

KEMAMPUAN ISOLAT BAKTERI DARI SEDIMEN SITU SEBAGAI *AGEN BIOREMEDIASI* ION LOGAM TIMBAL (Pb) DI PERAIRAN

Awalina Satya dan Sekar Larasati

Pusat Penelitian Limnologi-LIPI

E-mail: awalina@gmail.com

Diterima redaksi : 15 November 2011, disetujui redaksi : 16 Februari 2012

ABSTRAK

Pencemaran logam berat di perairan danau atau situ telah umum terjadi yang biasanya timbul akibat kegiatan antropogenik yang intensif di sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan isolat bakteri yang dapat digunakan sebagai agen bioremediasi ion timbal (Pb) pada sistem pengolahan limbah atau lingkungan perairan danau atau situ yang tercemar oleh ion Pb. Pengambilan conto sedimen dari Situ Cipondoh dan Situ Pamulang dilakukan pada 3 Desember 2008. Isolasi bakteri dilakukan dengan menggunakan metode 'pour plate'. Medium yang digunakan untuk pertumbuhan bakteri adalah Nutrient Agar (NA) yang ditambahi ion logam Pb dengan variasi konsentrasi 10, 25 dan 50 mg/L berturut-turut pada isolat bakteri OP1N10, OP2N10, OP1N25, OP2N25, OP1N50 dan OP2N50. Pertumbuhan bakteri diamati pada umur 24-48 jam. Determinasi kandungan ion Pb dilakukan dengan Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer (GrAAS) dengan didahului proses digesti-ekstraksi menggunakan larutan campuran aqua regia dan hydrogen peroxyde 30 % pada suhu 121°C dan tekanan 15 Psig selama 30 menit. Nilai recovery hasil pengukuran dengan Certified Refence Material SRM-NIST-1515 Apple leaves adalah 99,8 %. Hasil isolasi bakteri dari conto sedimen situ Cipondoh dan situ Pamulang menunjukkan bahwa tidak ada bakteri yang tumbuh pada medium yang mengandung 50 mg Pb /L, namun isolat bakteri dari sedimen situ Pamulang dapat tumbuh pada medium yang mengandung 10 dan 25 mgPb/L. Isolat bakteri dari perairan situ Pamulang berpotensi untuk dijadikan agen bioremediasi Pb. Penurunan konsentrasi Pb dalam medium pertumbuhan bakteri yang tertinggi (100 %) dimiliki oleh isolat OP1N10. Akumulasi konsentrasi Pb dalam sel bakteri tertinggi (220,75 µg/g bobot basah sel) dimiliki oleh isolat OP1N25.

Kata kunci: bioremoval, Pb, bakteri, sedimen, Situ Cipondoh, situ Pamulang

ABSTRACT

THE AQUATICS LEAD (PB) ION BIOREMEDIATION CAPABILITY OF BACTERIA ISOLATED FROM SHALLOW LAKES SEDIMENT. *Heavy metals pollution in lakes has been generally occurred which is mainly attributed to the intensive anthropogenic activities surround them. The aim of this study was to obtain bacterial isolates for Pb bioremoval in waste water treatment system as well as Pb contaminated lakes water. Sediment samples were taken from Situ Cipondoh and Situ Pamulang in 3 December 2008. Bacterial isolation was conducted by 'pour plate' methods. Bacteria were grown in Nutrient Agar (NA) medium containing Pb ions varied in 10, 25 and 50 mg/L concentrations. Bacterial growth were observed in 24-48 hours. Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer (GrAAS) was used to determine remaining Pb ion content in medium and in bacterial biomass after extraction-digestions process using aqua regia and hydrogen peroxyde 30 % solutions mixtures at 121°C and 15 Psig for 30 minutes. Recovery value using Certified Refence Material SRM-NIST-1515 Apple leaves measurement was 99,8 %. The results show that bacterial isolates originated from situ Cipondoh and situ Pamulang sediments were not able to grow in medium containing 50 mg Pb/L, however bacterial isolate of situ Pamulang sediment can survive in medium containing 10 and 25 mgPb/L respectively in bacterial isolate of OP1N10, OP2N10, OP1N25, OP2N25, OP1N50 and OP2N50. Bacterial isolate from situ Pamulang have a potential to be used as Pb ion bioremoval agent. The highest Pb reduction in bacterial grown medium (100 %) possessed by OP1N10 isolate. The highest accumulation of Pb in bacterial cells (220,75 µg/g dry weight) found in OP1N25 isolate.*

Key words: bioremoval, Pb, bacteria, sediment, Situ Cipondoh, situ Pamulang

PENDAHULUAN

Perairan danau dangkal atau disebut “situ” di wilayah Jawa Barat, memiliki banyak fungsi baik dari aspek ekonomis maupun ekologis. Salah satu contoh fungsi pentingnya adalah sebagai habitat ikan baik yang hidup secara liar maupun yang dibudidayakan. Hal ini penting bagi masyarakat setempat untuk memenuhi kebutuhan harian protein mereka (Suryadiputra dalam Ubaidillah *et al.*, 2003). Perairan situ ini sebagian besar terletak di tepi jalan raya padat kendaraan, pasar tradisional, bengkel kendaraan bermotor, atau dekat dengan tempat timbunan atau pembakaran sampah bahkan berbatasan langsung dengan industri berbasis kimia. Kondisi seperti ini rawan untuk mengalami polusi ion logam berat dimana salah satunya adalah ion Pb. Deposisi ion Pb berasal dari deposisi atmosferik maupun masuknya *run off/effluent* limbah cair yang berasal dari sumber pencemar, (Weiner, 2008; Nguyen *et al.*, 2005).

Menurut Manahan (2001) dan Weiner (2008), logam berat dalam sistem akuatik biasanya berbentuk kation yang stabil sebagai senyawa hidroksida dan oksida. Menurut Chen *et al.*, (2000), beberapa ion logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr) dan merkuri (Hg) merupakan unsur yang tidak memiliki fungsi biologis penting bahkan bersifat toksik namun sangat berpeluang besar untuk terakumulasi dalam sel, sehingga dapat mengalami biotransfer dalam jejaring atau rantai makanan akuatik. Bila terjadi biotransfer logam berat dalam jejaring atau rantai makanan akuatik maka dapat membahayakan kesehatan bahkan kehidupan manusia sebagai konsumen pada tingkat tertinggi rantai makanan akuatik (Barwick and Maher, 2003).

Menurut Stumm and Morgan (1996), sebagian besar dari ion logam memiliki afinitas besar terhadap atom sulfur pada enzim dan mampu membentuk ikatan

dengan gugus karboksilat dan amina pada protein, sehingga dapat menghambat fungsi biologisnya. Beberapa logam bahkan mampu terikat pada membran sel sehingga menghambat proses transportasi melalui dinding sel. Logam berat juga mampu mengendapkan *phosphate type biocompound* sekaligus mengkatalisis dekomposisi senyawa tersebut, hal ini tentu sangat mempengaruhi proses fisiologis sel pada makhluk hidup karena dapat menyebabkan mutasi pada *Deoxyribo Nucleic Acid* (DNA). Gejala alergi, perilaku agresif, kecacatan pada bayi baru lahir, kanker, anemia dan gejala autisme merupakan penyakit yang disebabkan oleh adanya pencemaran logam berat terutama ion logam Pb (Zhou *et al.*, 2008). Beberapa cara telah dilakukan untuk remediasi lingkungan akibat tercemar oleh logam berat. Penggunaan cara kimia dan fisika biasanya membutuhkan biaya mahal dan memakan waktu yang cukup lama (Manahan, 2001). Das *et al* (2008) menyebutkan bahwa penanganan secara biologis dengan menggunakan mikroorganisme, contohnya bakteri, yang mampu menurunkan kandungan logam berat merupakan salah satu alternatif yang efektif dan efisien. Penggunaan mikroorganisme sebagai metoda bioremediasi mempunyai beberapa keuntungan, seperti biaya yang rendah, efisiensi yang tinggi, biosorbennya dapat diregenerasi, tidak memerlukan nutrisi tambahan, kemampuannya dalam *recovery* logam dan *sludge* yang dihasilkan sangat minim.

Das *et al.* (2008) menyebutkan pula bahwa ada beberapa jenis bakteri yang sangat prospektif untuk dimanfaatkan dalam bioremediasi karena kemampuannya dalam membioakumulasi ion logam berat antara lain yang paling besar kapasitasnya adalah *Bacillus sp.* Selain itu juga dilaporkan oleh Adour *et al* (1999) dan Mullen *et al.* (1989) dalam Das *et al.* (2008) bahwa *Pseudomonas sp.*, *Zooglea ramigera* dan *Streptomyces sp.* sangat berpotensi untuk digunakan

n sebagai agen bioremediasi logam berat Cr, Pb, Cu dan Cd. Roane (1999) melaporkan dari hasil penelitiannya bahwa *Pseudomonas marginalis* lebih tahan terhadap Pb dibandingkan *Bacillus megaterium*. *P. marginalis* dalam penelitian ini mengeluarkan *extracellular polymer* (disebut juga *exopolymer*) lebih banyak dibandingkan *B. megaterium*. *Exopolymer* inilah yang berperan besar dalam penyimpanan zat hara, sifat adhesi dan pembentukan zat pelindung terhadap *toxicant* termasuk logam berat dengan sifat interaksi yang spesifik.

Menurut Weiner (2008), Stumm and Morgan (1996) dan Nies (1999), mekanisme bioakumulasi ion logam berat oleh mikroorganisme dilakukan dengan membentuk ikatan antara gugus fungsional sulfhidril, karboksilat atau amina pada membran sel dan kation logam berat terlarut. Proses ini terjadi baik secara adsorpsi maupun absorpsi atau kompleksasi sehingga ion logam tersebut dapat terikat pada permukaan membran sel atau terakumulasi di dalam sel. Selain itu mikroorganisme juga dapat melakukan proses reduksi logam berat sehingga terbentuk kompleks ion logam berat yang bersifat tidak toksik.

Kebanyakan bakteri yang digunakan untuk bioremediasi logam berat diisolasi dari tempat yang tercemar logam berat. Perairan Situ Cipondoh dan Situ Pamulang juga ditengarai banyak menerima masukan logam berat dari sekitarnya karena letak kedua perairan situ tersebut dekat sekali dengan sumber pencemar logam (*pollutant sources*) yang potensial antara lain : jalan raya, pemukiman padat penduduk, bengkel reparasi kendaraan bermotor, beberapa industri rumah tangga dan tempat pembakaran sampah. Menurut Chapman (1996), Manahan (2001) dan Weiner (2008) *pollutant sources* seperti tersebut di atas merupakan sumber potensial masukan Pb dan logam berat lainnya pada lingkungan akuatik terutama di lingkungan perkotaan

yang dekat dengan areal industri. Industri pengolahan di kota Tangerang merupakan *leading sector* dalam kegiatan ekonomi (58,44% dari total kegiatan ekonomi) pada tahun 2002 dan hal ini diiringi dengan laju pertumbuhan penduduk mencapai 3,5 % pada kurun waktu 1997-2001 (<http://ciptakarya.pu.go.id/profil/profil/barat/banten/tangerang.pdf>). Oleh karena itu sebagai antisipasi terhadap potensi terjadinya polusi logam berat akibat bertambahnya tekanan kegiatan antropogenik, maka perlu untuk dilakukan penelitian berupa isolasi dan pengujian kemampuan isolat bakteri dari sedimen Situ Cipondoh dan Situ Pamulang dalam menurunkan logam berat di lingkungan perairannya. Isolat bakteri ini diharapkan lebih efektif dalam kinerja bioremediasinya karena sudah teradaptasi dengan kondisi kedua perairan situ yang diamati.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan isolat bakteri yang dapat digunakan sebagai agen bioremediasi ion logam Pb pada sistem pengolah limbah atau lingkungan tercemar logam berat. Sedangkan sasaran dari hasil penelitian ini adalah diperolehnya bakteri yang dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi Pb di lingkungan perairan sehingga dapat dijadikan salah satu komponen dalam teknologi alternatif untuk mengurangi Pb dari sistem perairan tercemar.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan conto sedimen dilakukan di perairan pada bagian tengah dan outlet Situ Cipondoh dan Situ Pamulang (Kotamadya Tangerang Provinsi Banten) pada 3 Desember 2008. Pada saat bersamaan juga dilakukan pengukuran pH, konduktifitas, oksigen terlarut (DO), suhu dan turbiditas perairan. Determinasi kandungan ion Pb juga dilakukan pada air permukaan, sedimen, akar dan daun tumbuhan apu-apu atau kiambang (*Salvinia sp*) serta akar dan daun eceng gondok

(*Eichornia crassipes*). Weiner (2008) menyebutkan bahwa dinamika keberadaan logam berat dalam sistem akuatik sangat dipengaruhi oleh suhu, pH dan DO terutama bila dikaitkan dengan sifat bioavailabilitasnya. Weiner (2008) juga mengatakan konduktifitas dan turbiditas secara tidak langsung menjadi semacam faktor yang menjadi indikator tidak langsung potensi logam tersebut masih dalam bentuk terlarut atau cenderung mengendap.

Isolasi bakteri dilakukan dengan menggunakan metode 'pour plate' sesuai dengan Cappucino and Sherman (1987). Medium yang digunakan untuk pertumbuhan bakteri adalah medium Nutrient Agar (NA) yang ditambahkan logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi 10, 25 dan 50 mg/L. Sebanyak 1 g conto sedimen dimasukkan ke dalam 9 mL akuades steril (pengenceran 10^{-1}) demikian selanjutnya sampai 10^{-9} . Masing-masing pengenceran dituang satu mL ke dalam cawan petri steril yang selanjutnya dituangi medium ke dalam cawan petri tersebut. Isolat bakteri diberi nama berturut-turut : OP1N10 dan OP2N10 (medium yang ditambahkan 10 mg Pb/L), OP1N25 dan OP2N25 (medium yang ditambahkan 25 mg Pb/L), OP1N50 dan OP2N50 (medium yang ditambahkan 50 mg Pb/L). Pertumbuhan bakteri diamati pada umur 24-48 jam dan selanjutnya dilakukan pemurnian terhadap bakteri tersebut (Cappucino and Sherman, 1987).

Koloni bakteri murni digores ke agar miring dan dilakukan pewarnaan Gram pada umur 24 jam kemudian diamati dengan menggunakan mikroskop pada perbesaran 1000x. Sel bakteri dengan bentuk dan warna homogen merupakan koloni bakteri yang sudah murni.

Kurva pertumbuhan bakteri

Sebanyak 10% (v/v) inokulum monokultur bakteri diinokulasikan ke dalam labu Erlenmeyer 500 mL yang berisi 250 mL NB. Inkubasi dilakukan dalam 'shaker incubator' dengan kocokan 120 rpm pada

suhu kamar. Pengukuran jumlah sel dilakukan tiap 2 jam dengan menggunakan metode kekeruhan terhadap medium yang telah mengandung biakan bakteri dengan menggunakan spektrofotometer pada λ_{600} dan penghitungan koloni secara 'total plate count'. Kurva standar dibuat dengan menghubungkan antara OD dan log jumlah sel/mL. Hasil pengamatan isolat bakteri dibuat dalam bentuk kurva tumbuh. Umur inokulum optimum didapatkan pada pertengahan fase eksponensial dengan jumlah sel/mL tertentu. Selanjutnya berdasarkan umur inokulum optimum tersebut masing-masing isolat diinokulasikan untuk percobaan selanjutnya.

Uji kemampuan isolat bakteri bioremoval dalam menurunkan logam berat

Uji kemampuan isolat bakteri dalam menurunkan logam berat di medium tumbuh dilakukan dengan menginokulasikan 10% (v/v) suspensi bakteri ke dalam 50 mL medium *Nutrient Broth* (NB) yang ditambah Pb pada konsentrasi 20 mg/L kemudian diinkubasi selama 24 jam. Medium yang sama tanpa bakteri digunakan sebagai kontrol. Pengukuran pertumbuhan bakteri dengan metode kekeruhan dilakukan pada jam ke-0 dan 24.

Suspensi tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring 0,45 μm . Sebelumnya, kertas saring ditimbang terlebih dahulu untuk menentukan bobot kertas saring kosong. Pengukuran konsentrasi Pb pada filtrat dan sel isolat bakteri dilakukan dengan menggunakan *Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer* (GF-AAS) [Hitachi Z2700 series]. Kertas saring dan residu kemudian ditimbang setelah dikeringkan terlebih dahulu dengan memanaskan dalam oven 60-65 °C selama 24-48 jam (Kader *et al.*, 2007). Sebelum pengukuran dilakukan proses preparasi dengan menambahkan larutan HCl dan HNO₃ kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf selama

30 menit, suhu 121°C dan tekanan 1,5 atm (ASTM, 2002).

Peralatan gelas yang digunakan dalam uji resistensi dan penurunan logam berat di medium oleh bakteri, dibilas terlebih dahulu dengan larutan HNO₃ dan HCl 1:1 (Csuros & Csuros, 2002).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menyajikan nilai rerata parameter yang diamati pada kedua perairan situ tersebut. Nilai pH, konduktifitas, DO, suhu dan turbiditas menunjukkan bahwa kedua situ ini memang tipikal perairan danau dangkal di wilayah tropis (Chapman, 1996).

masih di bawah *background level* untuk rerata sedimen danau di Amerika Utara yaitu 35 µg/g (*Canadian Council of Minister of Environment*, 1999). Demikian pula untuk kandungan Pb di makrofita akuatik yang diamati, juga masih tergolong rendah. Meskipun begitu, upaya pencarian isolat bakteri yang potensial untuk agen penyisih ion Pb masih tetap dilakukan mengingat posisi/lokasi perairan kedua situ ini sangat berpeluang besar untuk mendeposisi Pb di bagian sedimennya. Menurut Nguyen *et al.* (2005), Stumm and Morgan (1996) dan Weiner (2008), sedimen adalah tempat terdeposisinya berbagai *pollutant* yang masuk ke dalam suatu badan air dan sangat

Tabel 1. Data parameter yang diobservasi pada Situ Cipondoh dan Situ Pamulang (Desember 2008).

No	Parameter	Situ Cipondoh	Situ Pamulang
1	GPS	S: 06°11'40.4" E: 106°40'33.3'	S: 06°11'50.8" E: 106°40'28.7'
2	pH	6.90	7.12
3	Konduktifitas, mS/cm	0.283	0.152
4	DO, mg/L	5.72	4.77
5	Suhu air, °C	29.95	30.90
6	Turbiditas, NTU	10	17
7	Pb _{air} (ig/L)	<0.01	0.22
8	Pb _{sediment} (ig/g)	<0.01-0.54	0.22-0.62
9	Pb _{akar Salvinia} (ig/L)	<0.01	*
10	Pb _{daun Salvinia} (ig/L)	0.02	*
11	Pb _{akar Elchornia} (ig/L)	0.17	<0.01
12	Pb _{daun Elchornia} (ig/L)	<0.01	<0.01

*) tidak diukur

Konduktifitas rerata di Situ Cipondoh sedikit lebih tinggi dibandingkan Situ Pamulang. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh lokasi Situ Cipondoh relatif lebih banyak dikelilingi oleh sumber bahan pencemar potensial yang berupa jalan raya, pasar tradisional, yang lebih ramai, areal pertokoan dan pemukiman padat penduduk. Kandungan ion Pb di air pada kedua situ juga masih di bawah batas aman untuk kehidupan biota akuatik sesuai *Canadian Water quality standard* yaitu 10 µgPb/L. Kadar ion Pb dalam sedimen kedua situ juga

sensitif terhadap perubahan faktor kimia dan fisika perairan (antara lain pH dan DO) untuk melepaskan kembali *pollutan* ke kolom perairannya. Bila proses pelepasan ini terjadi maka bioavailabilitas *pollutant* tersebut meningkat. Barwick and Maher (2003) dalam penelitiannya mengenai biotransfer beberapa logam berat di perairan danau menyebutkan bahwa peningkatan bioavailabilitas dapat mengakibatkan pula peningkatan potensi biotransfer *pollutan* pada komponen biota penyusun rantai makanan biota akuatik. Hal seperti ini tentu

akan membahayakan kesehatan manusia sebagai *top consumer* dalam rantai makanan tersebut. Menurut Chapman (1996) perairan yang berada di daerah perkotaan sangat rentan oleh polusi logam berat akibat tekanan kegiatan antropogenik yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan laju pertumbuhan penduduk. Kota Tangerang termasuk wilayah dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi yaitu mencapai 3.5 % per tahun pada tahun 2001 (<http://ciptakarya.pu.go.id/profil/profil/barat/banten/tangerang.pdf>.) Oleh sebab itu, suatu saat bila tekanan kegiatan antropogenik sudah menyebabkan kedua perairan situ menjadi lebih tercemar logam berat, maka kita telah siap dengan isolat bakteri lokal yang sudah teradaptasikan dengan kondisi lingkungannya, sehingga kinerja isolat bakteri sebagai agen bioremediasi menjadi lebih optimal dalam implementasinya nanti. Diharapkan bahwa isolat bakteri yang dihasilkan dari penelitian ini berpotensi untuk diterapkan sebagai agen bioremediasi pada lingkungan tercemar logam Pb.

Hasil isolasi bakteri dari conto sedimen Situ Cipondoh dan Situ Pamulang menunjukkan tidak ada bakteri yang mampu

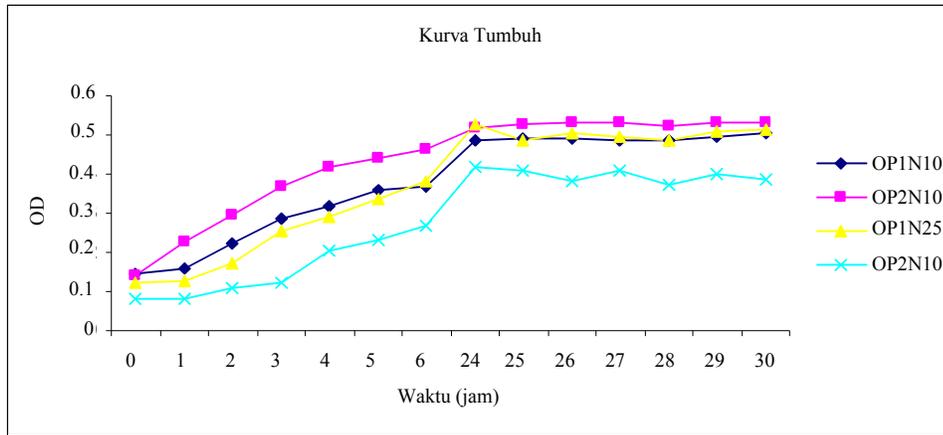
tumbuh pada medium mengandung 50 mg Pb /L, namun isolat bakteri dari sedimen Situ Pamulang dapat tumbuh pada medium yang mengandung 10 dan 25 mg Pb/L. Kandungan Pb yang lebih tinggi di Situ Pamulang memungkinkan bakteri hasil isolasi dari Situ Pamulang tahan sampai kandungan Pb 25 mg/L. Isolat bakteri dari sedimen Situ Pamulang yang tumbuh pada media dengan konsentrasi Pb 10 dan 25 mgPb/L berasal dari bagian outlet dengan kode OP1N10, OP2N10, OP1N25, dan OP2N25 (lihat Gambar 1).

Pengukuran berdasarkan metode kekeruhan menunjukkan umur inokulum optimum masing-masing isolat adalah jam ke- 4 untuk isolat OP2N10 dan OP1N25, serta antara jam ke-3 dan 4 untuk isolat OP1N10 dan OP2N25 (Gambar 2).

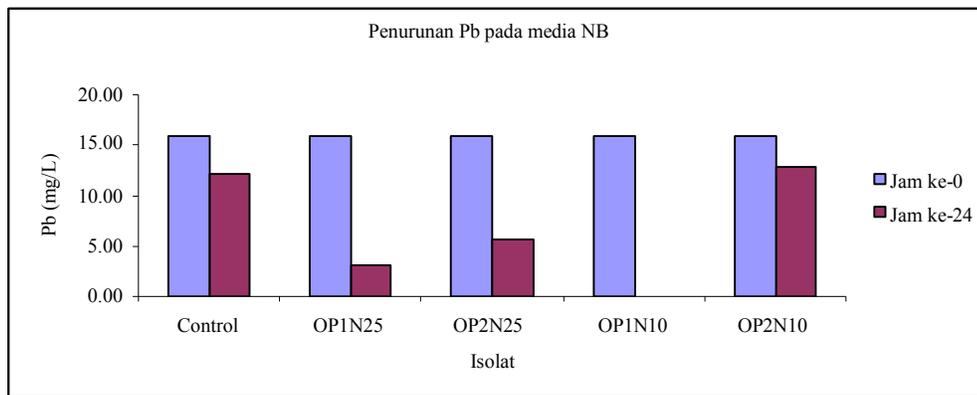
Keempat isolat tersebut kemudian ditumbuhkan pada media pertumbuhan yang mengandung Pb konsentrasi 20 mg/L dan diinkubasi selama 24 jam. Pada jam ke-0 dan 24 dilakukan pengukuran konsentrasi Pb pada filtrat dan residu atau sel bakteri. Hasil pengukuran konsentrasi Pb disajikan pada Gambar 3.



Gambar 1. Isolat bakteri yang mampu tumbuh pada media yang mengandung Pb konsentrasi 25 mg/L.



Gambar 2. Kurva pertumbuhan isolat bakteri OP2N10, OP1N25, OP1N10, dan OP2N10



Gambar 3. Penurunan konsentrasi Pb dalam media pertumbuhan yang ditambahkan 20 mgPb/L.

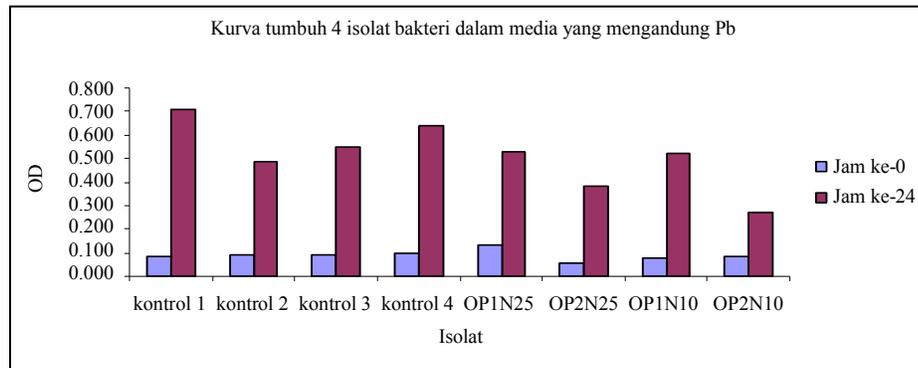
Isolat OP1N10 kemungkinan juga memiliki ketahanan terhadap Pb sehingga pertumbuhan sel tidak terganggu dengan adanya Pb di lingkungan tumbuhnya. Hal tersebut tampak dari nilai rapat optisnya dimana dalam waktu 24 jam naik dari 0,07 menjadi 0,52. Kondisi tersebut sama dengan kontrol dimana bakteri tumbuh dalam media yang tidak mengandung Pb. Nilai rapat optis isolat OP2N10 jika dibandingkan dengan kontrol tampak berbeda. Pada media yang tidak mengandung Pb, nilai rapat optis naik dari 0,09 menjadi 0,55 sedangkan pada media yang mengandung Pb nilai rapat optis naik dari 0,09 menjadi 0,27. Ketahanan isolat OP2N10 kemungkinan rendah sehingga tidak optimal dalam menurunkan Pb di media tumbuhnya (Gambar 4).

Penurunan konsentrasi Pb dalam media pertumbuhan tertinggi tampak pada isolat OP1N10 sebesar 100% sedangkan penurunan konsentrasi Pb terendah tampak pada isolat OP2N10. Isolat OP1N25 memiliki kemampuan menurunkan konsentrasi Pb dalam media pertumbuhan sebesar 74% dan isolat OP2N25 memiliki kemampuan sebesar 53%. Kemampuan bakteri dalam menurunkan konsentrasi logam berat di lingkungan tumbuhnya karena bakteri dapat mengikat dan mengakumulasi logam berat tersebut. Umumnya ikatan tersebut karena adanya perbedaan muatan antara permukaan sel bakteri dan logam berat (Niu *et al.*, 1993). Bakteri juga dapat mengakumulasi logam berat di dalam sel dengan membentuk ikatan

dengan protein dalam sel, dimana ikatan tersebut dikenal dengan nama ikatan metalotionein (Gadd, 1990). Richard *et al* dalam Varghese *et al.* (2012) menyebutkan bahwa ion Cu dan ion Pb terikat pada permukaan sel. Ion Pb tersebut ada dalam bentuk tak larut (*insoluble form*) yang dilokalisasi pada membran sel atau permukaan sel. Hal seperti ini sebagaimana dijelaskan oleh Chojnaeca *et al* dalam Varghese *et al.* (2012) dapat dipahami, karena adanya fakta bahwa gugus-gugus fungsional bermuatan negatif karboksilat, hidroksil dan fosforil) pada dinding sel bakteri mengadsorpsi kation logam melalui berbagai mekanisme antara lain dengan cara interaksi elektrostatis, gaya van der Waals, ikatan kovalen atau kombinasi dari beberapa proses tersebut.

Kemungkinan Isolat-isolat bakteri dalam penelitian ini memiliki kemampuan dalam mengakumulasi Pb dalam selnya. Hasil pengukuran konsentrasi Pb dari sel bakteri dalam waktu 24 jam terlihat pada Tabel 2 berikut ini.

Akumulasi Pb tertinggi terdapat pada isolat OP1N25 yaitu sebesar 220,75 µg/g sel. Jika dibandingkan dengan isolat OP1N10, penurunan konsentrasi Pb oleh isolat OP1N25 lebih rendah namun akumulasinya di sel lebih tinggi. Nilai rapat optis isolat OP1N25 lebih rendah jika dibandingkan dengan kontrolnya pada jam ke-24. Kemungkinan laju akumulasi Pb di sel bakteri ini tinggi sehingga mengakibatkan toksik dan akhirnya mempengaruhi pertumbuhan bakteri itu sendiri. Kemampuan bakteri dalam



Gambar 4. Kurva tumbuh empat isolat bakteri dalam media NB yang ditambahkan Pb 20 mg/L.

Tabel 2. Konsentrasi Pb di sel isolat bakteri

Kode isolat	Konsentrasi Pb di sel bakteri (µg/g sel)	
	Jam ke-0	Jam ke-24
Kontrol 1	tt	tt
Kontrol 2	tt	tt
Kontrol 3	tt	tt
Kontrol 4	tt	tt
OP1N10	tt	189,25
OP2N10	tt	87,79
OP1N25	tt	220,75
OP2N25	tt	160,65

tt = tidak terdeteksi

menurunkan logam berat di lingkungan tumbuhnya juga dipengaruhi oleh jumlah sel sehingga jumlah sel yang rendah akan menurunkan kemampuannya dalam menurunkan konsentrasi logam berat di lingkungannya. Varghese *et al.* (2012) melaporkan bahwa kisaran kandungan ion Pb di areal industri adalah 8,09 – 25,23 µg/L dalam air; 5,31 – 73,11 µg/g dalam tanah dan 1,02 – 60,14 µg/g dalam sedimen. Fakta yang diperoleh dalam penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Varghese *et al.* (2012) yang menunjukkan bahwa seiring dengan penambahan biomassa *Bacillus sp* dalam uji eliminasi Pb terjadi pula peningkatan bioakumulasi dalam sel bakteri tersebut. Hal senada juga diungkapkan oleh Bai *et al.* (2002) yang menyimpulkan bahwa peningkatan luas permukaan yang disebabkan oleh peningkatan biomassa menambah juga sifat adsorptif secara alamiah atau dengan kata lain menambah jumlah sisi aktif permukaan pada permukaan sel, hanya sedikit dipengaruhi oleh perubahan pH.

Dalam penelitian ini tidak dilakukan kajian bagaimana mekanisme pengikatan Pb dan bakteri. Roane (1999) menjelaskan bahwa *Pseudomonas marginalis* membentuk lapisan polimer pada permukaan sel yang dapat mengikat Pb sehingga menghambat masuknya Pb ke dalam sel bakteri sedangkan *Bacillus megaterium* dapat mengakumulasi Pb dalam sitoplasma. Kemungkinan hal tersebut juga terjadi pada isolat bakteri dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Isolat yang berasal dari sedimen perairan Situ Pamulang berpotensi untuk dijadikan agen bioremediasi Pb pada kondisi lingkungan situ yang tercemar logam Pb. Penurunan konsentrasi Pb tertinggi dimiliki oleh isolat OP1N10. Akumulasi konsentrasi Pb tertinggi dimiliki oleh isolat OP1N25.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Puslit Limnologi-LIPI yang telah membiayai kegiatan ini melalui kegiatan Tolok Ukur Pengembangan Sistem Analisis dan Kajian Toksisitas Logam Berat pada Lingkungan Perairan Darat-Program DIPA 2008.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002. Profil Kabupaten/Kota Tangerang-Banten. <http://ciptakarya.pu.go.id/profil/profil/barat/banten/tangerang.pdf>. diakses pada 30 November 2012 jam 10.34.
- ASTM Designation: D 1971-02. 2002. Standard Practises for Digestion of Water Samples for Determination of Metals by Flame Atomic Absorption, Graphite Furnace Atomic Absorption, Plasma Emission Spectroscopy, or Plasma Mass Spectrometry. An American National Standard. Annual book of ASTM Standards, Vol.11.01.
- Bai, S. Abraham, R. Emila, T., 2002. Studies on Enhancement of Cr (VI) Biosorption by Chemically Modified Biomass *Rhizopus Nigricans*. *Water Research*, 36: 1224-1236.
- Barwick, M & W. Maher, 2003. Biotransference and Biomagnifications of Selenium, Copper, Cadmium, Zinc, Arsenic and Lead in a Temperate Seagrass Ecosystem from Lake Macquarie Estuary, NSW. Australia. *Marine Environmental Research*, 56: 471-502.
- Bruins, M.R., Kapil, S., & Oehme, F.W., 2000. Microbial Resistance to Metals in the Environment. *Exotoxicol and Environ Safety* 45, 198-207.

- Canadian Environmental Quality Guidelines. 1999. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Council of Minister of the Environment.
- Chapman, D. (Ed.). 1996. Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Second edition. Published on Behalf of UNESCO/WHO/UNEP. University Press, Cambridge.
- Atlas, R. M. & R. Bartha, 1993. Microbial Ecology. Fundamentals and Applications. 3rd (Ed.). The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc. Redwood. 563 p.
- Cappucino, J.G & N. Sherman, 1987. *Microbiology: a laboratory manual*. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc, California.
- Church, T. M., & Scudlark, J. R., 1997. Trace Metals In Estuaries : A Delaware Bay Synthesis. In Allen, H. E. .*et. al* (Eds). Metals in Surface Waters. Ann Arbor Press. USA. 262 p.
- Csuros, M & Csuros, C., 2002. Sample Collection for Metal Analysis. Dalam Buku Environmental Sampling and Analysis for Metals. Lewis Publisher. A CRC Press Company. Boca Raton. 371 p.
- Chen, C.Y., Stemberger, R.S., Klaue, B., Blum, J.D., Pickhardt P.C., & Folt., C.L., 2000. Accumulation of Heavy Metals in Food Web Components Across a Gradient of Lakes. *Limnol & Oceanogr.*, 45(7): 1525-1536.
- Das, N., Vimala, R. & Karthika P., 2008. Biosorption of Heavy Metals- An Overview. *Indian Journal of Biotechnology*. Vol.7: 159-169.
- Gadd, G.M., 1990. Environmental Biotechnology: Microbiology of Extreme Environment. McGraw-Hill Publ.Co. New York.
- Price. E. W. Why We Streak a Petri Dish to Grow Colonies | eHow.com http://www.ehow.com/way_5733404_streak-petri-dish-grow-colonies.html#ixzz2AwzwQRWL.
- Kader, J., P. Sannasi, O. Othman, B.S. Ismail & S. Salmijah, 2007. Removal of Cr (VI) from Aqueous Solutions by Growing and Non-growing Populations of Environmental Bacteria Consortia. *Global Journal of Environmental Research* (1): 12-17.
- Manahan, S.E., 2001. Water Pollution dalam Buku Fundamentals of Environmental Chemistry. 2th ed. CRC Press Lewis Pub. Boca Raton. Florida. 1003 p.
- Nies, D.H., 1999. Microbial Heavy Metal Resistance: Molecular Biology and Utilisation for Biotechnological Processes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 51: 730-750.
- Nies, D.H. & S. Silver, 1995. Ion Efflux Systems Involved in Bacterial Metal Resistances. *Journal of Industrial microbiology* 14: 186-199.
- Nguyen, HL., Leermakers, M., Elskens, M., De Ridder, F., Doan, TH., Baeyens W., 2005. Correlations, Partitioning and Bioaccumulation of Heavy Metals Between Different Compartments of Lake Balaton. *Science of the Total Environment* 341: 211-226.
- Roane, T.M. 1999. *Lead Resistance in Two Bacterial Isolates from HeavyMetal-Contaminated Soils*. *Microb Ecol* 37:218-224. DOI: 10.1007/s002489900145. Springer-Verlag New York Inc.
- Stumm, W & Morgan, J.J., 1996. Aquatic Chemistry. Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters. Third edition. Environmental Science and Technology. A Wiley-Interscience series of text and monograph.

- Varghese, R., M.P. Krishna, V. Arun Babu, & A.A. Mohamed Hatha, 2012. Biological Removal of Lead by *Bacillus* sp. Obtained from Metal Contaminated Industrial Area. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 2: 756-770.
- Weiner, E.R. 2008. Applications of Environmental Aquatic Chemistry. A Practical Guide. Second edition. CRC Press. Taylor and Francis Group.
- Zhou, Q.F.,Zhang, J., Fu,J.,Shi,J., Jiang G., 2008. Biomonitoring: An Appealing Tool for Assessment of Metal Pollution in the Aquatic Ecosystem. *Analytica Chimica Acta*, 606:135-150