Nur Hidayatullah

Identifikasi Bakteri di Ekosistem Mangrove Kecamatan Candi sebagai Agen Bioremediasi Pencemaran Logam Berat Cu, Pb, ...

Quick Submit

Quick Submit

Universitas Muhammadiyah Surabaya

Document Details

Submission ID
trn:oid:::1:3698767929

Submission Date
Nov 2, 2026, 6:42 PM GMT+7

Download Date
Nov 2, 2026, 6:45 PM GMT+7

File Name
ran_Logam_Berat_Cu,_Pb,_dan_Hg_di_peraiaran_Pesisir_Wonorejo.pdf

File Size
412.7 KB

11 Pages

5,644 Words

34,995 Characters

8% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Submitted works
- Internet sources

Top Sources

0% Internet sources
8% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

0% Internet sources
8% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1 Publication
Marshella Syahla Khairunnisa, Ratu Safitri. "Isolasi dan Identifikasi Bakteri Probio... <1%

2 Publication
Nursiah La Nafie, Syarifuddin Liong, Rizda Arifin. "Fitoakumulasi Logam Ni dan Z... <1%

3 Publication
Chindy Achika Rori, Febby Ester Fany Kandou, Agustina Monalisa Tangapo. "Aktiv... <1%

4 Publication
Risa Suryani Wilyasari, Yulianty Yulianty, Zulkifli Zulkifli, Endang Nurcahyani. "Mo... <1%

5 Publication
Anna Kristina Rosa Vernans Beoang. "Penyisihan Logam Berat Tembaga (Cu2+) Ol... <1%

6 Publication
Prima Soheti, La Ode Sumarlin, Dany Poltak Marisi. "Fitoremediasi Limbah Radioa... <1%

7 Publication
Jerry Indrawan, Astin Julia Rosa, Anwar Ilmar, Garcia Krisnando Nathanael. "Parti... <1%

8 Publication
Pankaj Kumar Chaurasia, Nagraj, Nagendra Sharma, Sunita Kumari et al. "Fungal... <1%

9 Publication
Andi Parenrengi, Andi Tenriulo, Sri Redjeki Hesti Mulyaningrum, Samuel Lante, A... <1%

10 Publication
Nur Wahidah, Ratman Ratman, Purnama Ningsih. "Analisis Senyawa Metabolit Pr... <1%

11 Publication
Renita Tri Wahyuni, Rozirwan, Wike Ayu Eka Putri, Gusti Diansyah, Isnaini. "Anali... <1%

12 Publication

Salsa Bila, Rendi Rendi, Suarni Norawati, Henrizal Henrizal, Mustafa Kamal. "Peng... <1%

13 Publication

Aini Sulastri, Jumiati Jumiati, Herda Desmaiani. "Skrining dan Uji Efektivitas Redu... <1%

14 Publication

I Nengah Sueca, Ni Wayan Sri Darmayanti. "PEMBINAAN DAN PEMBIMBINGAN KE... <1%

15 Publication

Adityawarman Adityawarman, Mahyarudin Mahyarudin, Effiana Effiana. "Isolasi, ... <1%

16 Publication

Aninditya Artina Setiaputri, Giri Rohmad Barokah, Muh. Alsere Bardian Sahaba, R... <1%

17 Publication

Ayuni Adinda, Ade Trisnawati, Novia Fahmi Ayu W, Mayang Restiawati. "Pengaru... <1%

18 Publication

Christofel A.N. Tanumihardja, Billy Kepel, Widhi Bodhi. "Identifikasi Bakteri Resist... <1%

19 Publication

John L. Rantung, Sofia Wantasen. "BIOMONITORING DAMPAK EKOLOGIS MERKUR... <1%

20 Publication

Nurjhanna Jais Jais, Muhammad Ikhtiar, Abd Gafur, Hasriwiani Habo Abbas, Hid... <1%

21 Publication

Siti Naimah, Silvie Ardhanie Aviandharie, Rahyani Ermawati. "EFEKTIVITAS NANO... <1%

22 Publication

Tiah Rachmatiah, Vilya Syafriana, Fitria Helma. "Aktivitas Antibakteri Ekstrak Eta... <1%

23 Publication

Ariqoh Athallah Gusri, Rozirwan Rozirwan, Wike Ayu Eka Putri. "Logam Berat Pb, ... <1%

24 Publication

Maisya Zahra Al Banna, Widiastini Arifuddin. "Potensi Bakteri Asal Bambu dalam ... <1%

25 Publication

Regina E.M. Kepel, . Fatimawali, Fona Budiarso. "Isolasi bakteri resisten merkuri p... <1%

26 Publication

Giri Rohmad Barokah, S.Pi, Dwiyitno Dwiyitno, Indrianto Nugroho. "Kontaminasi ... <1%

27 Publication

Siska Nuryanti, Fitriana Fitriana. "POTENSI ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL JAMUR... <1%

28 Publication

Hana Agustiana, Sri Lestari, Eko Setio` Wibowo. BioEksakta : Jurnal Ilmiah Biologi ... <1%

29 Publication

Salsabila Rahma Azahro, Aninditia Sabdaningsih, Diani Estining Tyas. "Abundance... <1%

turnitin Page 6 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3698767929

P-ISSN:2597-3681
E-ISSN:2614-2805

Identifikasi Bakteri di Ekosistem Mangrove Kecamatan Candi sebagai Agen Bioremediasi Pencemaran Logam Berat Cu, Pb, dan Hg di peraiaran Pesisir Wonorejo

Nur Hidayatullah Romadhon[1*],Vella Rohmayani[2],Lihabi[2], Ajeng Retno Kustianingrum[1],Ekita

[1]Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Muhammadiyah Surabaya
[2]Faculty of Health Sciences, Universitas Muhammadiyah Surabaya
E-mail: nurhidayatullah_r@um-surabaya.ac.id

Tanggal Submit:
7 Agustus 2024

Tanggal Review:
1 November 2024

Tanggal Publish Online:
30 November 2024

ABSTRACT

Bioremediation of heavy metals using bacteria has been widely developed due to the high accumulation of heavy metals (Cu, Pb, and Hg) in ecosystems, largely driven by industrial activities. The toxic effects of these metals on living organisms and the environment require immediate solutions through biological approaches.

This study aimed to identify and analyze the potential of indigenous bacteria from mangrove sediments in Candi District as bioremediation agents for heavy metals Cu, Pb, and Hg in vitro.

This research employed a descriptive-exploratory design and was conducted at the Microbiology Laboratory, Universitas Muhammadiyah Surabaya, from July to November 2023. Bacterial isolation was performed using the pour plate method and purified with the streak plate method on Nutrient Agar medium. Preliminary screening was carried out on Nutrient Agar supplemented with Cu, Pb, and Hg at concentrations of 100, 250, 350, and 500 ppm. The reduction ability of bacterial isolates was tested on Salmonella Shigella Agar (SSA) medium using the Langmuir method.

Isolation of bacteria from mangrove sediments yielded nine isolates, all of which demonstrated the ability to degrade Cu, Pb, and Hg. Among them, isolate T1, identified as *Pseudomonas aeruginosa* (Gram-negative), exhibited the highest reduction capacity, achieving 82% for Cu, 74% for Pb, and 72.61% for Hg.

Pseudomonas aeruginosa isolated from mangrove sediments in Candi District shows strong potential as a bioremediation agent for heavy metal pollution (Cu, Pb, and Hg) in aquatic ecosystems.

Keywords: Bioremediation, Heavy metals, Cu, Pb, Hg Pseudomonas aeruginosa, Mangrove sediments, Indigenous bacteria, Metal reduction

turnitin Page 6 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3698767929

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam melimpah, baik di daratan maupun di wilayah perairan. Potensi ini mendorong berkembangnya berbagai sektor industri yang berupaya mengeksplorasi serta mengolah sumber daya tersebut menjadi produk bernilai tinggi di pasar lokal maupun global .(Utami, 2024) Seiring dengan itu, kemajuan teknologi turut berperan dalam mempercepat proses pengolahan sekaligus meningkatkan kualitas produk akhir . Sinergi antara perkembangan industri dan teknologi ini memang memberikan kontribusi positif terhadap pertumbuhan ekonomi nasional, namun juga menimbulkan dampak negatif bagi kestabilan lingkungan hidup. Eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan menghasilkan berbagai limbah sampingan yang bersifat toksik bagi ekosistem maupun makhluk hidup.

Limbah tersebut dapat berupa padat, cair, maupun gas . Salah satu limbah berbahaya adalah logam berat, yang bersifat sulit terurai (non-degradable) sehingga dapat terakumulasi di lingkungan. Logam berat yang masuk ke perairan akan mengendap di dasar dan membentuk senyawa kompleks dengan bahan organik maupun anorganik melalui proses adsorpsi dan interaksi kimia lainnya (Erlambang et al., 2021).

Akumulasi logam berat secara terus-menerus dalam jangka waktu panjang berpotensi merusak keseimbangan ekosistem, termasuk rantai makanan. Konsumen puncak yang mengonsumsi organisme pada tingkat bawah yang sudah terakumulasi logam berat akan mengalami dampak destruktif pada tubuhnya, karena jumlah logam tersebut telah cukup tinggi dan mampu merusak sel-sel vital melalui aliran darah (Lestari et al., 2023). Di antara logam berat yang sering menjadi perhatian adalah tembaga (Cu) dan merkuri (Hg), yang keberadaannya dilaporkan cukup tinggi di berbagai ekosistem (Ishak et al., 2022).

Logam tembaga (Cu) termasuk logam berat esensial bagi makhluk hidup karena dibutuhkan dalam jumlah tertentu untuk proses metabolisme. Namun, akibat pesatnya perkembangan industri, kadar Cu di lingkungan menjadi berlebihan sehingga meningkatkan sifat toksiknya terhadap organisme maupun ekosistem. Sementara itu, logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb) digolongkan sebagai logam berat paling berbahaya karena mudah diserap oleh tubuh, mampu menghambat aktivitas enzim, serta merusak sel (Suryono et al., 2020). Ketiga logam berat tersebut banyak ditemukan pada ekosistem perairan dan lahan basah, termasuk kawasan mangrove (Suryono et al., 2022).

Berbagai metode remediasi telah dikembangkan untuk menurunkan kadar logam berat di lingkungan, antara lain remediasi fisik (misalnya dengan mengumpulkan limbah dan memberikan perlakuan khusus), remediasi kimia (melalui ekstraksi kimia dan solidifikasi), serta remediasi biologi (seperti biofilter, bioventing, fitoremediasi, dan bioremediasi). Dari berbagai pendekatan tersebut, penggunaan bakteri indigenous dianggap paling aman dan efektif, karena bakteri tersebut mampu mengadsorpsi sekaligus menguraikan logam berat. Jenis bakteri ini umumnya melimpah pada sedimen mangrove.

Sedimen mangrove kaya akan partikel halus, bahan organik, sulfida, dan bersifat anaerobik, sehingga mampu menyerap logam berat dalam jumlah tinggi. Akar mangrove berfungsi sebagai akumulator logam berat, yang kemudian mendorong bakteri laut di sekitarnya untuk mengembangkan mekanisme resistensi terhadap kondisi lingkungan tercemar. Dalam proses metabolismenya, bakteri juga memanfaatkan logam berat tertentu melalui saluran protein spesifik yang berfungsi sebagai pengangkut ion logam (Suryono et al., 2021). Interaksi mikroba dengan logam berat tidak hanya berperan dalam mengurangi toksisitas logam tersebut, tetapi juga membantu keberlangsungan biota di sekitarnya, termasuk tanaman mangrove (Erlambang et al., 2021).

Sejumlah bakteri yang diketahui mampu mengikat dan mereduksi logam berat antara lain *Thiobacillus ferrooxidans*, *Bacillus cereus*, *Oogloea sp.*, *Citrobacter sp.*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Phenylobacterium*, *Enhydrobacter*, dan *Flavobacterium*, dengan kemampuan mereduksi logam Cu, Pb, Cd, maupun Hg (Lestari et al., 2021). Oleh karena itu, proses *screening* terhadap bakteri potensial yang hidup pada sedimen mangrove perlu terus dilakukan guna memperoleh isolat dengan kemampuan maksimal dalam mereduksi logam berat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi bakteri indigenous dari sedimen mangrove di Kecamatan Candi, Sidoarjo, dalam menurunkan kadar logam berat Cu, Pb, dan Hg secara *in vitro*.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain **deskriptif-eksploratif** yang bertujuan menghimpun informasi mengenai keberadaan bakteri indigenous yang resisten terhadap logam berat pada ekosistem mangrove. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran fenomena secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diteliti (Fauzizah et al., 2022). Fenomena yang dimaksud adalah adanya bakteri indigenous pada sedimen mangrove yang telah tercemar logam berat dari limbah domestik maupun aktivitas industri. Selain itu, penelitian ini juga bersifat **eksperimental**, karena sampel yang diperoleh dari kawasan mangrove Kecamatan Candi, Sidoarjo, diuji secara *in vitro* terhadap paparan logam berat dengan variasi konsentrasi tertentu untuk mengetahui potensi resistensi dan kemampuan degradasinya.

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan mangrove Kecamatan Candi, Kabupaten Sidoarjo, dengan pengambilan sampel pada bulan Juli–November 2023. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Muhammadiyah Surabaya. Data dikumpulkan melalui observasi kondisi lingkungan mangrove, serta pengambilan sampel sedimen dan air pada zona sekitar perakaran mangrove yang berpotensi menjadi lokasi akumulasi logam berat. Sampel sedimen kemudian diisolasi menggunakan metode *pour plate* dan dimurnikan dengan metode *streak plate* pada media Nutrient Agar. Tahap eksperimen dilakukan melalui uji pendahuluan pada media Nutrient Agar yang ditambahkan logam berat Cu, Pb, dan Hg masing-masing pada konsentrasi 100, 250, 350, dan 500 ppm. Selanjutnya, kemampuan isolat bakteri dalam mereduksi logam berat diuji dengan metode Langmuir pada media Salmonella Shigella Agar (SSA). Isolat yang menunjukkan resistensi dan kemampuan reduksi logam tertinggi kemudian diidentifikasi melalui pengamatan morfologi koloni, pewarnaan Gram, serta serangkaian uji biokimia untuk menentukan spesies bakteri potensial yang dapat berperan sebagai agen bioremediasi.

Prosedur Penelitian Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada tiga lokasi, yaitu di area dekat tambak, di sekitar aliran limbah domestik, dan di bagian tengah hutan mangrove. Pemilihan titik sampling didasarkan pada kondisi lokasi yang diperkirakan mengandung mikroorganisme berpotensi sebagai agen bioremediasi logam berat. Metode *purposive sampling* digunakan untuk memperoleh sampel sedimen yang diperkirakan tercemar logam berat tembaga (Cu) dan raksa (Hg).

Sedimen dikumpulkan dengan botol kaca gelap steril yang dimasukkan ke dalam kolom air hingga mencapai perakaran mangrove. Setelah terisi sekitar seperempat volume, botol ditarik kembali dan ditutup rapat saat masih berada di dalam sedimen. Selain itu, pengambilan sedimen juga dilakukan dengan menggunakan *grab sampler* sebanyak 250 gram per titik, diambil dari lapisan permukaan dasar perairan dengan ketebalan kurang dari 20 cm menggunakan alat Ekman grab. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip, dipindahkan ke botol polietilen, dibungkus plastik, dan disimpan dalam *cool box* untuk dibawa ke laboratorium. Analisis kandungan

P-ISSN:2597-3681
E-ISSN:2614-2805

Cu dan Hg pada sedimen dilakukan di Laboratorium Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surabaya. Selain itu, pengumpulan sampel biota (moluska) dan sedimen bertujuan sebagai data dasar untuk mengevaluasi kondisi kualitas perairan serta menjadi indikator tingkat pencemaran lingkungan di lokasi penelitian.

Isolasi Sampel

Mikroba pengakumulasi logam berat diisolasi melalui tahapan berikut: sedimen dari tiga titik lokasi (masing-masing 10 g) disuspensikan dalam 90 ml larutan glukosa 0,5%. Suspensi kemudian diinkubasi menggunakan *shaker incubator* selama 2 jam dengan kecepatan 1500 rpm, lalu diencerkan hingga 10^6 kali. Hasil pengenceran dikocok menggunakan vortex, kemudian 100 µl suspensi diinokulasikan pada cawan Petri berisi medium Nutrient Agar (NA). Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 48 jam (Ndidiamaka Ezejiofor et al., 2022).

Pemurnian Isolat

Koloni bakteri yang tumbuh dipurifikasi dengan metode *streak plate* pada medium NA dalam dua percobaan terpisah, kemudian diinkubasi kembali selama 1–2 hari. Koloni dengan diameter 2–4 mm selanjutnya diinokulasikan pada medium NA yang telah diperkaya logam berat (Cu, Hg, dan Pb) dengan variasi konsentrasi 100, 250, 350, dan 500 ppm. Inkubasi dilakukan dalam ruang gelap selama 2 hari. Sebagai kontrol, digunakan media tanpa logam berat untuk memastikan perbedaan pertumbuhan benar-benar dipengaruhi oleh kemampuan mikroba dalam toleransi logam (Juharna et al., 2022).

Pembuatan Larutan Induk

1. **$CuSO_4$ 1000 ppm**: ditimbang 2,512 g kristal $CuSO_4$, dimasukkan ke dalam labu ukur 1 L berisi aquades, lalu dihomogenkan (Agustiningrum et al., 2023).
2. **$HgCl_2$ 1000 ppm**: ditimbang 1353 mg $HgCl_2$ p.a, dilarutkan dalam 100 ml aquades hingga homogen, lalu dimasukkan ke dalam labu takar 1000 ml dan diencerkan sampai tanda batas (Fitriani et al., 2022).
3. **$Pb(NO_3)_2$ 1000 ppm**: ditimbang 1,59897 g $Pb(NO_3)_2$, dilarutkan dalam 1000 ml aquades sehingga diperoleh larutan baku Pb 1000 mg/L (Ndidiamaka Ezejiofor et al., 2022).

Pemeriksaan Makroskopis

Karakter koloni diamati secara visual meliputi:

- **Bentuk**: punctiform, irregular, filamentous, atau rhizoid.
- **Elevasi**: flat, raised, atau convex.
- **Karakter optik**: berwarna, opak, translusen, atau transparan.
- **Permukaan**: halus atau kasar (Wang et al., 2020).

Pewarnaan Gram

Proses pewarnaan Gram dilakukan dengan meneteskan 2–3 tetes kristal violet pada preparat ulas selama 1 menit, kemudian dicuci dengan air mengalir. Setelah itu, preparat ditetesi Gram's Iodine Mordant (Emerck) selama 1 menit, lalu dibilas kembali. Tahap selanjutnya adalah dekolorisasi menggunakan etanol 95% hingga warna kristal violet hilang, diikuti pencucian air. Preparat kemudian ditetesi safranin selama 45 detik, dibilas, dikeringkan, dan diamati menggunakan mikroskop (Viesser et al., 2020).

Pewarnaan Endospora

Preparat ulas diletakkan pada rak pewarna, ditutup dengan kertas saring, lalu ditetesi malachite green menggunakan pipet Pasteur hingga merata. Preparat dipanaskan selama 5 menit dan didinginkan sebelum kertas saring dilepas. Setelah itu, preparat dicuci dengan air, dikeringkan, dan diberi pewarna safranin selama 1 menit. Preparat kembali dicuci, dikeringkan, lalu diamati dengan mikroskop perbesaran 1000x menggunakan minyak imersi. Ukuran bakteri diukur menggunakan lensa foto mikroskop yang terhubung dengan perangkat lunak pengukur sel (Kalaimurugan et al., 2020).

P-ISSN:2597-3681
E-ISSN:2614-2805

Uji Katalase

Uji ini digunakan untuk mendeteksi aktivitas enzim katalase pada bakteri. Sebanyak 5 mL suspensi bakteri dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 5 tetes H_2O_2 0,5%. Terbentuknya gelembung udara menandakan hasil positif, yang menunjukkan bakteri mampu memecah H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2 (Budiyanto et al., 2021).

Uji Oksidase

Uji oksidase dilakukan dengan meletakkan preparat ulas pada objek kaca yang ditutup kertas saring, kemudian ditetesi larutan reagen oksidase. Perubahan warna menjadi ungu menunjukkan hasil positif, sedangkan tidak adanya perubahan warna menunjukkan hasil negatif. Selain itu, pertumbuhan koloni juga diamati untuk mengetahui kondisi pH yang optimal bagi pertumbuhan bakteri (Budiyanto et al., 2021).

Uji Motilitas

Pengujian motilitas bertujuan untuk mengetahui kemampuan gerak bakteri. Suspensi bakteri (±1 ml) ditempatkan pada gelas objek cekung dan ditutup kaca penutup. Pengamatan di bawah mikroskop menunjukkan bahwa bakteri motil akan bergerak menyebar dari titik inokulasi, sedangkan bakteri non-motil tetap pada area inokulasi (Budiyanto et al., 2021).

Uji Ketahanan pH

Sebanyak 1 ml kultur bakteri dalam Nutrient Broth (NB) diinkubasi selama 24 jam. Setelah itu, kultur diberi 10 µl larutan HCl encer untuk mencapai pH 3, kemudian diinkubasi kembali pada suhu 37°C selama 3 jam. Setiap jam, 200 µl suspensi diinokulasikan pada media NA dan diinkubasi pada 37°C selama 5 hari. Sebagai kontrol, kultur bakteri dalam NB yang tidak diberi perlakuan HCl juga ditumbuhkan pada media NA untuk dibandingkan daya tahan terhadap pH rendah (Sari et al., 2022).

Uji Resistensi terhadap Logam Berat

Setelah karakterisasi bakteri, dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan isolat dalam bertahan terhadap logam berat tembaga (Cu), raksa (Hg), dan timbal (Pb). Isolat diinokulasikan ke dalam medium cair Nutrient Broth (NB) yang diperkaya dengan $CuSO_4$, $HgCl_2$, dan $Pb(NO_3)_2$ pada konsentrasi 100, 250, 350, dan 500 ppm dalam Erlenmeyer. Setiap perlakuan dilakukan tiga kali ulangan. Inkubasi dilakukan menggunakan *shaker incubator* selama 72 jam dengan kecepatan 220 rpm. Ketahanan bakteri dinilai berdasarkan nilai *Optical Density* (OD) yang diukur pada panjang gelombang 600 nm dengan spektrofotometer. Nilai OD yang lebih tinggi menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik serta ketahanan bakteri terhadap konsentrasi logam berat yang diberikan (Imron et al., 2021).

Isolat yang menunjukkan ketahanan tertinggi kemudian dilanjutkan dengan uji kemampuan penurunan konsentrasi logam Cu dan Hg (Jalilvand et al., 2020).

Uji Penurunan Kadar Logam Berat oleh Bakteri

Pengujian dilakukan dengan menginokulasikan isolat terpilih ke dalam medium NB yang diperkaya logam berat pada konsentrasi resistensi tertinggi, yaitu 500 ppm. Setiap perlakuan dilakukan tiga kali ulangan. Kultur kemudian diinkubasi dalam *shaker incubator* selama 24 jam pada suhu 37°C dengan kecepatan 220 rpm. Setelah inkubasi, suspensi disentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 5 menit. Supernatan yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui penurunan konsentrasi Cu dan Hg menggunakan SSA (Spektrofotometri Serapan Atom).

Pengukuran Kadar Cu dan Hg dengan SSA

Sebanyak 5 ml supernatan diambil dan dimasukkan ke dalam gelas beaker 100 ml, kemudian ditambahkan 10 ml HNO_3 dan 3 ml $HClO_4$. Larutan dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 100°C hingga volumenya berkurang setengahnya untuk menghilangkan senyawa organik. Jika larutan masih keruh, ditambahkan

turnitin Page 11 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3098767929

P-ISSN:2597-3681
E-ISSN:2614-2805

kembali HNO_3 atau oksidator lain sesuai kebutuhan. Larutan kemudian disaring ke dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan dengan HNO_3 1 M hingga tanda batas. Konsentrasi akhir Cu dan Hg diukur menggunakan SSA (Ismail & Moustafa, 2016).

Pengukuran kadar Cu dan Hg menggunakan SSA Perhitungan konsentrasi logam Cu dan Hg terserap atau menggunakan metode Langmuir (Kladsomboon et al., 2020), dengan persamaan sebagai berikut :

Cs = Ca – Cb

Perhitungan % Penurunan Kadar Logam Penentuan persentase logam berat Cu dan Hg sesuai dengan persamaan :

$$D = \frac{C(a) - C(b)}{C(a)} \times 100\%$$

Keterangan :

D = Daya Penurunan Kadar logam Cu dan Hg

Cs = Cu dan Hg yang kadarnya berkurang (ppm) C(a) = Konsentrasi awal Cu dan Hg (ppm)
C(b) = Konsentrasi akhir Cu dan Hg (ppm)

Analisis Data

Identifikasi jenis bakteri lokal dilakukan dengan mengacu pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* edisi ke-9. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif, yaitu dengan menyajikan hasil dalam bentuk rata-rata persentase. Selanjutnya, data tersebut dideskripsikan, dijelaskan, serta diinterpretasikan menggunakan tabel dan grafik untuk memudahkan pemahaman pola dan kecenderungan yang muncul (Poosinuntakul et al., 2020).

Hasil

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, isolat bakteri menunjukkan kemampuan dalam mereduksi logam berat Cu dan Hg. Persentase reduksi logam berat oleh isolat bakteri disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil Reduksi Logam Berat Hg dan Cu oleh Isolat Bakteri Selama berdasarkan Hari 0, 3 dan 5

Isolat	Logam Hg (ppm)			Logam Cu (ppm)		
	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-5	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-5
D1	250,000	206,792	103,005	250,000	190,500	54,250
D2	250,000	190,017	97,203	250,000	187,006	81,050
D3	250,000	172,368	115,900	250,000	178,240	52,730
D4	250,000	238,261	94,350	250,000	215,500	55,320
D5	250,000	221,384	84,210	250,000	192,250	57,402
T1	250,000	178,272	68,482	250,000	148,272	45,005
T2	250,000	192,220	71,375	250,000	127,387	52,200
B1	250,000	130,135	62,213	250,000	142,156	62,302
B2	250,000	216,237	78,784	250,000	224,007	67,004

turnitin Page 11 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3098767929

turnitin Page 12 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3698767929

P-ISSN:2597-3681
E-ISSN:2614-2805

Tabel 2. Persentase reduksi logam berat

Isolat	Kadar awal (ppm)	Kadar akhir (ppm)	Daya Reduksi (%)	Kadar awal (ppm)	Kadar akhir (ppm)	Daya Reduksi (%)
D1	250,000	103,005	58,80	250,000	54,250	78,30
D2	250,000	97,203	61,12	250,000	81,050	67,58
D3	250,000	115,900	53,64	250,000	52,730	78,91
D4	250,000	94,350	62,26	250,000	55,320	77,87
D5	250,000	84,210	66,32	250,000	57,402	77,04
T1	250,000	68,482	72,61	250,000	45,005	82,00
T2	250,000	71,375	71,45	250,000	52,200	79,12
B1	250,000	62,213	75.11	250,000	62,302	75,08
B2	250,000	78,784	68,49	250,000	67,004	73,20

Berdasarkan hasil isolasi, jumlah koloni bakteri yang diperoleh dari lahan basah di **Desa Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Jawa Timur**, tergolong cukup banyak. Dari penelitian ini berhasil diperoleh sebanyak 9 isolat bakteri, dengan rincian: 5 isolat dari sampel tanah di titik dekat tambak (D), 2 isolat dari titik dekat aliran limbah domestik (B), dan 2 isolat dari titik tengah hutan mangrove (T). Perbedaan jumlah isolat pada masing-masing lokasi diduga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat pengambilan sampel. Menurut Irfan (2014), faktor-faktor seperti kandungan unsur hara, kelembapan, suhu, dan aerasi tanah berperan penting dalam menentukan keberadaan serta jumlah bakteri dalam tanah (Sari et al., 2020).

Secara topografi, lahan basah **Desa Wonorejo** berada pada ketinggian ±4 meter di atas permukaan laut, dengan curah hujan rata-rata 2000 mm/tahun dan suhu udara sekitar 30°C. Lokasi ini merupakan area persawahan yang secara tidak langsung memengaruhi kelembapan, suhu, serta kandungan unsur hara tanah baik organik maupun anorganik (Sampurno et al., 2017).

Ketinggian suatu wilayah dari permukaan laut memiliki korelasi signifikan terhadap kondisi tanah. Setiap kenaikan 100 kaki dari permukaan laut dapat menurunkan suhu tanah sekitar 0,71°F yang berbanding lurus dengan peningkatan kelembapan dan aerasi tanah. Suhu tanah, baik pada permukaan maupun di zona rhizosfer, sangat berpengaruh terhadap aktivitas mikroba tanah, khususnya terkait dengan laju pembentukan enzim dan kecepatan inaktivasi enzim dalam sel bakteri (Primadina et al., 2019). Suhu eksternal yang terlalu tinggi dapat menyebabkan denaturasi protein menjadi asam amino, sehingga enzim mengalami kerusakan struktural maupun fungsional yang pada akhirnya menghambat aktivitas sel (Kartikorini et al., 2021). Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah memperlambat pembentukan enzim, mengurangi energi metabolisme, dan menurunkan kemampuan sel mikroba untuk bertahan hidup (Sugiharti & Gayatri, 2021).

Sama halnya dengan suhu, kelembaban dan aerasi tanah juga memengaruhi laju pertumbuhan mikroba tergantung pada jenisnya, apakah aerobik atau anaerobik. Kelembaban tanah yang tinggi menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen sehingga menghambat bahkan dapat mematikan mikroba aerobik (Ali et al., 2019). Sebaliknya, aerasi tanah meningkatkan kadar oksigen sehingga menguntungkan bagi mikroba aerobik (Suryono et al., 2020). Selain itu, ketersediaan unsur hara yang melimpah juga menunjang pertumbuhan mikroba karena menyediakan bahan penting untuk metabolisme sel (Mangungsong et al., 2020).

Topografi dan jenis ekosistem, misalnya mangrove, juga memengaruhi keragaman spesies bakteri. Mangrove memiliki salinitas 12–15 psu, melebihi kisaran optimal bagi sebagian besar bakteri (<7 psu), sehingga bakteri yang dominan umumnya adalah bakteri halofilik (Hendri et al., 2021). Tingginya salinitas memengaruhi mikroba melalui mekanisme osmotik dan ion spesifik

turnitin Page 12 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3698767929

P-ISSN:2597-3681
E-ISSN:2614-2805

(Ganing et al., 2023). Garam terlarut dapat menurunkan potensi osmotik tanah, menarik air keluar dari sel dan memicu plasmolisis, yang berakibat fatal bagi mikroba dan akar tanaman. Adaptasi terhadap kondisi ini dilakukan dengan akumulasi osmolit, meski membutuhkan energi tinggi sehingga pertumbuhan mikroba menurun (Lestari et al., 2021). Bakteri halofilik mampu bertahan melalui strategi akumulasi garam KCl atau dengan mensintesis zat organik kompatibel yang menjaga kestabilan enzimatik meski berada pada kadar garam ekstrem (Kartikorini et al., 2021; Foeh & Gaina, 2017).

Hasil isolasi dari tanah mangrove memperlihatkan variasi morfologi koloni. Sebagian besar koloni berbentuk circular (bulat) dan irregular (tidak beraturan), dengan elevasi flat maupun raised. Perbedaan paling jelas terlihat pada warna, tekstur, dan tepi koloni. Variasi morfologi ini menjadi petunjuk penting dalam identifikasi bakteri karena tiap spesies cenderung menghasilkan pola koloni khas (Erlambang et al., 2019; Lestari et al., 2021). Faktor utama yang memengaruhi morfologi koloni adalah konsentrasi agar sebagai pemadat dan ketersediaan nutrien. Medium dengan agar tinggi menghasilkan koloni tipis dan radial, sedangkan medium dengan nutrien tinggi memicu penyebaran cepat dengan koloni yang lebih kompak dan jelas (Hendri et al., 2021; Foeh & Gaina, 2017).

Analisis mikroskopis menunjukkan seluruh isolat merupakan Gram negatif. Dari sembilan isolat, tujuh di antaranya katalase positif, dua katalase negatif. Bakteri Gram negatif memiliki dinding sel tipis (8–12 nm), terdiri dari tiga lapisan (membran luar, peptidoglikan, plasma), serta kaya lipid dan lipoprotein sehingga berwarna merah/pink setelah pewarnaan Gram (Lestari et al., 2017; Sugiharti & Gayatri, 2021). Enzim katalase membantu menguraikan H_2O_2 yang bersifat toksik menjadi air dan oksigen. Uji lain menunjukkan tiga isolat motil (memiliki flagela), satu isolat positif H_2S, serta lima isolat positif oksidase. Uji oksidase menandakan adanya sitokrom oksidase yang berperan dalam respirasi aerobik (Ali et al., 2019; Lestari et al., 2021).

Pengujian reduksi logam berat memperlihatkan kemampuan bervariasi pada tiap isolat. Tiga isolat (B1, T1, T2) mampu mereduksi merkuri (Hg) dengan efektivitas di atas 70%. Bakteri dapat bertahan pada lingkungan kaya merkuri berkat enzim MerB yang mampu mendekomposisi metilmerkuri menjadi bentuk kurang toksik (Erlambang et al., 2019; Kartikorini et al., 2021). Untuk Pb, mekanisme bakteri meliputi pengikatan ion logam pada dinding sel, penyerapan melalui polimer ekstraseluler, bioakumulasi oleh metallothionein, pengendapan, serta pengikatan oleh siderophore (Das et al., 2016; Arimurti et al., 2022; Gadd, 2009). Pada uji reduksi Cu, isolat T1 menunjukkan hasil tertinggi (82%), diikuti isolat lain dengan rata-rata di atas 70% (Romadhon et al., 2023).

Identifikasi lanjutan mengaitkan isolat T1 dengan *Pseudomonas aeruginosa*, T2 dengan *Klebsiella pneumoniae*, B1 dengan spesies berbeda yang membedakan kemampuan fermentasi ornitin, dan B2 dengan *Enterobacter sp.* (Lestari et al., 2021). Secara keseluruhan, kesembilan isolat terbukti mampu mereduksi Hg, Pb, dan Cu, dengan mekanisme resistensi utama meliputi efflux ion, sekuestrasi intra/ekstrasel, serta reduksi ion logam (Erlambang et al., 2019).

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat isolat bakteri dari sedimen mangrove Desa Sawohan, Kecamatan Buduran, Sidoarjo, yang mampu mereduksi logam berat Cu dan Hg. Isolat dengan aktivitas reduksi tertinggi adalah isolat T1, dengan daya reduksi terhadap Cu sebesar 82% dan terhadap Hg sebesar 72,61%. Berdasarkan identifikasi manual menggunakan Bergey's Manual, isolat tersebut diestimasi termasuk dalam kelompok *Pseudomonas aeruginosa*.

Saran

Isolat bakteri yang terbukti efektif dalam mereduksi logam Cu dan Hg perlu dilakukan pengujian lanjutan di laboratorium untuk mengevaluasi potensinya dalam mereduksi logam berat lain. Hasil penelitian lanjutan diharapkan dapat berkontribusi pada upaya bioremediasi dalam mengurangi pencemaran logam di ekosistem mangrove.

Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan, baik secara individu maupun institusi, dalam penelitian ini.

turnitin Page 14 of 16 - Integrity Submission

P-ISSN:2597-3681
E-ISSN:2614-2805

Daftar Pustaka

Agustiningrum, E., Hardarani, N., & Susanti, H. (2023). Teknik sterilisasi eksplan daun lahung (durio dulcis) pada media ms secara in vitro. *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, *5*(2), 65–80. https://doi.org/10.36423/agroscript.v5i2.1248

Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, *2019*(2), 1–14. https://doi.org/10.1155/2019/6730305

Arimurti, A. R. R., Rohmayani, V., Romadhon, N., Rahmani, T. P. D., Watson, L. J., Wahyuni, K. S., & Ulumiya, N. (2022). The potency of bacteria isolated from the hydroponic rockwool of field mustard (Brassica rapa L.) for nitrogen fixation and indole acetic acid (IAA) production. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, *10*(1). https://doi.org/10.24252/bio.v10i1.28451

Budiyanto, R., Satriawan, N. E., & Suryani, A. (2021). Identifikasi dan uji resistensi staphylococcus aureus terhadap antibiotik (chloramphenicol dan cefotaxime sodium) dari pus infeksi piogenik di puskesmas proppo. *Jurnal Kimia Riset*, *6*(2), 154–162.

Erlambang, B. P. D., Oktarianti, R., & Wathon, S. (2019). Mikroorganisme potensial sebagai agen hayati pendegradasi limbah sampah plastik. *BioTrends : Majalah Populer Bioteknologi*, 18–26.

Fauzizah, U., Utami, B., & Masykuri, M. (2022). Adsorbsi ion cd2+ dengan kombinasi adsroben cangkang telur-tongkol jagung teraktivasi menggunakan metode batch. *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia XIII*, *13*(1), 80–93.

Fitriani, N., Ni'matuzahroh, O'Marga, T. T. N., Mohamed, R. M. S. R., Wahyudianto, F. E., Imron, M. F., Isnadina, D. R. M., & Soedjono, E. S. (2022). Optimization of slow sand filtration for the raw municipal wastewater treatment by using the blood cockle (anadara granosa) shell as an alternative filter media through the response surface methodology. *Journal of Ecological Engineering*, *23*(6), 100–111. https://doi.org/10.12911/22998993/147833

Foeh, N. D. F. K., & Gaina, C. D. (2017). Sari buah lontar sebagai pengencer alami dalam mempertahankan kualitas spermatozoa babi. *Jurnal Kajian Veteriner* , *5*(1), 52–58.

Ganing, M., Syafaatullah, A. Q., Asdiana, A., Yusuf, I. S., Junianti, F., & Suleman, I. (2023). Pemanfaatan arang aktif dari tongkol jagung sebagai adsorben ion Pb 2+. In *JTKM* (Vol. 2, Issue 2).

Hendri, S., Handika, R., Kenedi, A. K., & Ramadhani, D. (2021). Pengembangan modul digital pembelajaran matematika berbasis science, technology, enginiring, mathematic untuk calon guru sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, *5*(4), 2395–2403. https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i4.1172

Hendri, S., Hendika, R., Kenedi, A. K., & Ramadhani, D. (2021). Pengembangan modul digital pembelajaran matematika berbasis science, technology, engineering, mathematic untuk calon guru sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, *5*(4), 2395–2403.

Herdiansyah, H. (2018). Pengelolaan konflik sumber daya alam terbarukan di perbatasan dalam pendekatan ekologi politik. *Jurnal Hubungan Internasional*, *7*(2), 143–151. https://doi.org/10.18196/hi.72134

Imron, M. F., Kurniawan, S. B., & Abdullah, S. R. S. (2021). Resistance of bacteria isolated from leachate to heavy metals and the removal of Hg by Pseudomonas aeruginosa strain FZ-2 at different salinity levels in a batch biosorption system. *Sustainable Environment Research*, *31*(1). https://doi.org/10.1186/s42834-021-00088-6

Sugiharti, N., & Gayatri, Y. (2021). Profil kemampuan berpikir kritis siswa sma muhammadiyah kota surabaya pada pembelajaran biologi. *Jurnal Pedago Biologi*, *9*(1), 34–40.

Suryono, S., Taufiq-SPJ, N., Pratikto, I., & Ario, R. (2020). Sebaran mangrove di Desa Bumiharjo Kecamatan Keling Kabupaten Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, *9*(2), 117–124. https://doi.org/10.14710/buloma.v9i2.29067

Viesser, J. A., Sugai-Guerios, M. H., Malucelli, L. C., Pincerati, M. R., Karp, S. G., & Maranho, L. T. (2020). Petroleum-tolerant rhizospheric bacteria: isolation, characterization and bioremediation potential. *Scientific Reports*, *10*(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-020-59029-9

turnitin Page 14 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3698767929

turnitin Page 15 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3098767929

P-ISSN:2597-3681
E-ISSN:2614-2805

Irfan, M. (2014). Isolasi dan enumerasi bakteri tanah gambut di perkebunan kelapa sawit PT. Tambang Hijau Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. *Jurnal Agroteknologi*, *5*(1), 1–7.

Ishak, N. I., Mahmudah, M., Kasman, K., Ishak, E., Effendy, I. J., & Fekri, L. (2023). Analysis of heavy metal content in martapura river water, South Kalimantan Province in 2022. *Journal of Fishery Science and Innovation*, *7*(1), 35–41. https://doi.org/10.33772/jsipi.v7i1.210

Ismail, I., & Moustafa, T. (2016). Biosorption of heavy metals. *Heavy Metals: Sources, Toxicity and Remediation Techniques*, *October*, 131–174.

Jalilvand, N., Akhgar, A., Alikhani, H. A., Rahmani, H. A., & Rejali, F. (2020). Removal of heavy metals zinc, lead, and cadmium by biomineralization of urease-producing bacteria isolated from iranian mine calcareous soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *20*(1), 206–219. https://doi.org/10.1007/s42729-019-00121-z

Juharna, F. M., Widowati, I., & Endrawati, H. (2022). Kandungan logam berat timbal (pb) dan kromium (cr) pada kerang hijau (perna viridis) di Perairan Morosari, Sayung, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, *11*(2), 139–148. https://doi.org/10.14710/buloma.v11i2.41617

Kalaimurugan, D., Balamuralikrishnan, B., Durairaj, K., Vasudhevan, P., Shivakumar, M. S., Kaul, T., Chang, S. W., Ravindran, B., & Venkatesan, S. (2020). Isolation and characterization of heavy-metal-resistant bacteria and their applications in environmental bioremediation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *17*(3), 1455–1462. https://doi.org/10.1007/s13762-019-02563-5

Kartikorini, N., Kunsah, B., & ... (2021). Efektivitas lama perendaman serbuk kulit jeruk manis (citrus sinensis) terhadap bilangan peroksida pada minyak jelantah. *The Journal of ...*, *2*(4), 216–224.

Kladsomboon, S., Jaiyen, C., Choprathumma, C., Tusai, T., & Apilux, A. (2020). Heavy metals contamination in soil, surface water, crops, and resident blood in Uthai District, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand. *Environmental Geochemistry and Health*, *42*(2), 545–561. https://doi.org/10.1007/s10653-019-00388-2

Lestari, S., Sudarmadji, S., Tandjung, S. D., & Santosa, S. J. (2017). Biosorpsi krom total dalam limbah cair batik dengan biosorben yang dikemas dalam kantung teh celup. *Biosfera*, *33*(2), 71.

Mangungsong, A., Soemarsono, S., & Zudri, F. (2020). Pemanfaatan mikroba tanah dalam pembuatan pupuk organik serta peranannya terhadap tanah aluvial dan pertumbuhan bibit tanaman kakao. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, *47*(3), 318–325. https://doi.org/10.24831/jai.v47i3.24721

Miharja, D. S., & Sidharta, I. (2018). Pengaruh pengelolaan kelancaran proses produksi terhadap kualitas produk migas yang dimoderasi peran laboratorium. *Jurnal Kontingen*, *6*(1), 29–34.

Ndidiamaka Ezejiofor, A., Orish, C. N., & Akaranta, O. (2022). Original article multi-organ inducedtoxicity of metal mixture (cdcl 2 , hgcl 2 , pb(no3), and the ameliorative potentials of plantain musa paradisiaca (f. musaceae) stem juice on male wistar rats. *Int J Physiol Pathophysiol Pharmacol*, *14*(4), 211–224. www.ijppp.org

Poosinuntakul, N., Parnklang, T., Sitiwed, T., Chaiyo, S., Kladsomboon, S., Chailapakul, O., & Apilux, A. (2020). Colorimetric assay for determination of Cu (II) ions using L-cysteine functionalized silver nanoplates. *Microchemical Journal*, *158*(1), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105101

Primadina, N., Basori, A., & Perdanakusuma, D. S. (2019). Proses penyembuhan luka ditinjau dari aspek mekanisme seluler dan molekuler. *Qanun Medika*, *3*(1), 31–43.

Rahman, F. A., Listari, N., & Jannah, S. W. (2022). Bioakumulasi logam berat (pb) pada vegetasi mangrove famili rhizophoraceae di Teluk Lembar Kabupaten Lombok Barat. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, *10*(2), 1273–1284. https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i2.5956

turnitin Page 15 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3098767929

turnitin Page 16 of 16 - Integrity Submission

Submission ID trn:oid:::1:3698767929
P-ISSN:2597-3681
E-ISSN:2614-2805

Romadhon, N., Ni'matuzahroh, N., Purnobasuki, H., Rohmayani, V., Arimurti, A. R. R., Riandi, M. I., & Juniawan, M. F. (2023). *Fitoremediasi mangrove dalam penurunan kadar logam pb, hg dan cu* (r. setiawan, ed.; setia). UM Surabaya.

Sampurno, E. A., Yusrudin, Y., & Noor, M. T. (2017). Pengaruh jenis umpan terhadap hasil tangkapan kepiting bakau (scylla sp) pada alat tangkap bubu di Desa Sawohan Kecamatan Buduran Kebupaten Sidoarjo. *Jurnal TECHNO-FISH*, *1*(2), 65–77.

Sari, D. P., Amir, H., & Elvia, R. (2020). Isolasi bakteri dari tanah tempat pembangan akhir (tpa) air sebakul sebagai agen biodegradasi limbah plastik polyethylene. *ALOTROP : Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, *4*(2), 98– 106.

Sari, R., Bintari, Y. R., & Damayanti, D. S. (2022). Pengaruh variasi konsentrasi sukrosa terhadap derajat keasaman dan total bakteri asam laktat kombucha daun sirsak (Annona muricata L.). *Jurnal Kedokteran Komunitas*, *10*(1), 1–7.

turnitin Page 16 of 16 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::1:3698767929