu tahap aerobik dan anaerobik, menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O) sebagai produk akhir dari proses metabolisme (Asmita et al., 2015).

Beberapa bakteri yang menghuni ekosistem bakau berpotensi sebagai agen bioremediasi (Fachrul & Rinanti, 2018). Diantaranya adalah, bakteri pengikat nitrogen, bakteri larut fosfat, bakteri pengoksidasi metana dan bakteri metanogenik. Mikroorganisme yang diperoleh dari isolasi sedimen bakau juga mampu

mendegradasi asam ftalat yang merupakan komponen produksi plastik (Kumar & Maitra, 2016). Pada penelitian terdahulu, ditemukan potensi keanekaragaman hayati bakteri pendegradasi pada hutan bakau (bakteri genus *Bacillus* dan *Pseudomonas*) yang tinggi untuk studi bakteri pendegradasi hidrokarbon (Octavianda et al., 2016). Pada penelitian lain didapatkan 10 isolat bakteri yang dapat menghasilkan enzim selulose yang diisolasi dari kawasan bakau mangrove di Filipina. Di kawasan bakau Brazil juga didapatkan isolat bakteri selulolitik yang mampu memproduksi amylase juga protease. Sedangkan pada kawasan bakau Muthupettai diidentifikasi jenis-jenis *Bacillus* penghasil amilase, hal tersebut senada dengan penemuan *Bacillus cereus* yang memiliki aktivitas selulose pada kawasan bakau Thailand (Subagiyo & Djarod, 2017).

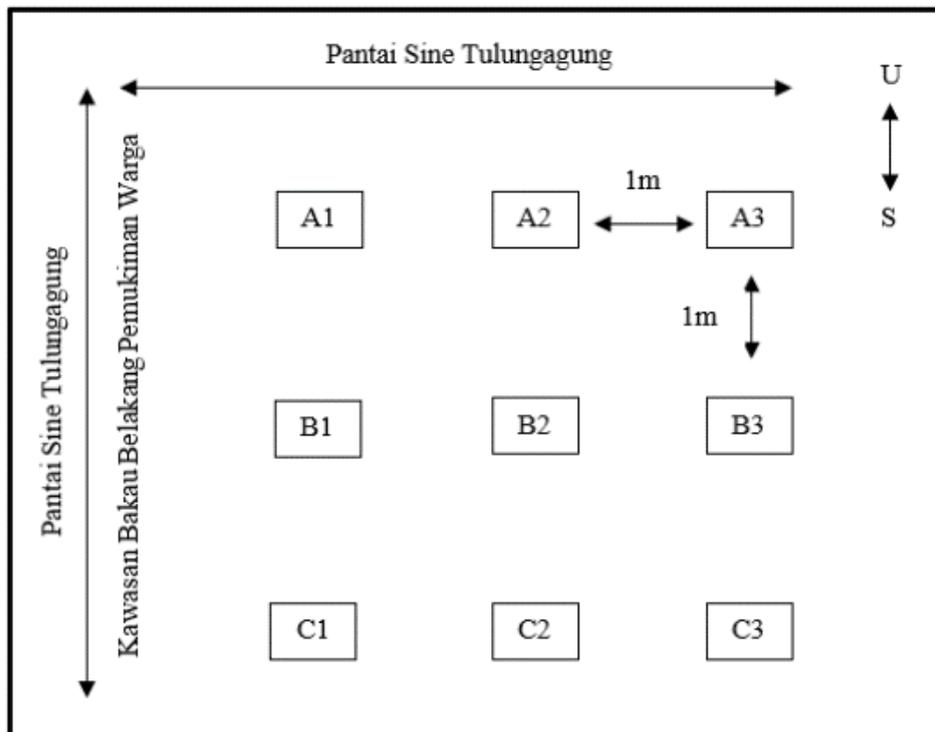
Tanah bakau kaya akan bahan organik dan bertindak sebagai biostimulan untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi, membantu aerasi tanah, dan menyerap sumber hidrokarbon di dalam tanah untuk membantu proses dekomposisi hidrokarbon (Irene et al., 2020). Kawasan bakau juga dapat ditemukan di kota Tulungagung di bagian selatan kawasan Pantai Sine di desa Kalibatur kecamatan Kalidawir (Syafitri, 2021). Akibat kondisi bakau yang bersebelahan dengan rumah warga, ramainya aktivitas wisata dan warga sekitar, banyak sampah yang menumpuk, termasuk sampah plastik. Kondisi tersebut menjadi daya dukung keberadaan bakteri pengurai plastik sehingga menarik untuk dieksplorasi, sebagai langkah awal untuk penggunaannya sebagai agen bioremediasi.

## **METODE PENELITIAN**

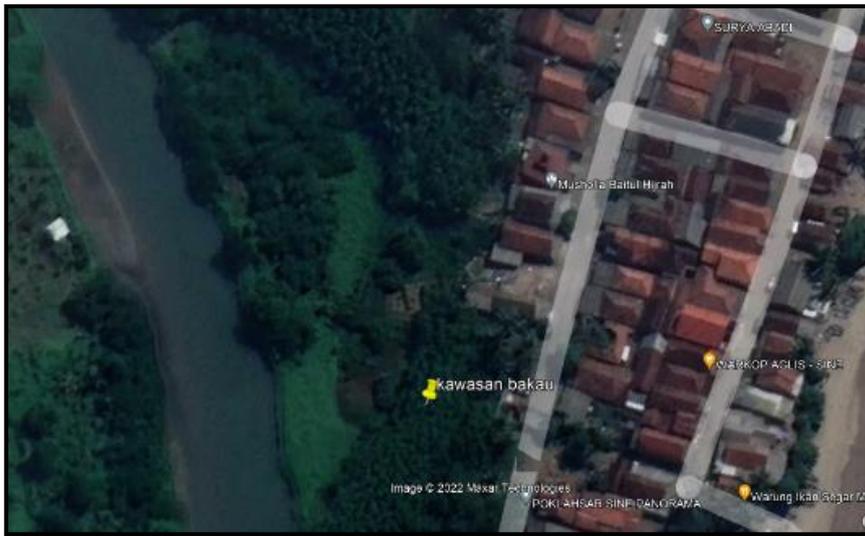
Penelitian ini bersifat deskriptif yang dilaksanakan mulai bulan April 2021 sampai bulan Februari 2022. Sampel sediaan plastik berupa plastik berjenis *polyethylene* (Filayani, 2019), ditanam pada kawasan bakau Pantai Sine Kabupaten Tulungagung. Penelitian ini diawali dengan penimbangan berat akhir plastik yang sudah di tanam pada sedimen bakau dan dilanjutkan dengan uji morfologi dan uji kandungan biokimia dari isolat bakteri yang diperoleh di 9 stasiun (Rahmawati & Kurniatuhadi, 2018). Lokasi penelitian dilaksanakan pada kawasan bakau yang paling dekat dengan pemukiman masyarakat, sejumlah besar sampah plastik dihasilkan sebagai akibat dari kehidupan sehari-hari dan kegiatan pariwisata. Sekalipun banyak ditemukan sampah plastik di sana, kondisi tanaman bakau masih

bisa tumbuh dan berkembang. Oleh karena itu, lokasi tersebut dipilih untuk dilakukan eksplorasi lebih lanjut.

Populasi dalam penelitian ini diperoleh dari semua jenis bakteri yang hidup dan berada di kawasan bakau Pantai Sine Tulungagung. Sampel isolat bakteri diperoleh dari dari sembilan plot (yang terdiri dari tiga stasiun, setiap stasiun berisi tiga plot yang berjarak satu meter antar plot). Kemudian dilakukan uji pengurangan berat plastik, dilakukan teknik penanaman plastik dalam botol yang diletakkan dalam botol kaca dan ditanam selama 7 bulan di lokasi endapan bakau Pantai, plastik ditanam dalam botol kaca yang sudah diisi dengan sedimen bakau sebanyak setengah ukuran botol kaca berukuran 250 ml, kemudian dipenuhi kembali setengah volume botol dengan sedimen lagi, untuk selanjutnya dilakukan penanaman sampel dengan kondisi botol terbuka selama tujuh bulan (Filayani, 2020). Sampel di tanam di dalam sedimen bakau dengan kedalaman 30 cm serta dikaitkan pada akar dan batang bakau menggunakan tali rafia, supaya proses pengambilan sampel lebih mudah dan sampel tidak ikut terbawa arus air.



Gambar 1. Denah Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel ( $8^{\circ}17'17.55''S$   $111^{\circ}56'5.90''E$ )

Hasil penurunan berat plastik didapatkan dengan menggunakan rumus presentase kehilangan berat, yakni dicari selisih berat kering awal plastik ( $W_i$ ) dalam satuan gram dengan berat kering akhir plastik setelah mengalami penguraian oleh bakteri ( $W_f$ ) dalam satuan gram kemudian hasil tersebut di bagi dengan berat kering awal plastik ( $W_i$ ) (Riandi et al., 2017).

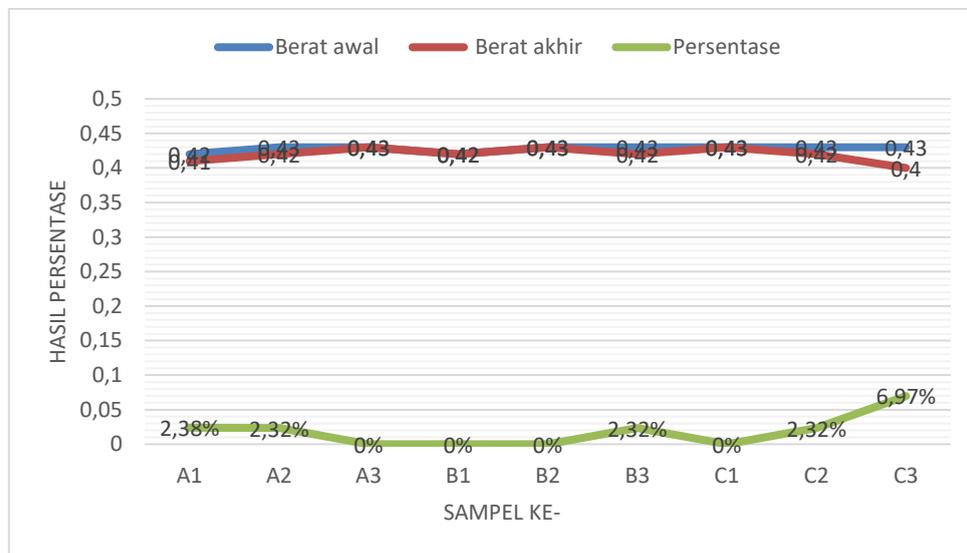
$$\text{Kehilangan berat} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

Isolasi mikroorganisme atau bakteri dilakukan sebagai proses awal pemisahan satu mikroorganisme dari mikroorganisme lain atau dari mikroorganisme yang terdapat dalam suatu campuran untuk mendapatkan satu koloni. Pada tahap isolasi, sampel endapan bakau yang terdapat pada permukaan plastik (yang sudah ditanam) dihomogenkan untuk kemudian dilakukan *pour plate*. Proses isolasi dilakukan dengan pengenceran serial, dan menggunakan pengenceran  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ , dan  $10^{-6}$  untuk menghindari pertumbuhan bakteri yang bertumpuk (Utami, 2018). Proses sterilisasi dilakukan sebelum kegiatan isolasi bakteri, yang kemudian dilanjutkan identifikasi bakteri dengan menghitung pengurangan berat plastik (uji biodegradasi), serta melakukan pewarnaan gram dan katalase (uji biokimia).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengukuran pengurangan berat plastik dari sembilan sampel, didapatkan hasil perbedaan persentase pengurangan berat plastik. Sebanyak lima sampel memiliki presentase degradasi masing-masing sebesar 2,38 (plot A1), 2,32 (plot A2),

2,32 (plot B3), 2,32 (plot C2), dan 6,97 (plot C3) sedangkan pada empat sampel lainnya (plot A3, B1, B2, dan C1) tidak memiliki perubahan berat yang berarti tidak terjadi degradasi dari plastik yang ditanam. Terdapat perbedaan daya bakteri dalam melakukan penguraian pada jenis plastik tertentu karena berbagai faktor seperti kondisi lingkungan dan jenis plastik yang diuji. Serupa dengan penelitian lain yang menguji kemampuan bakteri menguraikan plastik, faktor-faktor yang dapat membedakan hasil laju penguraian menunjukkan bahwa jenis substrat, suhu, kelembaban, dan juga tingkat pH yang diperlukan untuk kehidupan mikroba (Mardalisa et al., 2021). Hasil pengurangan berat plastik dapat dilihat lebih spesifik pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Persentase Pengurangan Berat Plastik

Waktu yang dibutuhkan untuk proses penanaman plastik di endapan bakau yakni selama 7 bulan, didapatkan persentase hasil tertinggi yang diperoleh dari sampel di plot C3, yaitu 6,97%. Isolat yang digunakan adalah isolat murni tanpa tambahan nutrisi, sehingga mampu mendegradasi 2–3% plastik dalam waktu sekitar 120 hari (Skariyachan et al., 2017). Berdasarkan hasil penurunan berat yang dicapai, dapat disimpulkan bahwa mikroorganisme yang diperoleh pada penelitian ini memiliki kemampuan untuk menguraikan plastik. Mikroorganisme dapat melakukan ini dengan cara berbagi dan memanfaatkan sumber karbon yang terkandung dalam plastik uji saat mengurai plastik. Komponen lain yang mempengaruhi proses degradasi antara lain kadar garam mineral dalam media pertumbuhan bakteri. Bahan tambahan berupa ion-ion logam dapat berfungsi dalam proses oksidasi secara fisika dibantu oleh cahaya dan suhu. Hasil oksidasi plastik tersebut akan

menghasilkan senyawa-senyawa dengan berat molekul rendah seperti asam karboksilat, alkohol dan keton sehingga dapat digunakan oleh mikroorganisme termasuk bakteri sebagai sumber karbon (Firdaus et al., 2019).

Dari sampel yang mengindikasikan terjadinya degradasi plastik, dilakukan isolasi bakteri yang berpotensi melakukan aktivitas pendegradasi plastik. Isolat yang diperoleh dikarakterisasi dengan pengamatan makroskopik atau pemeriksaan morfologi berdasarkan karakteristik koloni bakteri (warna, bentuk, batas, tinggi, ukuran) (Widodo, 2016). Melalui uji morfologi yang dilakukan, terlihat adanya perbedaan pada masing-masing isolat antar plot, dengan isolat yang lebih banyak berwarna keputihan dan berwarna membulat. Hal ini memungkinkan isolat bakteri yang ditemukan berasal dari famili yang sama (Fitri & Yasmin, 2012). Perbedaan pada setiap bagian sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan Morfologi Isolat Bakteri

No.	Kode Isolat	Warna	Bentuk	Tepian	Elevasi	Ukuran
1.	ISL 1	Putih	Bulat	Bergelombang	Timbul	Sedang
2.	ISL 2	Putih	Bulat	Rata	Timbul	Kecil
3.	ISL 3	Putih	<i>Filamentous</i>	Berlekuk	Rata	Sedang
4.	ISL 4	Putih Susu	Bulat	Rata	Timbul	Sedang
5.	ISL 5	Putih	Tak beraturan	Timbul	Timbul	Sedang
6.	ISL 6	Putih	Bulat	Rata	Rata	Kecil
7.	ISL 7	Putih	Bulat	Rata	Timbul	Sedang
8.	ISL 8	Putih	Tak beraturan	Rata	Rata	Sedang
9.	ISL 9	Putih	<i>Filamentous</i>	Rata	Rata	Sedang
10.	ISL 10	Putih	Bulat	Rata	Timbul	Sedang
11.	ISL 11	Putih	Tak beraturan	Bergelombang	Timbul	Sedang
12.	ISL 12	Putih	Bulat	Rata	Rata	Kecil
13.	ISL 13	Putih	Bulat	Rata	Timbul	Kecil
14.	ISL14	Bening	Tak beraturan	Berlekuk	Rata	Sedang
15.	ISL 15	Putih Susu	Bulat	Rata	Cembung	Sedang

No.	Kode Isolat	Warna	Bentuk	Tepian	Elevasi	Ukuran
16.	ISL 16	Putih Susu	Bulat	Rata	Timbul	Sedang
17.	ISL 17	Putih	Bulat	Rata	Rata	Sedang
18.	ISL 18	Putih	Bulat	Bergelombang	Cembung	Sedang
19.	ISL 19	Putih	Bulat	Rata	Timbul	Sedang
20.	ISL 20	Putih	Bulat	Rata	Rata	Kecil
21.	ISL 21	Putih	Bulat	Rata	Rata	Kecil

Dari data sifat morfologi yang diuraikan tersebut, ditemukan bahwa koloni isolat yang terbentuk sebagian besar berbentuk bulat, tidak beraturan dan berwarna putih, ditandai dengan warna bulat putih atau keputihan yang menunjukkan ciri-ciri bakteri tipe *Bacillus* sp dengan bentuk koloni tidak beraturan. Studi lain juga menemukan bahwa basil dicirikan oleh warna putih pucat dengan tonjolan rata, tidak ada lendir, dan bentuk batang pendek (Diarti et al., 2018).

Pengujian biokimia dalam penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap uji pewarnaan gram dan pengujian katalase, dan selanjutnya akan dilakukan uji lain seperti uji *sequencing DNA* pada penelitian lanjutan. Pewarnaan gram dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jenis gram isolat bakteri yang terdapat baik berupa bakteri gram positif maupun gram negatif. Studi ini menemukan bahwa mayoritas (20 isolat) adalah gram negatif dan hanya sebagian kecil (1 isolat) yang gram positif. Bakteri gram negatif ditandai dengan warna merah karena sel bakteri tidak dapat mempertahankan warna ungu kristal. Strain gram positif kaya akan peptidoglikan, yang memungkinkan mereka untuk mempertahankan warna ungu kristal mereka. Hasil pengujian biokimia pada setiap isolat dapat dilihat lebih jelas pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbedaan Hasil Uji Biokimia Isolat Bakteri

No.	Kode Isolat	Bentuk	Gram	Katalase
1.	ISL 1	<i>Coccus</i>	negatif	+
2.	ISL 2	<i>Bacil</i>	negatif	+
3.	ISL 3	<i>Bacil</i>	negatif	+
4.	ISL 4	<i>Coccus</i>	negatif	+
5.	ISL 5	<i>Coccus</i>	negatif	+

No.	Kode Isolat	Bentuk	Gram	Katalase
6.	ISL 6	<i>Coccus</i>	negatif	+
7.	ISL 7	<i>Coccus</i>	negatif	+
8.	ISL 8	<i>Coccus</i>	negatif	+
9.	ISL 9	<i>Coccus</i>	negatif	+
10.	ISL 10	<i>Coccus</i>	negatif	+
11.	ISL 11	<i>Coccus</i>	negatif	+
12.	ISL 12	<i>Coccus</i>	negatif	+
13.	ISL 13	<i>Coccus</i>	negatif	+
14.	ISL14	<i>Coccus</i>	negatif	-
15.	ISL 15	<i>Bacil</i>	positif	+
16.	ISL 16	<i>Bacil</i>	negatif	+
17.	ISL 17	<i>Coccus</i>	negatif	+
18.	ISL 18	<i>Bacil</i>	negatif	+
19.	ISL 19	<i>Coccus</i>	negatif	+
20.	ISL 20	<i>Coccus</i>	negatif	+
21.	ISL 21	<i>Coccus</i>	negatif	+

Pada uji katalase didapatkan hasil bahwa sebagian besar isolat memberikan hasil positif pada uji katalase. Hal ini terlihat dari munculnya gelembung pada isolat bakteri yang diberi beberapa tetes larutan  $H_2O_2$ . Satu-satunya isolat bakteri yang tidak menunjukkan adanya enzim katalase adalah ISL 14 yang ditandai dengan tidak adanya gelembung udara. Hal ini sesuai dengan fungsi uji katalase yakni untuk mengetahui adanya enzim katalase pada isolat bakteri yang di uji dengan menggunakan pereaksi hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Bakteri yang memiliki enzim katalase memiliki kemampuan mengurai  $H_2O_2$  menjadi  $H_2O$  dan  $O_2$  dapat berfungsi untuk menetralkan dan melindungi sel bakteri dari senyawa hidrogen peroksida, menciptakan mekanisme yang melepaskan enzim katalase yang dapat memecah senyawa hidrogen peroksida menjadi oksigen dan air (Wati, 2020).

## KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mendeskripsikan karakterisasi bakteri potensial pengurai plastik di kawasan bakau Pantai Sine, Tulungagung. Ditemukan sembilan sampel yang mengindikasikan keberadaan bakteri pendegradasi plastik melalui pengujian pengurangan berat plastik sebesar 2,32%, 2,38%, dan persentase tertinggi sebesar 6,97%. Hasil sampel bakteri menghasilkan total 21 isolat bakteri setelah dilakukan pengenceran melalui metode isolasi bertingkat. Melalui pengamatan morfologi, sebagian besar bakteri ditemukan memiliki karakteristik berwarna putih, berbentuk bulat, dengan tepi rata dan menonjol. Bentuk bakteri yang paling umum adalah kokus atau bulat (sejumlah 16 isolat) dan basil atau batang (sejumlah 5 isolat), sebagian besar jenis gram adalah Gram negatif (sejumlah 20 isolat), dan hampir seluruh isolat memiliki kemampuan menghasilkan enzim katalase (20 isolat bakteri).

## DAFTAR PUSTAKA

- Asmi, N. (2020). Isolasi Mikroorganisme Pendegradasi Polimer High Density Polyethylene (HDPE). *Skripsi*. Tidak diterbitkan. Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- Asmita, K., Shubhamsingh, T., & Tejashree, S. (2015). Isolation of plastic degrading micro-organisms from soil samples collected at various locations in Mumbai, India. *International Research Journal of Environment Sciences*, 4(3), 77–85. Retrieved from [www.isca.me](http://www.isca.me).
- Diarti, M. W., Rohmi, R., Achmad, Y. S. K., & Jiwintarum, Y. (2018). a Characteristic of Morphology, Colony and Biochemistry of Bacteria That Isolated From Sediments of Mosquito Breeding Lagoon. *Jurnal Kesehatan Prima*, 11(2), 124. <https://doi.org/10.32807/jkp.v11i2.6>.
- Fachrul, & Rinanti. (2018). Bioremediasi Pencemar Mikroplastik di Ekosistem Perairan Menggunakan Bakteri Indigenous. *Prosiding Seminar Nasional Kota Berkelanjutan*, (2015), 302–312. <http://dx.doi.org/10.25105/psnkb.v1i1.2910>
- Filayani, M. I. (2019). Proses Degradasi Plastik Jenis Polietilen Menggunakan Tanah Tempat Pembuangan Sampah (TPS) lain Tulungagung Dan Yakult Menggunakan Kolom Winogradsky. *Prosiding Seminar Nasional Hayati*, 7(1), 40–45. <https://doi.org/10.29407/hayati.v7i1.602>.
- Filayani, M. I. (2020). Uji Degradasi Plastik Polietilen Menggunakan Metode Kolom Winogradsky dengan Penambahan *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* Polyethylene Plastic Degradation Test Using the Winogradsky Column Method with *Lactobacillus bulgaricus* and *Str. LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 9(2), 153–157. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v9n2.p153-157>.
- Firdaus, N. R., Rahmawati, R. & Riyandi, R. (2019). Skrining Bakteri Berpotensi Pendegradasi Polietilen Oxo-Degradable Dari Tanah Gambut Di Sekitar Tpa Kuala Dua Rasau Jaya. *Jurnal Protobiont*, 8(3), 1–5. <https://doi.org/10.26418/protobiont.v8i3.36680>
- Fitri, L., & Yasmin, Y. (2011). Isolasi dan Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Kitinolitik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi Edukasi*, 3 (2), 20–25.

- <https://jurnal.unsyiah.ac.id/JBE/issue/view/130>.
- Riandi, M. I., Kawuri, R. & Sudirga, S.K. (2017). Potensi Bakteri Pseudomonas Sp. Dan Ochrobactrum Sp. Yang Di Isolasi Dari Berbagai Sampel Tanah Dalam Mendegradasi Limbah Polimer Plastik Berbahan Dasar High Density Polyethylene (HDPE) Dan Low Density Polyethylene (LDPE). *SIMBIOSIS Journal of Biological Sciences*, 5(2), 58. <https://doi.org/10.24843/jsimbiosis.2017.v05.i02.p05>.
- Irene, D. S., Dirgayusa, I. G. N. P., & Pusphita, N. L. P. R. (2020). Identifikasi Bakteri yang Berpotensi Mendegradasi Hidrokarbon dari Substrat Mangrove dengan Tekstur. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(2), 170–179. <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i02.p4>
- Krisyanti. (2020). Pengaruh Kampanye #PantangPlastik terhadap Sikap Ramah Lingkungan (Survei pada Pengikut Instagram @GreenpeaceID) DOI: 10.31504/komunika.v9i1.2387. *Jurnal Komunika: Jurnal Komunikasi, Media Dan Informatika*, 9(1), 40–51. <https://doi.org/10.31504/komunika.v9i1.2387>.
- Kumar, V., & Maitra, S. S. (2016). Biodegradation of endocrine disruptor dibutyl phthalate (DBP) by a newly isolated Methylobacillus sp. V29b and the DBP degradation pathway. *3 Biotech*, 6(2), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0524-5>.
- Kurniawan, A., Prihanto, A. A., Puspitasari, S., Kurniawan, A., Asriani, E., & Sambah, A. B. (2018). Cellulolytic Bacteria Mangrove Leaf Litter in Bangka Island. *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 9(1), 06–11. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v9i1.218>.
- Kurniawan, & Rahma. (2022). Dampak PPKM Terhadap Sampah Plastik di Jakarta. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Biologi dan Sains*, 1(1), 28–42. <https://doi.org/10.30998/jpmbio.v1i1.952>.
- Kurniawati, A. R. (2018). *Kapang Tanah Mangrove Wonorejo Pendegradasi Plastik*. 1–100. Retrieved from [https://repository.its.ac.id/51128/%0Ahttps://repository.its.ac.id/51128/1/1515201201-Master\\_Thesis.pdf](https://repository.its.ac.id/51128/%0Ahttps://repository.its.ac.id/51128/1/1515201201-Master_Thesis.pdf).
- Mardalisa, Fatwa, E. B., Yoswaty, D., Feliatra, Effendi, I., & Amin, B. (2021). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Plastik dari Perairan Laut Dumai Provinsi Riau Isolation and Identification of Indigenous Plastic-Degrading Bacteria from Dumai 's Ocean Water of Riau Province. *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 9(1), 77–85. <http://dx.doi.org/10.31258/jipas.9.1.p.77-85>
- Mardiansyah, Y., & Nasution, J. (2018). Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Tas Oleh Masyarakat Kavling Sagulung Baru. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 64–71. <https://doi.org/10.33379/attamkin.v1i2.499>
- Octavianda, F. T., Asri, M. T., & Lisdiana, L. (2016). Potensi isolat bakteri pendegradasi kenis plastik polietilen oxo-degradable dari tanah TPA benowo surabaya. *Lentera Bio: Berkala Ilmiah Biologi*, 5(1), 32–35. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/14560>
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(2), 141–147. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9366433>.
- Rahmawati, S. R. & Kurniatuhadi, R. (2018). Deteksi Bakteri Selulolitik pada Kotoran Luwak ( *Paradoxurus hermaphroditus* ) dari Kebun Binatang Bandung.

- Protobiont*, 7(2), 19–28. <http://dx.doi.org/10.26418/protobiont.v7i2.25294>
- Skariyachan, S., Setlur, A. S., Naik, S. Y., Naik, A. A., Usharani, M., & Vasist, K. S. (2017). Enhanced biodegradation of low and high-density polyethylene by novel bacterial consortia formulated from plastic-contaminated cow dung under thermophilic conditions. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(9). <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8537-0>
- Subagiyo, S., Djarod, M. S. R., & Setyawati, W. A. (2017). Potensi Ekosistem Mangrove Sebagai Sumber Bakteri Untuk. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(2), 106–111. <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i2.1703>
- Syafitri, N. L. (2021). Karakteristik Morfologi Tumbuhan Jeruju (*Acanthus ilicifolius* L.) di Hutan Mangrove Pantai Sine Kalibatur Tulungagung sebagai Media Belajar Biologi. *Skripsi*. Tidak diterbitkan. Tulungagung: Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan UIN SATU Tulungagung.
- Utami, U. (2018). *Buku Petunjuk Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Vianti, R. O., Melki, Rozirwan, & Purwiyanto, A. I. S. (2020). Purifikasi dan Uji Degradasi Bakteri Mikroplastik dari Perairan Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 12(2), 29–36. <https://doi.org/10.56064/maspari.v12i2.12648>
- Wati, R. I. (2020). Uji kemampuan biodegradasi sampah plastik polyethylene (PE) oleh bakteri pendegradasi plastik yang diisolasi dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jabon Sidoarjo. *Skripsi*. Tidak diterbitkan. Surabaya: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Widodo, L. U. (2016). *Dasar-Dasar Praktikum Mikrobiologi*, 1–61. Retrieved from <http://repository.ut.ac.id/id/eprint/4486>.