

IDENTIFIKASI BAKTERI PADA AIR DARI LAHAN BEKAS TAMBANG NIKEL DI HALMAHERA TIMUR

IDENTIFICATION OF WATER BACTERIA FROM NICKEL POST MINING IN EAST HALMAHERA

Margaretta Christita¹, Iwanuddin, Yermias Kafiari, Supratman Tabba, dan Hendra S. Mokodompit
Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Manado
Jl. Raya Tugu Adipura Kima Atas-Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara 95259
Telp/Fax : (0431) 7242049, ¹email: mchristita@gmail.com

Diterima: 24 Desember 2017; direvisi: 23 Januari 2018; disetujui: 16 Mei 2018

ABSTRAK

Kegiatan pertambangan nikel menyisakan dampak pencemaran logam berat baik pada tanah maupun badan air. Salah satu metode yang banyak diaplikasikan untuk mengurangi cemaran logam berat adalah bioremediasi. Pemilihan bakteri yang berpotensi mengurangi kontaminasi logam berat di tanah sangat penting dalam proses bioremediasi. Langkah awal untuk memilih bakteri potensial adalah dengan melakukan identifikasi bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bakteri yang ada pada air kolam bekas galian di lahan bekas tambang nikel di Halmahera Timur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolasi dan identifikasi bakteri dengan metode konvensional meliputi uji morfologi, fisiologis, dan biokimia. Isolat bakteri diidentifikasi menggunakan *Bergey's Manual Determinative*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 6 genus bakteri yaitu *Bacillus* sp., *Esherichia*, *Enterococcus*, *Pseudomona*, *Staphylococcus*, dan *Klebsiella* dengan 18 spesies bakteri pada air di lahan pasca tambang nikel. Secara morfologis didominasi oleh genus bakteri *Bacillus* sebesar 50 %. Hasil identifikasi bakteri ini membuktikan adanya bakteri indigenus yang resisten terhadap cekaman logam berat.

Kata kunci: bakteri, tanah, air, kontaminasi, pasca tambang, Halmahera Timur

ABSTRACT

Nickel mining impact in heavy metal pollution on both soil and water. A method that is widely applied to reduce heavy metal contamination is bioremediation. Selection of bacteria that have potential reduction of heavy metal contamination in soil is very important in bioremediation process. The first step to select the potential bacteria is identification of samples. The purpose of this study is to identify existings bacteria in pond after nickel mining area PT. Antam, East Halmahera. Methods used in this research are isolation and identification of bacteria by conventional methods includes morphological, physiological, and biochemical test. Identification using Bergey's Manual Determinative. The results showed there are 6 genera types of bacteria there are Bacillus, Esherichia, Enterococcus, Pseudomonas, Staphylococcus, dan Klebsiella, with 18 species in water of nickel post mining. Morphologically it is dominated by genus Bacillus as 50 % of the species. The identification of bacteria proved an existence of indigenous bacteria which is resistant to heavy metal stress.

Keywords: bacteria, soil, water, contamination, post mining, East Halmahera

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan adalah salah satu dampak nyata dari kegiatan industrialisasi dan pertambangan (Mythili & Karthikeyan, 2011). Penambangan dan pengolahan bijih merupakan sumber utama logam berat di lingkungan. Logam yang terlepas dari proses produksi dapat terakumulasi di badan air dalam jangka waktu yang lama (Ciszewski

et al., 2014). Beberapa jenis logam berat yang terbukti banyak mencemari badan air di kawasan bekas tambang yaitu Pb, Cd, Cu, Ni dan Cr (Cempel & Nickel, 2006). Pada pertambangan nikel, aktivitas logam berat Cr⁶⁺ (Kromium heksavalen) diduga sangat dominan dalam badan air dan tanah. Akumulasi logam berat yang masuk dalam badan air tidak hanya berpengaruh pada kualitas air tetapi juga berpengaruh pada

kesehatan manusia dan kesuburan tanah di sekitar badan air tersebut (Mani *et al.*, 2014). Akumulasi logam berat juga menjadi salah satu alasan gagalnya remediasi pasca tambang (Muhlis *et al.*, 2015).

Remediasi merupakan konsekuensi mutlak yang perlu dilakukan untuk memperbaiki kondisi lingkungan kawasan bekas tambang hingga mendekati rona lingkungan awal. Bioremediasi merupakan salah satu alternatif yang dapat dipilih untuk memperbaiki kawasan bekas tambang. Bioremediasi dilakukan dengan memanfaatkan bakteri yang berpotensi digunakan dalam proses mengembalikan kondisi lingkungan mendekati rona lingkungan awal (Alencar *et al.*, 2017). Salah satu proses dalam bioremediasi pada polutan Cr^{6+} adalah melalui proses biobiosorpsi untuk mereduksi senyawa Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} yang tidak berbahaya bagi lingkungan (Dhal *et al.*, 2013). Bakteri juga telah dipelajari mampu mengurangi logam berat dan polutan yang ada di tanah dan air, salah satunya dengan metode bioabsorpsi terhadap logam berat (Tarangini, 2009). Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa *Bacillus* spp. dan *Staphylococcus* spp. resisten terhadap cekaman logam berat salah satunya kromium (Mythili & Karthikeyan, 2011). Selain melalui proses bioabsorpsi, bakteri *Pannonibacter phragmitetus* telah terbukti mereduksi polutan Cr^{6+} secara enzimatis (Xu *et al.*, 2012). Banerjee *et al.* (2015) membuktikan bahwa aktivitas enzim *Enterobacter cloacae* mampu mereduksi polutan pada proses bioremediasi polutan nikel dan cadmium. Penelitian lain membuktikan bahwa bakteri *Enterococcus* yang diisolasi dari limbah penyamakan kulit mampu mendegradasi logam kromium heksavalen menjadi kromium trivalen yang tidak berbahaya (Sayel *et al.*, 2012).

Identifikasi bakteri adalah penelitian pendahuluan dari kegiatan penelitian rehabilitasi kawasan bekas tambang melalui bioremediasi. Adanya identifikasi jenis bakteri pada lahan bekas tambang sangat berguna untuk menentukan pemilihan bakteri isolat lokal yang akan digunakan dalam proses bioremediasi. Keragaman jenis bakteri yang diisolasi dari lokasi pasca tambang diduga mampu memperbesar kemungkinan ditemukannya bakteri potensial sebagai agen bioremediasi logam berat (Paul *et al.*, 2005). Keberadaan bakteri isolat lokal diduga memiliki kemampuan yang baik dan lebih efektif untuk mereduksi cemaran karena telah mengalami adaptasi dengan lingkungan dan cekaman logam pada air di lahan pasca tambang. Penelitian Nofiani & Gusrizal (2004) membuktikan bahwa mikroorganisme yang terdapat pada daerah tercemar merkuri berperan

utama untuk detoksifikasi merkuri. Identifikasi bakteri dapat dilakukan dengan berbagai metode, baik dengan metode konvensional yang sederhana dan metode molekuler yang berteknologi tinggi. Penelitian ini melakukan identifikasi bakteri dengan metode konvensional karena keterbatasan fasilitas. Identifikasi bakteri dengan metode konvensional meliputi uji morfologi, uji fisiologi, dan uji biokimia. Uji morfologi dilakukan dengan melakukan pewarnaan Gram. Pewarnaan gram bertujuan untuk menentukan karakteristik mikroskopik isolat uji, baik reaksinya terhadap pewarnaan gram, bentuk sel dan ukurannya. Uji Fisiologis dilakukan dengan uji motilitas untuk mengetahui apakah bakteri yang diuji dapat melakukan pergerakan atau tidak. Uji Biokimia dilakukan dengan Uji Indol, Uji H_2S , Uji Fermentasi Karbohidrat, Uji Katalase, Uji Sitrat, dan Uji Lisin Dekarboksilase. Uji indol untuk menentukan kemampuan isolat uji dalam mendegradasi triptofan. Uji H_2S untuk menentukan kemampuan isolat uji dalam memproduksi H_2S melalui reduksi thiosulfat. Adanya endapan hitam menunjukkan terjadinya produksi H_2S . Uji fermentasi karbohidrat yang bertujuan untuk menentukan kemampuan bakteri dalam mendegradasi dan memfermentasikan karbohidrat tertentu dengan memproduksi asam dan gas. Uji katalase bertujuan untuk menentukan kemampuan bakteri untuk mendegradasi hidrogen peroksida melalui produksi enzim katalase. Uji Sitrat dilakukan untuk menentukan kemampuan bakteri dalam menggunakan sitrat sebagai sumber karbon dan energi. Uji Lisin Dekarboksilase digunakan untuk melihat kemampuan bakteri melakukan dekarboksilasi dalam asam amino berupa lisin melalui produksi enzim dekarboksilase. Proses dekarboksilase lisin sering digunakan bakteri untuk menetralkan lingkungan asam menjadi basa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi bakteri yang ada pada air kolam bekas galian di lahan bekas tambang nikel di Halmahera Timur.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel dilakukan di kolam bekas galian di lahan pasca kegiatan pertambangan nikel PT. Antam, Tanjung Buli, Halmahera Timur, Maluku Utara. Pengambilan sampel dilakukan pada Juni 2016. Uji dan identifikasi bakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Farmasi, Fakultas Matematika, dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi Manado. Bahan yang digunakan adalah sampel air, aquades, kristal violet, alkohol, LB Agar, LB Broth, NaCl, Safranin, Kaldu Karbohidrat/Fenol

Red (Maltosa, Glukosa, Laktosa), Motility Test Medium, Simon Citrate Agar, Triple Sugar Iron (TSI), Agar, Tripton, Agar Bacteriological dan Yeast Extract.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan pada dua titik berbeda berdasarkan lokasi kolam bekas galian pada tambang nikel. Sampel air diambil sebanyak 500 ml pada masing-masing titik pengambilan. Sampel air yang diambil merupakan air yang berada pada permukaan kolam.

Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri diawali dengan pembuatan media LB (Luria Bertani) yang digunakan sebagai media agar miring untuk inokulasi bakteri, media dasar, dan media pembenihan. Media LB dibuat dengan bahan 2 g tripton, 2 g NaCl, 1 g yeast extract dan 3 g agar bacterial, kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan dilarutkan bersama 200 ml aquades. Campuran dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* di atas penangas air sampai mendidih. Media yang sudah homogen ini disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, tekanan 1atm, kemudian didinginkan sampai suhu $\pm 45-50$ °C. Untuk pembuatan media pertumbuhan dilakukan dengan melarutkan 2,3 g media LB dalam 100 ml aquades pada *Erlenmeyer*. Media kembali dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* di atas penangas air sampai mendidih. Media yang sudah homogen ini disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit dengan tekanan 1atm, kemudian didinginkan sampai suhu $\pm 45-50$ °C. Media yang telah siap dituangkan pada cawan petri dan dapat segera digunakan. Media pertumbuhan digunakan dalam pertumbuhan dan isolasi bakteri yang berasal dari air.

Identifikasi Bakteri

Identifikasi bakteri dilakukan secara konvensional dengan uji morfologi, uji fisiologi, dan uji biokimia. Uji morfologi dilakukan dengan melakukan pewarnaan gram. Pewarnaan gram dilakukan dengan mengoleskan sediaan bakteri pada kaca objek, selanjutnya ditambahkan dengan zat kristal violet dan dibiarkan selama satu menit. Setelah satu menit, objek dialiri air. Diberikan larutan lugol dan kembali didiamkan selama satu menit. Setelah satu menit, lugol dibuang dan objek dicuci dengan alkohol 96 %, dan dibilas dengan air dan dikeringkan. Larutan safranin dituangkan dan dibiarkan selama satu menit kemudian dicuci dengan air. Selanjutnya dilakukan pengamatan di bawah mikroskop. Uji Biokimia dilakukan dengan Uji Indol, Uji H₂S, Uji

Fermentasi Karbohidrat, Uji Katalase, Uji Sitrat, dan Uji Lisin Dekarboksilase. Uji fermentasi karbohidrat dilakukan dengan menumbuhkan isolat pada media yang telah diberikan glukosa, dan indikator fenol. Inkubasi dilakukan selama 48 jam untuk selanjutnya dilakukan pengamatan perubahan warna. Warna merah mengindikasikan tidak adanya asam, sedangkan warna kuning mengindikasikan adanya asam. Uji katalase dilakukan dengan menggosokkan isolat pada kaca objek dan ditambahkan H₂O₂ 3 %. Selanjutnya dilakukan pengamatan pembentukan gelembung-gelembung kecil oleh bakteri. Untuk melakukan uji sitrat, koloni bakteri pada media diambil dengan ose dan diinokulasi pada media sitrat, kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengamatan perubahan warna biru pada media yang disebabkan indikator *brom thymol blue*. Untuk uji H₂S, isolat bakteri dinokulasikan ke medium *Triple Iron Sugar Agar*, kemudian diinkubasi selama 24 - 48 jam. Uji positif produksi H₂S ditandai dengan terbentuknya warna hitam pada medium.

Analisis data

Setelah serangkaian uji Morfologi, Fisiologi, dan uji Biokimia, maka data ditabulasi dalam tabel kemudian hasil ini dibandingkan dengan petunjuk yang terdapat dalam Bergey's Manual Determinative (Holt *et al.*, 1994). Keragaman jenis bakteri yang telah diidentifikasi disajikan dengan diagram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi jenis bakteri pada dua sampel air di lahan pasca kegiatan tambang Nikel PT. Antam, daerah operasi Halmahera Timur, Maluku Utara dengan metode konvensional didapatkan 18 isolat bakteri yang berbeda (Tabel 1). Keragaman bentuk bakteri berdasarkan uji morfologi diketahui bahwa terdapat dua jenis bakteri yaitu bentuk basil dan kokus, dengan perbandingan 15 bakteri berbentuk basil dan 3 jenis berbentuk kokus. Uji pewarnaan gram dilakukan untuk menentukan bakteri termasuk dalam gram positif atau gram negatif. Bakteri gram positif dinding selnya dapat menyerap kristal violet dengan baik, sehingga sel berwarna ungu. Pada bakteri Gram negatif, setelah ditetesi larutan mordant (iodine) dan didecolorize menggunakan alkohol, kristal violet ikut terbilas. Penambahan counterstain (safranin) menyebabkan dinding sel terlihat berwarna merah (Sopiah *et al.*, 2011). Berdasarkan pewarnaan gram, didapati bahwa 12 jenis bakteri gram positif dan sisanya 6 jenis bakteri gram negatif. Dominasi bakteri gram positif di lahan dengan tingkat cemaran tinggi

merupakan hal yang wajar. Bakteri gram positif mampu menyerap logam berat dan mengeluarkannya dari cairan sel. Bakteri gram positif memiliki dinding sel yang lebih tebal dan kandungan peptidoglikan serta asam teikhoat yang lebih toleran terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim (Vrieze *et al.*, 2010).

Uji fisiologis yang dilakukan meliputi uji motilitas, uji indol, dan uji katalase. Uji indol dilakukan untuk melihat kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi asam amino triptofan secara enzimatis. Senyawa triptofan terkonversi menjadi senyawa indol, asam piruvat, dan ammonia dengan adanya enzim triptofanase. Semua isolat bakteri pada uji ini menunjukkan tanda negatif dengan tidak terbentuk lapisan cincin berwarna merah pada

permukaan isolat, artinya bakteri ini tidak membentuk indol dari triptofan sebagai sumber karbon. Uji motilitas yang dilakukan untuk mengetahui gerak bakteri, didapatkan hasil sebanyak 7 isolat merupakan bakteri yang mampu bergerak aktif karena mempunyai flagel. Pada uji motilitas pergerakan bakteri ditandai dengan adanya penyebaran yang berwarna putih seperti akar di sekitar area isolasi. Sisanya sebanyak 11 isolat merupakan bakteri yang tidak bergerak (tidak memiliki flagel). Uji biokimia dilakukan untuk mengetahui aktivitas metabolisme yang dilakukan oleh bakteri. Uji biokimia yang dilakukan meliputi Uji fermentasi karbohidrat, Uji H₂S, Uji citrat, dan uji lisin.

Tabel 1. Hasil identifikasi bakteri air pada kolam bekas galian tambang nikel PT.Antam, Halmahera Timur

No. Isolat	Uji Morfologi		Uji Biokimia									Hasil Identifikasi
	Pewarnaan gram	Motil	Indol	Katalase	Uji Fermentasi Karbohidrat			H2S	Citrat	Liysin		
					Bentuk	gram	Gas				Glukosa	
1.	Basil	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	<i>Klebsiella</i> sp
2.	Basil	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	<i>Bacillus</i> sp.1
3.	Basil	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	<i>Bacillus</i> sp.2
4.	Basil	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	<i>Pseudomonas</i> sp.1
5.	Basil	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	<i>Bacillus</i> sp.3
6.	Basil	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	<i>Bacillus</i> sp.4
7.	Basil	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	<i>Bacillus</i> sp.5
8.	Basil	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	<i>Esherichia</i> sp.1
9.	Kokus	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	<i>Staphylococcus</i> sp.
10.	Basil	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	<i>Pseudomonas</i> sp.2
11.	Basil	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	<i>Bacillus</i> sp.6
12.	Kokus	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	<i>Enterococcus</i> sp.1
13.	Basil	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	<i>Bacillus</i> sp.7
14.	Basil	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	<i>Bacillus</i> sp.8
15.	Kokus	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	<i>Enterococcus</i> sp.2
16.	Basil	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	<i>Escherischia</i> sp.2
17.	Basil	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	<i>Escherischia</i> sp.3
18.	Basil	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	<i>Bacillus</i> sp.9

Berdasarkan proses identifikasi diketahui terdapat enam genus bakteri yang diisolasi dari air di lahan pasca tambang nikel yaitu *Bacillus* sp., *Esherichia* sp., *Enterococcus* sp., *Pseudomonas* sp., *Staphylococcus* sp., dan *Klebsiella* sp.

A. *Bacillus* sp.

Pada penelitian ini genus *Bacillus* mendominasi sebanyak 50 % dari total jumlah spesies berbeda yang

ditemukan. Berdasarkan pengukuran diketahui bahwa rata-rata genus *Bacillus* pada penelitian ini memiliki ukuran rata-rata 0,6-2,7 x 1,0-1,2 µm berbentuk batang dengan koloni memanjang.

Bacillus sp. diduga menjadi dominan pada kondisi lingkungan yang ekstrim. Yadav *et al.* (2011) menyebutkan bahwa genus *Bacillus* mempunyai rentang keragaman spesies yang dominan pada

berbagai kondisi lingkungan termasuk pada kondisi lingkungan yang ekstrim. Tidak hanya pada kondisi tanah yang ekstrim, *Bacillus* juga menjadi jenis yang dominan ditemukan pada makanan yang dibuat dengan proses fermentasi dengan kondisi asam yang tinggi (Kim *et al.*, 2014). Soediono (2018) membuktikan bahwa beberapa jenis *Bacillus* terbukti mampu mendegradasi lipid pada limbah cair. *Bacillus* spp. diduga bertahan dan memanfaatkan lipid yang ada pada pembuangan limbah serta menunjukkan nilai positif pada uji motility dalam larutan yang memiliki toksisitas tinggi. Beberapa jenis *Bacillus* juga telah terbukti mampu melakukan biodegradasi pada sianida (Almagro *et al.*, 2016).

B. *Escherichia* sp.

Genus *Escherichia* dijumpai menempati urutan kedua terbanyak (17 %) dengan tiga spesies berbeda. Berdasarkan pengamatan mikroskopis *Escherichia* sp. memiliki bentuk batang dengan gram negatif. Ukuran rata-rata panjang 1,2 – 1,3 x 2,3 – 5,7 μm . Genus *Escherichia* mudah dijumpai pada berbagai kondisi lingkungan termasuk pada suhu yang ekstrim.

Genus *Escherichia* secara umum mudah dijumpai pada air limbah. Salah satu jenis bakteri dalam genus *Escherichia* adalah *E. coli* yg merupakan bakteri berbahaya yang kerap ditemukan pada air dan mencemari produk pangan sehingga menyebabkan diare (Suwito, 2010). Bakteri *Escherichia* dengan gram negatif merupakan bakteri yang menyebar di lingkungan melalui zat cair dan berbahaya bagi kesehatan manusia (Das *et al.*, 2017).

C. *Enterococcus* sp.

Enterococcus sp. adalah bakteri gram positif yang merupakan pathogen pada manusia. Berdasarkan pengamatan mikroskopis, *Enterococcus* sp. memiliki bentuk bulat dengan diameter 0,7 μm , dan membentuk ranta-rantai pendek. *Enterococcus* sp. umumnya dijumpai pada limbah rumah tangga, beberapa jenis bakteri *Enterococcus* ditemukan secara alami pada pencernaan manusia. Tidak banyak ditemukan sumber pustaka mengenai bakteri *Enterococcus* dan kaitannya dengan kemampuan bioremediasi logam berat.

D. *Pseudomonas* sp.

Pada penelitian ini didapatkan dua jenis berbeda dari genus *Pseudomonas*. Genus *Pseudomonas* yang dijumpai pada penelitian ini berbentuk batang dengan ukuran 0,7 x 2,2 μm dengan gram negatif.

Pseudomonas merupakan genus bakteri yang dikenal mampu menghasilkan biosulfaktan (senyawa

organik yang secara umum berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan yang berbeda) yang berguna dalam proses bioremediasi senyawa hidrokarbon (Sharma *et al.*, 2015). Biosulfaktan merupakan senyawa sulfaktan yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan pada permukaan cairan yang berbeda (Banat *et al.*, 2000). Peix *et al.* (2018) membuktikan bahwa bakteri gram negatif *Pseudomonas aeruginosa* yang diisolasi dari air limbah mampu bertahan hidup dan toleran terhadap berbagai jenis kontaminan. Penelitian dalam bioremediasi di lahan pasca tambang membuktikan bahwa genus *Pseudomonas* efektif dalam mereduksi kontaminan logam berat. Konsorsium bakteri yang memanfaatkan *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus subtilis* terbukti efektif dalam absorpsi Ni(II) pada sisa pertambangan (Tarangini, 2009). *Pseudomonas brassicacearum* telah teruji mampu mereduksi Cr^{6+} sehingga ideal dipilih sebagai bakteri bioremediasi bagi air limbah industri (Yu *et al.*, 2016).

E. *Staphylococcus* sp.

Pada penelitian ini teridentifikasi hanya satu jenis genus *Staphylococcus*. *Staphylococcus* sp. yang berhasil diidentifikasi berbentuk bulat dengan diameter 0,69 μm , dan merupakan bakteri gram positif.

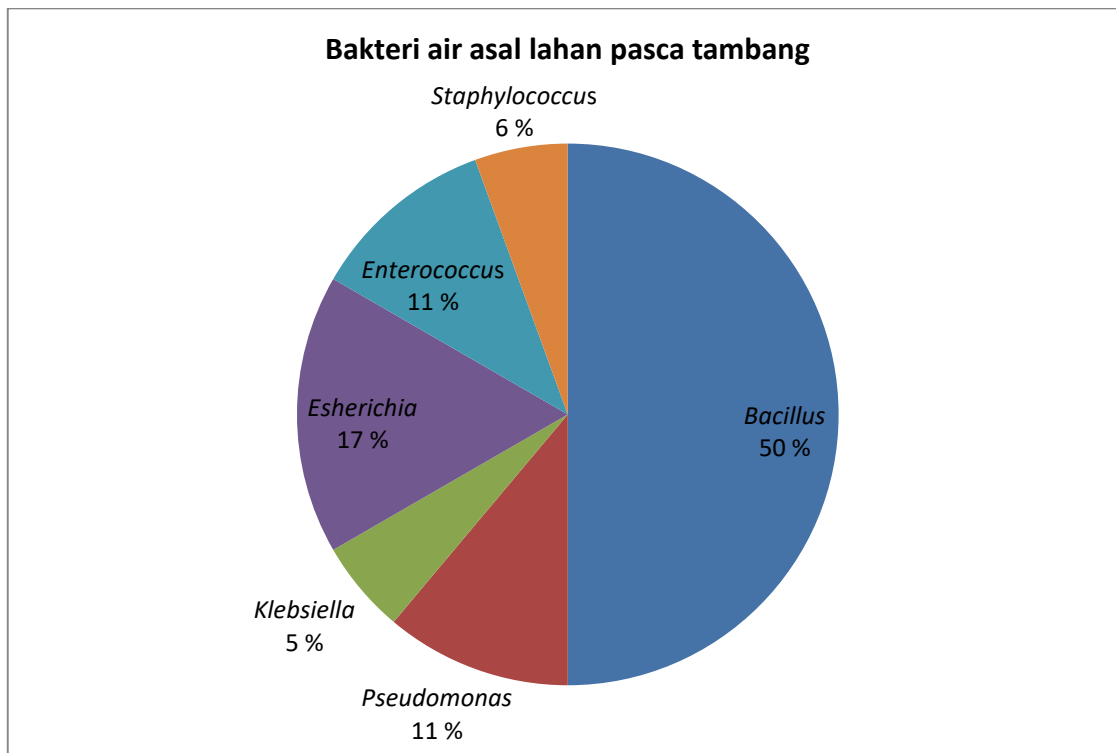
Secara umum *Staphylococcus* sp. tersusun berkelompok dalam bentuk yang tidak teratur menyerupai buah anggur. *Staphylococcus* spp. terbukti berpotensi sebagai agen bioremediasi pada berbagai kontaminasi logam berat pada air limbah dan tanah setelah kegiatan industri (Mistry *et al.*, 2010). Salah satu spesies *Staphylococcus* yaitu *S. sciuri* telah diuji mampu mereduksi Cr^{6+} pada tanaman padi yang telah terkontaminasi (Dutta *et al.*, 2017), sementara *S. arlette* efektif mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} sekaligus mempercepat pertumbuhan tanaman uji pada proses fitoremediasi pasca tambang (Sagar *et al.*, 2012, dan pada saat ini mekanisme dan efektifitas beberapa genus *Staphylococcus* dalam proses bioabsorpsi Cr^{6+} telah terbukti (Mythili & Karthikeyan, 2011).

F. *Klebsiella* sp.

Pada penelitian ini hanya ditemukan satu spesies *Klebsiella*. Pada pengamatan di bawah mikroskop diketahui bahwa *Klebsiella* sp. memiliki bentuk batang pendek dengan ukuran 0,7 x 1,25 μm . *Klebsiella* sp. merupakan bakteri gram negatif dan menunjukkan motilitas negatif karena tidak memiliki flagel.

Beberapa genus *Klebseilla* yang telah terbukti toleran terhadap cekaman kromium antara lain *Klebsiella edwardsii*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae* (Focardi *et al.*, 2013). Penelitian Wei *et*

al. (2016) membuktikan bahwa *Klebseilla* sp. juga mampu melakukan biodegradasi secara efektif terhadap cemaran timbal.



Gambar 1. Keragaman bakteri air pada sampel air bekas galian tambang nikel PT. Antam, Halmahera Timur.

Pada penelitian ini telah berhasil diidentifikasi keragaman bakteri isolat lokal pada lahan bekas tambang nikel PT. Antam Halmahera Timur. Berdasarkan hasil beberapa penelitian keberadaan bakteri isolat lokal telah terbukti potensial dan efektif dalam proses bioremediasi bekas tambang sehingga identifikasi jenis menjadi langkah awal yang penting dalam proses bioremediasi selanjutnya. Langkah lanjutan yang akan dilakukan sebagai tindak lanjut dalam penelitian ini adalah menguji resistensi terhadap cekaman Cr⁶⁺ dari setiap jenis bakteri isolat lokal yang ditemukan dan akan dilakukan pula uji kemampuan bakteri tersebut dalam mereduksi Cr⁶⁺. Hasil akhir dari kegiatan penelitian di laboratorium ini selanjutnya akan diaplikasikan pada uji di lapangan. Keberhasilan dalam penelitian ini merupakan langkah awal yang baik untuk mendapatkan isolat potensial yang mampu menjadi agen bioremediasi dan tidak menutup kemungkinan akan ditemukannya spesies baru setelah melewati tahap uji molekuler dan genetika.

KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan pada air bekas lahan

tambang nikel di Halmahera Timur dengan teknik konvensional telah berhasil mengisolasi dan mengidentifikasi 6 genus bakteri indegenus. asal kolam bekas galian pada tambang nikel. Enam genus bakteri tersebut adalah *Bacillus* sp., *Esherichia*, *Enterococcus*, *Pseudomona,s* *Staphylococcus*, dan *Klebsiella* yang didominasi oleh genus bakteri *Bacillus* sebesar 50 %. Hasil identifikasi bakteri ini membuktikan adanya bakteri indegenus yang resisten terhadap cekaman logam berat.

SARAN

Penelitian sebaiknya dilanjutkan dengan menguji kemampuan seluruh isolat dalam proses reduksi Cr⁶⁺ serta kemampuan bertahan dalam hidup melalui uji resistensi terhadap cekaman Cr⁶⁺. Uji reduksi Cr⁶⁺ dapat dilakukan pada tingkat laboratorium dan skala lapangan. Setelah ditemukan bakteri terpilih yang memiliki potensi reduksi Cr⁶⁺ langkah selanjutnya adalah dilakukan identifikasi secara molekuler yang tidak menutup kemungkinan dapat ditemukan potensi bakteri sebagai spesies jenis baru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada BP2LHK Manado dan PT. Antam unit kerja Halmahera Timur, Maluku Utara atas bantuan sarana dan prasarana yang diberikan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alencar, F.S., Navoni, J.A., & do Amaral, V. S. (2017). The use of bacterial bioremediation of metals in aquatic environments in the twenty-first century: A systematic review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(20), 16545 - 59.
- Almagro, V. M., Vivián, C. M., & Roldán, M. D. (2016). Biodegradation of cyanide wastes from mining and jewellery industries. *Current Opinion in Biotechnology*, 38, 9 - 13.
- Banat, I. M., Makkar, R. S., Cameotra, S. S. (2000). Potential commercial applications of microbial surfactants. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 53, 495-508.
- Banerjee, G., Pandey, S., Ray, A. K., & Kumar, R. (2015). Bioremediation of heavy metals by a Novel Bacterial strain *Enterobacter cloacae* and Its antioxidant enzyme activity, flocculant production, and protein expression in presence of lead, cadmium, and nickel. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226 (4), 91.
- Cempel, M., & Nikel, G. (2006). Nickel: A Review of its sources and environmental toxicology. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(3), 375 - 82.
- Ciszewski, D., Bijata, P., & Klimek, K. (2014). Reconstruction of post-mining attenuation of heavy metal pollution in sediment of the zlat Potok, Eastern Sudety Mts. Carpathian. *Journal of Earth and Environmental Sciences*, 9(4), 109 - 20.
- Das, S., Ranjana, N., Misra, A. J., Suar, M., Mishra, A., Tamhankar, A J., Lundborg, C.S, & Tripathy, S. K. (2017). Disinfection of the water borne pathogens *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* by solar photocatalysis using Sonochemically Synthesized Reusable Ag@ZnO Core-Shell Nanoparticles. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(747), 1 - 15.
- Dhal, B., Thatoi, H. N., Das, N. N., & Pandey, B. D. (2013). Chemical and microbial remediation of hexavalent chromium from contaminated soil and mining/metallurgical solid waste: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 250 - 251. Elsevier B.V., 272 - 91.
- Dutta, A, S., Ghosh, J.D., Mahansaria, R., Roy, M., Kumar Ghosh, A., Roychowdhury, T., & Mukherjee, J. (2017). Isolation of indigenous staphylococcus sciuri from chromium-contaminated paddy field and its application for reduction of Cr(VI) in rice plants cultivated in pots. *Bioremediation Journal*, 21(1) 30-37.
- Focardi, S., Pepi, M., & Focardi, S. E. (2013). Microbial reduction of hexavalent chromium as a mechanism of detoxification and possible bioremediation applications. In *Biodegradation - Life of Science*, 321 - 347.
- Holt, J. G, Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Staley, J. T., & Williams, S. T. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9th edn. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Kim, H. J, Kim, M. J., Turner, T. L., Kim, B. S, Song, K. M., Yi, S. H., & Lee, M. K. (2014). Pyrosequencing analysis of microbiota reveals that lactic acid bacteria are dominant in korean flat fish fermented food, Gajami-Sikhae. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 7 (9), Taylor & Francis, 1611 - 1618.
- Mani, D., & Kumar, C. (2014). Biotechnological advances in bioremediation of heavy metals contaminated ecosystems: An overview with special reference to phytoremediation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(3), 843 - 72.
- Mistry, K., Desai, C., Lal, S., Patel, K., & Patel, B. (2010). Hexavalent chromium reduction by *Staphylococcus* sp. isolated from Cr(VI) contaminated land fill. *International Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 6(1), 117 - 29.
- Muhlis, S. G, Hemon, T., & Suaib. (2015). Exploration of plant adaptives at ferro-nickel post mining land in Pomalaa Southeast Sulawesi Indonesia. *Advanced Studies in Biology*, 7(3), 97- 109.
- Mythili, K, & Karthikeyan, B. (2011). Bioremediation of chromium [Cr (VI)] in tannery effluent using *Bacillus* spp. and *Staphylococcus* spp. *International Journal of Biotechnology*, 2(5), 1460 - 63.
- Nofiani, R., & Gusrizal. (2004). Bakteri resisten merkuri spektrum sempit dari daerah bekas penambangan emas tanpa izin (PETI) Mandor , Kalimantan Barat. *Jurnal Natur Indonesia*, 6(2), 67 - 74.
- Paul, D., G. Pandey, Pandey, J., & Jain, R. K. (2005). Accessing microbial diversity for bioremediation and environmental restoration. *Trends in Biotechnology*, 23(3), 135 - 42.
- Peix, A., Bahena, R., Helena, M., & Velázquez, E. (2018). The current status on the taxonomy of pseudomonas revisited: An update. *Infection, Genetics and Evolution*, 57, 106 - 116.
- Sagar, S., Dwivedi, A., Yadav, S., Tripathi, M., & Kaistha, S. D. (2012). Hexavalent chromium reduction and plant growth promotion by *Staphylococcus arlettae* Strain Cr11. *Chemosphere*, 86(8), 847 - 52.
- Sayel, H., Bahafid, W., Joutey, N. T., Derraz, K., Benbrahim, K. F., Koraichi, S. I., & El Ghachtouli, N. (2012). Cr(VI) reduction by *Enterococcus gallinarum* isolated from tannery waste-contaminated soil. *Annals of Microbiology*, 62(3), 1269 - 1277.
- Sharma, D., Ansari, M. J., Al-Ghamdi, A., Adgaba, N., Khan, K. A., Pruthi, V., & Al-Waili, N. (2015). Biosurfactant Production by *Pseudomonas Aeruginosa* DSVP20 Isolated from Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soil and Its Physicochemical Characterization. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (22), 17636-1763643
- Soediono, B. (2008). Isolasi dan identifikasi bakteri pendegradasi lipid. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(2), 122 - 27.
- Sopiah, N., Oktaviani, A. N., Sulistia, S., Suciati, F., & Aviantara, D. B. (2011). Isolasi dan identifikasi bakteri pendegradasi hidrokarbon yang berasal dari tanah tercemar minyak bumi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 12(3), 291 - 98.
- Suwito, W. (2010). Bakteri yang sering mencemari susu: Deteksi, patogenesis, epidemiologi, dan cara

- pengendaliannya. Jurnal Litbang Pertanian, 29(3), 96 - 100.
- Tarangini, K. (2009). Biosorption of heavy metals using individual and mixed cultures of *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. Defence Life Science Journal, 2(4), 442 - 47.
- Vrieze, A., Holleman, F., Zoetendal, E. G., De Vos, W. M., Hoekstra, J. B. L., & Nieuwdorp, M. (2010). The environment within: How gut microbiota may influence metabolism and body composition. Diabetologia, 53(4), 606 - 13.
- Xu, L., Mingfang, L., Jiang, C., Wei, X., Kong, P., Liang, X., Zhao, J., Yang, L., & Liu, H. (2012). In vitro reduction of hexavalent chromium by cytoplasmic fractions of *Pannonibacter Phragmitetus* LSSE-09 under aerobic and anaerobic conditions. Applied Biochemistry and Biotechnology, 166(4), 933 - 41.
- Yadav, S., Kaushik, R., Saxena, A. K., & Arora, D. K. (2011). Diversity and phylogeny of plant growth-promoting bacilli from moderately acidic soil. Journal of Basic Microbiology, 51(1), 98 - 106.
- Yu, X., Jiang, Y., Huang, H., Shi, J., Wu, K., Zhang, P., & Jianguo, L. (2016). Simultaneous aerobic denitrification and Cr(VI) reduction by *Pseudomonas brassicacearum* LZ-4 in wastewater. Bioresource Technology, 2(21), 121 -129.