

Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Logam Timbal (Pb) di Perairan Teluk Lamong Surabaya

Isolation and Characterization of Lead (Pb) Degrading Bacteria in Lamong Bay, Surabaya

Cynthia Sarah Tri Agustina*, Lisa Lisdiana

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: cynthia.18058@mhs.unesa.ac.id

Abstrak. Aktivitas industri dan aktivitas manusia menjadi penyebab peningkatan limbah logam timbal (Pb) di wilayah perairan Teluk Lamong Surabaya, yang terdapat di Kecamatan Asemrowo Kota Surabaya. Semakin banyak aktivitas yang terdapat di wilayah tersebut maka semakin banyak juga logam berat Pb yang akan mencemari perairan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif untuk menangani pencemaran logam berat Pb dalam perairan. Salah satu alternatif adalah dengan biodegradasi yang memanfaatkan bakteri indigenus. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan karakterisasi bakteri indigenus pendegradasi Pb dari perairan Teluk Lamong Surabaya. Tahapan dalam penelitian ini adalah isolasi menggunakan media yang mengandung Pb (10 ppm) kemudian dilanjutkan dengan karakterisasi bakteri potensial berdasarkan pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis meliputi morfologi koloni sedangkan pada pengamatan mikroskopis meliputi tipe gram serta bentuk dan susunan sel. Hasil isolasi mendapatkan dua isolat bakteri yang tumbuh dominan pada media yang mengandung Pb sebanyak 10 ppm. Isolat tersebut diberi kode TLS0.3 dan TLS0.7. Isolat TLS0.3 menunjukkan karakteristik gram positif dan sel berbentuk *coccus*, sedangkan isolat TLS0.7 merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk basil. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan terdapat dua isolat bakteri yang berpotensi sebagai pendegradasi Pb. Kedua isolat bakteri tersebut perlu untuk diidentifikasi lebih lanjut sehingga potensinya sebagai agen pendegradasi Pb dapat dioptimalkan.

Kata kunci: bakteri; indigenus; logam timbal Pb; perairan Teluk Lamong Surabaya

Abstract. Industrial and human activities can increase lead (Pb) metal waste in Lamong Bay, Surabaya, which is located in Asemrowo District, Surabaya. Increasing activities may lead higher pollution rate in that area. Therefore, an alternative method is needed to deal with Pb heavy metal pollution in the waters. One alternative is biodegradation using indigenous bacteria. This research aimed to isolate and characterize indigenous Pb-degrading bacteria from Lamong Bay, Surabaya. The steps in this research were isolation using media containing Pb (10 ppm) followed by characterization of potential bacteria based on macroscopic and microscopic observations. Macroscopic observations included the morphology of the colony, while microscopic observations included Gram type, cell shape, and cell arrangement. The results obtained two bacterial isolates that grew dominantly on the media containing 10 ppm Pb. The isolates were coded as TLS0.3 and TLS0.7. The TLS0.3 isolate showed gram-positive characteristics and coccus-shaped cells, while the TLS0.7 isolate was gram-negative bacteria identified as a bacillus. Based on the results of this research, it can be concluded that two bacterial isolates have the potential to degrade Pb. The two bacterial isolates need to be further identified so that their potential as Pb-degrading agents can be optimized.

Keywords: bacteria; indigenous; lead metal Pb; Lamong Bay Surabaya

PENDAHULUAN

Perairan Teluk Lamong Surabaya ialah salah satu perairan terbesar yang terletak di antara Pulau Madura dan Jawa yang memisahkan wilayah Gresik dan Surabaya (Awaliyah *et al.*, 2018). Zona industri di wilayah Perairan Teluk Lamong Surabaya memiliki luas 181,46 ha atau sekitar 5,01% dari luas wilayah Kecamatan Gresik dan Kebomas sehingga menjadi penyebab timbulnya polutan di area tersebut (Gerald, 2017). Salah satu polutan yang berbahaya yaitu limbah logam timbal (Pb) (Palar, 2012). Pembuangan limbah ke perairan dapat menyebabkan dampak negatif baik bagi makhluk hidup maupun ekosistem (Krisananda, 2018). Keberadaan logam berat Pb di perairan dengan konsentrasi 188 ppm diketahui dapat membunuh biota perairan dan dapat menurunkan kualitas air sehingga memberikan dampak negatif bagi ekosistem perairan dan kesehatan manusia yang tinggal di

sekitarnya (Ika *et al.*, 2012). Logam timbal Pb juga dapat mengganggu sistem rantai makanan dan berpengaruh terhadap organisme yang terdapat di perairan (Junopia, 2015).

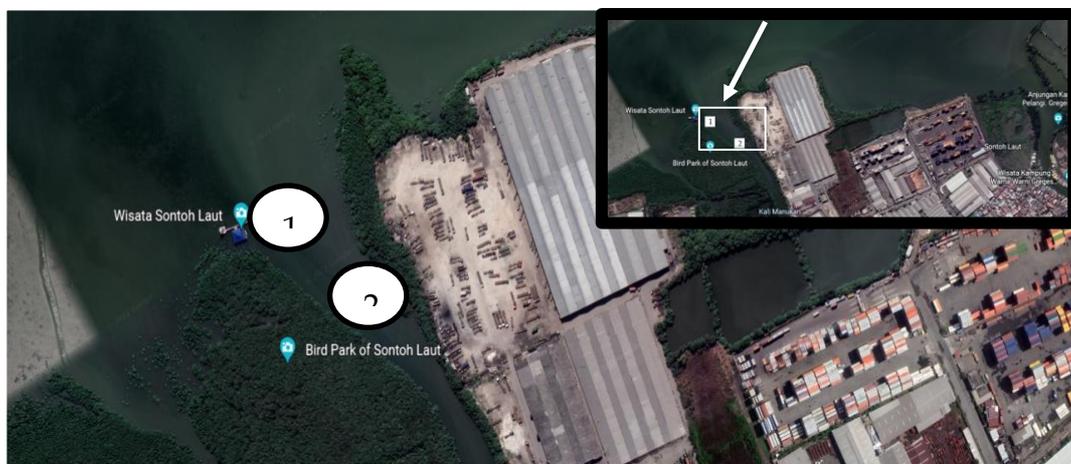
Keberadaan logam Pb di lingkungan harus diminimalkan agar tidak menimbulkan bahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan di sekitarnya. Salah satu cara untuk menurunkan kandungan logam Pb dalam perairan yaitu dengan memanfaatkan bakteri (Turista, 2017) pada metode biodegradasi. Biodegradasi merupakan salah satu solusi untuk menangani pencemaran lingkungan secara efektif dan efisien (Turista, 2017). Menurut Dharmawibawa (2004) dalam Rahadi *et al.*, (2020) biodegradasi dengan memanfaatkan mikroba seperti bakteri merupakan salah satu cara yang efektif dan tidak mempunyai efek samping terhadap lingkungan karena tidak menimbulkan racun.

Proses biodegradasi dapat dilakukan oleh konsorsium mikroba yang terdiri dari beragam jenis mikroba (Thompson *et al.*, 2005). Pada penelitian Dagdag dan Sukoso (2015) ditemukan beberapa spesies bakteri yang resisten terhadap logam berat Pb dari lumpur Lapindo yaitu *Pseudomonas pseudomallei* dan *Bacillus niabensis*, sedangkan penelitian Rohmah (2017) menemukan bakteri *Bacillus subtilis* yang juga didapatkan dari lumpur Lapindo. Menurut pernyataan Cabuk *et al.* (2006) dalam Jaroslawiecka & Seget (2014), kemampuan bakteri *Bacillus* sp. dalam menurunkan konsentrasi Pb mencapai 91,7%. Pada beberapa penelitian terdahulu juga telah mendapatkan beragam isolat bakteri yang toleran terhadap Pb yaitu dari genus *Azotobacter*, *Proteus*, *Corynebacterium*, *Klebsiella*, *Staphylococcus*, *Arthrobacter*, *Enterobacter*, *Listeria*, *Micrococcus*, *Phenyllobacterium*, *Enhydrybacter*, *Morrococcus*, *Flavobacterium*, *Streptococcus*, *Xantobacter*, *Acinetobacter*, dan *Brevibacillus* (Zulaika *et al.*, 2012; Nath *et al.*, 2012; Jaroslawiecka & Seget, 2014; Budiharjo, 1996; Wulandari, 2005; Arrizal *et al.*, 2013; El Sayed, 2016; Chihomvu *et al.*, 2015).

Meskipun telah banyak dilakukan penelitian terkait bakteri yang berpotensi sebagai pendegradasi Pb namun penelitian sejenis belum pernah dilakukan di Teluk Lamong Surabaya. Berdasarkan uraian diatas, bakteri indigenus yang memiliki potensi sebagai pendegradasi Pb dari Teluk Lamong Surabaya masih belum diketahui sehingga perlu dilakukan penelitian di wilayah tersebut untuk mengetahui keberagaman jenis bakteri yang berpotensi sebagai agen biodegradasi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Jenis penelitian ini bersifat eksperimental dengan menggunakan rancangan penelitian deskriptif. Sampel air diambil dari kedalaman 0 meter pada area Perairan Teluk Lamong Surabaya Kecamatan Asemrowo dengan koordinat 7°13'26" S 112°40'40" E (Gambar 1) yang berdekatan dengan aktivitas industri dan pemukiman warga dengan teknik *purposive sampling*. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan botol yang telah disterilkan (Rohmah, 2017). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel air dari perairan Teluk Lamong Surabaya, media PCA (*Plate Count Agar*), media NA (*Nutrient Agar*), bubuk Pb(NO₃)₂ sebanyak 0,005 gr/mL, alkohol 96%, akuades, *Crystal violet*, Safranin, dan Lugol. Kemudian untuk alat-alat yang digunakan yaitu LAF (*Laminar Air Flow*), autoklaf, inkubator, cawan petri, tabung reaksi, tabung erlenmeyer 250 mL, gelas beaker 500 mL, jarum ose, pipet dan mikroskop binokuler.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel pada stasiun 1 dengan karakter lingkungan air berlumpur (1) sedangkan pada stasiun 2 dengan karakter lingkungan air keruh (2) di Perairan Teluk Lamong Surabaya, Kecamatan Asemrowo (Sumber: Google Earth)

Sebelum dilakukan tahapan isolasi, sampel air yang diambil dari stasiun 1 dan 2 dihomogenkan terlebih dahulu sehingga tercampur menjadi satu sampel. Tahapan isolasi dimulai dengan pengenceran seri (*dilution method*) untuk mengurangi jumlah mikroba yang terdapat dalam sampel sehingga memudahkan perhitungan jumlah bakteri (Alfiyanti dan Putri, 2020). Sampel air sebanyak 1 mL diinokulasikan ke dalam akuades sebanyak 9 mL, kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* sehingga mendapatkan pengenceran 10^{-1} . Proses tersebut dilakukan berulang untuk mendapatkan pengenceran 10^{-2} sampai 10^{-6} dengan mengambil sampel air sebanyak 1 mL dari masing-masing pengenceran bertingkat (Junopia, 2015). 1 mL dari masing-masing pengenceran diinokulasikan pada cawan petri steril (Yunita *et al.*, 2015). Lalu ditambahkan dengan media PCA dan dihomogenkan. Sampel media tersebut diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C lalu diamati koloni yang tumbuh. Koloni yang tumbuh diduga memiliki kemampuan untuk mendegradasi Pb, karena pada media isolasi mengandung Pb dengan konsentrasi 10 ppm (Dawaiyah, 2020).

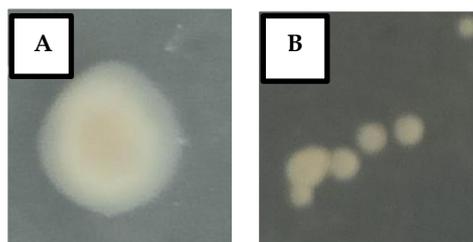
Koloni yang dominan selanjutnya diamati karakternya secara makroskopis dan mikroskopis. Karakterisasi dilakukan guna mengetahui karakteristik isolat yang tumbuh pada media PCA yang sudah ditambahkan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi 10 ppm. Pengamatan makroskopis berupa pengamatan morfologi koloni guna membedakan karakteristik visual seperti bentuk, elevasi, warna, dan tepi (Riadi *et al.*, 2017). Sedangkan pada pengamatan mikroskopis dilakukan karakterisasi morfologi sel yang meliputi tipe Gram, bentuk sel dan susunan sel.

Selanjutnya dilakukan tahapan pemurnian dengan menggunakan media NA. Tahapan pemurnian dilakukan dengan metode cawan gores (*streak plate*) dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C (Dawaiyah, 2020). Setelah 24 jam, dilakukan pengamatan koloni yang tumbuh terpisah atau koloni tunggal (Rohmah, 2017)

Tipe Gram dapat diketahui melalui tahapan pewarnaan Gram pada isolat yang telah dimurnikan. Isolat murni di-rekultur sehingga isolat berusia 24 jam. Pewarnaan Gram dilakukan untuk membedakan jenis Gram positif dan Gram negatif dengan memberikan zat pewarna pada isolat atau mikroorganisme (Dawaiyah, 2020). Isolat murni diambil menggunakan jarum ose lalu dihomogenkan dengan akuades di atas kaca objek steril. Tahapan selanjutnya dilakukan fiksasi preparat di atas api sampai preparat kering. Larutan *crystal violet* diteteskan di atas preparat yang sudah kering dan didiamkan sampai 1 menit lalu dibilas menggunakan air kemudian preparat dikeringanginkan. Selanjutnya, larutan lugol diteteskan di atas preparat dan didiamkan selama 1 menit lalu dibilas menggunakan air kemudian dikeringanginkan. Tahapan selanjutnya adalah proses dekolorisasi dengan cara ditetesi larutan alkohol 96% setetes demi setetes sampai alkohol terlihat jernih. Kemudian, dibilas dengan air dan dikeringanginkan. Pada tahapan terakhir, pewarna safranin diteteskan di atas preparat dan ditunggu sampai 1 menit kemudian dibilas dengan air dan dikeringanginkan. Preparat yang dihasilkan selanjutnya diamati dengan menggunakan mikroskop binokuler (Rohmah, 2017). Data yang didapatkan berupa data karakter isolat bakteri dari sampel air laut Perairan Teluk Lamong Surabaya yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

HASIL

Pada isolasi bakteri indigenus yang berpotensi sebagai pendegradasi logam timbal (Pb) dari sampel air laut perairan Teluk Lamong Surabaya menggunakan media *Plate Count Agar* yang mengandung Pb dengan konsentrasi 10 ppm, didapatkan dua koloni dominan yang dapat tumbuh yaitu TLS0.3 dan TLS0.7. Isolasi dilakukan dengan pengulangan sebanyak dua kali untuk masing-masing sampel. Koloni isolat TLS0.3 dan TLS0.7 dapat dilihat pada Gambar 2. Kedua isolat tersebut didapatkan dari sampel 1 dan 2 yang telah dihomogenkan. Selanjutnya, dilakukan pengamatan morfologi secara makroskopis dan mikroskopis pada kedua isolat tersebut. Hasil karakterisasi morfologi disajikan pada Tabel 1.

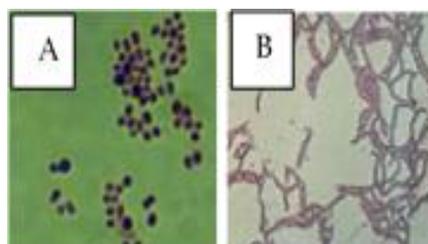


Gambar 2. (A) isolat TLS0.3 (B) isolat TLS0.7

Tabel 1. Karakter isolat bakteri dari Perairan Teluk Lamong Surabaya

Karakter		Kode Isolat Bakteri	
		TLS0.3	TLS0.7
Makroskopis (morfologi koloni)	Bentuk	<i>Circular</i>	<i>Punctiform</i>
	Elevasi	<i>Convex</i>	<i>Convex</i>
	Tipe	<i>Entire</i>	<i>Entire</i>
	Permukaan	Halus	Halus
	Warna	Putih	Putih
Mikroskopis	Diameter	0,5 cm - 1 cm	0,3 cm
	Gram	+	-
	Bentuk sel	<i>Coccus</i>	<i>Bacill</i>
	Susunan sel	<i>Monococcus</i>	<i>Streptobacillus</i>

Pada Tabel 1 dapat dilihat perbedaan karakteristik secara makroskopis dan mikroskopis antara kedua isolat bakteri indigenus yang ditemukan. Karakteristik morfologi kedua koloni secara makroskopis memiliki bentuk yang berbeda yaitu pada isolat TLS0.3 berbentuk *circular* sedangkan isolat TLS0.7 berbentuk *punctiform*. Kedua isolat bakteri juga memiliki ukuran yang beragam yaitu pada isolat TLS0.3 berukuran 0,5-1 cm sedangkan isolat TLS0.7 berukuran 0,3 cm. Berdasarkan hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa isolat TLS0.3 merupakan bakteri Gram positif dengan bentuk *coccus* dimana memiliki susunan *monococcus* sedangkan pada isolat TLS0.7 merupakan bakteri Gram negatif dengan bentuk *bacill* yang tersusun secara *streptobacillus* (Gambar 3).



Gambar 3. Hasil pewarnaan Gram (A) isolat TLS0.3 dan (B) isolat TLS0.7 dengan perbesaran 1000x

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, kedua isolat bakteri yang diperoleh memiliki bentuk yang berbeda yaitu bentuk *coccus* pada isolat TLS0.3 dan *bacill* pada isolat TLS0.7. Kedua isolat tersebut dominan tumbuh pada media PCA yang mengandung Pb 10 ppm. Menurut Bewtra dan Biswar (1990) dalam Husain dan Muchtar (2005), bakteri yang tumbuh pada media yang ditambahkan Pb dengan konsentrasi 10 ppm berpotensi sebagai pendegradasi Pb. Hal tersebut juga sejalan dengan penelitian Fahrudin dan Santosa (2020) yang menemukan dua isolat bakteri yang dapat tumbuh pada media dengan penambahan Pb 10 ppm dan juga berpotensi sebagai pendegradasi Pb. Hasil yang sama juga ditemukan pada penelitian Nursyirwani dan Yoswaty (2021) yang menunjukkan isolat D1 mampu menurunkan konsentrasi Pb 10 ppm sebesar 80,53%.

Berdasarkan hasil karakterisasi secara mikroskopis menunjukkan bahwa kedua isolat bakteri memiliki jenis tipe Gram yang berbeda. Untuk isolat TLS0.3 merupakan Gram positif sedangkan pada isolat TLS0.7 merupakan Gram negatif. Selaras dengan penelitian Rohmah (2017) di Lumpur Lapindo yang menemukan dua isolat bakteri Gram positif dan dua isolat Gram negatif yang berpotensi sebagai pendegradasi Pb. Pada penelitian Isa dan Yuliana (2013) menemukan bahwa bakteri dari kelompok Gram positif dengan genus *Bacillus* mampu mengurangi kadar logam berat dan toleran terhadap logam berat Pb. Pada penelitian Junopia (2015) di danau Tempe Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan menemukan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang mampu mendegradasi logam berat Pb dari konsentrasi 1 ppm menjadi 0,45 ppm. Menurut penelitian terdahulu, bakteri yang memiliki tipe Gram negatif dan Gram positif dapat menguraikan limbah logam berat Pb khususnya pada wilayah perairan yang telah tercemar logam berat Pb.

Menurut pernyataan Syari *et al.*, (2018) penurunan logam berat Pb oleh isolat bakteri Gram negatif dikarenakan memiliki komponen tertentu dalam sel yang berperan mereduksi logam berat Pb. Bakteri Gram negatif diketahui mempunyai *glutathione* yang merupakan komponen thiol non-protein major pada sel hidup sehingga dapat mempengaruhi detoksifikasi pada logam berat Pb karena

memiliki kapasitas reduksi yang besar. *Glutathione* juga ditemukan pada bakteri Gram positif dengan jumlah lebih sedikit dibandingkan bakteri Gram negatif (Liu *et al.*, 2012).

Mekanisme degradasi Pb oleh bakteri dapat berlangsung secara ekstraselluler dan intraselluler (Jarostawiecka & Seget, 2014). Fungsi utama mekanisme degradasi Pb ini adalah untuk mengatasi toksisitas logam berat agar tidak mengganggu fungsi biologis mikroorganisme. Pada mekanisme degradasi ekstraselluler, Pb (II) yang ada pada lingkungan dapat dikurangi toksisitasnya dengan membentuk endapan polifosfat atau membentuk ikatan dengan polisakarida ekstraselluler atau polimer alami yang ada pada dinding sel bakteri. Mekanisme degradasi ekstraselluler memiliki tujuan untuk membatasi pergerakan logam berat pada dinding sel bakteri (Bruins *et al.*, 2000). Dinding sel merupakan penghalang alami pada bakteri terhadap Pb (II). Pb(II) yang tidak mengalami pengikatan ekstraselluler akan memasuki sel melalui transporter logam kemudian memasuki mekanisme degradasi intraselluler. Pada mekanisme degradasi intraselluler Pb(II) dinonaktifkan dengan pengendapan oleh polifosfat, pengikatan dengan metallothienins (MTs), dan sistem *efflux*. Setelah memasuki sel bakteri, Pb(II) yang tidak mengalami presipitasi atau mengalami pengikatan oleh MTs akan memasuki sistem *efflux*. Sistem *efflux* disebut sebagai mekanisme yang paling efektif dalam degradasi terhadap logam berat (Bruins *et al.*, 2000). *Efflux* Pb diperantarai oleh superfamili P-type ATPases dari famili P_{IB} , yang juga terlibat dalam transport Zn dan Cd. P_{IB} diantaranya adalah transporter CadA, ZntA, dan PbrA yang diketahui dapat mentranspor Pb ke periplasma. Selain transporter tersebut, terdapat pula protein dari famili CBA dan CDF (Arguello, 2003). CDF merupakan transporter yang membawa ion dari sitoplasma ke periplasma, sedangkan CBA berperan dalam mengeluarkan Pb dari sel (Jarostawiecka & Seget, 2014).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa didapatkan dua isolat bakteri *indigenous* dari perairan Teluk Lamong Surabaya. Kedua isolat yaitu isolat bakteri dengan kode TLS0.3 dan TLS.07 memiliki bentuk dan tipe Gram yang berbeda. Dalam penelitian ini belum dilakukan identifikasi kedua isolat sampai pada tingkat spesies. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna mengetahui spesies bakteri yang diduga berpotensi sebagai agen pendegradasi logam berat Pb tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiyanti E dan Putri DH, 2020. Precision Enumeration of The Number of Bacterial Cells with The Spread Plate Method Using Dilution. *Serambi Biologi*, 5(1): 7-10.
- Arrizal S, Rachmadiarti F dan Yuliani, 2013. Identifikasi Rhizobacter pada Semanggi (*Marsilea crenata Presl.*) yang Terpapar Logam Berat Timbal (Pb). *Lentera Bio*. Vol. 1, No. 2, Hal: 165-169
- Arguello JM, 2003. Identification of Ion-Selectivity Determinants in Heavy Metal Transport PIB-Type ATPases. *J Membr Biol*. 195: 93-108.
- Awaliyah HF, Yona D dan Pratiwi DC, 2018. Akumulasi logam berat Pb dan Cu pada akar dan daun mangrove *Avicennia marina* di Sungai Lamong, Jawa Timur. *Depik*, 7 (3): 187-197.
- Bruins MR, Kapil S dan Oehme FW, 2000. Microbial Resistance to Metals in The Environment. *Ekotoxicol Environ Saf*. 45: 198-207.
- Budiharjo A, 1996. *Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pengikat Logam Berat Pb dari Sedimen Muara Sungai Banjir Kanal Timur Semarang*. Undergraduate Thesis. FMIPA Undip.
- Chihomvu P, Stegmann P dan Pillay M, 2015. Characterization and Structure Prediction of Partial Length Protein Sequences of *pcoA*, *pcoR* and *chrB* Genes from Heavy Metal Resistant Bacteria from the Klip River, South Africa. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol.16. Hal: 7352-7374.
- Dagdag EA dan Sukoso, 2015. Isolation and Characterization of A3 and S3 Isolate Thermophilic Bacteria from Lapindo Sidoarjo Mud, East Java. *International Journal of Chemtech Research*. Vol.8, No.2. Hal: 541-548,
- Dawaiyah A, 2020. *Identifikasi dan uji resistensi logam berat timbal (Pb) pada bakteri yang diisolasi dari perairan Paciran Lamongan*. PhD Thesis. UIN Sunan Ampel Surabaya.
- El-Sayed MH, 2016. Multiple Heavy Metal and Antibiotic Resistance of *Acinetobacter baumannii* Strain HAF - 13 Isolated from Industrial Effluents. *American Journal of Microbiological Research*. Vol.4, No. 1. Hal: 26-36.
- Fahrudin F dan Santosa S, 2020. Toleransi logam berat timbal (Pb) pada bakteri *indigenous* dari air laut Pelabuhan Paotere, Makassar (*Heavy metal lead [Pb] tolerance of indigenous bacteria from Seawater in Paotere Port, Makassar*). *Aquatic Science & Management*. 8(1), 8-14.
- Gerald G, 2017. Determinasi kapitalisme industri dalam politik penataan ruang perkotaan di Kabupaten Gresik. *Jurnal Pemikiran Sosiologi*, 4(1): 25-41.
- Husain D dan Muchtar, I, 2005. Bakteri Pengkompleks Logam Pb dan Cd dari Limbah Cair PT. Kawasan Industri Makasar. *Jurnal Kimia FMIPA*. 6(1): 25-28.

- Ika T dan Said I, 2012. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Tanpa Kecamatan Palu Utara. *Jurnal Akademika Kimia*, 1(4) pp. 181-186.
- Isa I dan Yuliana R, 2013. Pemanfaatan berbagai jenis bakteri dalam proses bioleaching limbah logam berat. *Laporan Tahunan Penelitian Fundamental*. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo
- Jaroslawiecka A dan Seget ZP, 2014. Lead Resistance in Microorganism. *Microbiology*. 160: 12-25.
- Junopia AC, 2015. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Logam Timbal (Pb) yang Bersumber dari Danau Tempe Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar.
- Krisananda HR, 2018. *Pemantauan Perairan Teluk Lamong dengan Pengembangan Algoritma Total Suspended Solid (Tss) dari Data Citra Satelit Multitemporal dan Data Insitu (Studi Kasus: Perairan Teluk Lamong Surabaya)*. PhD Thesis. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Liu Z, Wu Y, Lei C, Liu P dan Gao M, 2012. Chromate reduction by a chromate-resistant bacterium, *Microbacterium sp.* *World J Microbiol Biotechnol*. 28: 1585-1592.
- Nath A, Dutta S, Chowdhury R dan Bhattacharjee C, 2012. Micro and macro-kinetics of diauxic microbial growth in the presence of lactose and glucose-Experimental and modeling. *World Congress on Biotechnology*. India : Hyderabad
- Nursyirwani N dan Yoswaty D, 2021. Isolation and Identification of Bacteria from Dumai Marine Waters that Have Potencial as Lead Bioremediation Agents. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2.3: 217-222.
- Palar H, 2012. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Jakarta. Rineka Cipta.
- Rahadi B, Susanawati LD dan Agustianingrum R, 2020. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri Indigenus pada Tanah Tercemar Air Lindi (*Leachate*). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(3), 11-18.
- Riadi S, Situmeang SM dan Musthari M, 2017. Isolasi dan Uji Aktivitas Antimikroba Bakteri Asam Laktat (BAL) dari Yoghurt dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella typhi*. *Jurnal Biosains*; 3(3): 144-152.
- Rohmah NS, 2017. Isolasi dan identifikasi bakteri yang berpotensi sebagai agen bioremediasi timbal (Pb) dari Lumpur Lapindo. *PhD thesis*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Syari JP, Rudiyanasyah R dan Ardiningsih P, 2018. In Vitro Bacteria Capacity Evaluation of *Pseudomonas putida* and *Staphylococcus aureus* as Bioremediation Agent for Lead Heavy Metal. Pontianak. *Orbital: Jurnal Ilmu dan Terapan Kimia*, 3(1).
- Thompson IP, Van Der Gast CJ, Ciric L dan Singer AC, 2005. Bioaugmentation for bioremediation: the challenge of strain selection environmental microbiology. *Environ Microbiol* 7(7), 909-915.
- Turista DDR, 2017. Biodegradasi Limbah cair organik menggunakan konsorsium bakteri sebagai bahan penyusunan buku ajar matakuliah pencemaran lingkungan. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3(2), 95-102
- Yunita M, Hendrawan Y dan Yulianingsih R, 2015. Analisis Kuantitatif Mikrobiologi pada Makanan Penerbangan (*Aerofood ACS*) Garuda Indonesia Berdasarkan TPC (*Total Plate Count*) Dengan Metode Pour Plate. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(3), 237-240.
- Wulandari S, Dewi NF dan Suwondo, 2005. Identifikasi Bakteri Pengikat Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Sungai Siak. *Jurnal Biogenesis*. Vol. 1(2):62-65, 2005. ISSN : 1829-5460.
- Zulaika E, Luqman A, Arindah T dan Sholikah U, 2012. Bakteri Resistem Logam Berat yang Berpotensi sebagai Biosorben dan Bioakumulator. *Seminar Nasional Waste Management for Sustainable Urban Development. Teknik Lingkungan*. Surabaya: FTSP-Institut Teknologi Surabaya.

Article History:

Received: 08 July 2022

Revised: 31 Januari 2023

Available online: 31 Januari 2023

Published: 31 Januari 2023

Authors:

Cynthia Sarah Tri Agustina, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C10 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: cynthia.18058@mhs.unesa.ac.id

Lisa Lisdiana, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C10 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia e-mail: lisalisdiana@unesa.ac.id

How to cite this article:

Agustina CST dan Lisdiana L. 2022. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Logam Timbal (Pb) Di Perairan Teluk Lamong Surabaya. *LenteraBio*; 12(1): 101-106.