

EKSPLORASI ISOLAT BAKTERI RIZOSFER BAMBU TANA TORAJA TOLERAN LOGAM BERAT

EXPLORATION OF HEAVY METAL TOLERANT BACTERIA FROM RHIZOSPHERE SOIL OF TANA TORAJAS' BAMBOO

Maisya Zahra Al Banna¹, Widiastini Arifuddin^{2*)}

^{1,2}Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Patempo.
Jalan Inspeksi Kanal Citraland No. 10, Makassar, Sulawesi Selatan, Kode Pos: 92114

*Email: widiastiniarifuddin88@gmail.com

Diterima: 08 Juni 2022. Disetujui: 04 Juli 2022. Dipublikasikan: 10 Agustus 2022

Abstrak: Tana Toraja memiliki keragaman bambu yang amat tinggi. Tanaman bambu memiliki peran penting dalam aspek bioenergy dan pengelolaan lingkungan. Beberapa penelitian telah mengungkap bambu sebagai agen fitoremediasi tanah tercemar logam berat. Daerah rizosfer bambu telah diketahui pula sebagai tempat yang ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme potensial. Dalam penelitian ini digunakan lima isolat bakteri yang berasal dari lima jenis rizosfer bambu berbeda, yang diberi kode Htl.2, Hpr.6, Hk.1, Hh.5 dan Hb.1. Selain itu digunakan pula tiga jenis logam berat berbeda yaitu merkuri (Hg), timbal (Pb) dan kromium (Cr), konsentrasi yang digunakan adalah 5 ppm dan 10 ppm. Kemampuan adaptasi isolat bakteri terhadap masing-masing logam berat diamati berdasarkan zona bening yang terbentuk di sekitar cawan petri. Berdasarkan hasil pengujian, isolat Htl2, Hpr.6 dan Hb.1 membentuk zona bening terluas pada media yang mengandung logam Hg. Isolat Hh.5, Hpr.6 dan Hk.1 membentuk zona bening terluas pada logam Pb, sedangkan untuk logam Cr isolat yang menunjukkan respon terbaik adalah Hb.1, Hh.5 dan Hpr.6. Hasil pengamatan morfologi diketahui bahwa dari kelima isolat bakteri terdapat empat isolat tergolong sebagai bakteri Gram negatif, dan satu isolat merupakan bakteri Gram positif. Hasil penelitian ini merupakan studi awal untuk menentukan bakteri prospektif digunakan dalam rehabilitasi tanah tercemar logam berat.

Kata Kunci : Bambu, isolat bakteri rizosfer, logam berat.

Abstract: Tana Toraja has a high diversity of bamboo. Bamboo plants play a significant role in bioenergy programs and environmental management. Some studies had showed bamboo as a phytoremediation agent for heavy soil contaminated soil. Their rhizosphere soil also an ideal habitat for potential microorganisms, which has been reported by many studies. In this study we used five bacteria isolates, which isolated from different rhizosphere soil of tana torajas' bamboo, namely Htl.2, Hpr.6, Hk.1, Hh.5 and Hb.1. We used three different heavy metal, they are mercury (Hg), plumbum (Pb) and chromium (Cr) with a concentration range are 5 ppm and 10 ppm. The ability of isolates bacteria to adapt to heavy metals was indicated by the formation of clear zones on petridisc. Based on the results, all bacterial isolates showed different responses to heavy metal presence in their media culture. Isolates bacteria Htl2, Hpr.6 and Hb.1 form a relatively high clear zone in the heavy metal mercury (Hg). Isolates bacteria Hh.5, Hpr.6 and Hk.1 showed a high clear zone for plumbum metal (Pb), while in chromium metal (Cr) media there are an Hb.1, Hh.5 and Hpr.6 isolate forms a high clear zone. Based on morphological observations, there are four bacteria isolates classified as Gram-negative, and one isolate as Gram-positive. These results are preliminary studies to find bacteria that are prospectively used in the rehabilitation of heavy metal contaminated soils.

Keywords : bamboo, heavy metal, rhizosphere isolates bacteria.

PENDAHULUAN

Rizosfer merupakan daerah di sekitar akar tanaman sebagai tempat proses aktif dari biogeokimia yang mempengaruhi proses metabolisme untuk memelihara kesehatan tanaman. Mikroorganisme yang ada di rizosfer dapat melakukan proses dekomposisi bahan organik yang masuk ke dalam tanah, siklus unsur hara seperti karbon, nitrogen, fosfor dan sulfur serta mengurai senyawa organik maupun anorganik, sehingga menjadi faktor utama untuk meningkatkan tingkat kesuburan tanah [1].

Mikroorganisme pada rizosfer yang terdiri dari bakteri rizosfer memiliki peranan sebagai sumber fitohormon eksogen, fiksasi nitrogen diazotrofik, pelarut fosfat dan produksi enzim 1-aminosiklopropana-1-karboksilat (ACC) deaminase [2]; [3]; [4]. Fitohormon yang diproduksi oleh bakteri rizosfer dapat mengubah percabangan akar dan perkembangan rambut akar dan dengan demikian berdampak pada perolehan fosfor dan nitrogen [5]; [6]. Selain itu, dapat menghambat agen patogen yang merugikan tanaman [7]. Bakteri rizosfer juga dapat

memproduksi fitohormon jenis asam indol-3-asetat (IAA) yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan dapat dikembangkan sebagai sumber pupuk hayati [8].

Bambu sebagai jenis rumput raksasa memiliki biomassa tinggi, serta kemampuan adaptasi yang sangat baik terhadap stress lingkungan. Beberapa penelitian berhasil mengungkap bahwa bambu memiliki potensi sebagai tanaman dalam rehabilitasi tanah tercemar akibat aktivitas antropogenik ataupun kontaminasi logam berat [9]; [10].

Penelitian tentang bakteri rizosfer bambu telah banyak dilaporkan seperti penelitian tentang isolasi *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* dari rizosfer bambu untuk menekan bakteri patogen *Ralstonia solanacearum* [11], potensi bakteri rizosfer bambu dalam memproduksi IAA [12], potensi mikroba rizosfer bambu dalam menekan patogen tanaman *Phytophthora palmivora* [13], dan isolasi bakteri rizosfer resisten terhadap pestisida dan herbisida [14].

Penelitian mengenai kemampuan resistensi bakteri rizosfer bambu terhadap logam berat di Indonesia belum banyak dilaporkan dan berdasarkan hasil penelusuran diperoleh bahwa di Sulawesi Selatan belum ada peneliti yang melaporkan hal tersebut. Untuk itu, peneliti tertarik mengkaji kemampuan resistensi bakteri rizosfer bambu terhadap logam berat yang terdiri dari merkuri (Hg), timbal (Pb), dan kromium (Cr). Pada penelitian ini digunakan Hg, Pb, dan Cr dikarenakan ketiga jenis logam berat tersebut paling beracun dan tidak memiliki fungsi esensial dalam siklus hidup bagi organisme baik hewan, tumbuhan maupun manusia serta keberadaannya di tanah tidak dapat terdegradasi sehingga akan terakumulasi. Akumulasi logam berat pada tanah akan menghambat aktivitas mikroorganisme tanah dan berpengaruh terhadap kualitas dan kesuburan tanah [15]. Logam berat dapat mengubah struktur tanah dan sifat biokimia tanah seperti pH, keadaan redoks tanah, dan spesifitas enzim tanah yang berkaitan dengan siklus Nitrogen (N), Posfor (P), dan Sulfur (S). Keberadaan logam berat Hg, Pb, dan Cr di tanah merupakan hasil kegiatan manusia berupa limbah kegiatan pertambangan, industri, kegiatan pertanian berupa penggunaan pupuk mineral, penggunaan pestisida, asap rokok, serta asap kendaraan [15]; [16].

Pada penelitian ini digunakan rizosfer bambu asal Tana Toraja dikarenakan Tana Toraja memiliki sebaran jenis bambu paling banyak dibandingkan dengan wilayah lainnya di Sulawesi Selatan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi penggunaan bakteri rizosfer bambu dalam proses rehabilitasi tanah tercemar logam berat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2021 sampai April 2022 di Laboratorium Biologi STKIP Pembangunan Indonesia Makassar dan Laboratorium Biologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Alat yang digunakan yaitu seperangkat alat-alat gelas, gunting, pipet volume, pipet mikro, jarum ose, autoklaf, Laminar air-flow, neraca analitik, shaker, inkubator, oven, mikroskop, plastik wrap, jangka sorong, dan mistar. Bahan yang digunakan yaitu aquades, etanol 75%, media NA (Nutrien Agar), NB (Nutrien Broth), MHA (Muller Hilton Agar), larutan HgCl₂, larutan Pb(NO₃)₂, larutan CrCl₃, aluminium foil, kertas cakram.

Peremajaan Isolat Bakteri Rizosfer Bambu

Sebanyak 5 (lima) isolat bakteri rizosfer yang merupakan koleksi isolat Laboratorium Biologi STKIP Pembangunan Indonesia digunakan pada penelitian ini. Isolat-isolat tersebut merupakan hasil isolasi bakteri rizosfer dari tanah sekitar perakaran dengan kedalaman kurang lebih 20 cm bambu Tana Toraja yang terdiri dari bambu talang (*Schizostachyum brachycladum*), bambu kuning (*Bambusa vulgaris*), bambu hitam (*Gigantochloa atroviolaceae*), bambu paring (*Bambusa arundinacea*) dan *Gigantochloa apus*. Pada proses peremajaan, setiap isolat bakteri diambil secara aseptis kemudian dimasukkan ke dalam media NA dan diinkubasikan pada suhu 30 °C selama 24 jam. Isolat bakteri dari media NA dipindahkan ke media NB kemudian dishaker selama 24 jam.

Pengujian Kemampuan Resistensi Isolat Bakteri Rizosfer terhadap Logam Berat

Tahap ini, dibuat larutan HgCl₂, Pb(NO₃)₂, dan CrCl₃ dengan konsentrasi masing-masing 5 ppm dan 10 ppm. Selanjutnya mencelupkan kertas cakram ke dalam masing-masing larutan tersebut. Isolat bakteri dari media NB dimasukan ke dalam cawan petri yang berisi MHA padat dan kemudian disebarkan hingga rata. Kertas cakram yang mengandung larutan Hg, Pb, dan Cr dimasukan ke dalam cawan petri yang berisi MHA dan diinkubasi selama 24 jam. Paramater uji yang diamati adalah zona hambat yang terbentuk dari masing-masing perlakuan. Menurut [17], zona hambat diamati dengan cara mengukur zona terluar dari kertas cakram sampai pada batas terluar zona hambat dengan menggunakan jangka sorong. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung zona bening adalah:

$$Z = \frac{d1 + d2}{2} - X$$

Keterangan:

d1 = diameter vertikal zona bening pada media

d2 = diameter horizontal zona bening pada media

X = ukuran paperdisc

Pengamatan Karakteristik Morfologi Isolat Bakteri Rizosfer Bambu

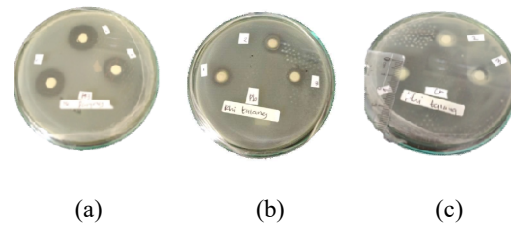
Pengamatan karakteristik morfologi isolat bakteri rizosfer bambu terdiri dari bentuk koloni, elevasi, pigmen, bentuk sel dan pengecatan Gram untuk mengetahui jenis dinding sel yang dimiliki. [18].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Logam berat memiliki berat atom tinggi dengan jumlah atom di atas 20. Beberapa logam berat seperti kobalt (Co), tembaga (Cu), besi (Fe), molibdemun (Mo), nikel (Ni), V dan zeng (Zn) dibutuhkan dalam jumlah amat kecil oleh organisme, yang disebut dengan trace elemen. Namun terdapat beberapa jenis logam seperti timbal (Pb), kromium (Cr), cadmium (Cd), merkuri (Hg) dan arsen (As) yang tidak memiliki nilai biologi penting dalam kehidupan organisme namun menimbulkan efek berbahaya sehingga logam tersebut dinyatakan sebagai logam beracun. Ketika logam berat terserap di dalam lapisan tanah, logam tersebut akan berubah menjadi fraksi mineral anorganik tidak terlarut. Berbeda dengan jenis polutan lainnya, logam berat beracun tidak dapat terurai secara kimia maupun biologi [19].

Pertumbuhan Isolat Bakteri Rizosfer Pada Media Yang Mengandung Logam Hg

Dalam penelitian ini digunakan tiga jenis logam berat berbeda, yaitu Hg, Pb dan Cr, dengan konsentrasi masing-masing 5 ppm dan 10 ppm. Resistensi isolat bakteri rizosfer terhadap logam berat diamati berdasarkan zona bening yang terbentuk pada media pertumbuhan yang mengandung konsentrasi tertentu dari logam berat. Zona bening (*clear zone*) yang terbentuk di sekitar kertas saring yang mengandung logam Hg mengindikasikan kemampuan isolat bakteri toleran terhadap keberadaan logam Hg (Gambar 1).



Gambar 1. Zona bening yang terbentuk pada setiap isolat bakteri rizosfer pada media pertumbuhan yang mengandung logam (a) Hg, (b) Pb, dan (c) Cr

Hasil perhitungan zona bening yang terbentuk pada media pertumbuhan yang mengandung logam Hg ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan zona bening isolat bakteri rizosfer terhadap logam merkuri (Hg) pada dua konsentrasi berbeda

Asal Inokulum Isolat	Kode Isolat	Zona bening yang terbentuk pada media pertumbuhan (mm)							
		Konsentrasi 5 ppm				Konsentrasi 10 ppm			
		I	II	III	Rata-rata	I	II	III	Rata-rata
Rizosfer perakaran bambu talang	Htl.2	0,55	0,47	0,50	0,5	0,85	0,77	0,85	0,82
Rizosfer perakaran bambu paring	Hpr.6	0,65	0,65	0,52	0,6	0,65	0,6	0,52	0,59
Rizosfer perakaran bambu kuning	Hk.1	0,4	0,22	0,25	0,29	0,1	0,15	0,1	0,11
Rizosfer perakaran bambu hitam	Hh.5	0,47	0,42	0,25	0,38	0,35	0,25	0,37	0,32
Rizosfer perakaran bambu bulo	Hb.1	0,47	0,35	0,17	0,33	0,62	0,72	0,67	0,67

Berdasarkan data Tabel 1, lima isolat bakteri rizosfer menunjukkan kemampuan yang beragam sebagai respon terhadap kandungan logam Hg di dalam media pertumbuhannya. Zona bening terbesar yang terbentuk dari media mengandung logam Hg 5 ppm ditunjukkan oleh isolat Hpr.6 dengan nilai zona terukur 0,6 mm. Isolat Htl.2 mampu membentuk zona bening sebesar 0,5 mm, kemudian zona bening dari isolat Hh.5 dan Hb.1 masing-masing adalah 0,38 dan 0,33 mm. Isolat Hk.1 menunjukkan nilai zona bening terukur paling rendah yaitu 0,29 mm.

Pada konsentrasi logam Hg 10 ppm, isolat Htl.2 membentuk zona bening paling luas dengan ukuran 0,82 mm, kemudian isolat Hb.1 dengan zona terukur sebesar 0,67 mm, dan zona bening dari isolat Hpr.6 adalah 0,59 mm. Masing-masing isolate Hh.5 dan Hk.1 menunjukkan zona bening berukuran 0,32 dan 0,11 mm.

Dari hasil Tabel 1, isolat bakteri yang memiliki prospek untuk dilanjutkan dalam penelitian pengembangan isolat bakteri resisten logam merkuri adalah isolat Htl.2 yang berasal dari daerah sekitar perakaran bambu talang, isolat Hpr.6 yang berasal dari rizosfer akar bambu paring, dan isolat Hb.1 yang berasal dari rizosfer bambu bulo.

Kemampuan seluruh isolat bakteri untuk hidup dan membentuk zona bening pada medium yang mengandung logam Hg secara langsung menunjukkan peran bakteri dalam dekomposisi senyawa organik melalui proses biologi. Keberadaan logam Hg pada media pertumbuhan isolat bakteri dapat terlihat dari pengujian sederhana dengan mengukur zona bening yang terbentuk di sekitar paperdisc yang mengandung logam Hg, serta pengamatan morfologi koloni bakteri yang tumbuh pada media. Penelitian [20] menemukan kandungan logam Hg pada media pertumbuhan menyebabkan terjadinya perubahan warna koloni pada isolat

bakteri menjadi berwarna cenderung lebih gelap. Perubahan warna koloni terjadi karena terbentuknya metalotionein sebagai respon pertahanan diri bakteri terhadap logam Hg.

Pada lingkungan tanah sebagai tingkatan pengamatan yang lebih kompleks, diketahui bahwa kandungan logam Hg pada tanah memberikan efek signifikan terhadap populasi komunitas bakteri tanah. Perubahan kandungan logam Hg pada tanah turut mempengaruhi kepadatan dan keragaman komunitas bakteri tanah [21]. Komunitas bakteri tersebut mengalami penurunan secara gradual seiring dengan peningkatan kadar konsentrasi Hg dalam tanah. Kontaminasi logam Hg pada derajat konsentrasi sedang atau moderat akan meningkatkan jumlah komunitas bakteri tanah persawahan, sedangkan pada derajat konsentrasi Hg rendah dan tinggi menyebabkan peningkatan populasi bakteri diazotrof. Tingginya kandungan Hg dalam tanah berkaitan erat dengan terbatasnya ketersediaan nutrisi berupa nitrogen. Nitrogen yang terbatas jumlahnya akan mendorong pertumbuhan diazotrof karena mampu menambat nitrogen bebas dari atmosfer [22].

Pertumbuhan Isolat Bakteri Rizosfer Pada Media Yang Mengandung Logam Pb

Timbal dapat menyebabkan munculnya penyakit akut dan kronik yang menyerang berbagai sistem organ pada anak maupun orang dewasa. Timbal juga diketahui banyak menyerang wanita hamil yang dapat menyebabkan terganggunya perkembangan janin, keguguran, serta kelahiran prematur [23]. Aktivitas pertumbuhan isolat bakteri rizosfer pada media mengandung logam Pb yang dihitung berdasarkan zona bening yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan zona bening isolat bakteri rizosfer terhadap logam Pb pada dua konsentrasi berbeda

Asal Inokulum Isolat	Kode Isolat	Zona bening yang terbentuk pada media pertumbuhan (mm)							
		Konsentrasi 5 ppm				Konsentrasi 10 ppm			
		I	II	III	Rata-rata	I	II	III	Rata-rata
Rizosfer perakaran bambu talang	Htl.2	0,25	0,27	0,27	0,26	0,2	0,3	0,3	0,26
Rizosfer perakaran bambu paring	Hpr.6	0,42	0,27	0,3	0,33	0,3	0,3	0,22	0,27
Rizosfer perakaran bambu kuning	Hk.1	0,3	0,25	0,12	0,22	0,8	0,67	0,65	0,7
Rizosfer perakaran bambu hitam	Hh.5	0,52	0,15	0,45	0,37	0,47	0,35	0,35	0,39
Rizosfer perakaran bambu bulo	Hb.1	0,2	0,1	0,2	0,16	0,3	0,32	0,3	0,3

Berdasarkan pengukuran zona bening yang terbentuk pada logam Pb konsentrasi 5 ppm, isolat Hh.5 menunjukkan zona bening dengan ukuran 0,37 mm dan merupakan ukuran zona terluas jika dibandingkan dengan isolat lainnya. Selanjutnya,

isolat Hpr.6 membentuk zona bening dengan ukuran 0,33 mm, isolat Htl.2, Hk.1 dan Hb.1 berturut-turut menunjukkan zona bening berukuran 0,26; 0,22 dan 0,16 mm. Sedangkan pada logam Pb konsentrasi 10 ppm, diketahui isolat Hk.1 membentuk zona bening

terluas dengan ukuran 0,7 mm. Ukuran zona bening terbesar selanjutnya adalah 0,39 mm yang berasal dari isolat Hh.5. Sedangkan isolat lainnya yaitu isolat Hb.1, Hpr.6 dan Htl.2 berturut-turut menunjukkan ukuran zona bening 0,3; 0,27 dan 0,26 mm.

Berdasarkan pengukuran zona bening pada Tabel 2, isolat bakteri yang menunjukkan potensi dikembangkan sebagai bakteri resisten logam Pb adalah isolat Hh.5 yang berasal dari tanah perakaran bambu hitam, isolat Hpr.6 yang berasal dari rizosfer bambu paring, dan isolat Hk.1 dari tanah perakaran bambu kuning.

Bakteri memiliki kemampuan untuk tumbuh dan bertahan hidup pada kondisi lingkungan tercemar logam Pb, tanpa menimbulkan efek merugikan terhadap laju pertumbuhan dan metabolismenya. Adapun beberapa jenis bakteri yang telah dilaporkan resisten terhadap logam Pb adalah *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Citrobacter* sp, *Bacillus pumilus* dan *Pseudomonas aeruginosa* [24].

Bioremediasi tanah tercemar logam Pb dapat dilakukan dengan memanfaatkan satu jenis mikroorganisme tertentu ataupun melibatkan dua atau lebih organisme sekaligus, seperti yang telah dilaporkan oleh [25] mengenai ko-inokulasi bakteri *Bacillus* sp dan *Aspergillus niger* pada tanaman perdu *Salix integra* dapat meningkatkan efektivitas fitoremediasi cemaran logam Pb pada tanah.

Pertumbuhan Isolat Bakteri Rizosfer Pada Media Yang Mengandung Logam Cr

Kromium (Cr) merupakan salah satu jenis polutan logam berat semakin sering ditemukan mencemari lingkungan terestrial maupun akuatik. Pada konsentrasi tinggi, logam Cr bersifat mutagenik, teratogenik dan karsinogenik yang dapat mengkontaminasi tanaman maupun hewan [26]. Hasil pengukuran zona bening isolat bakteri rizosfer yang ditumbuhkan pada media pertumbuhan mengandung logam Cr pada konsentrasi 5 ppm dan 10 ppm dapat dilihat dari Tabel 3.

Berdasarkan pengukuran zona bening pada media yang mengandung logam Cr konsentrasi 5 ppm diperoleh zona bening paling besar berasal dari isolat Hk.1 dengan ukuran 0,47 mm, kemudian diikuti isolat Hb.1 dengan ukuran zona bening 0,34 mm, isolat Hh.5 sebesar 0,33 mm, dan dua isolat Htl.2 dan Hpr.6 masing-masing memiliki zona bening berukuran 0,24 dan 0,27 mm. Sedangkan pada konsentrasi 10 ppm, zona bening terbesar dibentuk oleh isolat Hb.1 dengan ukuran 0,35 mm, kemudian isolat Hh.5 dengan ukuran 0,34 mm. Isolat Hpr.6 menunjukkan ukuran zona bening 0,25 mm, dan isolat Htl.2 serta Hk.1 memiliki zona bening paling kecil dengan nilai masing-masing 0,15 mm.

Tabel 3. Perhitungan zona bening isolat bakteri rizosfer terhadap logam Cr pada dua konsentrasi berbeda

Asal Inokulum Isolat	Kode Isolat	Zona bening yang terbentuk pada media pertumbuhan (mm)							
		Konsentrasi 5 ppm				Konsentrasi 10 ppm			
		I	II	III	Rata-rata	I	II	III	Rata-rata
Rizosfer perakaran bambu talang	Htl.2	0,22	0,27	0,22	0,24	0,27	0,1	0,1	0,15
Rizosfer perakaran bambu paring	Hpr.6	0,3	0,3	0,22	0,27	0,2	0,25	0,3	0,25
Rizosfer perakaran bambu kuning	Hk.1	0,5	0,42	0,5	0,47	0,17	0,12	0,15	0,15
Rizosfer perakaran bambu hitam	Hh.5	0,42	0,35	0,32	0,33	0,37	0,3	0,35	0,34
Rizosfer perakaran bambu bulo	Hb.1	0,5	0,27	0,25	0,34	0,62	0,22	0,2	0,35

Zona bening yang dibentuk oleh seluruh isolat terhadap logam Cr menunjukkan ukuran zona yang lebih kecil dibandingkan dengan zona yang terbentuk pada media mengandung logam Hg dan Pb. Bakteri yang bekerja secara spesifik terhadap jenis logam tertentu seringkali pertumbuhannya dihambat oleh jenis logam yang lain [27]. Dengan demikian meskipun beberapa isolat bakteri rizosfer dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang baik pada pengujian dengan logam Hg dan Pb namun tidak menunjukkan hasil yang serupa jika diberikan logam Cr.

Bakteri toleran logam Cr secara fisiologis mampu menghasilkan enzim kromium redutase untuk mengkatalisis perubahan Cr(VI) menjadi Cr(III). Molekul Cr(VI) atau kromium heksavalen diketahui

merupakan bentuk logam Cr yang paling berbahaya bagi makhluk hidup tidak terkecuali mikroorganisme. Dengan adanya aktivitas enzim kromium reductase, maka Cr(VI) dikonversi menjadi molekul Cr(III) atau kromium trivalent yang sifatnya sedikit beracun (*less toxic*) dibandingkan Cr(VI) [27].

Pengamatan Morfologi dan Biokimia Isolat Bakteri Rizosfer Bambu

Pengamatan morfologi seluruh isolat bakteri menunjukkan bentuk koloni dan pewarnaan Gram yang hampir seragam (Tabel 4). Bakteri Gram negatif dengan bentuk sel basil (batang) menunjukkan sifat resistensi terhadap logam berat yang lebih rendah dibandingkan dengan isolat bakteri

dari kelompok Gram positif [28]. Sebaliknya bakteri Gram negatif lebih resisten dan jumlahnya lebih dominan dibandingkan bakteri Gram positif [29].

Dinding sel pada bakteri berperan sebagai pertahanan diri pertama terhadap kehadiran makromolekul yang melekat pada bagian dinding sel.

Ion negatif pada dinding sel bakteri Gram positif dan Gram negatif akan mengikat kation logam sehingga menghalangi penetrasi logam ke dalam sel, proses ini disebut dengan biosorpsi [24].

Tabel 4. Karakteristik morfologi isolat bakteri rizosfer

Kode Isolat	Bentuk Koloni	Elevasi	Pigmen	Bentuk Sel	Gram
Htl.2	Sirkular	Raised	Putih susu	Bulat	Negatif
Hpr.6	Sirkular	raised	Putih susu	Bulat	Negatif
Hk.1	Iregular	Flat	Putih susu	Batang	Negatif
Hh.5	Sirkular	Flat	Putih bening	Batang	Negatif
Hb.1	Iregular	Flat	Putih susu	Batang	Positif

KESIMPULAN

Seluruh isolat bakteri rizosfer menunjukkan respon yang beragam terhadap keberadaan logam berat merkuri (Hg), timbal (Pb) dan kromium (Cr). Pada media pertumbuhan yang mengandung logam Hg, isolat yang membentuk zona bening terbesar adalah isolat Htl.2, Hpr.6 dan Hb.1. Zona bening terbesar yang terbentuk pada media mengandung logam Pb ditunjukkan oleh isolat Hh.5, Hpr.6 dan isolat Hk.1. Sedangkan pada media yang mengandung logam Cr, isolat Hb.1, Hh.5 dan Hpr.6 menunjukkan hasil terbaik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Makassar (BP2LHK) yang telah memberikan izin perolehan sampel di Stasiun Uji Coba Mengkendek Kabupaten Tana Toraja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Susilawati, Mustoyo, Budhisurya, E., Anggono, R. C. W., & Simanjuntak, B. H. 2013. Analisis Kesuburan Tanah Dengan Indikator Mikroorganisme Tanah Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan Di Plateau Dieng. *J. Agric.* 25(1), 64–72.
- [2] Cohen, A.C., Bottini, R., Piccoli, P.N., 2008. *Azospirillum brasilense* Sp. 245 Produces ABA in Chemically-defined Culture Medium and Increases ABA Content in Arabidopsis Plants. 54: 97–103. DOI 10.1007/s10725-007-9232-9
- [3] Khairani, Aini, F., Riany, H. 2019. Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Rizosfer Tanaman Sawit Jambi. Al Kaunyah: *J. Biol.* 12(2), 198–206. DOI 10.15408/kaunyah.v12i2.11723.
- [4] Gupta, S., & Pandey, S. (2019). ACC Deaminase Producing Bacteria With Multifarious Plant Growth Promoting Traits Alleviates Salinity Stress in French Bean (*Phaseolus vulgaris*) Plants. *Front. Microbiol.* 10: 1–17. DOI 10.3389/fmicb.2019.01506.
- [5] Holguin, G., Patten, C.L., Glick, B. R. 1999. Genetics and Molecular Biology of

Azospirillum. *Biol. Fertil. Soils.* 29: 10–23. DOI 10/1007/s003740050519.

- [6] Kiba, T., Kudo, T., Kojima, M., & Sakakibara, H. 2011. Hormonal Control of Nitrogen Acquisition : roles of auxin , abscisic acid , and cytokinin. *J. of Exp. Bot.*, 62(4), 1399–1409. DOI 10.1093/jxb/erq410.
- [7] Kazan, K., & Manners, J. M. 2009. Linking Development to Defense: Auxin in Plant – Pathogen Interactions. *Trends Plant Sci.* 14(7), 373–382. DOI 10.1016/j.tplants.2009.04.005.
- [8] Maya, K. C. B., Gauchan, D.P, Khanal, S.N, & Chimouriya, S. 2021. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology Amelioration of Growth Attributes of *Bambusa nutans* subsp. *cupulata* Stapleton by Indole-3-acetic acid Extracted from Newly Isolated *Bacillus mesonae* MN511751 from Rhizosphere of *Bambusa tulda* Roxburgh. 31: 1-8. DOI 10.1016/j.bcab.2021.101920.
- [9] Emamverdia A. dan Y. Ding. 2018. Phytoremediation potential of bamboo plant in China. *Ecology, Environment and Conservation* 24(1): 530-539.
- [10] Liao P, S. Yuan, M. Tong, H. Long, J. Zuo dan W. Zhang. 2013. Bamboo Juice-Enhanced Desorption of Heavy Metals From Soil. *J. Hazard. Toxic. Radioact. Waste* 17: 45-51.
- [11] Irfanti, D. Y., Marsuni, Y., & Liestiany, E. 2021. Uji Antagonis *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas berfluorescens* dari Rhizosfer Bambu , Rumput Gajah dan Putri Malu dalam Menekan Bakteri *Ralstonia solanacearum*. *Proteksi Tanaman Tropika.* 4(01), 292–298.
- [12] Al Banna, M.Z. & Arifuddin, W. 2021. Potensi Bakteri Asal Bambu dalam Memproduksi The Potential of Bacteria from Bamboo in Producing Indole Acetic Acid (IAA). *Agrosainstek.* 5(1), 72–80. DOI 10.33019/agrosainstek.v5i1.233
- [13] Susanti, W. I., Widyastuti, R., Wiyono, S. 2015. Peranan Tanah Rhizosfer Bambu sebagai Bahan untuk Menekan Perkembangan Patogen *Phytophthora palmivora* dan Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Pepaya. *J. Tanah dan Iklim,* 39(2): 65–74.

- [14] Apriliya, I., Prasetyo, D., Selvany, R., Isolasi Bakteri Rhizosfer Resisten Pestisida dan Herbisida pada Berbagai Jenis Tutupan Lahan. 2021. *Agrotekma: Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*. 5(1), 64–71. DOI 10.31289/agr.v5i1.4466
- [15] Abdu, N., Abdullahi, A. A., & Abdulkadir, A. 2016. Heavy Metals and Soil Microbes. *Environ. Chem Lett*. DOI 10.1007/s10311-016-0587-x
- [16] Morais, S., Costa F.G., Pereira, M.L., 2012. Heavy Metals and Human Health, in *Environmental Health-Emerging Issues and Practice. Oosthuizen J ed*, pp.227-246, InTech.
- [17] Bachtiar, S.C., Tjahjaningsih, W., Sianita, N. 2012. Pengaruh Ekstrak Alga Cokelat (*Sargassum* sp.) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli*. *J. of Marine and Coastal Science*. 1(1): 53-60.
- [18] Hussain, T., Roohi, A., Munir, S., Ahmed, I., Khan, J., Edel-hermann, V., Kim, K. Y., Anees, M. 2013. Biochemical Characterization and Identification of Bacterial Strains Isolated from Drinking Water Sources of Kohat , Pakistan. *Afr. J. Microbiol. Res. Academic Journal*. DOI 10.5897/AJMR12.2204
- [19] Singh M., G. Seneviratne, H.M.S.P Madawala dan M. Vithanage. 2017. Role of Rhizospheric Microbes in Heavy Metal Uptake by Plants. *Agro-Environmental Sustainability*, DOI 10.1007/978-3-319-49727-3_8: 147-163.
- [20] Irawati W, Patricia, Y. Soraya dan A.H Baskoro. 2012. A Study on Mercury Resistant Bacteria Isolated From a Gold Mine on Pongkor Village, Bogor, Indonesia. *Hayati Journal of Biosciences* 19(4): 197-200.
- [21] Zhu H., Y. Teng, X. Wang, L. Zhao, W. Ren, Y. Luo dan P. Christie. 2021. Changes in clover rhizosphere microbial community and dazotrophs in mercury-contaminated soil. *Science of the Total Environment* 767: 1-10.
- [22] Liu Y.R, J.J Wang, Y.M. Zheng, L.M Zhang dan JZ He. 2014. Patterns of bacterial diversity along a long-term mercury-contaminated gradient in the paddy soils. *Soil microbiology*. DOI 10.1007/s00248-014-0430-5: 1-9.
- [23] Dobrescu A.L, A. Ebenberger, J. Harlfinger, U. Griebler, I. Klerings, B. Nubbaumer-Streit, A. Chapman, L. Affengruber dan G. Gartlehner. 2022. Effectiveness of interventions for the remediation of lead-contaminated soil to prevent or reduce lead exposure- a systematic review. *Science of the Total Environment* 806: 1-9.
- [24] Mitra A, S. Chatterjee, S. Katak, R.P. Rastogi, D.K. Gupta. 2021. Bacterial tolerance strategies against lead toxicity and their relevance in bioremediation application. *Environmental Science and Pollution Research* 28: 14271-14284.
- [25] Niu X, S. Wang, J Zhou, D. Di, P. Sun dan D. Huang. 2021. Inoculation With Indigenous Rhizosphere Microbes Enhance Aboveground Accumulation of Lead in *Salix integra* Thunb. by Improving Transport Coefficients. *Frontiers in Microbiology* 12(686812): 1-14.
- [26] Kamaruzzaman M.A, S.R.S Abdullah, H.A Hasan, M. Hasan, M.Idris dan N.I Ismail. 2019. Potential of hexavalent chromium-resistant rhizosphere bacteria in promoting plant growth and hexavalent chromium reduction. *Journal of Environmental Biology* 40: 427-433.
- [27] Thatoi H, S. Das, J. Mishra, B.P Rath, N. Das. 2014. Bacterial chromate reductase, a potential enzyme for bioremediation of hexalant chromium: a review. *Journal of Environmental Management* 146: 383-339
- [28] Sanjaya W.T.A, N.S. Khoirunnisa, S. Ismiani, F. Hazra, D.A. Santosa. 2021. Isolation and characterization of mercury-resistant microbes from gold mine area in Mount Pongkor, Bogor District, Indonesia. *Biodiversitas* 22(7): 2656-2666.
- [29] Chasanah U, Y. Nuraini dan E. Handayanto. 2018. The Potential of Mercury-Resistant Bacteria Isolated from Small-Scale Gold Mine Tailings for Accumulation of Mercury 19(2): 236-245.