

## **Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Resisten Cd dari Kawasan Penambangan Timah Pantai Sampur, Bangka Tengah**

**Reti Septiani<sup>1</sup>, Rahmad Lingga<sup>\*1</sup>, Verry Andre Fabiani<sup>2</sup>**

Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi, Program Studi Biologi, Universitas Bangka Belitung, Balunijuk, Merawang, 337121)

Fakultas Teknik, Program Studi Kimia, Universitas Bangka Belitung, Balunijuk, Merawang, 3371212)

\*e-mail korespondensi : linkarahmad@gmail.com

### ***Abstrak***

Bangka Belitung merupakan salah satu provinsi penghasil timah terbesar di Indonesia. Salah satu lokasi penambangan timah di provinsi ini terletak di Pantai Sampur, Desa Kebintik, Kabupaten Bangka Tengah. Aktivitas penambangan dapat meningkatkan logam berat berbahaya bagi lingkungan, seperti Cd. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kadar Cd pada sedimen dan air laut serta mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri resisten Cd dari sedimen. Kandungan logam Cd dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Rata-rata kandungan logam Cd pada air laut adalah 0,0080 ppm dan pada sedimen adalah 0,0086 ppm. Bakteri diisolasi menggunakan media Zobell 2216E dengan metode cawan sebar. Isolat bakteri yang tumbuh dilakukan uji resistensi terhadap Cd dengan konsentrasi 20 ppm, 50 ppm, 80 ppm, 100 ppm, dan 120 ppm. Dari 16 isolat bakteri yang telah didapatkan, 7 isolat resisten pada semua konsentrasi, 1 isolat resisten hingga konsentrasi 50 ppm, 1 isolat hanya resisten pada konsentrasi 20 ppm, dan 7 isolat tidak resisten. Berdasarkan hasil analisis, ketujuh bakteri resisten tersebut mempunyai kesamaan dengan *Halomonas* sp. (R2 dan R3), *Neisseria* sp. (R4), *Cupriviadus* sp. (R5), *Bacillus* sp. (R11), *Alcaligenes* sp. (R12), dan *Roseobacter* sp. (R13).

**Kata Kunci:** Bangka Belitung; Bakteri Resisten; Cadmium; Penambangan Timah

### ***Abstract***

Bangka Belitung Province is one of the largest tin producing area in Indonesia. One of the mining sites located on the Sampur Beach, Kebintik Village, Central Bangka Regency. Tin mining activities can increase heavy metals harmful to the environment, such as Cadmium (Cd). This research aimed to measure Cd levels in sediment and seawater, to isolate and identify Cd resistant bacteria from sediment. Cd metal was analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The average Cd metal level in seawater is 0.0080 ppm and in sediment is 0.0086 ppm. Bacteria were isolated using Zobell 2216E media with the spread plate method. The isolated Bacteria were tested for resistance to Cd with concentration of 20 ppm, 50 ppm, 80 ppm, 100 ppm, and 120 ppm. From 16 bacterial isolates that have been obtained, 7 isolates were resistant to all concentrations, 1 isolate was resistant to 50 ppm, 1 isolate was only resistant to 20 ppm, and 7 isolates were

not resistant. Based on the results of the analyzed, the seven isolates of resistant bacteria have similarity with *Halomonas* sp. (R2 and R3), *Neisseria* sp. (R4), *Cupriavidus* sp. (R5), *Bacillus* sp. (R11), *Alcaligenes* sp. (R12), and *Roseobacter* sp. (R13).

**Keywords:** Bangka Belitung; Cadmium; Resistant Bacteria; Tin Mining

## PENDAHULUAN

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan salah satu provinsi penghasil timah terbesar di Indonesia (Yuliana, 2017). Penambangan timah pada provinsi ini dapat ditemukan pada daratan maupun perairannya. Salah satu penambangan perairan pada provinsi ini terletak di Pantai Sampur, Desa Kebintik, Kecamatan Pangkalanbaru, Kabupaten Bangka Tengah. Akibat aktivitas penambangan timah, perairan ini tampak sangat keruh dan terjadi pendangkalan oleh lumpur pada dasar perairan. Aktivitas penambangan timah yang terus berlangsung dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan, salah satunya dapat meningkatkan kandungan logam berat seperti Cadmium (Cd) yang tidak dapat terurai dan akan terakumulasi pada lingkungan (Gerhanae & Permanawati, 2015; Kurniawan et al., 2014; Sari et al., 2017).

Cadmium (Cd) merupakan logam berat berbahaya dengan tingkat toksisitas yang tinggi (Chauhan & Solanki, 2018). Pengukuran kandungan logam Cd pada perairan pesisir Kabupaten Bangka akibat adanya aktivitas penambangan timah telah pernah dilakukan oleh Kurniawan et al., (2014), hasil menunjukkan bahwa kandungan logam Cd yang telah melampaui baku mutu bagi biota laut. Logam berat termasuk Cd dapat masuk ke dalam tubuh biota melalui sistem pernapasan, sistem pencernaan dan penetrasi kulit. Logam Cd termasuk logam yang tidak mempunyai fungsi biologis bagi biota dan jika dalam jumlah yang tinggi dapat menyebabkan kematian. Salah satu makhluk hidup yang mempunyai daya adaptasi tinggi pada lingkungan mengandung logam berat adalah bakteri resisten.

Bakteri resisten mempunyai kemampuan untuk mengurangi kadar toksisitas suatu logam berat atau mengubah logam berat ke bentuk lain yang mempunyai daya toksisitas lebih rendah. Penelitian terdahulu telah ditemukan beberapa isolat bakteri resisten Cd dari berbagai sumber dan dengan kemampuan resistensi yang berbeda-beda. Fretes et al., (2019) berhasil mengisolasi 3 bakteri resisten Cd dengan konsentrasi 100-200 ppm, serta oleh Priyalaxmi et al., (2014) yang mendapatkan isolat bakteri resisten Cd pada konsentrasi 60 ppm dan 80 ppm.

Nath et al., (2012) menemukan lima jenis bakteri resisten terhadap Cd, antara lain *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Klebsiella* sp., *Staphylococcus* sp., dan *Proteus* sp.

Aktivitas penambangan yang terdapat di Pantai Sampur dikhawatirkan dapat meningkatkan konsentrasi logam Cd pada perairannya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi pencemaran logam Cd adalah dengan memanfaatkan bakteri resisten. Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan potensi mikrob dalam remediasi lahan bekas tambang karena resisten terhadap logam berat Cu dan Pb (Lingga dan Afriyansyah 2020; Lingga et al. 2020; Miranti et al. 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kandungan logam Cd pada sedimen dan air laut, serta mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri resisten dari sedimen terhadap logam Cd. Isolasi dan identifikasi bakteri resisten Cd diharapkan dapat menjadi salah satu upaya dalam menemukan solusi alternatif kegiatan remediasi lahan pasca tambang.

## METODE

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2019 – Maret 2020. Lokasi pengambilan sampel di Perairan Pantai Sampur, Desa Kebintik, Kecamatan Pangkalanbaru, Kabupaten Bangka Tengah. Sampel diuji di Laboratorium Biologi Universitas Bangka Belitung, LPPMHP Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, dan Balai Riset dan Standarisasi Industri (Baristand) Palembang. Gambar 1 merupakan peta lokasi pengambilan sampel. Terdapat 3 stasiun dengan masing-masing 3 titik pengambilan sampel. Stasiun 1 (S1) jauh dari aktivitas tambang, Stasiun 2 (S2) terletak di tengah, dan Stasiun 3 (S3) dekat aktivitas penambangan.



## Gambar 1 Lokasi penelitian

### **Cara Kerja**

Sampel yang digunakan dalam penelitian berupa sedimen dan air laut dari perairan Pantai Sampur. Sampel sedimen diambil untuk isolasi bakteri dan uji kandungan logam Cd, sedang sampel air untuk pengukuran kandungan logam Cd.

Sampel air laut diambil sebanyak 50 mL dan ditambahkan dengan 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat. Sampel ditutup dan dipanaskan hingga sisa volume sekitar 15-20 mL. Tahap ini dinyatakan selesai apabila sampel menjadi jernih atau terdapat endapan berwarna putih. Sisa volume sampel ditambahkan dengan akuades hingga 50 mL. Sampel dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Sampel sedimen dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 1x24 jam. Sampel sedimen yang telah kering kemudian dihaluskan dan diayak. Sebanyak 0,3 g sampel sedimen dimasukkan ke dalam gelas piala dan ditambahkan dengan 10 mL HNO<sub>3</sub> pekat. Sampel dipanaskan hingga sedimen larut atau larutan setengah kering. Sampel didinginkan dan disaring untuk selanjutnya ditambahkan dengan akuades hingga volume 100 mL. Sampel dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Bakteri diisolasi dari sedimen dengan pengenceran 10<sup>-3</sup> dan 10<sup>-4</sup> pada media Zobell 2216E menggunakan metode sebar. Bakteri dikarakterisasi secara makroskopis, berupa bentuk, permukaan, warna, dan tepi koloni. Bakteri diuji kemampuan resistensi pada logam Cd dengan konsentrasi 20 ppm, 50 ppm, 80 ppm, 100 ppm, dan 120 ppm. Identifikasi bakteri dengan pewarnaan gram, uji motilitas, uji katalase, uji MR-VP, uji sitrat, uji indol, dan uji fermentasi gula, serta dianalisis menggunakan buku Bergey's Manual of Determinative Bacteriology.

### **Analisis Data**

Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk deskriptif yang diperjelas dalam bentuk gambar dan tabel. Data juga dianalisis dengan software SPSS 20.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Kandungan Logam Cd**

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 dan Tabel 2 diketahui bahwa kandungan Cd pada air laut untuk setiap stasiun berada di atas baku mutu, sedangkan pada sedimen kandungan logam Cd masih berada di bawah baku mutu.

Tabel 1 Hasil pengukuran kandungan Cadmium pada air laut

Stasiun	Logam Cd (ppm)	Standar (ppm)*	Keterangan
1	0,0103	0,001	Di atas baku mutu
2	0,0086	0,001	Di atas baku mutu
3	0,0052	0,001	Di atas baku mutu
Rata-rata	0,0080	0,001	Di atas baku mutu

(\*)Baku mutu lingkungan logam berat air laut untuk biota laut berdasarkan Kep 51/MENLH/2004

Tabel 2 Hasil pengukuran kandungan Cadmium pada sedimen

Stasiun	Logam Cd (ppm)	Standar (ppm)*	Keterangan
1	0,0064	0,6	Di bawah baku mutu
2	0,0090	0,6	Di bawah baku mutu
3	0,0103	0,6	Di bawah baku mutu
Rata-rata	0,0086	0,6	Di bawah baku mutu

(\*) Baku mutu berdasarkan Canadian Council of Minirisets of the Environment (CCME)

Cadmium (Cd) merupakan logam berat yang diketahui tidak mempunyai fungsi biologis. Berdasarkan Tabel 1, kandungan Cd di air laut paling rendah terdapat pada stasiun 3 dan tertinggi pada stasiun 1. Hal ini diduga akibat aktivitas air laut yang bersifat dinamis dengan adanya pasang surut dan arus menyebabkan logam berat menyebar jauh dari sumber pencemarnya (Susantoro & Andayani, 2019). Kandungan logam Cd pada sedimen berkebalikan dengan logam Cd pada air laut. Pada sedimen, logam Cd paling tinggi terdapat pada stasiun 3, sedangkan terendah terdapat pada stasiun 1 (Tabel 2). Hal ini diduga karena distribusi logam berat pada sedimen cenderung bersifat lokal dan berhubungan dengan sumber pencemarnya (Susantoro & Andayani, 2019).

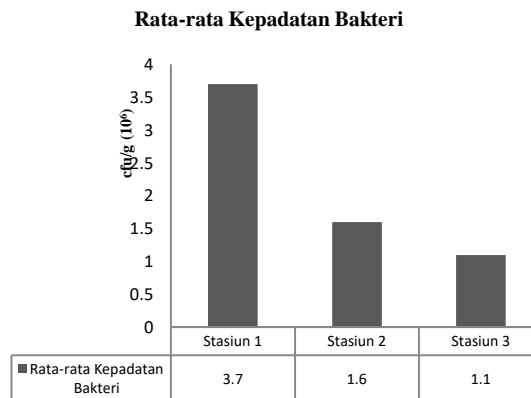
Pada umumnya, kandungan logam berat suatu perairan akan lebih besar pada sedimen dibandingkan dengan air laut (Anggraeny, 2010). Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan 90% yang mengontaminasi lingkungan akan mengendap di dalam sedimen (Rumahlatu, 2011). Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan rata-rata kandungan logam Cd pada air laut lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata logam Cd pada sedimen. Namun, hasil analisis menyatakan bahwa H0 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa

kandungan Cd pada air laut dan sedimen tidak berbeda terlalu nyata. Perbedaan yang tidak terlalu nyata ini diduga karena adanya peristiwa adsorpsi dan desorpsi. Logam Cd terlarut dalam air dan akan mengalami proses adsorpsi oleh partikel tersuspensi dan mengendap pada sedimen, kemudian proses ini diikuti oleh proses desorpsi yang mengembalikan Cd terlarut ke badan air (Rangkuti, 2009). Hal ini sesuai dengan salah satu sifat logam berat yang mudah tersuspensi atau melarut kembali ke badan air akibat adanya pergerakan masa air (Manalu, 2017).

Hasil penelitian berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan logam Cd pada air laut dari ketiga stasiun telah melewati baku mutu. Kandungan yang melebihi baku mutu ini diduga akibat aktivitas penambangan timah yang terus berlangsung. Hal ini juga sesuai dengan Kurniawan et al., (2014), yang menyatakan bahwa kandungan logam Cd pada wilayah pesisir Kabupaten Bangka yang telah dipengaruhi oleh aktivitas penambangan timah berada di atas baku mutu untuk kehidupan biota laut. Pada sedimen, kandungan logam Cd pada setiap stasiun masih jauh berada di bawah baku mutu. Keberadaan logam berat dalam suatu perairan dapat masuk ke tubuh organisme laut melalui sistem pernapasan, sistem pencernaan, dan penetrasi melalui kulit (Kurniawan et al., 2014). Masuknya logam berat ke organisme laut akan berakibat pada masuknya logam berat bagi manusia sebagai konsumen tingkat atas. Dampak negatif logam Cd bagi manusia dapat menyebabkan keracunan secara akut dan kronis (Sharma et al., 2015).

### **Kepadatan Bakteri Sedimen**

Gambar 2 berikut menunjukkan kepadatan bakteri dari sedimen perairan Pantai Sampur. Berdasarkan hasil, diketahui bahwa padatan bakteri tertinggi terdapat pada stasiun 1, sedangkan terendah pada stasiun 3.



Gambar 2. Rata-rata kepadatan bakteri

Pertumbuhan bakteri dalam perairan pada dasarnya dapat dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik. Faktor abiotik dapat berupa suhu, konduktivitas, arus, kekeruhan cahaya, pH, salinitas, Biochemical Oxygen Demand (BOD), kadar oksigen terlarut atau Chemical Oxygen Demand (COD). Faktor biotik berupa kompetisi untuk mendapatkan makanan dan interaksi antara organisme (Mudatsir 2007). Intan (2006) juga menyatakan bahwa pertumbuhan bakteri dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, tekanan osmotik, pH, sumber karbon, sumber nitrogen, oksigen, serta vitamin dan mineral.

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa kepadatan bakteri tertinggi terdapat pada stasiun 1 yang merupakan stasiun dengan kandungan logam Cd terendah (pada sedimen) dan kepadatan terendah terdapat pada stasiun 3 yang merupakan stasiun dengan kandungan logam Cd tertinggi (pada sedimen). Menurut Kurniasari (2005), mikroorganisme dapat tumbuh pada logam berat dengan rentang konsentrasi tertentu. Namun pada penambahan logam berat dalam jumlah banyak akan memunculkan jenis mikroorganisme yang mampu beradaptasi ataupun tidak sehingga dapat menyebabkan kematian.

### **Resistensi Bakteri terhadap Logam Cadmium**

Berdasarkan hasil uji, didapatkan 7 isolat bakteri resisten pada semua konsentrasi, satu isolat bakteri hanya resisten pada konsentrasi 20 ppm, satu isolat bakteri resisten hingga konsentrasi 50 ppm, dan 7 isolat tidak resisten. Adapun hasil lebih jelasnya terdapat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Hasil uji resistensi isolat bakteri terhadap logam Cadmium

No.	Kode Sampel	20 ppm	50 ppm	80 ppm	100 ppm	120 ppm
-----	-------------	--------	--------	--------	---------	---------

1.	R2	+	+	+	+	+
2.	R3	+	+	+	+	+
3.	R4	+	+	+	+	+
4.	R5	+	+	+	+	+
5.	R11	+	+	+	+	+
6.	R12	+	+	+	+	+
7.	R13	+	+	+	+	+
8.	R10	+	+	-	-	-
9.	R17	+	-	-	-	-
10.	R6	-	-	-	-	-
11.	R7	-	-	-	-	-
12.	R9	-	-	-	-	-
13.	R14	-	-	-	-	-
14.	R16	-	-	-	-	-
15.	R18	-	-	-	-	-
16.	R19	-	-	-	-	-

Ket: (+) Bakteri resisten, zona hambat < 1 mm; (-) Bakteri sensitif, zona hambat > 1 mm

Uji resistensi bakteri bertujuan untuk mendapatkan bakteri potensial yang mampu bertahan hidup pada lingkungan yang mengandung logam Cd. Sebelumnya, Lingga & Afriyansyah (2020) telah melakukan isolasi bakteri resisten logam Cu dari perairan Pantai Sampur dan didapatkan sepuluh isolat bakteri resisten dengan kemampuan resistensi yang berbeda-beda.

Ketahanan setiap bakteri pada lingkungan yang mengandung logam berat adalah berbeda-beda (Fretes et al. 2019). Hal ini tergantung pada aktivitas bakteri dalam menghilangkan efek racun dari logam berat pada daerah yang terkontaminasi. Kemampuan resistensi bakteri terhadap suatu logam berat juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya konsentrasi logam berat, jenis bakteri, dan pH (Perdana, 2012; Zarkasyi, 2008).

Berdasarkan Tabel 3, didapatkan 7 isolat bakteri yang resisten pada semua konsentrasi. Hasil analisis menyatakan ketujuh isolat tersebut diduga sebagaimana yang terdapat dalam Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4 Hasil identifikasi bakteri resisten Cd

Karakteristik	Kode Sampel						
	R2	R3	R4	R5	R11	R12	R13
<b>1. Makroskopik</b>							
<b>Warna</b>	Krem	Putih bening	Putih susu	Putih bening	Putih	Kuning pucat	Oranye
<b>Permukaan</b>	Rata	Rata	Mencembung	Rata	Rata	Mencembung	Melengkung



<b>Tepi koloni</b>	Berombak	Utuh	Utuh	Berombak	Berbenang	Utuh	Utuh
<b>Bentuk koloni</b>	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat
<b>2. Mikroskopik</b>							
<b>Gram (-/+)</b>	-	-	-	-	+	-	-
<b>Bentuk sel</b>	Basil	Basil	Kokus	Basil pendek	Basil	Kokus	Diplokokus
<b>3. Uji biokimia</b>							
<b>Motilitas</b>	-	-	-	+	+	+	+
<b>MR</b>	-	-	-	-	+	-	-
<b>VP</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Citrate</b>	-	-	-	+	-	-	-
<b>Katalase</b>	+	+	-	+	+	+	+
<b>Indol</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>TSIA</b>							
<b>Butt</b>	Asam	Asam	Asam	Basa	Asam	Asam	Asam
<b>Slant</b>	Asam	Asam	Asam	Basa	Basa	Asam	Asam
<b>H<sub>2</sub>S</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Gas</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Genus bakteri</b>	<i>Halomonas</i> sp.	<i>Halomonas</i> sp.	<i>Neisseria</i> sp.	<i>Cupriviadus</i> sp.	<i>Bacillus</i> sp.	<i>Alcaligenes</i> sp.	<i>Roseobacter</i> sp.

Dari hasil penelitian didapatkan sebanyak 7 isolat bakteri yang resisten Cd pada semua konsentrasi. Ketujuh isolat berdasarkan hasil karakter makroskopik, mikroskopik, dan uji biokimia yang dianalisis menggunakan buku Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, diduga adalah *Halomonas* sp. (R2 dan R3), *Neisseria* sp. (R4), *Cupriviadus* sp. (R5), *Bacillus* sp. (R11), *Alcaligenes* sp. (R12), dan *Roseobacter* sp. (R13) (Tabel 4).

*Halomonas* merupakan bakteri halotoleran yang mempunyai kemampuan resisten terhadap logam Cd. Bakteri ini juga mempunyai kemampuan untuk menyerap kandungan logam Cd dan Pb, sehingga dapat dimanfaatkan untuk remediasi tanah bersalinitas yang terkontaminasi oleh Cd, Pb dan pada tempat pembuangan limbah (Abbas et al., 2017; Amoozegar et al., 2012). *Neisseria* sp. merupakan salah satu bakteri yang dapat resisten terhadap beberapa logam, seperti Cd, Hg, Cu, Cr, Pb, Ni dan Zn dengan kemampuan resistensi yang berbeda-beda (Abdullah et al., 2018; Kalayu & Ahemad, 2014). Bakteri ini juga telah berhasil diisolasi dari sedimen Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan, kota Tarakan (Yulma et al., 2019).

*Cupriviadus* merupakan bakteri gram negatif yang dapat resisten terhadap logam Cd, salah satunya adalah *Cupriviadus taiwanensis* (Abbas et al., 2017). Selain resisten logam Cd, *Cupriviadus* sp. juga dinyatakan resisten terhadap logam Cu (Tembaga) (Holt et al., 1994). *Bacillus* sp. diketahui sebagai bakteri yang dapat resisten terhadap berbagai jenis logam berat,

diantaranya Cd, Pb, Hg, Cu, Cr dan Zn (Helmi, 2018; Inggraini, 2014; Zarkasyi, 2008). Salah satu jenis *Bacillus* sp. yang mempunyai sifat resisten terhadap Cd adalah *Bacillus oceanisediminis* (Fretes et al., 2019).

Beberapa jenis *Alcaligenes* sp. yang telah dilaporkan mempunyai kemampuan resisten terhadap logam Cd, di antaranya adalah *Alcaligenes faecalis* dan *Alcaligenes xylosoxidans* (Abbas et al., 2017; Mathivanan & Rajaram, 2014). *Roseobacter* sp. merupakan bakteri gram negatif yang dapat menghasilkan pigmen karatenoid sehingga koloni berwarna oranye. Selvin et al., (2009) telah berhasil melakukan isolasi bakteri pada Sponge dan dinyatakan bahwa bakteri *Roseobacter* mempunyai kemampuan resistensi terhadap beberapa jenis logam berat, seperti Cd, Cu, Pb, Co, Hg, Zn, dan Ni.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Rata-rata kandungan logam Cd pada air laut adalah 0,0080 ppm dan telah melampaui baku mutu, sedangkan rata-rata kandungan logam Cd pada sedimen adalah 0,0086 ppm dan masih berada di bawah baku mutu.
2. Didapatkan sebanyak 7 isolat bakteri resisten Cd pada semua konsentrasi. Ketujuh isolat tersebut diduga merupakan *Halomonas* sp. (R2 dan R3), *Neisseria* sp. (R4), *Cupriviadus* sp. (R5), *Bacillus* sp. (R11), *Alcaligenes* sp. (R12), dan *Roseobacter* sp. (R13).

## Referensi

- Abbas, S. Z., Rafatullah, M., Hossain, K., Ismail, N., Tajarudin, H. A., & Khalil, H. P. S. A. (2017). A review on mechanism and future perspectives of cadmium-resistant bacteria. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15(1), 243–262. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1400-5>
- Abdullah, Hakim, L., Fitriandi, E., & RAhmawati. (2018). Deteksi Keberadaan Bakteri Resistensi Logam Merkuri (Hg) pada Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) di Simpi, Sekadau, Kalimantan Barat. *Indonesian Journal of Pure Applied Chemistry*, 1(2), 56–61.
- Anggraeny, Y. A. (2010). *Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, dan Hg pada Kerang Darah (Anadara granosa) di Perairan Bojonegara, Kecamatan Bojonegara, Kabupaten Serang*. Institut Pertanian Bogor.
- Amoozegar, M. A., Ghazanfari, N., & Didari, M. (2012). Lead and Cadmium Bioremoval by

- Halomonas sp., an Exopolysaccharide-Producing Halophilic Bacterium. *Progress in Biological Sciences*, 2(1), 1–11.
- Chauhan, M., & Solanki, M. (2018). Isolation of Cadmium Resistant Bacteria for Environmental Clean-up. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 7(1), 29–33.
- Frete, C. E. De, Sutiknowati, L. I., & Falahudin, D. (2019). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Toleran Logam Berat dari Sedimen Mangrove di Pengundang dan Tanjung Uban, Pulau Bintan, Indonesia. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 4(2), 71–77. <https://doi.org/10.14203/oldi.2019.v4i2.244>
- Gerhanae, N. Y., & Permanawati, Y. (2015). Kandungan Logam Berat (Cd, Cu, Pb, dan Zn) dalam Air Laut di Perairan Pantai Timur Pulau Rote. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(2), 99–108.
- Helmi, R. A. (2018). *Efektivitas Bacillus subtilis InaCC B289 dan Pseudomonas aeruginosa InaCC B290 dalam Bioremediasi Limbah Logam Berat Artifisial serta Uji Bioassay menggunakan Daphnia magna*. Institut Pertanian Bogor.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Staley, J. T., & Williams, S. T. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (9th ed.). Wolters Kluwer Company.
- Inggraini, M. (2014). Efektifitas Pengikatan Logam Pb Oleh Bakteri, Bacillus subtilis. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 4(2), 152–156.
- Intan.(2006). *Pengaruh Konsentrasi NaCl, pH, dan Suhu terhadap Pertumbuhan Bakteri Laut yang Berasosiasi dengan Spons*. Institut Pertanian Bogor.
- Kalayu, G., & Ahemad, M. (2014) Incidence of Heavy Metal and Antibiotic Resistance in Bacterial Isolates from Blue Nile River Water in Ethiopian Region. *Inetrnational Journal of Environmental Studies*, 71(4), 546-569.
- Kurniasari, R.M. (2005). *Pengaruh Logam Berat terhadap Pertumbuhan Bakteri Pendegradasi Minyak Diesel*. Institut Pertanian Bogor.
- Kurniawan, Suprihatyanto, & Sasongko, D. P. (2014). Pengaruh Kegiatan Penambangan Timah terhadap Kualitas Air Laut di Wilayah Pesisir Kabupaten Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 8(1), 13–21.
- Lingga, R., & Afriyansyah, B. (2020). Identifikasi Bakteri Resisten Cu dari Sedimen Laut Terdampak Aktivitas Tambang Timah. *Jurnal Pendidikan Biologi Nukleus*, 6(2), 112–119.
- Lingga R, Afriyansyah B, Septiani R, Miranti I. 2020. Kepadatan Bakteri Sedimen Laut Terdampak Aktivitas Tambang Timah di Pantai Sampur Bangka Tengah. *Herbal Medicinal Journal*, 3 (1), 19-25.

- Manalu FL. (2017). *Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Tembaga (Cu), dan Mangan (Mn) pada Rumput Laut (Sargassum sp.) di Pesisir Teluk Lampung secara Spektrofotometri Serapan Atom*. Universitas Lampung.
- Mathivanan, K., & Rajaram, R. (2014). Isolation and characterisation of cadmium-resistant bacteria from an industrially polluted coastal ecosystem on the southeast coast of India. *Chemistry and Ecology*, 30(7), 622–635. <https://doi.org/10.1080/02757540.2014.889125>
- Miranti I, Lingga R, Fabiani VA. (2021). Isolation And Characterisation Of Pb Resistant Bacteria From Marine Sediment Affected By Inconventional Tin Mining At Sampur Beach, Bangka Tengah District. *Jurnal Biosains*, 7(2), 66-74.
- Mudatsir. (2007). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kehidupan Mikroba dalam Air. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, 7(1), 23-29.
- Nath, S., Deb, B., & Sharma, I. (2012). Isolation and Characterization of Cadmium and Lead Resistant Bacteria. *Global Advanced Research Journal of Microbiology*, 1(11), 194–198.
- Perdana, J. (2012). *Uji Resistensi dan Uji Biodegradasi Logam Berat (Pb, Zn, dan Hg) oleh Isolat Bakteri Lumpur Pantai Kenjeran*. Universitas Airlangga.
- Priyalaxmi, R., Murugan, A., Raja, P., & Raj, K. D. (2014). Bioremediation of cadmium by *Bacillus safensis* ( JX126862 ), a marine bacterium isolated from mangrove sediments. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(12), 326–335.
- Rangkuti, A.M. (2009). *Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, dan Pb pada Air dan Sedimen di Perairan Pulau Panggang-Pramuka Kepulauan Seribu, Jakarta*. Institut Pertanian Bogor.
- Rumahlatu, D. (2011). Konsentrasi Logam Cadmium pada Air, Sedimen dan *Deadema setosum* (Echinodermata, Echinodea) di Perairan Pulau Ambon. *Ilmu Kelautan* 16(2): 78-85.
- Sari, E., Fiona, D. S., Hidayati, N., & Nurtjahya, E. (2017). Analisis Kandungan Logam pada Tumbuhan Dominan di Lahan dan Kolong Pasca Penambangan Timah Bangka Selatan. *Promine Journal*, 5(2), 15–29.
- Selvin, J., Priya, S. S., Kiran, G. S., Thangavelu, T., & Bai, N. S. (2009). Sponge-associated marine bacteria as indicators of heavy metal pollution. *Microbiological Research*, 164, 352–363. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2007.05.005>
- Sharma, H., Rawal, N., & Mathew, B. B. (2015). The Characteristics , Toxicity And Effects Of Cadmium. *International Journal of Nanotechnology and Nanoscience*, 3, 1–9.
- Susantoro, M. T., & Andayani, A. (2019). Kontaminasi Logam Berat di Kawasan Pesisir Tanjung Selor Kalimantan Utara. *Oseanologi dan Limnologi Di Indonesia*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.14203/oldi.2019.v4i1.181>

- Yuliana. (2017). Analisis Dampak Pertambangan Timah Rakyat terhadap Bencana Banjir. *Jurnal Prodi Manajemen Bencana*, 3(1), 57–73.
- Yulma, Satriani, G. I., Awaludin, Burhanuddin, Ihsa, & Pratiwi, B. (2019). Bacteria Diversity In Sediment From Mangrove And Bekantan Conservation Area , Tarakan City. *Jurnal Ilmu Perikanan Dan Sumberdaay Perairan*, 7(2), 697–706. <https://doi.org/10.23960/aqs.v7i2.p697>
- Zarkasyi, H. (2008). *Biosorpsi Logam Merkuri (Hg) oleh Bacillus megaterium Asal Hilir Sungai Cisadane*. Universitas Islam Syarif Hidayatullah.