

Bioremediasi Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri Indigenous Dari Sungai Tercemar Limbah Cair Pertambangan Emas Martabe Batang Toru

Nadya Nurcahyani⁽¹⁾, Ulfayani Mayasari⁽²⁾, Rizki Amelia Nasution⁽³⁾

(1)(2)(3) Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

nadyanurcahyati099@gmail.com (1) ulfayani.mayasari@uinsu.ac.id (2) rizkiamelianst@uinsu.ac.id (3)

ABSTRAK

Penurunan kualitas air sungai disebabkan beberapa aktivitas masyarakat diantaranya limbah rumah tangga, pertanian, dan yang sangat berdampak yaitu limbah industri. Salah satu industri yang dikembangkan di Indonesia ialah industri pertambangan. Salah satu sumber kerusakan lingkungan akibat industri pertambangan adalah logam berat seperti Pb. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui isolat bakteri Indigenous yang mampu mereduksi Pb dari sungai tercemar limbah cair pertambangan emas Martabe Batang Toru dan mengetahui potensi isolat tersebut sebagai agen bioremediasi. Penelitian ini tergolong penelitian eksperimental dengan jenis rancangan penelitian deskriptif kualitatif. Parameter yang diamati berupa karakteristik makroskopik dan mikroskopik bakteri, serta uji reduksi Pb dengan konsentrasi 100 ppm dan uji penurunan kadar Pb dengan konsentrasi 100 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 2 isolat bakteri yang memiliki kemampuan menurunkan kandungan logam berat timbal (Pb) yaitu isolat bakteri *Micrococcus sp.*, dengan persentase penurunan 91,27%, dan isolat bakteri *Pseudomonas sp.*, dengan persentase penurunan 85,6%. Terdapat 2 isolat bakteri indigenous dari sungai tercemar limbah cair pertambangan emas Martabe Batang Toru yang dapat menjadi agen bioremediasi logam timbal (Pb) yaitu dari genus *Micrococcus sp.*, dan *Pseudomonas sp.*

Kata kunci : Bakteri Indigenous, Timbal (Pb), Limbah Pertambangan

ABSTRACT

The decline in river water quality is caused by several community activities including household waste, agriculture, and the most impactful is industrial waste. One of the industries developed in Indonesia is the mining industry. One source of environmental damage due to the mining industry is heavy metals such as Pb. The purpose of this research is to determine the Indigenous bacterial isolates that are able to reduce Pb from rivers polluted with liquid waste from the Martabe Batang Toru gold mine and to determine the potential of these isolates as bioremediation agents. This research is classified as experimental research with a descriptive qualitative research design. Parameters observed were macroscopic and microscopic characteristics of bacteria, as well as Pb reduction tests with concentrations of 100 and Pb reduction tests with a concentration of 100 ppm. The results showed that there were 2 bacterial isolates that had the ability to reduce the content of heavy metal lead (Pb), namely bacterial isolates *Micrococcus sp.*, with a percentage reduction of 91,27%, and bacterial isolates *Pseudomonas sp.*, with a percentage reduction of 85,6%. There are 2 indigenous bacterial isolates from the river polluted with Martabe Batang Toru gold mining liquid waste that can be a bioremediation agent for lead metal (Pb), namely from the genus *Micrococcus sp.*, and *Pseudomonas sp.*

Keywords : Indigenous Bacteria, Pb, Mining Wastewater

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Salah satu industri yang dikembangkan di Indonesia ialah industri pertambangan. Tambang emas martabe ialah pertambangan yang ada di Kecamatan Batang Toru Kabupaten Tapanuli Selatan Sumatera Utara dengan area luas 1.639 km², dengan potensi sumber daya sebesar 8,05 juta ounce emas dan 77 juta ounce perak (Gani *et al.*, 2017). Menurut Masthura, *et al* (2022) air sungai batang toru mengandung beberapa logam berat diantaranya Ammonia NH₃, Kadmium (Cd), Khrom (Cr⁶⁺), Tembaga (Cu), Besi (Fe), Timbal (Pb), Mangan (Mn), Seng (Zn), Klorida (Cl), Nitrit, Sulfat (SO₄), Minyak dan lemak. Kadar timbal yang diperoleh yaitu sekitar < 0,0017 mg/L. Timbal bersifat bioakumulatif pada organisme akuatik dan akan terus terakumulasi hingga organisme itu tidak dapat lagi mentolerir kandungan logam berat timbal pada tubuhnya (Dewa *et al.*, 2015). Bioremediasi yaitu metode penguraian atau detoksifikasi polutan organik dan anorganik dengan menggunakan agen hayati (Khastini *et al.*, 2022). Mikroorganisme yang mampu mengikat logam berat yakni bakteri (*Bacillus sp*, *Pseudomonas sp*, dan *Escherichia coli*) (Rahadi *et al.*, 2020). Bakteri indigenous adalah mikroorganisme yang langsung berinteraksi dengan lingkungan yang tercemar (Safitri *et al.*, 2014). Pada penelitian Idris, *et al.*, (2022) menyatakan bahwa terdapat 3 jenis mikroba Indigenous yang sangat berpotensi sebagai agen bioremediasi merkuri (Hg) yang diperoleh dari kawasan pertambangan di Sumatera Utara yaitu bakteri *Pseudomonas*, *Neisseria* dan *Klebsiella*. Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik untuk mengetahui Bioremediasi timbal (Pb) memakai bakteri Indigenous dari sungai tercemar limbah cair pertambangan emas Martabe Batang Toru.

2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Apakah ditemukan Bakteri Indigenous yang mampu mereduksi Pb dari sungai tercemar limbah cair Pertambangan Emas Martabe Batang Toru?
2. Bagaimana penurunan kadar Pb setelah dilakukan Bioremediasi menggunakan Bakteri Indigenous pada sungai yang tercemar limbah cair Pertambangan Emas Martabe Batang Toru?

3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk :

1. Untuk mengetahui Bakteri Indigenous yang mampu mereduksi Pb dari sungai tercemar limbah cair Pertambangan Emas Martabe Batang Toru.
2. Untuk mengetahui penurunan kadar Pb setelah dilakukan Bioremediasi menggunakan Bakteri Indigenous pada sungai yang tercemar limbah cair Pertambangan Emas Martabe Batang Toru

4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi bagi para pembaca mengenai potensi Bakteri Indigenous dalam mengurangi kadar timbal (Pb) pada daerah Aliran Sungai di Batang Toru.

II. METODE

Sterilisasi Alat dan Bahan

Untuk menjaga kebersihan semua peralatan dicuci menggunakan sunlight dan dikeringkan. Setelah itu, lakukan pembungkusan dengan kertas lalu ditempatkan dalam wadah plastik transparan. Proses sterilisasi dilaksanakan melalui penggunaan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit.

Isolasi Bakteri

Sebanyak 1 mL sampel air sungai dicampurkan dengan 9 mL larutan NaCl 85% atau garam fisiologis dalam tabung reaksi, dan kemudian dihomogenkan. Dari tabung pengenceran pertama, diambil 1 mL sampel dan ditambahkan ke tabung berikutnya yang berisi 9 mL garam fisiologis. Proses pengenceran ini diulang pada tabung-tabung berikutnya hingga mencapai pengenceran ke-10. Sejumlah 1 mL dari tabung pengenceran terakhir ditanamkan ke dalam media selektif Nutrient Agar (NA) Pb yang telah disiapkan, lalu diratakan dengan membuat pola angka 8 sebanyak 10 putaran. Inkubasi dilaksanakan pada suhu 37°C dalam inkubator selama 1×24 jam (Rahadi, *et al.*, 2020).

Kultur Inokulum

Inokulasikan 50 ml media pada Erlenmeyer steril NB dengan satu ring isolat bakteri yang berhasil diisolasi setelah didiamkan dalam 24 jam supaya miring (kultur kerja). Kemudian diinkubasi dalam inkubator dengan kecepatan 125 rpm dan suhu 37°C selama 24 jam. Inokulum itu kemudian dipakai untuk menguji resistensi bakteri dan menurunkan kadar timbal.

Uji Resistensi Bakteri Terhadap Timbal (Pb)

Setelah berhasil memperoleh beberapa isolat murni, bakteri diinokulasikan ke dalam nutrien broth (NB) yang mengandung timbal $Pb(NO_3)_2$ pada konsentrasi 100 ppm. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Proses ini dilakukan untuk setiap isolat. Selanjutnya, inkubasi dilakukan dalam inkubator dengan shaker pada suhu 37°C dan kecepatan rotasi 220 rpm selama 6 jam untuk mengamati sejauh mana bakteri dapat bertahan terhadap logam berat. Setelah itu, nilai optical density (OD) pada panjang gelombang 600 nm diukur untuk setiap bakteri yang telah di perlakukan.

Uji Penurunan Kadar Timbal (Pb)

Sesudah diperoleh bakteri resisten Pb, bakteri tersebut diinokulasikan pada media cair nutrien broth (NB) kaya timbal $Pb(NO_3)_2$ yang memiliki konsentrasi resistensi tertinggi yakni 100 ppm. Kegiatan ini diulang sebanyak tiga kali. lalu diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C dengan kecepatan 220 rpm selama ± 24 jam, disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm dalam waktu 5 menit lalu dibuat kurva pertumbuhan bakteri melalui pengukuran OD dan TPC setiap 4 jam, kemudian dilakukan pengukuran kadar timbal (Pb) diukur dengan AAS (Rohmah, 2017).

III. HASIL PENELITIAN

Isolasi Bakteri

Hasil isolat bakteri pada tahap isolasi menggunakan media selektif Pb dari air di sekitar lokasi pembuangan limbah pertambangan emas Martabe, yaitu 3 koloni bakteri memiliki morfologi koloni tidak sama. Terdapat tiga koloni di titik sampling 1 serta dua koloni bakteri pada titik sampling 2 yang resisten terhadap timbal (Pb).

Tabel 3.1 Karakteristik Morfologi Koloni Bakteri Hasil Isolasi dari Air Disekitar Pembuangan Limbah Pertambangan Emas Martabe

Karakteristik Makroskopis	BAP 01	BAP 02	BAP 03	BAP 04	BAP 05
Bentuk	Irreguler	Circular	Circular	Rhizoid	Circular
Elevasi	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat
Margin	Undulate	Entire	Entire	Filamentous	Entire
Warna	Putih	Kuning	Putih	Putih	Putih

Atas dasar hasil pengamatan makroskopik koloni itu, diketahui bahwa dari segi bentuk semua koloni mempunyai perbedaan, isolat BAP 01 berbentuk tidak beraturan, BAP 02,

Nurchayani N, Mayasarai U, Amelia Nasution R : Bioremediasi Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri Indigenous Dari Sungai Tercemar Limbah Cair Pertambangan Emas Martabe Batang Toru

BAP 03 dan BAP 05 memiliki bentuk bundar serta BAP 04 memiliki bentuk seperti akar. Jika dipandang dari tepi, semua isolat mempunyai perbedaan yaitu isolat BAP 01 memiliki tepi bergelombang, isolat BAP 02, BAP 03, BAP 04 memiliki tepi rata dan isolat BAP 04 memiliki tepi seperti benang. Sedangkan jika dilihat dari permukaan/elevasi memiliki elevasi rata. Jika dilihat dari warnanya, semua isolat bakteri memiliki kesamaan yaitu berwarna putih kecuali isolat BAP 02 yaitu berwarna kuning.

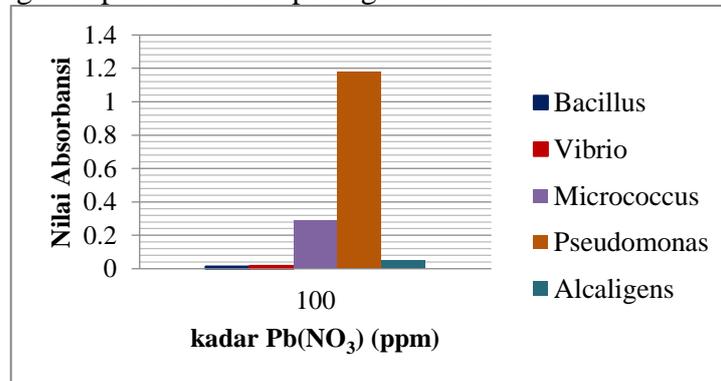
Tabel 3.2 Hasil Uji Pewarnaan Gram Isolat Bakteri Dari Air Sungai Pembuangan Limbah

Kode Isolat	Pewarnaan	Bentuk Sel
BAP 01	+	<i>Monobasil</i>
BAP 02	-	<i>Monobasil</i>
BAP 03	+	<i>Monococcus</i>
BAP 04	+	<i>Monobasil</i>
BAP 05	-	<i>Monobasil</i>

Penelitian sebelumnya telah mengonfirmasi bahwa bakteri gram negatif yang resisten pada logam berat timbal (Pb) dan memiliki bentuk basil dapat berasal dari genus *Alcaligenes sp.* dan *Pseudomonas sp.* Di penelitian ini, seluruh isolat bakteri gram positif juga menunjukkan bentuk basil. Penelitian lain mengenai bakteri resisten terhadap logam berat timbal (Pb), yang dilaksanakan oleh Zulaika *et al.*, (2012), mencatat bahwa bakteri gram positif dengan bentuk basil, sesudah diidentifikasi, ternyata berasal dari genus *Bacillus* Dinding sel pada bakteri gram positif terbentuk oleh tiga elemen utama, yaitu Peptidoglikan, Asam Teikoat, dan Asam Teikuronat.

Uji Resistensi Bakteri Indigenous terhadap Logam Timbal (Pb)

Hasil uji ketahanan bakteri yang terpapar timbal (Pb(NO₃)₂) dengan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan dapat ditemukan pada gambar 3.1



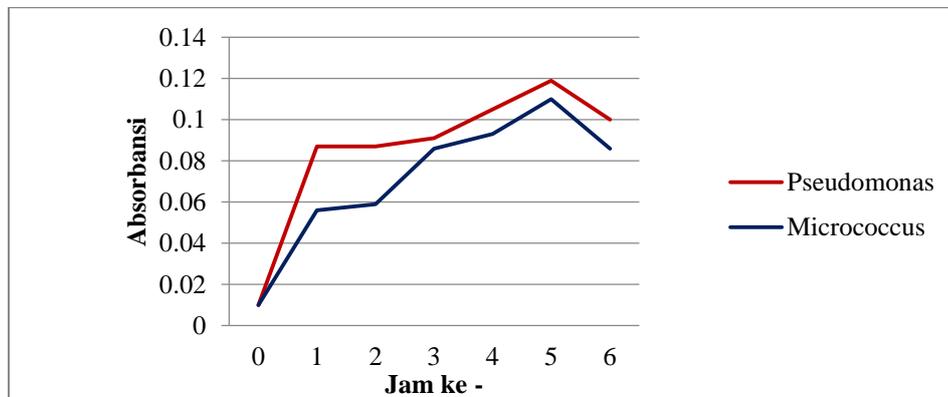
Gambar 3.1 Hasil uji resistensi bakteri terhadap Pb berdasarkan OD λ 600 nm

Berdasarkan data diatas memperlihatkan ketiga isolat bakteri dari tanah disekitar pembuangan limbah pertambangan emas Martabe mempunyai nilai OD yang berbeda. Perbedaan dalam nilai Optical Density (OD) pada setiap konsentrasi menunjukkan variasi tingkat kepadatan sel bakteri. Semakin tinggi nilai OD yang tercatat, semakin tinggi pula kepadatan sel bakteri, dan ini mencerminkan tingkat ketahanan yang lebih tinggi terhadap paparan logam timbal (Pb) (Lewaru *et al.*, 2013). Dari hasil pengamatan pola resistensi bakteri yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa bakteri isolat *Pseudomonas* memiliki nilai Optical Density (OD) yang tertinggi dan menunjukkan resistensi paling tinggi terhadap setiap konsentrasi Pb(NO₃)₂. Selanjutnya diikuti isolat bakteri *Micrococcus*

yang resisten terhadap timbal (Pb) tetapi tidak seresisten isolat bakteri *Pseudomonas*. Terakhir isolat bakteri *Bacillus* yang memperlihatkan tingkat resistensi timbal $Pb(NO_3)_2$ paling rendah. Perbedaan dalam pertumbuhan isolat bakteri ini mengindikasikan bahwa setiap isolat memiliki batas toleransi maksimum terhadap logam Pb. Selain itu, resistensi bakteri terhadap logam berat terjadi karena kemampuannya melakukan detoksifikasi terhadap dampak logam berat dengan menggunakan protein atau materi granular seperti polifosfat yang berfungsi untuk mengikat Pb di dalam sel. Resistensi bakteri terhadap logam berat, termasuk Pb, terkait dengan keberadaan gen resistensi yang terdapat dalam kromosom, plasmid, dan transposon. Gen resistensi ini mengendalikan munculnya sifat resistensi pada bakteri. Selain itu, sifat resistensi bakteri muncul melalui mekanisme transport aktif yang menggunakan ATP. Akumulasi logam berat Pb dalam sel bakteri terjadi terus-menerus hingga batas di mana bakteri tidak lagi dapat mentolerir kandungan logam berat dalam tubuhnya (Fahrudin, *et al.*, 2022).

Uji Remediasi Kadar Timbal (Pb) oleh Bakteri Indigenous

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, bisa disimpulkan bahwa bakteri yang menunjukkan penurunan total konsentrasi Pb tertinggi ialah isolat bakteri *Micrococcus* yang menunjukkan kemampuan dalam menurunkan kadar Pb yang sebelumnya terakumulasi 100 ppm menjadi 8,73 ppm dengan persentase penurunan 91,27%. Bakteri berikutnya yang mempunyai nilai penurunan kadar timbal tertinggi kedua setelah isolat bakteri *Pseudomonas* yang dapat mengakumulasi logam timbal (Pb) sebesar 100 ppm dan mengalami penurunan kadar timbal (Pb) jadi 14,4 ppm dengan persentase penurunan 85,6%.



Gambar 3.2 Kurva pertumbuhan bakteri berdasarkan hasil OD

Data Pengujian pertumbuhan dilakukan menggunakan spektrofotometer *Optical Density* (OD) pada absorbansi 600 nm. Pengujian ini bertujuan dalam melihat pertumbuhan isolat bakteri. Pengujian kurva tumbuh dengan melihat hasil OD yang dilakukan selama 6 jam dengan pengamatan setiap 1 jam. Pertumbuhan bakteri melibatkan peningkatan jumlah, volume, dan ukuran sel saat kondisi mendukung. Bakteri dapat berkembang biak dalam kondisi yang menguntungkan. Pertumbuhan sel bakteri umumnya mengikuti pola tertentu, dikenal sebagai kurva pertumbuhan, yang tersusun dari empat fase utama. Fase-fase tersebut mencakup fase lag (fase lambat), fase pertumbuhan eksponensial atau fase log (fase pertumbuhan cepat), fase stasioner (fase statis), dan fase kematian atau fase penurunan populasi. (Mahjani & Dwi, 2020). Fase lag adalah periode adaptasi di mana mikroorganisme berusaha penyesuaian dengan lingkungan. Di fase ini, terjadi peningkatan komponen makromolekul, aktivitas metabolik, dan tingkat kerentanan pada zat kimia serta

faktor fisik (Pratiwi, 2008). Lamanya fase ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis media dan kondisi lingkungan pertumbuhan, serta jumlah inokulum awal (Saraswati *et al.*, 2021). Pada jam ke 3-5 terjadi fase logaritmik, fase log ini ditandai dengan pertumbuhan yang signifikan dari selnya. Fase logaritmik menggambarkan sel yang membelah diri secara konstan, mengalami pembelahan sel dengan laju yang konsisten, memiliki laju metabolisme yang tetap, dan berada dalam kondisi pertumbuhan yang seimbang. Fase berikutnya adalah fase stasioner, di mana total pertumbuhan sel setara dengan total kematian sel. Di fase ini, terjadi produksi metabolit sekunder yang tinggi karena bakteri saling berkompetisi untuk bertahan hidup; mereka melepaskan metabolit sekunder sebagai mekanisme pertahanan, sementara sebagian lainnya mungkin terpengaruh oleh perubahan kondisi lingkungan yang disebabkan oleh metabolit yang dihasilkan (Mahjani & Dwi, 2020).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan:

1. Ada dua isolat bakteri indigenous yang berhasil diisolasi dari tanah disekitar sungai pembuangan limbah pertambangan emas Batangtoru yang mampu menurunkan kadar Pb. Dari hasil pengkarakteristikan uji biokimia, dapat teridentifikasi isolat bakteri BAP 01 dari genus *Pseudomonas sp.*, dan isolat bakteri BAP 03 dari genus *Micrococcus sp.*
2. Isolat bakteri dari air sekitar sungai pembuangan limbah pertambangan emas Martabe Batangtoru yang berpotensi menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) yaitu isolat *Micrococcus sp.*, dengan presentase 91,27% dan isolat bakteri *Pseudomonas sp.*, dengan persentase penurunan 85,6%.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewa, R. P., Hadinoto, S., & Torry, F. R. (2015). Analisa Kandungan Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Air Minum Dalam Kemasan Di Kota Ambon. *Jurnal Majalah Biam*, 11(2), 76–82.
- Fahrudin, F., Slamet, S., & Sareda. (2020). Toleransi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Bakteri Indigenous Dari Air Laut Pelabuhan Paotere, Makassar. *Aquatic Science & Management*, 8(1), 8–14.
- Gani, P. R., Abidjulu, J., & Wuntu, A. D. (2017). Analisis Air Limbah Pertambangan Emas Tanpa Izin Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolang Mongondow. *Jurnal Mipa*, 6(2), 6.
- Idris, M., Mayasari, U., & Amelia, N. R. (2022). Eksplorasi Dan Implementasi Mikroba Indigenous Sebagai Agen Bioremediasi Terhadap Lahan Tercemar Merkuri Pada Kawasan Pertambangan Di Sumatera Utara Melalui Pendekatan Transdisipliner Wahdatul Ulum Dalam Peningkatan Mutu Penelitian Di Uinsu Medan. *Repository UIN Sumatera Utara*.
- Khastini, R. O., Zahranie, L. R., Rozma, R. A., & Saputri, Y. A. (2022). Review : Peranan Bakteri Pendegradasi Senyawa Pencemar Lingkungan Melalui Proses Bioremediasi. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 345.
- Lewaru, S., Riyantini, I., & Mulyani, Y. (2013). Identifikasi Bakteri Indigenous Pereduksi Logam Berat Cr (Vi) Dengan Metode Molekuler Di Sungai Cikijing Rancaekek, Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 3(4), 81–92.
- Mahjani., & Putri, D. H. (2020). Growth Curve of Endophyte Bacteria Andalas (*Morus macroura* Miq.) B.J.T. A-6 Isolate. *Serambi Biologi*, 5(1), 29–32.
- Masthura, M., Husnah, M., & Panggabean, D. U., (2022). Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penurunan BOD, COD, Dan Fe Pada Air Sungai Batang Toru

Nurchayani N, Mayasarai U, Amelia Nasution R : Bioremediasi Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri Indigenous Dari Sungai Tercemar Limbah Cair Pertambangan Emas Martabe Batang Toru

Menggunakan Metode Elektrokoagulasi, *Jurnal Phi : Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*, 3(4), 70-75.

Pratiwi, S. T. (2008). *Mikrobiologi Farmasi*. Erlangga.

Rahadi, B., Susanawati, L. D., & Agustianingrum, R. (2020). *Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri Indigenous Pada Tanah Tercemar Air Lindi (Leachate) Bioremediation Of Lead Using Indigenous Bacteria Isolated From Leachete Contaminated Soil*. 11–18.

Rohmah, N. S. (2017). *Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi Timbal (Pb) Dari Lumpur Lapindo. Skripsi*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Safitri, L., Suprihadi, A., Kusdiyantini, E., & Darmayati, Y. (2014). Optimasi Pemberian Pupuk Gramafix Dalam Degradasi Cemarannya Minyak Bumi Oleh Bakteri Indigenous Secara In Vitro. *Jurnal Akademika Biologi*, 3(2), 59–70.

Saraswati, P. W., Nocianitri, K. A., Made, N., & Hapsari, I. (2021). *Pola Pertumbuhan Lactobacillus Sp . F213 Selama Fermentasi Pada Sari Buah Terung Belanda (Solanum Betaceum Cav .) Growth Pattern Of Lactobacillus Sp . F213 During Fermentation In Tamarillo Juice (Solanum Betaceum Cav.)*. 10(4), 621–633.

Zulaika, Arif, Tutut, & Umi. (2012). Bakteri Resisten Logam Berat Yang Berpotensi Sebagai Biosorben Dan Bioakumulator. *Seminar Nasional Waste Management For Sustainable Urban Development*.

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
10 Desember 2023	23 Desember 2023	07 Januari 2023	Ya