

BIOREMEDIASI MERKURI MENGGUNAKAN BAKTERI *INDIGENOUS* DARI LIMBAH PENAMBANGAN EMAS DI TUMPANG PITU, BANYUWANGI

Mercury Bioremediation Using Indigenous Bacterial from Gold Mining Waste in Tumpang Pitu, Banyuwangi

Saundra Rosallina Lutfi^{1*}, Wignyanto², Evi Kurniati³

^{1,2}Jurusan Teknologi Industri Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jalan Veteran, Malang 65145

³Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jalan Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi: email: saundra241293@gmail.com

ABSTRAK

Limbah merkuri merupakan suatu limbah berbahaya yang sering digunakan sebagai proses amalgamasi dalam penambangan emas. Dampak dari merkuri akan semakin meningkat terlebih para penambang tidak pernah mengolah limbah merkuri tersebut sebelum dibuang ke lingkungan, sehingga diperlukan suatu metode untuk menjadikan limbah merkuri tersebut tidak beracun atau bahkan hilang. Salah satu metode yang dapat dilakukan yaitu melakukan proses bioremediasi. Pada penelitian ini, proses bioremediasi dilakukan dengan menggunakan bakteri *indigenus* yang diisolasi dari limbah penambangan emas Tumpang Pitu, Banyuwangi. Bakteri *indigenus* tersebut didapatkan dengan mengambil sampel berupa sedimen dan sampel cair dari penambangan emas, dan kemudian dilakukan proses isolasi dan seleksi menggunakan merkuri dengan kadar 0-130 ppm. Proses ini untuk mendapatkan bakteri yang resisten terhadap kadar merkuri tertinggi dan mampu untuk melakukan proses degradasi merkuri terbaik. Selanjutnya, dilakukan proses identifikasi bakteri yang terbukti mampu untuk melakukan proses bioremediasi. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan bakteri *indigenus* dari limbah penambangan emas pada proses bioremediasi limbah merkuri di suatu lingkungan sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri jenis *Morganella morganii* yang resisten terhadap merkuri dan mampu melakukan bioremediasi merkuri hingga mencapai 92.46%

Kata kunci : Bioremediasi, Isolasi Bakteri, Merkuri, *Morganella morganii*

ABSTRACT

*Mercury waste is a hazardous waste that often used as an amalgamation process in gold mining. Impact from mercury will increase, especially a miner never to process mercury waste before it is discharged into the environment, so the method is needed to make the mercury waste can non-toxic or even lost. One method that can be done is doing bioremediation process. In this research, bioremediation process was done by using indigenous bacteria isolated from Tumpang Pitu gold mining waste, Banyuwangi. To get the bacteria Indigenous samples taken in the form of sediment samples and liquid samples from gold mining and then processed isolation and selection using mercury with levels of 0-130 ppm. This process is to obtain bacteria that are resistant to the highest mercury levels and are able to perform the best mercury degradation process. Then carried out the identification process of bacteria that proved able to perform bioremediation process. This study aims to obtain indigenous bacteria from gold mining waste for bioremediation process of mercury waste in an environment so as not to be harmful to the environment. It was found that *Morganella morganii* bacteria were resistant to mercury and able to do mercury bioremediation up to 92.46%*

Keywords : Bioremediation, Bacteria Isolation, Mercury, *Morganella morganii*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki cadangan sumber daya emas besar (Fachri, 2005; Supit, 2009; Karmanto *et al.*, 2013), dimana salah satu lokasinya terletak di Tumpang Pitu, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur (Setiawan, 2017). Namun pada proses penambangannya digunakan proses ekstraksi yang berbahaya baik bagi lingkungan maupun makhluk hidup, yaitu menggunakan logam merkuri untuk proses amalgamasi karena biaya yang dikeluarkan relatif rendah (Davies, 2014).

Hasil analisis kandungan merkuri pada penelitian sebelumnya oleh Siahaan *et al.* (2014) di desa Pesanggaran, kecamatan Genteng, kabupaten Banyuwangi sebesar 38.01 ppm yang merupakan penambangan terdekat dengan penambangan Tumpang Pitu. Pada daerah Tumpang Pitu belum terdapat data kandungan merkuri. Jumlah tersebut sangat melebihi ambang batas limbah yang mengandung merkuri menurut Menteri Lingkungan Hidup (2004) yaitu sebesar 0.005 ppm. Tingginya kadar merkuri tersebut, dimungkinkan akan tertinggal di lingkungan dan sangat sulit untuk terdegradasi, yang menjadi fokus utama apabila pertambangan tersebut sudah berjalan beberapa tahun (Kocman *et al.*, 2014), dikarenakan logam merkuri dapat masuk dan mengendap di dalam tanah dan air yang kemudian dapat masuk ke rantai makanan makhluk hidup (Sinha dan Paul, 2014; Huber dan Leopold, 2016; Kim *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2016).

Bahaya lain dari merkuri yaitu menyebabkan keracunan sistem syaraf dan gangguan fungsi pernafasan pada manusia serta merusak ekosistem sungai, persediaan makanan bagi manusia yang tinggal di lingkungan perairan tercemar merkuri (Rifai-Hasan, 2009; Hamann *et al.*, 2014; Ma *et al.*, 2014; Molamohyeddin *et al.*, 2017). Pada proses degradasi pencemar yang masuk, lingkungan sebenarnya dapat mendegradasinya melalui proses biologis dan kimiawi, namun karena beban pencemarannya lebih besar, maka perlu adanya campur tangan manusia (Nasikhin dan Sofitri, 2013). Salah satunya yaitu dengan metode bioremediasi yang merupakan proses pengilangan merkuri yang ramah lingkungan dan tidak mahal (Mahbub *et al.*, 2016; Broszeit *et al.*, 2016; Dash *et al.*, 2017; Kurniati *et al.*, 2014; Peng *et al.*, 2017; McCarthy *et al.*, 2017).

Bioremediasi merupakan metode ramah lingkungan karena memanfaatkan bakteri (Hema *et al.*, 2014; Sharma *et al.*, 2018). Bakteri dapat hidup di lingkungan dengan konsentrasi logam berat yang tinggi dan dapat mendegradasi limbah beracun dalam lingkungan. Namun untuk mendapatkan bakteri tersebut perlu dilakukan tahapan awal yaitu proses isolasi, seleksi, dan dilanjutkan dengan proses karakterisasi dan identifikasi, sehingga tujuan penelitian ini adalah dapat melakukan proses isolasi, seleksi, karakterisasi, dan identifikasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air limbah yang diperoleh dari Tailing Tambang Emas Banyuwangi Jawa Timur, tisu, kertas payung, karet, kapas, plastik wrap, aluminium foil, masker, sarung tangan, spidol marker, larutan standar merkuri, aquades, spiritus, alkohol 70%, plastik tebal berperekat, HCl, NaOH, HNO₃. Selain itu, bahan media yang dibutuhkan adalah Luria Bertani (LB), Agar, glukosa, sukrosa, pepton, NaCl, HgCl₂ produksi Merck Jerman, serta reagen untuk uji Gram positif dan negatif.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain *Laminar Air Flow* dengan merk lokal, autoklaf dengan merk Hirayama HVE-50, oven dengan merk Memmert, cawan Petri dengan merk pyrex, tabung reaksi dengan merk pyrex, inkubator dengan merk Memmert Churt, pipet ukur dengan merk pyrex, lemari es dengan merk LG, jarum ose, neraca digital dengan merk sartorius, Beaker glass dengan merk pyrex, spatula, Erlenmeyer dengan merk pyrex, gelas ukur dengan merk pyrex, labu ukur dengan merk pyrex, mikropipet dengan merk Accumax pro.

Alat yang digunakan untuk analisis yaitu mikroskop cahaya dengan merk Yazumi, pH meter dengan merk Eutech, satu set alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) merk Shimadzu AA-6200, kaca preparat, object glass, Bunsen, serta kit microbact.

Metode Pengambilan Sampel

Sampel Limbah Penambangan emas

yang diambil terletak di Tumpang Pitu, Banyuwangi. Prosedur dan teknik pengambilan sampel berdasarkan Mahbub *et al.* (2016), yaitu Ditentukan tiga lokasi yang akan diambil sampelnya, kemudian diambil sampel cair yang diambil berjumlah masing-masing 0.5 liter dan sampel sedimen 250 g dan dimasukkan ke dalam plastik tebal berperekat, dilakukan analisis kadar pH, kadar merkuri, serta pengamatan warna dan bau, dan dimasukkan ke dalam lemari pendingin selama penelitian berlangsung.

Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri berdasarkan Pepi *et al.* (2011) yang pertama dilakukan yaitu menyiapkan sampel sedimen dan sampel cair dari limbah tambang emas. Kedua jenis sampel tersebut kemudian ditimbang dengan berat sampel sedimen 1 g dan sampel cair 1 ml. Selanjutnya, dilakukan pengenceran menggunakan aquades dengan faktor pengenceran sebesar 10^{-3} . Diambil sebanyak 0.1 ml dari pengenceran 10^{-3} , kemudian sebanyak 0.1 ml yang diambil dari pengenceran tersebut dimasukkan dalam media Luria Bertani yang telah ditambahkan merkuri yang diambil dari persediaan merkuri yang telah dibuat sebelumnya. Adapun kadar merkuri awal yang digunakan untuk proses isolasi adalah merkuri tertinggi di sedimen pembuangan tambang emas Tumpang Pitu. Setelah itu dilakukan inkubasi selama 2×24 jam dengan suhu 26°C . Apabila bakteri dapat tumbuh pada kadar tersebut, konsentrasi merkuri ditingkatkan terus hingga kadar tertinggi merkuri yang dapat ditumbuhi bakteri.

Seleksi Bakteri Pereduksi Merkuri

Setelah dilakukan proses isolasi, kemudian bakteri resisten merkuri diuji kemampuannya dalam melakukan reduksi merkuri. Tahapan yang dilakukan yaitu menyiapkan media LB yang dicampur dengan HgCl_2 dalam 2 tabung yang berbeda. Salah satu dari 2 tabung tersebut dicampur dengan 0.1 ml suspensi limbah yang telah dibuat sebelumnya. Campuran dari media LB, HgCl_2 dan suspensi limbah tersebut kemudian diinkubasi selama 2×24 jam dengan suhu 26°C . Kemudian kedua tabung tersebut dianalisis menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Hasil akhirnya diketahui perbandingan antara media LB dan HgCl_2 dengan media LB + HgCl_2 + 0.1 ml suspensi atau mengetahui perbandingan media LB

dan HgCl_2 sebelum dan sesudah dilakukan inokulasi dengan 0.1 ml suspensi limbah.

Karakterisasi dan Identifikasi Isolat Bakteri

Langkah selanjutnya adalah melakukan karakterisasi dan identifikasi isolat bakteri seperti yang dilakukan oleh Neneng (2007), untuk mengetahui jenis bakteri maka dilakukan identifikasi menggunakan microbact kit. Microbact kit adalah suatu alat yang digunakan untuk mengidentifikasi bakteri dengan melihat hasil parameter-parameter yang ada dan dimasukkan dalam sistem untuk mengetahui jenis bakteri yang diidentifikasi.

Tahapan dalam penggunaan microbact kit adalah isolat murni yang telah didapat, ditanam, disiapkan, kemudian ditumbuhkan pada media Luria Agar dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C . Setelah diinkubasi, sebanyak 1-5 koloni murni diambil dari media agar. Selanjutnya, ditambahkan larutan 5 ml NaCl fisiologis 0.85%. Larutan NaCl yang berisi sel bakteri tersebut kemudian dimasukkan dalam sumur Microbact Kit dimana setiap sumuran diisi 200 μl . Lempeng microbact kit selanjutnya diinkubasi dalam waktu 12-18 jam dengan suhu 37°C . Setelah dilakukan inkubasi, dilakukan pembacaan hasil reaksi yang tampak pada lempeng microbact kit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Isolasi Bakteri

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa karakteristik limbah penambangan emas memiliki karakteristik yang berbeda satu dengan yang lain. Berdasarkan Tabel 1, pada parameter hasil analisis kadar merkuri yang ada pada limbah penambangan emas Tumpang pitu, Banyuwangi, kadarnya melebihi ambang batas standar mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah dimana kadar terendah adalah 0.031 ppm pada limbah cair 1 dan yang tertinggi adalah 0.063 ppm pada limbah sedimen 2. Limbah sedimen memiliki kadar merkuri yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan limbah cair karena pada limbah sedimen logam merkuri yang digunakan akan terakumulasi di dalam tanah dan tidak mampu untuk didegradasi oleh lingkungan sehingga kadarnya akan tinggi. Kadar yang

Tabel 1. Karakteristik limbah penambangan emas Tumpang Pitu

No.	Jenis Sampel	Parameter				
		Kadar Merkuri (ppm)		pH	Warna	Bau
		Hasil Analisis	Standar Mutu*			
1.	Sedimen 1	0.054		7.58	Coklat	Bau lumpur agak menyengat
2.	Sedimen 2	0.063		7.47	Coklat	Bau lumpur agak menyengat
3.	Sedimen 3	0.033	0.002-0.005	7.64	Coklat	Bau lumpur
4.	Cair 1	0.031		8.13	Agak coklat	Tak Berbau
5.	Cair 2	0.043		8.05	Agak coklat	Bau agak menyengat
6.	Cair 3	0.034		8.32	Agak coklat	Tak Berbau

Tabel 2. Tingkat kekeruhan di media *Luria Bertani* yang diberi merkuri

No.	Sampel	Konsentrasi Merkuri pada Media LB (ppm)										
		0	5	10	15	20	50	100	120	130	140	150
1	Sedimen 1	++	++	++	++	++	++	+	+	+	-	-
2	Sedimen 2	++	++	++	++	++	++	+	+	+	-	-
3	Sedimen 3	+++	+++	++	++	++	++	++	+	-	-	-
4	Cair 1	+++	+++	+++	++	++	++	++	+	-	-	-
5	Cair 2	++	++	++	++	++	++	+	+	+	-	-
6	Cair 3	+++	+++	++	++	++	++	++	+	-	-	-

Tabel 3. Efektivitas bioremediasi merkuri dari tiga sampel

No.	Sampel	Hg Awal (ppm)	Hg Akhir (ppm)	Efektivitas	Efektivitas Bioremediasi (%)
1	Sedimen 1	130	20.5	109.5	84.23
2	Sedimen 2	130	9.8	120.2	92.46
3	Cair 2	130	30.1	99.9	76.85

Tabel 4. Hasil identifikasi bakteri dengan microbat kit GNB 12 A/12 E

	Lysine	Ornithine	H ₂ S	Glucose	Mannitol	Xylose	ONPG	Indole	Urease	V-P	Citrate	TDA
Hasil	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+
	4	2	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1
Jumlah	6		5			3			3			
Identifikasi	<i>Morganella morganii</i> (94,44%)											

tinggi dan melebihi ambang batas buangan limbah yang mengandung merkuri oleh Menteri Lingkungan Hidup (2004) ini sangatlah berbahaya bagi lingkungan. Menurut Mieiro *et al.* (2011), merkuri merupakan salah satu penyebab masalah lingkungan secara global, karena kadar racunnya yang tinggi menyebabkan beberapa dampak yang berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan, serta lingkungan. Berdasarkan Tabel 1, pada parameter hasil analisis kadar merkuri yang ada pada limbah penambangan emas Tumpang pitu, Banyuwangi, kadarnya melebihi ambang batas standar mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah dimana kadar terendah adalah 0.031 ppm pada limbah cair 1 dan yang tertinggi adalah 0.063 ppm pada limbah sedimen 2.

Limbah sedimen memiliki kadar merkuri yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan limbah cair karena pada limbah sedimen logam merkuri yang digunakan akan terakumulasi di dalam tanah dan tidak mampu untuk didegradasi oleh lingkungan sehingga kadarnya akan tinggi. Faktor lainnya yaitu kemampuan mikroorganisme khususnya bakteri yang ada di dalam sedimen dalam mendegradasi logam merkuri yang mempengaruhi tinggi rendahnya kadar merkuri. Kadar yang tinggi dan melebihi ambang batas buangan limbah yang mengandung merkuri oleh Menteri Lingkungan Hidup (2004) ini sangatlah berbahaya bagi lingkungan. Menurut Mieiro *et al.* (2011), merkuri merupakan salah satu penyebab masalah lingkungan secara global, karena kadar racunnya yang tinggi menyebabkan beberapa dampak yang berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan, serta lingkungan.

Pada parameter pH menunjukkan hasil yang berbeda-beda di setiap sampel. Namun pH dari keenam sampel tersebut memiliki pH basa. pH dari keenam sampel yang diambil dari tiga lokasi tersebut memiliki nilai yang berbeda-beda. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wu *et al.* (2015), bahwa nilai pH akan selalu bervariasi tergantung dari lokasi pengambilan sampel dan erat kaitannya dengan kondisi lingkungan serta aktivitas mikroba yang ada di dalam sampel. Sampel sedimen memiliki pH yang cenderung lebih rendah bila dibandingkan dengan sampel cair. Zulfikah *et al.* (2014) menyatakan bahwa nilai pH sedimen menggambarkan tingkat kemasaman sedimen. Menurut Rembuluwani *et al.* (2014),

pH sedimen yang ada di sekitar tambang akan cenderung rendah dibanding dengan sampel cair yang menyebabkan kondisi yang kurang baik bagi tanaman sehingga menyebabkan ketidaksuburan tanah di wilayah pertambangan emas. Menurut Selayar *et al.* (2015), semakin kecilnya nilai pH disebabkan semakin besar konsentrasi senyawa yang bersifat asam. Meningkatnya nilai pH di suatu wilayah ditunjukkan dengan semakin kecilnya kelarutan dari merkuri, sedangkan pH yang menurun menyebabkan peningkatan kelarutan merkuri yang ada di suatu lingkungan yang menjadikan merkuri akan berubah bentuk menjadi metal merkuri yang memiliki tingkat racun yang lebih tinggi.

Pada parameter warna menunjukkan hasil dimana pada sampel sedimen berwarna coklat sedangkan sampel cair berwarna agak keruh. Warna coklat pada sampel sedimen disebabkan karena limbah sudah bercampur dengan tanah karena mengendap di permukaan tanah, sedangkan sampel cair berwarna agak keruh karena hasil pembuangan limbah emas sudah bercampur dengan beberapa macam bahan yang digunakan dalam proses penambangan emas salah satunya merkuri. Hal ini sesuai dengan Rondonuwu (2012), yang mengatakan bahwa aliran air yang

bercampur dengan bahan lain salah satunya merkuri akan diambil sebagai sampel cair, sedangkan limbah air yang telah bercampur dengan bahan lain, seperti merkuri akan dialirkan ke dalam penampungan. Penampungan tersebut berupa kolam yang sempit sehingga air yang berisi limbah dan logam berbahaya akan meluber ke luar menuju ke tanah disekitar tempat penambangan dan akan mengendap menjadi sedimen. Parameter bau menunjukkan bau lumpur agak menyengat pada sedimen 1, 2, serta pada sampel cair 2. Hal ini menunjukkan bahwa sampel yang memiliki bau agak menyengat disebabkan karena kandungan bahan yang ada di dalamnya. Hal ini terlihat pada Tabel 1, bahwa parameter kandungan merkuri menunjukkan kandungan merkuri tertinggi terdapat pada sampel sedimen 2, dilanjutkan dengan sampel sedimen 1 serta cair 2. Kandungan merkuri yang tinggi dibandingkan dengan sampel yang lain menyebabkan bau yang agak menyengat.

Hasil Isolasi Bakteri Pereduksi Merkuri

Langkah awal dalam melakukan bioremediasi merkuri adalah melakukan iso-

lasi bakteri yang bertujuan untuk mendapatkan isolat yang mampu tumbuh di kadar merkuri tinggi. Hasil isolasi bakteri yang diperoleh dari 3 lokasi pengambilan sampel yang terletak di penambangan emas Tumpang Pitu Banyuwangi dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa pada media Luria Bertani yang telah ditambahkan merkuri dengan kadar 0 ppm menunjukkan hasil sangat keruh pada sedimen 1, 2, serta cair 2 serta yang lainnya adalah sangat keruh sekali. Hal ini disebabkan karena pada hasil karakteristik sampel di Tabel 1, ketiga sampel tersebut sudah memiliki kandungan merkuri yang tinggi bila dibanding dengan sampel lainnya. Ketika kadar merkuri dinaikkan hingga kadar 50 ppm hasilnya menjadi sangat keruh pada kesemua sampel. Perubahan tersebut karena bakteri yang berada di dalam media LB sudah mulai berkurang kemampuannya untuk hidup di lingkungan dengan kadar merkuri yang lebih tinggi karena pada lingkungan tempat hidupnya kadar merkurnya tidak setinggi kadar merkuri yang ditambahkan pada percobaan. Ketika kadar merkuri dinaikkan menjadi 100 ppm, pada sedimen 1, 2, serta cair 2 menunjukkan hasil yang berubah menjadi keruh namun ketika kadar merkuri ditingkatkan menjadi 130 ppm, ketiga sampel yaitu sedimen 1, 2, serta cair 2 yang masih terdapat bakteri di dalamnya dengan hasil yang menunjukkan keruh. Hal ini disebabkan pada kadar ini bakteri *indigenus* atau bakteri yang berasal dan tinggal dari lingkungan tersebut sudah mampu beradaptasi dengan baik di lingkungan dengan kadar merkuri tinggi. Setelah ditingkatkan menjadi 130 ppm kesemua sampel kecuali sampel cair 2 dan sedimen 1 serta 2 memiliki kadar kekeruhan yaitu keruh. Perbedaan ini disebabkan karena bakteri yang ada pada sampel sedimen 1, 2, dan cair 2 memiliki tingkat adaptasi yang baik karena pada lingkungan awalnya bakteri tersebut sudah lebih resisten dengan merkuri yang memiliki kadar lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang lain. Ketika ditingkatkan lagi menjadi 140-150 ppm, maka media LB-nya menjadi jernih, dengan kata lain sudah tidak ada lagi bakteri yang mampu untuk bertahan hidup di media dengan kadar merkuri sebesar 140 ppm.

Hasil Seleksi Bakteri Pereduksi Merkuri

Seleksi bakteri bertujuan untuk men-

dapatkan isolat bakteri terpilih yang mampu untuk hidup di media dengan konsentrasi merkuri tertinggi dan mampu untuk melakukan bioremediasi merkuri. Proses seleksi bakteri pereduksi merkuri dilakukan pada media LB yang telah ditambahkan dengan merkuri konsentrasi merkuri tertinggi yang dapat ditolerir bakteri yaitu sebesar 130 ppm. Uji dilakukan pada bakteri yang hidup di konsentrasi merkuri 130 ppm adalah untuk mendapatkan bakteri yang benar-benar resisten merkuri dan mampu untuk melakukan bioremediasi limbah yang mengandung merkuri. Pengujian dilakukan terhadap tiga sampel yang memiliki potensi bakteri pereduksi merkuri paling baik pada hasil uji isolasi yaitu sedimen 1, 2, serta sampel cair 2. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. Pada Tabel 3 dapat dilihat efektivitas bioremediasi merkuri dari ketiga sampel, dimana efektivitas bioremediasi paling tinggi sebesar 92.46% adalah pada sampel sedimen 2, sedangkan yang terendah adalah sampel cair 2. Hal ini disebabkan karena pada sampel sedimen 2 memiliki kandungan merkuri yang paling tinggi dibanding dengan sampel yang lain dapat dilihat pada Tabel 1, sehingga bakteri yang hidup pada sampel sedimen 2 ini merupakan bakteri yang paling resisten.

Hal ini sesuai dengan Dash dan Das (2015), yang menyatakan bahwa penggunaan bakteri *indigenus* lebih efektif dan lebih murah karena bakteri tersebut mampu untuk melakukan bioremediasi merkuri dengan tingkat efektivitas yang tinggi dibanding bakteri dari luar lingkungan. Setelah dilakukan proses seleksi dan didapatkan bahwa sampel yang memiliki bakteri yang resisten dengan konsentrasi merkuri tinggi serta mampu untuk melakukan degradasi merkuri adalah sampel sedimen 2. Sampel tersebut kemudian dilakukan penuangan di media Luria Agar untuk melakukan proses



Gambar 1. Isolat bakteri dengan konsentrasi merkuri 130 ppm

pemurnian bakteri yang ada di dalamnya apabila terdapat bakteri yang beragam. Dari proses pemurnian ternyata hanya terdapat satu koloni bakteri sejenis (Gambar 1).

Hasil Karakterisasi dan Identifikasi Isolat Bakteri

Setelah mendapatkan isolat murni, kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan proses karakterisasi dan identifikasi isolat bakteri. Beberapa pengujian yang dilakukan, salah satunya yaitu uji Gram. Uji Gram dilakukan dengan proses pewarnaan (*stain*). Tahap ini adalah tahap awal identifikasi bakteri yang bertujuan untuk mengetahui warna dan jenis sel bakteri tersebut (Sardiani *et al.*, 2015).

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa bakteri yang berasal dari limbah penambangan emas Tumpang Pitu yang telah dilakukan isolasi, seleksi, dan pemurnian memiliki hasil akhir warna merah. Menurut Dewi (2013), bakteri yang termasuk bakteri Gram positif apabila selnya berwarna keunguan, sedangkan bakteri termasuk jenis Gram negatif apabila selnya berwarna merah. Langkah selanjutnya sebelum dilakukan uji menggunakan kit microbact adalah dilakukan uji oksidase.

Uji ini dilakukan untuk menentukan kit microbact yang akan digunakan. Apabila oksidasenya adalah negatif, maka microbact yang digunakan adalah 12 A. Langkah selanjutnya adalah proses identifikasi menggunakan microbact kit. Microbact kit merupakan suatu kit tambahan untuk identifikasi bakteri berdasarkan perubahan pH dan penggunaan substrat. Setelah didapatkan jumlah, kemudian dilakukan proses pengecekan menggunakan software microbact (Vithanage *et al.*, 2014). Hasil uji menggunakan microbact dapat dilihat pada Tabel 4 dan diketahui bahwa 94.44% bakteri yang teridentifikasi merupakan bakteri jenis *Morganella morganii*. *Morganella morganii* merupakan bakteri berbentuk batang dan termasuk dalam Gram negatif (Shaaban *et al.*, 2012) yang pertama kali diisolasi oleh Morgan tahun 1907 dari kultur *pediatric fecal*. Bakteri ini diklasifikasikan sebagai *Proteus morganii* dan merupakan Genus *Morganella*. Bakteri ini biasanya banyak ditemukan tersebar di lingkungan dan berada di dalam tubuh manusia maupun hewan khususnya di usus (Liu *et al.*, 2016).

Bakteri jenis ini termasuk dalam family *Enterobacteriaceae* dan dapat menyebab-

kan infeksi bagi manusia (Seija *et al.*, 2015). Sehingga menurut Vinogradof *et al.* (2015), bakteri ini termasuk pathogen bagi manusia. Ciri dari bakteri *Morganella morganii* adalah diameter koloni 1-2 mm, berwarna putih keabu-abuan, opaque (tidak tembus cahaya), bentuk lingkaran, convex (cembung), dan lembut, dengan tepian yang rata. Masa inkubasi dari bakteri ini adalah 24 jam dengan suhu optimal 22-35 °C.

Bakteri ini bersifat motil (dapat bergerak) dengan alat gerak berupa flagella, namun beberapa strain tidak dapat membentuk flagella pada suhu di atas 30 °C. Untuk uji urease dan indole adalah positif sedangkan oksidasenya negatif. Asam dan gas juga diproduksi dari pembentukan glukosa. Asam juga diproduksi dari manosa, galaktosa, dan trehalose (Public Health England, 2015).

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, yang dapat diambil yaitu setelah dilakukan proses isolasi dan identifikasi, dapat diketahui bahwa bakteri yang diisolasi dari limbah penambangan emas Tumpang Pitu, Banyuwangi merupakan bakteri jenis *Morganella morganii* dan mampu untuk melakukan reduksi merkuri hingga mencapai 92.46% dimana bakteri ini didapat dari sampel sedimen 2 sehingga bakteri ini berpotensi untuk digunakan sebagai bakteri dalam proses bioremediasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Broszeit, S, Hattam, C, Beaumont, N. 2016. Bioremediation of waste under ocean acidification: reviewing the Role of *Mytilus edulis*. *Marine Pollution Bulletin*. 103(1):14
- Dash, H, R, Das, S. 2015. Bioremediation of Inorganic Mercury Through Volatilization and Biosorption by Transgenic *Bacillus cereus* BW-03_p(PW-05). *International Biodeterioration and Biodegradation*. 103:179-185

- Dash, H, R, Sahu, M, Mallick, B, Das, S. 2017. Functional efficiency of MerA protein among diverse mercury resistant bacteria for efficient use in bioremediation of inorganic mercury. *Biochimie*. 142:207-215
- Davies, G, R. 2014. A toxic free future: is there a role for alternatives to mercury in small-scale gold mining?. *Futures*. 62:113-119
- Dewi, A, K. 2013. Isolasi, identifikasi dan uji sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap *Amoxicillin* dari sampel susu kambing peranakan ettawa (PE) penderita mastitis di wilayah girimulyo, kulonprogo, yogyakarta. *Jurnal Sain Veteriner*. 31(2):138-150
- Fachri, F. 2005. Aplikasi kriging sekuensial pada penaksiran cadangan emas. *Jurnal Gradien*. 1(1):34-37
- Rifai-Hasan, P, A. 2009. Development, power, and the mining industry in papua: a study of freeport indonesia. *Journal of Business Ethics*. 89(Supplement 2):129-143
- Hamann, C, R, Boonchai, W, Wen, L, Sakamashi, E, N, Yu Chu, C, Hamann, K, Hamann MD, C, P, Sinniah, K, Hamann, D. 2014. Spectrometric analysis of mercury content in 549 skin-lightening products: Is mercury toxicity a hidden global health hazard?. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 70(2):281-287
- Hema, T, G, Getha, K, Tan, G, Y, A, Sahira, H, L, Syamil, A, M, Fairuz, M, Y, N. 2014. Actinobacteria isolates from tin tailings and forest soil for bioremediation of heavy metals. *Journal of Tropical Forest Science*. 26(1):153-162
- Huber, J, Leopold, K. 2016. Nanomaterial-based strategies for enhanced mercury trace analysis in environmental and drinking waters. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 80:280-292
- Karmanto, Kencanawati, D, Adlan, M. 2013. *Menimbang Masa Depan Bisnis Tambang*. Media Penilai, Jakarta
- Kim, J, H, Lee, S, J, Kim, S, Y, Choi, G, Lee, J, J, Kim, H, J, Kim, S, Park, J, Moon, H, B, Choi, K, Kim, S, Choi, S, R. 2016. Association of food consumption during pregnancy with mercury and lead levels in cord blood. *Science of The Total Environment*. 563-564:118-124
- Kocman, D, Kanduč, T, Ogrinc, N, Horvat, M. 2011. Distribution and partitioning of mercury in a river catchment impacted by former mercury mining activity. *Biogeochemistry*. 104(1-3):183-201
- Kurniati, E, Arfarita, N, Imai, T, Higuchi, T, Kanno, A, Yamamoto, K, Sekine, M. 2014. Potential bioremediation of mercury-contaminated substrate using filamentous fungi isolated from forest soil. *Journal of Environmental Sciences*. 26(6):1223-1231
- Liu, H, Zhu, J, Hu, Q, Rao, X. 2016. *Morganella Morganii*, a non-negligent opportunistic pathogen. *Int. J. Infect Dis*. 50:10-17
- Mahbub, K, R, Krishnan, K, Megharaj, M, Naidu, R. 2016. Bioremediation potential of a highly mercury resistant bacterial Strain *Sphingobium* SA2 isolated from contaminated soil. *Chemosphere*. 144:330-337
- Ma, F, Sun, M, Yuan, C, Yao, J, Wang, S. 2014. A novel fluorescent sensor for the sensitive detection of mercury. *APCBEE Procedia*. 10:12-15
- McCarthy, D, Edwards, G, C, Gustin, M, S, Care, A, Miller, M, B, Sunna, A. 2017. An innovative approach to bioremediation of mercury contaminated soils from industrial mining operations. *Chemosphere*. 184:694-699
- Menteri Lingkungan Hidup. 2004. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomer 51 Tahun 2004. Dilihat 26 Agustus 2018. <http://www.ppk-kp3k.kkp.go.id/ver3/media/download/RE_keputusan-menteri-negara-lingkungan-hidup-nomor-51-tahun-2004_20141008143942.pdf>
- Mieiro, C, L, Pacheco, M, Duarte, A, C, Pereira, M, E. 2011. Fish consumption and risk of contamination by mercury - considerations on the definition of edible parts based on the case study of european sea bass. *Marine Pollution Bulletin*. 62(12):2850-2853
- Molamohyeddin, N, Ghafaourian, H, Sاداتipour, S, M. 2017. Contamination assessment of mercury, lead, cadmium and arsenic in surface sediments of chabahar Bay. *Marine Pollution Bulletin*. 124(1):521-525
- Morgan, H, R. 1907. Upon the bacteriology of the summer diarrhoea of infants. *Br Med J*. 2:908-12
- Nasikhin, R, Shovitri, M. 2013. Isolasi dan karakterisasi bakteri pendegradasi so-

- lar dan bensin dari pelabuhan gresik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 2(2):2337-3520
- Neneng, L, Tanduh, Y, Saraswati, D. 2012. Aplikasi metode reklamasi terpadu untuk memperbaiki kondisi fisik, kimia, dan biologis, pada lahan pasca penambangan emas di kalimantan tengah. *Prosiding Insinas, IPB, Bogor*, pp. 81-85
- Oliveira, C, S, Oliveira, V, A, Costa, L, M, Pedroso, T, F, Fonseca, M, M, Bernatdi, J, S, Fiuza, T, L, Pereira, M, E. 2016. Inorganic mercury exposure in drinking water alters essential metal homeostasis in pregnant rats without altering rat pup behavior. *Reproductive Toxicology*. 65:18-23
- Pepi, M, Gaggi, C, Bernardini, E, Focardi, S, Lobianco, A, Ruta, M, Nicolardi, V, Volterrani, M, Gasperini, S, Trinchera, G, Renzi, P, Gabellini, M, Focardi, S, E. 2011. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 65(1):85-91
- Peng, Y, Deng, A, Gong, X, Li, X, Zhang, Y. 2017. Coupling process study of lipid production and mercury bioremediation by biomimetic mineralized microalgae. *Bioresource Technology*. 243:628-633
- Public Health England. 2015. UK standards for microbiology investigations identification of Enterobacteriaceae. Dilihat 25 Oktober 2017. < https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/423601/ID_16i4.pdf>
- Rembuluwani, N, Dacosta, F, A, Gumbo, J, R. 2014. Environmental risk assessment and risk management strategies for abandoned new union gold mine in malamulele, limpopo, south africa. *An Interdisciplinary Response to Mine Water Challenges - Sui, Sun & Wang (eds)*. 367-373
- Rondonuwu, SB. 2012. Bioremediasi Limbah Mengandung Merkuri Menggunakan Bakteri Tempatan dengan Sistem Bioreaktor dan Lahan Basah Buatan. Tesis. IPB. Bogor
- Sardiani, N, Litaay, M, Budji, R, G, Priosambodo, D, Syahrribulan, Dwyana, Z. 2015. Potensi tunikata *Rhopalaea sp* sebagai sumber inokulum bakteri endosimbion penghasil antibakteri; 1. karakterisasi isolat. *Jurnal Alam dan Lingkungan*. 6(11):1-10
- Selayar, N, A, Tumembouw, S, Mondoringin, L, J, J. 2015. Telaah kandungan logam berat merkuri (Hg) di sekitar teluk manado. *Jurnal Budidaya Perairan*. 3(1):124-130
- Setiawan, C. 2017. Menyingkap harta tersembunyi di pantai prigi, kabupaten trenggalek. Dilihat 30 Oktober 2017. < <http://suarageologi.blogspot.co.id/2015/04/menyingkap-harta-tersembunyi-di-pantai-prigi-kabupaten-trenggalek.html>>
- Shaaban, M, T, Ghozlan, H, A, Maghraby, M, M, E. 2012. Susceptibility of bacteria infecting urinary tract to some antibiotics and essential oils. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2(4):90-98
- Sharma, B, Dangi, A, K, Shukla, P. 2018. Contemporary enzyme based technologies for bioremediation: a review. *Journal of Environmental Management*. 210:10-22
- Seija, V, Presentado, J, C, M, Bado, I, Ezdra, R, P, Batista, N, Gutierrez, C, Guirado, M, Vidal, M, Nin, M, Vignoli, R. 2015. Sepsis caused by new delhi metallo- β -lactamase (blaNDM-1) and qnrD-producing *Morganella morganii*, treated successfully with fosfomicin and meropenem: case report and literature review. *International Journal of Infectious Diseases*. 30:20-26
- Sinha, S, N, Paul, D. 2014. Heavy metal tolerance and accumulation by bacterial strains isolated from waste water. *J. Chem. Biol. Phys. Sci*. 4:812-817
- Siahaan, B, C, Utami, S, R, Handayanto, E. 2014. Fitoremediasi tanah tercemar merkuri menggunakan *Lindernia Crustacea*, *Digitaria Radicosa*, dan *Cyperus Rotundus* serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1(2):35-51
- Supit, J, M. 2009. Estimasi cadangan tereka emas sekunder pada KP PT indonesia timur raya nabire papua. *Istech*. 1(1)
- Vinogradof, E, Nash, J, H, Foote, S, Young, N, M. 2015. The structure of the *Morganella Morganii* lipopolysaccharide core region and identification of its genomic loci. *Carbohydr. Res*. 402:232-235
- Vithanage, N, R, Yeager, T, R, Jadhav, S, R, Palombo, E, A, Datta, N. 2014. Comparison of identification systems for psychrotrophic bacteria isolated from raw bovine milk. *Int. J. Food. Microbiol*. 189(1):26-38

- Wu, H, Huo, Y, Zu, M, Hu, M, Wei, Z, He, P. 2015. Eutrophication assessment and bioremediation strategy using seaweeds co-cultured with aquatic animals in an enclosed bay in china. *Mar. Pollut Bull.* 95(1):342-349
- Zulfikah, Z, Basir, M, Isrun, B. 2014. Konsentrasi merkuri (Hg) dalam tanah dan jaringan tanaman kangkung (*Ipomoea Reptans*) yang diberi bokashi kirinyu (*Chromolaena Odorata* L.) pada limbah tailing penambangan emas poboya kota palu. *Agrotekbis.* 2(6):587-595