

# JAMBURA

## Edu Biosfer Journal

Journalhomepage: <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/edubiosfer>

## PENYERAPAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) OLEH BAKTERI *Bacillus subtilis* PADA SEDIMEN DANAU LIMBOTO

## ABSORPTION of HEAVY METAL MERCURY (Hg) BY BACTERIA *Bacillus subtilis* ON LIMBOTO LAKE SEDIMENT

Wirnangsi D Uno<sup>a</sup>, Sri Rahayu Thalib<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. BJ Habibie, Tilongkabila, Bone Bolango, Provinsi Gorontalo 96554, Indonesia. Email : [wirnangsi.d.uno@ung.ac.id](mailto:wirnangsi.d.uno@ung.ac.id)

<sup>b</sup> Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. BJ Habibie, Tilongkabila, Bone Bolango, Provinsi Gorontalo 96554, Indonesia. Email : [sri rahayut@gmail.com](mailto:sri rahayut@gmail.com)

Naskah diterima: 25 Juli 2019. Revisi diterima: 29 November 2019

### ABSTRACT

This study aims to determine the absorption of heavy Metal Mercury (Hg) by bacteria *Bacillus subtilis* on the sediment of Lake Limboto. The study was conducted from April to May 2018. The method used in the study was an exploratory method. Data analysis using qualitative descriptive. The results showed that the bacteria *Bacillus Subtilis* can lower mercury levels in sediment and limboto with the absorption of Mercury in sediment at the River I station Biyonga for bacterial concentrations of 55% the amount of Mercury absorption (Hg) by 20.3%, for bacterial concentrations of 60% the amount of Mercury absorption amounted to 26.1% and for bacterial concentrations of 65% the amount of Mercury absorption amounted to 31.2%. At Station II for each concentration of bacteria is increased anyway. For bacterial concentrations of 55% the amount of mercury absorption amounted to 18%, for bacterial concentrations of 60% the amount of Mercury absorption by 21% and for bacterial concentrations of 65% the amount of Mercury absorption amounted to 36.1%.

Keywords: bacteria; *Bacillus subtilis*; mercury; sediment

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyerapan logam berat merkuri (Hg) oleh bakteri *Bacillus subtilis* pada sedimen danau Limboto. Penelitian dilaksanakan dari April sampai dengan Mei 2018. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksploratif. Analisis data dengan menggunakan deskriptif kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri *Bacillus subtilis* dapat menurunkan kadar merkuri pada sedimen danau Limboto dengan penyerapan merkuri (Hg) pada sedimen di stasiun I Sungai Biyonga untuk konsentrasi bakteri sebesar 55% jumlah penyerapan merkuri (Hg) sebesar 20,3%, untuk konsentrasi bakteri sebesar 60% jumlah penyerapan merkuri (Hg) sebesar 26,1% dan untuk konsentrasi bakteri sebesar 65% jumlah penyerapan merkuri (Hg) sebesar 31,2%. Pada stasiun II untuk setiap konsentrasi bakteri mengalami kenaikan pula. Untuk konsentrasi bakteri sebesar 55% jumlah penyerapan merkuri (Hg) sebesar 18%, untuk konsentrasi bakteri sebesar 60% jumlah penyerapan merkuri (Hg) sebesar 21% dan untuk konsentrasi bakteri sebesar 65% jumlah penyerapan merkuri (Hg) sebesar 36,1%.

Kata-kata Kunci : Bakteri; *Bacillus subtilis* ; Merkuri; Sedimen

## 1. Pendahuluan

Danau Limboto memiliki banyak permasalahan lingkungan. Salah satu permasalahan lingkungan yang dihadapi adalah menurunnya kualitas lingkungan perairan. Perubahan kondisi Danau Limboto saat ini terlihat karena setiap tahun terjadi penyusutan luas dan pendangkalan terutama disebabkan kurangnya air yang tertahan dan sedimentasi akibat penggundulan hutan di bagian hulu. Tekanan pertumbuhan penduduk di sekitar danau juga ikut mempercepat pencemaran.

Badan Lingkungan Hidup, Riset dan Teknologi (Balihristi), Provinsi Gorontalo pada tahun 2008 menjelaskan bahwa hasil perhitungan Indeks Kimia Kirchoff, perairan danau Limboto masih tergolong perairan yang tercemar ringan. Meskipun demikian masalah pencemaran ini perlu mendapat perhatian khusus karena terdeteksinya kandungan logam merkuri di badan perairan danau tersebut. Menurut Palar (1994), keberadaan logam-logam dalam badan perairan dapat berasal dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia dan sumber-sumber logam alamiah yang masuk ke dalam badan perairan, bisa berupa pengikisan dari batu mineral yang banyak masuk di sekitar perairan, sedimentasi akibat erosi di daerah hulu, di samping itu partikel-partikel logam yang ada di udara yang terbawa oleh hujan, juga dapat menjadi sumber logam di badan perairan yang mengakibatkan tercemarnya suatu lingkungan.

Di lingkungan perairan logam merkuri ini akan mengendap bersama lumpur atau sedimen. Kandungan merkuri pada sedimen lebih tinggi dari pada dalam air. Menurut Edward (2003) dalam Hidayati, dkk (2013) bahwa logam berat dapat terakumulasi dalam sedimen, sehingga kandungan logam berat dalam sedimen selalu lebih tinggi dari pada dalam air. Melihat akibat buruk dari pencemaran merkuri maka diperlukan upaya dalam menanggulangi pencemaran tersebut. *Bacillus subtilis* merupakan salah satu mikroorganisme yang bisa digunakan. Menurut Mastang (2016) *Bacillus* akan menghasilkan enzim katalase. Enzim ini berfungsi untuk memecah zat berbahaya yang terakumulasi ke dalam sel bakteri. *Bacillus* juga mampu menghasilkan enzim reduktase. Enzim reduktase berfungsi untuk menurunkan (reduksi) kadar toksitas logam berat yang menjadi pencemar utamanya. Logam berat akan diubah struktur kimianya menjadi bentuk yang tidak toksik.

## 2. Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2018- Mei 2018. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Gorontalo (UNG), dan analisis uji kandungan merkuri pada sampel sedimen (substrat) di Laboratorium Kesehatan Surabaya (LABKESDA).

Objek pada penelitian ini adalah konsentrasi bakteri *Bacillus subtilis* dan penyerapan merkuri (Hg) pada sedimen Danau Limboto. Alat yang digunakan adalah botol steril, Erlenmeyer, *Colony Counter*, inkubator, *Hot Plate*, jarum ose, autoklaf, dan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel-sampel sedimen dari danau limboto, *Nutrient Broth*, bakteri *Bacillus subtilis*, aquadest, HNO<sub>3</sub> pekat dan kertas saring. Pengambilan sampel sedimen diambil pada 2 stasiun, untuk stasiun I yaitu salah satu sungai yang bermuara di danau Limboto yaitu Sungai Biyonga dan stasiun II adalah dasar atau bagian tengah dari danau Limboto yaitu di Keramba Jaring Apung. Pengambilan sampel sedimen pada stasiun I yakni di Sungai Biyonga Desa Kayu Bulan Kecamatan Limboto Kabupaten Gorontalo. Sungai Biyonga adalah salah satu sungai yang bermuara di Danau Limboto yang mengalir sepanjang tahun di sebelah utara Danau Limboto yang menjadi penyumbang volume air terbesar. Berdasarkan penelitian Nawangasari (2016) di Sungai Biyonga kadar logam merkuri yang terakumulasi dalam sedimen mencapai 13,61 mg/L .

Pemilihan lokasi pada stasiun kedua adalah posisi tengah Danau Limboto tepatnya di Keramba Jaring Apung desa Iluta Kecamatan Batudaa Kabupaten Gorontalo. Berdasarkan penelitian Nawangasari (2016) di Keramba Jaring Apung kadar logam merkuri yang terakumulasi dalam sedimen 8,35 mg/L.

### 2.1 Analisis data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan analisis data deskriptif kualitatif.

#### 2.1.1 Perhitungan Jumlah Sel Bakteri *Bacillus subtilis* Akhir

Pengukuran pertumbuhan bakteri akhir dilakukan setelah sampel sedimen diinkubasi. Pengukuran pertumbuhan bakteri ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan bakteri setelah sampel diinkubasi selama 3 hari. Pengukuran pertumbuhan bakteri dilakukan dengan cara menghitung jumlah sel hidup dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Setelah itu, dibuat kurva pertumbuhan hubungan antara kadar merkuri dengan pertumbuhan bakteri pada sedimen tercemar merkuri, untuk melihat reduksi tertinggi pada fase pertumbuhan bakteri.

$$\frac{1000}{\text{Berat Sampel}} \times \frac{50}{1000} \times \text{konsentrasi AAS (mg/L)} = \mu\text{g/L (ppm)} \tag{1}$$

2.1.2 Penentuan Persentase (%) Penurunan Kadar Merkuri (Hg)

Pengukuran efisiensi penyerapan logam oleh bakteri menggunakan metode Csuros (Csuros & Csuros, 2002 dalam Dehe, 2016), yaitu:

$$R = \frac{C_o - C_{eq}}{C_o} \times 100\% \tag{2}$$

Keterangan:

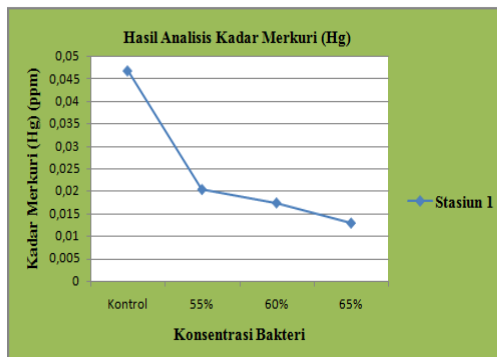
R= Efisiensi bioakumulasi bakteri (%)

Co= Konsentrasi awal timbal (Pb) dalam substrat (mg/L)

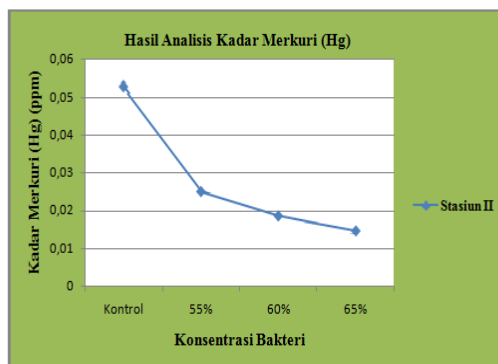
Ceq= Konsentrasi akhir timbal (Pb) dalam substrat (mg/L).

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang menganalisis kadar merkuri dan penyerapan kadar merkuri pada Stasiun I (Sungai Bionga) dan Stasiun II (Keramba Jaring Apung) dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Hasil Analisis Kadar Merkuri pada Stasiun I (Sungai Bionga).



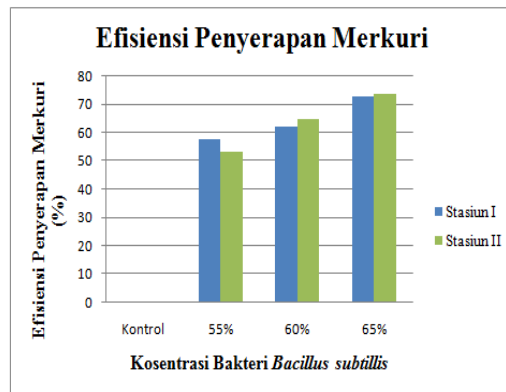
Gambar 2. Hasil Analisis Kadar Merkuri pada Stasiun II (Keramba Jaring Apung).

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa kandungan merkuri pada setiap kosentrasi mengalami penurunan yang berbeda-beda. Pada kontrol atau tanpa inokulum kadar merkuri 0,047 ppm. Kemudian sampel diberi perlakuan dengan diinokulasikan bakteri sebanyak 55% dan kadar merkuri menurun menjadi 0,020 ppm, pada perlakuan dengan diinokulasikan bakteri sebanyak 60% kadar merkuri menurun menjadi 0,017 ppm, pada sampel diberi perlakuan dengan diinokulasikan bakteri sebanyak 65% kadar merkuri menurun menjadi 0,013 ppm.

Berdasarkan gambar 2 pada stasiun II (Keramba Jaring Apung), menunjukkan bahwa kandungan merkuri pada kontrol atau tanpa inokulum kadar merkuri 0,053 ppm. Kemudian sampel diberi

perlakuan dengan diinokulasikan bakteri sebanyak 55% dan kadar merkuri menurun menjadi 0,025 ppm, pada perlakuan dengan diinokulasikan bakteri sebanyak 60% kadar merkuri menurun menjadi 0,018 ppm, pada sampel diberi perlakuan dengan diinokulasikan bakteri sebanyak 65% kadar merkuri menurun menjadi 0,014 ppm. bakteri *Bacillus subtilis* dapat menurunkan kadar merkuri pada sedimen atau substrat. Semakin tinggi konsentrasi bakteri semakin menurun kadar merkuri pada sampel sedimen atau substrat.

Penyerapan kadar merkuri di Stasiun I (Sungai Bionga) dan Stasiun II (Keramba Jaring Apung) dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 3.** Efisien Penyerapan Kadar Merkuri pada Stasiun I dan Stasiun II.

Berdasarkan gambar 3, menunjukkan bahwa efisien penyerapan merkuri pada setiap konsentrasi berbeda-beda. Pada stasiun I, untuk kontrol atau tanpa inokulum efisien penyerapan kadar merkuri 0%, untuk konsentrasi bakteri 55% efisien penyerapan kadar merkuri sebesar 57,44%, konsentrasi bakteri 60% efisien penyerapan kadar merkuri sebesar 61,7%, konsentrasi bakteri 65% efisien penyerapan kadar merkuri sebesar 72,34%. Pada kontrol atau tanpa inokulum efisien penyerapan kadar merkuri 0%, konsentrasi bakteri 55% efisien penyerapan kadar merkuri sebesar 52,83%, konsentrasi bakteri 60% efisien penyerapan kadar merkuri sebesar 64,51%, konsentrasi bakteri 65% efisien penyerapan kadar merkuri sebesar 73,58%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi bakteri semakin besar nilai efisiensi penyerapan merkuri pada sampel sedimen.

Berdasarkan hasil analisis kadar merkuri menggunakan AAS (*Atomic Absorbition Spectrophotometer*) diperoleh hasil penurunan kadar yang berbeda-beda pada masing-masing perlakuan konsentrasi bakteri. Seperti yang telah dijelaskan bahwa tingginya konsentrasi diikuti dengan bertambahnya jumlah koloni bakteri. Pada konsentrasi bakteri 65% untuk kedua stasiun menunjukkan kecenderungan yang baik dalam menurunkan kadar merkuri dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi bakteri 60% dan 55%.

Hal ini sejalan dengan penelitian Nitthya (2001), bahwa meningkatnya jumlah sel bakteri mengakibatkan kadar logam berat menurun. Kondisi tersebut terjadi karena banyaknya sel membuat proses degradasi semakin cepat, karena bakteri melakukan bioakumulasi dan biosorpsi logam dan melakukan adaptasi dengan lingkungan. Degradasi yang dilakukan oleh bakteri tidak dapat menghancurkan logam namun mengubah logam menjadi tidak toksis. Berdasarkan penelitian Mastang (2006), yang menyatakan bahwa logam merkuri yang terdapat dalam sampel sedimen akan diabsorpsi oleh *Bacillus subtilis* karena kemampuannya dalam bioabsorpsi. Proses biosorpsi ini akan menyebabkan terserapnya logam berat ke dalam sel bakteri. *Bacillus* akan menghasilkan enzim katalase. Enzim katalase ini berfungsi untuk memecah zat berbahaya yang masuk ke dalam sel bakteri. *Bacillus* juga mampu menghasilkan enzim reduktase. Enzim reduktase berfungsi untuk menurunkan (reduksi) kadar toksitas logam berat yang menjadi pencemar utamanya. Logam berat akan diubah struktur kimianya menjadi bentuk yang tidak toksik. Resistensi bakteri *Bacillus subtilis* terhadap merkuri merupakan akibat dari mekanisme detoksifikasi yang merupakan serangkaian usaha suatu sel bakteri menjadi resisten terhadap merkuri. Mekanisme detoksifikasi ini tidak lepas dari kerja enzim merkuri reduktase dan organomercuri liase yang disandi oleh gen-gen yang terdapat pada plasmid dan transposon.

Menurut Silver (1998), penurunan konsentrasi merkuri oleh bakteri terjadi karena bakteri yang resisten merkuri memiliki gen resisten merkuri, merOperon. MerOperon terdiri dari sekelompok gen yang mengkode protein dengan fungsi regulasi, transportasi, dekomposisi dan reduksi merkuri. Umumnya struktur merOperon terdiri dari gen metaloregulator (merR), gen transfer merkuri (merT,

merP, merC), gen merkuri reduktase (merA) dan organomerkuri liase (merB). Mekanisme reduksi  $Hg^{2+}$  secara enzimatik terjadi melalui beberapa tahapan. Proses diawali dengan masuknya ion  $Hg^{2+}$  ke dalam sel. MerP merupakan protein periplasma yang berfungsi untuk menyimpan sementara  $Hg^{2+}$  di periplasma kemudian melewatkan ion  $Hg^{2+}$  ke transporter inner membrane yaitu merT. Dari merT, ion  $Hg^{2+}$  akan menuju merkuri reduktase. Disini  $Hg^{2+}$  akan direduksi menjadi  $H_0$  (Narita dkk, 2003).

#### 4. Kesimpulan

Bakteri *Bacillus subtilis* mampu menurunkan kadar merkuri yang terdapat dalam sedimen danau Limboto. Bakteri dengan konsentrasi sebesar 65 % mampu melakukan penyerapan merkuri tertinggi yaitu berkisar antara 72,34% - 73.58%.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kepada pihak Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Gorontalo (UNG), dan Laboratorium Kesehatan Surabaya (LABKESDA) sebagai tempat analisis uji kandungan merkuri pada sampel sedimen (substrat).

#### 6. Referensi

- Badan Lingkungan Hidup, Riset dan Teknologi Informasi Provinsi Gorontalo. 2009. *Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Gorontalo*. Gorontalo: Balitbangpedalda.
- Dehe, Kasmawati. 2016. *Potensi Bakteri Lokal sebagai Pereduksi Merkuri (Hg) pada Tanah Pascatambang Emas Bombana Sulawesi Tenggara*. Skripsi. Universitas Halu Oleo Kendari.
- Hardiani, Henggar., Kardiansyah, Teddy., Sugesty, Susi. 2011. *Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking*. *Jurnal Selulosa*, Vol. 1, No. 1. Bandung.
- Hidayati Nuning Vita, Siregar Asrul Sahri, Sari Lilik Kartika, Putra Gayuh Laksana. 2013. Pendugaan Tingkat Kontaminasi Logam Berat Pb, Cd dan Cr pada Air dan Sedimen di Perairan Segara Anakan, Cilacap. *Jurnal.Omni-Akuatik*. Vol XIII No. 18. Mei 2014: 30-39. FPIK. Universitas Jendral Soedirman. Jakarta
- Mastang. 2016. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pengakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Endapan Sedimen Kanal Sekitar Rumah Susun Kota Makassar*. Skripsi. UIN Alaudin Makassar.
- Narita, Masaru. Kazuyuki, Chiba. Hiroshi, Nishizawa. Hidenori, Ishii. Chieh-Chen, Huang. Zen'ichiro, Kawabata. Simon, Silver. Ginro Endo. 2003. *Diversity of mercury resistance determinants among Bacillus strains isolated from sediment of Minamata Bay*. *FEMS Microbiology Letters*
- Palar, H. 1994. "Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat". Jakarta, Rineka Cipta.
- Silver S, Phung LT. 1996. Bacterial heavy metal resistance. *Annual. Rev. Microbiol.* 50:753-789.