



## Bioremediasi Logam Pb pada Limbah Tekstil dengan *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis*

Alfian Maulana ✉, Supartono, dan Sri Mursiti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima September 2017

Disetujui Oktober 2017

Dipublikasikan November 2017

*Keywords:*  
*Bacillus subtilis*  
*bioremediasi*  
*limbah tekstil*  
*logam Pb*  
*Staphylococcus aureus*

### Abstrak

Limbah cair industri tekstil mengandung logam berat yang bersifat toksik sehingga perlu dilakukan proses pengolahan limbah. Bioremediasi merupakan salah satu metode alternatif untuk menurunkan kadar logam berat dalam limbah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan mikroba eksogen *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis* terhadap jumlah total sel bakteri pada proses bioremediasi logam Pb sedimen sungai setu dengan metode TPC (*total plate count*) dan destruksi basah. Mikroba eksogen yang digunakan pada penelitian ini adalah *S. aureus* dan *B. subtilis* dengan konsentrasi masing-masing 10 dan 20%. Pengujian sampel dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) kemudian dihitung penurunan kadarnya. Hasil penelitian menunjukkan jumlah total sel tertinggi dengan perlakuan kontrol negatif sebanyak  $4,3 \times 10^8$  CFU/mL. Persen penurunan kadar logam Pb tertinggi dengan perlakuan *S. aureus* 20% sebesar 95,85%, dan waktu inkubasi optimum pada 30 hari.

### Abstract

Textile industry wastewater contains toxic heavy metal so wastewater treatment is an important task to do. Bioremediation is one of alternative method to decrease the heavy metal concentration in textile wastewater. The goal of this study is to understand the effect of exogenous microbes addition *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* to the total amount of bacteria cell in the bioremediation process of Pb setu river sediment using TPC (*total plate count*) and wet destruction method. Exogenous microbes used in this study are *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* in concentration 10 and 20% each. Sample examination was done before and after treatment using AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) and then the concentration decrease is calculated. Result of this study shows that total amount of highest cell with control negative treatment is  $4.3 \times 10^8$  CFU/mL. The highest concentration decrease percentage of Pb with *S. aureus* 20% treatment is 95.85%, and the optimum incubation time on 30 days.

© 2017 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:  
Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
E-mail: [fiyan.maulana48@gmail.com](mailto:fiyan.maulana48@gmail.com)

p-ISSN 2252-6951  
e-ISSN 2502-6844

## Pendahuluan

Pencemaran lingkungan yaitu masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam suatu yang mengakibatkan turunnya kualitas lingkungan, sehingga tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (Fakhrudin *et al.*, 2008). Pekalongan merupakan sebuah kota dengan produksi batik yang telah terkenal diseluruh Indonesia, baik industri besar maupun industri rumahannya. Selain memberi nilai ekonomis bagi masyarakat, sering kali yang terlupakan adalah pembuangan limbah akhir yang dapat merusak lingkungan. Air limbah yang dibuang begitu saja ke lingkungan menyebabkan pencemaran. Limbah tekstil merupakan limbah cair dominan yang dihasilkan industri tekstil karena terjadi proses pemberian warna (*dyeing*). Selain mengandung zat warna, limbah tekstil juga mengandung beberapa jenis logam berat berbahaya (Zille, 2005).

Logam berat merupakan salah satu agen pencemar lingkungan, maka limbah yang mengandung logam berat perlu dikelola secara benar sebelum di buang ke lingkungan. Salah satu pencemar yang perlu diperhatikan adalah Pb. Logam Pb bersifat toksik pada manusia dan dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Logam Pb dapat menghambat proses kerja enzim. (Widowati, 2008). Teknik remediasi lingkungan tercemar banyak menggunakan cara biologis (bioremediasi) yaitu dengan bantuan mikroba, algae maupun fungi. Bioremediasi dapat dilakukan dengan mengandalkan mikroba indigen atau dapat ditingkatkan dengan penambahan mikroba eksogen. (Zahoor & Rehman, 2009).

Studi menjelaskan bahwa mikroorganisme dapat digunakan sebagai penurun atau pendegradasi pencemaran lingkungan seperti *Bacillus*, *Citrobacter*, *Pseudomonas*, *Plectonema*, *accharomyces* dan *Aspergillus*. (Park *et al.*, 2011). Berdasarkan latar belakang diatas dilakukan proses bioremediasi kadar logam Pb di sungai di Pekalongan dengan SSA, hal ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan remediasi bakteri *S. aureus* dan *B. subtilis* terhadap penurunan kadar logam Pb pada air sungai di Pekalongan dan juga menentukan jumlah total sel bakteri yang tumbuh selama proses bioremediasi.

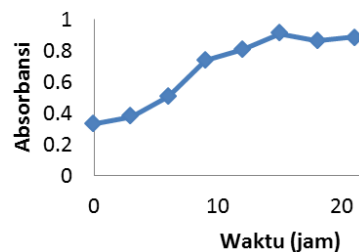
## Metode

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah bioreaktor bioremediasi skala laboratorium, spektrofotometer UV-Vis 1420 Shimadzu, colony counter, PH meter, dan spektrofotometer serapan atom (SSA) perkin Elmer. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah larutan induk logam Pb 1000 ppm, HNO<sub>3</sub>, media *Lactose Broth* (LB), media *Nutrient Agar* (NA), sampel sampel sedimen sungai Setu kabupaten Pekalongan, bakteri *S. aureus* dan *B. subtilis*.

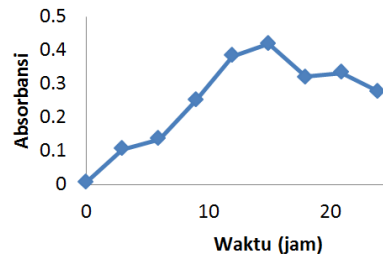
Dilakukan uji awal pada sampel sedimen seungai setu, selanjutnya dilakukan peremajaan dan pembuatan inokulum mikroba *S. aureus* dan *B. subtilis*, kemudian dilakukan pembuatan kurva pertumbuhan masing-masing mikroba. Sampel sedimen sungai setu disiapkan pada reaktor bioremediasi dan ditambahkan mikroba eksogen *S. aureus* dan *B. subtilis* sesuai konsentrasi, selanjutnya dilakukan uji kadar Pb dan jumlah sel setiap 15, 30, dan 45 hari.

## Hasil dan Pembahasan

Pembuatan kurva pertumbuhan dilakukan untuk mendapatkan waktu optimum fase log (eksponensial) bakteri yang digunakan sebelum diinokulasikan pada sedimen air limbah tekstil pekalongan sebagai agen bioremediasi. Kurva pertumbuhan bakteri *S. aureus*, *B. subtilis*, dan *Pseudomonas aeruginosa* disajikan pada Gambar 1, dan 2.

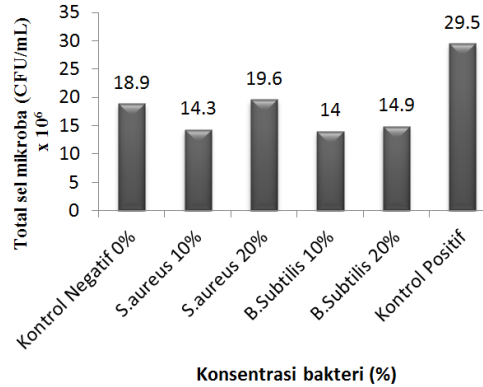


Gambar 1. Pertumbuhan *S.aureus*



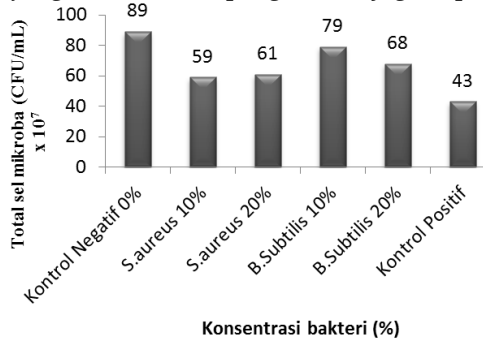
**Gambar 2.** Pertumbuhan *B. subtilis*

Berdasarkan kurva tersebut diketahui bahwa fase eksponensial dari *B. subtilis* yaitu pada jam ke 6-12 dengan nilai absorbansi 0,0066-0,3815, sedangkan pada *S. aureus* yaitu pada jam ke 6-18 dengan nilai absorbansi 0,3289-0,9077. Pengamatan pertumbuhan mikroba endogen dan eksogen dilakukan dengan metode TPC. Hasil perhitungan jumlah sel mikroba disajikan pada Gambar 3, 4, dan 5.



**Gambar 3.** Pertumbuhan mikroba eksogen dengan lama inkubasi 15 hari

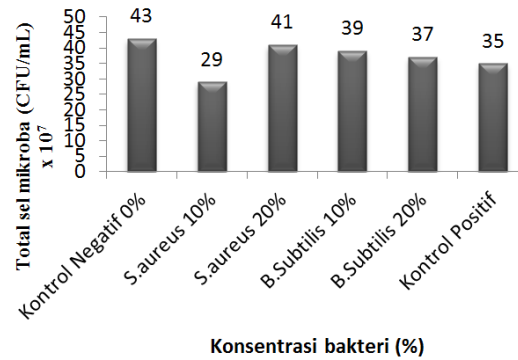
Jumlah total sel pada tiap konsentrasi memiliki perbedaan, dimana pada waktu inkubasi 15 hari jumlah total sel tertinggi pada kontrol positif. Berdasarkan hasil penelitian Khoiro (2014), bakteri *P. aereginosa* dapat tumbuh dengan baik pada media lumpur lapindo yang tercemar oleh logam Pb karena *P.aereginosa* merupakan bakteri yang tahan terhadap logam dan juga dapat mendotoksifikasi logam.



**Gambar 4.** Pertumbuhan mikroba eksogen dengan lama inkubasi 30 hari

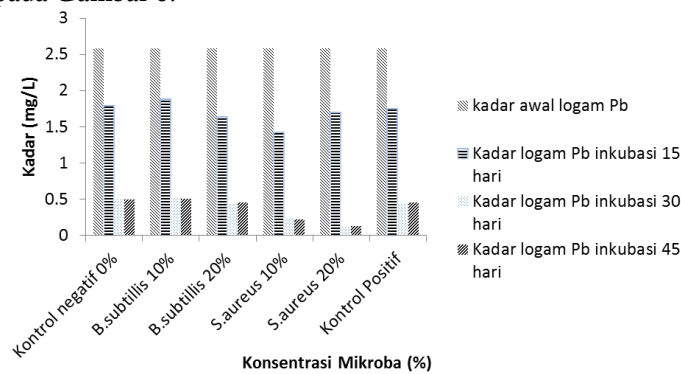
Jumlah total sel tertinggi pada waktu inkubasi 30 hari pada kontrol negatif dengan jumlah total sel sebanyak  $8,9 \times 10^8$  CFU/mL, hal ini dikarenakan mikroba indigen lebih terbiasa dan tidak perlu menyesuaikan diri lagi dengan lingkungan (Arief *et al.*, 2010).

Jumlah total sel tertinggi pada waktu inkubasi 45 hari pada kontrol negatif dengan jumlah total sel sebanyak  $4,3 \times 10^8$  CFU/mL, hal ini juga dikarenakan mikroba indigen mampu hidup lebih baik pada lingkungan yang tercemar limbah tekstil, pada waktu inkubasi 45 hari juga terjadi penurunan pada semua konsentrasi, hal ini dikarenakan terjadinya kompetisi antar mikroba dalam mencari nutrisi (Nainggolan, 2008).

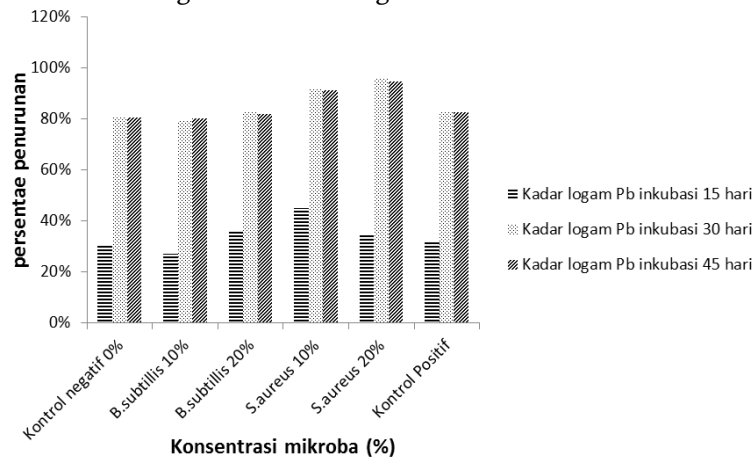


**Gambar 5.** Pertumbuhan mikroba eksogen dengan lama inkubasi 45 hari

Pengaruh penambahan bakteri eksogen terhadap kadar Pb pada sedimen limbah tekstil sungai pekalongan disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Penurunan kadar logam Pb pada sedimen limbah tekstil dengan mikroba eksogen *S. aureus* dan *B. Subtilis*



**Gambar 7.** Persentase (%) penurunan kadar logam Pb pada sedimen limbah tekstil dengan mikroba eksogen *S. aureus* dan *B. subtilis*

Kadar logam masing-masing memiliki konsentrasi yang berbeda-beda, hasil penurunan terbaik terjadi pada inkubasi 30 hari dengan penambahan *S.aureus* 20%, hal ini dikarenakan *S.aureus* merupakan bakteri gram positif, dimana dinding selnya mengandung peptidoglika yang menjadi tempat pengendapan logam yang efisien. Hasil penurunan kadar logam *S. aureus* lebih baik dari *B.subtilis*, hal ini diduga karena *S.aureus* memiliki ukuran yang lebih besar dari *B. subtilis* (diameter *S.aureus* 0,8-1,0  $\mu\text{m}$  dan diameter *B.subtilis* 0,25-1,0  $\mu\text{m}$ ), sehingga *S.aureus* memiliki dinding sel yang lebih luas dan tebal, hal tersebut menyebabkan daya serap oleh dinding sel lebih baik.

Inkubasi 45 hari menunjukkan persentase penurunan logam berat Pb pada sedimen limbah tekstil relatif stabil, hal ini dikarenakan jumlah mikroba yang semakin berkurang karena berkompetisi dalam mencari nutrisi menyebabkan kemampuan reduksi logam oleh mikroba mulai tidak efektif (Charlena, 2010).

Mikroba indigen yang mampu tumbuh dalam media tercemar logam berat mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dalam dinding selnya. Ion logam bermuatan positif, sehingga secara elektrostatik akan terikat pada permukaan sel. Interaksi antara ion logam dan dinding sel bakteri *Bacillus* sp., menunjukkan adanya peranan gugus karboksil pada peptidoglikan dan gugus fosforil pada polimer sekunder asam teikoat dan teikuronat (Solikha & Dwianita, 2013).

Mekanisme biosorpsi oleh mikroba yang mampu hidup pada lingkungan yang tercemar logam Pb adalah *active uptake*. Mekanisme ini terjadi secara simultan sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme (akumulasi intraseluler ion logam) (Fakhrudin *et al.*, 2008).

Bakteri yang resisten (tahan) terhadap logam berat disebabkan kemampuan untuk mendetoksifikasi pengaruh logam berat dengan adanya protein atau materi granuler (Adi & Nana, 2010).

Nilai pH lingkungan yang tercemar juga berpengaruh terhadap kemampuan mikroorganisme baik untuk menjalankan fungsi selular, transpor membran sel maupun keseimbangan reaksi yang dilakukan oleh mikroorganisme (Munawar, 2012). Nilai pH selama perlakuan bioremediasi disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai pH selama perlakuan

Konsentrasi	Derajat keasaman (pH)			
	0 hari	15 hari	30 hari	45 hari
Kontrol 0 %	7,23	7,68	8,13	8,25
<i>B. subtilis</i> 10 %	7,19	7,42	8,24	8,29
<i>B. subtilis</i> 20 %	7,17	7,42	8,12	8,33
<i>S. aureus</i> 10 %	7,14	7,64	8,21	8,26
<i>S. aureus</i> 201 %	7,12	7,57	8,07	8,31
Kontrol positif	7,20	7,55	8,19	8,21
Rata-rata	7,18	7,55	8,16	8,28

Derajat keasaman (pH) mempunyai pengaruh yang besar pada aktivitas mikroba untuk mengatasi limbah logam berat. Naik turunnya pH pada media perlakuan menyebabkan proses biosorpsi logam Pb oleh bakteri juga mengalami naik turun. Khoiroh (2006) menyebutkan, pada pH basa ion logam secara spontan akan bereaksi dengan ion hidroksida membentuk ikatan logam-hidroksida, sedangkan pada pH asam akan terjadi persaingan antara ion logam dengan ion H<sup>+</sup> untuk berikatan dengan dinding sel mikroba. Hal ini yang menyebabkan akumulasi logam dalam sel mikroba pada pH netral lebih besar dibandingkan dengan pH asam maupun basa. pH yang terlalu asam atau terlalu basa bisa menyebabkan bakteri mati, karena bakteri tumbuh dalam kondisi pH mendekati netral. (Hapsari *et al.*, 2012).

### Simpulan

Penggunaan bakteri eksogen (*S. aureus* dan *B. subtilis*) pada bioremediasi logam Pb di sedimen sungai setu mampu menjadi agen bioremediasi yang baik, dengan persentase penurunan kadar logam tertinggi pada penambahan *Staphylococcus aureus* 20% dengan persentase penurunan hingga 95,85%. Waktu optimum yang dibutuhkan bakteri eksogen (*S. aureus* dan *B. subtilis*) masing-masing konsentrasi adalah pada waktu inkubasi 30 hari.

### Daftar Pustaka

- Adi, S.E. & D.S. Nana. 2010. Pengurangan Konsentrasi Ion Pb dalam Limbah Air Elektroplating dengan Proses Bosorpsi dan Pengadukan. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(1):1-9
- Arief, M., L. Sulmartiwi, P. & M. Septi. 2010. Isolasi Bakteri Indigen sebagai Pendegradasi Bahan Organik pada Media Pembenihan Ikan Lele Jumbo. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 2(2): 112-118
- Charlena. 2010. Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Minyak Berat menggunakan Kronsium Bakteri. *Disertasi*. Bogor: IPB
- Fakhrudin, M., Y. Gunawan, R. Iwan. & R. Agita. 2008. Pengembangan Model Pengelolaan Daerah Air Sungai Bangor. *Prosoding Seminar Nasional Limnologi IV*. Kalimantan Timur
- Hapsari, C.A., P. Lutfi., R. Ratu. & R. Novia. 2012. Pengaruh Kelembapan, Temperatur, dan pH pada Proses Proses Bioremediasi menggunakan Bakteri *Bacillus Sp.* *Bulking Agent* Serabut Buah Bintaro. *Jurnal Polusi Tanah dan Air Tanah*, 1(1):1-9
- Hardiani, H., T. Kardiansyah. & S. Sugesty. 2011. Bioremediasi Logam Pb dalam Tanah Terkontaminasi Limbah *Sludge* Industri Kertas Proses *Deinking*. *Jurnal Selulosa*, 1(1):31-41

- Khoiroh, Z. 2014. Bioremediasi Logam Berat Pb dalam Lumpur Lapindo menggunakan Campuran Bakteri (*Pseudomonas pseudomallei* dan *Pseudomonas aeruginosa*). *Jurnal Biologi UIN Malang*, 1(50):1-10
- Kurniasari, R.M. 2005. Pengaruh Logam Berat terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme Pendegradasi Minyak Diesel. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Munawar, A. 2012. *Dinamika Obat Farmakologi dan Toksikologi Edisi ke Lima*. Bandung: ITB
- Nainggolan, P.F.H. 2008. *Kajian Pemanfaatan Lumpur Limbah Water Treatment PT. Pupuk Kujang sebagai Media Tanam Arachis Hypogaea dengan Penambahan Mikoriza, Rhizobium, dan Pupuk Bolashi*. Surabaya: FMIPA-ITS
- Park, J.H., D. Lamb, P. Panerselvam, G. Choppala, J.W. Chung, & N. Bolan. 2011. Role of Organic Amendments on Enhanced Bioremediation of Heavy Metal (Loid) Contaminated Soils. *Journal of Hazardous Materials*, 1(85): 549-574
- Sholikah, U. & K.N. Dwianita. 2013. Uji Potensi Genera *Bacillus* sebagai Bioakumulator Merkuri. *Jurnal ITS Surabaya*, 1(1): 1–9.
- Zille, A. 2005. Laccase Reaction for Textile Application. *Disertasi*. Textile Departement Universidade do Minho