

LAJU REDUKSI MERKURI OLEH *PSEUDOMONAS* DIISOLASI DARI PERAIRAN PANTAI TELUK MANADO

Frans G. Ijong¹

ABSTRACT

This study was conducted to isolate and identify *Pseudomonas* isolated from Manado Bay seawater and to determine the rate of mercury (Hg) reduction produced by isolated strains of *Pseudomonas*. A 500 ml seawater sample was collected from Tondano River and Manado Bay along the beach of the reclamation site, placed into container and taken to the laboratory for further analysis. Water samples were homogenized by hand shaking and 1 ml water sample was pipetted and then transferred to each 7 ml of Tryptic Soy Broth (pH 7.4) and Alkaline Peptone Water (pH 7.4), separately. After incubation period of 24h at 35°C, these were transferred with ose and streaked on *Pseudomonas* F Agar, followed by incubation at 35°C for 24h. Free growing colonies were then transferred to slant agar and kept at 4°C as stock culture. Results found that isolated *Pseudomonas* were chemoorganotrophic and chemoautolithotrophic, Almost all isolated *Pseudomonas* showed their ability in mercury ions reduction, but some of them did in mercury oxidation. Isolated chemoorganotrophic *Pseudomonas* tended to reduce mercury ions, but the chemoautolithotrophic one tended to oxidize it. Based on these results, it was found that the rate of Hg reduction was dependent upon the strain type.

Keywords : *Pseudomonas*, Hg reduction.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengisolasi dan mengidentifikasi *Pseudomonas* dari air laut Teluk Manado serta menentukan laju reduksi merkuri (Hg) yang diproduksi oleh strain *Pseudomonas* terisolasi tersebut. Sampel air laut sebanyak 500 ml dikumpulkan dari Danau Tondano dan sepanjang pantai dari daerah reklamasi Teluk Manado, lalu dibawa ke laboratorium untuk dianalisa lebih lanjut. Sampel air dihomogenkan secara manual, dan 1 ml sampel air dipipet dan kemudian dipindahkan secara terpisah ke 7 ml Tryptic Soy Broth (pH 7,4) dan Alkaline Peptone Water (pH 7,4). Setelah masa inkubasi 24 jam pada suhu 35°C, sejumlah sampel dipindahkan ke *Pseudomonas F Agar*, kemudian diinkubasi pada suhu 35°C selama 24 jam. Koloni yang tumbuh bebas kemudian dipindahkan ke agar miring dan disimpan pada suhu 4°C sebagai kultur stok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Pseudomonas* terisolasi bersifat *chemoorganotrophic* dan *chemoautolithotrophic*. Hampir semua *Pseudomonas* terisolasi menunjukkan kemampuan dalam penguraian ion merkuri, tetapi beberapa diantaranya dapat juga mengoksidasi merkuri. *Pseudomonas* yang bersifat *chemoorganotrophic* cenderung untuk mengurangi ion merkuri, tapi yang bersifat *chemoautolithotrophic* cenderung mengoksidasinya. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa laju reduksi-Hg oleh *Pseudomonas* tergantung pada jenis strainnya.

Kata kunci : *Pseudomonas*, reduksi Hg.

¹ Staf pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi

PENDAHULUAN

Dewasa ini pencemaran lingkungan menjadi isu/masalah serius yang perlu disikapi dan diantisipasi sehingga akibat pencemaran sedini mungkin dapat ditanggulangi. Salah satu masalah pencemaran yang sudah dan sedang terjadi di Sulawesi Utara yaitu pencemaran logam berat Hg, yang bersumber dari kegiatan pertambangan emas terutama dari kegiatan pertambangan rakyat yang dikategorikan PETI (Pengolah Emas Tanpa Izin). Pada kegiatan pertambangan ini, tujuan utama yang ingin dicapai oleh masyarakat yaitu menghasilkan keuntungan maksimal berupa emas dengan atau tanpa melakukan upaya penanganan limbah yang mengandung logam berat merkuri. Limbah hasil pengolahan emas secara sengaja dibuang di sekitar daerah pengolahan yang biasanya berada di sekitar daerah aliran sungai, sehingga dengan bantuan aliran sungai, limbah yang mengandung merkuri akan mengkontaminasi perairan pantai.

Di alam, merkuri akan mengalami oksidasi oleh mikroba seperti oleh *Thiobacillus* sehingga akan dihasilkan ion-ion merkuri yang larut di air dan bersifat racun bagi biota laut, terutama terhadap komunitas organisme mikroskopis seperti bakteri, alga dan lain-lain. Sebagai asumsi, apabila jumlah merkuri mengalami peningkatan maka jumlah ion-ion Hg yang dihasilkan dari proses biokimia oleh mikroba pun akan mengalami peningkatan. Ijong (2004) melaporkan bahwa *Thiobacillus* dalam jumlah tertentu berpotensi dalam meningkatkan jumlah ion-ion Hg, sehingga resiko keracunan ion-ion Hg terhadap biota laut akan menjadi lebih nyata. Namun demikian, secara alamiah di perairan laut pun dapat ditemukan sejumlah bakteri lain yang mampu melakukan reduksi terhadap ion-ion Hg sehingga dapat mengurangi resiko keracunan. Salah satu bakteri yang dapat melakukan reduksi terhadap ion-ion Hg adalah *Pseudomonas* sp., (Brock dan Madigan, 1991). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terhadap bakteri ini untuk mendapatkan gambaran apakah di perairan teluk Manado dapat ditemukan spesies-spesies *Pseudomonas* yang memiliki kemampuan

mereduksi ion-ion Hg yang beresiko tersebut.

Berdasarkan asumsi-asumsi tersebut maka penelitian ini difokuskan untuk mempelajari peranan bakteri *Pseudomonas* yang diisolasi dari perairan Teluk Manado dalam mereduksi ion-ion Hg yang dihasilkan baik melalui mekanisme reaksi biologi maupun kimia dalam jumlah tertentu. Dengan demikian, hasil penelitian dapat digunakan untuk menjelaskan: derajat toksisitas perairan sebagai akibat pencemaran logam berat merkuri ditinjau dari jumlah ion-ion Hg yang dihasilkan oleh proses bio-oksidasi yang selanjutnya dapat direduksi oleh *Pseudomonas* menjadi ion-ion Hg⁰ yang tidak beracun (penggunaan pangkat nol pada Hg ini untuk mempertegas bahwa ion Hg tersebut tdk bermuatan karena jika tidak bisa dianggap Hg bermuatan contohnya Hg⁺). Selain itu, penelitian ini dapat memberikan gambaran tentang keberlangsungan keseimbangan biologis-ekologis antara *Thiobacillus* sebagai pengoksidasi Hg dengan *Pseudomonas* yang berperan sebagai pereduksi ion-ion Hg beracun di perairan pantai, khususnya di Teluk Manado yang secara berkesinambungan menampung masukan bahan pencemar beresiko seperti merkuri yang dihasilkan dari proses pertambangan emas masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk: mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri *Pseudomonas* yang diisolasi dari perairan Teluk Manado, serta mengukur laju reduksi ion-ion merkuri oleh isolat *Pseudomonas*.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan teknik pengambilan sampel air laut

Sampel air laut yang diduga mengandung *Thiobacillus* diperoleh dari beberapa titik sampling di sepanjang alur reklamasi pantai teluk Manado. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung dengan cara menampungnya dalam botol sampel steril sejumlah 500 ml. Setiap botol sampel diberi label dan dimasukkan dalam kontainer untuk dibawa ke laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali selang bulan Mei-Oktober 2006 pada masing-masing 4 lokasi. Jumlah sampel untuk setiap kali sampling berjumlah 12 botol.

Pada saat pengambilan sampel dilakukan pengukuran secara langsung terhadap suhu, pH dan salinitas air laut.

Prakultur dan kultur sediaan

Sampel dalam botol dikocok sampai homogen, selanjutnya dengan menggunakan pipet steril, sejumlah 1 ml sampel dipindahkan ke dalam masing-masing sebanyak 7 ml media pengayaan Tryptic Soy Broth (TSB, pH 7,4) dan Alkaline Peptone Water (APW, pH 7,5). Prakultur dilakukan pada suhu 30°C selama 48 jam dan biakan bakteri yang tumbuh digores pada media *Pseudomonas* Agar F (DIFCO, pH 7,2), dan diinkubasi pada suhu 35°C selama 24 jam.

Isolasi dan identifikasi *Pseudomonas*

Koloni yang tumbuh bebas pada media *Pseudomonas* Agar F, diambil dengan jarum Ose dan dipindahkan dalam media agar miring, diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam. Agar miring yang positif (tumbuh) disimpan sebagai kultur sediaan untuk tujuan identifikasi (Cappucino dan Sherman, 1992). Identifikasi *Pseudomonas* dilakukan terhadap sifat Gram-pewarnaan, bentuk sel, dan uji biokimia (oksidase, katalase, IMViC, karbohidrat).

Mengukur laju reduksi merkuri oleh *Pseudomonas*

Laju reduksi merkuri oleh *Pseudomonas* ditentukan dengan mengukur pengurangan jumlah ion Hg dalam satu satuan milivolt (mV) yang terbentuk dalam satu satuan waktu tertentu dengan cara sebagai berikut:

1. Disiapkan media Kaldu TSB steril. Secara aseptik ke dalam media tersebut ditambahkan logam merkuri dengan konsentrasi (0,02%). Selanjutnya media ini akan disebut: Kaldu-Merkuri *Pseudomonas* (KMP).
2. Sejumlah masing-masing 10^6 sel/ml *Pseudomonas* diinokulasi ke dalam media KMP dan diinkubasi pada suhu 30°C.
3. Setelah beberapa saat tertentu (dilakukan pengukuran terhadap pengurangan ion Hg yang hilang dengan cara mencelupkan elektroda

klorida ke dalam media. Jumlah ion Hg yang tersisa sebagai hasil reduksi *Pseudomonas* dinyatakan berdasarkan pembacaan mV pada pH/mV meter. Sebagai media kontrol digunakan larutan akuades bebas ion dan media KMP tanpa diinokulasi oleh *Pseudomonas*.

Perbandingan tingkat oksidasi merkuri oleh *Thiobacillus* versus tingkat reduksinya oleh *Pseudomonas*

Mula-mula media yang mengandung merkuri dengan tingkat satuan mV tertentu diinokulasi (Tahap I) dengan masing-masing isolat uji *Thiobacillus* (yang merupakan koleksi Laboratorium Mikrobiologi Hasil Perikanan, FPIK Unsrat) bertujuan untuk melakukan oksidasi terhadap merkuri, kemudian setelah 12 jam inkubasi pada suhu 30°C dilakukan pengukuran terhadap tingkat oksidasi yang dihasilkan. Selanjutnya sebelum dilakukan inokulasi (Tahap II) dengan isolat uji *Pseudomonas* dan media uji tersebut disterilisasi dengan cara *filtrate sterilisation* menggunakan membrane filter (Schleider and Schuell, 0,45 μ m) dan diinkubasi pada suhu dan jam yang sama seperti inokulasi Tahap I., Selesai inkubasi dilakukan pengukuran tingkat reduksi terhadap masing-masing media uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi fisik dan kimia area sampling

Hasil pengukuran terhadap kondisi fisik dan kimia pada lokasi penelitian seperti disajikan pada Tabel 1. Secara umum, suhu berkisar antara 29-31°C, salinitas 29-33‰ untuk lokasi sampling di perairan laut, dan 25-30‰. Untuk lokasi sampling di muara sungai Wanea. Rendahnya salinitas ini disebabkan karena pada lokasi ini terjadi pencampuran air sungai dan air laut. Sedangkan pH berkisar antara 7,98-8,42. Pada umumnya kondisi air laut pada saat pengambilan sampel jernih, kecuali untuk muara sungai Wanea airnya agak keruh.

Karakteristik biokimia isolat *Pseudomonas*

Tabel 2 mendeskripsikan karakteristik biokimia isolat uji yang diisolasi dari air laut di Teluk Manado. Isolat yang pilih berjumlah

50 isolat yang semuanya bersifat Gram-negatif dengan bentuk sel batang, batang pendek dan kokobasili. Pada umumnya isolat uji tidak menggunakan sitrat sebagai sumber energi dan motil. Sedangkan uji lainnya memberikan hasil yang bervariasi.

Potensi Reduksi dan oksidasi isolat *Pseudomonas*

Hasil pengukuran tingkat reduksi dan oksidasi terhadap isolat uji (Gambar 1), ditemukan bahwa *Pseudomonas* dengan nomor isolat TSB12, TSB11, TSB31, APW11 dan APW22 memiliki kemampuan melakukan reduksi terhadap Hg, kecuali untuk isolat TSB32 potensial melakukan oksidasi terhadap Hg. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa sebagian besar *Pseudomonas* yang diisolasi dari perairan pantai Teluk Manado memiliki kemampuan melakukan reduksi terhadap Hg, walaupun

demikian ada juga yang berperan sebaliknya yaitu potensial melakukan oksidasi terhadap Hg.

Tabel 1. Hasil pengukuran in situ terhadap faktor fisik dan kimia area sampling di Teluk Manado.

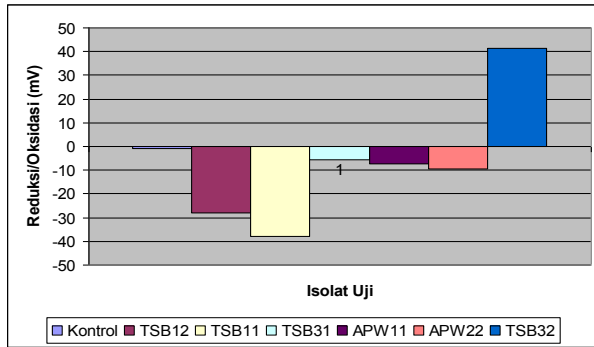
Sampling Site	Suhu °C	Salinitas ‰	pH	Keterangan
SS-1, ITC-Marina Plaza	1	30	33	Air laut jernih, sampel diambil pada kolam dan pada bagian luar kolam air laut
	2	29	33	
SS-2, Mega Mas	1	29	32	Air laut jernih, sampel diambil pada bagian dalam kolam air laut (area rekreasi)
	2	30	29	
SS-3, Mega Mas	1	30	30	Air laut jernih, sampel diambil pada sisi reklamasi (bebatuan)
	2	30	30	
SS-4, Muara Sungai Wanea	1	31	30	Air laut agak keruh, sampel diambil pada muara sungai
	2	30	25	
SS-5, Bahu Mall	1	31	32	Air laut cerah, sampel diambil pada sisi reklamasi (bebatuan)
	2	31	32	

Ket.: n = 2

Tabel 2. Hasil Pengujian Biokimia isolat *Pseudomonas* diisolasi dari perairan pantai Manado

Isolat	Karakteristik Mikroskopis		Fermentasi						Indol	Methyl Red	Voges Proskauer	Citrate	Motility	Katalase	Oksidase
	Gram	Bentuk	Glu		Lak		Suk								
			A	G	A	G	A	G							
NB11	-	SR	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-
NB12	-	SR	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-
NB21	-	R	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-
NB22	-	R	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-
NB31	-	R	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
NB32	-	R	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+
NB41	-	CB	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+
NB42	-	SR	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-
NB51	-	CB	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+
NB52	-	CB	+	+	+W	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-
TSB11	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+/-	-	-
TSB12	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+/-	+	-
TSB21	-	SR	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-
TSB22	-	SR	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-
TSB31	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
TSB32	-	SR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
TSB41	-	CB	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
TSB42	-	CB	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
TSB51	-	SR	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+
TSB52	-	R	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+
APW11	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
APW12	-	SR	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
APW21	-	SR	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+
APW22	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
APW31	-	R	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+
APW32	-	R	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-
APW41	-	CB	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
APW42	-	CB	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
APW51	-	R	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-
APW52	-	CB	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+

Ket.: Glu (Glukosa), Lak (laktosa), Suk (sukrosa), SR (short rod), R (rod), CB (cocobacilli), - (negatif), + (positif), w (weak) +/- (variatif).



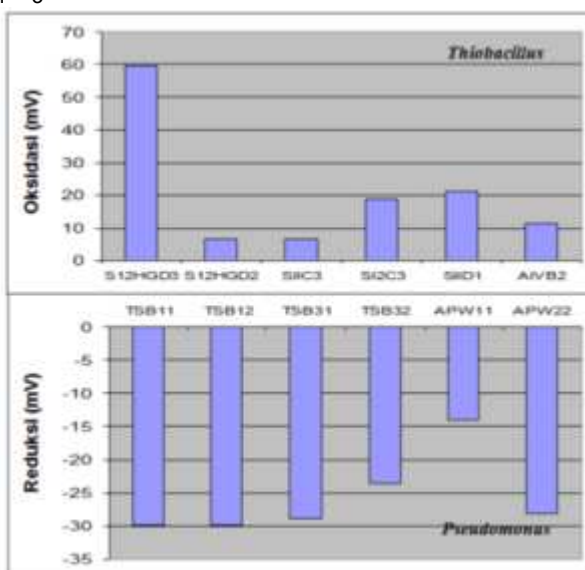
Gambar 1. Tingkat redoks isolat *Pseudomonas* yang diisolasi dari perairan pantai Teluk Manado.

Hasil penelitian memperkuat temuan pada penelitian sebelumnya (Ijong, 2004, 2005) yang menyimpulkan bahwa ada spesies *Pseudomonas* yang potensil melakukan reduksi sekaligus oksidasi terhadap ion-ion Hg di alam. Selanjutnya, hasil penelitian memperjelas kemampuan spesies ini mereduksi ion Hg hampir sebanding dengan kemampuan oksidasinya (Tabel 3).

Tabel 3. Laju Reduksi Merkuri (mV) oleh isolat *Pseudomonas* yang diisolasi dari perairan pantai Teluk Manado.

Isolat Uji	Laju Reduksi (mV)		Reduksi (%)
	0 Jam	24 Jam	
Kontrol	33,8	33,5	100,89
TSB12	27,5	19,8	138,88
TSB11	32,3	20,0	161,50
TSB31	29,5	27,8	106,12
APW11	29,7	27,5	108,00
APW22	22,6	20,5	110,24
TSB32	24,7	34,9	70,77

n = 3



Gambar 2. Oksidasi merkuri oleh *Thiobacillus* versus reduksi ion merkuri oleh *Pseudomonas*.

Oksidasi merkuri oleh *Thiobacillus* versus tingkat reduksinya oleh *Pseudomonas*

Hasil penelitian sebagaimana yang dipaparkan pada Gambar 2, memperjelas mekanisme oksidasi merkuri oleh *Thiobacillus* dan reduksi ion merkuri di alam oleh *Pseudomonas*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ternyata bakteri uji *Thiobacillus* maupun *Pseudomonas* memiliki kemampuan spesifik tergantung spesiesnya dalam melakukan oksidasi maupun reduksi terhadap merkuri dan ion merkuri di perairan.

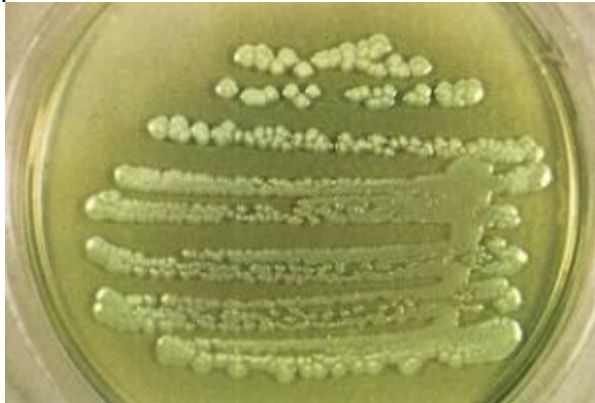
Pembahasan

Genus *Pseudomonas* terdiri dari sejumlah bakteri berbentuk batang Gram-negatif yang tidak memfermentasi karbohidrat, hidup aerob di tanah dan air. Dalam habitat alam, bakteri ini tersebar luas dan memegang peranan penting dalam pembusukan zat organik. Bergerak dengan flagella polar, satu atau lebih. Beberapa diantaranya adalah fakultatif kemolitotrof, dapat memakai H₂ atau CO sebagai sumber karbon, dan bersifat katalase positif (Ijong, 2003). Kondisi fisik dan kimia lingkungan perairan pantai Teluk Manado, sebagaimana disajikan pada Tabel 1 sangat menunjang pertumbuhan *Pseudomonas*. Isolat *Pseudomonas* yang tumbuh pada Pseudomonas Agar F cenderung membentuk koloni iregular dengan tipe permukaan yang cembung, hal ini seperti dideskripsikan pada Gambar 3.

Hasil uji fisiologi dan biokimia terhadap isolat *Pseudomonas* sebagaimana disajikan pada Tabel 2, dipertegas dengan sifat pewarnaan Gram-negatif dan sel berbentuk batang (Gambar 3), umumnya motil, katalase dan oksidase positif dengan tipe fermentasi karbohidrat yang varistif. Hasil ini mempertegas apa yang dinyatakan oleh Singleton dan Sainbury (1987) bahwa pada umumnya *Pseudomonas* bergerak dengan flagela polar, kalase dan oksidase positif dengan tipe fermentasi karbohidrat yang bervariasi menurut spesiesnya.

Menurut Ijong (2004), akibat pencemaran merkuri senantiasa dikaitkan dengan resiko keracunan yang bersifat "kemudian" atau dapat dijelaskan bahwa resiko keracunan pada manusia akan

terjadi setelah kurun waktu tertentu. Padahal, berbeda dengan yang dialami oleh biota laut dari golongan bakteri, misalnya. Ion-ion Hg yang terlepas ke perairan akibat proses oksidasi baik secara kimiawi maupun biologis diketahui bersifat toksik terhadap biota tersebut. Dalam jumlah tertentu dikuatirkan akan dapat mempengaruhi keseimbangan ekologi mikroflora di perairan laut, sehingga dapat mengakibatkan beberapa resiko, seperti: timbulnya mikroba dominan sehingga mempengaruhi kesimbangan populasi mikroflora di alam, terjadinya mutagen serta perubahan fisik perairan yang pada akhirnya akan mempengaruhi produktivitas perairan tersebut.



Gambar 3. Tipikal koloni *Pseudomonas* pada *Pseudomonas* Agar.

Kemampuan tumbuh isolat *Pseudomonas* di perairan laut sangat ditunjang oleh sifat organotrofiknya yang dapat memanfaatkan buangan organik yang masuk ke perairan teluk Manado, dan dengan demikian hal ini dapat mengimbangi aktivitas *Thiobacillus* (Ijong, 2004 dan 2005) yang berperan dalam mengoksidasi merkuri sebagai buangan petambang emas rakyat (PETI) di Kecamatan Dimembe sehingga memungkinkan terjadinya penekanan terhadap meningkatnya tingkat toksisitas perairan laut. Hasil penelitian ini juga mempertegas pendapat dari beberapa peneliti bahwa *Pseudomonas* memiliki kemampuan untuk menetralkan ion-ion Hg beracun menjadi tidak beracun melalui suatu mekanisme reduksi ion-ion merkuri (Gambar 3 dan Tabel 3). Bahkan laju reduksi ion-ion merkuri oleh isolat *Pseudomonas* hampir sebanding dengan oksidasi merkuri oleh *Thiobacillus*, seperti dideskripsikan pada

Gambar 3. Beberapa isolat *Pseudomonas* yang diisolasi dari perairan pantai Teluk Manado pada umumnya memiliki sifat mereduksi ion-ion merkuri (Gambar 1), tetapi juga ada spesies yang mampu melakukan oksidasi terhadap logam merkuri dan menghasilkan ion-ion merkuri beracun. Tipikal spesies ini yaitu non-fermentatif seperti yang dideskripsikan pada Tabel 2. Menurut Singleton dan Sainbury (1987), tipe *Pseudomonas* seperti ini bersifat sebagai bakteri kemolitotrof. Sifat tipe ini hampir sama dengan *Thiobacillus* yaitu cenderung melakukan oksidasi terhadap merkuri daripada mereduksinya, sehingga peningkatan jumlah tipe *Pseudomonas* ini di perairan laut memungkinkan terjadinya peningkatan toksisitas perairan karena meningkatnya jumlah ion-ion Hg yang bermuatan. Brock dan Madigan (1991) menyatakan bahwa thiobacilli mampu mengoksidasi logam atau garam-garam merkuri menjadi ion-ion merkuri (Hg^{++}), ion-ion merkuri ini akan larut di perairan laut dan dapat bersifat racun terutama bagi biota laut. Dengan demikian, bahaya merkuri akan semakin nyata seiring dengan meningkatnya derajat kontaminasi di perairan. Walaupun disatu sisi bakteri atau mikroflora laut seperti *Pseudomonas* memiliki kemampuan untuk mereduksi daya racun ion-ion Hg, namun tingkat kontaminasi yang tinggi terhadap perairan tentunya akan dapat mengganggu keseimbangan ekologis perairan yang pada akhirnya membahayakan kelangsungan hidup biota di perairan laut bahkan manusia.

KESIMPULAN

Isolat *Pseudomonas* yang diisolasi dari perairan Teluk Manado bersifat Gram-negatif batang, pada umumnya bersifat kemoorganotrof dan beberapa diantaranya bersifat kemolitotrof. Isolat *Pseudomonas* yang bersifat kemoorganotrof cenderung mampu melakukan reduksi terhadap ion-ion merkuri, dan yang bersifat kemolitotrof cenderung mengoksidasi merkuri. Kecepatan reduksinya terhadap ion merkuri sangat bergantung pada tipe isolatnya, sehingga masih perlu diteliti lagi tentang pengaruh logam-logam lain

terhadap pertumbuhan maupun laju reduksinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Brock, T.D., dan M.T., Madigan, 1991. *Biology of Microorganism*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Cappucino, J.G., dan N. Sherman, 1992. *Microbiology, A Laboratory Manual*. The Benyamins/Cummings Publishing Co., Inc., New York.
- Ijong, F.G., 2005. Karakteristik bakteri pengoksidasi merkuri *Thiobacillus* Diisolasi dari Perairan Pantai Teluk Manado. Laporan Akhir Penelitian Dasar, Dibiayai oleh Proyek Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar, DitJen DIKTI.
- Ijong, F.G., 2004, Laju Oksidasi Merkuri Oleh *Thiobacillus* Diisolasi Dari Perairan Pantai Teluk Manado. Laporan Akhir Penelitian Dasar, Dibiayai oleh Proyek Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar, DitJen DIKTI.
- Ijong, F. G. dan I. K. Suwetja. 2003. Kandungan merkuri pada Ikan yang ditangkap di Teluk buyat. Laporan penelitian. Dibiayai oleh DIPA UNSRAT.
- Singleton, P., and Sainsbury, D. (1987). *Dictionary of Microbiology and Molecular Biology*. (2nd Edition). John Wiley and Sons, New York, USA.