

EKSTRAKSI MERKURI DARI LIMBAH PENGOLAHAN BIJIH EMAS MENGGUNAKAN TANAMAN AKAR WANGI (*Vetiveria zizanioides* L.) DENGAN PENAMBAHAN EDTA DAN KOMPOS

Mercury Extraction from Gold Processing Tailing using *Vetiveria zizanioides* L. with Addition of EDTA and Compost

Muhammad Kresna Putra*, Syekhfani, Novalia Kusumarini

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran no 1, Malang 65145

*Penulis Korespondensi: muhammadkresnaputra@gmail.com

Abstract

One of mining activities in Sukabumi and Bogor is gold mining. This activity uses mercury amalgamation techniques that generate tailings containing mercury. The tailing that is commonly discharged to the environment can affect human health. One method to solve this problem is phytoremediation. *Vetiveria zizanioides* L. is one of the hyperaccumulator plants that can uptake mercury. This study was aimed to explore the effects of application of *Ethylene Diamine Tetraacetic Acid* (EDTA) and compost on uptake of mercury by *Vetiveria zizanioides* L. Nine treatments (combination of EDTA and compost doses) were tested in this study. Results of the study showed that the combination of compost and EDTA increased the uptake of mercury by *Vetiveria zizanioides*. Addition of EDTA increased 178% of mercury uptake. Application of compost was able to increase mercury concentration in root by 108% and in canopy by 165%, and increased soil pH, and cation exchange capacity.

Keywords : EDTA, mercury, phytoremediation, tailing, *Vetiveria zizanioides* L.

Pendahuluan

Kegiatan eksploitasi sumberdaya alam (SDA) dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu kegiatan eksploitasi SDA adalah industri pertambangan. Industri pertambangan merupakan kegiatan yang dilakukan manusia untuk memenuhi kebutuhan ekonomi, sumber keuangan negara dan lain-lain. Daerah Jawa Barat khususnya di wilayah pegunungan bagian selatan yaitu Kabupaten Sukabumi dan Kabupaten Bogor banyak terdapat kegiatan pertambangan khususnya pertambangan logam emas (Au).

Pertambangan dilakukan oleh PT. Aneka Tambang (ANTAM), TBK dan masyarakat sekitar yang dikoordinasi oleh badan usaha milik desa (BUMDES) sebagai pengelola. Pengelolaan bijih oleh masyarakat sekitar dilakukan dengan teknik tradisional dengan menggunakan gelundung. Pengolahan bijih emas dengan

metode gelundung dilakukan dengan penambahan amalgam merkuri (Hg) untuk mengikat logam emas (Au). Pengolahan bijih emas dengan menggunakan teknik gelundung menghasilkan limbah berupa lumpur disebut *tailing*. Limbah pertambangan yang cukup besar dari kegiatan pengolahan pertambangan merupakan masalah utama bagi lingkungan di sekitarnya.

Menurut Herman (2006) secara mineralogi *tailing* terdiri atas beraneka mineral seperti silika, silikat besi, magnesium, natrium, kalium, dan sulfida. Apabila mineral tersebut bersentuhan dengan udara maka dapat teroksidasi sehingga membentuk garam-garam bersifat asam yang mengandung sejumlah logam berat seperti arsen (As), merkuri (Hg), timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang dapat mencemari lingkungan. Adanya pencemaran lingkungan dari logam berat yang

terkandung dalam limbah *tailing* termasuk merkuri (Hg) perlu ditanggulangi karena merkuri (Hg) merupakan logam berbahaya yang dapat mencemari lingkungan dan dapat berdampak pada kesehatan manusia. Pencemaran logam berat merkuri (Hg) dalam bentuk metil dapat mengganggu perkembangan syaraf yang sangat rentan terhadap janin, balita, ibu hamil, dan anak-anak (Lasut, 2002).

Fitoremediasi adalah salah satu cara untuk menanggulangi permasalahan pencemaran lingkungan. Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi (Rondonowu, 2014). Fitoremediasi dilakukan dengan menggunakan tanaman hiperakumulator yaitu tanaman yang mampu tumbuh pada kondisi tanah tercemar logam berat serta dapat mengakumulasi logam berat didalam tanah. Salah satu jenis tanaman yang mampu dan ideal untuk menjadi tanaman hiperakumulator adalah tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.).

Tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) merupakan sejenis rumput dengan kemampuan adaptasi ekologis dan produktivitas biomasa yang tinggi dengan pengelolaan yang mudah. Tanaman akar wangi dapat tumbuh pada pH 3–11,5 dan tahan terhadap logam berat sehingga dapat digunakan untuk merehabilitasi kondisi fisik dan kimia tanah yang rusak (Purwani, 2010). Upaya meningkatkan penyerapan dan kemampuan tanaman untuk mengakumulasi logam merkuri (Hg) oleh tanaman dilakukan dengan penambahan bahan ligan. EDTA (*Ethylene Diamine Tetraacetic Acid*) merupakan salah satu bahan ligan yang mampu mengkhelat logam berat dalam tanah. Menurut Farid *et al.* (2013) bahwa penambahan EDTA pada tanaman dapat meningkatkan akumulasi pada beberapa logam berat termasuk merkuri (Hg).

Penambahan kompos selain sebagai media tanam juga sebagai sumber hara bagi pertumbuhan tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.). penggunaan kompos dan vermin-kompos mampu meningkatkan pertumbuhan dan biomasa tanaman. Unsur hara yang diberikan oleh kompos selain untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman juga mampu mempercepat penyerapan logam ke tanaman (Noviardi, 2015). Selain itu kompos

mempunyai peranan dalam memperbaiki stabilitas agregat tanah, meningkatkan daya serap air, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari (1) Pengaruh aplikasi *Ethylene Diamine Tetraacetic Acid* (EDTA) sebagai bahan khelat terhadap peningkatan kadar serapan logam merkuri (Hg) oleh tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.). (2) Pengaruh aplikasi kompos sebagai komposisi media tanam terhadap peningkatan kadar serapan logam merkuri oleh tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.).

Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai Juni tahun 2017. Pengambilan sampel dilakukan di Desa Cigaru Kertajaya Kecamatan Simpenan, Jampang Kulon. Kegiatan budidaya tanaman akar wangi dilakukan di rumah kaca yang terletak di Kecamatan Dau, Kota Batu selama 63 hari Pengujian dan analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Kima Tanah, Jurusan Tanah FP UB dan Laboratorium Kimia FMIPA UB

Alat dan Bahan

Alat pada tahap kegiatan budidaya tanaman akar wangi antara lain; *polybag* ukuran 5 kg, cetok, sprayer, meteran, alat tulis, dan amplop. Alat yang digunakan untuk analisis logam di laboratorium sesuai dengan metode antara lain; timbangan analitik, cawan petri, gelas ukur, labu ukur, tabung reaksi, *hotplate*, *stirrer*, buret, oven, desikator, *furnace*, botol sampel, spektrofotometer serapan atom (SSA).

Bahan yang digunakan pada tahap budidaya antara lain; *tailing*, tanah, kompos, bibit tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.), dan bahan pengkhelat *Etilen Diamin Tetraacetic Acid* (EDTA). Bahan yang digunakan untuk kegiatan analisis logam di laboratorium antara lain; akuades, HCl, HNO₃.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun berdasarkan pola Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) 2

faktor dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama adalah perbandingan 3 variasi komposisi media tanam antara tanah dan kompos yang terdiri atas; T0 : Tanah 0% dan kompos 100%, T1 : Tanah 50% dan kompos 50%, T2 : Tanah 100 % dan kompos 0%. Kemudian komposisi tanah tersebut dicampur *tailing* dengan komposisi 50%. Faktor kedua adalah perbandingan 3 variasi konsentrasi bahan khelat Etilen DiaminTetraacetic Acid (EDTA) yang terdiri atas; K0 : 0 g *polybag*-1, K1 : 5 g *polybag*-1, K2 : 10 g *polybag*-1

Tabel 1. Perlakuan Percobaan

Perlakuan	Kadar Bahan Khelat EDTA / <i>Polybag</i>		
	K0	K1	K2
T0	K0T0	K1T0	K2T0
T1	K0T1	K1T1	K2T1
T2	K0T2	K1T2	K2T2

Ket: T : Perbandingan komposisi tanah, *tailing* dan kompos, K : Komposisi aplikasi bahan khelat EDTA dalam media tanam. T0 : 2,5 kg *polybag*⁻¹, T1: 1,25 kg *polybag*⁻¹, T2 : 0 kg *polybag*⁻¹; K0 : 0g *polybag*⁻¹, K1 : 5g *polybag*⁻¹, K2 : 10g *polybag*⁻¹

Persiapan media tanam

Tanah dan *tailing* dikeringkan selama 7 hari dengan mengering-anginkan di dalam rumah kaca. Kemudian media tanam diformulasi di dalam *polybag* berukuran 5 kg sesuai perlakuan. Perlakuan formulasi media tanaman yaitu dibutuhkan *tailing* sebanyak 2,5 kg dan kombinasi tanah dengan kompos sebesar (T0 (2,5 kg kompos), T1 (1,25 kg tanah dan 1,25 kg kompos), T2 (2,5 kg tanah)). Setelah itu media tanam di aduk rata hingga homogen.

Perawatan dan pemanenan

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan menyiram media tanam dan dilakukan peyiangan terhadap gulma yang tumbuh di dalam pot karena gulma dapat menjadi pesaing tanaman akar wangi dalam menyerap logam merkuri yang terkandung dalam media tanam. Setelah 56 HST diaplikasikan bahan khelat EDTA. Pemanenan dilakukan pada 63 HST atau setelah 1 minggu pemberian EDTA. Kegiatan ini dilakukan dengan memisahkan tanaman akar wangi dari media tanam kemudian dibersihkan sehingga sisa

media tanam tidak tertinggal diseluruh bagian tanaman.

Analisis Laboratorium

Kegiatan analisa dasar yang dilakukan diantaranya adalah analisis konsentrasi Hg pada sampel media tanam, pengukuran pH media tanam, serta pengukuran KTK media tanam. Analisis akhir parameter yang diuji diantaranya adalah kandungan merkuri (Hg) pada tanaman menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Analisis Data

Data yang dikumpulkan dari hasil uji SSA kemudian dilakukan perhitungan pada Microsoft Excel diolah secara manual dengan bentuk tabel dan grafik. Data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan dua arah untuk mengetahui beda antar perlakuan. Perbedaan perlakuan dapat diketahui dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95% menggunakan program GENSTAT versi 12.1 dalam komputer. Perhitungan akumulasi logam merkuri (Hg) dalam *tailing*, dan tanaman dilakukan dengan indikator *biological accumulation coefficient* (BAC), *biological concentration factor* (BCF), dan *translocation factor* (TF). Perhitungan logam merkuri (Hg) dilakukan menggunakan rumus :

Serapan logam Hg	=	Konsentrasi x berat kering (akar/tajuk) (mg).
BAC	=	Konsentrasi logam Hg tajuk/konsentrasi logam Hg di media.
BCF	=	Konsentrasi logam Hg di akar/konsentrasi logam Hg di media
TF	=	Konsentrasi logam Hg di tajuk/konsentrasi logam Hg di akar.

Hasil dan Pembahasan

Konsentrasi Hg dalam akar

Konsentrasi Hg dalam akar adalah jumlah kandungan logam Hg yang terdapat di dalam tanaman setelah diserap oleh akar. Logam yang terserap oleh akar dan masuk kedalam tumbuhan merupakan langkah awal dalam

proses akumulasi logam (Handayanto *et al.*, 2017). Hasil analisis konsentrasi Hg setelah dilakukan penanaman selama 9 MST dan diuji dengan metode AAS disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Konsentrasi merkuri dalam akar

Perlakuan	Konsentrasi Merkuri (Hg) Akar (mg kg ⁻¹)		
	K0	K1	K2
T0	1,89 a	4,24 d	4,96 f
T1	1,92 a	4,62 e	5,27 g
T2	1,90 a	3,67 b	3,95 c

Keterangan : T0 : 2,5 kg *polybag*⁻¹, T1: 1,25 kg *polybag*⁻¹, T2 : 0 kg *polybag*⁻¹; K0 : 0 g *polybag*⁻¹, K1 : 5 g *polybag*⁻¹, K2 : 10 g *polybag*⁻¹. Analisa yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan Berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%.

Konsentrasi Hg tertinggi terdapat pada perlakuan T1K2 dengan nilai konsentrasi Hg di dalam akar sebesar 5,27 mg kg⁻¹ sementara konsentrasi terendah terdapat pada perlakuan T0K0 dengan nilai 1,89 mg kg⁻¹. Aplikasi dosis khelat yang berbeda memberi pengaruh sangat nyata terhadap konsentrasi Hg dalam akar. Hal ini dapat dilihat dari perlakuan T1K2 dengan T1K1 dengan nilai serapan 5,27 mg kg⁻¹ dan 4,62 mg kg⁻¹ dan pada perlakuan T0K2 dengan T0K1 dengan nilai konsentrasi Hg sebesar 4,96 mg kg⁻¹ dan 4,24 mg kg⁻¹. Hal ini dapat berarti bahwa perlakuan khelat dengan dosis 10g *polybag*⁻¹(K2) dapat meningkatkan konsentrasi logam merkuri (Hg) dalam akar.

Pada perlakuan K2 dan tanpa aplikasi kompos (T2), khelat mampu meningkatkan konsentrasi logam Hg sebesar 108%. Pada perlakuan T1K2 yang merupakan perlakuan dengan nilai konsentrasi logam Hg terbesar dalam akar, peran khelat mampu meningkatkan serapan sebesar 178%. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa penambahan senyawa pengkhelat dalam tanah dapat meningkatkan bukan hanya total konsentrasi logam tetapi mengubah mekanisme penyerapan (Sigirow *et al.*, 2015). Kombinasi kompos dalam media tanam berpengaruh nyata terhadap konsentrasi logam Hg di dalam akar tanaman. Pada media tanam dengan kompos sebanyak 2,5 kg *polybag*⁻¹ dan 1,25 kg *polybag*⁻¹ berpengaruh nyata terhadap konsentrasi Hg di dalam akar. Pengaruh dari kompos ini lebih kecil dibandingkan dengan

pengaruh khelat. Penggunaan aplikasi kompos dengan dosis 1,25 kg *polybag*⁻¹ pada media tanam dan pengaplikasian EDTA dengan dosis 10 g *polybag*⁻¹ mampu meningkatkan konsentrasi logam merkuri dalam akar sebesar 178% dibanding tanpa perlakuan kompos dan khelat. Penambahan kompos sebagai sumber dari asam-asam organik mampu mengontrol kelarutan logam dalam tanah dan bahan organik mampu mengkhelat unsur-unsur dalam tanah sehingga merubah logam menjadi bentuk tersedia bagi tanaman dan menjadi tidak berbahaya bagi tanaman (Hamzah *et al.*, 2012).

Konsentrasi Hg dalam tajuk

Hasil analisis konsentrasi Hg pada tajuk tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) setelah diuji dengan metode AAS disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Konsentrasi merkuri dalam tajuk

Perlakuan	Konsentrasi Merkuri (Hg) Tajuk (mg kg ⁻¹)		
	K0	K1	K2
T0	0,84 a	1,45 d	2,13 f
T1	0,85 a	1,87 e	2,23 g
T2	0,86 a	1,25 b	1,38 c

Keterangan : T0 : 2,5 kg *polybag*⁻¹, T1: 1,25 kg *polybag*⁻¹, T2 : 0 kg *polybag*⁻¹; K0 : 0 g *polybag*⁻¹, K1 : 5 g *polybag*⁻¹, K2 : 10 g *polybag*⁻¹. Analisa yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan Berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%.

Hasil dari konsentrasi logam Hg pada tajuk tanaman didapat nilai konsentrasi tertinggi pada perlakuan T1K2 dengan nilai konsentrasi sebesar 2,23 mg kg⁻¹. Konsentrasi terendah ditunjukkan pada perlakuan T0K0 dengan nilai konsentrasi Hg sebesar 0,843 mg kg⁻¹. Penggunaan kompos sebagai media tanam mampu meningkatkan konsentrasi logam Hg sebesar 165% dibanding dengan perlakuan media tanam tanpa kompos dan penggunaan aplikasi khelat EDTA.

Aplikasi khelat EDTA dan kompos mampu meningkatkan konsentrasi logam di dalam akar tanaman, sehingga menyebabkan nilai konsentrasi logam merkuri pada tajuk tanaman meningkat. Khelasi akibat

penambahan EDTA dan kompos dapat membuat logam menjadi bentuk tersedia dan bentuk potensial tersedia bagi tanaman. Supaya unsur logam dapat diserap tanaman melalui akar, unsur logam harus dibawa ke sekitar sistem perakaran. Penambahan EDTA dapat meningkatkan kelarutan logam dan membawa logam ke sekitar sistem perakaran agar mudah diserap tanaman. Selain itu akar tanaman dapat mereduksi logam dengan membentuk suatu enzim reduktase. Logam merkuri (Hg^{2+}) yang diserap oleh akar kemudian diangkut ke tajuk tanaman.

Pengangkutan logam terjadi pada xilem dan floem yang kemudian disebar keseluruh bagian tanaman pada bagian akar, batang, dan daun (Handayanto *et al.*, 2017). Nilai konsentrasi logam merkuri (Hg) di dalam tajuk lebih kecil dibandingkan konsentrasi logam Hg dalam akar. Hal tersebut karena tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) mampu mengakumulasi logam berat dan ditimbun di dalam akar lebih banyak dari pada bagian atas (Hamzah *et al.*, 2012).

Salah satu faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi logam pada tanaman adalah lama terpaparnya bagian tanaman dengan *tailing*. Lamanya suatu tanaman terpapar dengan *tailing* sebagai bahan pencemar mampu mempengaruhi konsentrasi logam Hg yang terserap oleh bagian tanaman (Sigiro *et al.*, 2015). Hal ini sesuai dengan hasil analisis bahwa konsentrasi logam merkuri di bagian tajuk tidak lebih besar daripada di bagian akar, karena bagian akar tanaman selalu terpapar atau bersentuhan dengan *tailing*.

Serapan logam merkuri pada akar dan tajuk tanaman

Serapan logam merupakan nilai dari konsentrasi logam didalam akar tanaman dan nilai bobot kering akar. Serapan akar dihitung untuk mengetahui berapa banyak konsentrasi logam merkuri yang dapat diserap tanaman dalam 9 MST. Hasil analisis serapan logam Hg dalam akar dan tajuk tanaman akar wangi disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan nilai serapan logam Hg pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa serapan logam Hg tertinggi terdapat pada perlakuan T0K2 dengan nilai 0,20 mg/tanaman dan terendah pada T2K0 dengan nilai 0,02 mg/tanaman. Serapan logam pada tajuk tanaman

(Tabel 4) dapat diketahui bahwa serapan logam Hg tertinggi pada tajuk berada pada perlakuan T0K2 dengan nilai 0,028 mg/tanaman dan terendah pada T2K0 dengan nilai 0,003 mg/tanaman. Peningkatan serapan logam Hg oleh akar tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) pada perlakuan T0K2 dapat meningkatkan serapan logam Hg sebesar 25% dibandingkan dengan nilai serapan tertinggi pada perlakuan T0K1.

Tabel 4. Nilai serapan merkuri pada akar dan tajuk

Perlakuan	Serapan Merkuri (Hg)	
	Nilai Serapan Akar (mg/tan)	Nilai Serapan Tajuk (mg/tan)
T0K0	0,06 ab	0,009 ab
T0K1	0,16 cd	0,019 c
T0K2	0,20 d	0,028 d
T1K0	0,05 ab	0,007 ab
T1K1	0,15 c	0,020 c
T1K2	0,19 d	0,027 d
T2K0	0,02 a	0,003 a
T2K1	0,09 b	0,011 b
T2K2	0,07 ab	0,008 ab

Keterangan : T0 : 2,5 kg *polybag*⁻¹, T1: 1,25 kg *polybag*⁻¹, T2 : 0 kg *polybag*⁻¹; K0 : 0 g *polybag*⁻¹, K1 : 5 g *polybag*⁻¹, K2 : 10 g *polybag*⁻¹. Analisa yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan Berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%.

Tingginya efisiensi serapan logam merkuri pada akar dan tajuk tanaman diakibatkan oleh perlakuan pemberian EDTA. Hasil ini sesuai dengan penelitian Sigiro *et al.* (2015) bahwa perlakuan EDTA membuktikan kinerja keberhasilannya dalam menjerap logam karena EDTA efektif dalam mengikat logam dan menghantarkan logam sampai ke tajuk tanaman. Menurut Handayanto *et al.* (2017) bahwa perlakuan penambahan khelat yang lebih kuat dapat memacu serapan logam dalam tanaman.

Pengaruh penambahan bahan organik dari kompos berpengaruh terhadap serapan Hg oleh akar tanaman. Pengaruh yang ada karena dengan adanya bahan organik kation dari kompos cenderung membuat khelat dan pengaruh khelat terhadap logam berat dalam tanah dapat mempengaruhi mobilitas ion

logam dalam tanah. Kation logam akan berubah menjadi bentuk anion sehingga logam berat akan tetap mobil dalam tanah (Purwadinata dan Sutrisno, 2013). Penggunaan dosis kompos yang berbeda juga mengakibatkan variasi terhadap serapan logam Hg. Sesuai dengan data bahwa penggunaan kompos pada perlakuan (T0) dengan dosis kompos 2,5 g *polybag*⁻¹ lebih efektif dalam membantu penyerapan logam Hg dibanding dengan perlakuan (T1) dengan dosis kompos 1,25 g *polybag*⁻¹. Peningkatan serapan logam Hg oleh akar tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) pada perlakuan T0K2 dapat meningkatkan serapan logam Hg sebesar 5,3% dibandingkan dengan nilai serapan pada perlakuan T1K2.

Serapan logam merkuri pada akar dan tajuk tanaman

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5 diperoleh nilai BAC dari setiap perlakuan berkisar antara 0,09 – 0,25. Nilai BAC tertinggi pada perlakuan T1K2 dengan nilai 0,25. Nilai BAC terendah adalah pada perlakuan T1K0 dan T2K0 dengan nilai 0,09. Berdasarkan hasil perhitungan BCF pada Tabel 7, diperoleh nilai berkisar 0,21 – 0,59. Nilai BCF paling tinggi adalah 0,59 pada perlakuan T1K2, sedangkan terendah dengan nilai 0,21 pada perlakuan T1K0 dan T2K0.

Tabel 5. Nilai *Biological Accumulation Coefficient* (BAC), *Biological Concentration Factor* (BCF), dan *Translocation Factor* (TF)

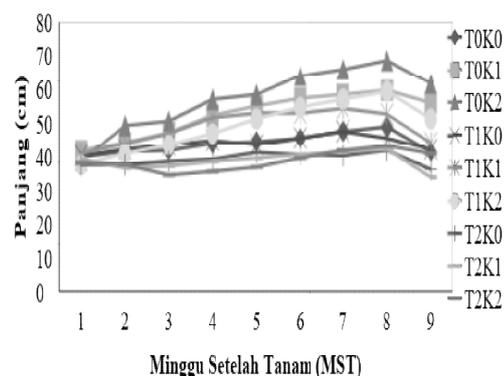
Perlakuan	BAC	BCF	TF
T0K0	0,10	0,22	0,44
T0K1	0,17	0,48	0,35
T0K2	0,24	0,56	0,43
T1K0	0,09	0,21	0,44
T1K1	0,21	0,51	0,40
T1K2	0,25	0,59	0,42
T2K0	0,09	0,21	0,45
T2K1	0,14	0,40	0,34
T2K2	0,15	0,43	0,35

Keterangan : T0 : 2,5 kg *polybag*⁻¹, T1: 1,25 kg *polybag*⁻¹, T2 : 0 kg *polybag*⁻¹; K0 : 0 g *polybag*⁻¹, K1 : 5 g *polybag*⁻¹, K2 : 10 g *polybag*⁻¹. BAC : Konsentrasi Hg dalam Tajuk / konsentrasi Hg dalam tanah, BCF : Konsentrasi Hg dalam akar / Konsentrasi Hg dalam tanah, TF : Konsentrasi Hg dalam tajuk tanaman / Konsentrasi Hg dalam akar.

Dapat dilihat bahwa semua perlakuan yang diteliti memiliki nilai TF kurang dari 1. Nilai TF pada semua perlakuan berkisar antara 0,34-0,45. Menurut Handayanto *et al.* (2017) tanaman yang dapat digunakan untuk kegiatan fitoekstraksi memiliki nilai BAC > 1. Tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) lebih cocok digunakan untuk kegiatan fitostabilisasi logam Hg dalam tanah dibanding untuk kegiatan fitoekstraksi. Berdasarkan tabel 5 nilai TF < 1 yang berarti tanaman berpotensi untuk proses fitostabilisasi. Proses fitostabilisasi dengan tanaman memiliki mekanisme tanaman menstabilkan polutan dalam tanah sehingga membuat polutan tidak berbahaya (Sidauruk dan Sipayung, 2015). Fitostabilisasi dapat membatasi akumulasi dan mobilitas logam berat Hg sebagai bahan pencemar untuk masuk kedalam air tanah dan rantai makanan.

Pengaruh aplikasi kompos dan EDTA terhadap panjang daun tanaman akar wangi

Panjang daun merupakan parameter pengamatan pada tanaman yang diamati setiap minggunya selama 9 MST. Panjang daun diamati sebagai salah satu indikator bagi pertumbuhan tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) dalam media tanaman yang mengandung logam berat. Pengukuran panjang daun setiap minggunya disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh aplikasi kompos dan EDTA terhadap panjang daun tanaman akar wangi

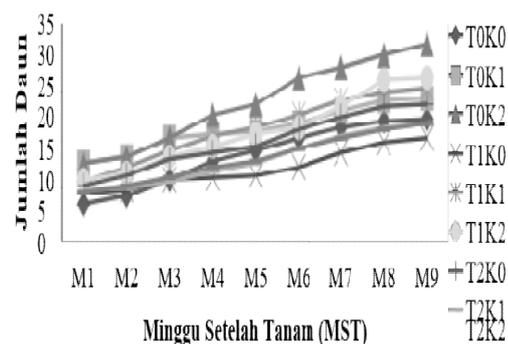
Gambar 1 dapat menunjukkan bahwa pada minggu ke-8. Nilai daun tertinggi pada minggu ke-8 sebelum adanya aplikasi khelat EDTA yaitu perlakuan T0K2 dengan nilai 68,7 cm. Perlakuan T0K2 merupakan perlakuan dengan aplikasi kompos sebanyak 2,5 kg *polybag*⁻¹. Nilai panjang daun terendah dengan nilai rata-rata 4,20 cm pada perlakuan T2K0. Menurut Setyorini *et al.* (2006) kompos merupakan sumber hara makro dan mikro secara lengkap dalam jumlah kecil. Penggunaan kompos dalam jangka panjang pada tanah masam/basa dapat meningkatkan hasil tanaman dengan cara memperbaiki pH tanah, dan memperbaiki struktur tanah.

Pada minggu ke-9 setelah dilakukannya aplikasi penambahan EDTA yang dilakukan pada minggu ke-8 panjang daun mengalami penurunan. pada minggu ke-9 aplikasi khelat setiap dosisnya memiliki pengaruh beda nyata terhadap panjang daun tanaman akar wangi. Pada perlakuan tanpa aplikasi khelat dengan aplikasi khelat dosis 5 g *polybag*⁻¹ (K1) dan 10 g *polybag*⁻¹ (K2) memiliki pengaruh tidak berbeda nyata. Menurunnya tinggi tanaman pada minggu ke-9 dikarenakan logam berat (Hg) yang diikat oleh khelat menjadi bentuk tersedia bagi tanaman. Banyaknya unsur logam yang tersedia bagi tanaman di sekitar perakaran dapat mengganggu tanaman dalam menyerap unsur hara yang dibutuhkan.

Pengaruh aplikasi kompos dan EDTA terhadap jumlah daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan cara menghitung jumlah daun tanaman yang berwarna hijau. Jumlah daun diamati perminggunya selama 9MST. Jumlah daun merupakan indikator pertumbuhan tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) pada media tanam yang tercemar logam berat di sajikan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa jumlah daun tertinggi adalah pada perlakuan T0K2 dengan dosis kompos 2,5 kg *polybag*⁻¹. Hal ini dapat menunjukkan bahwa dosis kompos 2,5 kg *polybag*⁻¹ dapat meningkatkan panjang, dan jumlah daun karena ketersediaan hara yang cukup banyak dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Pada perlakuan kompos dengan dosis yang lebih rendah menunjukkan nilai jumlah daun lebih kecil. Hal ini sesuai dengan penelitian Lientje *et al.* (2015) bahwa pemberian dosis kompos 30 ton/ha mampu meningkatkan

pertumbuhan tanaman sawi pada tanah bekas tambang dan pemberian kompos dengan dosis lebih rendah memiliki nilai jumlah daun yang lebih kecil. Pemberian pupuk kompos sebagai bahan organik mampu mentransformasikan unsur N dalam tanah. Unsur N sangat dibutuhkan oleh tanaman bagi pertumbuhan termasuk jumlah daun.



Gambar 2. Pengaruh aplikasi kompos dan EDTA terhadap jumlah daun tanaman *Vetiveria zizanioides* L.

Pengaruh aplikasi kompos dan EDTA terhadap berat kering tanaman

Menurut Handayanto *et al.* (2017) bahwa berat kering tanaman berpengaruh terhadap tinggi serapan logam yang diakumulasi di dalam tubuh tanaman. Pengukuran berat kering tanaman dilakukan pada akar dan tajuk tanaman. Hal ini dikarenakan untuk menghitung serapan logam oleh akar dan tajuk tanaman. Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa rata-rata berat kering akar tertinggi ada pada perlakuan T0K2 dengan nilai 39,28 g dan terendah pada perlakuan T2K0 dengan nilai 11,74 g. Sama seperti pada akar berat kering tertinggi pada tajuk tanaman berada pada perlakuan T2K0 dengan berat 13,28 g dan yang terendah pada perlakuan T2K0 dengan nilai 3,91 g. Dari hasil analisis ragam didapatkan bahwa kompos memberikan pengaruh beda nyata terhadap berat kering akar. Kombinasi khelat EDTA dan kompos tidak memberikan pengaruh nyata terhadap berat kering tanaman. Nilai berat kering pada tanaman bergantung pada panjang daun dan banyak daun. Dari hasil analisis ragam dapat diketahui bahwa pemberian kompos pada media tanam berbeda nyata terhadap panjang

daun. Hal ini dapat disebabkan kompos merupakan sumber bahan organik yang dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat tanah. Selain itu kompos merupakan bahan organik yang mengandung unsur hara sebagai makanan bagi tanaman. Menurut Wasis dan Sandrasari (2011) bahwa kompos membantu tanah yang miskin unsur hara dengan menyediakan unsur hara bagi tanaman dengan lebih baik serta memperbaiki struktur tanah sehingga akar dapat berkembang lebih baik dan melaksanakan fungsinya dalam menyerap unsur hara. Penambahan kompos pada *tailing* dapat meningkatkan kandungan hara terutama N dan P.

Tabel 6. Berat kering tanaman

Perlakuan	Berat Kering (g)	
	Berat Kering Akar (g)	Berat Kering Tajuk (g)
T0K0	31,24 cd	10,41 cd
T0K1	38,21 d	12,74 d
T0K2	39,28 d	13,28 d
T1K0	25,91 bc	8,64 bc
T1K1	31,57 cd	10,53 cd
T1K2	36,86 d	12,29 d
T2K0	11,74 a	3,91 a
T2K1	25,91 bc	8,55 bc
T2K2	16,73 ab	5,58 ab

Keterangan : T0 : 2,5 kg *polybag*⁻¹, T1: 1,25 kg *polybag*⁻¹, T2 : 0 kg *polybag*⁻¹; K0 : 0 g *polybag*⁻¹, K1 : 5 g *polybag*⁻¹, K2 : 10 g *polybag*⁻¹. Analisa yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan Berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%.

Aplikasi khelat EDTA pada minggu ke-8 mengakibatkan menurunnya jumlah daun tetapi perbedaan penurunannya tidak drastis. Ini dikarenakan unsur hara yang diserap tanaman melalui akar terganggu akibat logam Hg. Menurut Sigiro *et al.* (2012) menyatakan bahwa penambahan khelat EDTA akan meningkatkan kelarutan logam dalam air sehingga mudah diserap oleh akar tanaman. Komplek logam yang masuk kedalam akar bergerak masuk melalui zona rambut akar melalui membran sel. Setelah logam berada didalam akar, logam mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas melalui jaringan pengangkut. Logam yang terangkut ke tajuk memungkinkan tajuk mengalami keracunan sehingga bagian ujung daun mengalami perubahan warna menjadi kuning.

Pengaruh aplikasi kompos dan EDTA terhadap sifat kimia tanah

Hasil analisis ragam, pengaruh perlakuan saat dilakukan penanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) selama 9MST dan pemberian perlakuan kompos dan khelat EDTA didapatkan hasil pH tertinggi terdapat pada perlakuan T2K0 sebesar 6,86 dan terendah pada T1K2 dengan nilai 5,76. Dari analisa ragam pengaruh aplikasi kompos selama 9 MST menunjukkan pengaruh beda nyata terhadap penurunan nilai pH sementara penambahan EDTA sebagai bahan pengkhelat berpengaruh sangat nyata pada setiap perlakuan dosisnya terhadap penurunan pH tanah.

Tabel 7. Nilai pH Akhir

Perlakuan	Nilai pH akhir		
	K0	K1	K2
T0	6,51 e	6,04 b	5,81 a
T1	6,52 e	6,03 b	5,76 a
T2	6,86 f	6,35 d	6,21 c

Keterangan : T0 : 2,5 kg *polybag*⁻¹, T1: 1,25 kg *polybag*⁻¹, T2 : 0 kg *polybag*⁻¹; K0 : 0 g *polybag*⁻¹, K1 : 5 g *polybag*⁻¹, K2 : 10 g *polybag*⁻¹. Analisa yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan Berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%.

Penambahan kompos pada media tanam dapat menurunkan pH sebesar 35% dari nilai pH awal. Sementara pada perlakuan yang tidak diberikan kompos hanya mampu menurunkan pH sebesar 22% dari pH awal. Penurunan nilai pH yang lebih besar pada perlakuan penambahan kompos membuktikan bahwa kompos dapat menurunkan pH tanah dari yang bersifat basa menjadi agak asam. Penambahan kompos pada media tanam berpengaruh nyata, hal tersebut sesuai dengan pernyataan Hamzah *et al.* (2012) bahwa faktor yang menyebabkan turunnya nilai pH pada *tailing* adalah kandungan asam organik dari dekomposisi bahan organik meningkatkan konsentrasi H⁺ dan terjadinya pembebasan ion H akibat pertukaran pembebasan ion.

Hasil analisis ragam menunjukkan nilai KTK tertinggi terdapat pada perlakuan T2K0 yaitu pada komposisi 0 kg *polybag*⁻¹ kompos dan aplikasi dosis EDTA 0 g *polybag*⁻¹ dengan nilai 16,73. Nilai KTK terendah terdapat pada

perlakuan T1K2 dengan komposisi kompos 1,25 kg *polybag*⁻¹ dan aplikasi dosis EDTA 10 g *polybag*⁻¹ dengan nilai 14,11. sesuai dengan yang dinyatakan oleh Siahaan *et al.* (2014) bahwa sifat *buffer* yang dimiliki oleh kompos mampu mempengaruhi nilai pH, meningkatkan KTK dan mengkhelat unsur logam. Selain itu, kompos juga mengandung bunga tanah (humus) yang dibutuhkan oleh tanaman. Misel humus mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi. Kandungan asam-asam organik pada kompos tinggi sehingga mempengaruhi KTK, namun lebih peka terhadap perubahan pH (Setyorini *et al.*, 2006).

Tabel 8. Nilai analisis KTK

Perlakuan	Nilai KTKakhir (me 100g ⁻¹)		
	K0	K1	K2
T0	16,14 b	15,14 c	14,47 d
T1	16,68 a	14,66 d	14,11 e
T2	16,73 a	15,89 b	15,45 c

Keterangan : T0 : 2,5 kg *polybag*⁻¹, T1: 1,25 kg *polybag*⁻¹, T2 : 0 kg *polybag*⁻¹; K0 : 0 g *polybag*⁻¹, K1 : 5 g *polybag*⁻¹, K2 : 10 g *polybag*⁻¹. Analisa yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan Berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%.

Kesimpulan

Pemberian khelat EDTA dengan nilai 0 g *polybag*⁻¹, 5 g *polybag*⁻¹, dan 10 g *polybag*⁻¹ memberikan perbedaan yang nyata dalam konsentrasi dan serapan logam merkuri (Hg) dari *tailing*. Konsentrai logam Hg terbesar dapat diserap oleh akar tanaman pada aplikasi kompos dengan dosis 5 g *polybag*⁻¹ dengan aplikasi khelat EDTA 10 g *polybag*⁻¹ dengan nilai 178% dibanding tanpa perlakuan. Akan tetapi penggunaan akar wangi sebagai tanaman remediator kurang cocok untuk mengekstraksi logam merkuri (Hg) karena nilai TF < 1. Tanaman ini hanya bisa menjadi fitostabilisasi logam merkuri (Hg) yang ada dalam tanah *tailing*.

Penggunaan kompos pada media tanam dengan dosis 2,5 kg *polybag*⁻¹ memiliki nilai panjang dan jumlah daun tertinggi dibanding dosis lainnya. Selain itu, memiliki nilai berat kering terbesar pada akar dan pada tajuk tanaman. Kenaikan berat kering tanaman berpengaruh lurus terhadap serapan logam

merkuri (Hg) oleh tanaman. Selain menaikkan berat kering tanaman, kompos juga dapat meningkatkan konsentrasi Hg dalam akar sebesar 108% dan 165% pada tajuk dibanding media yang tidak di aplikasikan kompos.

Daftar Pustaka

- Farid, M., Ali, S., Shakoor, M. B., Bharwana, S.A., Rizvi, H., Ehsan, S., Tauqeer, H. M., Iftikhar, U. and Hanna, F. 2013. EDTA Assisted phytoremediation of cadmium, lead, zinc. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4(11): 2833-2846.
- Hamzah, A., Kusuma, Z., Utomo, W.H. dan Guritno, B. 2012. Penggunaan tanaman *Vetiveria zizanioides* L. dan biochar untuk remediasi lahan pertanian tercemar limbah tambang emas. *Buana Sains* 12 (1): 53-60.
- Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N., dan Fiqri, A. 2017. Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah. Malang. Universitas Brawijaya Press.
- Herman, D.Z. 2006. Tinjauan terhadap tailing mengandung unsur pencemar arsen (As), merkuri (Hg), timbal (Pb), dan kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam. *Jurnal Geologi Indonesia* 1: 31-36.
- Lasut, M. 2002. Metallothionein : suatu parameter kunci yang penting dalam penetapan Baku Mutu Air Laut (BMAL) Indonesia, *Jurnal Ekoton* 2 (1) : 61-68.
- Lientje, K.T., Wiesje, J.N.K. dan Rondonuwu, J. 2015. Pemberian kompos pada tanah bekas tambang dengan indikator sawi (*Brassica chinensis* L). *Eugina* 21(2) : 88 – 93.
- Noviardi, R. dan Damanhuri, T.P. 2015. Penyerapan logam timbal (Pb) pada tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) dengan variasi penambahan kompos dan limbah batubara pada media tanah. *Ecolab* 9 (2) : 47 - 104.
- Purwadinata, P. dan Sutrisno, N. 2013. Rehabilitasi Lahan Pertanian Tercemar Limbah Industri (Hg dan Pb) Dalam Mendukung Pembangunan Pertanian Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Sains, dan Teknologi*. 4 : 72-81.
- Purwani, J. 2010. Remediasi Tanah Dengan Menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L.). Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Rondonuwu, S.B. 2014. Fitoremediasi limbah merkuri menggunakan tanaman dan sistem reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains* 14 (1) : 52 – 59.
- Setyorini, D., Saraswati, R., dan Anwar, E.K. 2006. Kompos. *Balit Tanah Departemen Pertanian*.

- Siahaan, B.C., Utami, S.R. dan Handayanto, E 2014. Fitoremediasi tanah tercemar merkuri menggunakan *Lindernia crustacea*, *Digitaria radicosaa*, dan *Cyperus rotundus* serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan 1(2):35-51.
- Sidauruk, L. dan Sipayung, P. 2015. fitoremediasi lahan tercemar di Kawasan Industri Medan dengan tanaman hias. Jurnal Pertanian Tropik 2 (22) : 178- 186.
- Sigiro, E.R.P.S., Wibowo, A.N.J. dan Murwani, L.I. 2015. Efektivitas Penyerapan Timbal (Pb) Menggunakan Penambahan Mikoriza Dan EDTA Pada Bunga Matahari (*Helianthus annuus L.INN.*). Yogyakarta. Universitas Atma Jaya.
- Wasis, B., Sandrasari, A. 2011. Influence of compost on the growth of seedling of mahogany (*Swietenia macrophylla King.*) used in land mine gold (*tailings*). Jurnal Silvikultur Tropika 3 (1) : 109 – 112.