

## **PENGARUH PENAMBAHAN SULFAT TERHADAP PENYISIHAN LOGAM TIMBAL (Pb) PADA REAKTOR BIOLOGI ANAEROB**

Oleh :  
Bekti Prihatiningsih<sup>1</sup>

**Abstrak** : Logam Pb dapat diturunkan keberadaannya di dalam air limbah yang mengandung bahan organik tinggi dengan menggunakan kultur bakteri tercampur terbatas dalam reaktor biologi anaerob. Proses penurunan atau penyisihan logam berat dalam reaktor biologi terjadi melalui proses enzimatik seperti proses oksidasi-reduksi dan proses non-enzimatik. Penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruh senyawa sulfat sebagai agen pereduksi sebagai salah satu proses enzimatik dalam proses pengolahan secara mikrobiologi terhadap peningkatan penyisihan logam timbal (Pb) dalam air limbah dengan menggunakan kultur bakteri tercampur terbatas. Dengan adanya penambahan sulfat dalam reaktor anaerob, diperoleh penyisihan logam Pb yang lebih besar dibandingkan dengan penyisihan Pb tanpa penambahan sulfat. Besarnya penyisihan logam Pb maksimum yang diperoleh adalah 4,53 mg/l/hari pada penambahan sulfat 10 mg/l dengan konsentrasi awal Pb 77,63 mg/l dan minimum 0,45 mg/l/hari pada penambahan sulfat 5 mg/l dengan konsentrasi awal Pb 13,33 mg/l.

**Kata-kata kunci** : air limbah, sulfat, logam timbal, Reaktor Biologi Anaerob

### **PENDAHULUAN**

Logam Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang keberadaannya di lingkungan dapat menyebabkan beberapa masalah kesehatan manusia, dan bila masuk ke dalam bagian tubuh dapat menyebabkan kematian (Volesky, 1990). Hasil penelitian yang telah

<sup>1</sup> Dosen Tetap Fakultas Teknik Jurusan Sipil Unmer Malang

dilakukan (B. Prihatiningsih, 2000) menunjukkan bahwa logam Pb dapat diturunkan keberadaannya di dalam air limbah yang mengandung bahan organik tinggi dengan menggunakan kultur bakteri tercampur terbatas dalam reaktor biologi anaerob. Bakteri tersebut terdiri dari *Bacteriodes fragilis*, *Bacteriodes distasonis*, dan *Bacillus laterosporous*.

Proses penyisihan logam Pb menggunakan kultur bakteri tercampur terbatas merupakan proses secara mikrobiologi pada pengolahan air limbah yang mengandung logam berat berdasarkan pada satu dari 3 (tiga) mekanisme berikut yaitu: biodegradasi, biotransformasi atau biosorpsi (Faison, 1992).

Biodegradasi adalah proses pemecahan substrat materi organik dengan katalisator proses secara mikrobiologi yang menghasilkan karbon dioksida atau karbon dioksida dan metana, air dan pada beberapa kasus menghasilkan garam-garam anorganik.

Biotransformasi adalah proses modifikasi dari substrat organik (degradasi yang tidak sempurna) atau modifikasi dari substrat anorganik (oksidasi dan reduksi) dengan katalisator proses secara mikrobiologi.

Proses biodegradasi membutuhkan penggunaan organisma hidup karena kebutuhan akan suplai nutrisi dan karena dijalankan pada kondisi fisiologis temperatur, pH, iluminasi, potensial oksidasi/reduksi tertentu. Beberapa proses biosorpsi atau biotransformasi mungkin tidak membutuhkan organisma hidup. Sistem yang menggunakan biomassa (organisma) tidak hidup ini tidak dapat meregenerasi sendiri dan biodegradasi dari limbah-limbah berbahaya dan beracun yang juga ada di dalam limbah tidak dapat terjadi pada kondisi seperti ini.

Beberapa proses utama di lingkungan alami untuk penyisihan, immobilisasi atau detoksifikasi logam-logam berat dan radionuklida merupakan hasil dari aktivitas secara mikrobiologi. Aktivitas ini dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah logam toksik sebelum dibuang ke lingkungan. Pendekatan bioteknologi untuk mengurangi pencemaran logam berat adalah penggunaan secara selektif dan meningkatkan proses-proses ini untuk pengolahan limbah logam berat tersebut. Proses interaksi antara mikroorganisma dan logam berat sangat bervariasi. Namun pada



prakteknya ada 3 (tiga) kategori umum proses bioteknologi untuk mengolah logam berat yaitu: biosorpsi, presipitasi ekstraselluler dan penyerapan (*uptake*) oleh biopolimer murni dan molekul-molekul yang dihasilkan dari sel-sel secara mikrobiologi (*Gadd, 1992*). Proses ini tidak eksklusif dan beberapa proses fisik-kimia dan biologi dapat terlibat. *Stoner, (1994)* menyatakan bahwa detoksifikasi materi anorganik dalam limbah berbahaya dan beracun oleh mikroorganisma dapat merupakan hasil dari mekanisme detoksifikasi spesifik yang berbeda dengan proses metabolisme untuk menghasilkan energi atau nutrien, atau aktivitas metabolisme secara mikrobiologi atau atribut fisiologis yang ada pada mikroorganisma. Proses detoksifikasi materi organik oleh aktivitas secara mikrobiologi dapat diklasifikasikan dalam 2 (dua) kategori yaitu: proses enzimatik dan proses non-enzimatik. Contoh dari proses enzimatik adalah proses oksidasi-reduksi dimana materi toksik tersebut bertindak sebagai donor atau aseptor elektron, kompleksasi materi toksik melalui pembentukan atau degradasi ligan, ekstraksi senyawa-senyawa logam toksik melalui pembentukan lixivians, volatilisasi logam melalui transformasi ke dalam bentuk organometal dan pembentukan materi yang dapat mengendap dengan proses secara mikrobiologi yang sesuai. Contoh dari proses detoksifikasi non-enzimatik adalah biosorpsi pasif materi toksik dari limbah cair.

Melihat kondisi diatas, bahwa proses penurunan atau penyisihan logam berat dapat dilakukan melalui proses enzimatik yaitu proses oksidasi-reduksi, maka penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruh senyawa sulfat sebagai agen pereduksi terhadap peningkatan penyisihan logam timbal (Pb) dalam air limbah dengan menggunakan kultur bakteri tercampur terbatas.

*Levett, 1991*, menyatakan, meskipun penambahan agen pereduksi ke dalam cairan atau kultur anaerob tidak penting, hal ini sangat esensial untuk pertumbuhan species tertentu. Dalam penelitian ini sulfat berfungsi sebagai agen pereduksi yang ditambahkan ke dalam reaktor anaerob untuk mengetahui pengaruh agen pereduksi terhadap penyisihan logam berat timbal (Pb).

## BAHAN DAN METODA

### 1. Stock Kultur

Pengayaan bakteri kultur tercampur terbatas dilakukan dalam medium yang berisi nutrisi yang terdiri dari (g/l):  $\text{NH}_4\text{Cl}$ : 2,7;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ : 0,78;  $\text{KCl}$ : 0,37; Asam sitrat: 0,21;  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ : 0,26. Dalam setiap 1 liter medium yang digunakan ditambahkan 10 ml *trace mineral*. *Trace mineral* yang ditambahkan mengandung (g/l):  $\text{Mg}_2\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ : 6;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ : 0,11;  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ : 1,4;  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ : 0,5;  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ : 0,43;  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ : 0,12; Asam borat: 0,017;  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ : 0,0075;  $\text{ZnCl}_2$ : 0,17;  $\text{HCl}$ : 5 ml. Sebagai sumber karbon ditambahkan glukosa sebanyak 4-5 g/l dalam setiap 1 liter media yang digunakan.

### 2. Reagen dan analisa logam Pb

Air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah artifisial yang mengandung  $\text{Pb}^{2+}$ . Air limbah artifisial dibuat dengan melarutkan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dalam aquades steril. Analisa logam Pb dalam larutan (supernatan) dan endapan diukur dengan *Atomic Absorbance Spectrophotometer* (AAS) tipe Shimadzu AA-630-12.

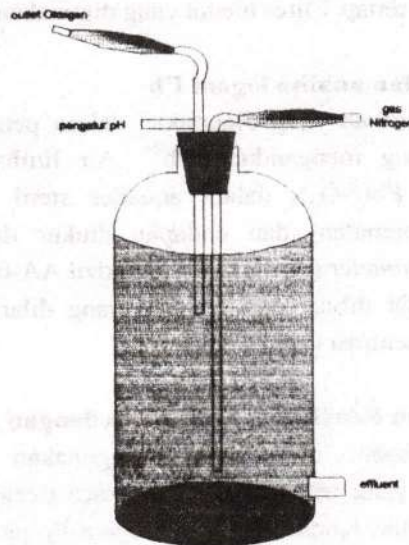
Larutan sulfat dibuat dari  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  yang dilarutkan dalam aquades steril dengan konsentrasi (mg/l): 5, 10, 15.

### 3. Percobaan Penyisihan Logam Pb dengan penambahan sulfat

Percobaan dilakukan menggunakan reaktor batch anaerob (Gambar:1) yang terbuat dari gelas kaca dengan volume 1000 ml dalam kondisi aseptik. Konsentrasi awal logam Pb pada sampel air artifisial yang diamati dalam percobaan berkisar antara (mg/l): (12,52-13,22); (28,40-29,07); (54,65-55,40); (71,28-75,19) dan (104,08-107,05). Nilai pH lingkungan selama percobaan dijaga tetap yaitu pada rentang 6,5 - 8,2. Parameter yang diamati dalam setiap pengoperasian reaktor meliputi konsentrasi logam Pb pada supernatan dan endapan, COD, sulfat serta pH pada setiap pengambilan sampel.

#### 4. Reaktor Kontrol

Dalam setiap pelaksanaan percobaan dengan konsentrasi awal Pb yang berbeda-beda disamping reaktor untuk percobaan utama disiapkan pula dua reaktor kontrol. Reaktor kontrol pertama berisi medium, logam Pb dan sulfat tanpa biomassa, yang berfungsi untuk mengetahui kemungkinan terjadinya reaksi antara media dengan logam Pb. Reaktor kontrol kedua berisi media, sulfat dan biomassa tanpa penambahan logam Pb yang berfungsi untuk mengetahui pola pertumbuhan biomassa dalam reaktor batch anaerob



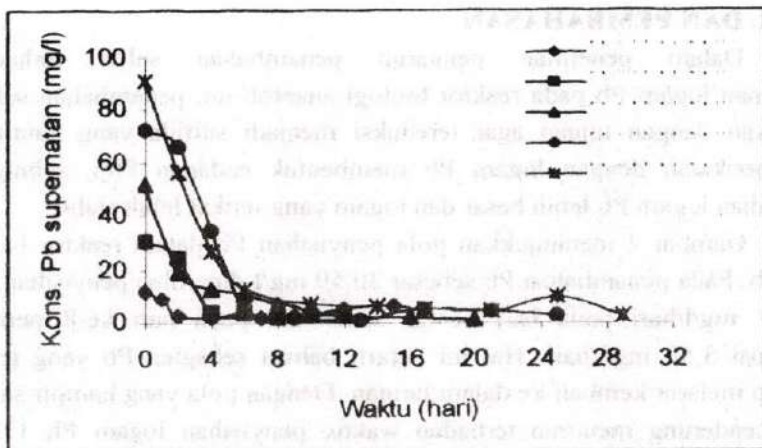
Gambar 1. Reaktor Batch Anaerob yang Digunakan dalam Percobaan



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian pengaruh penambahan sulfat terhadap penurunan logam Pb pada reaktor biologi anaerob ini, penambahan sulfat dilakukan dengan tujuan agar tereduksi menjadi sulfida yang nantinya akan berikatan dengan logam Pb membentuk endapan PbS, sehingga penyisihan logam Pb lebih besar dan logam yang terikat lebih stabil.

Gambar 2 menunjukkan pola penyisihan Pb dalam reaktor batch anaerob. Pada penambahan Pb sebesar 30,59 mg/l diperoleh penyisihan Pb = 2,32 mg/l/hari pada hari ke-12, sementara pada hari ke-8 pernah mencapai 3,58 mg/l/hari. Hal ini berarti bahwa sebagian Pb yang telah terserap melarut kembali ke dalam larutan. Dengan pola yang hampir sama yaitu cenderung menurun terhadap waktu, penyisihan logam Pb 13,33 mg/l mencapai 0,45 mg/l/hari pada hari ke-12, meskipun pada hari ke-4 pernah mencapai 1,29 mg/l/hari. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya reaksi balik (desorpsi) dari proses penyerapan logam oleh biomassa atau terlepasnya kembali ion Pb dari endapan. Diperoleh pola yang cenderung sama pada penyisihan Pb, dimana semakin besar logam yang ditambahkan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan logam Pb sampai konsentrasi Pb dalam larutan tidak berubah. Pengamatan pada hari ke-29 menunjukkan perubahan warna pada sampel air limbah yang diolah yaitu menjadi berwarna hitam pada pH 7,46. Diduga warna hitam tersebut disebabkan oleh timbulnya endapan Pb dengan sulfida membentuk endapan PbS dalam reaktor. Meskipun demikian dalam analisa gas-gas yang terbentuk selama pengamatan pada akhir operasi, gas H<sub>2</sub>S tidak terukur, tetapi kemungkinan warna hitam ini mengindikasikan adanya gas H<sub>2</sub>S dalam reaktor.

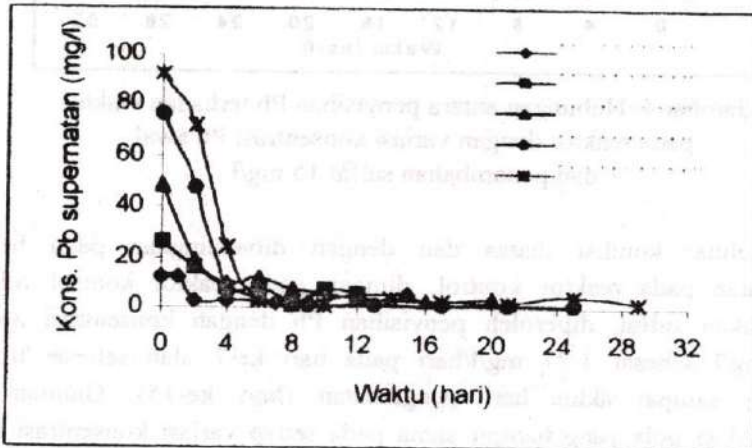


Gambar 2. Hubungan antara penyisihan Pb terhadap waktu pada reaktor dengan variasi konsentrasi Pb awal dan penambahan sulfat 5 mg/l

Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara penyisihan logam Pb terhadap waktu pada reaktor dengan penambahan Pb dan sulfat 10 mg/l. Dengan konsentrasi awal Pb 13,44 mg/l, mengalami penurunan mencapai 1,30 mg/l/hari pada hari ke-9 dan 0,55 mg/l/hari pada hari ke-15. Dengan pola yang sama terjadi penurunan kadar logam Pb dalam larutan; pada konsentrasi awal Pb 25,93 mg/l diperoleh penurunan sebesar 3,09 mg/l/hari pada hari ke-8 dan 1,72 mg/l/hari pada hari ke-12. Dengan penambahan Pb 51,11 mg/l diperoleh penyisihan Pb sebesar 2,37 mg/l/hari pada hari ke-20 sementara pada konsentrasi awal Pb 77,63 mg/l, terjadi penyisihan Pb sebesar 4,53 mg/l/hari pada hari ke-17, dan menurun pada hari ke-25 menjadi 3,07 mg/l/hari.

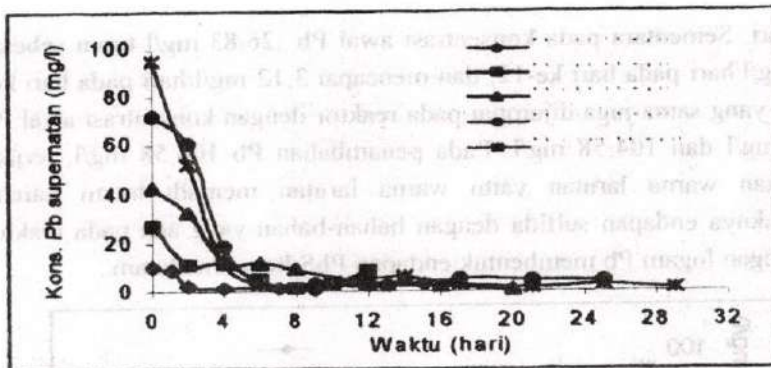
Hasil pengamatan untuk reaktor dengan penambahan sulfat sebesar 15 mg/l dapat dilihat pada gambar 4. Terlihat bahwa pada penambahan logam Pb dengan konsentrasi awal 12,79 mg/l diperoleh penyisihan sebesar 0,64 mg/l/hari pada hari ke-15. Pola yang hampir sama ditemukan selama pengamatan yaitu pada hari ke-9 penyisihan mencapai 1,32

mg/l/hari. Sementara pada konsentrasi awal Pb 26,83 mg/l turun sebesar 1,53 mg/l/hari pada hari ke-12, dan mencapai 3,12 mg/l/hari pada hari ke-8. Pola yang sama juga dijumpai pada reaktor dengan konsentrasi awal Pb 74,19 mg/l dan 104,58 mg/l. Pada penambahan Pb 104,58 mg/l, terjadi perubahan warna larutan yaitu warna larutan menjadi hitam karena terbentuknya endapan sulfida dengan bahan-bahan yang ada pada reaktor atau dengan logam Pb membentuk endapan PbS berwarna hitam..



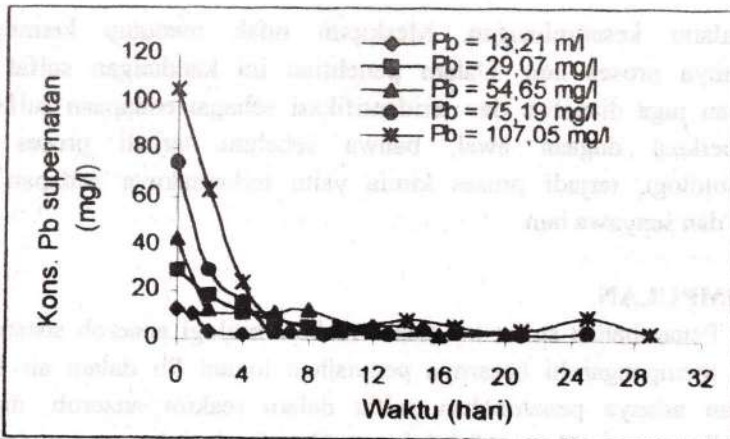
Gambar 3. Hubungan antara penyisihan Pb terhadap waktu pada reaktor dengan variasi konsentrasi Pb awal dan penambahan sulfat 10 mg/l





Gambar 4. Hubungan antara penyisihan Pb terhadap waktu pada reaktor dengan variasi konsentrasi Pb awal dan penambahan sulfat 15 mg/l

Melihat kondisi diatas dan dengan dibandingkan pada hasil pengamatan pada reaktor kontrol, dimana pada reaktor kontrol tidak ditambahkan sulfat, diperoleh penyisihan Pb dengan konsentrasi awal 13,22 mg/l sebesar 1,27 mg/l/hari pada hari ke-7, dan sebesar 0,58 mg/l/hari sampai akhir hari pengamatan (hari ke-15). Gambar 5 menunjukkan pola yang hampir sama pada setiap variasi konsentrasi Pb yang ditambahkan dalam reaktor. Terlihat bahwa pada hari tertentu akan mencapai penyisihan Pb yang maksimum dan menurun pada akhir hari pengamatan.



Gambar 5. Hubungan antara penyisihan Pb terhadap waktu pada reaktor dengan variasi konsentrasi Pb awal tanpa penambahan sulfat

Dari hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa sulfat sangat berpengaruh dalam proses penyisihan logam Pb dalam reaktor biologi anaerob, yaitu dengan adanya penambahan sulfat, penyisihan logam Pb semakin besar dengan waktu yang lebih pendek meskipun tidak menutup kemungkinan hal ini sangat dipengaruhi juga oleh konsentrasi awal Pb dalam air limbah dan senyawa-senyawa serta proses yang terjadi dalam reaktor biologi anaerob. Disamping itu, sulfat yang ditambahkan akan membentuk endapan sebagai hasil reaksi dari senyawa-senyawa yang digunakan dalam media dengan sulfat. Hal ini terlihat dalam setiap pengamatan kadar Pb awal (pada hari ke-0), konsentrasi Pb yang teramati tidak sama dengan jumlah Pb yang dimasukkan dan menampilkan timbulnya endapan berwarna putih pada dasar reaktor demikian pula halnya pada reaktor kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian sulfat yang ditambahkan mula-mula akan bereaksi dengan Pb dan senyawa-senyawa lain dalam media pertumbuhan, kemudian baru proses penyisihan logam menggunakan mikroorganisma berjalan setelah reaksi

mengalami kesetimbangan. Meskipun tidak menutup kemungkinan terjadinya proses lain. Dalam penelitian ini kandungan sulfat dalam endapan juga dianalisa dan teridentifikasi sebagai endapan sulfat yang memperkuat dugaan awal, bahwa sebelum terjadi proses secara mikrobiologi, terjadi proses kimia yaitu terbentuknya endapan antara sulfat dan senyawa lain.

### KESIMPULAN

Penambahan sulfat ke dalam reaktor biologi anaerob sistem batch dapat mempengaruhi besarnya penyisihan logam Pb dalam air limbah. Dengan adanya penambahan sulfat dalam reaktor anaerob, diperoleh penyisihan logam Pb yang lebih besar dibandingkan dengan penyisihan Pb tanpa penambahan sulfat. Pola penyisihan logam Pb dengan konsentrasi awal Pb yang berbeda hampir sama yaitu menurun dengan tajam pada awal pengamatan kemudian lambat setelah waktu tertentu. Besarnya penyisihan logam Pb maksimum yang diperoleh adalah 4,53 mg/l/hari pada penambahan sulfat 10 mg/l dengan konsentrasi awal Pb 77,63 mg/l dan minimum 0,45 mg/l/hari pada penambahan sulfat 5 mg/l dengan konsentrasi awal Pb 13,33 mg/l.

### DAFTAR RUJUKAN

- Bhattacharya, Sanjoy K., Peikang Jin, Clifford J. Williams and Zhang, 1998, *Effects of Sulfide Addition on Copper Inhibition in Methanogenic Systems*, Water Research, Vol. 32, No. 4, pp. 997-988
- Cotton A. and Geoffrey Wilkinson, 1989, *Kimia Anorganik Dasar*, diterjemahkan oleh Sahati Suharto, Penerbit Universitas Indonesia
- Gadd, Christopher, 1993, *Microbial Treatment of Metal Pollutions-a working Biotechnology*, Elsevier Science Publisher Ltd.
- Levett, P. N., 1991, *Anaerobic Microbiology a Practical Approach*, Oxford University Press
- Zhang Li *et all*, 1998; *Removal of Lead From Aqueous Solution by Non-Living Rhizopus Nigricans*, Water Research, Vol. 32, No. 5, pp. 1437-1444