**KemampuanAkumulasi Merkuri olehBakteri yang Diisolasi dari Tailing Tambang Emas Skala Kecil**

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

**Siska Nurfitriani**1\*),Umi Chasanah2, Yulia Nuraini2, Amrullah Fiqri3, Eko Handayanto2

1Mahasiswa Progran Doktor, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

2Pusat Studi Pengelolaan Lahan Terdegradasi dan Bekas Tambang, LPPM-UB

3Fakultas Pertanian, Universitas Gunung Rinjani, Lombok

\*)Email: siskanurfitrian@student.ub.ac.id

**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 + HgCl2( 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 *Brevundimonasvesicularis*, *Nitrococcusmobilis, Fusobacterium aquatile*, and *Fusobacterium necrogenes*. Two of four isolates obtained, *Fusobacterium aquatile* and *Brevundimonasvesicularis,* could accumulate Hg highest in tailing medium.*Brevundimonasvesicularis* 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 *Brevundimonasvesicularis* have the potential to be used in bioremediation of soil contaminated with mercury.

**Keywords:** Mercury-Resistant Bacteria, *Brevundimonasvesicularis*, 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 + HgCl2 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).Kontaminsi 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 kontaminsi yaitu tremor dan gusi kebiruan.

Penanganan terhadap 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, mengektraksi, dan mengikat logam berat di dalam biomassanya (Ayangbenro *et al.,* 2018).Beberapa bakteri diketahui mempunyai kemampuan resisten terhadap mercury. 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 tailingPenambangan 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 bats maksimum Hg dalam air dan tanah 0,001 ppm.

**Isolasi Bakteri**. Isolasi dilakukan pada media *Natrium Agar* (NA) telah ditambahkan 5 ppm HgCl2dengan 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 H2S, 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 HgCl2 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 (λ) 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 (103cfu mL-1) dan 50 mL NB yang telah ditambahkan HgCl2 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 HNO3.,kemudian di autoclave. Pengukuran akumulasi Hg dilakukan pada 24 jam.kemampuanisolat dalam mengakumulasi Hg pada tailing di uji dengan mengaplikasikan sebanyak 0,1 mL (103cfu mL-1) 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**

**Isolate Bakteri Resisten Merkuri.** Total populasi bakteri resisten merkuri yang didapat pada penelitian ini adalah 4,8 x 108. Terdapat empat isolat bakteri murni yang mampu tumbuh pada media agar yang mengandung 5 ppm Hg. Berdasarkan hasil identifikasi, keempat isolate yang didapat mempunyai karakteristik yang berbeda (Tabel 1) dan mempunyai mekanisme biokimia yang berbeda (Tabel 2).

Tabel 1. Karakteristik morfologi empat isolat bakteri resisten merkuri

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Isolat** | | | |
|  | **S-1 (A)** | **S-2 (B)** | **S-3(C)** | **S-4 (D)** |
| Colony | Orange | Cream | Cream | Yellow |
| colour |  |  |  |  |
| 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 |

Berdasarkanhasil identifikasi morfologi dan uji biokimia yang mengacu pada sistem Manual Bakteri Determinatif Bergey, isolate bakteri A diidentifikasikan 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)

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 | H2S | - | - | - | - |
| 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

**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).

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

**PEMBAHASAN**

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, aerobic, 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 pathogen 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 pathogen 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 Hg2 + hingga 1,09 dan 2,7 mg g-1 berat kering sel dan menghilangkan 64,38 dan 57,10% Hg2 + dari medium yang masing-masing mengandung 50 dan 100 ppm HgCl2.*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).

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 diekpresikan, 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) yangmengurangi 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 menujukkan *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, Unversitas Brawijaya atas bantuan teknis dalam melaksanaan penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Veigaa,[M.M.](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652605000752#!), [P. A.Maxson](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652605000752#!), and [L. D.Hylanderc](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652605000752#!). 2006. Origin and Consumption of Mercury in Small-Scale Gold Mining. [Journal of Cleaner Production](https://www.sciencedirect.com/science/journal/09596526" \o "Go to Journal of Cleaner Production on ScienceDirect). <14(93)>:436-447. [https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.08.010](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.08.010" \t "_blank" \o "Persistent link using digital object identifier)

Krisnayanti, B. D. 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,Y. I., M. Sakakibara, and K. Sera.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 [L. J.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Esdaile%20LJ%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=29314284) and[J. M. Chalker](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Chalker%20JM%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=29314284).The Mercury Problem in Artisanal and Small‐Scale Gold Mining.[Chemistry](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5969110/). 2018. 24(27): 6905–6916. **DOI:**[10.1002/chem.201704840](https://dx.doi.org/10.1002%2Fchem.201704840" \t "pmc_ext)

Krisnayanti, B. D., C. W. N. Anderson, W.H. Utomo, X. Feng, E. Handayanto,N. Mudarisna, H. Ikram and Khususiah. 2012. Assessment of Environmental Mercury Discharge at aFour-Year-Old Artisanal Gold Mining Areaon Lombok Island, Indonesia.Journal of Environmental Monitoring. 14(10): 2598-2607.**DOI**: 10.1039/c2em30515a.

Handayanto E., N. Muddarisna and B.D, Krisnayanti. 2014. The Potential of Local Trees for Phytostabilization of Heavy Metals in GoldCyanidation Tailing Contaminated Soils of West Lombok, Indonesia. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture.8(7): 15-21

Hagan, N., N.Robins, H.Hsu-Kim, S.Halabi, R.D.E.Gonzales, E.Ecos, D.Richter, and J.Vandenberg. 2015. Mercury Hair Levels and Factors that Influence Exposure for Residents of Huancavelica, Peru. Environmental Geochemistry and Health. 37: 507–514

Ayangbenro, [A. S.,](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ayangbenro%20AS%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=30186280)[O. S. Olanrewaju](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Olanrewaju%20OS%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=30186280), and [Olubukola O. Babalola](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Babalola%20OO%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=30186280). 2018. Sulfate-Reducing Bacteria as an Effective Tool for Sustainable Acid Mine Bioremediation. [Front Microbiol](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6113391/). 9: 1986.**DOI**: [10.3389/fmicb.2018.01986](https://dx.doi.org/10.3389%2Ffmicb.2018.01986)

Irawati, [W.,](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1978301916301565#!) [Patricia](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1978301916301565" \l "!), [Y. Soraya](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1978301916301565#!), and [A. H. Baskoro](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1978301916301565" \l "!). 2012. A Study on Mercury-Resistant Bacteria Isolated from a Gold Mine in Pongkor Village, Bogor, Indonesia. [hayati Journal of Biosciences](https://www.sciencedirect.com/science/journal/19783019).<19(4>): 197-200. <https://doi.org/10.4308/hjb.19.4.197>

Mirzaei,N., F. Kafilzadeh and M. Kargar, 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](http://dx.doi.org/10.3923/jbs.2008.935.939)

Barkay, T., S. M. Miller, and A.O. Summers. 2003. Bacterial Mercury Resistance From Atoms To Ecosystems.FEMS Microbiology Reviews. 27(2003): 355-384**DOI**:10.1016/S0168-6445(03)00046-9

Ryan [M. P.](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ryan%20MP%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=29484917) and[J. T. Pembroke](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Pembroke%20JT%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=29484917).2018.Brevundimonasspp: Emerging Global Opportunistic Pathogens. [Virulence](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5955483/). 9(1): 480–493.**DOI**: [10.1080/21505594.2017.1419116](https://dx.doi.org/10.1080%2F21505594.2017.1419116)

Bhatawadekar, [SM](http://www.ijmm.org/searchresult.asp?search=&author=SM+Bhatawadekar&journal=Y&but_search=Search&entries=10&pg=1&s=0) and [J Sharma](http://www.ijmm.org/searchresult.asp?search=&author=J+Sharma&journal=Y&but_search=Search&entries=10&pg=1&s=0).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, [A. Frydén](https://www.tandfonline.com/author/Fryd%C3%A9n%2C+Aril), [K. Nordström](https://www.tandfonline.com/author/Nordstr%C3%B6m%2C+Karin) dan [S. Ånséhn](https://www.tandfonline.com/author/%C3%85ns%C3%A9hn%2C+Steffan). 1978. Septicemia and Meningitis Caused by Fusobacterium Aquatile. [Scandinavian Journal of Infectious Diseases](https://www.tandfonline.com/toc/infd19/current). 10 (2): 146-148 <https://doi.org/10.3109/inf.1978.10.issue-2.09>