

Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas

Inventarization of potential plant for phytoremediation on degraded land and water mined

TITI JUHAETI*, FAUZIA SYARIF, NURIL HIDAYATI

Laboratorium Fisiologi Stres, Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bogor 16002.

Diterima: 22 Oktober 2004. Disetujui: 6 Desember 2004.

ABSTRACT

One of the most important problems in degraded mined ecosystem is contamination of soil and water by toxic substances, mainly heavy metal such as Pb and others such as cyanide. Phytoremediation could be used as an alternative technique to overcome this problem. Phytoremediation is defined as clean up of pollutants primarily mediated by photosynthetic plants. These plants have several beneficial characteristics such as the ability to accumulate metal in their shoots and an especially high tolerance to heavy metals. This research was carried out to study the potencies of local species to accumulate Pb and cyanide. Seventeen species were collected from mined waste area (namely tailing area) and then the cyanide and Pb accumulated in each species were analyzed. The result showed that some species accumulated Pb and cyanide in high concentration such as *Ipomoea* sp. (35.70 ppm cyanida) and *Mikania cordata* (Burm.f.) B.L.Robinson (11.65 ppm Pb). A series of research is needed to prove that these species are potential as heavy metal and cyanide accumulators.

© 2005 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Keywords: phytoremediation, heavy metal, gold mined.

PENDAHULUAN

Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Akhir-akhir ini teknik reklamasi dengan fitoremediasi mengalami perkembangan pesat karena terbukti lebih murah dibandingkan metode lainnya, misalnya penambahan lapisan permukaan tanah. Fitoremediator tersebut dapat berupa herba, semak bahkan pohon. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi.

Sudah banyak hasil penelitian yang membuktikan keberhasilan penggunaan tumbuhan untuk remediasi dan tidak sedikit tumbuhan yang dibuktikan sebagai hiperakumulator adalah species yang berasal dari daerah tropis. Species tersebut diantaranya *Thlaspi calaminare* untuk seng (Zn), *T. caerulescens* untuk kadmium (Cd), *Aeolanthus biformifolius* untuk tembaga (Cu), *Phyllanthus serpentinus* untuk nikel (Ni), *Haumaniastrum robertii* untuk kobalt (Co) *Astragalus racemosus* untuk selenium (Se), dan *Alyxia rubricaulis* untuk mangan (Mn) (Li, et. al., 2000 dalam Wise et. al., 2000). Selain itu *Brachiaria mutica* untuk air raksa (Hg) (Kartawinata, 2002, komunikasi pribadi). Review oleh Cannon (1960) serta Baker dan Brooks (1989) menunjukkan bahwa sedikitnya ada satu taksa tumbuhan yang bersifat hiperakumulator untuk kadmium, 28 taksa untuk kobalt, 37 taksa untuk tembaga, sembilan taksa untuk magnesium, 317 taksa untuk nikel dan 11 taksa untuk seng.

Indonesia memiliki keragaman jenis tumbuhan endemik/ lokal yang tinggi. Dengan banyaknya jenis flora yang dimiliki Indonesia, diperkirakan tidak sedikit pula jenis tumbuhan yang memiliki potensi sebagai hiperakumulator yang dapat digunakan untuk meremediasi lingkungan yang tercemar. Seiring bertambahnya waktu, di tempat penimbunan tailing PT. Aneka Tambang (Antam), Pongkor, Bogor, tumbuh berbagai jenis tumbuhan rumput dan gulma berdaun lebar. Potensi ini dapat dimanfaatkan untuk mencari jenis-jenis tumbuhan yang potensial untuk fitoremediasi. Penelitiannya diarahkan untuk mendapatkan jenis tumbuhan yang dapat beradaptasi pada tanah dengan tingkat kelarutan logam yang relatif tinggi. Tumbuhan yang mampu tumbuh dengan baik di lahan tersebut berarti mempunyai toleransi yang baik untuk hidup pada lahan marginal. Dari sekian keragaman jenis di lahan tersebut, diduga terdapat jenis yang potensial untuk dikembangkan sebagai tumbuhan fitoremediator. Penelitian ini lebih menitikberatkan pada tumbuhan pionir yang tumbuh di lahan tersebut. Tumbuhan yang diharapkan adalah yang mampu menyerap polutan dalam jumlah tinggi dalam waktu singkat. Sifat hipertoleran terhadap logam berat dan sianida adalah kunci karakteristik yang mengindikasikan sifat hiperakumulator tumbuhan potensial tersebut.

Dengan semakin meluasnya kasus kontaminasi tanah dan perairan oleh logam berat serta adanya perkembangan ilmu fitoremediasi yang pesat, maka teknik rehabilitasi alternatif yang relatif murah dan efektif ini perlu dikembangkan. Untuk itu perlu dikembangkan penelitian tentang jenis-jenis tumbuhan yang mampu mengakumulasi logam berat dan bahan toksik lain misalnya sianida sehingga lahan menjadi aman bagi kesehatan dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari jenis-jenis tumbuhan yang dapat menyerap logam berat dan sianida dalam jumlah banyak sehingga dapat dipakai dalam fitoremediasi.

▼ Alamat korespondensi:

Jl. Ir. H. Juanda 22, Bogor 16002.
Tel.: +62-251-322035. Fax.: +62-251-336538.
e-mail: herbogor@indo.net.id

BAHAN DAN METODE

Deskripsi lokasi penelitian

Area penimbunan limbah tailing sisa pengolahan emas di PT. Antam Pongkor, Bogor dipakai sebagai daerah penelitian karena limbah tailing ini pada awalnya merupakan bahan beracun dan berbahaya. Tailing merupakan limbah lumpur sisa proses sianida CIL (proses pelarutan emas dan perak, yang diikuti penyerapan oleh karbon aktif). Pada pengolahan emas di pertambangan ini, emas dan perak dilarutkan secara selektif menggunakan larutan sianida dengan konsentrasi 700-900 ppm. Penambahan Pb-nitrat dilakukan sebagai katalis pelarutan perak. Kandungan sianida yang masih tinggi di dalam tailing diambil kembali melalui pengaliran air yang dihasilkan dari *Counter Current Decantation Thickener*, kemudian dikembalikan ke dalam proses penggilingan (*milling*) dan peluruhan (*leaching*) dalam pengolahan emas. Lumpur tailing dipompakan ke unit backfill cyclone untuk mendapatkan fraksi kasar ($\pm 10 \mu$) yang selanjutnya digunakan sebagai material pengisi rongga di dalam tambang dan ditampung juga di tailing dam (Antam, 2002).

Secara periodik, lumpur yang mengendap di dam tailing diangkat dan ditimbun sementara pada lahan di sekitar dam tersebut. Lumpur tanah ini mempunyai beberapa sifat kimia yang kurang menguntungkan. Hasil analisis tanah sifat kimia lumpur tailing sebagai berikut: pH KCl 6,8, pH H₂O 7,8, Cu total 1260 ppm, Fe tersedia 130 ppm, Pb total 524 ppm, P₂O₅ total 174 mg/100g, P₂O₅ tersedia tidak terukur, K₂O total 72 mg/100g, K₂O tersedia 51 mg/100g, C organik 0,3%, N total 0,3%, Ca_{dd} 16,6 me/100g, Mg_{dd} 3,3 me/100g, K_{dd} 2,0 me/100g, Na_{dd} 3,0 me/100g, KTK 29,0 me/100g dan KB 86% (Siringoringo *et. al.*, 2001). Memperhatikan nilai tersebut maka lahan tempat penimbunan tailing ini merupakan lahan kritis.

Analisis lumpur tailing yang dilakukan tahun 2001 menunjukkan Pb total tanah tailing yang tinggi yakni 524 ppm. Analisis tahun 2003 menunjukkan kandungan Pb pada tanah tailing berkisar 55-63,2 ppm, hal ini tetap merupakan nilai yang tinggi (Siringoringo *et al.*, 2001). Unsur Pb merupakan kelompok logam berat yang tidak esensial bagi tumbuhan, bahkan dapat mengganggu siklus hara dalam tanah. Unsur Pb sampai saat ini masih dipandang sebagai bahan pencemar yang dapat menimbulkan pencemaran tanah dan lingkungan.

Inventarisasi dan skrining potensi penyerapan logam berat dalam tumbuhan pada penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil penelitian tumbuhan yang telah dilakukan sebelumnya oleh Sambas (Sambas, 2002; Sambas dan

Dirman, 2002). Lokasi penelitian adalah areal penampungan limbah pengolahan emas milik PT Aneka Tambang di Pongkor, Desa Bantar Karet, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson daerah ini memiliki tipe iklim A dengan curah hujan sekitar 4 000-6 000 mm per tahun dengan ketinggian 620-650 m dpl. (Sambas, 2002).

Jenis tumbuhan yang dipelajari dalam penelitian ini sebagian dipilih mengikuti hasil penelitian sebelumnya yakni inventarisasi jenis tumbuhan di sekitar dam tailing (Sambas, 2002). Dalam penelitian tersebut digunakan metode pencacahan transek dan petak. Tiga buah transek ditarik tegak lurus dam tailing berlawanan arah jarum jam. Jarak antar transek sekitar 40 m. Dalam tiap transek dibuat 5 petak berukuran 1 m x 1 m dengan interval 5 m sehingga didapat 15 petak. Setiap tumbuhan bawah dicatat nama jenis, jumlah individu dan areal penutupannya (Tabel 1). Dari hasil inventarisasi ini diperoleh daftar jenis tumbuhan yang tumbuh di sekitar dam tailing disertai nilai penting, frekuensi keberadaannya di lokasi, jumlah individu, dan luas penutupan tajuk. Dari daftar tersebut kemudian dipilih beberapa jenis yang termasuk dominan atau jenis yang memiliki tingkat populasi paling tinggi pada saat pengambilan sampel, yakni pada akhir musim hujan bulan April 2003. Sampel tumbuhan kemudian diinventarisasi kembali nama jenisnya dan dianalisis potensi akumulasi Pb dan sianida di dalam jaringannya. Analisis Pb dilakukan dengan AAS, sedangkan sianida secara Spektrofotometri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah tailing

Hasil analisis kandungan kimia tanah tailing tertera pada Tabel 2. dari tabel ini diketahui bahwa tanah tailing merupakan tanah yang miskin hara. Kandungan nitrogen tanah tergolong sangat rendah karena nilainya N < 0,1% sedangkan kandungan fosfor medium (CSR/FAO, 1983). Kandungan logam berat terutama timbal (Pb) cukup tinggi yaitu 55-63,2 ppm. Hasil analisis ini berbeda dengan hasil analisis yang dilakukan tahun 2001 oleh Siringoringo *et. al.* (2001) yang menunjukkan nilai Pb total 524 ppm. Hal ini diduga karena penanganan limbah oleh PT Antam menjadi lebih baik atau telah terjadi pencucian dari sampel lumpur limbah tersebut oleh air hujan.

Jenis tumbuhan hipertoleran serta kandungan sianida dan timbal

Sifat hipertoleran terhadap logam berat adalah kunci karakteristik yang mengindikasikan sifat hiperakumulator suatu tumbuhan. Suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator apabila memiliki karakter-karakter sebagai berikut: (i) Tumbuhan memiliki tingkat laju penyerapan unsur dari tanah yang lebih tinggi dibandingkan tanaman lainnya, (ii) Tumbuhan dapat mentoleransi unsur dalam tingkat yang tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, dan (iii) Tumbuhan memiliki laju translokasi logam berat dari akar ke tajuk yang tinggi sehingga akumulasinya pada tajuk lebih tinggi dari pada akar (Brown *et al.*, 1995).

Di tempat penimbunan lumpur tailing tumbuh dengan cukup subur beberapa jenis tumbuhan. Untuk

Tabel 1. Beberapa jenis tumbuhan di areal Tailing Dam Pongkor, Bogor.

Jenis	Suku	Frekuensi	Jumlah Individu	Luas penutupan (m ²)	Nilai penting (%)
1. <i>Cyperus haspan</i>	Cyperaceae	1	1	0,05	1,08
2. <i>Echinochloa</i> sp	Poaceae	1	1	0,25	1,75
3. <i>Cyperus kyllingia</i>	Cyperaceae	1	1	0,10	1,25
4. <i>Fimbristylis annua</i>	Cyperaceae	1	1	0,02	0,98
5. <i>Panicum repens</i>	Poaceae	3	3	1,25	6,95
6. <i>Mikania cordata</i>	Asteraceae	5	5	0,66	6,78
7. <i>Sonchus arvensis</i>	Asteraceae	2	2	0,17	2,39

Tabel 2. Kandungan kimia lumpur tailing limbah pengolahan emas PT Antam, Pongkor

Ekstrak 1:5			Terhadap contoh kering 105°C					
pH		N (%)	Olsen		Morgan (ppm)			Cd
H ₂ O	KCl		P ₂ O ₅ (ppm)	K	Fe	Zn	Pb	
8,0	7,9	0,01	15	68,9	88,4	8,3	55,0	0,47
8,4	8,2	0,01	17	79,8	110,4	9,4	63,2	0,50

Tabel 3. Kandungan sianida dan timbal pada tumbuhan yang tumbuh dominan di sekitar tailing dan PT. Antam Pongkor, Bogor.

Jenis tumbuhan	Famili	Kandungan (ppm)	
		Sianida	Pb
1. <i>Sonchus arvensis</i> L.	Asteraceae	3,09	3,46
2. <i>Mikania cordata</i> (Burm.f.)B.L.Robinson	Asteraceae	3,66	11,65
3. <i>Limnocharis flava</i> *)	Butomaceae	9,59	n.a
4. <i>Ipomoea</i> sp	Convolvulaceae	35,70	7,3
5. <i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	Cyperaceae	1,54	4,93
6. <i>Cyperus compactus</i> Retz	Cyperaceae	2,91	1,79
7. <i>Cynodon dactylon</i>	Cyperaceae	1,05	0,63
8. <i>Echinochloa colona</i> Link	Poaceae	6,13	2,00
9. <i>Calopogonium mucunoides</i> Desv	Poaceae	3,35	6,16
10. <i>Eulisia indica</i> (L.) Gaertn	Poaceae	1,18	4,67
11. <i>Ishaemum timorense</i>	Poaceae	n.a	0,63
12. <i>Azolla</i> *)	Salviniaceae	4,62	n.a
13. <i>Scoparia dulcis</i> L.	Scropulariaceae	4,72	6,13

Keterangan: n.a = tidak dilakukan analisis kandungan sianida dan timbal pada jaringan tumbuhan; *) Sampel diambil dari perairan sekitar dam tailing.

tujuan fitoremediasi diutamakan tumbuhan yang bersifat semak, perdu atau jenis rerumputan. Dari tumbuhan yang mempunyai populasi terbanyak diambil sampelnya untuk kemudian diidentifikasi dan dianalisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan sianidanya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa populasi tumbuhan terbanyak berasal dari famili *Amaranthaceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Convolvulaceae*, *Asteraceae*, dan *Scropulariaceae*.

Dari hasil penelitian terdahulu pada tahun 2002 diperoleh sebanyak 64 jenis tumbuhan bawah yang termasuk ke dalam 57 marga dan 30 suku dengan jumlah suku terbanyak *Poaceae* dan *Asteraceae* dengan jumlah jenis masing-masing 11 dan 9. Diantara tumbuhan tersebut terdapat beberapa jenis yang dominan termasuk *Mikania cordata*, *Mimosa pudica*, *Mimosa pigra*, *Crotalaria* sp., *Panicum repens*, dan *Sonchus arvensis* (Sambas, 2002). Vegetasi yang tercatat merupakan jenis-jenis pionir dan sekunder yang tahan hidup pada kondisi miskin hara. Di antara jenis tumbuhan tersebut diharapkan ada yang memiliki potensi sebagai tumbuhan hiperakumulator atau tumbuhan yang mampu mengakumulasi logam berat dan sianida, sebagai bahan kontaminan yang utama di areal ini, dalam jumlah yang signifikan dibandingkan tumbuhan normal. Hasil analisis penyerapan logam berat dan sianida oleh tumbuhan di sekitar penampungan limbah dam tailing ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. menunjukkan bahwa beberapa tumbuhan memiliki potensi untuk menyerap logam berat maupun sianida. *Ipomoea* sp yang tumbuh di sekitar tailing, merupakan jenis liar dan berperawakan kecil menunjukkan kandungan sianida yang tinggi, yakni 35,70 ppm sehingga *Ipomoea* sp ini perlu diteliti lebih lanjut potensinya dalam menyerap sianida. Sementara itu *Mikania cordata* (Burm.f.) B.L.Robinson juga menunjukkan kandungan timbal (Pb) yang tinggi, yakni 11,65 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa ke dua tumbuhan tersebut mempunyai toleransi yang tinggi terhadap lingkungan marginal di lahan penimbunan lumpur tailing sehingga diduga tumbuhan ini potensial sebagai fitoremediator terutama pada sianida dan Pb.

Azolla dan *Limnocharis flava* (genjer) yang diambil dari perairan sekitar dam tailing menunjukkan bahwa dalam genjer terkandung sianida dengan kadar tinggi, yakni 9,59 ppm. Pengamatan di lokasi menunjukkan genjer ini dipanen untuk dimanfaatkan penduduk sebagai makanan ternak atau bahkan dikonsumsi. *Azolla* juga mengandung sianida dalam jumlah yang cukup tinggi, yakni 4,62 ppm. Pada penelitian tentang potensi tumbuhan perairan untuk fitoremediasi, ternyata *azolla* juga mampu menyerap Pb

dalam jumlah yang cukup tinggi. Pertumbuhan *azolla* pada konsentrasi Pb 50 ppm lebih baik dibandingkan pada Pb 0 ppm (Juhaeti dan Syarif, 2003). Hasil pengamatan terhadap serapan sianida pada genjer dan *azolla* serta serapan Pb pada *azolla* menunjukkan bahwa genjer dan *azolla* potensial sebagai tumbuhan fitoremediator.

Jenis-jenis tumbuhan lainnya yang beradaptasi dan dominan di lahan terkontaminasi juga menunjukkan kemampuan akumulasi bahan kontaminan (berupa logam berat maupun bahan toksik lain) yang tinggi pada jaringannya, sehingga diharapkan berpotensi sebagai tumbuhan hiperakumulator

yang dapat dimanfaatkan untuk membersihkan kontaminan pada lahan maupun perairan yang tercemar (Juhaeti dan Syarif, 2003; Syarif dan Juhaeti, 2003; Hidayati dan Saefudin, 2003).

KESIMPULAN

Dari beberapa jenis tumbuhan yang toleran di lahan tailing ternyata beberapa jenis mampu mengakumulasi sianida dan timbal dalam jumlah yang cukup besar yakni *Ipomoea* sp untuk sianida (HCN) serta *Mikania cordata* (Burm.f.) B.L.Robinson dan *Azolla* untuk timbal (Pb). Dari perairan di sekitar tailing ternyata *Azolla* dan *Limnocharis flava* juga menyerap sianida.

DAFTAR PUSTAKA

- Antam. 2002. *Sekilas Informasi Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor*. Bogor: PT. Aneka Tambang Tbk.
- Baker, A.J.M. and R.R. Brooks. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metal elements a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1:81-126
- Brown S.L., R.L.Chaney, J.S.Angle and A.J.M. Baker. 1995. Zinc and Cadmium uptake by hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* grown in nutrient solution. *Soil Science Society of America Journa* 59:125-133.
- Cannon, H.L. 1960. Botanical prospecting for ore deposits. *Science* 132: 591-598.
- CSR/FAO. 1983. *Reconnaissance Land Resource Surveys. Atlas Format Procedure*. Bogor: Center for Soil Research.
- Hidayati, N. dan Saefudin. 2003. *Potensi Hiper toleransi dan Serapan Logam Beberapa Jenis Tumbuhan terhadap Limbah Pengolahan Emas*. [Laporan Teknik]. Bogor: Proyek Pengkajian dan Pemanfaatan Sumberdaya Hayati. Pusat Penelitian Biologi. LIPI.
- Juhaeti, T. dan F. Syarif. 2003. *Studi Potensi Beberapa Jenis Tumbuhan Air untuk Fitoremediasi*. [Laporan Teknik]. Bogor: Proyek Pengkajian dan Pemanfaatan Sumberdaya Hayati. Pusat Penelitian Biologi. LIPI. Bogor .
- Sambas, E.N. dan Dirman. 2002. *Analisis Vegetasi Hutan Sekitar Tailing Dam Pongkor*. [Laporan Teknik]. Bogor: Pusat Penelitian Biologi LIPI.
- Sambas, E.N. 2002. *Analisis Vegetasi Tumbuhan Bawah pada Areal Tailing Dam PT Aneka Tambang (Antam) Pongkor*. [Laporan Teknik]. Bogor: Pusat Penelitian Biologi, LIPI. Bogor.
- Siringoringo, H.H., C.A. Siregar, N.M. Heryanto, Kusmara, A. Rusmana, Jejen, dan Fauzi. 2001. *Inventarisasi Lahan Kritis di KW Eksploitasi PT Aneka Tambang Tbk Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor*. [Laporan Kegiatan Kerjasama]. Bogor: PT Aneka Tambang Tbk Unit Bisnis Pertambangan Emas dengan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Balai Taman Nasional Gunung Halimun, PT Perhutani KPH Bogor dan Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Bogor.
- Syarif, F. dan T. Juhaeti. 2003. *Pertumbuhan, Serapan Hara dan Logam Berat Berbagai Jenis Rumput yang Ditanam pada Media Tanah Tercemar*. [Laporan Teknik]. Bogor: Proyek Pengkajian dan Pemanfaatan Sumberdaya Hayati. Pusat Penelitian Biologi. LIPI.
- Wise D.L, D.J Trantolo, E.J Cichon., H.I. Inyang, and U. Stottmeister (eds.) 2000. *Bioremediation of Contaminated Soils*. New York: Marcel Dekker Inc.