

**FITOREMEDIASI MERKURI DARI TANAH TERCEMAR LIMBAH
BEKAS TAMBANG EMAS RAKYAT
DENGAN RUMPUT TEKI (*Cyperus kyllingia*)**

***MERCURY PHYTOREMEDIATION FROM PEOPLE'S GOLD-USED
MINING WASTE WITH TEKI GRASS (*Cyperus kyllingia*)***

Yudha Ade Candra¹⁾, Suslam Pratamaningtyas¹⁾, Yuni Agung Nugroho¹⁾

¹⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Widyagama Malang
email: yadecandra@gmail.com

ABSTRAK

Polusi lingkungan akibat kegiatan penambangan dapat dikurangi dengan fitoremediasi. *Cyperus kyllingia* adalah salah satu tanaman *hyperaccumulator* yang dapat mengurangi kadar logam berat seperti Hg di Desa Sekotong Tengah, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. Penelitian ini dilakukan dengan menanam *C. kyllingia* dalam polybag 5 kg dengan perbandingan 70%: 30% tanah dan tailing emas. Tailing emas dibagi menjadi dua jenis, Sianidasi (T1) dan Amalgamasi (T2). Pada 53 DAP, ligan natrium sianida (NaCN) ditambahkan dengan 2 ligan berbeda, 4g dan 8g dalam tanah. *Cyperus kyllingia* menyerap 89,97 mg / kg Hg pada kanopi dan 78,21 mg / kg Hg pada akar. Penambahan ligan Natrium sianida (NaCN) dapat meningkatkan penyerapan Hg oleh *C. kyllingia*. Penyerapan Hg pada tanaman dengan penambahan ligan lebih tinggi daripada tanaman tanpa penambahan ligan.

Kata Kunci: *Cyperus kyllingia*, fitoremediasi, polusi Hg

ABSTRACT

Environmental pollution due to mining activities can be reduced by phytoremediation. Cyperus kyllingia is one of hyperaccumulator plant that can reduce heavy metal levels such as Hg in the Middle Sekotong Village, Sekotong District, West Lombok Regency. This research was conducted by planting C. kyllingia in a 5 kg polybag with 70%: 30% ratio of soils and gold tailings. Gold tailings was divided into two types, Cyanidation (T1) and Amalgamation (T2). At 53 DAP, sodium cyanide (NaCN) ligands was added with 2 different ligands, 4g and 8g in the soils. Cyperus kyllingia absorb 89,97 mg/kg Hg at canopy and 78,21 mg/kg Hg at root. Addition of ligands Sodium cyanide (NaCN) can increase absorption of Hg by C. killingia. Hg uptake in plants with the addition of ligands is higher than plants without the addition of ligands.

Key Words: *Cyperus kyllingia*, Hg pollution, phytoremediation

PENDAHULUAN

Pertambangan merupakan salah satu industri yang mempunyai resiko lingkungan yang tinggi dan selalu mendapatkan perhatian khusus dari masyarakat luas. Salah satu masalah yang sampai saat ini masih menjadi pekerjaan rumah bagi Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (KESDM) adalah maraknya kegiatan pertambangan emas tanpa ijin (PETI). Keadaan ini membuat pemerintah daerah sulit mengawasi dan mengontrol kegiatannya, sehingga banyak kasus lingkungan yang ditimbulkan dari maraknya kegiatan pertambangan tersebut.

Desa Sekotong Tengah, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, merupakan salah satu lokasi Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) di Indonesia yang telah beroperasi sejak tahun 2009 dengan metode Amalgamasi merkuri (Hg) untuk mendapatkan emas. Dalam setiap gram emas yang dihasilkan, terdapat sekitar 1-3 gram merkuri yang terlepas ke lingkungan dari proses Amalgamasi konsentrat (Telmer, 2007), di mana sebagian terlepas di udara dan sebagian lagi terlepas ke perairan bersama dengan

lumpur hasil pencucian. Suatu penelitian pada PESK di Filipina menunjukkan bahwa hanya 10% emas yang dapat diperoleh dengan metode Amalgamasi Hg tersebut (Hylander *et al.*, 2007).

Proses tradisional tersebut menyisakan limbah (berlumpur) yang mengandung merkuri dan berbagai logam berat lainnya yang mencemari lahan pertanian. Sisa lumpur yang dibuang ke lahan pertanian berdampak negatif terhadap produksi tanaman pangan karena pertumbuhan tanaman yang terhambat, bahkan tanaman mati akibat keracunan Hg.

Hasil analisis terdahulu yang dilakukan di laboratorium tanah Universitas Mataram menunjukkan bahwa kadar Hg dalam tanah di Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Tengah berkisar antara 25-40 ppm, sedangkan kandungan Hg dalam biji jagung dan padi yang tumbuh di lokasi pembuangan limbah sekitar 0,20 ppm (Krisnayanti *et al.*, 2012). Kandungan Hg tersebut jauh melebihi konsentrasi toleransi maksimum (0,002 ppm) menurut Ketentuan Pemerintah.

Kadar logam berat pada lahan pertanian dapat dikurangi dan

dinetralsir dengan metode yang murah yaitu fitoremediasi. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan hijau ataupun mikroorganisme yang berasosiasi untuk menyerap, memindahkan, menurunkan aktivitas unsur toksik, dan mengurangi kandungan senyawa toksik dalam tanah (Truu *et al.*, 2003). Hasil penelitian Hidayati *et al.*, (2009) menunjukkan bahwa ada spesies tanaman di lokasi PESK di Jawa Barat yang mampu mengakumulasi sampai dengan 20 ppm Hg, di antaranya *C. kyllingia*. Berkaitan dengan kemampuan *C. kyllingia* dalam menyerap Hg maka dilakukan penelitian fitoremediasi merkuri dari tanah tercemar limbah bekas tambang emas rakyat dengan rumput teki (*C. kyllingia*).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan September-November 2018 di rumah plastik (*screenhouse*) lahan percobaan Universitas Tribhuwana Tungadewi, Malang. Kegiatan analisis tanah dan tanaman dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Biologi Tanah Universitas Brawijaya, Malang.

Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah *tailing* limbah tambang emas Sianidasi dan Amalgamasi sebagai media tanam. Tanah *tailing* diambil dari tempat pertambangan emas di sekitar lahan pertanian di Desa Sekotong, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. Bahan kedua adalah tanaman rumput teki (*C. kyllingia*) sebagai bahan tanam. Tanaman ini diambil dari Kebun Raya Purwodadi, Kecamatan Purwodadi, Kabupaten Pasuruan.

Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan dan 3 ulangan. Penelitian dilakukan dengan menanam tanaman hiperakumulator logam merkuri (Hg) yaitu *C. kyllingia* di polibag ukuran 5 kg dengan perbandingan tanah dan *tailing* emas 70% : 30% serta *tailing* emas dibedakan menjadi dua jenis yaitu Sianidasi (T1) dan Amalgamasi (T2). Pada umur 53 HST diberikan ligan Natrium Sianida (NaCN)

dengan 2 takaran *ligan* yang berbeda yaitu 4g dan 8g pada media tanam.

Tabel 1. Perlakuan penelitian

No	Kode	Keterangan
1	T1	<i>Tailing 1</i> (campuran 70% tanah dan 30% <i>tailing</i> Sianidasi)
2	T2	<i>Tailing 2</i> (campuran 70% tanah dan 30% <i>tailing</i> Amalgamasi)
3	T1L0	<i>Cyperus kyllingia</i> pada <i>tailing 1</i> tanpa penambahan <i>ligan</i>
4	T1L1	<i>Cyperus kyllingia</i> pada <i>tailing 1</i> dengan penambahan <i>ligan</i> 4g Natrium Sianida/kg media
5	T1L2	<i>Cyperus kyllingia</i> pada <i>tailing 1</i> dengan penambahan <i>ligan</i> 8g Natrium sianida/kg media
6	T2L0	<i>Cyperus kyllingia</i> pada <i>Tailing 2</i> dengan tanpa penambahan <i>ligan</i>
7	T2L1	<i>Cyperus kyllingia</i> pada <i>tailing 2</i> dengan penambahan <i>ligan</i> 4g Natrium sianida/kg media
8	T2L2	<i>Cyperus kyllingia</i> pada <i>tailing 2</i> dengan penambahan <i>ligan</i> 8g Natrium sianida/kg media

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis ragam (*One way analysis of varians*). Apabila nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel dilanjutkan dengan uji BNJ dengan taraf 5%. Dan setiap parameter yang terkait dilakukan analisis regresi untuk mengetahui hubungan antar parameter pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Hg Sebelum Fitoremediasi

Nilai konsentrasi Hg awal sebelum fitoremediasi pada *tailing* Sianidasi (T1) sebesar 327 mg/kg dan Amalgamasi (T2) yaitu sebesar 393,6 mg/kg. Kedua jenis *tailing* ini

memiliki kandungan merkuri (Hg) yang sangat tinggi apabila dibandingkan dengan baku mutu air dan tanah golongan C sesuai dengan Kep-20/MENKLH/ I/1990 mengenai pedoman penetapan baku mutu lingkungan untuk air golongan C yaitu 0,002 ppm untuk Hg.

Tingginya akumulasi logam berat pada tanah dapat berakibat terhadap peningkatan kadar logam berat pada hasil tanaman yang dipanen. Konsentrasi logam berat dalam tanaman yang melampaui tingkat optimal dapat berpengaruh buruk terhadap tanaman karena logam berat tidak dapat terdekomposisi. Salah satu contoh pengaruh konsentrasi logam yang tinggi adalah

penghambatan enzim sitoplasma dan merusak struktur sel karena cekaman oksidatif (Jadia dan Fulekar, 2009). Selain itu tingginya kadar logam berat dapat menyebabkan menurunnya pertumbuhan tanaman yang terkadang dapat menyebabkan kematian (Handayanto, 2017).

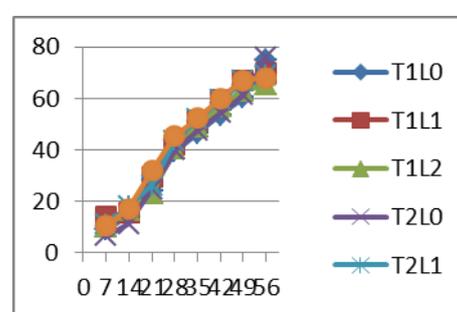
Pertumbuhan Tanaman

Jumlah Daun *C. kyllingia*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan *ligan* tidak berpengaruh nyata pada jumlah daun tanaman *Cyperus kyllingia* pada 56 HST. Pada perlakuan T1L0 dan T2L0 terus mengalami peningkatan jumlah daun, sedangkan pada perlakuan T1L1, T1L2, T2L1 dan T2L2 hanya mengalami sedikit peningkatan jumlah daun.

Pada saat tanaman mencapai umur 56 HST perlakuan terdapat peningkatan jumlah daun pada perlakuan T1L0 dan T2L0 karena tidak ada penambahan *ligan* Natrium Sianida (NaCN) pada kedua perlakuan tersebut. Sedangkan pada perlakuan T1L1 dan T2L1 tinggi tanaman hanya mengalami sedikit peningkatan sebagai akibat penambahan *ligan* Natrium Sianida

dengan dosis 4 g/kg dan 8 g/kg. Rata-rata jumlah daun tertinggi terdapat pada perlakuan T2L0 yaitu 75 daun dengan rata-rata peningkatan sebanyak 14 daun per minggu. Sedangkan rata – rata jumlah daun terendah terdapat pada perlakuan T2L2 yaitu daun 68 dengan rata – rata peningkatan sebanyak 1 daun per minggu.



Keterangan: T1 (Tanah tercemar *tailing* Sianidasi); T2 (Tanah tercemar *tailing* Amalgamasi); L0 (tanpa *ligan*); L1 (*ligan* 4g/kg); L2 (*ligan* 8g/kg)

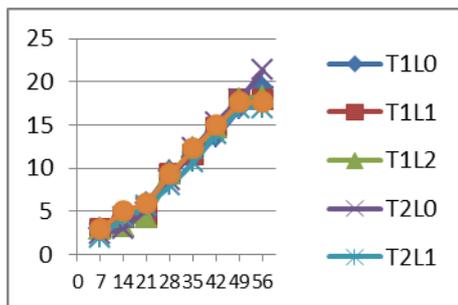
Gambar 1. Jumlah Daun *C. kyllingia*

Pemberian *ligan* Natrium Sianida dapat memaksimalkan penyerapan Hg yang terdapat pada media tanam sehingga Hg yang diserap mempengaruhi pertumbuhan tanaman, semakin banyak logam berat yang diserap tanaman dapat menurunkan pertumbuhan hingga menyebabkan kematian pada tanaman. Pada perlakuan

penambahan ligan natrium sianida terjadi penurunan tinggi tanaman disebabkan tanaman layu dan roboh akibat penyerapan Hg.

Jumlah Anakan *C. kyllingia*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa ligan berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan tanaman *C.kyllingia* pada saat tanaman mencapai umur 56 HST.



Keterangan: T1 (Tanah tercemar *tailing* Sianidasi); T2 (Tanah tercemar *tailing* Amalgamasi); L0 (tanpa ligan); L1 (ligan 4g/kg); L2 (ligan 8g/kg)

Gambar 2. Jumlah Anakan *C. kyllingia*

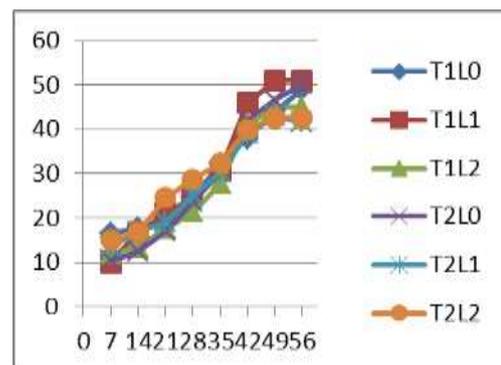
Pada perlakuan T1L0 dan T2L0 jumlah anakan terus meningkat, sedangkan pada perlakuan T1L1, T1L2, T2L1 dan T2L2 mengalami sedikit peningkatan jumlah anakan. Hal ini karena penambahan ligan natrium sianida menyebabkan meningkatnya serapan Hg dalam

jaringan tanaman *C. kyllingia* sehingga menghambat pembentukan tunas anakan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Shofi (2017) bahwa, penambahan ligan HgCl₂ menghambat perkecambahan benih kacang hijau lebih dari 90 %.

Rerata jumlah anakan tertinggi terdapat pada T2L0 yaitu 21 daun dengan rerata peningkatan 2 daun/minggu. Rerata jumlah anakan terendah terdapat pada perlakuan T2L1 dengan rerata jumlah daun 17.

Panjang Tanaman *C. kyllingia*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa ligan tidak berpengaruh nyata pada panjang tanaman *C. kyllingia* pada 56 HST.



Keterangan: T1 (tanah tercemar *tailing* sianidasi); T2 (Tanah tercemar *tailing* amalgamasi); L0 (tanpa ligan); L1 (ligan 4g/kg); L2 (ligan 8g/kg)

Gambar 3. Panjang Tanaman *C. kyllingia*

Perlakuan T1L0 dan T2L0 terus mengalami peningkatan pada rata-rata panjang tanaman, sedangkan pada perlakuan T1L1, T1L2, T2L1 dan T2L2 tidak. Hal ini disebabkan adanya penambahan *ligan*. Menurut Reichman (2002), tanaman pada kondisi tercemar akan memiliki mekanisme yang mencegah pemuatan logam ke dalam xilem secara berlebih untuk melindungi tanaman dari konsentrasi logam yang tinggi sehingga tanaman dapat bersifat toleran.

Hasil pengamatan pada 49 HST dan 56 HST menunjukkan bahwa ada perbedaan panjang tanaman dari masing-masing perlakuan. Rata-rata panjang tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan T1L1 dengan rata-rata panjang

tanaman 52 cm tanpa adanya peningkatan. Sedangkan rata-rata jumlah anakan terendah terdapat pada perlakuan T2L1 dengan rata-rata panjang tanaman 42 cm tanpa adanya peningkatan.

Berat kering *C. kyllingia*

Berat kering total tertinggi terdapat pada T1L0 dan terendah pada T2L2 dengan berat kering total T2L0 adalah 30,23 g sedangkan berat kering total T2L2 adalah 14,23 g. Ini karena pada tanaman perairan dan daratan, *toksisitas* Hg menyebabkan penurunan produksi biomassa tanaman, aktivitas fotosintesis, total klorofil, maupun kandungan nitrogen, fosfor dan kalium (Ferreira, *et al.*, 1998).

Tabel 2. Berat Kering *C. kyllingia*

Perlakuan	Berat kering Akar (g/tanaman)	Berat kering Tajuk (g/tanaman)	Berat kering total (g/tanaman)
T1L0	3,88 b	26,36 b	30,23
T1L1	3,30 ab	18,23 ab	21,53
T1L2	2,66 ab	14,90 ab	17,56
T2L0	3,20 ab	23,43 ab	26,63
T2L1	2,36 ab	14,46 ab	16,83
T2L2	1,60 a	12,63 a	14,23
Nilai BNJ	0,36	19,48	-

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5 %; T1 (Tanah tercemar *tailing* Sianidasi); T2 (Tanah tercemar *tailing* Amalgamasi); L0 (tanpa ligan); L1 (ligan 4g/kg); L2 (ligan 8g/kg).

Berat Kering Akar *C. kyllingia*

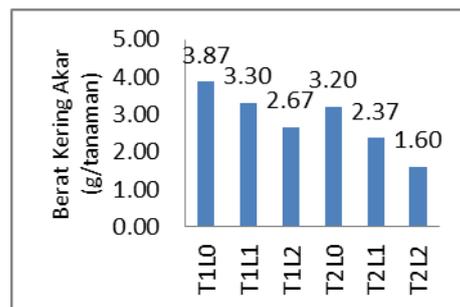
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan *ligan* berpengaruh nyata pada berat kering akar *C. kyllingia*. Berat kering akar tertinggi didapat pada perlakuan T1L0 sebesar 3,86 gram. Hal ini

karena tidak adanya penambahan *ligan* Natrium Sianida sehingga pertumbuhan akar *C. kyllingia* tidak terganggu dan setiap minggunya mengalami peningkatan.



Gambar 4. Akar *Cyperus kyllingia* setelah tanam

Fauziah (2009) menyatakan bahwa kondisi *tailing* sekitar lubang tanam yang memadat menyebabkan buruknya sistem tata air yang secara langsung dapat membawa dampak negatif terhadap fungsi dan perkembangan akar. Ini menyebabkan akar tidak dapat berkembang dengan sempurna dan fungsi sebagai alat *absorpsi* unsur hara dan air akan terganggu. Akibatnya tanaman tidak dapat berkembang dengan normal, dan pertumbuhannya tetap kerdil.



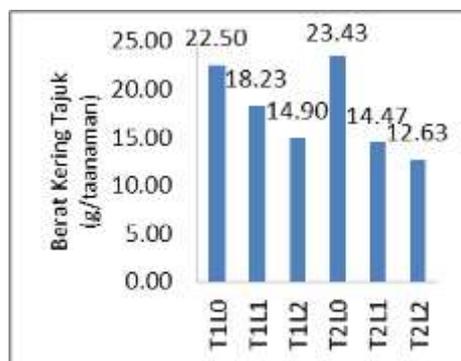
Gambar 5. Berat Kering Akar *C. kyllingia*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat kering akar pada perlakuan L1 dan L2 lebih rendah dibanding dengan L0. Berat

kering akar terendah didapatkan pada perlakuan L2 sebesar 1,60 g.

Berat Kering Tajuk *C. kyllingia*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan *ligan* berpengaruh nyata pada berat kering tajuk *Cyperus kyllingia*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada perlakuan L0 (tanpa penambahan *ligan*) memiliki nilai rerata berat kering paling tinggi sebesar 22,50 gram, karena pada perlakuan L1 (*ligan* 4g/kg) dan L2 (*ligan* 8 g/kg) tanaman menyerap Hg dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan dengan L0 (tanpa *ligan*).



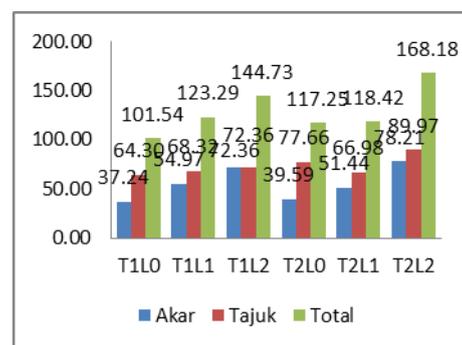
Gambar 6. Berat Kering Tajuk *C. kyllingia*

Serapan Hg *C. kyllingia*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan *ligan* berpengaruh sangat nyata pada serapan Hg total. Bagian dari

tanaman *C. kyllingia* yang paling banyak menyerap Hg dalam tanah adalah pada bagian tajuk tanaman.

Cyperus kyllingia termasuk tanaman yang hipertoleran terhadap Hg karena dapat hidup menyerap logam berat yang berada pada media tanam *tailing* tersebut. Sesuai dengan Chaney, *et al.* (1997) bahwa sejumlah spesies dari beberapa famili memiliki kemampuan hipertoleran yaitu dapat mentolerir unsur logam dalam konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, dan sifat hiperakumulator yang berarti dapat mengakumulasi unsur logam tertentu bahwa kompleks Hg dapat meningkatkan kelarutan Hg dalam dengan konsentrasi tinggi dalam tajuk dan akarnya.



Gambar 7. Serapan Hg Total *C. kyllingia*

Tabel 3. Serapan Hg Pada Akar *C. kyllingia*

Perlakuan	Berat kering (g/tanaman)	Serapan (mg/kg)
T1L0	3,86 b	37,24
T1L1	3,30 ab	54,97
T1L2	2,66 ab	72,36
T2L0	3,20 ab	39,59
T2L1	2,36 ab	51,44
T2L2	1,60 a	78,21
Nilai BNJ	0,36	27,68

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5 % ; T1 (Tanah tercemar *tailing* Sianidasi); T2 (Tanah tercemar *tailing* Amalgamasi); L0 (tanpa ligan); L1 (ligan 4g/kg); L2 (ligan 8g/kg).

Serapan Hg pada akar *C. kyllingia*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan ligan berpengaruh sangat nyata pada serapan akar. Hal ini didukung dengan pernyataan Irwan (2009) yang menyatakan air sehingga lebih mudah diserap akar tanaman.

Serapan Hg tertinggi pada T2L2 yaitu 78,21 mg/kg sedangkan paling rendah pada T1L0 yaitu 37,24 mg/kg. Pada L0 didapatkan berat kering yang cukup tinggi, namun terbukti bahwa penambahan ligan Natrium sianida menyebabkan serapan lebih banyak Hg.

Tabel 4. Serapan Hg pada Tajuk *C. kyllingia*

Perlakuan	Berat kering (g/tanaman)	Serapan (mg/kg)
T1L0	26,36 b	64,30
T1L1	18,23 ab	68,32
T1L2	14,9 ab	72,36
T2L0	23,43 ab	77,66
T2L1	14,46 ab	66,98
T2L2	12,63 a	89,97
Nilai BNJ	19,484	63,17

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5 % ; T1 (Tanah tercemar *tailing* Sianidasi); T2 (Tanah tercemar *tailing* Amalgamasi); L0 (tanpa ligan); L1 (ligan 4g/kg); L2 (ligan 8g/kg).

Serapan Hg Pada Tajuk *C. kyllingia*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan *ligan* berpengaruh nyata pada serapan tajuk. Sama halnya dengan akar, tajuk tanaman *C. kyllingia* mampu mengakumulasi Hg semakin banyak seiring dengan tingginya dosis *ligan* yang diberikan. Serapan Hg tertinggi pada tajuk *C. kyllingia* juga terdapat pada perlakuan T2L2 yaitu 89,97 mg/kg sedangkan yang paling rendah pada perlakuan T1L0 yaitu 64,30 mg/kg.

Pada perlakuan L0 didapatkan berat kering yang tinggi, namun terbukti bahwa dengan adanya penambahan *ligan* natrium sianida pada media menyebabkan tajuk tanaman mampu menyimpan logam berat dalam kasus ini adalah Hg.

Larutan mengandung sulfur telah digunakan untuk memacu akumulasi Hg dalam jaringan tanaman (Moreno, *et al.*, 2004). Misalnya pada tanaman *Brassica juncea* yang dapat mengkonsentrasikan Hg sampai 40 mg/kg dalam jaringan tajuk tanaman setelah aplikasi natrium Sianida pada limbah tambang yang terkontaminasi

dengan 2,8 mg/kg. Oleh karena itu Natrium sianida sering digunakan oleh beberapa peneliti sebagai suatu strategi yang potensial untuk remediasi lingkungan tercemar Hg.

Bioakumulasi Hg pada *C. kyllingia*

Akumulasi logam dalam tanaman digambarkan sebagai *Biological Accumulation coefficient* (BAC), yaitu konsentrasi logam dalam tajuk tanaman dengan konsentrasi logam dalam tanah (Cui, *et al.*, 2007). Di samping BAC, mobilitas logam berat dari media tercemar ke dalam akar tanaman dan kemampuan mentranslokasikan logam dari akar ke tajuk tanaman dapat dievaluasi dengan menggunakan *Biological Concentration Factor* (BCF) dan *Translocation Factor* (TF) (Yoon, *et al.*, 2006). BCF adalah rasio konsentrasi logam dalam akar tanaman dengan konsentrasi logam dalam tanah, sedangkan TF adalah rasio konsentrasi logam dalam tajuk tanaman dengan konsentrasi logam dalam akar tanaman.

Nilai BCF, BAC, dan TF yang disajikan pada Gambar 8

menunjukkan bahwa ketiga nilai di atas berhubungan dengan konsentrasi Hg pada akar dan tajuk tanaman *C. kyllingia* yang ditanam selama 56 hari.

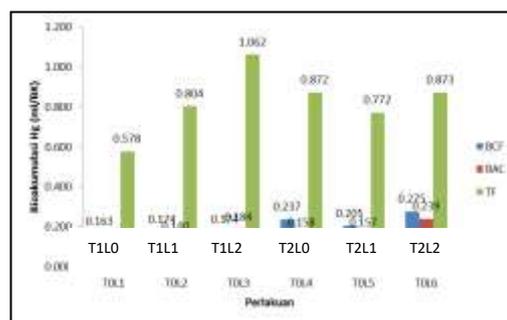
Hasil analisis ragam yang dilanjutkan dengan uji BNJ 5% menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat nyata terhadap faktor *Biological Concentration Factor* (BCF) pada masing-masing perlakuan. Hal ini terjadi karena konsentrasi Hg pada akar semakin meningkat seiring dengan penambahan *ligan* yang diberikan.

Hasil analisis ragam pada *Translocation Factor* (TF) menunjukkan bahwa pada masing-masing perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap TF sehingga tidak dilakukan uji lanjutan dengan uji BNJ 5%.

Nilai TF <1 maka tanaman *C. kyllingia* dapat disebut fitostabilisator karena hanya dapat mengakumulasi Hg pada akar lebih banyak dan tidak dapat mentranslokasikan Hg pada tajuknya. (Yoon *et al.*, 2006).

Biological Accumulation Coefficient (BAC) berpengaruh

sangat nyata terhadap perbedaan jenis *ligan*, karena berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan konsentrasi Hg pada tajuk meningkat dengan adanya penambahan dosis *ligan*.



Gambar 8. Grafik Perbandingan BCF, BAC, dan TF

Kandungan Hg dalam Tanah setelah Fitoremediasi

Berdasarkan hasil pengamatan dapat dilihat kandungan logam berat dalam tanah berkurang sejalan dengan daya serap tanaman pada setiap perlakuan. Penambahan *ligan* natrium sianida mempengaruhi pertumbuhan tanaman fitoremediator sehingga daya serap tanaman terhadap logam berat juga semakin meningkat.

Pada data yang disajikan dalam Tabel 5 penurunan kadar Hg pada tanah *tailing* sianidasi tertinggi didapat pada perlakuan T1L2 sebesar 95,96% dan terendah didapat pada perlakuan T1L0 sebesar

93,57%. Sedangkan pada tanah tailing Amalgamasi penurunan kadar Hg tertinggi pada perlakuan T2L2 sebesar 95,34% dan terendah didapat pada perlakuan T2L0 sebesar

93,49%. Penambahan ligan Natrium sianida mampu meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap Hg sehingga kadar Hg dalam tanah dapat berkurang.

Tabel 5. Perubahan Kandungan Hg Tanah Setelah Fitoremediasi

Perlakuan Serapan	Kandungan Hg dalam Tanah Tercemar			
	Hg awal (mg/kg)	Hg akhir (mg/kg)	Penurunan (mg/kg)	Total (mg/kg)
T1L0	327	75,50	305,8	101,54
T1L1	327	64,61	310,93	123,29
T1L2	327	46,42	313,8	140,66
T2L0	393,6	87,94	368	117,24
T2L1	393,6	72,17	372,87	118,41
T2L2	393,6	38,46	375,27	168,18

Keterangan: T1 (Tanah tercemar *tailing* Sianidasi); T2 (Tanah tercemar *tailing* Amalgamasi); L0 (tanpa ligan); L1 (ligan 4g/kg); L2 (ligan 8g/kg).

Pada data yang disajikan dalam Tabel 5 penurunan kadar Hg pada tanah *tailing* Sianidasi tertinggi didapat pada perlakuan T1L2 sebesar 95,96% dan terendah didapat pada perlakuan T1L0 sebesar 93,57%. Sedangkan pada tanah tailing Amalgamasi penurunan kadar Hg tertinggi pada perlakuan T2L2 sebesar 95,34% dan terendah didapat pada perlakuan T2L0 sebesar 93,49%. Penambahan ligan Natrium sianida mampu meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap Hg sehingga kadar Hg dalam tanah dapat berkurang.

Pengaruh Serapan Hg terhadap Berat Kering Tanaman

Berdasarkan data yang diperoleh dapat dilihat bahwa serapan Hg tertinggi pada akar tanaman *C. kyllingia* diperoleh pada perlakuan T2L2 dengan serapan Hg sebanyak 78,21 mg/kg memiliki berat akar terendah yaitu sebesar 1,60 g/tanaman. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Boening (2000) yang menyebutkan adanya penurunan kandungan kalium dalam ujung akar tanaman *Picea abis* yang terpapar pada Hg terkait dengan terganggunya membran sel akar. Selain itu, peningkatan kandungan Hg dalam

jaringan tanaman jagung menyebabkan peningkatan prolin, yaitu asam amino yang biasanya berasosiasi dengan adaptasi cekaman, dan toleransi Hg (Ling, *et al.*, 2010).

Serapan Hg tertinggi pada tajuk tanaman *C. kyllingia* diperoleh pada perlakuan T2L2 sebanyak 89,97 mg/kg dengan berat kering tajuk terendah sebanyak 12,63 g/tanaman. Hal tersebut diakibatkan oleh penyerapan Hg oleh tanaman dapat menyebabkan beberapa enzim menjadi tidak aktif. Terganggunya fungsi enzim tersebut yang nantinya dapat menyebabkan perubahan metabolisme pada tingkat sel (Ling, *et al.*, 2010).

KESIMPULAN

1. *Cyperus kyllingia* dapat digunakan untuk fitoremediasi tanah tercemar merkuri limbah tambang emas rakyat dengan penyerapan sebesar 89,97 mg/kg (tajuk) dan 78,21 mg/kg (akar) pada 2 bulan masa tanam.
2. Penambahan ligan natrium sianida dapat meningkatkan serapan Hg lebih tinggi pada tanaman *C. kyllingia* dibandingkan tanpa penambahan ligan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauziah, A. B. 2009. Pengaruh Asam Humat dan Kompos Aktif untuk Memperbaiki Sifat Tailing dengan Indikator Pertumbuhan Tinggi Semai *Enterolobium cyclocarpum* Griseb dan *Altingia exelsa* Noronhae. [skripsi] Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Ferreira, C., C. Lopes Vieira, H. Azevedo, and G. Caldeira. 1998. The effects of high levels of Hg on senescence, proline accumulation and stress enzymes activities of maize plants. *Agrochimica* 42(5): 209-218.
- Hidayati, N, T. Juhaeti, dan F. Syarif. 2009. Mercury and Cyanide Contaminations in Gold Mine Environment and Possible Solution of Cleaning Up by Using Phytoextraction. *Hayati Journal of Biosciences*. Vol. 16(3): 88-94.
- Hylander, L.D., D. Plath, C.R. Miranda, S. Lucke, J. Ohlander, and A.T.F. Rivera. 2007. Comparison of different gold recovery methods with regard to pollution control and efficiency. *Clean*. 35: 52-61.
- Irwan, N., I.I. Yaacob, M.R. Johan, , and B.C. Ang. 2009. Characterization and Stability Monitoring of Maghemite Nanoparticle Suspensions. In: *Advanced Materials Research* Vol. 576 (2012) pp 398-401. Eds. Trans Tech Publications, Switzerland.

- Jadia, C.D. and M.H. Fulekar. 2009. Phytoremediation of Heavy Metals: Recent Techniques. *African Journal of Biotechnology*. 8, 921-928.
- Krisnayanti, B.D., Z. Arifin, B. Sudirman, and A. Yani. 2012. Mercury Concentration on Tailing and Water from One Year of ASGM at Lantung, Sumbawa, Indonesia. In: *Environmental, Socio-economic, and Health Impact of Artisanal and Small-Scale Minings*. E. Handayanto, B.D. Krisnayanti and Suhartini (eds). p 61-66. UB Press, Malang, Indonesia.
- Ling, T., Y. Fangke, and R. Jun. 2010. Effect of Mercury to Seed Germination, Coleoptile Growth and Root Elongation of Four Vegetables. *Research Journal in Phytochemistry* 4 (4): 225-233.
- Moreno, F.N., C.W.N. Anderson, B.H. Robinson, and R.B. Stewart. 2004. Phytoremediation of mercury-contaminated mine tailings by induced plant-Hg accumulation. *Environmental Practice* 6(2): 165-175.
- Reichman, SM, 2002, 'The Responses of Plants to Metal Toxicity', A Review Foccurring on Copper, Manganese and Zinc, The Australian Minerals Energy Environment Foundation Published as Orcasional Paper No.11.
- Shofi, M. 2017. Pengaruh Logam Berat Merkuri (Hg) Terhadap Perkecambahan Biji Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.).
- Telmer, K. 2007. Mercury and Small Scale Gold Mining –Magnitude and Challenges Worldwide. GEF/UNDP/UNIDO Global Mercury Project.
- Truu, J., E. Talpsep, E. Vedler, E. Heinaru, and A. Heinaru. 2003. Enhanced Biodegradation of Oil Shale Chemical Industry Solid Wastes by Phytoremediation and Bioaugmentation. Estonia Academy Publisher.
- Yoon, J., X. Cao, Q. Zhou, and L.Q. Ma. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the Total Environment*. 368: 456-464.