

**PENAPISAN BAKTERI PENGIKATSENG (Zn) DAN TEMBAGA (Cu) DARI KOLONGPASCA
PENAMBANGAN TIMAH**

Screening of Zink (Zn) and Copper (Cu) Accumulating Bacteria from Post Tin Mining Pit Ponds

SUSANTI, I., E. PRATIWI., C. FEBRIYANTI., H. HELMI., R.K. FEMBRIYANTO

Jurusan Biologi, Universitas Bangka Belitung

✉ Universitas Bangka Belitung, Jl. Merdeka No.04 Pangkalpinang

Abstract

Bangka Island is one of the biggest tin mine source land. Tin mining activities in Bangka Island made some environmental problems. The impact of tin mining are some critical areas, Acid Mine Drainage (AMD) and mine pit ponds in Bangka Island. The purposes of the research were to isolate and to screenzink-accumulating and copper-accumulating bacteria, and to identify the bacteria from post tin-mining pit ponds. Sampling was conducted in two locations (stations) in Rebo Village, from 0 and 5 years old post tin-mining pond aged. The sampling used purposive random sampling method. The research measured three parameters: the level of Zn and Cu concentrations decreasing, dry weight cell of bacteria, the number of bacteria cell, and pH changing of medium.

Research has resulted 40 isolates from 17 genera. *Stomacoccus* sp. has the highest Zn leveluptake (11.07 ppm or 32.56%) and it has the highest dry weight cells (4.8 mg). The bestCu-accumulatingbacteria was shown by *Serratia* sp. *Serratia* sp could accumulate 25,2 ppm or up to 70,99% Cu. The observation showed that *Serratia* sp. had the highest cell biomass (13,87 mg). The bacteria which could accumulate 2 kind of heavy metal Zn and Cu were *Acetothermus* sp. (7.86 ppm Zn and 7.7 ppm Cu); *Sarcina* sp. (10.63 ppm Zn and 7.1 ppm Cu); and *Sacharococcus* sp (3.84 ppm Zn and 11.8 ppm Cu). These bacteria have potential to decrease both of heavy metal kinds: Zn and Cu from post tin-mining pit ponds.

Keywords : Screening, Bacteria, Zn, Cu, Tin Mining

PENDAHULUAN

Aktivitas penambangan timah di Indonesia yang terpusat di Pulau Bangka dan Belitung telah berlangsung lebih dari 200 tahun dengan jumlah cadangan yang cukup besar (PT Timah Tbk. 2006). LIPI pernah mencatat setidaknya terdapat 544 kolong pasca tambang timah, yang meliputi luar 1.064 Ha (LIPI 2008). Area pasca pertambangan akan meninggalkan *pit* (lubang tambang) dan *tailing* (limbah tambang). Air pada lubang tambang (kolong) mengandung berbagai logam berat yang dapat merembes ke dalam sistem air tanah dan dapat mencemari air tanah sekitarnya. Logam-logam berat ini dapat menimbulkan dampak pada lingkungan dalam jangka panjang, berupa perubahan ekosistem perairan, penurunan kualitas pertanian dan gangguan kesehatan (Lasat 2002; Fediuc & Erdei 2002; Utomo 2008).

Menurut Veriady (Tanpa tahun) dan Badri (2004) terdapat beberapa jenis logam berat di kolong pascat tambang timah, diantaranya adalah As, Fe, Cd, Pb, Ni, Cr, Sn, Cu dan Zn (PT. Timah Tbk 1997). 2 logam berat diantaranya: Zn dan Cu

adalah logam berat yang bersifat esensial dan masih dibutuhkan tubuh pada konsentrasi tertentu.

Toksisitas logam berat esensial baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam konsentrasi besar atau melebihi nilai toleransi organisme (Triani 2006; Prihatiningsih 2007; Widowati *et al.* 2008). Konsentrasi Zn kolong berkisar antara 13 –50 ppm (PT Timah Tbk. 2003; Badri 2004) sedangkan konsentrasi Zn di perairan yang diperbolehkan untuk air minum adalah berkadar 5 ppm (PP RI no 20 Tahun 1990). Konsentrasi Cu yang pernah diukur pada kolong adalah antara 1-3 ppm (Badri 2004), sedangkan kadar Cu perairan yang diizinkan adalah 2 ppm (PP RI no 20 Tahun 1990).

Umumnya toksisitas logam dalam perairan kolong dapat dinetralisir oleh biota normal yang berlangsung secara alami sedikit demi sedikit (Kießig & Hermann 2000), namun hal tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu dapat mencapai sekitar 30 tahun (Djakamihardja *et al.* 2004). Untuk itu dibutuhkan usaha percepatan

penurunan toksisitas logam berat dalam kolong, salah satunya adalah bioremediasi. Bioremediasi merupakan teknologi penerapan penggunaan agen hidup secara pasif dengan keunggulan biaya operasional yang rendah (Gerth & Hebler 2008).

Salah satu organisme yang berperan dalam penurunan toksisitas kolong adalah bakteri. Bakteri dapat bersifat mengakumulasi, memanfaatkan, ataupun tidak berpengaruh (tahan) terhadap logam berat yang terdapat di kolong.

Akselerasi remediasi logam berat Zn dan Cu merupakan suatu keharusan agar kolong muda (baru ditinggalkan setelah ditambang) dapat bermanfaat untuk berbagai sektor seperti perikanan dan peternakan, sehingga kolong memiliki nilai ekonomis. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan isolat bakteri terbaik bagi proses bioremediasi dan dapat menjadi alternatif solusi bagi upaya rehabilitasi kolong secara cepat dan tepat.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan isolasi, identifikasi, dan penapisan bakteri dari kolong pasca penambangan timah yang memiliki kemampuan mengikat Zn dan Cu secara terpisah.

MANFAAT PENELITIAN

Isolat bakteri pengikat Zn dan Cu yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan berpotensi untuk meremediasi Zn dan Cu di lingkungan, terutama kolong pasca penambangan timah dan limbah industri yang mengandung Zn dan Cu.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari November 2010 hingga Juni 2011. Sampel air kolong diambil dari Desa Rebo, Kecamatan Sungailiat, Kabupaten Bangka. Sampel kemudian dianalisis di Laboratorium Biologi Fakultas Pertanian Perikanan dan Biologi Universitas Bangka Belitung. Analisis konsentrasi logam Zn pada sampel air kolong diukur di Laboratorium PT. Timah Tbk, sedangkan analisis konsentrasi logam Zn dan Cu pada media pertumbuhan bakteri dilakukan di Laboratorium Badan Lingkungan Hidup Daerah (BLHD) Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah DO meter, mikroskop, autoklaf, timbangan digital, inkubator, *laminar air flow*, *shaker*, pemanas, sentrifus, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), dan pengukur pH tanah.

Bahan yang digunakan adalah sampel air kolong umur 0 tahun dan 5 tahun, pH universal, Nutrient Broth (NB), Nutrient agar (NA), CuSO₄, ZnSO₄, reagen pewarnaan gram, media pati, kaldu

Laktosa Fenol, kaldu Glukosa Fenol, kaldu Sukrosa Fenol, H₂O₂ 3%, larutan Iodium, *Barrit's A*, *Barrit's B*, Merah Metil, media MR-VP, Simmons Sitrat, Urea Broth, reagen Kovac's, dan *Brom Timol Blue*.

Metode Penelitian

1. Survei dan Pengambilan Sampel (Effendi 2003)
Sampel air kolong diambil langsung dari 2 kolong bekas penambangan timah umur 0 tahun dan 5 tahun pada bagian permukaan dan dasar kolong dengan metode *purposive sampling*. Parameter kualitas air yang diukur adalah suhu, DO, dan pH. Air kolong diambil sebanyak 200 mL dari 5 titik dengan 5 kali ulangan dan dikomposit menjadi satu.
2. Isolasi dan Pemurnian (Pelczar & Chan 1986)
1 ose dari koloni terpilih pada biakan kultur murni digoreskan ke permukaan agar miring. Biakan diinkubasi secara bersamaan pada suhu kamar selama 24 jam.
3. Identifikasi Isolat (Cappuccino & Sherman 1983)
 - a. Pengamatan morfologi koloni.
 - b. Pengamatan ciri fisiologis meliputi: pewarnaan gram, uji motilitas, uji indol, uji merah metil, uji Voges-Proskauer, uji sitrat, uji fermentasi gula (glukosa, sukrosa dan laktosa), uji katalase, uji pati, dan uji produksi hidrogen sulfida.
4. Penapisan Isolat (Naryaningsih 2005; Agustiyani & Mulyani 2008; Sulistinah 2008)

Penapisan isolat terdiri dari pengukuran jumlah sel, berat kering sel, perubahan pH, dan penurunan konsentrasi logam Zn dan Cu.

- a. Penghitungan jumlah sel
Isolat bakteri diinokulasi ke dalam tabung reaksi yang berisi media NB ditambah 24 ppm larutan stok ZnSO₄ sedangkan pada perlakuan CuSO₄ ditambahkan 35,50 ppm. Larutan kemudian dikocok sampai homogen. Penghitungan jumlah sel dilakukan dengan metode hitung cawan dan spektrofotometer.
- b. Pengukuran berat kering sel, pH dan konsentrasi logam Zn dan Cu
Media NB dengan perlakuan logam diinkubasi selama 24 jam suhu 37 °C. pH kultur diukur dan sampel disentrifugasi untuk menghitung berat kering sel dengan kecepatan 5000 rpm selama 5 menit. Pelet dikeringkan pada suhu 70 °C selama 24 jam, kemudian ditimbang untuk mengukur berat kering sel. Supernatan dikumpulkan untuk analisis konsentrasi Zn dan Cu selama pertumbuhan bakteri menggunakan SSA dengan panjang gelombang 324,70 nm (SNI 6989.6 2009).

Analisis Data

Data yang diperoleh berupa data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif berupa hasil isolat bakteri yang teridentifikasi dengan mengacu pada

pedoman identifikasi bakteri (*Bergey's Manual Determinative Bacteriology 9th 1994*) (Holtet al. 1994) dan data kuantitatif terdiri dari parameter utama, yaitu penurunan konsentrasi logam dan parameter pendukung, yaitu berat kering sel, jumlah sel, dan perubahan pH. Tiap perlakuan diulang 3 kali. Data kualitatif dan kuantitatif dibahas dan dianalisis secara deskriptif dengan tabulasi data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Isolasi Bakteri Kolong

Berdasarkan hasil pengamatan, diperoleh sekitar 40 isolat bakteri yang berhasil diisolasi. Dari kolong berusia 0 tahun diperoleh 21 isolat, 11 isolat berasal dari permukaan air kolong dan 10 isolat berasal dari dasar kolong. Dari kolong yang berusia 5 tahun diperoleh 19 isolat, 10 isolat berasal dari permukaan air kolong dan 9 isolat berasal dari dasar kolong. Hasil identifikasi dari 40 isolat yang diperoleh diduga meliputi sekitar 17 genus bakteri.

Jenis bakteri yang ditemukan pada kolong yang berusia 0 tahun lebih banyak dibandingkan pada kolong yang berusia 5 tahun. Perbedaan jumlah jenis bakteri ini diduga karena pada kolong 0 tahun memiliki nilai DO (*Dissolved Oxygen* = oksigen terlarut) lebih tinggi (Tabel 1). Angka DO dan pH kolong tersebut masih dalam kisaran kolong pasca tambang timah lainnya. Penelitian menunjukkan bahwa kolong umur muda rata-rata memiliki DO 0,21-7,81 mg/L; BOD 0,93-25,47 (PT. Timah Tbk 1991); and pH 2,91-4,95 (Subardja & Santoso 2005).

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter kimia dan fisika kolong bekas penambangan timah di Desa Rebo Kecamatan Sungailiat

No	Umur Kolong	Faktor Kimia dan Fisika Lingkungan				
		DO	pH	Suhu (°C)	Logam Zn (ppm)	Logam Cu (ppm)
1	0 tahun	7,33	5,13	29,8	0,15	0,035
2	5 tahun	6,70	5,40	28,00	Tt	0,105

Keterangan: Tt = tidak terdeteksi

DO dibutuhkan oleh bakteri untuk proses dekomposisi bahan organik menjadi senyawa anorganik yang digunakan oleh bakteri tersebut sebagai sumber karbon (energi). Keberadaan jenis bakteri yang berbeda-beda menunjukkan terjadinya asosiasi bakteri terhadap lingkungan kolong.

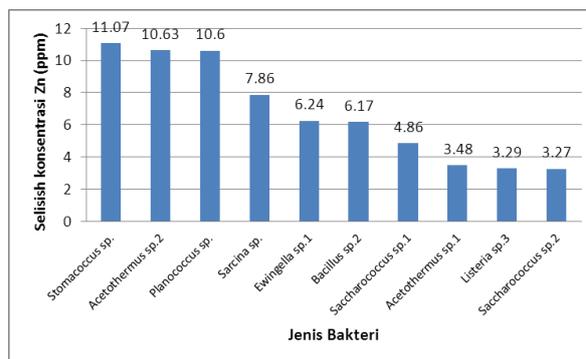
Bakteri Pengikat Seng (Zn) dan Tembaga (Cu)

Penapisan 40 isolat menunjukkan terdapat 16 isolat dari 9 genus bakteri yang mampu tumbuh dengan baik dalam media universal yang ditambahkan 34 ppm larutan stok ZnSO₄. Dari ke-16 isolat tersebut, bakteri pada kolong 0 tahun lebih banyak dibandingkan dengan bakteri pada kolong yang berumur 5 tahun dalam mengikat Zn.

Penapisan 40 isolat menunjukkan terdapat 21 isolat dari 9 genus bakteri yang mampu tumbuh dengan baik dalam media universal yang ditambahkan 35,5 ppm larutan stok CuSO₄. Sebagaimana pada bakteri pengikat Zn, sebaran isolat bakteri asal kolong 0 tahun lebih tinggi daripada kolong yang berumur 5 tahun.

Penurunan Konsentrasi Logam Seng (Zn)

Konsentrasi logam Zn dari supernatan bakteri yang berhasil tumbuh di media NB dengan penambahan 34 ppm larutan stok ZnSO₄ mengalami penurunan dari 1,67 ppm hingga 11,07 ppm. Nilai penurunan logam Zn dan jenis bakteri dari 10 isolat terbaik disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penurunan Konsentrasi Zn (ppm) oleh Aktivitas Bakteri

Bakteri yang tertinggi dalam menurunkan konsentrasi logam adalah *Stomacoccus* sp., *Acetothermus* sp.2, dan *Planococcus* sp. masing-masing sebanyak 11,07 ppm, 10,63 ppm dan 10,6 ppm. Adanya Zn di kolong dapat membahayakan baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap kehidupan bakteri ini, namun tidak seluruhnya membahayakan. Zn juga dapat menjadi sumber logam yang baik bagi bakteri, yaitu sebagai mineral esensial dan berperan dalam reaksi redoks untuk menstabilkan molekul melalui interaksi elektrostatik.

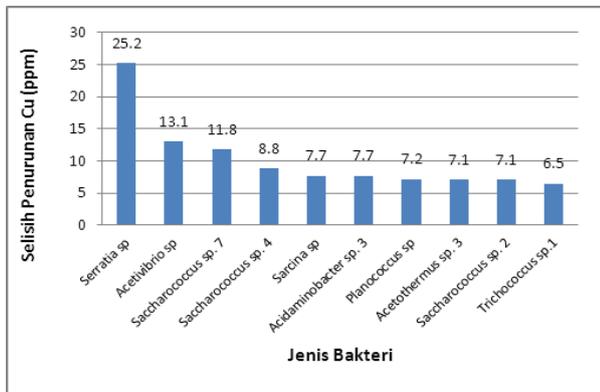
Menurut Connell dan Miller (2006), terdapat tiga proses utama yang mempengaruhi pengangkutan logam di lingkungan oleh bakteri, yaitu degradasi bahan-bahan organik menjadi senyawa yang bobot molekulnya lebih rendah (yang lebih mampu untuk membentuk senyawa dengan ion-ion logam), perubahan sifat lingkungan dan bentuk kimiawi logam oleh kegiatan metabolik (potensial oksidasi-reduksi dan perubahan pH), dan perubahan senyawa anorganik menjadi bentuk organologam dengan cara oksidatif dan reduktif. Mekanisme ini melibatkan proses metilasi Zn oleh bakteri dengan metilkobalamin sebagai zat pembentuk metil secara biologis. Mekanisme internal logam berat pada bakteri juga dapat melalui mekanisme penjerapan atau terikat dengan intraseluler polimer seperti metalotionein. Menurut

Lasut (2002), metalotionein merupakan protein pengikat logam yang berfungsi dan berperan dalam proses pengikatan logam di dalam jaringan makhluk hidup. Protein ini mengandung kelompok thiol (-SH) dalam jumlah yang besar.

Bakteri juga dapat mengikat Zn melalui interaksi dengan logam menggunakan membran sel, dinding sel, materi yang terkait dengan dinding sel (contohnya kapsul polisakarida), reaksi ekstraseluler, dan intraseluler (Fahrudin 2010). w

Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu)

Konsentrasi logam Cu dari supernatan bakteri yang berhasil tumbuh di media NB dengan penambahan 35.5 ppm larutan stok CuSO₄ menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi yang cukup besar, mulai dari 1 ppm hingga yang tertinggi 25.2 ppm. Nilai penurunan logam Cu dan jenis bakteri dari 10 isolat terbaik disajikan pada Gambar 2.

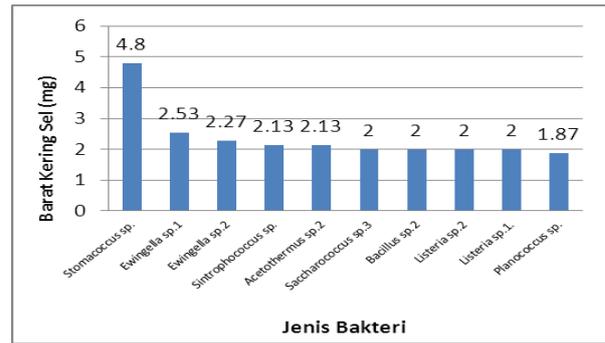


Gambar 2. Penurunan Konsentrasi Cu (ppm) oleh Aktivitas Bakteri

Pengikatan atau resistensi sel bakteri terhadap logam Cu pada intraseluler biasanya dilakukan dengan cara bioakumulasi, yaitu pengikatan Cu di dalam sel oleh protein atau polipeptida (Cu-binding protein) (Orell *et al.* 2010) atau pemompaan Cu keluar sel melalui sistem transpor aktif, yaitu dengan ATPase. Contohnya pada sistem pengeluaran pompa Cu dari dalam sel seperti pada *Escherichia coli* dan *Enterococcus hirae* (Solioz 2002; Rensing *et al.* 2000). Beberapa mikroorganisme lainnya mengaktifasi sistem pompa Cu dari bagian sitoplasma ke ruang ekstra sel melalui mekanisme *carrier* RND (resistance nodulation division) (Franke *et al.* 2003).

Peningkatan Berat Kering Sel Bakteri Logam

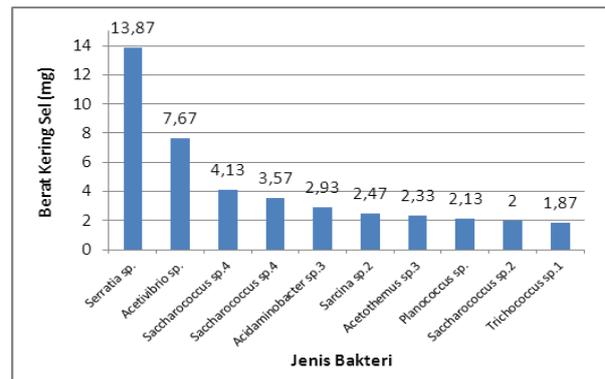
Berat kering sel tertinggi dihasilkan oleh bakteri tahan Zn adalah dari isolat genus *Stomacoccus* sp., *Ewingella* sp.1, dan *Sarcina* sp. sebanyak 4.80 mg, 2.53 mg, dan 2.27 mg (Gambar 3).



Gambar 3. Berat Kering Sel dengan Perlakuan Zn (mg)

Hasil pengukuran pertumbuhan berat kering bakteri Cu menunjukkan berat kering tertinggi dicapai oleh *Serratia* sp. dan *Acetivibrio* sp., yaitu sebesar 13.87 mg dan 7.67 mg (Gambar 4).

Tingginya berat kering sel *Serratia* sp. diperkirakan berhubungan erat dengan kemampuan bakteri dalam mengikat logam berat di lingkungan dalam jumlah besar.



Gambar 4. Berat Kering Sel dengan Perlakuan Cu (mg)

Peningkatan berat kering jenis bakteri tertentu pada perlakuan logam berat yang lebih tinggi dibandingkan bakteri lainnya diduga berkaitan dengan fase pertumbuhan bakteri atau berat materi hidup pada waktu tertentu sebagai konsekuensi pertumbuhannya.

Sejumlah bakteri mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada permukaan sel atau intraseluler yang digunakan untuk mendukung pertumbuhannya. Umumnya mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan bakteri atau akumulasi intraseluler ion logam tersebut (Suhendrayatna 2001). Besarnya jumlah logam yang diikat pada permukaan sel bakteri menyebabkan terjadinya penambahan berat kering sel bakteri ketika diukur.

Perubahan pH Bakteri Logam

Hasil uji yang dilakukan, besaran penurunan pH baik pada media dengan perlakuan Zn maupun Cu memiliki kecenderungan yang sama, yaitu menurun dari 6,5 menjadi 6 hingga 5. Selisih pH yang terjadi relatif kecil, yaitu 0,5 hingga 1,5. Secara alami, perubahan pH dapat terjadi selama pertumbuhan bakteri (Fahrudin 2010). Penurunan pH yang terjadi disebabkan karena terbentuk asam-asam organik seperti asam laktat, asam asetat, dan asam format dari hasil proses fermentasi.

Selisih penurunan pH tertinggi terjadi pada medium dengan perlakuan ZnSO₄ yang dikultivasi dengan bakteri *Planococcus* sp., *Saccharococcus* sp. 3., *Bacillus* sp. 2., *Sintrophococcus* sp., *Bacillus* sp. 2., *Stomacoccus* sp., *Ewingella* sp. 1., *Listeria* sp. 2., *Sarcina* sp., dan *Acetothermus* sp. 2., yaitu dengan selisih 1,5.

Medium dengan perlakuan CuSO₄ memiliki selisih penurunan pH tertinggi sebesar 1,5. Penurunan pH tertinggi ini terjadi pada media yang dikultivasi dengan bakteri *Listeria* sp. 6, *Stomacoccus* sp., *Saccharococcus* sp. 4, dan *Sarcina* sp. 1.

Interaksi antara Parameter Penelitian Bakteri Pengakumulasi Logam

Hasil penelitian dengan perlakuan ZnSO₄ mengindikasikan bahwa pada masing-masing parameter terdapat jenis bakteri terbaik. *Stomacoccus* sp. merupakan jenis bakteri yang memiliki kemampuan menurunkan konsentrasi Zn tertinggi. Bakteri ini juga termasuk jenis bakteri dengan berat kering sel yang baik, serta termasuk dalam kelompok bakteri yang terbaik dari segi penurunan pH selain dari kelompok bakteri *Planococcus*, *Saccharococcus*, *Bacillus*, *Sintrophococcus*, *Ewingella*, *Listeria*, *Sarcina*, dan *Acetothermus*.

Stomacoccus sp. merupakan jenis yang paling tinggi dalam melakukan interaksi terhadap logam Zn yang ada di lingkungan, dengan kemampuan menurunkan logam Zn sebanyak 11,07 ppm atau 32,56%, memiliki berat kering sel sebanyak 4,80 mg, dan menurunkan pH sebanyak 1,5.

Hasil penelitian dengan perlakuan CuSO₄ memperlihatkan adanya interaksi antara parameter perlakuan penelitian. Hasil tertinggi pengikatan Cu terjadi oleh bakteri *Serratia* sp. pada media NB dengan pengikatan Cu sebesar 25,2 ppm atau 70,99% dari konsentrasi logam yang diujikan. Selain itu *Serratia* sp. mempunyai berat kering tertinggi, sebesar 13,87 mg, sementara pada parameter pengukuran pH tidak menunjukkan hasil penurunan tertinggi, namun cukup tinggi, yaitu sebesar 1.17.

Bakteri pengikat Cu yang memiliki interaksi cukup tinggi lainnya adalah bakteri *Acetivibrio* sp dan *Saccharococcus* sp 7. Kedua bakteri ini

menghasilkan nilai penurunan Cu dan berat kering sel yang cukup tinggi. Kedua bakteri ini juga menunjukkan penurunan pH sebesar 1.33.

Umumnya terdapat keterkaitan erat antara tingginya biomassa sel dengan nilai penurunan logam dalam medium (Veglio *et al.* 1997). Beveridge dan Murray (1990) menyatakan bahwa setiap peningkatan biomassa sebesar 30-35 mg/L, terjadi peningkatan serapan logam berat yang signifikan.

Interaksi antara logam dan mikroba yang terjadi adalah interaksi yang menguntungkan. Mikroba dapat menjadi resisten terhadap keberadaan logam berat, sehingga tidak mempengaruhi pertumbuhan mikroba itu sendiri. Resistensi mikroba terhadap logam dikarenakan adanya berbagai mekanisme, yaitu kompleksasi, pengikatan, pengurangan logam, dan metilasi (Singh *et al.* 2010). Kompleksasi merupakan mekanisme bakteri dengan mengandalkan logam yang ikut aktif dalam pengikatan pada permukaan dinding sel, bagian luar sel, dan kemudian masuk ke dalam sel dan terikat (Notodarmojo 2004). Bakteri yang melakukan pengikatan ion logam yang ada di lingkungan eksternal permukaan sel akan membawa ion logam masuk ke dalam sel (Darliana 2006).

Jenis Bakteri Pengikat 2 logam: Zn dan Cu

Perlakuan Zn dan Cu berhasil menyeleksi bakteri pengikat logam yang secara spesifik tahan terhadap Zn saja, Cu saja dan sekaligus Zn dan Cu. Genus bakteri yang secara umum mampu mengikat 2 logam berat, yaitu Zn dan Cu relatif tinggi adalah *Acetothermus* sp. (menurunkan Zn sebesar 7.86 ppm dan Cu sebesar 7.7 ppm); *Sarcina* sp. (menurunkan Zn sebesar 10.63 ppm dan Cu sebesar 7.1 ppm); dan *Sacharococcus* sp (menurunkan Zn sebesar 3.84 ppm dan Cu sebesar 11.8 ppm). Ketiga bakteri ini potensial digunakan untuk menurunkan kedua logam berat Zn dan Cu sekaligus.

Penurunan konsentrasi Zn dan Cu, peningkatan berat kering sel, dan penurunan pH dari bakteri pengikat Zn didukung oleh adanya faktor fisika dan kimia pada air kolong 0 tahun dan 5 tahun yang masih dalam batas yang ditoleransi oleh bakteri untuk berkembang, yaitu DO 7,3 – 6,7, pH 5,13 – 5,4, dan suhu 28 – 29,8° C. Penurunan konsentrasi logam, peningkatan berat kering sel, dan penurunan pH dari bakteri pengikat Zn hasil penelitian diduga dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan limbah secara biologi (bioremediasi) untuk mengurangi pencemaran pada kolong bekas tambang timah dan limbah industri yang mengandung logam berat Zn dan Cu. Bakteri tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai agen bioremediasi untuk menurunkan logam berat di perairan.

SIMPULAN

Penelitian tentang penapisan bakteri pengikat seng (Zn) dari kolong eks penambangan timah menghasilkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Isolasi dan identifikasi menghasilkan 40 isolat bakteri yang meliputi 17 genus bakteri.
2. Bakteri yang tertinggi dalam menurunkan konsentrasi logam Zn (11,07 ppm) dan memiliki berat kering sel tertinggi (4,80 mg) adalah *Stomacoccus* sp.
3. Bakteri yang tertinggi dalam menurunkan konsentrasi logam Zn (25,2 ppm) dan memiliki berat kering sel tertinggi (13,87 mg) adalah *Serratiasp*.
4. Genus bakteri yang secara umum mampu mengikat 2 logam berat, yaitu Zn dan Cu relatif tinggi adalah *Acetothermus* sp., *Sarcina* sp. dan *Sacharococcus* sp.

TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Dirjen DIKTI yang telah memberikan dana penelitian melalui Hibah Bersaing 2010, PT. Timah, Tbk dan BLHD Provinsi Kepulauan Bangka Belitung atas bantuan dan keringanan dalam akses laboratorium, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiyani D, Mulyani N. 2008. *Biodegradasi Thiosianat oleh Bakteri Denitrifikasi pada berbagai Variasi Media. Laporan Teknik Pusat Penelitian Biologi-LIPI*. Bogor: Pusat Penelitian Biologi-LIPI.
- Badri LN. 2004. *Karakteristik Tanah, Vegetasi, dan Air Kolong Pasca Tambang Timah dan Teknik Rehabilitasi Lahan untuk Keperluan Revegetasi (Studi Kasus Lahan Pasca Tambang Timah Dabo Singkep)* [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Beveridge TJ, Murray RGE. 1980. Site of metal deposition in the cell wall of *Bacillus subtilis*. *J. of Bacteriology* 141: 876-887.
- Cappuccino J, Sherman N. 1998. *Microbiology: A Laboratory Manual* (5th Edition). California: Benjamin Cummings Sciences Publishing.
- Connel DW, Miller GJ. 2006. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta: UI Press.
- Darlina. 2006. Bioremediasi Teksenium oleh Bakteri Pereduksi Besi. *Buletin Limbah* 10(2): 21-30.
- Djakamihardja AS, Rhazista N, Sarah D, Anggoro TM, Arianto BS, Nining. 2004. *Studi Pengelolaan dan Pemanfaatan Lahan Bekas Penambangan Timah di Pulau Bangka*. Bogor: Puslit Geoteknologi-LIPI.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fahrudin. 2010. *Bioteknologi Lingkungan*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Franke S, Grass G, Rensing C, Nies DH. 2003. Molecular analysis of the copper-transporting efflux system CusCFBA of *Escherichia coli*. *J Bacteriol* 185:3804-3812.
- Holt JG, Krieg NR, Sneath PHA, Staley JT, Williams ST. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (9th edition)*. California: Wolters Kluwer Company: Lippincott Williams & Walkins.
- Kießig G, Hermann E. 2000. *Follow up solution to the conventional treatment of contaminated water*. Germany: International Conference WISMUT2000 – Mine Rehabilitation, Schlema, July.
- Lasat MM. 2002. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanism. *Journal of Environmental Quality* 31: 109-120.
- Lasut MT. 2002. *Metallothionein: Suatu Parameter Kunci yang Penting dalam Penetapan Baku Mutu Air Laut (BMAL) Indonesia*. <http://tumoutou.net/Metallothionein.pdf.search='logam'> [26 Juni 2011]
- Naryaningsih A. 2005. Keefektifan *Bacillus cereus* (Frankland and Frankland) ATCC 11778 (Bakteri Gram Positif) dan *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) ATCC 27853 (Bakteri Gram Negatif) sebagai Bioakumulator Kadmium [Tesis]. Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Naryaningsih A. 2005. Keefektifan *Bacillus cereus* (Frankland and Frankland) ATCC 11778 (Bakteri Gram positif) dan *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) ATCC 27853 (Bakteri Gram negatif) sebagai Bioakumulator Kadmium [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Notodarmojo S. 2004. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Bandung: Penerbit ITB
- Orell A, Claudio A, Navarro, Arancibia R, Mobarec JC, Jerez JA. 2010. Life in blue: Copper resistance mechanisms of bacteria and Archaea used in industrial biomining of minerals. *Biotechnology Advances* 28: 839-848.
- Pelczar MJ, Chan ECS. 1986. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI-Press.
- Prihatiningsih WK. 2007. Penetapan Kadar Tembaga (Cu) pada Sampel Air dengan Metode Spektrofotometri di Laboratorium PDAM Tirtana di Medan [Tugas akhir]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- PT. Timah Tbk. 2003. *Laporan Akhir Identifikasi Kolong Eks Penambangan Timah di Wilayah Bangka Belitung*. Bangka: PT. Timah.
- PT. Timah Tbk. 2006. *Laporan Akhir Identifikasi Kolong Eks Penambangan Timah di Wilayah Bangka Belitung*. Bangka: PT. Timah.
- PT. Timah Tbk. 1997. *Laporan Akhir Identifikasi Kolong Pasca Penambangan Timah di Wilayah Bangka Belitung*. Bangka: PT. Timah.

- Pusat Penelitian Limnologi LIPI 2008. *Peningkatan Kualitas Air dan pemanfaatan Kolong Pasca Penambangan Timah di Pulau Bangka Belitung (Treatment and Management of Mine Pit Ponds and Acid Mine Drainage)*. Bogor: Limnologi-LIPI.
- Rensing C, Fan B, Sharma R, Mitra B, Rosen BP. 2000. CopA: an *Escherichia coli* Cu (I)-translocating P-Type ATPase. *Proc Natl Acad Sci USA* 97:652-656.
- SNI 6989.7. 2009. Air dan Air Limbah Bagian 7 Cara Uji Seng (Zn) secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Nyala. BSN. *JSC* 13.060.50.
- Sorlioz M. 2002. Bacterial Copper Transport dalam Microbial Transport System. Editor Winkelmann G. Wiley-WCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 361-376. <http://www.ikp.unibe.ch/lab1/solioz01.pdf> [3 Januari 2011]
- Sulistinah N. 2008. *Konsorsia Bakteri Pengurai Sianida yang di Isolasi dari Industri Pengolahan Emas PT Antam Cikotok-Banten*. Bogor: Laporan Teknik Pusat Penelitian Biologi-LIPI.
- Triani L. 2006. Desorpsi Ion Logam Tembaga (II) dari Biomassa *Chlorella* sp. yang Terimobilisasi dalam Silika Gel [skripsi]. Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
- Utomo AS. 2008. *Realita Degradasi Area Hutan Pasca Penambangan Timah di Pulau Bangka*. http://www.kabarindonesia.com/berita.php?pid=4&dn=200810_27084902 [3 November 2010].
- Veglio F, Beolchini F, Gasbarro A. 1997. Biosorption of toxic metals: An equilibrium study using free cells of *Arthrobacter* sp. *Proce Biochem*, 32, 99-105.
- Veriady. Tanpa tahun. *Studi pemanfaatan lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka* (studi kasus PT. Timah Tbk di Pulau Bangka) (Perpustakaan Universitas Indonesia - Tesis S2). <http://www.lontar.ui.ac.id/opac/themes/libri2/detail.jsp?id=109914&lokasi=lokal>. [3 November 2010]
- Widowati W, Astiana S, Raymond JR. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yog