

PEMANFAATAN *SALVINIA MOLESTA* D.S. MITCHELL, AKUMULATOR MERKURI DI SAWAH TERCEMAR LIMBAH PENAMBANGAN EMAS

Nuril Hidayati, Fauzia Syarif dan Titi Juhaeti

Pusat Penelitian Biologi, LIPI

Cibinong Science Center Jl. Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong 16911

Abstract

*Mercury is one of important contaminants in mine lands. One approach to remediate risks from this metal pollutant is phytoextraction using hyperaccumulator plants. These remarkable plant species accumulate appreciable high concentrations of metals than do normal plants when the normal plants suffer yield reduction from metal phytotoxicity. Some plant species growing in gold mine contaminated areas indicated high tolerance and potentially effective in accumulating mercury in their roots and above ground portions. *Salvinia molesta* is one of them. This plant could be utilized as hyperaccumulator for cleaning up mercury contaminated sites. This research aim to study phytoextraction of mercury by *Salvinia molesta* and the effectiveness of mercury degradator bacteria on plant tolerance and mercury phytoextraction. In this study *Salvinia molesta* was grown in mercury contaminated liquid gold mine waste, added with Mercury (II) Chloride ($HgCl_2$) 0 ppm Hg, 10 ppm Hg, 30 ppm Hg and 50 ppm Hg. Mercury degradator bacteria was applied in the media. The results showed that *Salvinia molesta* was able to survive even in media with high level of mercury concentration (50 ppm), although the number of plant survival tend to decrease with the increase of mercury concentration. Variables of surface coverage and live plants decreased with the increase of mercury concentration in the media. There was a close correlation between plant growth variables and mercury concentration in the media. The effects of mercury toxicity on plants seems to decrease in bacteria treated plants. It was indicated by the higher percentage of surface coverage and plant survival in bacteria treated plants than that of untreated plants up to 30 ppm Hg. Recovery from toxicity was shown in bacteria treated plants up to 30 ppm Hg. Mercury accumulation in plants tent to increase with the increase of mercury concentration in media. It can be concluded that plant performance was better and mercury concentration decreased in bacteria treated plants.*

Key Words: *Phytoextraction, accumulator, mercury, bacteria, *Salvinia molesta**

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran merkuri merupakan masalah yang makin meluas akibat dari berbagai penggunaan dalam aktivitas manusia, diantaranya digunakan dalam proses *bleaching* (produksi klorin, kertas, tekstil), sebagai katalis, pigmen untuk cat, penambangan emas dan bahan agrokimia.

Dalam penambangan emas rakyat merkuri digunakan dalam proses amalgamasi dengan cara tradisional dan limbahnya terbuang begitu saja sehingga menimbulkan pencemaran yang meluas ke lingkungan sekitarnya, termasuk sungai dan lahan pertanian (sawah).

Merkuri (Hg) mengalami serangkaian reaksi kimia dan transformasi fisik yang kompleks dalam siklusnya di atmosfer, tanah dan air. Merkuri mengalami transformasi fisik seperti pencucian, erosi dan penguapan serta mengalami transformasi biokimia seperti metilasi dan reduksi fotokimia. Mobilisasi Hg dapat terjadi melalui reaksi pertukaran dengan ligan yang mengandung sulfur dan ion klorida, mengakibatkan naiknya kelarutan Hg di dalam larutan tanah. Di tanah tropis, Hg berikatan dengan besi dan Al-oksihidroksida dan dapat dimobilisasi dari permukaan tanah melalui aliran air dan erosi. Merkuri menjadi berbahaya karena dapat teroksidasi menjadi Hg^{2+} oleh sistem biologi dan dapat tercuci ke aliran air sehingga mencemari lingkungan dan terakumulasi pada makhluk hidup dalam bentuk metilmerkuri (CH_3-Hg^+), dimetilmerkuri ($CH_3)_2-Hg^{2+}$ atau garam organomercuri. Sekali terbentuk metil merkuri ini jumlahnya terus bertambah dan pada top predator seperti ikan, konsentrasinya dapat mencapai jauh diatas batas aman untuk dikonsumsi manusia.^{1,2)}

Salah satu cara untuk mengatasi masalah pencemaran oleh merkuri dengan mudah dan murah adalah dengan fitoremediasi, yakni menggunakan tumbuhan hijau yang berfungsi sebagai akumulator merkuri. Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan berfotosintesis, termasuk pohon, tumbuhan semak, rumput-rumputan dan tumbuhan air.³⁾

Fitoekstraksi merkuri dapat terjadi karena ion-ion merkuri (Hg) termasuk kelompok ion yang mobile sehingga lebih mudah untuk ditranslokasi ke tajuk tanaman. Merkuri (Hg^{2+}) merupakan ion yang mudah untuk disimpan di dalam tempat-tempat penyimpanan seperti vakuola sub seluler, sel epidermal daun dengan kapasitas yang tinggi pada tanaman hiperakumulator. Dalam fitoekstraksi

merkuri dideteksi adanya transporter-transporter spesifik diantaranya glutathione conjugates sebagai transporter merkuri yang berfungsi memompa ion-ion Hg ke dalam vakuola.⁴⁾

Sejumlah tumbuhan terbukti memiliki sifat toleran, yakni dapat mentolerir merkuri dengan konsentrasi tinggi pada akar dan tajuknya serta dapat menyerap dan mengakumulasi merkuri dengan konsentrasi tinggi pada akar dan tajuknya. Hasil penelitian dari Hidayati, Juhaeti & Syarif menunjukkan bahwa banyak jenis tanaman yang tumbuh di areal Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) yang terkontaminasi merkuri terbukti toleran dan mampu mengakumulasi merkuri dalam jumlah yang tinggi. Jenis-jenis tumbuhan tersebut diantaranya *Paspalum conjugatum*, *Cyperus monocephala*, *Ipomoea batatas*, *Zingiber sp*, *Caladium*, *Digitaria radicata* (Presl) miq, *Commelina nudiflora* dan *Lindernia crustacea*.⁵⁾ Potensi ini dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk membersihkan lingkungan yang tercemar merkuri dengan teknologi fitoremediasi.

Efektivitas fitoekstraksi dapat ditingkatkan dengan memperbaiki faktor internal yakni potensi genetik dan fisiologis tanaman ataupun faktor eksternal seperti aplikasi kelat, manipulasi pH, pemupukan serta aplikasi mikroba seperti bakteri pendegradasi ikatan kimia dari polutan. Diantara perlakuan eksternal yang banyak diterapkan adalah aplikasi mikroba pendegradasi, dalam hal ini adalah mikroba yang berfungsi merombak ikatan merkuri menjadi bentuk yang kurang toksik (aspek mikrobiologi dibahas dalam makalah terpisah).

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian adalah untuk mengungkap potensi fitoekstraksi *Salvinia molesta* sebagai tanaman akumulator merkuri untuk fitoremediasi lingkungan (utamanya sawah) tercemar merkuri dari limbah Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca, Pusat Penelitian Biologi, LIPI Cibinong. Media tanam berupa limbah cair pengolahan emas dikoleksi dari lokasi Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) di Leuwi Bolang, Desa Bantar Karet, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. Bahan hidup berupa potongan rimpang beserta daun sebanyak 15 gr *salvinia* ditanam dalam toples kaca berdiameter + 15 cm, tinggi 30 cm, berisikan limbah cair sebanyak 500 ml/toples, yang telah terkontaminasi merkuri (Hg). Perlakuan yang diberikan adalah penambahan merkuri dalam bentuk *Mercury (II) Chloride* atau HgCl₂ dengan tingkat konsentrasi 0 ppm Hg, 10 ppm Hg, 30 ppm Hg dan 50 ppm Hg. Perlakuan mikroba diberikan pada media dengan pembandingan media yang tidak diberi mikroba.

Dalam penelitian ini dilakukan dua perlakuan yakni Perlakuan I: Penambahan Hg dengan Konsentrasi 0 ppmHg (Kontrol), 10 ppm Hg, 30 ppm Hg dan 50 ppm Hg. Perlakuan II: Pemberian Bakteri perombak Hg :*Salvinia* tanpa bakteri (T), Bakteri tanpa tanaman (B), *Salvinia* + Bakteri (TB), Kontrol atau limbah air PETI tanpa tanaman dan bakteri (K)

Perlakuan dirancang secara acak kelompok dengan tiga ulangan. Parameter yang diukur adalah pertumbuhan tanaman dan kandungan merkuri dalam tanaman yang dianalisis di Laboratorium Balai Besar Pasca Panen dan Badan Litbang Pertanian Cimanggu dengan menggunakan metoda AAS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pertumbuhan Tanaman

Toleransi tanaman terhadap logam berat ditunjukkan oleh pertumbuhan yang normal tanpa mengalami gejala keracunan hingga tingkat konsentrasi 30 ppm Hg, dan kemampuan akumulasi logam yang tinggi dalam jaringannya pada kondisi lingkungan terkontaminasi. *Salvinia* termasuk salah

satu tanaman yang memiliki toleransi tinggi terhadap logam berat, dalam hal ini merkuri (Hg). Toleransi ini ditunjukkan oleh pertumbuhan dan *survival*nya pada media terkontaminasi hingga 50 ppm Hg (Tabel 1 & 2).

Survival tanaman yang ditunjukkan oleh penambahan biomasa tanaman hidup (berat basah dan berat kering) masih cukup tinggi hingga pada tingkat kontaminasi 30 ppm Hg, walaupun ada kecenderungan menurun dengan meningkatnya konsentrasi Hg. Pada tanaman tanpa diberi perlakuan bakteri, biomasa tanaman menurun proporsional dengan meningkatnya konsentrasi Hg. Pada tanaman tanpa perlakuan bakteri, ada indikasi terjadi pertumbuhan kembali (*recovery*) setelah mengalami stres toksisitas. Hingga pada konsentrasi 50 ppm Hg, biomasa tanaman yang diberi perlakuan bakteri terbukti masih tinggi, bahkan lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan 30 ppm Hg tanpa bakteri (Tabel 1 & 2).

Penutupan permukaan oleh tanaman menurun secara signifikan dengan meningkatnya konsentrasi Hg. Pada tanaman yang diberi perlakuan mikroba terjadi pertumbuhan daun baru setelah tanaman mengalami stress toksisitas sehingga penutupan permukaan lebih luas dibandingkan tanaman yang tidak diberi perlakuan mikroba (Tabel 1 & 2; Gambar 5).

Tingkat kematian tanaman meningkat secara proporsional dengan meningkatnya konsentrasi Hg baik pada perlakuan mikroba maupun tanpa mikroba. Akan tetapi pada perlakuan mikroba tanaman menunjukkan pertumbuhan kembali setelah mengalami stress keracunan Hg (Tabel 1 & 2).

Secara keseluruhan tingkat konsentrasi Hg dalam media memberikan pengaruh yang signifikan terhadap semua variabel pertumbuhan tanaman yang diamati (pertambahan biomasa tanaman hidup, penutupan permukaan dan tanaman mati). Semakin tinggi konsentrasi Hg dalam media semakin rendah *survival* tanaman.

Performan tanaman tidak berbeda nyata pada perlakuan Hg konsentrasi 30 ppm dan 50 ppm Hg. Pemberian bakteri perombak Hg memberikan pengaruh yang signifikan terhadap semua variable yang diamati. Secara keseluruhan performan tanaman lebih baik pada perlakuan pemberian mikroba (Tabel 2).

Pada perlakuan media diberi mikroba terdeteksi adanya pertumbuhan kembali

atau *recovery* setelah tanaman mengalami stress toksisitas. Hal ini jelas terlihat pada perlakuan Hg 50 ppm dan Hg 30 ppm dengan mikroba. Tanaman pada kedua perlakuan ini menunjukkan penutupan permukaan lebih tinggi yakni 38.33% pada Hg 30 ppm dan 35% pada Hg 50 ppm, dibandingkan tanpa perlakuan mikroba masing-masing 25% dan 15% (Tabel 1).

Tabel 1. Perbandingan Survival *Salvinia molesta* pada Berbagai Tingkat Konsentrasi Merkuri dengan Mikroba Perombak Hg (TB) dan Tanpa Mikroba Perombak Hg (T)

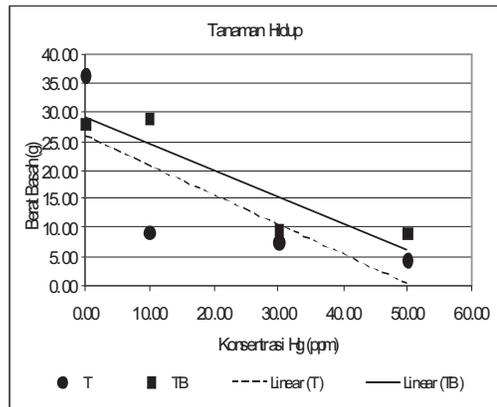
Perlakuan	Berat Basah Tanaman Hidup (g)		Berat Basah Tanaman Mati (g)		Penutupan Permukaan (%)	
	Tanpa Mikroba	Dengan Mikroba	Tanpa Mikroba	Dengan Mikroba	Tanpa Mikroba	Dengan Mikroba
0.00	36.37	27.89	1.70	1.40	93.33	100.00
10.00	9.07	28.80	2.37	0.93	26.67	100.00
30.00	7.60	9.60	2.67	1.80	21.67	38.33
50.00	4.43	8.83	3.27	4.10	15.00	35.00

Tabel 2. Hasil Analisa Statistik Tanaman Hidup, Tanaman Mati dan Penutupan Permukaan

Perlakuan	Tanaman Hidup (g BB)	Tanaman Mati (g BK)	Tanaman Hidup (g BB)	Penutupan Permukaan (%)
Konsentrasi Hg (ppm) :				
0.00	54.767a	1.0793 a	0.517 b	96.667 a
10.00	37.533 ab	0.7498 ab	1.650 1b	63.333 b
30.00	24.100 bc	0.4747 b	2.233 a	30.000 c
50.00	13.000 c	0.3718 b	2.780 a	27.000 c
Mikroba :				
Tanpa	24.658 b	0.5238 b	2.217 a	39.167 b
Dengan	42.500 a	0.853 a	1.246 a	73.182 a

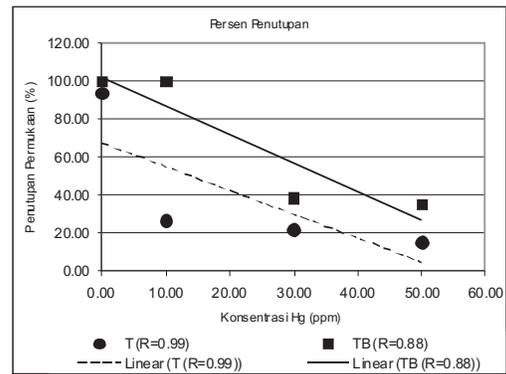
Ada korelasi yang cukup tinggi antara tingkat konsentrasi Hg media dengan variabel-variabel pertumbuhan (tanaman hidup, tingkat kematian dan penutupan permukaan). Akan tetapi dengan adanya gejala *recovery* pada tanaman pada perlakuan mikroba maka korelasi antara tingkat konsentrasi Hg dan peubah-peubah pertumbuhan menjadi lebih rendah pada perlakuan mikroba dibandingkan perlakuan tanpa mikroba. Pada perlakuan

tanpa mikroba korelasi antara konsentrasi Hg dengan tanaman hidup, penutupan permukaan dan tanaman mati masing-masing $R = 0.978$, $R = 0.990$ dan $R = 0.982$. Sementara pada perlakuan mikroba korelasi antara konsentrasi Hg dengan tanaman hidup, penutupan permukaan dan tanaman mati masing-masing adalah $R = 0.883$, $R = 0.880$ dan $R = 0.968$. Hal ini dan diduga disebabkan oleh adanya penurunan toksisitas Hg dengan adanya mikroba.



Keterangan: T: Perlakuan Tanpa Mikroba ($R=0.978$); TB: Perlakuan Dengan Mikroba ($R=0.883$)

Gambar 1. Korelasi Antara Tanaman Hidup (*Survival*) dan Konsentrasi Hg dalam Media

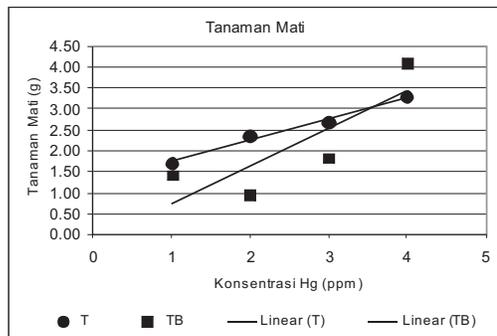


Keterangan: T: Perlakuan Tanpa Mikroba ($R=0.990$); TB: Perlakuan Dengan Mikroba ($R=0.880$)

Gambar 3. Korelasi Antara Penutupan Permukaan oleh Tanaman dan Konsentrasi Hg dalam Media

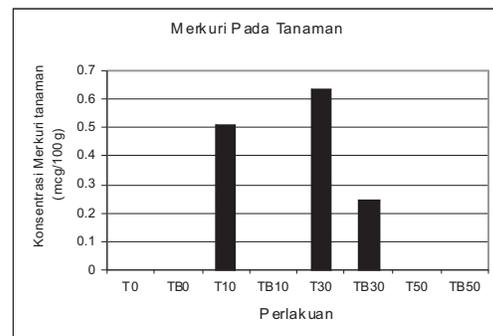
3.2. Serapan Merkuri pada Tanaman

Analisis serapan Hg untuk beberapa sampel masih sedang dalam pengerjaan dan pengulangan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Hasil sementara yang dapat dilaporkan adalah sebagaimana yang tertera pada Gambar 4. Akumulasi Hg dalam tanaman cukup tinggi pada perlakuan Hg 10 ppm dan 30 ppm pada perlakuan tanpa mikroba dan Hg 30 ppm pada perlakuan mikroba (Gambar 4).



Keterangan: T: Perlakuan Tanpa Mikroba ($R=0.982$); TB: Perlakuan Dengan Mikroba ($R=0.968$)

Gambar 2. Korelasi Antara Tanaman Mati dan Konsentrasi Hg dalam Media



Keterangan: T: Perlakuan Tanpa Mikroba; TB: Perlakuan Dengan Mikroba

Gambar 4. Konsentrasi Hg pada Tanaman pada Berbagai Perlakuan Hg dan Mikroba.

Sesuai dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa kandungan Hg pada berbagai jenis tanaman akumulator Hg meningkat dengan meningkatnya tingkat kontaminasi Hg media. Beberapa penelitian⁶⁾ melaporkan bahwa kandungan Hg pada beberapa jenis tanaman yang tumbuh pada media yang tidak terkontaminasi Hg tidak lebih dari 0.1 microg/g, tetapi konsentrasi Hg dalam tanaman yang tumbuh di tempat yang terkontaminasi Hg biasanya lebih tinggi. Kandungan Hg pada kisaran nilai 0.37-3.10 microg/g terdapat pada 5 jenis tumbuhan liar yang dikoleksi dari tanah penambangan Almaden yang terkontaminasi merkuri. Tingkat merkuri sebesar 0.16-1.40 microg/g terdeteksi pada 5 jenis herba yang ditanam di larutan hara yang mengandung 200 microg/g. Kandungan merkuri pada *Cyperus monocephala* dan *Digitaria radicata* meningkat dengan meningkatnya kandungan merkuri pada media.⁷⁾

Dengan berbagai perlakuan tingkat toksisitas merkuri dapat dikurangi, diantaranya dengan perlakuan kelat dan mikroba. Pada perlakuan kelat kecenderungan bahwa tanaman lebih baik pertumbuhannya. Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa aplikasi kelat cenderung memberikan pengaruh pada pertumbuhan dan produksi biomasa tanaman yang lebih baik dibandingkan tanpa kelat, yang terdeteksi pada *Cyperus monocephala* dan *Digitaria radicata*³⁾, *Salvinia molesta*⁸⁾, *Centrocema pubescens* dan *Enterolobium cyclocarpum*.⁹⁾ Pada beberapa penelitian disimpulkan bahwa perlakuan kelat terbukti dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman walaupun belum dapat meningkatkan fitoekstraksi. Hal ini terjadi karena kelat membentuk ikatan kompleks dengan merkuri sehingga menjadi bentuk yang kurang toksik dan lebih mudah diserap oleh tanaman.

Demikian pula halnya dengan pengaruh mikroba perombak merkuri terhadap pertumbuhan tanaman akumulator.

Pada tanaman yang diberi perlakuan bakteri perombak Hg terjadi recovery yang ditunjukkan oleh adanya pertumbuhan daun baru. Pertumbuhan daun baru ini terdeteksi setelah tanaman stress dan mati. *Recovery* pada tanaman yang diberi perlakuan bakteri terlihat pada Hg 10, 30 dan 50 ppm. Akan tetapi pada Hg 50 ppm recovery tidak terjadi secepat pada Hg 30 ppm. Diperkirakan Hg 50 ppm merupakan tingkat dimana terjadi hambatan bagi tanaman untuk tumbuh dan recovery. Hal ini diduga karena bakteri yang diberikan dalam media berfungsi dalam merubah Hg dari bentuk yang toksik menjadi bentuk yang kurang toksik bagi tanaman atau berfungsi dalam menyerap dan mengakumulasi Hg dalam selnya.

Sesuai dengan temuan Prasat dkk¹⁰⁾ bahwa bakteri tertentu mampu memompa logam dari selnya dan mengoksidasi-reduksi atau memodifikasi ion-ion logam ke bentuk yang kurang toksik. Salah satunya adalah Operon yang mengandung gen yang dapat mendeteksi Hg (*merB*), mentransport Hg (*merT*), dan penyimpan Hg dalam periplasmik (*merP*). *MerB* mampu mengkatalis pemecahan berbagai bentuk Hg organik ke Hg²⁺. *MerB* memiliki enzim organomercurial lyase yang mengkatalisasi perombakan ikatan karbon menjadi ion Hg.

Pada penelitian ini *Salvinia molesta* menunjukkan toleransi dan akumulasi Hg yang tinggi. Berdasarkan kriteria tersebut maka *Salvinia molesta* dapat dikategorikan sebagai tanaman berpotensi sebagai akumulator merkuri. Untuk mencapai potensi yang lebih optimal masih diperlukan serangkaian penelitian lebih lanjut, termasuk perbaikan potensi genetik dan potensi fisiologis tanaman.¹⁰⁾

Perbaikan potensi fisiologis dan genetik ini sudah mulai banyak dilakukan. Beberapa informasi sudah mulai terungkap. Tanaman yang mengalami stres logam berat memproduksi radikal bebas dan oksigen reaktif untuk dapat bertahan terhadap stres sebelum mencapai tahap toleran

terhadap logam beracun. *Glutathione* digunakan untuk mensintesis PCs dan dithiol (GSSG). Siklus *ascorbate-glutathione* terlibat untuk bertahan terhadap stres. Asam organik berperan penting dalam toleransi logam dengan membentuk ikatan kompleks dengan logam untuk mendetoksifikasi logam *Metabolisme glutathion* dan asam organik sebagai kunci dari sifat hipertoleran logam. Sintesis dari substansi ini dimediasi oleh *enzim glutamylcysteine synthase dan glutathion synthase* yang terkait dengan metabolisme sistein dan sulfur. Tanaman transgenik yang dimodifikasi gen PCS dan *glutathion synthase* GCS dan GS dan enzim yang terkait dengan metabolisme sulfur i.e serine acetyl transferase mulai banyak diteliti.⁹⁾

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Pertumbuhan *salvinia* paling baik ditunjukkan oleh kontrol dan perlakuan Hg 10 ppm.
2. Pertumbuhan *salvinia* secara umum lebih baik pada perlakuan mikroba dibandingkan perlakuan tanpa mikroba.
3. Pertumbuhan *salvinia* terhambat dengan meningkatnya konsentrasi merkuri (Hg).
4. Penutupan permukaan oleh tanaman menurun dengan meningkatnya Hg
5. Kematian *salvinia* meningkat dengan meningkatnya konsentrasi Hg
6. Ada indikasi pertumbuhan kembali setelah keracunan (*recovery*), terutama pada perlakuan mikroba
7. Pemberian mikroba memberikan pengaruh pada pertumbuhan tanaman yang lebih baik pada tingkat konsentrasi Hg hingga 30 ppm. Pada konsentrasi 50 ppm (TB50) tidak ada indikasi (*recovery*)

DAFTAR PUSTAKA

1. Moreno, F.N., CWN Anderson and Stewart, R.B., 2005a. *Effect of thioligands on plant-Hg accumulation and volatilisation from mercury-contaminated mine tailings*. Plant and Soil 275: 233-246.
2. Moreno, F.N., Anderson, C.W.N., Stewart, R.B., & Robinson, B.H., 2005b. *Mercury volatilisation and phytoextraction from base-metal mine tailings*. Environmental pollution vol. 136: 341-352).
3. Chaney, RL., Brown, SL., YM Li, Angle, JS., Homer, F., Green, C., 1995. *Potential use of metal hyperaccumulators*. Mining Environ Management 3(3):9-11.
4. Meagher, RB., & Heaton, AC., 2005. *Strategies for the engineered phytoremediation of toxic element pollution : Mercury and arsenic*. J. Ind. Microbiol.Biotechnol 32 (11-12):502-513.
5. Pusat Penelitian Biologi-LIPI. 2007. Laporan Teknik .1127 hal.
6. Rodriguez, L., Rincon, J., Asencio, I., & Rodriguez, CL. 2007., *Capability of selected crop plants for shoot mercury accumulation from polluted soils: Phytoremediation perspectives*. Int. J. Phytoremediation 9(1): 1-13
7. Hidayati, N., Syarif, F., & Juhaeti, T., 2009. *Fitoekstraksi Merkuri pada Cyperus monocephala Endl. dan Digitaria radicata Presl. Miq yang Ditanam pada Media Terkontaminasi Merkuri dengan Perlakuan Kelat dan pH*. (Dalam proses publikasi di Jurnal Biologi Indonesia).

8. Juhaeti, T., Syarif, F., dan Hidayati, N., 2008. *Potensi Salvinia molesta D.S. Mitchell, Limnocharis flava (L.) Buchenau dan Monochoria vaginalis (Burm.f.) Presl Untuk Fitoekstraksi Merkuri di Sawah yang Tercemar Merkuri Akibat Kegiatan Penambang Emas Tanpa Izin (PETI)*. (Dalam proses publikasi di Jurnal Bidiversitas).
9. Suhertina, T., 2009. *Pengaruh Merkuri dan Aplikasi Kelat Terhadap Morfologi Tanaman Enterolobium cyclocarpum (Willd.) Griseb dan Centrosema pubescens Benth. Sebagai Alternatif Fito-Akumulator Merkuri*. Laporan Kerja Praktek Program Studi Biologi FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
10. Prasat, MNV., & Frietas, HMO., 2003. *Metal hyperaccumulation in plants-Biodiversity prospecting for phytoremediation technology*. Electronic J.of Biotechnol. 6(3):Des. 2003.