

PENGARUH MACAM AMELIORAN DAN TARAF DOSIS LOGAM BERAT TERHADAP pH, CR TOTAL TANAH, SERAPAN CR SERTA HASIL TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa L.*) PADA ANDISOLS LEMBANG

Yondra Saputra, Anne Nurbaity, Oviyanti Muryani

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Riau
Email: ridwanabrar@yahoo.com

ABSTRAK

Pencemaran tanah oleh logam berat dapat menurunkan produktivitas tanah. Untuk itu perlu dicari alternatif solusi untuk menanggulangi dampak negatif dari logam berat. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh macam amelioran dan dosis Cr terhadap pH, Cr total tanah, serapan Cr dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) pada Andisols asal Lembang. Percobaan dilaksanakan di rumah kaca dengan ketinggian tempat ± 700 m dpl dari Mei sampai dengan Juli 2010.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial, dengan dua kali ulangan. Faktor pertama yaitu macam amelioran, terdiri atas lima taraf: tanpa amelioran (kontrol), kompos serasah daun jagung, arang sekam, zeolit dan dolomit. Sedangkan faktor kedua yaitu dosis Cr, terdiri atas empat taraf: Cr 0 ppm, 15 ppm, 30 ppm, 45 ppm.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara macam amelioran dan dosis Cr terhadap Cr total tanah dan serapan Cr, akan tetapi tidak terjadi interaksi terhadap pH tanah dan hasil selada. Amelioran terbaik dalam meningkatkan pH tanah dan menurunkan serapan Cr oleh tanaman serta memberikan rata-rata hasil tanaman selada terbaik adalah dolomit, sedangkan amelioran terbaik yang mampu menurunkan rata-rata Cr total tanah hingga 69,5 ppm adalah arang sekam. Hasil penelitian secara umum memperlihatkan bahwa dolomit lebih baik digunakan untuk memperkecil serapan Cr sebesar 0,006 ppb, meningkatkan pH hingga 5,21 dan hasil tanaman sebesar 41,6 gr polibeg⁻¹ yang ditanam pada tanah tercemar logam berat (Cr).

Kata Kunci: amelioran, logam berat Cr, tanaman selada

1. PENDAHULUAN

Peningkatan hasil pertanian harus disertai kualitas yang baik serta memiliki tingkat keamanan yang tinggi untuk dikonsumsi. Akan tetapi, meningkatnya kegiatan manusia di muka bumi, dapat menimbulkan berbagai polusi, baik itu polusi udara, air, maupun tanah. Salah satu polusi tanah yang disebabkan dari berbagai kegiatan manusia adalah pencemaran yang disebabkan oleh penimbunan logam berat (Nanik, 2008).

Salah satu logam berat yang menjadi polutan dan mencemari tanah jika terdapat dalam jumlah yang besar adalah kromium (Cr). Kromium dapat berasal dari berbagai kegiatan manusia, diantaranya yaitu kegiatan pewarnaan kain, industri tekstil, cat, penyamakan kulit, pelapisan logam, baterai atau industri krom (Nanik, 2008).

Bertambahnya tumpukan Cr pada tanah menyebabkan siklus hara di dalam tanah

terganggu dan akhirnya kesuburan tanah menurun. Di dalam tanah Cr terdapat dalam bentuk Cr³⁺ yang bersifat stabil serta dalam bentuk Cr⁶⁺ yang bersifat labil dan berbahaya (Nanik, 2008). Kondisi oksidasi dan bentuk Cr di dalam tanah tergantung pada kondisi lingkungan tanah, Cr⁶⁺ akan banyak terbentuk pada kondisi pH masam. Tanah dikatakan telah tercemar oleh Cr jika konsentrasinya terdapat antara 10 hingga 90 ppm di dalam tanah (Bruce, 2002), sedangkan batas kritis tanah tercemar oleh Cr yaitu antara 75 ppm hingga 100 ppm (Alloway, 1990).

Kandungan logam berat dalam tanah berkorelasi positif dengan kandungan logam berat dalam tanaman yang tumbuh pada lahan tercemar logam berat (Subowo *et al.*, 1994). Terserapnya Cr⁶⁺ oleh tanaman secara tidak langsung akan mempengaruhi kualitas tanaman, karena melalui rantai makanan Cr dapat

terdeposit dalam bagian tubuh makhluk hidup dan dalam jumlah tertentu akan menyebabkan racun bagi tubuh makhluk hidup. Konsumsi kromium yang dapat ditoleransi bagi tubuh manusia maksimum 0,07 ppm perhari (Nanik, 2008). Akumulasi Cr di dalam tubuh manusia dapat menyebabkan kerusakan terhadap organ respirasi, dan menyebabkan timbulnya kanker pada manusia (Palar, 1994).

Hasil survei menunjukkan bahwa beberapa sayuran di Jawa Barat diketahui mengandung logam berat seperti timbal (Pb) dan cadmium (Cd) pada umbi kentang dan wortel yang melebihi ambang batas (Nurfindarti, 2004). Logam Cr ditemukan pula terkandung di dalam tanaman yang dibudidayakan di daerah pembuangan limbah tekstil di Jawa Barat (Sudirja, 1999). Jika hasil pertanian tersebut dikonsumsi dalam jumlah yang banyak, akan menyebabkan keracunan.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi serapan logam berat oleh tanaman adalah dengan pemberian amelioran. Amelioran dapat berupa bahan organik seperti kompos, pupuk kandang, abu kayu, arang sekam, arang aktif dan ampas tebu, maupun bahan anorganik seperti dolomit, gipsum, bitumen, zeolit, kaolinit (Hartatik *et al.*, 2008).

Amelioran organik seperti kompos dapat mengurangi pengaruh buruk yang ditimbulkan oleh logam berat Cr dan mempertahankan tanaman dalam keadaan normal (Cahyati, 2000). Senyawa organik pada kompos daun jagung seperti asam humat dan asam fulvat mampu membentuk senyawa kompleks dengan ion-ion logam sehingga dapat mengurangi serapan logam oleh tanaman (Tan, 1995). Selain kompos daun jagung, amelioran organik seperti abu sekam juga dapat digunakan sebagai amelioran karena bersifat absorben terhadap logam serta memiliki kemampuan dalam meningkatkan pH tanah (Winarti *et al.*, 1997).

Amelioran anorganik yang mampu memperkecil tingkat keracunan oleh logam berat antara lain zeolit dan dolomit. Struktur kerangka aluminosilikat pada zeolit memungkinkan terjerapnya Cr dalam polihedralnya sehingga memperkecil

konsentrasi Cr terlarut dan Cr menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Cahyati, 2000). Demikian pula dolomit, kemampuannya meningkatkan pH tanah, menyebabkan perubahan sifat logam berat (Winarti *et al.*, 1997). Meningkatnya pH ke arah netral, akan mengubah bentuk Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} sehingga Cr bersifat stabil dan tidak tersedia bagi tanaman (Bruce, 2002).

Akumulasi logam oleh tanaman tidak hanya tergantung pada ketersediaan logam tersebut di dalam tanah, tetapi juga tergantung pada jenis tanaman. Selada merupakan tanaman yang bersifat akumulator dan memiliki kemampuan hidup pada kondisi tanah yang tercemar, karena lebih mampu menyerap kontaminan seperti logam berat dibandingkan dengan tanaman sayuran lain (Haghiri, 1973).

Pemberian amelioran organik maupun anorganik diharapkan mampu menurunkan serapan logam Cr oleh selada. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh macam amelioran terhadap pH tanah, Cr total tanah, serapan Cr serta hasil tanaman selada pada Andisols Lembang yang diberi berbagai dosis logam berat Cr.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Mei 2010 hingga Juli 2010. Penanaman dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Jatinangor, Kabupaten Sumedang Jawa Barat dengan ketinggian ± 700 m di atas permukaan laut. Sedangkan analisis dilaksanakan di Laboratorium Kesuburan Tanah Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran dan Pusat Penelitian Teknologi Mineral dan Batu Bara (PPTM), Bandung.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah: (1) Benih selada daun (Lampiran 1), (2) Tanah ordo Andisols lembang (hasil analisis awal terdapat pada Lampiran 2), (3) Logam berat Kromium (Cr) dalam bentuk kalium dicromat ($K_2Cr_2O_7$) (4) Kompos serasah daun jagung, (5) Arang sekam, (6) Zeolit, (7) Dolomit (8) Pupuk dasar (Urea,

Sp-18, KCl), (9) Bahan-bahan kimia untuk analisis tanah dan tanaman di laboratorium, (10) Organisme Decomposer (*OrgaDec*) sebagai aktivator dalam pembuatan kompos.

Alat-alat yang akan digunakan pada percobaan adalah: (1) Cangkul dan sekop, (2) Plastik/Terpal, (3) Karung, (4) Timbangan, (5) Saringan tanah berdiameter 2 mm, (6) Polibeg, (7) Baki (tempat untuk media semai), (8) Gunting (9) Alat penyiram, (10) Alat-alat tulis, (11) Alat-alat laboratorium untuk analisis tanah dan tanaman.

Rancangan Penelitian

Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial dengan 2 faktor.

Faktor pertama terdiri atas lima jenis amelioran dan faktor kedua terdiri atas empat taraf dosis Cr dengan dua kali ulangan, sehingga diperoleh empat puluh pot percobaan.

Faktor 1: Jenis Amelioran (A) terdiri atas:

- a₀= Kontrol (Tanpa Amelioran)
- a₁= Kompos Serasah Daun Jagung 10 ton ha⁻¹ = 22 gr polibeg⁻¹
- a₂= Arang sekam 10 ton ha⁻¹ = 22 gr polibeg⁻¹
- a₃= Zeolit 1 ton ha⁻¹ Tanah = 2,2 gr polibeg⁻¹
- a₄= Dolomit 4 ton ha⁻¹ = 8,8 gr polibeg⁻¹

Faktor 2: Taraf Dosis Cr (T) terdiri atas:

- t₀ = 0 ppm = 0 gr polibeg⁻¹
- t₁ = 15 ppm = 0,24 gr polibeg⁻¹
- t₂ = 30 ppm = 0,49 gr polibeg⁻¹
- t₃ = 45 ppm = 0,73 gr polibeg⁻¹

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan antara Amelioran dengan Dosis Cr

Jenis Amelioran (A)	Dosis Cr (T)			
	0 ppm (t ₀)	15 ppm (t ₁)	30 ppm (t ₂)	45 ppm (t ₃)
a ₀	a ₀ t ₀	a ₀ t ₁	a ₀ t ₂	a ₀ t ₃
a ₁	a ₁ t ₀	a ₁ t ₁	a ₁ t ₂	a ₁ t ₃
a ₂	a ₂ t ₀	a ₂ t ₁	a ₂ t ₂	a ₂ t ₃
a ₃	a ₃ t ₀	a ₃ t ₁	a ₃ t ₂	a ₃ t ₃
a ₄	a ₄ t ₀	a ₄ t ₁	a ₄ t ₂	a ₄ t ₃

Rancangan Respon

Pengamatan terdiri atas pengamatan utama dan pengamatan penunjang. Pengamatan utama yang di lakukan pengujian lanjut secara statistik, terdiri dari:

- 1) pH tanah
- 2) Kromium (Cr)total tanah
- 3) Serapan Cr
- 4) Hasil tanaman selada

Sedangkan pengamatan penunjang, yang tidak dilakukan pengujian lanjut secara statistik terdiri dari:

- 1) Panjang akar
- 2) Berat kering akar
- 3) Jumlah Daun

Rancangan Analisis

Model Linier Rancangan Acak Kelompok menurut Gomez and Gomez (1995) yaitu sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Diketahui:

- Y_{ijk}= Pengamatan ulangan ke-i yang menerima perlakuan ke-j dan ke-k
- μ = Nilai rata-rata pengamatan
- τ_i = Pengaruh ulangan ke-i
- α_j = Pengaruh pemberian amelioran taraf ke-j
- β_k= Pengaruh pemberian dosis Cr taraf ke-k
- (αβ)_{jk} = Pengaruh interaksi taraf ke-j amelioran dan taraf ke-k dosis Cr
- ε_{ijk}= Galat

Tabel 1. Analisis Sidik Ragam Rancangan Acak Kelompok

Sumber Ragam	DB	JK	KT	Fhit
Ulangan	$r-1 = 1$	JKU $(j\sum Y_j^2/t)-FK$	KTU $JKU/(r-1)$	KTU/KTG
Perlakuan	$t-1 = 19$	JKP $(j\sum Y_i^2/r)-FK$	KTP $JKP/(p-1)$	KTP/KTG
Amelioran(A)	$a-1 = 4$	JKA $(j\sum Y_j^2/r)-FK$	KTA $JKA/(a-1)$	KTA/KTG
Dosis Cr(T)	$b-1 = 3$	JKT $(j\sum Y_k^2/r)-FK$	KTT $JKK/(t-1)$	KTT/KTG
Interaksi (AxB)	$(a-1)(b-1) = 12$	JKP-JKA-JKT	KTAT	KTAT/KTG
Galat	$(r-1)(t-1) = 19$	JKG	JKAT/ $(a-1)(t-1)$	
		JKT-JKP	KTG	
			JKG/ $ab(r-1)$	
Total	$(rt-1) = 39$	JKT		

Sumber: Gomez and Gomez (1995).

Berdasarkan rancangan penelitian maka disusun Analisis Sidik Ragam Rancangan Acak Kelompok Pola Faktorial seperti dapat dilihat pada Tabel 18. Pengujian perbedaan rata-rata pengaruh antar perlakuan menggunakan uji F pada taraf 5%. Bila terdapat perbedaan yang nyata, pengujian dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan taraf 5%.

Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan Sampel Tanah untuk Analisis Tanah Awal

Sampel tanah diambil secara komposit pada lapisan olah tanah dengan kedalaman 0 - 30 cm. Pengambilan sampel tanah dilakukan di salah satu kebun milik petani di desa Cibodas Lembang Jawa Barat. Sebelum dipindahkan ke polibeg, sampel tanah dihomogenkan terdahulu, lalu diambil ± 1 kg untuk analisis awal di laboratorium (Lampiran 2). Analisis Cr tanah dilakukan setelah satu minggu pemberian perlakuan dosis Cr. kemudian tanah diambil lagi secara komposit dan dihomogenkan lagi sesuai perlakuan dosis Cr yang sama (Lampiran 3). Selain tanah, analisis awal juga dilakukan untuk masing-masing amelioran (Lampiran 4).

Persiapan Media Tanam

Tanah yang telah dihomogenkan dipisahkan dari serasah-serasah dan sampah. Selanjutnya tanah disaring dengan saringan berdiameter 0,5 cm untuk memperoleh butiran tanah yang seragam. Kemudian tanah ditimbang sebanyak 5,73 kg polibeg⁻¹ untuk media tanam (Lampiran

5), dan selanjutnya diurut sesuai dengan tata letak percobaan (Lampiran 6). Tanah di polibeg disiram setiap hari untuk menjaga kelembaban tanah (Lampiran 7).

Pemberian Perlakuan

Pemberian larutan Cr dilakukan tiga minggu sebelum pindah tanam, sedangkan amelioran diberikan dua minggu sebelum pindah tanam. Taraf dosis Cr dan amelioran diberikan pada masing-masing polibeg sesuai dengan perlakuan (Lampiran 8), dengan cara: (1) tanah di dalam polibeg dibongkar dan diletakkan pada media yang datar, (2) tanah dibagi menjadi empat bagian, (3) larutan logam berat disiram secara merata pada empat bagian tanah lalu diaduk rata, (4) setelah masing-masing bagian diaduk rata, tanah diaduk rata kembali secara keseluruhan sebelum dimasukkan ke polibeg. Tata cara pemberian amelioran sama dengan pemberian logam berat di atas. Pupuk dasar SP-18 dan KCl diberikan pada saat pindah tanam, sedangkan Urea diberikan sebanyak dua kali yaitu pada saat satu minggu dan dua minggu setelah pindah tanam (Lampiran 9).

Persemaian Benih

Benih tanaman selada disemai pada bumbun yang terbuat dari daun pisang dan pada media persemaian hingga umur tiga minggu sebelum dipindahkan ke dalam pot percobaan. Setiap bumbun terdiri atas tiga benih selada. Sedangkan pada media semai benih dimasukkan kedalam alur-alur secara merata, kemudian ditutup lagi

dengan media semai. Media semai merupakan campuran tanah, bahan organik dan arang sekam dengan perbandingan 1:1:1.

Penanaman

Sebelum penanaman menggunakan polibeg, dilakukandahulu pemilihan bibit-bibit yang seragam dari hasil persemaian tanaman selada pada media semai, yang berupa bumbun-bumbun yang terbuat dari daun pisang. Selanjutnya tanaman dipindahkan pada masing-masing polibeg. Setiap polibeg diisi dengan tiga bibit tanaman pada lubang tanam yang berbeda. Setelah satu minggu, disisakan satu tanaman tiap polibegnya, yaitu tanaman yang memiliki pertumbuhan yang paling baik.

Pemeliharaan

Beberapa pemeliharaan yang akan dilakukan adalah: (1) penyiraman tanaman yang dilakukan setiap pagi atau sore hari untuk menjaga kelembaban tanah, (2) penyiangan, dilakukan bila terdapat banyak gulma di sekitar tanaman utama, (3) pengemburan dan pembubunan, dilakukan bila tanah kelihatan padat atau akar tanaman mulai kelihatan di permukaan, (4) penanggulangan hama dilakukan secara mekanis.

Panen

Panen dilakukan setelah tanaman berumur 8 MST (Minggu Setelah Tanam). Selanjutnya dilakukan penimbangan berat segar tanaman. Cara panen yaitu dengan memotong pangkal

batang tanaman yang berada di atas tanah atau mencabut seluruh bagian tanaman.

Analisis pH Tanah dan Kadar Logam Berat

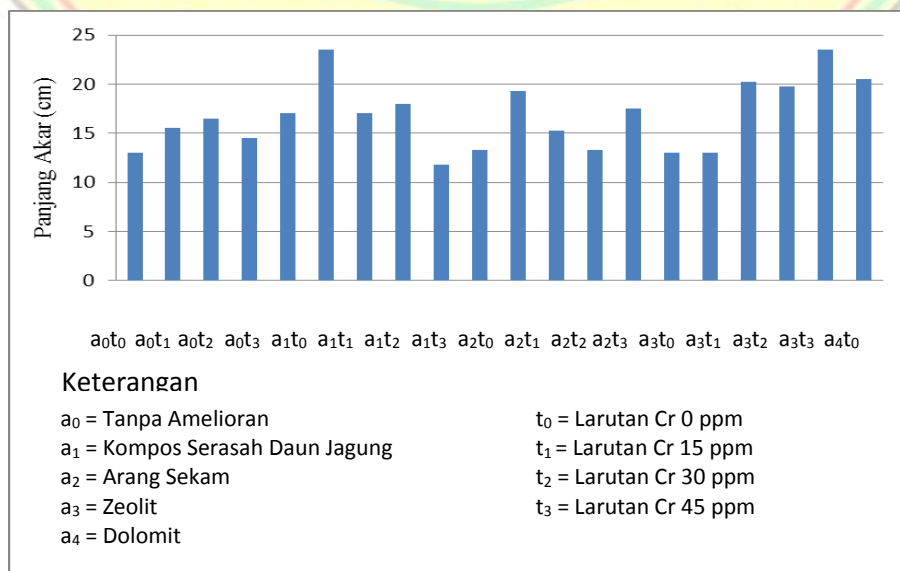
Setelah dilakukan pemanenan, percobaan dilanjutkan dengan melakukan analisis jumlah Cr yang diserap oleh tanaman, serapan diukur pada bagian akar dan daun tanaman serta analisis kadar Cr total pada tanah yang digunakan sebagai media tanam percobaan (Lampiran 10). Selain itu dilakukan juga pengukuran pH tanah pada masing-masing perlakuan (Lampiran 11).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Penunjang

Panjang Akar

Secara umum pengaruh pemberian amelioran dan dosis Cr terhadap panjang akar pada setiap perlakuan memperlihatkan perbedaan yang berfluktuatif jika dibandingkan dengan kontrol. Panjang akar tertinggi terdapat pada perlakuan a₁t₁ (kompos serasah daun jagung dengan dosis Cr sebesar 15 ppm) dan a₄t₂ (dolomit dengan dosis Cr sebesar 30 ppm) yaitu 23,5 cm, sedangkan panjang akar yang terendah terdapat pada perlakuan a₂t₀ (arang sekam tanpa pemberian Cr) yaitu 11,8 cm.



Gambar 1. Panjang Akar Selada pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

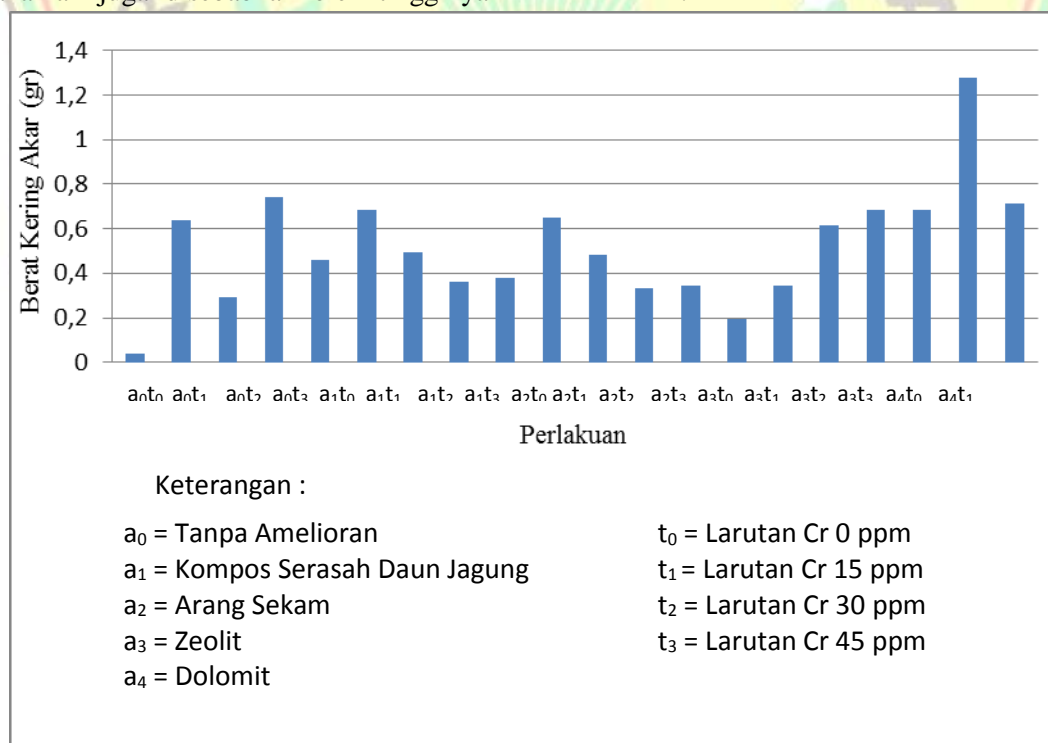
Gambar 1 memperlihatkan bahwa rata-rata panjang akar tertinggi yang hampir seragam pada berbagai dosis Cr terlihat pada perlakuan dolomit (a_4). Hal ini disebabkan oleh tingginya kemampuan dolomit dalam meningkatkan pH, menyebabkan berubahnya bentuk Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} sehingga tingkat toksisitas Cr di dalam tanah berkurang. Secara langsung, terjadinya penurunan tingkat toksisitas logam berat akibat adanya penambahan amelioran akan mempengaruhi pertumbuhan akar tanaman. Hal ini sesuai dengan Fitter and Hay 1981, yang menyatakan bahwa stunting akar (kerdil akar), yang sering kali diikuti dengan warna kecoklatan pada akar dan kematian pada jaringan meristem pada tanaman dapat diakibatkan oleh toksisitas logam berat di dalam tanah.

Selain keracunan oleh logam berat, lambatnya pertumbuhan dan perkembangan akar pada tanaman juga disebabkan oleh tingginya

suhu di rumah kaca sehingga terjadinya kehilangan unsur N akibat penguapan (Lampiran 12). Selain itu, terjadi juga pengikatan unsur P oleh asam-asam organik di dalam tanah sehingga kecilnya ketersediaan unsur P bagi tanaman. Hardjowigeno, (2007) dan Suyono *et al.*, (2008) menyatakan bahwa kurangnya ketersediaan unsur N dan P bagi tanaman dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman.

Berat Kering Akar

Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa nilai rata-rata berat kering akar yang berbeda-beda, akan tetapi rata-rata berat kering akar tanaman pada seluruh perlakuan menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (Gambar 2). Pemberian amelioran berupa dolomit memperlihatkan rata-rata berat kering akar tertinggi dibandingkan pemberian amelioran lain.



Gambar 2. Berat Kering Akar Selada pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui bahwa rata-rata berat kering akar tanaman yang tertinggi yaitu pada perlakuan a_4t_2 (pemberian dolomit dengan dosis Cr 30 ppm) dengan berat 1,275 g dan yang terendah yaitu pada perlakuan a_0t_0 (kontrol) dengan berat rata-rata 0,04 g

(Gambar 2). Kecilnya nilai berat kering akar pada perlakuan a_0t_0 disebabkan oleh adanya peningkatan tingkat toksisitas yang diberikan oleh logam berat yang terdapat di dalam tanah. Hal ini sesuai dengan Connell *and* Miller (1995) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar

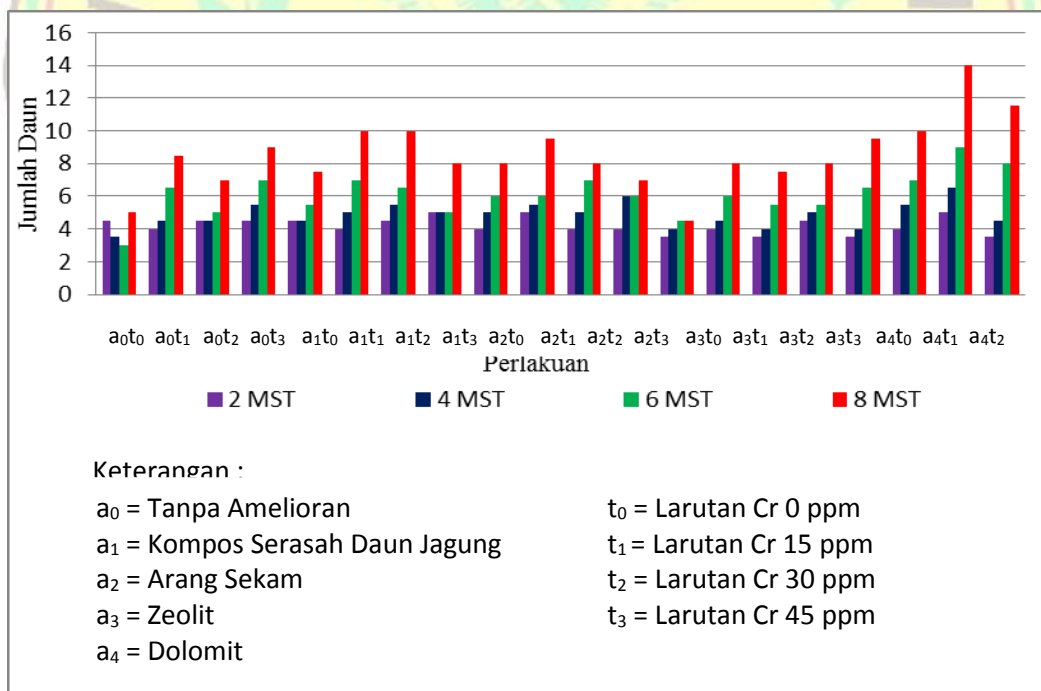
logam berat yang terdapat di dalam tanah, maka pertumbuhan dan produktivitas tanaman akan mengalami penurunan, hingga dapat menyebabkan kematian bagi tanaman. Jika pertumbuhan dan produktivitas tanaman menurun, maka bobot tanaman juga mengalami penurunan, baik bobot hasil maupun bobot akar tanaman.

Tingginya bobot kering akar tanaman tergantung pada tingginya nilai bobot basah akar. Padaperlakuan a_4 (dolomit) memperlihatkan rata-rata nilai berat kering akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan amelioran yang lain, hal ini disebabkan oleh tingginya tingkat kebasahan yang dimiliki dolomit sehingga tingkat toksisitas oleh Cr^{6+} di dalam tanah dapat berkurang, pada kondisi tersebut menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan akar tanam akan meningkat, terutama dalam menyerap unsur hara di dalam tanah. Selain itu, tingginya laju pertumbuhan akar suatu tanaman juga dipengaruhi oleh unsur N dan P yang tersedia bagi tanaman (Hardjowigeno, 2007).

Perlunya analisis bobot kering pada tanaman adalah untuk mengukur kemampuan tanaman sebagai penghasil fotosintat (Sudirja dan Wahyudin, 1998). Goldsworthy and Fisher (1991) menyatakan bahwa sebanyak 90 persen bahan kering suatu tanaman merupakan hasil dari fotosintesis. Rusaknya sistem perakaran tanaman pada tanah yang tercemar akan mengurangi kemampuan akar untuk menyerap air dan hara di dalam tanah, sehingga aktivitas fotosintesis akan menurun dan tanaman menjadi kerdil (Suyono, 2007).

Jumlah Daun

Jumlah daun masing-masing tanaman hingga minggu kedua relatif seragam hampir pada seluruh perlakuan. Perbedaan jumlah daun mulai terlihat pada minggu ke empat setelah tanam (Gambar 3). Pada kontrol, daun tanaman mengalami kematian pada minggu keempat dan keenam karena tingginya tingkat toksisitas yang diberikan logam berat pada minggu tersebut..



Gambar 3. Jumlah Daun Selada pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

Pada pengamatan terakhir, jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan a_4t_2 (perlakuan dolomit dengan pemberian Cr 30

ppm) yaitu sebanyak 14 helai daun (Gambar 3). Hal ini disebabkan tingginya kemampuan dolomit dalam menjaga kondisi dan bentuk

ketersediaan Cr agar tetap stabil dan tidak meracuni tanaman. Dolomit merupakan salah satu bahan pembenah tanah yang berfungsi untuk meningkatkan pH tanah. Dolomit jika diberikan ke dalam tanah akan terdisosiasi menjadi Ca^{2+} , Mg^{2+} dan CO_3 . Menurut Kussow (1971), ion CO_3 inilah yang berperan dalam meningkatkan pH tanah, karena ion tersebut mampu menarik H^+ dari kompleks jerapan dan kemudian digantikan oleh kation dari bahan kapur. Meningkatnya pH tanah akan meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah serta akan merubah bentuk Cr di dalam tanah menjadi stabil dan tidak meracuni tanaman.

Selain disebabkan oleh keracunan logam berat, perbedaan jumlah daun juga karena kurangnya ketersediaan N bagi tanaman. Menurut Hardjowigeno (2007) fungsi N adalah

Tabel 2. Pengaruh Mandiri Macam Amelioran dan Dosis Cr terhadap pH Tanah

Perlakuan (Polibag^{-1})	pH
Amelioran (A)	
a ₀ : Tanpa Amelioran	4,92 a
a ₁ : Kompos Serasah Daun Jagung	4,88 a
a ₂ : Arang Sekam	4,88 a
a ₃ : Zeolit	4,91 a
a ₄ : Dolomit	5,21 b

Dosis Cr (T) (ppm)	
t ₀ : 0	4,91 a
t ₁ : 15	4,92 a
t ₂ : 30	4,98 ab
t ₃ : 45	5,03 b

Keterangan: Angkayang diikutihuruf yangsamatidak berbedanyata pada taraf 5%.

Pengaruh mandiri macam amelioran dengan berbagai dosis logam berat memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada perlakuan a₄ (dolomit). Dolomit berpengaruh nyata terhadap pH tanah dikarenakan tingginya kemampuan dolomit dalam mengikat asam-asam organik dan logam-logam toksik yang ada di dalam tanah serta tingginya distribusi ion H^+ yang diberikan oleh dolomit (Suyono *et al.*, 2008). Tingginya kemampuan suatu amelioran dalam mendistribusikan ion H^+ di dalam tanah, maka tingkat kemasaman tanah juga akan semakin meningkat (Hardjowigeno, 2007).

Kapur dolomit dengan rumus kimia $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, memiliki kemampuan yang tinggi

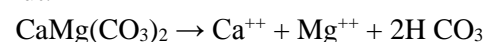
untuk memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman, jika terjadi kekurangan pertumbuhan tanaman akan terhambat, ditandai dengan perubahan warna daun menjadi kuning dan kering, lalu mengalami keguguran. Begitu juga pengaruhnya dengan pupuk dasar yang diberikan, meskipun sesuai dengan dosis rekomendasi, diduga masih kurang bagi tanaman, karena terjadinya kehilangan akibat pencucian dan penguapan (Suyono *et al.*, 2008).

Pengamatan Utama

pH Tanah

Hasil analisis statistik menunjukkan tidak terjadi interaksi antara macam amelioran dan dosis Cr terhadap pH tanah. Tabel 2 menunjukkan pengaruh mandiri macam amelioran dan dosis Cr terhadap pH Tanah.

dalam meningkatkan pH tanah. Hal ini karena kandungan CO_3 pada dolomit yang memiliki kemampuan menarik H^+ dari kompleks jerapan dan kemudian digantikan oleh kation dari bahan kapur (Kussow, 1971), sehingga H^+ berubah menjadi OH^- . Suyono *et al.*, 2008 juga menjelaskan bahwa selain memiliki kemampuan dalam meningkatkan pH, dolomit juga mampu menyediakan unsur hara seperti Ca dan Mg bagi tanaman, hal ini sesuai dengan reaksi sebagai berikut:



Meningkatnya pH tanah ke arah netral menyebabkan bentuk Cr^{6+} yang bersifat labil dan toksik berubah menjadi Cr^{3+} yang bersifat stabil

dan tidak tersedia bagi tanaman (Cahyati, 2000). Jika total Cr^{3+} dapat dikurangi maka tingkat toksisitas Cr terhadap tanaman juga akan berkurang, selain itu ketersediaan unsur hara juga akan meningkat bagi tanaman (Hardjowigeno, 2007).

Cr Total Tanah

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara pemberian amelioran

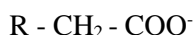
dengan taraf dosis Cr terhadap Cr total tanah (Tabel 4). Terlihat bahwa Cr total tanah terkecil terdapat pada pemberian kompos serasah daun jagung tanpa pemberian logam Cr (a_1t_0) yaitu 45,5 ppm. Sedangkan Cr total tanah tertinggi terdapat pada pemberian zeolit dengan taraf dosis Cr 45 ppm (a_3t_3) yaitu 165,5 ppm.

Tabel 3. Interaksi antara Macam Amelioran dan Dosis Cr terhadap Cr Total Tanah (ppm)

Jenis amelioran (a)	Dosis cr (t)			
	T ₀ (0 ppm)	T ₁ (15 ppm)	T ₂ (30 ppm)	T ₃ (45 ppm)
A ₀ (tanpa amelioran)	128,000 (b)	b 113,000 (b)	ab 95,500 (ab)	ab 57,000 (a)
A ₁ (kompos daun jagung)	45,500 (a)	a 83,500 (a)	a 152,500 (b)	c 146,500 (b)
A ₂ (arang sekam)	98,000 (a)	b 87,000 (a)	a 69,500 (a)	a 78,500 (a)
A ₃ (zeolit)	116,500 (a)	b 146,500 (a)	b 144,000 (a)	bc 165,500 (a)
A ₄ (dolomit)	105,500 (a)	b 119,500 (a)	ab 124,000 (a)	bc 145,000 (a)

Keterangan: huruf dalam kurung dibaca arah horizontal, huruf kecil tanpa kurung dibaca arah vertikal. Angka yang diikuti huruf yang tidak sama berbeda nyata pada taraf 5 %

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa amelioran yang memberikan pengaruh terbaik pada pemberian berbagai dosis Cr, terdapat pada pemberian arang sekam dengan dosis Cr 30 ppm. Hal ini dikarenakan arang sekam bersifat absorben sehingga memiliki daya jerap yang tinggi terhadap kation-kation logam berat di dalam tanah, selain itu arang sekam yang bersifat organik juga memiliki gugus-gugus fungsi yang dapat berikatan dengan logam-logam yang terdapat di dalam tanah. Tan (1995) menyatakan bahwa pembentukan kompleks organik-logam merupakan suatu reaksi antara ion logam dan ligan yang terdapat pada gugus-gugus fungsi bahan organik, ligan tersebut dapat berupa suatumolekul netral (NH_3) atau anion seperti:



Pada pemberian amelioran berupa kompos daun jagung, zeolit dan dolomit, Cr total tanah cenderung meningkat seiring ditingkatkannya pemberian dosis Cr. Hal ini karena kurangnya kemampuan kompos daun jagung, zeolit dan

dolomit untuk menjerap dan mengikat Cr di dalam tanah. Walaupun dolomit tidak mampu mengurangi Cr total tanah, akan tetapi dolomit yang memiliki kemampuan tinggi untuk meningkatkan pH tanah, maka secara langsung akan mempengaruhi bentuk dan kondisi Cr di dalam tanah. Bentuk dan kondisi Cr di dalam tanah akan mempengaruhi tingkat toksisitas dan ketersediaannya bagi tanaman.

Meningkatnya pH ke arah netral atau alkalin akan menyebabkan Cr bervalensi III (Cr^{3+}) akan semakin mudah diendapkan atau diabsorpsi oleh senyawa-senyawa organik (Slamet *et al.*, 2005). Tingginya mineral liat alofan dan kandungan bahan organik yang dimiliki Andisols serta terjadinya perubahan sifat kimia pada Andisols jika mengalami kering udara, akan menyebabkan tingginya akumulasi Cr yang bervalensi III (Cr^{3+}) di dalam tanah. Hal ini yang diduga menjadi salah satu penyebab terjadinya peningkatan Cr di dalam tanah pada penelitian ini.

Serapan Cr

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara pemberian

macam amelioran dengan dosis Cr terhadap jumlah serapan Cr oleh tanaman selada (Tabel 4).

Tabel 4. Interaksi antara Macam Amelioran dan Dosis Cr terhadap Serapan Cr (ppb)

Jenis Amelioran (A)	Dosis Cr (T)							
	t ₀ (0 ppb)		t ₁ (15 ppb)		t ₂ (30 ppb)		t ₃ (45 ppb)	
a ₀ (Tanpa Amelioran)	0,014 (a)	bc (a)	0,014 (a)	b (a)	0,014 (a)	b (a)	0,014 (a)	b (a)
a ₁ (Kompos daun jagung)	0,017 (a)	cd (a)	0,019 (a)	c (a)	0,020 (a)	c (a)	0,020 (a)	c (a)
a ₂ (Arang Sekam)	0,018 (b)	d (b)	0,019 (b)	c (b)	0,017 (b)	bc (a)	0,011 (a)	b (a)
a ₃ (Zeolit)	0,010 (a)	ab (a)	0,009 (a)	a (a)	0,009 (a)	a (a)	0,011 (a)	b (a)
a ₄ (Dolomit)	0,009 (a)	a (a)	0,006 (a)	a (a)	0,006 (a)	a (a)	0,007 (a)	a (a)

Keterangan: Huruf dalam kurung dibaca arah horizontal, huruf kecil tanpa kurung dibaca arah vertikal. Angka yang diikuti huruf yang tidak sama berbeda nyata pada taraf 5 %.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa pada kontrol (a₀) terdapat kesamaan jumlah serapan Cr oleh tanaman untuk setiap pemberian dosis Cr, sedangkan rata-rata serapan Cr terbesar yaitu pada perlakuan kompos serasah daun jagung dengan pemberian dosis Cr sebesar 30 ppm (a₁t₂) dan 45 ppm (a₁t₃) yaitu 0,020 ppb. Hal ini disebabkan oleh rendahnya kemampuan kompos untuk meningkatkan pH tanah sehingga rendah pula Cr³⁺ yang terbentuk.

Pada pemberian dolomit, jumlah serapan Cr memberikan hasil yang terkecil, walaupun pada Cr total memberikan hasil yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dolomit memiliki kemampuan yang rendah untuk menjerap Cr di dalam tanah, akan tetapi memiliki kemampuan yang tinggi dalam meningkatkan pH tanah. Dadang (2006) menjelaskan bahwa pH tanah akan mempengaruhi ketersediaan kation-kation logam berat di dalam tanah, semakin tinggi pH tanah maka kation-kation logam berat akan semakin rendah dan menjadi tidak tersedia bagi tanaman.

Meningkatnya pH ke arah netral, Cr³⁺ yang bersifat tidak larut dan immobil lebih banyak terbentuk di dalam tanah, sehingga Cr akan lebih banyak terakumulasi di dalam tanah dibandingkan dengan yang terserap oleh

tanaman (Subowo *et al.*, 1994). Selain itu, Bruce (2002) juga menjelaskan bahwa Cr³⁺ memiliki afinitas kuat terhadap ion bermuatan negatif dan koloid pada tanah yang mengandung oksigen seperti ion hidroksil dan membentuk senyawa yang hampir tidak larut sehingga bersifat stabil dan tidak berbahaya bagi tanaman, sedangkan Cr⁶⁺ bersifat lebih larut dan tidak stabil sehingga dapat berbahaya bagi tanaman.

Jika membandingkan jumlah Cr yang diserap oleh tanaman (Lampiran 13), dengan jumlah toleransi Cr yang untuk dikonsumsi perharinya, jumlah Cr yang diserap oleh selada pada penelitian ini masih berada jauh di bawah ambang batas toleransi, dengan kata lain hasil tanaman masih layak untuk dikonsumsi karena kandungan Cr tanaman masih di bawah 0,07 ppm (Nanik, 2008), hal ini disebabkan oleh kecilnya Cr⁶⁺ yang bersifat lebih larut dan tersedia bagi tanaman, sehingga kecil jumlah Cr yang terserap oleh tanaman selada.

Hasil Selada

Hasil analisis statistik menunjukkan tidak terjadi interaksi antara macam amelioran dengan dosis Cr terhadap hasil selada. Tabel 5 menunjukkan pengaruh mandiri macam amelioran dan dosis Cr terhadap hasil selada (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh Mandiri Macam Amelioran dan Dosis Cr Terhadap Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa*, L)

Perlakuan (Polibeg ⁻¹)	Hasil (gr Polibeg ⁻¹)
Amelioran (A)	
a ₀ : Tanpa Amelioran	8,0 a
a ₁ : Kompos Serasah Daun Jagung	14,3 a
a ₂ : Arang Sekam	13,7 a
a ₃ : Zeolit	7,9 a
a ₄ : Dolomit	41,6 b
Dosis Cr (T) (ppm)	
t ₀ : 0	9,3 a
t ₁ : 15	15,1 a
t ₂ : 30	26,2 a
t ₃ : 45	17,8 a

Keterangan: Angka-angka yang diikutihuruf yang sama tidak berbedanya pada taraf 5%.

Tingginya kemampuan dolomit dalam meningkatkan pH menyebabkan tingginya reaksi reduksi Cr sehingga menurunkan potensi pengaruh Cr⁶⁺ terhadap tanaman. Hal ini terlihat pada jumlah serapan Cr yang terkecil terjadi pada pemberian dolomit, sehingga tanaman memiliki daya tumbuh yang tinggi. Selain memiliki kemampuan dalam meningkatkan pH, kemampuan dolomit dalam meningkatkan kapasitas tukar kation, menambah unsur P, Ca dan Mg serta mengurangi tingkat toksisitas yang ditimbulkan oleh logam berat terhadap tanaman, menyebabkan tanaman tetap memiliki daya tumbuh yang baik dan mampu menyerap unsur hara secara optimal pada tanah yang tercemar logam berat (Suyono *et al*, 2008).

Logam berat yang terdapat di dalam tanah berada dalam bentuk bebas dan tidak bebas (Charlena, 2004). Hal ini akan berpengaruh terhadap tanaman yang tumbuh pada tanah yang tercemar logam berat. Dalam keadaan bebas, Cr dapat bersifat racun dan tersedia bagi tanaman sehingga akan terserap oleh akar tanaman, dan selanjutnya akan terangkut melalui jaringan-jaringan tanaman hingga bagian batang dan daun pada tanaman sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman (Bluskov *et al*, 2002).

Difusi dan aliran massa adalah mekanisme terserapnya Cr oleh akar tanaman, Cr yang diserap oleh akar akan mengalami pengikatan, inaktivasi dan pengendapan (Bluskov *et al*,

2002). Setelah terserapnya Cr⁶⁺ oleh tanaman, Cr selanjutnya akan terakumulasi di dalam tanaman, hal ini disebabkan adanya perubahan bentuk Cr di dalam jaringan tanaman. Pada akar, kebanyakan Cr⁶⁺ diubah menjadi Cr³⁺-asetat yang cenderung terakumulasi pada epidermis dan korteks, sedangkan pada daun, Cr mengalami translokasi Cr³⁺-oksalat dan disimpan di dalam epidermis (Bluskov *et al*, 2002).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- 1) Terjadi interaksi antara macam amelioran dengan dosis logam Cr terhadap Cr total tanah dan serapan Cr, tetapi tidak terjadi interaksi terhadap pH tanah dan hasil tanaman selada.
- 2) Terdapat pengaruh mandiri Pemberian macam amelioran dan dosis Cr terhadap pH tanah dan hasil tanaman selada. Dolomit merupakan amelioran terbaik dalam meningkatkan pH tanah sebesar 5,21 dan memberikan hasil terbaik pada tanaman selada sebesar 41,6 gr polibeg¹.
- 3) Kombinasi arang sekam dengan Cr dosis 30 ppm merupakan kombinasi terbaik dalam mengurangi Cr total tanah, sedangkan kombinasi dolomit dengan Cr dosis 15 dan 30 ppm yang terbaik dalam mengurangi serapan Cr.

- 4) Dolomit merupakan amelioran terbaik dalam meningkatkan pH tanah, menurunkan serapan Cr serta memberikan rata-rata hasil tanaman selada terbaik, sedangkan arang sekam mampu menurunkan rata-rata Cr total tanah.

Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah Melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jenis amelioran lain seperti terak baja, arang aktif, dan amelioran lainnya yang diduga lebih efektif. Selain itu, dikarenakan sifat Andisols yang *irreversible*, maka kelembaban tanahnya harus tetap terjaga agar tidak merubah sifat kimia pada Andisols.

5. DAFTAR PUSTAKA

- M. Nurhuda Dr.Rer.nat. “ *tungku biomasa UB mendukung terwujudnya target penurunan emisi 26 % dan kemandirian energi* “ Universitas Brawijaya Malang 2009.
- Alloway, B.J. 1990. Soil Processes and Behaviour of Metal. P. In Heavy metals in Soils. 2nd ed. Blackie Glasgow and London Halstead press. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Aomine, S and Jackson, M.L. 1959. Allophane Determination in Andisol by Cation Exchange Capacity Delta Value. Soil. Sci. Soc.Amer.Proc.
- Barbarick, K.A and Pirela, H.J. 1983. Agronomic and Horticultural Uses of Zeolites: A Rivew in Zeo Agricultural Westview Press, Boulder Colorado.
- Bluskov, J. M. Arocena, J. P. Young, and O.O. Omotoso. 2002. Behavior of Chromium in the Rhizosphere of *Brassica juncea* (Indian Mustard). University of Northern BC, Prince George, BC, Canada V2N 4Z9 Natural Resources Canada, CANMET Energy Technology Centre, Devon, AB, Canada
- Bruce, R. 2002. Chemical Transformations of Chromium in Soils: Relevance to Mobility, Bio-availability and Remediation. The Cromium File. International Cromium Development Association, College Park USA.
- Cahyati. 2000. Pengaruh Kompos Jerami Padi dan Zeolit terhadap pH, Cr-terlarut dan Cr-total Tanah Sawah Terpapar Limbah Industri serta Serapan Cr pada Akar Tanaman Padi Sawah (*Oryza Sativa*). Skripsi Jurusan Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor (Tidak Dipublikasikan)
- .2004. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Tanaman Sayur-sayuran. Institut Pertanian Bogor, Bogor. Online: <http://www.rudycr.com/PPS702-ipb/09145/charlena.pdf>. (Diakses pada 27 Januari 2010).
- Connell, D.W and Miller G.J.1995. Kimiadan Ekotoksikologi Pencemaran. Diterjemahkan oleh Yanti Koestoer. UI Press, Jakarta.
- Craig. 1980. The Natural Environmental and Biogeochemical Cycles. Spinger Verlag, Berlin and New York.
- Dadang. 2006. Aplikasi Dolomit, Bahan Organik, dan Pupuk NPK pada Tanah Di Cemari Cd: Keterkaitan Antara Sifat Kimia Tanah dan Ketersediaan Cd dan Bobot Kering Tomat. Ilmu Tanah. Institut Pertanian Bogor, Bogor Online: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/1138>. (Diakses pada 06 April 2010).
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Makhluk Hidup. Universitas Indonesia Press, Jakarta
- Diantariani. N. P, Sudiarta. I. W dan Elentiani. N. K. 2008. Proses Biosorpsi dan Desorpsi Ion Cr (VI) pada Biosorben Rumput Laut *Eucheuma Spinosum*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana. Bukit Jimbaran. Online:<http://ejournal.unud.ac.id/abstrak/j-kim-vol2-no1-diantariani.pdf>. (Diakses pada 10 April 2010).
- Dudal, R. dan M. Soeprtohardjo. 1960. Some Consideration on The Genetic Relationship between Latosols and Andisols in Java (Indonesia). Trans. Seventh Intern. Congr. Soil Sci, Madison.

- Gomez, Kwanci A. 1995. *Prosedur Statistik Penelitian Pertanian*. Universitas Indonesia Pres, Jakarta.
- Goldsmantny, P.R dan Fisher. N.M. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik*. Terjemahan Tohari. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Gurhayanto, Andi Bukit, Holin Onggo. 1995. Pemanfaatan Kapur Dolomit untuk Pembuatan MgO sebagai Bahan Baku Kordierit. Seminar Ilmiah Hasil Penelitian dan Pengembangan Bidang Fisika Terapan. Online: <http://elib.pdii.lipi.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/./2004.pdf>. (Diakses pada 07 April 2011).
- Haghiri, F. 1973. *Studies on Cadmium Toxicity In Plants*. Environmental Pollution. Online: www.plantstress.com/articles/toxicity_i/cadmium.pdf. (Diakses Pada 10 April 2010).
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo, Jakarta
- _____, 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Presindo, Jakarta. Edisi Revisi.
- Hartatik. W dan Idris. K 2008. Kelarutan Fosfat Alam dan SP-36 dalam Gambut yang Diberi Amelioran. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor. Online: <http://bbsdlp.litbang.deptan.go.id/...../download/jti27juli2009.pdf>. (Diakses pada 09 April 2010).
- Itanna F. 2002. *Metals in Leafy Vegetables Grown in Addis Ababa and Toxicological Implications*. Ethiopia Journal Health Development. Vol. 16 (3): p. 295-302.
- Jones, L.H.P.H. and S.C. Jarvis. 1981. *The Fate of Heavy Metal In Greenland*, D.J. and M.H.B. Hayes (ed); *The Chemistry of Soil Processes*. John Wiley and Sons Ltd, New York.
- Kostov. 1968. *Mineralogy*. Oliver and Buyd, Edenburg and London. Online: www.balogh.com/schweizerbart/geology_monographs.html. (Diakses pada 09 April 2010).
- Kussow, W.R. 1971. *Introduction to Soil Chemistry Fertility Project*. Departemen Ilmu-ilmu Tanah, Faperta. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mawardi. E. 2009. *Pengaruh Takaran Amelioran Terhadap Serapan Ca dan Mg serta Pertumbuhan Padi Di Lahan Gambut Tropohemist*. Solok, Sumatra Barat. Online: <http://sumbar.litbang.deptan.go.id/index.php/hasil-litkaji-mainmenu-46/40-tanaman-pangan/138>. (Diakses pada 02 April 2010).
- Mc Grath and Smith. 1990. *Heavy Metal: Chromium and Nickel*. Online: www.linkinohub.elsevier.com. (Diakses Pada 22 April 2010).
- Mentri Pertanian. 2006. *Deskripsi Tanaman Selada*. Online: www.deptan.go.id. (Diakses Pada 22 April 2010).
- Nanik. H. S. 2008. *Kandungan Chromium pada Pertanian, Sedimen dan Kerang Darah (Andara granosa) Di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah*. Laboratorium Ekologi dan Biosistemik. Universitas Diponegoro. BIOMA. Vol. 10, No. 2, Hal. 53-56. Online: eprints.undip.ac.id/view/year/2008.html. (Diakses pada 10 April 2010).
- Nugroho, Budi. 2001. *Ekologi Mikroba pada Tanah Terkontaminasi Logam Berat*. Makalah Falsafah Sains. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Nurfindarti, E 2004. *Deteksi Logam Berat pada Sayuran Berbentuk Umbi*. Perpustakaan Departemen Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Nurjaya, Emona Zihan dan M. Sri Saeni. 2006. *Pengaruh Amelioran terhadap Pb Tanah, Serapan Pb serta Hasil Tanaman Bawang Merah pada Inceptisols*. Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia. Vol 8, No 2.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Parfitt R.L. D.J. Giltrap dan J.S. Whitton. 1995. *Contribution of Organic Matter and Clay Minerals to the Cation Exchange Capacity*

- of Soil, Commun, Soil Sci.- Plant Annual 26:1343:1355.
- Salam, A.K., Sarno dan S. Djuniwati. 1998. Perubahan Kelarutan Tembaga dan Kadmium dalam Kolom Tanah dengan Perlakuan Kapur dan Kompos Daun Singkong Akibat Pencucian dengan Air. *Jurnal Tanah Tropika*.
- Santoso. 1985. Sifat dan Ciri Andosols. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Sartji. T. 2004. Peranan Mikroorganisme dalam Mengurangi Efek Toksik Pada Tanah Terkontaminasi Logam Berat. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. Soil Conservation Service, V.S. Dept. Agric. Handb. 436. U.S. Gant, Printing Office, Washington D.C.
- Slamet, Arbianti dan Daryanto. 2005. Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat (Cr^{6+} atau Pt^{4+}) Secara Simultan dengan Fotokatalis TiO_2 , ZnO-TiO_2 , dan CdS-TiO_2 . Makalah Teknologi. Vol. 9, No. 2. Departemen Teknik Gas dan Petrokimia. Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta Online: Repository.ui.ac.id/dokumen/lihat/494.pdf. (Diakses pada 12 November 2010).
- Stokes, P., T. Davey. 1981. A New Look of Heavy Metal. *Water Pollution Control Journal*.
- Subowo, A. Mukti, Prastowo Kabar, dan J. Sri Adiningsih. 1994. Pengaruh Penambahan Krom pada Tanah Aluvial Gleik, Latosol Haplik dan Grumusol Eutrik terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabe Merah. Makalah Penelitian Tanah. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sudirja, R dan A. Wahyudin 1998. Pengaruh Air Buangan Tekstil terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Varietas IR-64. Studi Kasus Di Daerah Pengairan Sungai Cikijing Kecamatan Rancaekek Kabupaten Bandung. Jurusan Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor. (Tidak Dipublikasikan).
- Sudirja, R. 1999. Penanganan Tanah Tercemar Limbah Industri Tekstil Melalui Bahan Organik dan Belerang. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor. (Tidak Dipublikasikan).
- Suganal. 1989. Penggunaan Zeolit Alam Bayah Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Elektro Planting Di DKI Jakarta. Dirjen Pertambangan Umum. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung.
- Sulaeman, S. dan Evianti. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian, Bogor
- Suyono. A.D, Tien Kurniatin, Siti Mariam, Benny Joy, Maya Damayanti, Tamyid Syammusa, Nenny Nurlaeni, Anny Yuniarti, Emma Trinurani dan Yuliati Machfud. 2008. Pupuk dan Pemupukan. Jurusan Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan. Universitas Padjadjaran, Jatinangor.
- Tan, K. H. 1995. Dasar-Dasar Kimia Tanah, Terjemahan: Didiek Hadjar Goenadi. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Thorburn, C. 1982, Rice Husks as Fuel, PT Tekton Books, Development Tehnology Center - Bandung Institute of Tehnology (DTC-ITB), Bandung.
- Thustos, P., J. Szakova, J. Hruby, I. Hartman, J. Najmanova, J. Nedelnik, D. Pavlikova, M and Batysta. 2006. Removal of AS, Cd, Pb and Zn from Contaminated Soil by High Biomass Producing Plants. *Journal Plant Soil Environmental*.
- Wahjuni, S dan Kostradiyanti. 2008. Penurunan Angka Peroksida Minyak Kelapa Tradisional dengan Adsorben Arang Sekam Padi IR 64 Yang Diaktifkan Dengan Kalium Hidroksida. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran. Online: ejournal.unud.ac.id/abstrak/j-kim-vol2-no1-sriwahyuni.pdf. (Diakses pada 07 April 2010).

- Winarti. 1997. Efektivitas Arang Sekam Padi pada dalam Meningkatkan pH. Online: pustaka.litbang.deptan.go.id/publikasi/ip03_2104.pdf. (Diakses pada 12 Februari 2010).
- Wilkinson. 1977. Chromium. Encyclophedia of Science Technology, McGraw Hill, New York.
- Zulfadli. 1999. Penentuan Daya Sorpsi Zeolit Bayah terhadap Ion-ion Logam Berat. Program Studi Kimia, BKU Kimia Analitik Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran, Bandung. Online: ejournal.unpad.ac.id/abstrak/j-kim-vol2-no1-zulfadli.pdf. (Diakses pada 12 Februari 2010).
- Wilson Boulevard, Suite 500 Arlington, Virginia 22209 USA.
- Bryden, M., Still, D., Scott, P., Hoffa, G., Ogle, D., Bailis, R., and Goyer, K., 2005. Design Principles for Wood Burning Cook Stoves, Aprovecho Research Center/Shell Foundation/Partnership for Clean Indoor Air, USEPA EPA-402-K-05_004.
- CDM, Simplified Project Design Documents for small scale project activities, CDM Cookstove project Kupang 1, Indonesia, 2006
- Intergovernmental Panel on Climate Change, "2006 IPCC Guidelines for National greenhouse Inventories", Vol 2, 2006.
- GREET Transportation Fuel Cycle Analysis Model, GREET 1.8b, developed by Argonne National Laboratory, Argonne, IL, released May 8, 2008. <http://www.transportation.anl.gov/software/GREET/index.html>
- Biomasa Energi Data Book, http://cta.ornl.gov/bedb/appendix_b.shtml.

