

Kajian Aktivitas Hg Dalam Tanah dan Jaringan Tanaman Pada Tanah Tercemar Logam Merkuri Dengan Pemberian Bahan Organik Pada Kedalaman yang Berbeda

Rully Akbar, Saiful Darman dan Uswah Hasanah

amattolis@yahoo.co.id

Program Studi Magister Ilmu-Ilmu Pertanian, Pascasarjana Universitas Tadulako

Abstract

*This study aims to understand the interaction Award kirinyu Bokashi (*Chromolaena odorata* L.) with increasing doses of various soil layers into terhadap activity Hg in soil solution and plant uptake. This research has been carried out glass house Department of Agriculture Faculty of Agriculture, University Tadulako. This research was made up of two factors in a factorial design with environmental design is the design of each perlakuan repeated 3 times. Sehingga which there are $3 \times 4 \times 3 = 36$ experimental units. The parameters observed in the study is the analysis of the soil after harvest includes an analysis of soil chemical properties include C-organic, CEC, pH, Hg soil and Hg plant tissue This study also shows that, with the provision of Bokashi kirinyu on Waste Tailings very significant effect on the concentration of mercury in soil and plant tissue and soil reaction or pH of the soil, and the C-Organic Cation Exchange Capacity (CEC).*

Keywords: *Organic materials, Depth Soil, Maize*

PENDAHULUAN

Tanah merupakan bagian penting dalam menunjang kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Seperti kita ketahui rantai makanan bermula dari tumbuhan. Manusia, hewan hidup dari tumbuhan. Memang ada tumbuhan dan hewan yang hidup di laut, tetapi sebagian besar dari makanan kita berasal dari permukaan tanah. Oleh sebab itu, sudah menjadi kewajiban kita menjaga kelestarian tanah sehingga tetap dapat mendukung kehidupan di muka bumi ini. Akan tetapi, sebagaimana halnya pencemaran air dan udara, pencemaran tanah pun akibat kegiatan manusia juga.

Kualitas lingkungan yang semakin memburuk akibat pencemaran pada udara, air, dan tanah merupakan ancaman besar bagi kelangsungan kehidupan makhluk hidup di bumi, tidak terkecuali manusia. Beberapa jenis polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan hewan, selain gas beracun, adalah logam kimia berbahaya jenis logam berat, seperti raksa (Hg) tembaga (Cu), kobalt (Co), timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr),

mangan (Mn), nikel (Ni), senyawa pestisida dan beberapa jenis senyawa organik. Jika melewati ambang batas, keberadaan jenis-jenis polutan tersebut diketahui bersifat racun dan bersifat karsinogenik, yaitu dapat menimbulkan terjadinya penyakit kanker (Puspita, 2010).

Rendahnya C-Organik pada limbah tailing tambang emas Poboya mengindikasikan kurangnya unsur hara makro dan juga mikro di dalam tanah. Sutejo (2002), menyatakan bahwa kandungan unsur hara yang lengkap dapat menaikkan kondisi kehidupan di dalam tanah serta sebagai sumber zat makanan bagi tanaman. Oleh karenanya, usaha pengolahan emas dengan menggunakan merkuri seharusnya tidak membuang limbahnya (tailing) ke dalam aliran sungai sehingga tidak terjadi kontaminasi merkuri pada lingkungan disekitarnya, dan tailing yang mengandung merkuri harus ditempatkan secara khusus dan ditangani secara hati-hati (Setiabudi, 2005).

Salah satu cara untuk memulihkan lingkungan tanah dari suatu kontaminan adalah dengan penambahan bahan organik (Smith dkk., 1997). Namun pemberian bahan

organik segar tersebut haruslah memperhatikan kualitasnya. Kualitas bahan organik mempunyai pengertian yang berkaitan erat dengan cepat atau lambatnya bahan organik tersebut terdekomposisi. Pada umumnya parameter rasio C/N, kandungan lignin dan polifenol digunakan sebagai faktor penduga kecepatan dekomposisi bahan organik dan terlarutnya senyawa yang dikandungnya (Handayanto, 1994).

METODE

Penelitian ini dilakuka di rumah kaca Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Analisis Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2015 sampai Januari 2016, dengan lokasi pengambilan sampel tanah tercemar logam merkuri di Kelurahan Poboya, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah.

Materi Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jagung manis Jenis Bonanza F1 sebanyak 36 unit percobaan

Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan yaitu parang untuk mencincang bahan organik, karung sebagai tempat selama pengomposan, sekop, batang kayu sebagai pengaduk selama pengomposan, terpal sebagai penutup selama pembuatan pupuk, ember sebagai wadah untuk melarutkan EM₄, polibag ukuran 10 kg untuk penanaman tanaman jagung tanah dan alat tulis-menulis, serta peralatan untuk analisis di Labaratorium adalah sejumlah gelas kimia, Mercury Analyzer, AAS destilasi, pH meter dan seperangkat alat laboratorium lainnya. Bahan yang digunakan sebagai sumber bahan organik berasal dari tanaman Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.), larutan EM₄, gula, pupuk urea sebagai sumber N, air untuk membuat larutan

EM₄, benih jagung, sampel tanah di lingkungan pengolahan tambang emas Poboya dan sejumlah bahan-bahan kimia dilaboratorium.

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial dengan rancangan acak kelompok sebagai rancangan lingkungannya. Faktor penelitian ini terdiri dari faktor kedalaman tanah (tiga kedalaman) dan dosis bokashi tanaman kirinyu (empat level). Setiap perlakuan masing-masing diulang sebanyak 3 kali, sehingga seluruhnya terdapat 3 x 4 x 3 = 36 unit percobaan. Faktor kedalaman tanah terdiri dari: 0 – 10 cm (k1); 11 – 20 cm (k2); dan 21 – 30 cm (k3). Sedangkan dosis bokashi kirinyu termasuk: tanpa bahan organik (kontrol, b0); bokashi 15 t ha⁻¹ (b1); 30 t ha⁻¹ (b2); dan 45 t ha⁻¹ (b3).

Apabila hasil analisis sidik ragam memperlihatkan pengaruh nyata, dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ).

Kedalaman Tanah	Dosis Bokashi			
	b0	b1	b2	b3
k1	b0k1	b1k1	b2k1	b3k1
k2	b0k2	b1k2	b2k2	b3k2
k3	b0k3	b1k3	b2k3	b3k3

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan tanah tercemar logam merkuri tambang emas Poboya yang diambil dari lingkungan kegiatan pengolahan emas untuk sebagai media tanam. tanah yang diambil pada kedalaman 10cm, 20cm, dan kedalaman 30cm, kemudian dikeringanginkan selama ± 1 minggu. Cara yang digunakan pada saat pembuatan bokashi yaitu: Menyiapkan seluruh bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan bokashi, mencincang bahan tersebut sampai halus untuk mempercepat dekomposisi, membuat larutan EM₄, dengan komposisi: air, larutan EM₄, Gula secukupnya dan pupuk urea secukupnya. Kemudian diaduk dan di diamkan beberapa saat lalu di campurkan pada bahan organik yang telah dicincang dan mengomposkan

sampai bahan organik tersebut menjadi bokashi yang matang dengan ciri berwarna kehitaman menyerupai tanah, tidak berbau dan suhunya konstan.

Setelah sampel tanah diambil dikering anginkan kemudian ditimbang sebanyak 10 kg untuk setiap polibag yang telah diberi label sesuai dengan kode perlakuan. Untuk masing-masing polibag tersebut ditambahkan bokashi kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) dengan dosis yang telah dilakukan. Setelah sampel tanah diambil dikering anginkan kemudian ditimbang sebanyak 10 kg untuk setiap polibag yang telah diberi label sesuai dengan kode perlakuan. Untuk masing-masing polibag tersebut ditambahkan bokashi kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) dengan dosis yang telah dilakukan. Setelah media tanam (polibag) diinkubasi, kemudian dilakukan penanaman benih jagung. Dalam setiap polibag ditanami 2 biji benih jagung. Pengamatan dilakukan selama masa

pertumbuhan vegetative maksimum. dan akan dilakukan penjarangan setelah 14 HST.

Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan dalam penelitian ini diantaranya Analisis Tanahn Awal, Reaksi Tanah (pH), C- Organik, Kapasitas Tukar Kation (KTK), Analisis Jaringan Tanaman, Analisis Bokashi Kirinyu dan Analisis Tanah setelah Panen.

HASIL DAN PEMBAHSAN

Bokasi Kirinyu (*Cromolena Odorata*)

Hasil analisis bahan organik berupa bokashi *Chromolaena odorata* L, menunjukkan bahwa bokashi *Chromolaena odorata* L yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai komposisi kimia beragam seperti yang di sajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kimia Bokashi Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.)

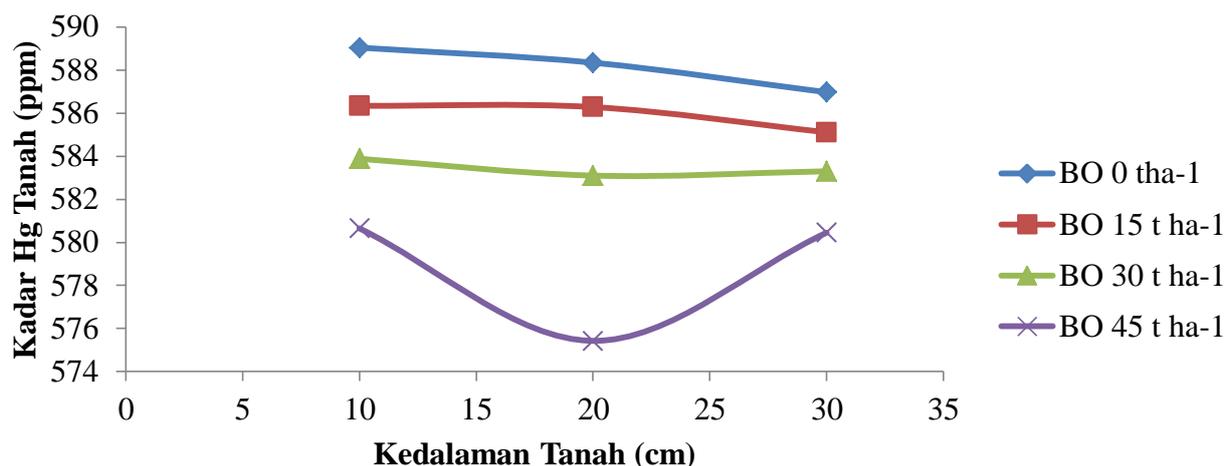
No	Jenis Bahan Organik	Parameter	Kandungan (%)	C/N
1	Tanaman Kirinyu	C-Org	34,52	11,51
		N	3,0	
		P	0,83	
		K	6,05	

Sumber: Laboratorium Analisis Sumber Daya Alam dan Lingkungan Fakultas Pertanian Universitas Tadulako (2016).

Komposisi kandungan hara kirinyu pada table diatas menunjukkan bahwa kandungan hara C-organik yaitu 34,52%, untuk kandungan hara N yaitu 3,0%, kandungan hara K yaitu 6,05 sedangkan untuk kandungan hara P yaitu 0.83%. dan nisbah C/N yaitu 11,51 tergolong sedang. Berdasarkan nisbah C/N maka dapat menentukan laju dekomposisi bahan organik, sehingga perombakan bokashi Kirinyu berlangsung lebih cepat. Menurut Brady (1990),

dekomposisi bahan organik berkaitan erat dengan nisbah kadar hara. Secara umum, makin rendah nisbah antara kadar C dan N di dalam bahan organik, akan semakin mudah dan cepat mengalami dekomposisi.

Pengaruh Bokashi Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) Terhadap Konsentrasi Merkuri (Hg) dalam tanah



Gambar 1. Pengaruh Bokashi *Chromolaena odorata* L. Terhadap Merkuri (Hg) Tanah

Berdasarkan sidik ragam disajikan pada Lampiran 1. menunjukkan adanya pengaruh p (0,05) antara perlakuan bahan organik dalam bentuk bokashi kirinyu dengan kedalaman yang berbeda terhadap perubahan konsentrasi merkuri dalam tanah. Semakin Tinggi Dosis bokashi yang diberikan akan semakin menurunkan konsentrasi merkuri dalam tanah, dan akan menurunkan lagi dengan semakin dalam lapisan tanah. Konsentrasi Hg terendah di peroleh pada pemberian bokashi dengan dosis 45 t ha^{-1} pada kedalaman 20cm dengan rata-rata 575,43ppm.

Perubahan konsentrasi merkuri dalam tanah dapat dipengaruhi oleh pemberian bahan organik berupa bokashi kirinyu. Tinggi rendahnya pemberian dosis bahan organik dalam tanah sangat berpengaruh dalam mengikat logam berat merkuri. Hal ini disebabkan karena bahan organik tanah mampu mengikat merkuri dalam tanah. Semakin tinggi pemberian dosis bokashi kirinyu maka konsentrasi merkuri dalam tanah akan semakin rendah dan sebaliknya, semakin rendah pemberian dosis bokashi Kirinyu maka konsentrasi merkuri dalam tanah akan semakin tinggi.

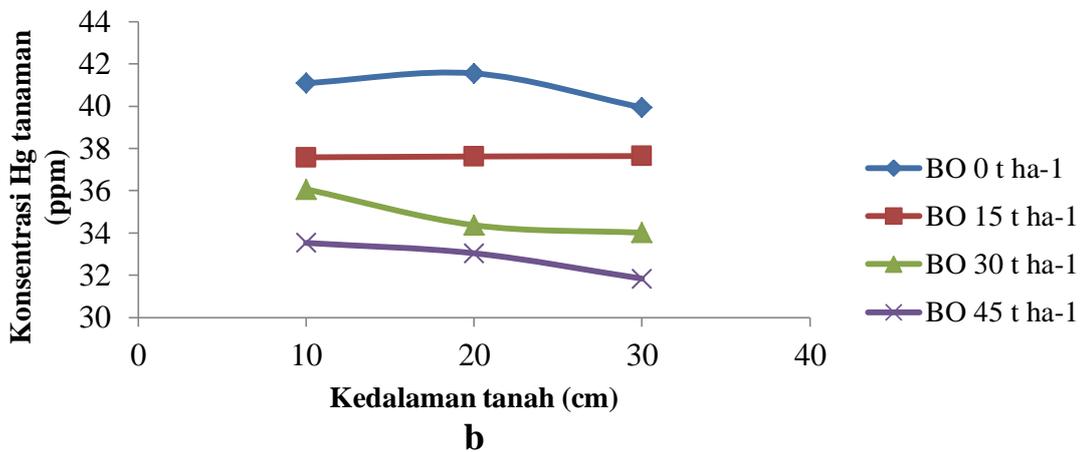
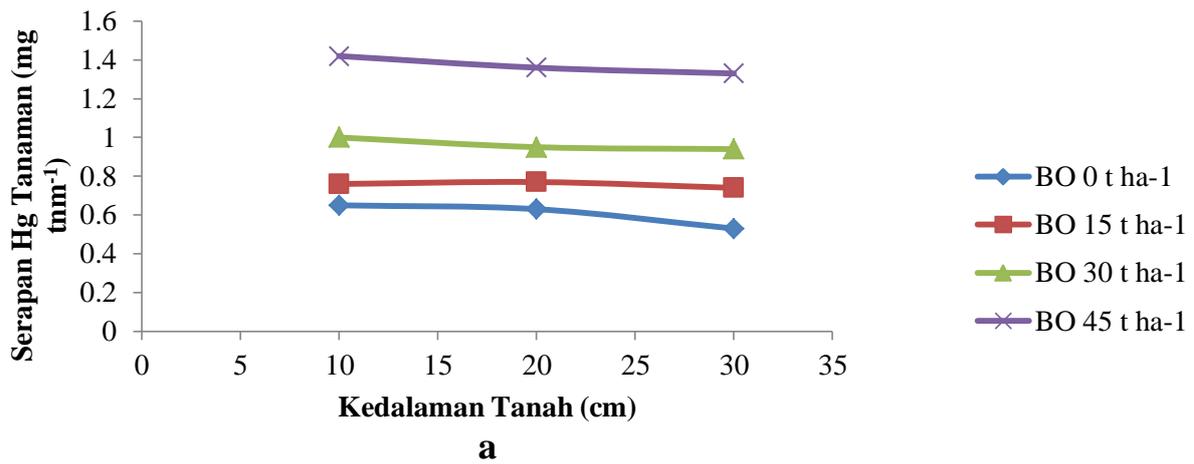
Pengaruh langsung yaitu kontaminasi dari limbah pengolahan yang mengandung

merkuri maupun secara tidak langsung melalui pembakaran amalgam yang mengakibatkan merkuri berubah menjadi uap, selanjutnya uap merkuri tersebut turun saat terjadi presipitasi sehingga terakumulasi dalam tanah, tanaman maupun sungai.

Menurunnya konsentrasi Hg dalam tanah dapat dipengaruhi oleh pemberian bahan organik. Keberadaan bahan organik dalam tanah dapat mengurangi pengaruh buruk yang mungkin ditimbulkan oleh logam berat dan mempertahankan tanaman dalam keadaan normal. Bahan organik dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam berat yang disebut kompleks organik logam. Pembentukan kompleks organik logam dapat menurunkan kelarutan logam-logam berat (Stevenson, 1994).

Pengaruh Bokashi Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) Terhadap Konsentrasi Merkuri (Hg) Jaringan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.)

Berdasarkan sidik ragam disajikan pada Lampiran 2 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian bahan organik dalam bentuk bokashi kirinyu memberikan pengaruh sangat nyata terhadap Hg Jaringan tanaman.



Gambar 2. Pengaruh Bokashi Kirinyu *Crhomolaena odorata* L. Terhadap Serapan dan Konsentrasi Merkuri (Hg) Jaringan Tanaman Jagung *Zea mays* L.

Pada Gambar 2 di atas terlihat bahwa nilai pemberian bokashi kirinyu dapat mempengaruhi konsentrasi Hg jaringan tanaman. Untuk konsentrasi Hg jaringan tanaman yang tertinggi terdapat pada perlakuan dengan dosis bokashi 0 t ha⁻¹ yaitu sebesar 589,04 ppm, sedangkan untuk Hg jaringan tanaman terendah terdapat pada perlakuan dengan dosis bokashi 60 t ha⁻¹ yaitu 580,45 ppm.

Adanya penurunan konsentrasi Hg Jaringan tanaman disebabkan karena bahan organik berupa bokashi kirinyu mampu mengikat atau menonaktifkan penyebaran merkuri Hg dalam tanah. Sehingga semakin tinggi pemberian dosis bokashi Kirinyu maka

konsentrasi Hg pada jaringan tanaman akan semakin rendah dan sebaliknya, semakin rendah pemberian dosis bokashi kirinyu maka konsentrasi Hg pada jaringan tanaman akan semakin tinggi.

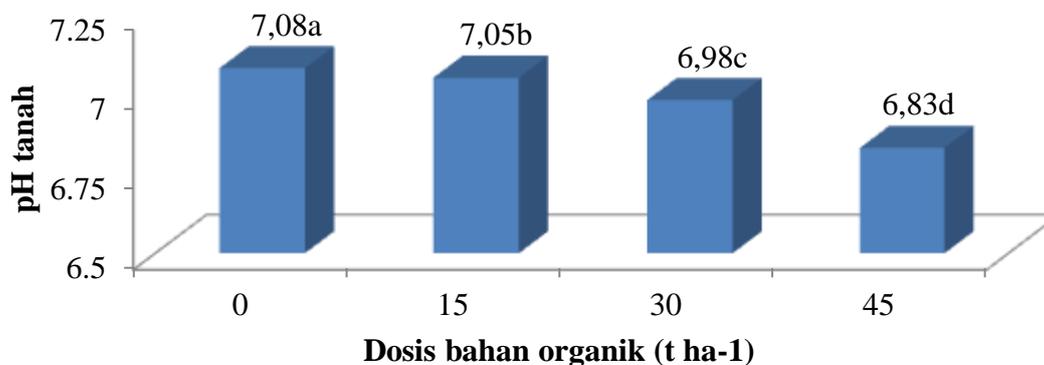
Priyanto dan Prayitno (2003) mengemukakan bahwa penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut.

Dalam menyerap logam berat, tumbuhan membentuk suatu enzim reduktase

di membran akarnya yang berfungsi mereduksi logam. Dari akar kemudian merkuri (Hg) harus diangkat melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem, ke bagian lain tumbuhan. Untuk meningkatkan efisiensi

pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat (molekul pengikat). Setelah itu, merkuri diakumulasikan di seluruh bagian tanaman pada bagian akar, batang, dan daun (Gosh dan Singh, 2005).

Pengaruh Bokashi Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) Terhadap Reaksi Tanah (pH)



Gambar 3. pH H₂O

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa kenaikan pH tertinggi dicapai pada perlakuan kontrol dengan rata-rata pH 0 t ha⁻¹ sebesar 7,08 sedangkan pH pada perlakuan pemberian dosis 45 t ha⁻¹ B3 6,83 pada kedalaman 20 cm. Keberadaan logam berat berkaitan erat dengan pH. Reaksi tanah merupakan faktor pengontrol penting perilaku kimia logam-logam dan berbagai proses penting lainnya di dalam tanah.

Soepardi (1983) menyatakan bahwa pH tanah mempengaruhi serapan unsur hara dan pertumbuhan tanaman melalui pengaruh langsungnya terhadap tersedianya unsur hara dan adanya unsur-unsur beracun perbedaan pH tanah dari suatu tempat dapat disebabkan oleh adanya perbedaan dalam aktivitas mikroorganisme, jumlah dan jenis bahan organik.

Bahan organik dapat dimanfaatkan untuk menjerap logam berat, karena bahan organik mengandung gugus fungsional yang bila terionisasi dapat bersifat aktif dalam menjerap logam berat. Peningkatan konsentrasi gugus fungsional aktif ini menjadi lebih tinggi pada pH tinggi, sebab ionisasi

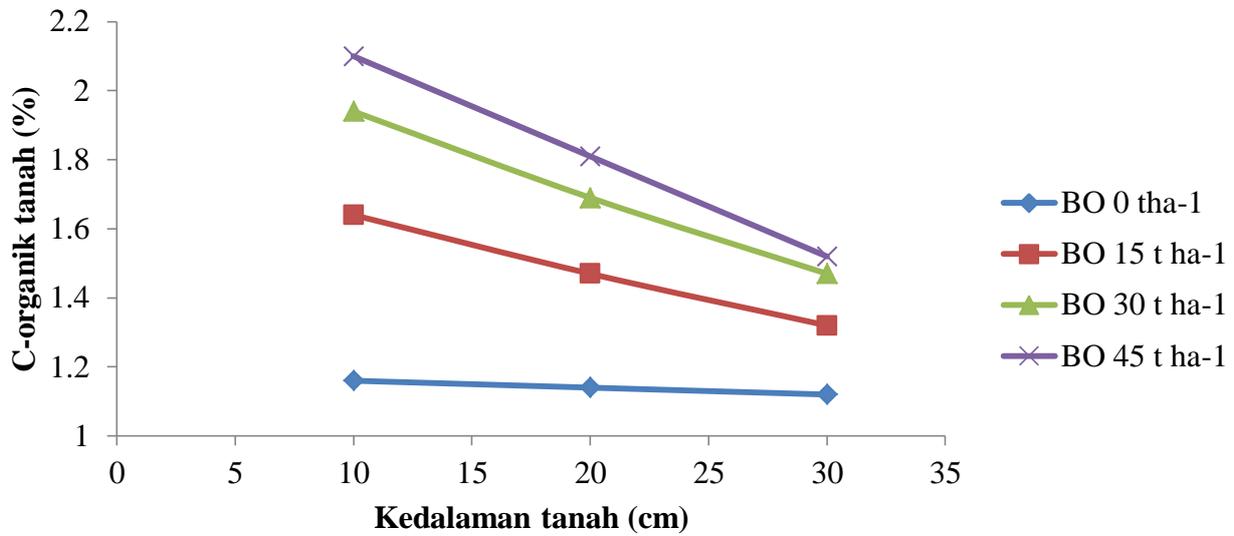
hidrogen akan lebih mudah terjadi (Salam dkk., 1998a).

Menurut Buckman dan Brady (1982), naik turunnya pH tanah merupakan fungsi dari ion H⁺ dan OH⁻ dalam larutan tanah, jika konsentrasi ion H⁺ naik maka pH akan turun dan jika konsentrasi ion OH⁻ naik maka pH akan meningkat. Kenaikan pH juga dapat disebabkan oleh pengaruh gugus fungsional bahan organik yang menghasilkan asam humat dan asam fulvat yang terbentuk selama proses dekomposisi dapat bereaksi dengan kation Al³⁺ membentuk senyawa khelat Al sehingga Al larut menjadi berkurang (Stevenson, 1982).

Pengaruh Bokashi Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) Terhadap C-organik tanah tercemar merkuri

Berdasarkan sidik ragam disajikan pada Lampiran 4 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian bahan organik dalam bentuk bokashi tanaman Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap C-organik.

Pengaruh bokashi terhadap C-organik disajikan pada Tabel 5.



Gambar 4. Pengaruh Bokashi Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) Terhadap C-organik tanah tercemar merkuri

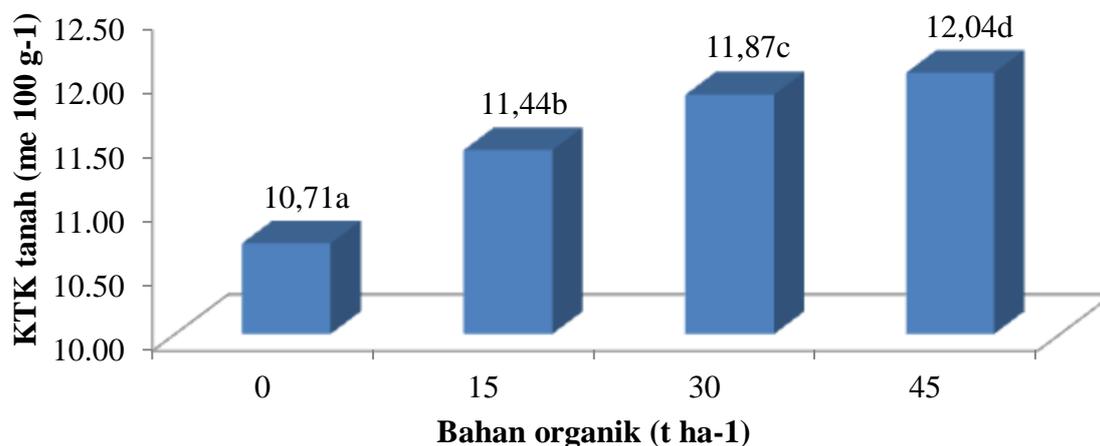
Berdasarkan Gambar 4 di atas terlihat bahwa semakin besar penambahan dosis bokashi *Chromolaena odorata* L, maka jumlah C-organik akan semakin meningkat. Peningkatan dosis bokashi Kirinyu berpengaruh terhadap peningkatan C-organik tanah, hal ini disebabkan oleh kandungan C-organik pada bokashi Kirinyu (Lihat Tabel 1). C-organik tertinggi terdapat pada perlakuan dengan dosis bokashi 45 t ha⁻¹ yaitu sebesar 2,10 sedangkan C-organik terendah terdapat pada perlakuan kontrol 0 t ha⁻¹ yaitu sebesar 1,12.

Pemberian dosis bokashi *Chromolaena odorata* L. Berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan C-organik dalam tanah. Hal ini disebabkan oleh kandungan karbon (C) yang merupakan penyusun utama dari bahan organik itu sendiri. Menurut Darman (1997), kadar C dari bahan organik dapat mencapai 48% sampai 58% dari berat total bahan organik dalam tanah dan dapat dihitung apabila kadar C-organiknya telah diketahui. Apabila bahan organik telah mengalami

dekomposisi maka akan dihasilkan sejumlah senyawa karbon CO₂, CO₃²⁻, HCO₃⁻, CH₄, dan C (Bertham, 2002 dalam Wahyudi, 2009).

Pengaruh Bokashi (*Chromolaena odorata* L.) Terhadap Kapasitas Tukar Kation (KTK) Tanah Tercemar Limbah Tailing

Hasil sidik ragam Kapasitas Tukar Kation (KTK) tersebut menunjukkan bahwa perlakuan pemberian bahan organik dalam bentuk bokashi tanaman Kirinyu (*Chromolaena odorata* L.) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap KTK. Pengaruh bokashi Kirinyu terhadap KTK disajikan pada Tabel 7.



Gambar 5. KTK Tanah

Berdasarkan pada tabel 5 di atas terlihat bahwa semakin besar penambahan dosis bokashi Kirinyu yang diberikan maka semakin meningkat pula nilai kapasitas tukar kation (KTK). Hal ini disebabkan karena kandungan hara yang pada bahan organik berupa bokashi Kirinyu. KTK tertinggi terdapat pada pemberian dosis bokashi 45 t ha⁻¹ sebesar 11,93 me/100g, sedangkan KTK terendah terdapat pada pemberian dosis bokashi 0 t ha⁻¹ sebesar 10,76 me/100g.

Menurut Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (1991) pemberian bahan organik terhadap KTK tanah sangat nyata karena daya serap bahan organik sangat besar. Hasil dekomposisi bahan organik dapat menghasilkan humus yang mempunyai KTK jauh lebih tinggi dari mineral liat. Oleh karena itu semakin tinggi kandungan bahan organik tanah semakin tinggi pula nilai KTK-nya.

Menurut Hardjowigeno (1987) tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi daripada tanah-tanah dengan kandungan bahan organik rendah atau tanah-tanah berpasir.

Beberapa peran bahan organik antara lain membentuk kelat dengan ion logam seperti Al, Fe, Cu, Mn, Pb, Cr, Hg sehingga menjadi bentuk yang stabil dalam tanah dan pada kondisi tanah tertentu dapat dimanfaatkan tanaman atau mikroba tanah. Selain itu bahan organik juga berfungsi dalam

meningkatkan ketersediaan unsur hara dari hasil dekomposisinya, menyangga perubahan pH tanah serta meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah.

Bahan organik berkorelasi negatif dengan kelarutan logam berat di dalam tanah, karena kehadirannya meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Salam dkk., 1998a), sehingga secara tidak langsung meningkatkan penjerapan kation logam berat dan menekan gerakan logam berat di dalam tubuh tanah (Salam dkk., 1998).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

1. Penggunaan merkuri (Hg) pada penambangan emas rakyat di Poboya kota Palu telah mencemari lingkungan terutama tanah, hal ini ditunjukkan oleh kadar merkuri pada limbah tailing lokasi penelitian yang sangat kritis pada kedalaman 10cm mencapai 721,37 ppm.
2. Pemberian bokashi *Chromolaena odorata* L pada dosis 60 t ha⁻¹ pada Limbah Tailing di sekitar lingkungan pengolahan Penambangan Emas Poboya Kota Palu teruji dapat menurunkan konsentrasi Hg baik dalam tanah dari 589,04ppm menjadi 580,45ppm, pada jaringan tanaman 0,65 ppm menjadi 1,33 ppm, meningkatkan pH

dari 7,11 menjadi 6,82, C- organik dari 1,16% menjadi 1,52% dan KTK dari 10,76me/100g menjadi 11,93me/100g.

3. Dampak pengolahan emas di Poboya telah menimbulkan pencemaran logam berat terutama merkuri pada tanah dan selanjutnya pada tanaman sekitar areal pengolahan di penambangan.

Rekomendasi

Mengaplikasikan bahan organik berkisar 30-70 t ha⁻¹ agar dapat menurunkan konsentrasi merkuri dalam tanah serta pada jaringan tanaman, sekaligus memperbaiki tingkat kesuburan tanah.

DAFTAR RUJUKAN

- Brady, N.C., 1990. *The Nature and Properties of Soils*. 10th ed. Macmillan Publ. Company. New York.
- Darman, S., 1997. *Penuntuin Praktikum Kesuburan Tanah*. Laboratorium Fakultas Pertanian UNTAD, Palu.
- Darmono.1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit UniversitasIndonesia. Jakarta.
- Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, 1991. *Kimia Tanah*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Ghosh, M., S. and P. Singh. 2005. *A Review on Phytoremediation of Heavy Metal and Utilization of Its By Product*. Applied Ecology and Environmental Research. 3 (2) : 1-18.
- Handayanto, 1994. Nitrogen Mineralization From Legume Tree Prunings Of Diferent Quality. Ph.D Thesis University of London, 230p.
- Hardjowigeno, S., 1987. *Ilmu Tanah*. PT. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Hermanto. Dhoni, Dharmayani N.K.T., Kurnianingsih R., Kamali S.R. 2012. *The Influence of Humic Acid as Fertilizer Supplement on Maize Plant to Fertilizing Efficiency in Unirrigated Land of Kec. Bayan Kab. Lombok Utara – NTB*. ISSN 1858-1226. JURNAL ILMU-ILMU PERTANIAN Volume 16, Nomor 2, Desember 2012.
- Nur, I.M. 2015. Perubahan Merkuri (Hg) Tanah dan Tanaman Akibat Pemberian Kompos *Tithonia diversifolia* Serta Persebarannya di Area Pengolahan Emas Poboya Kota Palu. Disertasi. Universitas Tadulako.
- Kononova,M.M. 1961.*Soil Organic Matter:Its Nature, Its Role in Soil Formation and in Soil Fertility*.*Translated by* T.Z. Nowakowski, and A.C.D.Newman. Pergamon PressInc. New York.
- Malcolm, R.E. and Vaughan, D. 1979. *Humic Substances and Phosphatase Activities in Plant Tissues*. Soil Biol. Biochem. 11: 253- 259.
- Muniappan R, 2002. History of *Chromolaena Odorata* Biological Control Programes. Di dalam : Zachariades C, Muniappan R, strathie LW. Editor. *Proceedings of the fifth International Workshop on Biological Control and Management of Chromolaena Odorata* : Durban, South Africa 23-25 october 2000. ARC-PPRI. Hlm 134-136.
- Mirdat, 2013.*Status Logam Berat Merkuri (Hg) Dalam Tanah Pada Areal Pertanian Kawasan Pengolahan Tambang Emas Di Kelurahan Poboya*.Skripsi, Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu.
- Hanafiah, A.K., 2004. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada Jakarta.
- Inoue, T., Yokuta, K., Elvince, Kawakami, T. 2011. Mercury Released from Small-scale Gold Mining and Its Impacts on the Environment in Indonesia . Proceedings, Environmental Pollution and Degradation in Indonesia. p.: 48. Published by International Board of Affair Tadulako University.
- Puspita. D., 2010. *Penyebab Limbah Serta Cara Penanggulangannya*. <http://desypuspita.wordpress.com/2010/>

- 03/22.Penyebab Limbah Serta cara Penanggulangannya.
- Pena-Mendez, E.M., J. Havel and J. Patocka, 2005. Humic Substances-Compounds of Still Unknown Structure: *Applications in Agriculture, Industry, Environment and Biomedicine. J. Applied Biomedicine* 3: 13-24.[perkebun/komposlimbahpadatorganik.pdf](http://perkebun.komposlimbahpadatorganik.pdf). Diakses pada 3-7-20014
- Penelitian dan Pengembangan Pertanian 27: 1-6.
- Pivetz, E.Bruce. EPA 2001. *Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites*. EPA Ground Water Issue.
- Purnomo. D, 2009. *Logam Berat Sebagai Penyumbang Pencemaran Air Laut*. <http://masdony.wordpress.com/2009/04/19/logam-berat-sebagai-penyumbang-pencemaran-air-laut/>.
- Puspita. D., 2010. *Penyebab Limbah Serta Cara Penanggulangannya*. <http://desypuspita.wordpress.com/2010/03/22.Penyebab-Limbah-Serta-cara-Penanggulangannya>.
- Priyanto, Budhi & Prayitno .J. 2003 *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khususnya Logam Berat*.
- Rugh CL, Bizily SP, Meagher. 2000. *Phytoreduction of Enviromental Merkuri Pollution*, (di dalam) Raski, I, dan Ensley, B. D (penyunting), *Phytoreduction of Toxic Metal Using Plants to Clean Up The Enviroment*. New York: Wiley Interscience Publication, Jhon Wiley and Sons.Inc
- Salam, A.K.,S. Djuniwati, dan H. Novpriansyah. 1998a. Perubahan Kelarutan Seng Asal Limbah Industri di Dalam Tanah Tropika Akibat Penambahan Kapur dan Kompos daun Singkong. *Jurnal Tanah Trop*. 6:111-117.
- Sutedjo, M. (1996). *Mikrobiologi Tanah*. Jakarta. Rineka Cipta.
- Sutedjo, Mul Mulyani. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. PT. Rineka Cipta. Jakarta, <http://lftl.bppt.tripod.com/sublab/flora1.htm>.
- Setiabudi B.T, 2005. *Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progoti Yogyakarta*. Penerbit Kasanius, Yogyakarta.
- Setijono, S., 1996. *Intisari Kesuburan Tanah*. IKIP Malang, Malang
- Smith, D., Salt and David E. 1997. *Phytoremediation Of Metals: using plants Toremove Pollutants From The Enviroment*. *Journal Of Phytoremediation*. Springer link. USA Soil Survey.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soepardi, G. 1990. *Masalah Lahan Yang Tanahnya Berkendala Reaksi Masam*. *Makalah Seminar Nasional Plantagama*. Fakultas Pertanian Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Stevenson, F.J., 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition and Reaction*. Jhon willey and sons. New york. 597 p.
- Taviv, supriadi., 2010. *Pengurangan Resiko Bahaya Merkuri Pada Penambangan Emas Tradisional*. <http://Supriadi,taviv.WordPress.com/2010/01/21/Pengurangan-Resiko-Bahaya-Merkuri-Pada-Penambangan-Emas-Tradisional>.
- Triastuti,Y., 2013. *Fitoremediasi tanah tercemar merkuri (Hg²⁺) Menggunakan Tanaman Akar Wangi (Vetiver zizanioides) Pada lahan eks-TPA Keputih, surabaya*. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-15478-3306100014-Paper.pdf> (5/8/2014).
- Vaughan, D. and Ord, B.G. 1991. Influence of Natural and Synthetic Humic

Substances on The Activity of Urease.

J. Soil Sci. 42: 17-23.

Widodo. 2008. Pencemaran Air Raksa (Hg) Sebagai Dampak Pengolahan Bijih Emas di Sungai Ciliunggunung, Waluran, Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Geologi Indonesia*, (3) 139-149.

Wahyudi, I., 2009. Manfaat Bahan Organik Terhadap Peningkatan Ketersediaan Fosfor dan Penurunan Toksisitas Aluminium di Ultisol. Disertasi Program Pascasarjana Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Widiyanti, A. 2011. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Resisten Merkuri di Hilir Kali Mas Surabaya. Tugas Akhir Jurusan Biologi FMIPA-ITS.