

## Kemampuan Akumulasi Merkuri oleh Bakteri yang Diisolasi dari Tailing Tambang Emas Skala Kecil

### *Mercury Accumulation Ability of Bacteria Isolated from Small-Scale Gold Mine Tailing*

**Siska Nurfitriani**<sup>1\*)</sup>, Umi Chasanah<sup>2</sup>, Yulia Nuraini<sup>2</sup>, Amrullah Fiqri<sup>3</sup>, Eko Handayanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Doktor, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Kota Malang,  
Jawa Timur 65145

<sup>2</sup>Pusat Studi Pengelolaan Lahan Terdegradasi dan Bekas Tambang, LPPM-UB,  
Kota Malang, Jawa Timur 65145

<sup>3</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Gunung Rinjani, Lombok, Nusa Tenggara Barat 83659

<sup>\*)</sup>Penulis untuk korespondensi: siskanurfitriani@student.ub.ac.id

**Sitasi:** Nurfitriani S, Chasanah U, Nuraini Y, Fiqri A, Handayanto E. 2019. Kemampuan akumulasi merkuri oleh bakteri yang diisolasi dari tailing tambang emas skala kecil. *In: Herlinda S et al. (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2018, Palembang 18-19 Oktober 2018.* pp. 366-375. Palembang: Unsri Press.

#### ABSTRACT

Heavy metal pollution in the soil due to small-scale gold mining activities (ASGM) is responsible for 37% of mercury (Hg) pollution to the environment in the form of tailings. This pollution causes mercury enrichment in agricultural land and crops above the safe limits. This study aimed to isolate heterotrophic bacteria which can accumulate mercury from small-scale gold minetailings in Sekotong District, West Lombok. In this study, mercury resistant bacteria were obtained through a series of on Nutrient Agar medium. The obtained isolates were identified based on the colony morphology (the Bergey Manual Determinative system), gram staining test, biochemical test and growth curve test. Hg accumulation ability test was carried out on liquid Nutrient Broth (NB) medium containing 50 mL + HgCl<sub>2</sub> (10 ppm, 20 ppm, and 30 ppm). The ability of isolates to accumulate Hg was also tested on gold mine tailings with an incubation method for 4 weeks. The results showed that four isolates of mercury-resistant bacteria were isolated, namely *Brevundimonas vesicularis*, *Nitrococcus mobilis*, *Fusobacterium aquatile*, and *Fusobacterium necrogenes*. Two of four isolates obtained, *Fusobacterium aquatile* and *Brevundimonas vesicularis*, could accumulate Hg highest in tailing medium. *Brevundimonas vesicularis* had the highest Hg accumulation ability which was approximately 1.68, 2.08, and 2.17 ppm Hg at 10, 20, and 30 ppm Hg treatment, respectively. Based on this study, *Fusobacterium aquatile* and *Brevundimonas vesicularis* have the potential to be used in bioremediation of soil contaminated with mercury.

**Keywords:** mercury-Resistant Bacteria, *Brevundimonas vesicularis*, Mercury Pollution, Tailings

## ABSTRAK

Pencemaran logam berat di tanah akibat kegiatan pertambangan emas skala kecil (PESK) bertanggung jawab atas 37% dari pencemaran merkuri (Hg) ke lingkungan dalam bentuk tailing (limbah padat) dan air hasil cucian lumpur. Pencemaran ini menyebabkan kandungan merkuri di lahan pertanian dan tanaman melebihi batas aman. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis bakteri heterotrofik yang mampu mengakumulasi merkuri dari limbah tambang emas skala-kecil di Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. Pada penelitian ini, bakteri resisten merkuri didapat melalui serangkaian kegiatan isolasi pada media NA. Isolat yang didapat kemudian diidentifikasi berdasarkan morfologi koloninya menggunakan sistem Manual Bakteri Determinatif Bergey, uji pewarnaan gram, uji biokimia, dan uji kurva pertumbuhan. Uji kemampuan akumulasi Hg dilakukan pada media *Nutrient Broth* cair yang mengandung 50 mL NB + HgCl<sub>2</sub> dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, dan 30 ppm. Selain uji pada media cair, kemampuan akumulasi Hg isolat juga diuji pada tanah tailing tambang emas dengan metode inkubasi selama 4 minggu. Hasil penelitian menunjukkan terdapat empat isolat bakteri resisten merkuri yaitu *Brevundimonas vesicularis*, *Nitrococcus mobilis*, *Fusobacterium aquatile*, dan *Fusobacterium necrogenes*. Dua dari empat isolat yang didapat, yaitu *Fusobacterium aquatile* dan *Brevundimonas vesicularis* mempunyai kemampuan akumulasi Hg paling baik pada media tailing. *Brevundimonas vesicularis* mempunyai kemampuan akumulasi Hg tertinggi dengan akumulasi sebesar 1,68, 2,08, dan 2,17 ppm Hg pada 10, 20, dan 30 ppm perlakuan Hg secara berturut-turut. Berdasarkan penelitian ini *Fusobacterium aquatile* dan *Brevundimonas vesicularis* berpotensi untuk digunakan dalam bioremediasi tanah yang terkontaminasi merkuri.

---

**Kata kunci:** bakteri Resisten Merkuri, *Brevundimonas vesicularis*, Pencemaran Merkuri, dan Tailing

## PENDAHULUAN

Peningkatan harga emas beberapa tahun terakhir telah mendorong perluasan aktivitas penambangan emas rakyat skala kecil atau artisanal and small-scale gold mining activities (ASGM). Tidak hanya dilakukan di beberapa daerah di Kalimantan dan Sulawesi, aktivitas penambangan ini juga telah merambah pulau Lombok dan Sumbawa. Emas dalam penambangan emas skala kecil (PESK) didapat melalui proses amalgamasi dan sianidasi (Krisnayanti *et al.*, 2012). Pada PESK digunakan merkuri untuk mengestrak emas dari bijih emas menjadi amalgam (Esdaile and chalker, 2018). Teknik amalgamasi yang tidak efisien menyebabkan terjadi pelepasan merkuri melalui penguapan dan tailing berkisar antara 800-1000 ton setiap tahun dari penambangan emas skala kecil (PESK) global, sedangkan Indonesia menyumbang sekitar 100-150 ton pertahun (Esdaile and chalker, 2018; Veiga, 2006). Sektor PESK bertanggung jawab atas 37% emisi merkuri antropogenik ke lingkungan dalam bentuk tailing (limbah padat) dan air hasil cucian lumpur (Hagan *et al.*, 2015; Krisnayanti *et al.*, 2012).

Pembuangan tailing hasil proses amalgamasi dan sianidasi ke lingkungan menyebabkan paparan atau kontaminasi Hg pada lahan pertanian (Handayanto *et al.*, 2014). Sampel padi yang diambil dari lahan sawah dekat dengan tempat pembuangan tailing di Lombok menunjukkan kontaminasi metil merkuri lebih dari 100 ng/g (Krisnayanti *et al.*, 2012). Kontaminasi merkuri melalui rantai makanan ataupun secara

langsung (pada pekerja selama kegiatan penambangan berlangsung) dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius (Krisnayanti, 2017). Pada manusia, kontaminasi merkuri dapat menyebabkan kerusakan syaraf, cacat fisik dan gangguan pertumbuhan pada anak, serta dapat menyebabkan cacat mental (Esdaile and Chalker, 2018). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Arifin (2015) menunjukkan, penduduk yang mengkonsumsi ikan kakap di sepanjang sungai Wubudu dan Anggrek yang tercemar merkuri, di Gorontalo, diketahui menunjukkan gejala kontaminasi yaitu tremor dan gusi kebiruan.

Penanganan terhadap tanah yang tercemar perlu dilakukan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan. Penggunaan teknik biologi dengan memanfaatkan mikroorganisme merupakan alternatif dalam pengelolaan lahan tercemar dan memulihkan lahan dari logam berat. Mikroorganisme mempunyai kemampuan dalam mendetoksifikasi, mengekstraksi, dan mengikat logam berat di dalam biomasnya (Ayangbenro *et al.*, 2018). Beberapa bakteri diketahui mempunyai kemampuan resisten terhadap merkuri. Irawati (2012) yang melakukan penelitian dengan mengisolasi bakteri dari tambang emas di Bogor, menemukan bahwa *Brevundimonas* sp. HgP1 and *Brevundimonas* sp. HgP2 mempunyai kemampuan resisten terhadap merkuri dengan konsentrasi minimum penghambatan 575 ppm. Selain itu, *Pseudomonas* sp., *E. coli*, *Serratia marcescens* juga diketahui mempunyai kemampuan resisten terhadap merkuri (Mirzaei *et al.*, 2008). Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis bakteri heterotrofik yang mampu resisten terhadap merkuri dari tailing tambang emas skala-kecil di Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Sampel Tanah**

Bakteri diisolasi dari tailing Penambangan Emas Skala Kecil (PESK) yang berada di Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. Sampel tanah diambil dari beberapa titik yang mewakili area pembuangan tailing dan dikompositkan. Tanah komposit dianalisa di Jurusan Tanah, Universitas Brawijaya. Hasil analisa menunjukkan bahwa, sampel tanah pada tailing tambang mengandung 41,37 ppm total Hg dengan pH 3,9. Total Hg dalam tanah ini jauh melebihi ambang batas Peraturan Pemerintah Indonesia, dimana batas maksimum Hg dalam air dan tanah 0,001 ppm.

### **Isolasi Bakteri**

Isolasi dilakukan pada media *Natrium Agar* (NA) telah ditambahkan 5 ppm HgCl<sub>2</sub> dengan menggunakan tujuh seri pengenceran dan metode *Pour Plate*, dimana setiap seri pengenceran diambil 0,1 mL suspensi dan dimasukkan kedalam cawan petri. Kultur diinkubasi selama 48 jam. Koloni bakteri yang tumbuh dimurnikan pada media NA baru dengan menggunakan metode streak dan diinkubasi selama 24 jam. Pemurnian dilakukan sebanyak 3 kali. Koloni murni diidentifikasi morfologinya berdasarkan sistem Manual Bakteri Determinatif Bergey dan uji gram.

### **Uji Biokimia Isolat dan Pembuatan Kurva Tumbuh**

Isolat bakteri yang didapat kemudian diuji berdasarkan sifat biokimianya, yang meliputi fermentasi karbohidrat, pembentukan indole, produksi H<sub>2</sub>S, motilitas, konsumsi oksigen, fermentasi oksidase, penggunaan sitrat, katalase, dan uji oksidase (Cappuccino dan Sherman, 2002). Pembuatan kurva pertumbuhan dilakukan dengan menginokulasikan isolat

ke 10 mL *nutrient broth* (NB) dalam tabung reaksi, dan kemudian diinkubasi selama 24 jam pada rotary shaker (100 rpm). Kultur berumur 24 jam diekstraksi 5 mL dan diinokulasikan ke dalam 45 mL NB medium cair dengan konsentrasi 10 ppm HgCl<sub>2</sub> dalam gelas gelas, dan diinkubasi selama 24 jam pada rotary shaker (100 rpm). Satu mililiter kultur kemudian dilarutkan dalam 9 mL air akuades steril dan diukur nilai Optical Density dengan spektrofotometer (Boeco S-22, Jerman) pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 600 nm. Pengukuran Densitas Optik dilakukan selama 24 jam pada interval 1 jam. Data Optical Density yang diperoleh kemudian digunakan untuk membuat kurva pertumbuhan dengan sumbu x sebagai waktu (t) dan y-axis sebagai Optical Density. Bakteri yang digunakan untuk starter berada di tengah fase eksponensial.

### **Uji Kemampuan Akumulasi Hg**

Uji kemampuan bakteri dilakukan pada medium NB dan tanah tailing PESK. Uji kemampuan bakteri pada medium NB menggunakan 5 mL starter ( $10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>) dan 50 mL NB yang telah ditambahkan HgCl<sub>2</sub> dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, dan 30 ppm. Kultur di sentrifuge selama 20 menit pada 4000 rpm. Filtrate yang terpisah selama sentrifuge dipindahkan ke tabung reaksi dan ditambahkan dua tetes HNO<sub>3</sub>, kemudian di autoclave. Pengukuran akumulasi Hg dilakukan pada 24 jam. Kemampuan isolat dalam mengakumulasi Hg pada tailing di uji dengan mengaplikasikan sebanyak 0,1 mL ( $10^3$  cfu mL<sup>-1</sup>) pada tanah tailing dan diinkubasi selama 4 minggu. Pengukuran akumulasi Hg dilakukan pada 1 minggu dan 4 minggu setelah aplikasi. Pengukuran Hg menggunakan F732-S *Cold Atomic absorption Mercury Vapor Analyzer* (Shanghai Huaguang Instrument Company).

### **Analisis Data**

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Analysis of Variant (ANOVA) pada taraf 5% menggunakan aplikasi Gen-stat.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Isolate Bakteri Resisten Merkuri**

Total populasi bakteri resisten merkuri yang didapat pada penelitian ini adalah  $4,8 \times 10^8$ . Terdapat empat isolat bakteri murni yang mampu tumbuh pada media agar yang mengandung 5 ppm Hg. Berdasarkan hasil identifikasi, keempat isolat yang didapat mempunyai karakteristik yang berbeda (Tabel 1) dan mempunyai mekanisme biokimia yang berbeda (Tabel 2).

Berdasarkan hasil identifikasi morfologi dan uji biokimia yang mengacu pada sistem Manual Bakteri Determinatif Bergey, isolat bakteri A diidentifikasi sebagai *Brevundimonas vesicularis*. Isolat B diidentifikasi sebagai *Nitrococcus mobilis*, sedangkan Isolat C dan D diidentifikasi sebagai *Fusobacterium aquatile* dan *Fusobacterium necrogenes*, secara berturut-turut.

### **Pertumbuhan Bakteri**

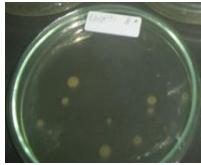
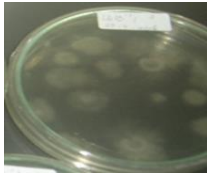
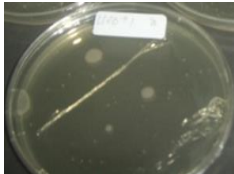
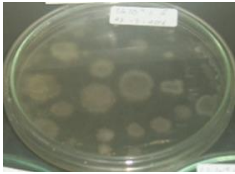
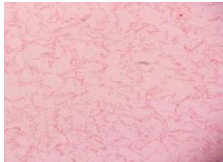
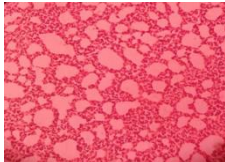
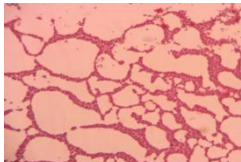
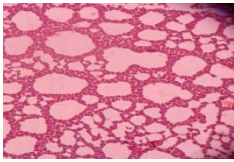
Pertumbuhan empat isolat bakteri resisten merkuri (*Brevundimonas vesicularis*, *Nitrococcus mobilis*, *Fusobacterium necrogenes* dan *Fusobacterium aquatile*) selama 58 jam inkubasi menunjukkan pola yang seragam. Fase diam yang merupakan waktu terbaik untuk produksi sel bakteri *Brevundimonas vesicularis* dan *Nitrococcus mobilis*, adalah

pada umur 36 jam, sedangkan pada *Fusobacterium necrogenes* dan *Fusobacterium aquatile* berada pada umur 42 jam (Gambar 1).

### Kemampuan Akumulasi Merkuri Oleh Bakteri

Pada masa inkubasi 24 jam pada media NB, diketahui bahwa bakteri A (*Brevundimonas vesicularis*) mampu mengakumulasi Hg dengan konsentrasi tertinggi, yaitu 1,68, 2,08, dan 2,17 ppm Hg pada 10, 20, dan 30 ppm perlakuan Hg secara berturut-turut. Akumulasi Hg terendah ditemukan pada isolate bakteri D (*Fusobacterium necrogenes*) dengan konsentrasi akumulasi pada 10 ppm, 20 ppm, dan 30 ppm Hg berturut-turut adalah 0,80, 0,35, dan 0,66 (Gambar 2). Akumulasi Hg oleh bakteri pada media tailing di minggu pertama menunjukkan bahwa bakteri A (*Brevundimonas vesicularis*) mampu mengakumulasi Hg tertinggi (31,34 ppm), diikuti dengan *Fusobacterium aquatile*, dan *Nitrococcus mobilis* serta terendah pada bakteri D (*Fusobacterium necrogenes*) dengan akumulasi 29,62 ppm (Gambar 3).

Tabel 1. Karakteristik morfologi empat isolat bakteri resisten merkuri

Parameter	Isolat			
	S-1 (A)	S-2 (B)	S-3(C)	S-4 (D)
Colony colour	Orange 	Cream 	Cream 	Yellow 
Colony shape	round	round	round	round
Colony diameter (mm)	2.05	2.03	0.74	0.67
Colony edge	not flat	not flat	flat	flat
Elevation	convex	convex	convex	convex
Consistency	dry	dry	dry	wet
Gram reaction	negative	negative	negative	negative
Cell shape	 rod	 cocci	 rod	 rod

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan dua isolate yang mampu mengakumulasi Hg pada media tailing, yaitu *Brevundimonas vesicularis* dan *Fusobacterium aquatile*. *Brevundimonas vesicularis* atau yang disebut juga *Pseudomonas vesicularis* merupakan bakteri gram negative, aerobik, tidak berspora dan tidak terfermentasi (Bhatawadekar dan Sharma, 2011; Panasiti *et al.*, 2008; Ryan dan Pembroke, 2018). Bakteri *B. vesicularis* pada beberapa penelitian merupakan bakteri patogen manusia. Bakteri *B. vesicularis* menyerang pada manusia yang tidak mempunyai imunokompeten dan menyebabkan

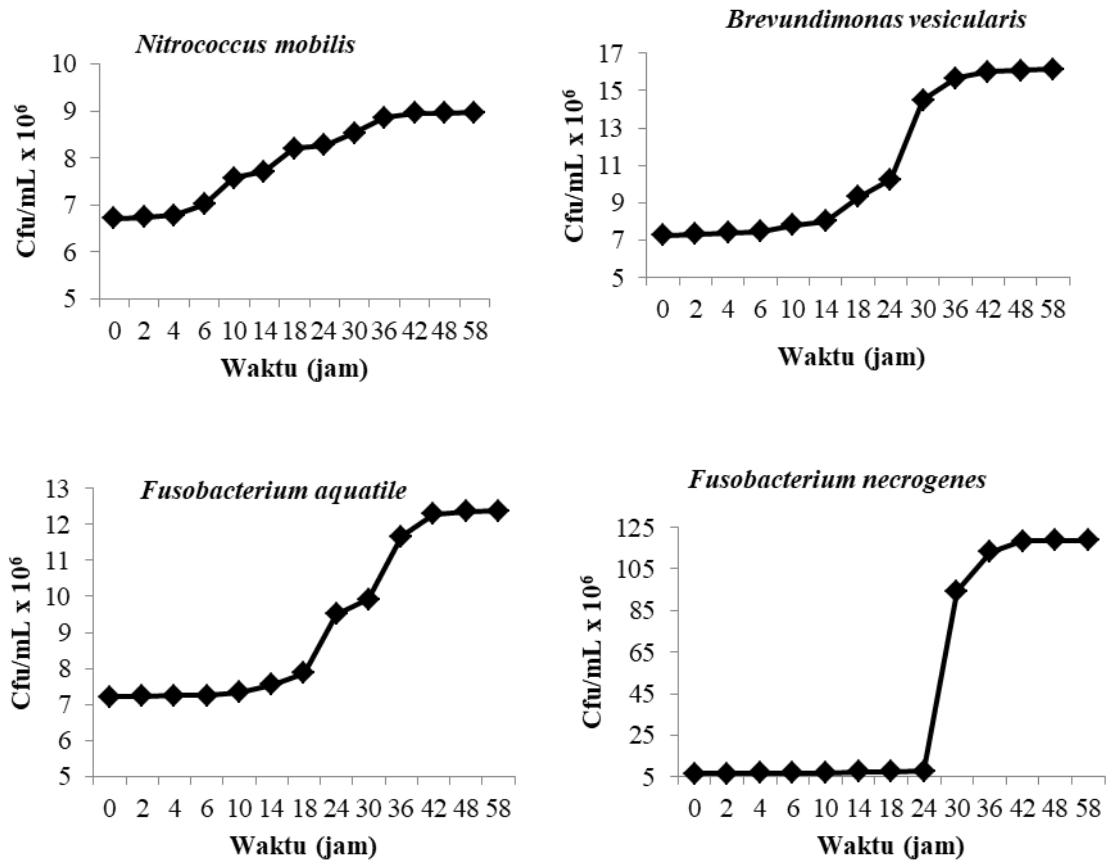
penderitanya mengalami Bacteraemia, Pneumonia, Botryomycosis, *Progressive leukocytosis*, *Liver Abscess*, dan *Febrile neutropenia* (Panasiti *et al.*, 2008; Ryan dan Pembroke, 2018). *F. aquatile* merupakan bakteri patogen bakteri gram negative anaerob yang tidak berspora. *F. aquatile* juga merupakan bakteri patogen manusia yang dapat menyebabkan septicemia dan meningitis (Maller *et al.*, 1978).

Hasil penelitian menunjukkan *B. vesicularis* mempunyai kemampuan akumulasi paling baik. Hasil ini sejalan dengan penelitian Irawati (2012), yang menunjukkan bahwa *Brevundimonas sp.* mampu mengakumulasi  $Hg^{2+}$  hingga 1,09 dan 2,7 mg g<sup>-1</sup> berat kering sel dan menghilangkan 64,38 dan 57,10%  $Hg^{2+}$  dari medium yang masing-masing mengandung 50 dan 100 ppm  $HgCl_2$ . *B. vesicularis* berada pada fase eskposional (diam) lebih cepat daripada yang lain (36 jam), diikuti dengan *F. aquatile* meskipun mencapai fase eskposional lebih lama, yaitu 42 jam. Fase ini menunjukkan kecepatan respon bakteri terhadap merkuri (Irawati, 2012).

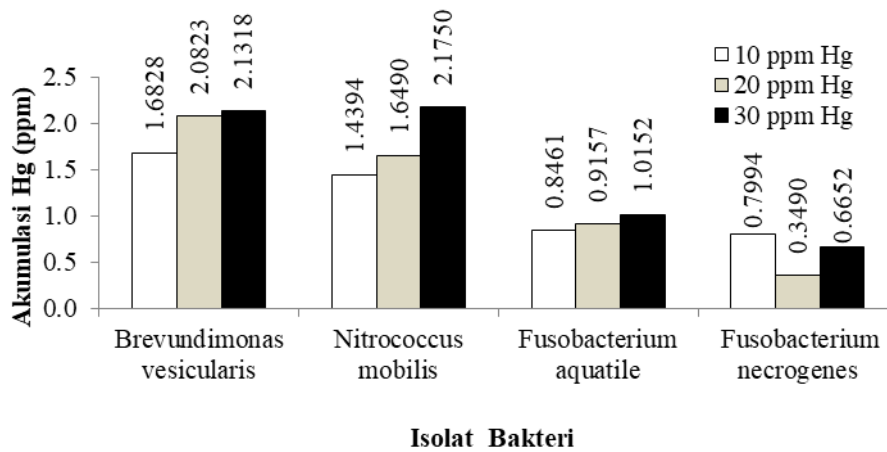
Tabel 2. Uji Biokimia empat isolat bakteri resisten merkuri

No	Uji Biokimia	Isolat			
		S-1 (A)	S-2 (B)	S- 3(C)	S-4 (D)
1	Spore	-	-	-	-
2	Oxidase	+	-	-	-
3	Motility	+	-	+	+
4	Nitrate	+	+	+	+
5	Lysine	-	-	-	-
6	Ornithine	-	-	-	-
7	H <sub>2</sub> S	-	-	-	-
8	Glucose	-	+	-	-
9	Mannitol	+	-	-	+
10	Xylose	-	-	-	-
11	Indole	-	-	+	-
12	Urease	-	-	+	-
13	Citric	-	-	-	-
14	Gelatin	+	-	-	-
15	Malonate	-	-	-	-
16	Inositol	-	-	-	-
17	Rhamnosa	-	-	-	-
18	Sorbitol	-	-	-	-
19	Sucrose	-	+	+	+
20	Lactose	-	-	-	-
21	Arabinose	-	-	+	-
22	Adonitol	-	-	-	-
23	Raffinosa	-	-	-	-
24	Salicin	-	-	+	-
25	Arginine	-	-	-	-
26	Catalase	+	+	-	-
27	Coagulase	-	-	-	-
28	Beta hemolysis	-	-	-	-
29	Starch hydrolysis	+	+	+	+
30	Casein hydrolysis	-	-	-	-

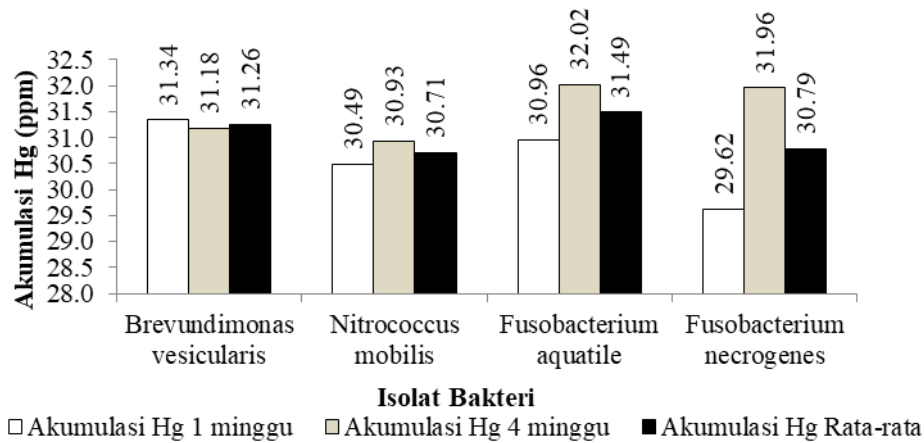
Keterangan: +) positif; -) negative atas tes yang dilakukan



Gambar 1. Pertumbuhan empat isolat bakteri resisten merkuri



Gambar 2. Akumulasi Hg oleh isolat bakteri pada media Nutrient Broth (NB)



Gambar 3. Akumulasi Hg oleh bakteri pada media tailing

Ketahanan dan kecepatan respon bakteri *B. vesicularis* dan *F. aquatile* terhadap logam berat diakibatkan adanya mekanisme resistensi. Mekanisme ini berfungsi untuk mendetoksifikasi dan menghilangkan logam berat dari lingkungan yang tercemar. Pada bakteri transgenic, ketika metallothionein diekspresikan, polyphosphate kinase menunjukkan adanya agregasi sel pada konsentrasi merkuri yang tinggi. Metallothionein diketahui mampu melindungi bakteri dari efek berbahaya merkuri dan dapat memberikan kemampuan bioremediasi merkuri kepada bakteri transgenic (Irawati, 2012). Resistensi bakteri terhadap merkuri diakibatkan bakteri mempunyai gen yang tahan terhadap merkuri (Mer Operon). Gen ini menyebabkan bakteri mampu memproduksi enzim reduktase merkuri (MerA) yang mengurangi ion reaktif Hg (II) menjadi volatile dan uap monoatomik Hg (0), MerB, yang mendegradasi organomercurial oleh protonolysis, dan MerR yang mengatur serapan merkuri (Barkay, 2003).

### KESIMPULAN

*Brevundimonas vesicularis* dan *Fusobacterium aquatile* mampu mengakumulasi Hg paling baik di media tailing. *Brevundimonas vesicularis* mempunyai kemampuan akumulasi Hg tertinggi sebesar 1,68, 2,08, dan 2,17 ppm Hg pada 10, 20, dan 30 ppm perlakuan Hg secara berturut-turut. *B. vesicularis* berada pada fase eskposional (diam) lebih cepat daripada yang lain (36 jam), diikuti dengan *F. aquatile* meskipun mencapai fase eskposional lebih lama, yaitu 42 jam. Ketahanan bakteri *B. vesicularis* dan *F. aquatile* terhadap logam berat diakibatkan adanya mekanisme resistensi. Mekanisme ini berfungsi untuk mendetoksifikasi dan menghilangkan logam berat dari lingkungan yang tercemar. Hal ini menunjukkan *B. vesicularis* dan *F. aquatile* berpotensi untuk digunakan dalam bioremediasi merkuri.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada DRPM Kemenristekdikti atas penyediaan dana penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan ke staf Laboratorium Biologi Fakul MIPA, Universitas Brawijaya atas bantuan teknis dalam melaksanakan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Krisnayanti BD. 2018. ASGM Status in West Nusa Tenggara Province, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*.5(2): 1077-1084 DOI:10.15243/jdmlm.2018.052.1077
- Arifin YI, Sakakibara M, Sera K. Impacts of Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM) on Environment and Human Health of Gorontalo Utara Regency, Gorontalo Province, Indonesia. *Geosciences*. 5: 160-176; DOI:10.3390/geosciences5020160
- Esdaile LJ, Chalker JM. 2018. The Mercury Problem in Artisanal and Small-Scale Gold Mining. *Chemistry*. 24(27): 6905–6916. DOI:10.1002/chem.201704840
- Krisnayanti BD, C. Anderson WN, Utomo WH, Feng X, Handayanto E, Mudarisna N, Ikram H, Khususiah. 2012. Assessment of Environmental Mercury Discharge at a Four-Year-Old Artisanal Gold Mining Area on Lombok Island, Indonesia. *Journal of Environmental Monitoring*. 14(10): 2598-2607. DOI: 10.1039/c2em30515a.
- Handayanto E, Muddarisna N, Krisnayanti BD. 2014. The Potential of Local Trees for Phytostabilization of Heavy Metals in Gold Cyanidation Tailing Contaminated Soils of West Lombok, Indonesia. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*.8(7): 15-21
- Hagan N, Robins N, Hsu-Kim H, Halabi S, Gonzales RDE, Ecos E, Richter D, Vandenberg J. 2015. Mercury Hair Levels and Factors that Influence Exposure for Residents of Huancavelica, Peru. *Environmental Geochemistry and Health*. 37: 507–514
- Ayangbenro AS, Olanrewaju OS, Olubukola O, Babalola. 2018. Sulfate-Reducing Bacteria as an Effective Tool for Sustainable Acid Mine Bioremediation. *Front Microbiol*. 9: 1986. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01986
- Irawati W, Patricia Y, Soraya, Baskoro AH. 2012. A Study on Mercury-Resistant Bacteria Isolated from a Gold Mine in Pongkor Village, Bogor, Indonesia. *hayati Journal of Biosciences*.19(4): 197-200. <https://doi.org/10.4308/hjb.19.4.197>
- Mirzaei N, Kafilzadeh F, Kargar M. 2008. Isolation and Identification of Mercury Resistant Bacteria from Kor River, Iran. *Journal of Biological Sciences*, 8(5): 935-939. DOI:10.3923/jbs.2008.935.939
- Barkay T, Miller SM, Summers AO. 2003. Bacterial Mercury Resistance From Atoms To Ecosystems. *FEMS Microbiology Reviews*. 27(2003): 355-384 DOI:10.1016/S0168-6445(03)00046-9
- Ryan MP, Pembroke JT. 2018. *Brevundimonas* spp: Emerging Global Opportunistic Pathogens. *Virulence*. 9(1): 480–493. DOI: 10.1080/21505594.2017.1419116
- Bhatawadekar SM, J Sharma J. 2011. *Brevundimonas vesicularis* Bacteremia: A rare case report in a female infant. *Indian journal of medical microbiology*. 29(4): 420-422. DOI: 10.4103/0255-0857.90184

Maller R, Frydén A, Nordström K, Ånséhn S. 1978. Septicemia and Meningitis Caused by *Fusobacterium Aquatile*. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*. 10 (2): 146-148 <https://doi.org/10.3109/inf.1978.10.issue-2.09>