

**PENGARUH PEMBERIAN AMONIUM TIOSULFAT DAN  
KOMPOS TERHADAP SERAPAN EMAS (Au) TANAMAN AKAR  
WANGI (*Vetiveria zizanioides*) PADA TAILING JAMPANG KULON  
KABUPATEN SUKABUMI JAWA BARAT**

**Effect of Application of Ammonium Thiosulphate and Compost on  
Uptake of Gold (Au) by *Vetiveria zizanioides* from Tailing of Jampang  
Kulon, Sukabumi Regency, West Java**

**Randy Prawira, Syekhfan<sup>\*</sup>, Novalia Kusumarini**

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang 65145

<sup>\*</sup> Penulis Korespondensi: syekhfan<sup>\*</sup>@ub.ac.id

---

**Abstract**

Artisanal Small Scale Gold Mining (ASGM) in Jampang Kulon produces tailing waste that contains heavy metals harmful to the environment. The taining, however, still contains gold metal (Au). Phytomining can be a solution in environmentally friendly gold mining by planting hyperaccumulator plants on tailings and then extract its biomass. To increase the accumulation of gold in plant biomass, fertilizer is needed to enhance plants growth and chelate is necessary to increase the solubility of Au. This research aimed to know the effect of ammonium thiosulphate and compost on Au accumulation in vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) grown on tailings. This research used a completely randomized design with two factors, the dose of compost ; T0 (2.5 kg polybag<sup>-1</sup>), T1 (1.25 kg polybag<sup>-1</sup>), T2 (0 kg polybag<sup>-1</sup>) and the dose of ammonium thiosulphate ; K0 (0 g kg<sup>-1</sup>), K1 (5 g kg<sup>-1</sup>), K2 (10 g kg<sup>-1</sup>). The results showed that the addition of 10 g ammonium thiosulphate kg<sup>-1</sup> significantly increased the accumulation of Au by 46% in plant roots and 35% in plant shoot related to control. While the addition of 1.25 kg compost polybag<sup>-1</sup> could increase the accumulation of Au by 39% in plant roots.

**Keywords:** *ammonium thiosulfate, compost, phytomining*

---

**Pendahuluan**

Kabupaten Sukabumi (Simpenan dan Jampang Tengah) merupakan salah satu lokasi penambangan emas rakyat. Bahan galian emas tersebut banyak ditambang oleh berbagai pihak, salah satunya oleh masyarakat (tambang rakyat) dengan sistem tradisional. Menurut hasil penelitian Rosana (2011) diketahui sumberdaya emas primer di Kabupaten Sukabumi cukup besar seperti di daerah Cijiwa (Palabuhan Ratu/Ciomas), sumberdaya terduga (Hipotetik) sebesar 21.206 ton bijih dengan kadar Au = 5 g t<sup>-1</sup>, Ag = 20 g t<sup>-1</sup>. Bijih emas umumnya ditambang oleh masyarakat (tambang rakyat) menggunakan sistem

tambang bawah tanah, dengan membuat lubang bukaan mendatar berupa terowongan (*tunnel*) dan lubang bukaan vertikal berupa sumuran (*shaft*). Kemudian bijih yang didapat diolah menggunakan cara amalgamasi, yaitu dihomogenisasi pada alat gelundung dengan bantuan merkuri (Hg) untuk memisahkan emas dari bijih emas. Pengolahan bijih emas dengan cara amalgamasi menghasilkan limbah padat (*waste* dan *tailing*) yang mengandung unsur-unsur pencemar merkuri (Hg) dan logam-logam berat seperti Fe, Mn, Cu, Cd, Zn, Pb, Cr, dan As (Widodo, 2011). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi pencemaran lingkungan sekaligus

meningkatkan hasil tambang emas dapat dilakukan dengan cara *phytomining*. Kegiatan *phytomining* adalah menanam tanaman hiperakumulator pada limbah tambang logam berkadar rendah, dan kemudian memanennya dan membakar biomasanya untuk menghasilkan 'bio-ore' (Handayanto, 2014). *Phytomining* merupakan teknologi lanjutan dari fitoremediasi untuk menghasilkan bio-ore bebas sulfida, ramah lingkungan, dan memungkinkan pengambilan logam-logam yang bernilai ekonomi melalui peleburan dan pemurnian. *Phytomining* berpotensi diaplikasikan dalam industri mineral untuk mengembalikan keuntungan ekonomi dengan memproduksi logam-logam komersial menggunakan tanaman (Muliadi *et al.*, 2013). Tanaman yang dapat digunakan untuk kegiatan *phytomining* adalah tanaman hiperakumulator. Tanaman hiperakumulator merupakan tanaman yang dapat tumbuh pada kondisi tanah tidak sehat serta mampu mengakumulasi logam berat di dalam tanah adalah tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.). Bahan khelat merupakan bahan yang dapat menstimulasi ikatan antar senyawa organik, khususnya berupa asam-asam humat dan fluvat dengan logam (Hardiyanti *et al.*, 1996). Menurut Stevenson (1982) khelasi oleh bahan organik dapat mengatur ketersediaan logam di dalam tanah. Kompleks logam-organik dalam tanah dapat bergerak ke zona perakaran serta masuk ke rambut akar melalui membran sel (Khan, 1983). Amonium tiosulfat dapat dijadikan sebagai bahan khelat logam emas (Au) yang akan membentuk ikatan kompleks Au tiosulfat yang cenderung sangat stabil di dalam tanah (Butterman and Amey, 2005). Selain itu penambahan kompos dilakukan sebagai sumber hara makro dan mikromineral secara lengkap meskipun dalam jumlah yang relatif

kecil. Pengaplikasian bahan organik atau kompos juga dapat meningkatkan serapan logam berat karena bahan organik memiliki kemampuan untuk mengikat kelebihan logam berat yang bersifat racun. Menurut Handayanto (2014) untuk mendapatkan hasil serapan logam Au yang optimum maka paduan dosis bahan pembenah tanah, bahan khelat dan pupuk, perlu di formulasi lebih akurat agar tidak mengganggu ketersediaan hayati Au berkaitan dengan sifat geokimia. Maka dari itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian bahan khelat amonium tiosulfat dan kompos terhadap serapan emas tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.). Manfaat dari penelitian ini adalah untuk membantu pengembangan program *phytomining* sebagai salah satu cara menambang emas yang ramah lingkungan khususnya pada tambang emas masyarakat di Jampang Kulon.

### Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di rumah kaca di Dau Malang pada bulan april sampai dengan bulan juli tahun 2017. Pengujian laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Kimia Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Alat dan bahan yang digunakan adalah alat dan bahan untuk pengujian logam Au dan pengujian pH dan KTK. Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RALF) dengan dua faktor, yaitu dosis kompos dan dosis khelat yang tersaji pada Tabel 1. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah panjang daun, jumlah daun, berat kering tanaman, pH, KTK, dan konsentrasi emas (Au) pada tanaman.

Tabel 1. Perlakuan Penelitian

Perlakuan		Kadar Bahan Khelat Amonium Tiosulfat (g kg <sup>-1</sup> )		
		K0 Tanpa Khelat (0 g kg <sup>-1</sup> )	K1 (5 g kg <sup>-1</sup> )	K2 (10 g kg <sup>-1</sup> )
Komposisi Tanah dan Kompos (%)	T0 (0 dan 100)	K0T0	K1T0	K2T0
	T1 (50 dan 50)	K0T1	K1T1	K2T1
	T2(100 dan 0)	K0T2	K1T2	K2T2

Ket: K0 = 0 g kg<sup>-1</sup> khelat, K1 = 5 g kg<sup>-1</sup> khelat, K2 = 10 g kg<sup>-1</sup> khelat, T0 = 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T1 = 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T2 = 0 kg polybag<sup>-1</sup> kompos.

Parameter panjang daun diukur setiap minggunya mulai dari minggu pertama hingga minggu ke sembilan. Kemudian parameter jumlah daun dihitung mulai dari minggu pertama hingga minggu ke sembilan. Pengukuran berat kering tanaman dilakukan dengan cara menimbang biomasa tanaman kering oven yang dipanen pada minggu ke sembilan. Pengukuran pH tanah dilakukan pada sampel media tanam yang diambil pada 0 HST dan 63 HST menggunakan metode H<sub>2</sub>O. Selanjutnya pengukuran KTK tanah dilakukan pada sampel media tanam yang diambil pada 0 HST dan 63 HST metode perkolasi amonium asetat pH 7. Selanjutnya analisis logam emas (Au) tanaman pada 63 HST. Analisis data dilakukan dengan menggunakan sidik ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA) berdasarkan metode Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF). Apabila didapatkan pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Pengujian dilakukan pada taraf 5% dengan menggunakan bantuan software Genstat. Kemudian setelah itu hasil pengujian data akan diinterpretasikan dengan cara dibandingkan dengan literatur sehingga data dapat disimpulkan pada akhirnya.

## Hasil dan Pembahasan

### pH tanah

Penambahan kompos berpengaruh nyata dalam menurunkan pH tanah menjadi netral sementara penambahan amonium tiosulfat berpengaruh sangat nyata terhadap penurunan pH tanah menjadi agak masam.

Tabel 2. pH tanah

Perlakuan	pH tanah		
	T0	T1	T2
K0	6.36 <sup>b</sup>	6.37 <sup>b</sup>	6.84 <sup>a</sup>
K1	5.79 <sup>c</sup>	5.45 <sup>e</sup>	5.49 <sup>e</sup>
K2	5.63 <sup>d</sup>	4.88 <sup>f</sup>	4.92 <sup>f</sup>

Ket: Bilangan yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5% ( $p=0.05$ ); K0 = 0 g kg<sup>-1</sup> khelat, K1 = 5 g kg<sup>-1</sup> khelat, K2 = 10 g kg<sup>-1</sup> khelat, T0 = 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T1 = 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T2 = 0 kg polybag<sup>-1</sup> kompos.

Menurut Handayanto *et al.* (2017) penurunan pH tanah dapat terjadi akibat disosiasi H koloid ke H<sup>+</sup> larutan tanah sehingga pH menjadi turun dibawah netral. Koloid-koloid dalam bahan organik (kompos) berpengaruh 24 kali lebih baik dalam menurunkan pH daripada koloid-koloid liat. Penurunan pH tanah akibat penambahan kompos menjadi cenderung netral dapat berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman karena pada umumnya unsur hara mudah diserap akar tanaman pada pH tanah sekitar netral disebabkan pada pH tersebut unsur hara cenderung mudah larut dengan air (Tan, 1991). Penambahan kompos mampu menurunkan pH hingga 28% dibandingkan dengan yang tidak diberikan kompos. Sementara penurunan pH menjadi masam akibat penambahan amonium tiosulfat terjadi karena tujuan khelasi adalah pemasaman rhizosfer atau pemasaman tanah di sekitar daerah perakaran sehingga Kapasitas Tukar Anion (KTA) akan meningkat dan membuat logam yang terakumulasi di sekitar perakaran menjadi lebih banyak tersedia bagi tanaman. Menurut Handayanto *et al.* (2017) penurunan pH akibat diberikan amonium tiosulfat diakibatkan adanya Unsur Sulfur pada Senyawa Amonium Tiosulfat sehingga pH tanah menjadi turun.

### KTK tanah

Penambahan kompos berpengaruh nyata dalam meningkatkan nilai KTK dibandingkan dengan perlakuan yang tidak diberi kompos. Penambahan amonium tiosulfat berpengaruh nyata terhadap penurunan nilai KTK.

Tabel 3. KTK Tanah

Perlakuan	KTK tanah (me 100g <sup>-1</sup> )		
	T0	T1	T2
K0	16.74 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	15.88 <sup>c</sup>
K1	16.08 <sup>b</sup>	14.96 <sup>e</sup>	15.02 <sup>e</sup>
K2	15.44 <sup>d</sup>	14.08 <sup>f</sup>	14.08 <sup>f</sup>

Ket: Bilangan yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5% ( $p=0.05$ ); K0 = 0 g kg<sup>-1</sup> khelat, K1 = 5 g kg<sup>-1</sup> khelat, K2 = 10 g kg<sup>-1</sup> khelat, T0 = 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T1 = 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T2 = 0 kg polybag<sup>-1</sup> kompos.

Menurut Tan (1991) peningkatan KTK tanah akibat penambahan kompos dapat terjadi karena kompos mengandung humus (bunga tanah) yang sangat dibutuhkan untuk peningkatan hara makro dan mikro pada tanaman. Misel humus mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) yang lebih besar daripada misel lempung (3-10 kali) sehingga penyediaan hara makro dan mikromineral lebih lama. Kapasitas tukar kation (KTK) asam-asam organik dari kompos juga lebih tinggi dibandingkan mineral liat. Namun KTK asam-asam organik kompos lebih peka terhadap perubahan pH atau mempunyai sumber muatan tergantung pH (*pH dependent charge*). Maka dari itu kenaikan nilai KTK dengan penambahan kompos diiringi dengan penurunan pH menjadi cenderung netral.

#### **Konsentrasi Au dalam akar tanaman**

Konsentrasi Au dalam akar tanaman merupakan jumlah Au yang terkandung di dalam akar tanaman per satuan berat. Perlakuan amonium tiosulfat berpengaruh nyata terhadap peningkatan konsentrasi Au pada akar tanaman dibandingkan dengan perlakuan yang tidak diberi amonium tiosulfat. Sementara perlakuan kompos tidak berbeda nyata terhadap peningkatan konsentrasi Au. Hal ini dapat dilihat dari perlakuan K0T0, K0T1, dan K0T2.

Tabel 4. Konsentrasi Au pada akar tanaman

Perlakuan	Konsentrasi Au Akar (ppm)		
	T0	T1	T2
K0	0.25 <sup>e</sup>	0.25 <sup>e</sup>	0.23 <sup>e</sup>
K1	0.29 <sup>d</sup>	0.41 <sup>c</sup>	0.32 <sup>d</sup>
K2	0.31 <sup>d</sup>	0.50 <sup>a</sup>	0.45 <sup>b</sup>

Ket: Bilangan yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5% ( $p=0.05$ ); K0 = 0 g kg<sup>-1</sup> khelat, K1 = 5 g kg<sup>-1</sup> khelat, K2 = 10 g kg<sup>-1</sup> khelat, T0 = 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T1 = 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T2 = 0 kg polybag<sup>-1</sup> kompos.

Meningkatnya konsentrasi Au pada akar tanaman dengan pemberian amonium tiosulfat dapat terjadi karena logam emas Au membentuk kompleks yang kuat dengan heliades, sulfida, tiosulfat dan amino kompleks sehingga mempengaruhi ketersediaannya bagi

tanaman di dalam tanah. Menurut Handayanto *et al.* (2017) akar tanaman dapat mensekresi berbagai ligan yang salah satunya adalah amonium tiosulfat sebagai senyawa pengkhelat logam (*phytosiderophore*). Senyawa amonium tiosulfat tersebut berperan sebagai bahan pengkhelat dan meningkatkan desorpsi logam dari tanah sehingga meningkatkan ketersediaan hayati logam dalam larutan tanah. Kompos juga dapat berfungsi sebagai bahan khelat yang dapat digunakan sebagai penambat unsur termasuk logam (Setyorini *et al.*, 2013).

#### **Konsentrasi Au dalam tajuk tanaman**

Konsentrasi Au dalam tajuk tanaman merupakan jumlah Au yang terdapat di dalam daun tanaman akar wangi. Konsentrasi Au dalam tajuk tanaman ini berkaitan dengan kemampuan tanaman dalam mentranslokasikan dan menyimpan Au pada biomasanya. Penambahan amonium tiosulfat berpengaruh nyata terhadap peningkatan konsentrasi Au pada tajuk tanaman. Penambahan kompos dapat mempengaruhi translokasi logam dari akar ke tajuk tanaman dengan mekanisme evapotranspirasi (pengaruh gabungan dari penguapan air permukaan tanah dan tanaman serta hilangnya air dari stomata daun) pengangkutan emas dari akar ke tajuk tanaman.

Tabel 5. Konsentrasi Au pada tajuk tanaman

Perlakuan	Konsentrasi Au Tajuk (ppm)		
	T0	T1	T2
K0	0.10 <sup>d</sup>	0.10 <sup>d</sup>	0.06 <sup>d</sup>
K1	0.17 <sup>c</sup>	0.26 <sup>b</sup>	0.22 <sup>b</sup>
K2	0.18 <sup>c</sup>	0.35 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>

Ket: Bilangan yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5% ( $p=0.05$ ); K0 = 0 g kg<sup>-1</sup> khelat, K1 = 5 g kg<sup>-1</sup> khelat, K2 = 10 g kg<sup>-1</sup> khelat, T0 = 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T1 = 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T2 = 0 kg polybag<sup>-1</sup> kompos.

Anderson *et al.* (2005) menjelaskan bahwa kelancaran translokasi Au dari akar ke tajuk tanaman tergantung juga pada kelancaran pengangkutan air dan unsur hara lainnya ke tajuk tanaman sehingga tanaman yang diberi kompos dapat mentranslokasikan logam Au

lebih banyak ke tajuk seiring dengan pengangkutan unsur hara yang lebih banyak dibandingkan dengan yang tidak diberi kompos. Menurut Stevenson (1982) khelasi oleh bahan organik juga dapat mengatur ketersediaan logam di dalam tanah dengan cara meningkatkan pelepasan ion  $H^+$  dalam tanah. Pelepasan ion  $H^+$  dalam tanah akan memacu terbentuknya kompleks logam yang tersedia bagi tanaman dan memacu serapan logam oleh akar.

#### ***Serapan Au pada akar tanaman***

Nilai serapan akar menunjukkan nilai serapan Au aktual yang berada di dalam akar tanaman tersebut. Penambahan kompos 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> meningkatkan serapan Au sebesar 39% terhadap kontrol. Penambahan amonium tiosulfat dengan dosis 10 g kg<sup>-1</sup> dapat meningkatkan serapan Au pada akar tanaman sebesar 46% terhadap perlakuan kontrol.

Tabel 6. Serapan Au pada akar tanaman

Perlakuan	Serapan Au Akar (mg)		
	T0	T1	T2
K0	0.010 <sup>c</sup>	0.008 <sup>c</sup>	0.004 <sup>d</sup>
K1	0.011 <sup>bc</sup>	0.014 <sup>ab</sup>	0.009 <sup>c</sup>
K2	0.012 <sup>bc</sup>	0.017 <sup>a</sup>	0.011 <sup>bc</sup>

Ket: Bilangan yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5% ( $p=0.05$ ); K0 = 0 g kg<sup>-1</sup> khelat, K1 = 5 g kg<sup>-1</sup> khelat, K2 = 10 g kg<sup>-1</sup> khelat, T0 = 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T1 = 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T2 = 0 kg polybag<sup>-1</sup> kompos.

Peningkatan serapan Au pada media yang diberi kompos dapat terjadi karena kompos juga memiliki kemampuan khelasi dalam bereaksi dengan ion logam untuk membentuk senyawa kompleks sehingga menurunkan toksisitas logam bagi tanaman (Setyorini *et al.*, 2013). Peningkatan serapan Au pada tanaman yang diberikan amonium tiosulfat dapat terjadi karena amonium tiosulfat meningkatkan konsentrasi logam didalam akar tanaman dengan cara membuat ikatan kompleks dengan Au sehingga Au dapat tersedia dan dapat diserap oleh tanaman. Menurut Handayanto *et al.* (2017) ion bebas emas (Au) terdapat pada bentuk larutan pada kordinasi muatan

kompleks seperti Au tiosulfat yang cenderung sangat stabil (Butterman dan Amey, 2005).

#### ***Serapan Au pada tajuk***

Serapan Au tajuk merupakan total konsentrasi Au pada tajuk yang didapat dari pengalihan antara konsentrasi Au tajuk dengan berat kering tajuk. Nilai serapan tajuk menunjukkan nilai serapan Au aktual yang berada di dalam tajuk tanaman tersebut. Perlakuan kompos tidak berpengaruh nyata terhadap serapan Au pada tajuk tanaman. Sementara perlakuan amonium tiosulfat berpengaruh nyata terhadap peningkatan serapan Au terhadap perlakuan yang tidak diberi amonium tiosulfat. Penambahan amonium tiosulfat dengan dosis 10 g kg<sup>-1</sup> pada T1 dapat meningkatkan serapan logam pada tajuk tanaman sebesar 35% dibandingkan dengan perlakuan yang tidak diberi amonium tiosulfat.

Tabel 7. Serapan Au pada tajuk tanaman

Perlakuan	Serapan Au (mg)
K0T0	0.0026 <sup>cde</sup>
K1T0	0.0028 <sup>bc</sup>
K2T0	0.0029 <sup>bc</sup>
K0T1	0.0014 <sup>de</sup>
K1T1	0.0037 <sup>b</sup>
K2T1	0.0053 <sup>a</sup>
K0T2	0.0003 <sup>e</sup>
K1T2	0.003 <sup>bed</sup>
K2T2	0.0035 <sup>b</sup>

Ket: Bilangan yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5% ( $p=0.05$ ); K0 = 0 g kg<sup>-1</sup> khelat, K1 = 5 g kg<sup>-1</sup> khelat, K2 = 10 g kg<sup>-1</sup> khelat, T0 = 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T1 = 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T2 = 0 kg polybag<sup>-1</sup> kompos.

Peningkatan serapan Au pada tajuk tanaman dipengaruhi oleh nilai serapan Au pada akar dimana ketika serapan Au pada akar tinggi maka serapan Au pada tajuk juga tinggi. Namun secara keseluruhan serapan Au pada tanaman akar wangi lebih banyak terdapat pada akar tanaman (Purwani, 2010.)

#### ***Efektifitas Penyerapan Au dalam tanaman***

Serapan atau Akumulasi Au dalam tanaman merupakan suatu kemampuan yang dapat diukur menggunakan suatu metode. Menurut

Pilon-Smits (2005) (dalam Handayanto *et al.*, 2017) akumulasi logam dalam tanaman digambarkan sebagai *Biological Accumulation Coefficient* (BAC). Tanaman dengan nilai BAC > 1 dapat digunakan untuk fitoekstraksi (Li *et al.*, 2007). Kemudian mobilitas logam berat dari media tercemar ke dalam akar tanaman dan kemampuan mentranslokasikan logam dari akar ke tajuk tanaman dapat dievaluasi menggunakan *Biological Concentration Factor* (BCF) dan *Translocation Factor* (TF) (Yoon *et al.*, 2006). Tanaman dengan nilai BCF > 1 dan TF < 1 berpotensi digunakan untuk fitostabilisasi (Yoon *et al.*, 2006).

Tabel 9. Nilai TF, BCF, dan BAC

Perlakuan	TF	BCF	BAC
K0T0	0.60	0.23	0.14
K1T0	0.59	0.28	0.17
K2T0	0.58	0.30	0.17
K0T1	0.40	0.22	0.09
K1T1	0.63	0.48	0.30
K2T1	0.71	0.75	0.53
K0T2	0.25	0.18	0.05
K1T2	0.69	0.35	0.24
K2T2	0.74	0.64	0.47

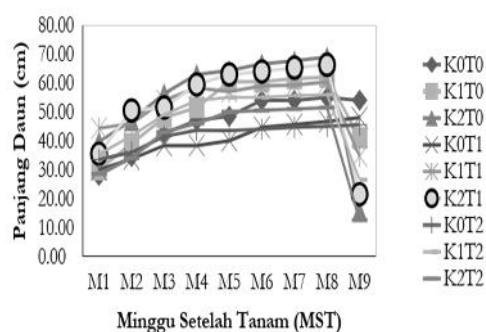
Ket: BAC = *Biological Accumulation Coefficient* (konsentrasi logam dalam tajuk tanaman dibandingkan dengan konsentrasi logam dalam tanah), BCF = *Biological Concentration Factor* (konsentrasi logam dalam akar tanaman dibandingkan dengan konsentrasi logam dalam tanah), TF = *Translocation Factor* (konsentrasi logam dalam tajuk tanaman dibandingkan dengan konsentrasi logam dalam akar tanaman)

Penelitian ini menggunakan tanaman akar wangi dimana berdasarkan hasil penelitian memiliki nilai TF, BCF, dan BAC pada tanaman akar wangi adalah kurang dari 1. Menurut Handayanto *et al.* (2017) suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator apabila memiliki laju translokasi logam berat dari akar ke tajuk yang tinggi sehingga akumulasinya pada tajuk lebih tinggi dari pada akar. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman akar wangi kurang cocok untuk dijadikan sebagai fitoekstraktor Au karena akumulasi logam lebih banyak di dalam akar. Tanaman akar wangi hanya bias digunakan sebagai fitostabilisator logam Au pada tanah yang memiliki sifat toleran terhadap tanah tercemar logam berat.

## Pertumbuhan tanaman

### Panjang daun

Panjang daun merupakan parameter pengamatan yang diamati setiap minggunya selama 9 minggu penanaman. Panjang daun diamati sebagai indikator pertumbuhan tanaman akar wangi. Panjang daun diamati dengan cara mengukur panjang daun tanaman yang masih berwarna hijau. Berdasarkan hasil pengamatan maka didapati bahwa panjang daun tanaman cenderung bertambah mulai dari minggu pertama hingga minggu ke delapan. Namun setelah diberikan amonium tiosulfat pada minggu ke delapan, terdapat penurunan panjang daun yang signifikan pada minggu ke sembilan. Penambahan amonium tiosulfat berpengaruh nyata terhadap penurunan panjang daun secara signifikan terhadap tanaman kontrol yang tidak diaplikasikan amonium tiosulfat dari minggu sebelumnya. Penambahan amonium tiosulfat pada minggu ke delapan dapat menurunkan panjang daun 76% pada minggu ke sembilan. Penambahan kompos dapat memperbaiki konsistensi tanah menjadi lebih gembur dimana hal tersebut membuat akar tanaman menjadi lebih berkembang sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman. Namun berdasarkan hasil pengamatan selama 8 MST penambahan kompos tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan panjang daun.



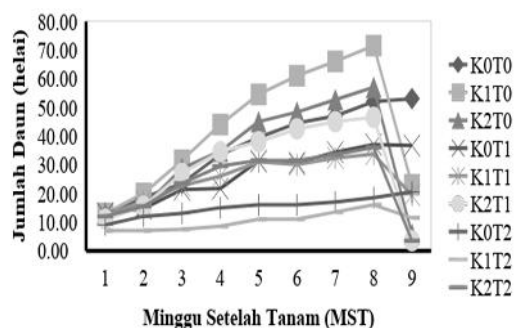
Gambar 1. Panjang daun dari minggu 1 sampai minggu 9

Hal ini sesuai dengan Purwani (2010) dimana akar wangi (*Vetiveria zizanioides* L.) merupakan tanaman berupa rumput dengan perakaran yang rimbun dan termasuk golongan rumput. Sementara itu penambahan amonium tiosulfat pada minggu ke delapan berpengaruh nyata terhadap penurunan panjang daun pada minggu ke sembilan karena amonium tiosulfat

membuat tanaman terlalu banyak menyerap logam sehingga daun tanaman menjadi menguning.

#### Jumlah daun

Jumlah daun merupakan parameter pengamatan yang diamati setiap minggunya selama 9 MST. Jumlah daun diamati sebagai indikator pertumbuhan tanaman akar wangi. Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan cara menghitung jumlah daun tanaman yang masih berwarna hijau. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan tren perbanyak jumlah daun meningkat dari 0 MST hingga minggu 8 MST kemudian terjadi penurunan jumlah daun secara signifikan pada perlakuan yang diberi amonium tiosulfat pada 9 MST. Penambahan kompos dengan dosis 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> dapat meningkatkan jumlah daun sebanyak 69% dibandingkan dengan yang tidak diberi kompos pada pengamatan minggu ke delapan. Sementara penambahan amonium tiosulfat dengan dosis 10 g kg<sup>-1</sup> pada minggu ke delapan dapat menurunkan jumlah daun sebanyak 66% pada pengamatan minggu ke sembilan.



Gambar 2. Jumlah daun dari minggu 1 sampai minggu 9

Penambahan jumlah daun seiring diberikannya kompos menunjukkan penambahan kompos pada *tailing* dapat mempengaruhi sifat fisik tanah seperti menurunkan berat isi, meningkatkan porositas tanah, meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air dan juga meningkatkan kemampuan penetrasi akar di dalam tanah (Chiu *et al.*, 2006). Kemampuan kompos dalam meningkatkan porositas tanah dapat meningkatkan perkembangan akar pada tanaman akar wangi sehingga akar berkembang

membentuk tunas baru dan membentuk tunas dan daun baru. Sementara itu penambahan amonium tiosulfat membuat daun tanaman menguning yang mengindikasikan adanya penurunan kadar klorofil pada daun. Hal tersebut sesuai dengan hasil Penelitian Pang (2003) dimana penurunan kadar klorofil secara signifikan terjadi pada daun akar wangi yang ditanam pada media 100% *tailing*.

#### Berat kering akar

Berat kering akar merupakan biomasa akar tanaman yang dipanen pada 9 MST. Perlakuan kompos berpengaruh nyata terhadap peningkatan berat kering tanaman. Penambahan amonium tiosulfat tidak berpengaruh nyata terhadap penambahan berat kering. Penambahan kompos dengan dosis 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> dapat meningkatkan berat kering sebanyak 40% dibandingkan dengan yang tidak diberi kompos.

Tabel 10. Berat kering akar

Perlakuan	Berat Kering Akar (g)
K0T0	39.16 <sup>a</sup>
K1T0	38.68 <sup>a</sup>
K2T0	38.55 <sup>a</sup>
K0T1	34.62 <sup>ab</sup>
K1T1	34.03 <sup>ab</sup>
K2T1	34.9 <sup>ab</sup>
K0T2	15.09 <sup>d</sup>
K1T2	27.75 <sup>bc</sup>
K2T2	23.8 <sup>c</sup>

Ket: Bilangan yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5% ( $p=0.05$ ); K0 = 0 g kg<sup>-1</sup> khelat, K1 = 5 g kg<sup>-1</sup> khelat, K2 = 10 g kg<sup>-1</sup> khelat, T0 = 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T1 = 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T2 = 0 kg polybag<sup>-1</sup> kompos.

Peningkatan berat kering akar tanaman seiring dengan diberikannya kompos dapat terjadi karena penambahan kompos dapat memperbaiki sifat fisik tanah sehingga akar tanaman dapat berkembang. Perbaikan sifat fisik tanah dapat terjadi karena kompos mengalami proses dekomposisi dan menghasilkan humus. Interaksi antara humus dengan partikel tanah akan membentuk struktur tanah lebih mantap dan memperbesar ruang pori (Zulkarnain, 2013). Menurut Purwani (2010) akar wangi (*Vetiveria zizanioides*

L.) merupakan tanaman berupa rumpun dengan perakaran yang rimbun dan termasuk golongan rumput dengan tinggi 0,5 – 1,5 m sehingga perbaikan sifat fisik tanah dapat meningkatkan perkembangan akar di dalam tanah yang pada akhirnya akan mempengaruhi pertumbuhan dan meningkatkan berat kering akar tanaman.

#### Berat kering tajuk

Berat kering tajuk merupakan biomasa akar tanaman yang dipanen pada 9 MST. Berat kering akar dapat mempengaruhi serapan Au dan jumlah yang terakumulasi di dalam tajuk. Perlakuan kompos berpengaruh nyata terhadap peningkatan berat kering tanaman. sementara penambahan amonium tiosulfat tidak berpengaruh nyata terhadap penambahan berat kering. Penambahan kompos dengan dosis 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> dapat meningkatkan berat kering sebesar 28% dibandingkan dengan yang tidak diberi kompos.

Tabel 11. Berat kering tajuk

Perlakuan	Berat Kering Tajuk (g)
K0T0	16.78 <sup>a</sup>
K1T0	16.58 <sup>a</sup>
K2T0	16.52 <sup>a</sup>
K0T1	14.84 <sup>ab</sup>
K1T1	14.58 <sup>ab</sup>
K2T1	14.96 <sup>ab</sup>
K0T2	6.46 <sup>d</sup>
K1T2	11.89 <sup>bc</sup>
K2T2	10.2 <sup>c</sup>

Ket: Bilangan yang didampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5% ( $p=0.05$ ); K0 = 0 g kg<sup>-1</sup> khelat, K1 = 5 g kg<sup>-1</sup> khelat, K2 = 10 g kg<sup>-1</sup> khelat, T0 = 2.5 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T1 = 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> kompos, T2 = 0 kg polybag<sup>-1</sup> kompos.

Penambahan kompos dapat meningkatkan kesuburan tanah, kompos merupakan sumber hara makro dan mikromineral secara lengkap meskipun dalam jumlah yang relatif kecil (Setyorini *et al.*, 2003). Ketersediaan unsur hara tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman akar wangi yang pada akhirnya akan mempengaruhi peningkatan berat kering tajuknya. Sementara itu penambahan amonium tiosulfat tidak berpengaruh nyata terhadap

penurunan berat kering namun berpengaruh nyata terhadap penurunan jumlah daun pada minggu ke sembilan. Hal ini disebabkan oleh waktu pengaplikasian amonium tiosulfat yang diberikan hanya satu minggu sebelum pemanenan sehingga tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan berat kering tajuk tanaman.

#### Kesimpulan

Penambahan kompos dengan dosis 1.25 kg polybag<sup>-1</sup> berpengaruh nyata dalam meningkatkan serapan emas (Au) pada akar tanaman sebanyak 39% terhadap kontrol. Penambahan 10 g amonium tiosulfat kg<sup>-1</sup> secara nyata meningkatkan serapan Au pada tajuk tanaman akar wangi sebesar 35% terhadap kontrol.

#### Daftar Pustaka

- Butterman, W.C. and Earle, B. Amey III. 2005. *Mineral Commodity Profiles—Gold*. Usgs.gov. United States Geological Survey, 2005. Web. 12 June 2012.
- Chiu, K.K., Ye, Z.H. and Wong, M.H. 2006. Growth of *Vetivera zizanioides* and *Phragmites australis* on Pb/Zn and Cu mine tailings amended with manure compost and sewage sludge: a greenhouse study. *Bioresource Technology* 97 (2006) 158-170
- Handayanto. 2014. *Phytomining Logam Emas dari Tailing Tambang Emas Rakyat Menggunakan Tumbuhan Lokal*. Malang. Universitas Brawijaya Press
- Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N. dan Fiqri, A. 2017. *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. Malang. Universitas Brawijaya Press.
- Hardiyanti, T., Anggorowati, S., Sukarsa, dan Proklamasingih, E. 1996. Hubungan antara pemupukan nitrogen dengan kandungan logam berat pada tanaman kangkung. *Majalah Ilmiah Universitas Jendral Soedirman*. 1(12): 79-88
- Khan, S. and Khan, N.N. 1983. Influence of lead and cadmium on growth and nutrient concentration of tomato and eggs plant. *Plant and Soil* 74 : 58-60
- Li, Y.M., Chaney, R.L., Brewer, E.P., Angle, J.S. and Nelkin, J. 2003a. Phytoextraction of nickel and cobalt by hyperaccumulator *Alyssum* species grown on nickel contaminated soils. *Environment Science and Technology* 37: 1463–1468.



- Muliadi, Liestianty, dan Yanny, D. 2013. Fitoremediasi dan potensi phytomining nikel pada lahan pasca tambang. Prosiding Seminar Nasional Insentif Riset. Jakarta.
- Pohan P.M., Denni, W., Sabtando J.S. dan Asep. 2007. Penyelidikan Potensi Bahan Galian pada Tailing PT Freeport Indonesia di Kabupaten Mimika, Provinsi Papua. Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan Dan Non Lapangan Tahun 2007 Pusat Sumber Daya Geologi
- Pang, J., Chan, G.S.Y., Zhang, J., Liang, J., dan Wong, M.H. 2003. Physiological aspects of vetiver grass for rehabilitation in abandoned metalliferous mine wastes. *Chemosphere* 52 (2003) 1559-1570.
- Purwani, J. 2010. Remediasi Tanah Dengan Menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L.). Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Rosana, F.M., Denni, W. dan Wawan, K. 2011. Potensi Sumberdaya Mineral Jawa Barat: Menuju Pembangunan Jawa Barat yang Berkelanjutan. Pusat Sumberdaya Geologi, Fakultas Teknik Geologi UNPAD, Pusat Sumberdaya Geologi, Pusat Survey Geologi.
- Setyorini, D. dan Prihatini, T. 2003. Menuju “*quality control*” pupuk organik di Indonesia. Disampaikan dalam Pertemuan Persiapan Penyusunan Persyaratan Minimal Pupuk Organik di Dit. Pupuk dan Pestisida, Ditjen Bina Sarana Pertanian, Jakarta 27 Maret 2003.
- Stevenson, F.T. 1982. *Humus Chemistry*. John Wiley dan Sons, Newyork.
- Tan, K.H. 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Didiek, H.G (penerjemah). Edisi I. Gadjah Mada University Press.
- Widodo. 2011. Pemanfaatan limbah penambangan dan pengolahan bijih emas untuk pengisian lubang bekas tambang. *Buletin Geologi Tata Lingkungan* 21(3): 127 – 138.
- Yoon, J., Cao, X. and Zhou, O. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the Total Environment* 368 : 456–464.
- Zulkarnain, Maulana, B. Prasetya, Soemarno. 2013. Pengaruh kompos, pupuk kandang, dan custombio terhadap sifat tanah, pertumbuhan, dan hasil tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Entisol di Kebun Ngrangkah-Pawon, Kediri. *Indonesian Green Technology Journal* E-ISSN.2338-1787.