

TOTAL LOGAM Pb DAN Cr DALAM TANAH PERTANIAN DAN AIR DANAU BERATAN SERTA BIOAVAILABILITASNYA DALAM TANAH PERTANIAN DI DAERAH BEDUGU

I. G. Eka Saputra Jaya, I. M. Siaka, dan N. P. Diantariani

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbara

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai konsentrasi total logam Pb dan Cr dalam tanah pertanian dan air Danau Beratan serta bioavailabilitasnya dalam tanah pertanian di daerah Bedugul. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi total logam dan tingkat bioavailabilitas logam Pb dan Cr pada tanah pertanian di daerah Bedugul serta menentukan konsentrasi total logam Pb dan Cr dalam air Danau Beratan. Penelitian ini meliputi penentuan konsentrasi Pb dan Cr total dalam sampel tanah dan air danau serta penentuan bioavailabilitas logam Pb dan Cr yang dianalisis dengan *Atomic Absorption Spektrofotometer (AAS)*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi total logam Pb dan Cr dalam tanah pertanian yang terbesar terletak pada lokasi dekat jalan raya dengan nilai sebesar 14,6162 mg/kg dan 15,5380 mg/kg. Sementara itu, konsentrasi logam Pb dan Cr total pada air danau Beratan secara berurutan sebesar 0,2802 mg/L dan 0,2213 mg/L. Bioavailabilitas logam Pb hanya terdeteksi pada tanah dekat jalan raya yaitu sekitar 45% bioavailabel (yang terekstraksi oleh HCl) dan yang berpotensi bioavailabel sekitar 27% (selisih logam Pb yang terekstraksi oleh EDTA dengan yang terekstraksi oleh HCl). Tanah sampel yang lainnya tidak menunjukkan sifat bioavailabilitasnya (logam Pb yang terekstraksi tidak terdeteksi). Bioavailabilitas logam Cr terdeteksi pada semua sampel tanah (60-76%) dan yang berpotensi bioavailabel berkisar antara 6 hingga 17%.

Kata kunci: Logam berat, Pb, Cr, bioavailabilitas

ABSTRACT

This paper discusses the total metal contents of Pb and Cr in soil of agricultural land and water of Lake Beratan, as well as their bioavailabilities in soil of the land in Bedugul area. This study aims to determine the total metals and the bioavailability of Pb and Cr in the soils of agricultural land in Bedugul area and determine the total metal Pb and Cr in the water of Lake Beratan. The total concentrations of Pb and Cr in soil samples and water of the lake were analyzed by using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The bioavailabilities of Pb and Cr in soil samples were also determined and analyzed by AAS.

The results showed that the highest total concentrations of Pb and Cr were found in the soil located near the high way, which were 14.6162 mg/kg for Pb and 15.5380 mg/kg for Cr. The total concentration of Pb and Cr in water of Beratan lake were 0.2802 mg/L and 0.2213 mg/L respectively. Cr metal was more bioavailable compared to Pb metal in the soil of Bedugul area. Bioavailable Pb was detected only in the soil sample collected from the area near the high way, which was about 45% bioavailable (as extracted by HCl) and potentially bioavailable was about 27% (the different percentages of Pb extracted by EDTA and by HCl). On the other hands, bioavailable Cr metal was detected in every soil sample (60-76%) and its potentially bioavailable ranged between 6 and 17%.

Keywords: Heavy metals, Pb, Cr, and bioavailability

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sumber mata pencaharian utama bagi penduduk Indonesia.

Untuk meningkatkan produksi pertanian, petani seringkali menggunakan pupuk anorganik dan pestisida yang jika digunakan secara berlebihan dan terus menerus akan memberikan efek buruk

bagi lahan pertanian. Pupuk anorganik dan pestisida mengandung logam berat yang dapat mencemari tanah pertanian. Konsentrasi logam berat yang biasa terdapat dalam pupuk anorganik dan pestisida adalah Cu, As, Co, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Cd, Pb, dan Hg (Alloway, 1995). Dalam keadaan bebas logam berat dapat terserap oleh tanaman, sedangkan dalam bentuk tidak bebas dapat berikatan dengan hara, bahan organik maupun anorganik lainnya. Adanya logam berat ini dapat bersifat racun karena logam berat akan terakumulasi dalam tubuh serta sifat logam berat itu sendiri yang sukar untuk diurai dan mudah diabsorpsi oleh tubuh.

Soepardi (1983) menyatakan kisaran logam berat timbal (Pb) sebagai pencemar dalam tanah adalah 2-200 ppm dan kisaran logam berat timbal (Pb) dalam tanaman adalah 0,10-10 ppm, sedangkan konsentrasi maksimum kromium yang diperbolehkan dalam tanah adalah 0,05 mg/kg (Baroto, 2006). Konsentrasi logam berat yang terakumulasi dalam tanah pertanian ini dapat mengancam kehidupan manusia. Hal ini disebabkan karena logam berat bebas dalam tanah pertanian dapat terserap oleh tanaman atau memiliki daya bioavailabilitas yang tinggi terhadap tanaman, yang pada akhirnya akan masuk ke dalam tubuh manusia saat mengonsumsi pangan yang telah terpapar logam berat tersebut (Sudarwin, 2008).

Penggunaan pupuk anorganik dan pestisida yang terus menerus akan menyebabkan logam berat sebagai residu pupuk anorganik dan pestisida akan terakumulasi dan akan menyebabkan pencemaran dalam lahan pertanian tersebut. Selain berasal dari pupuk anorganik dan pestisida yang diberikan langsung ke tanaman, logam berat juga dapat berasal dari sumber air penyiraman yang telah terkontaminasi logam berat dan asap-asap kendaraan bermotor. Pada tingkat tertentu logam berat seperti Pb dan Cr dapat membahayakan kehidupan manusia apabila logam tersebut memiliki daya bioavailabilitas yang tinggi terhadap tanaman yang menjadi sumber komoditi pangan.

Pencemaran logam berat dipengaruhi oleh tinggi atau rendahnya tingkat bioavailabilitasnya atau ketersediaannya terhadap tanaman pangan dalam tanah pertanian. Bioavailabilitas merupakan kemampuan dari logam berat yang terakumulasi dalam tanah untuk terserap ke dalam tanaman.

Besarnya fraksi bioavailabilitas logam berat dapat ditentukan dengan metode ekstraksi tunggal menggunakan dua jenis pengekstrak yaitu EDTA dan HCl maupun dengan metode ekstraksi bertahap (Siaka *et al.*, 2006).

Lahan pertanian di daerah Bedugul yang cukup luas serta Bedugul merupakan salah satu pemasok sayuran yang ada di Daerah Bali, sehingga lahan pertanian di daerah Bedugul berpotensi tercemar logam berat akibat dari penggunaan pupuk anorganik dan pestisida yang berlebihan. Berdasarkan pemaparan di atas maka dipandang perlu untuk melakukan penelitian terhadap konsentrasi logam Pb dan Cr total serta bioavailabilitas logam Pb dan Cr sehingga dapat diketahui tingkat pencemaran logam berat Pb dan Cr di daerah pertanian Bedugul.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : sampel tanah, air danau Beratan, EDTA, HCl, HNO₃, Pb(NO₃)₂, K₂Cr₂O₇, aquades.

Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : labu ukur, pipet volum, gelas ukur, gelas beaker, botol semprot, kantong plastik, kotak es, *shaker*, *sentrifuge*, mortar, kertas saring, neraca analitik, pemanas listrik, desikator, oven, ayakan 63 µm, sendok polietilen, botol polietilen, *ultrasonic bath* dan *Atomic Absorption Spektrofotometer* (AAS).

Cara Kerja

Pengambilan sampel tanah

Sebelum pengambilan sampel, sendok dan botol polietilen yang digunakan untuk sampling direndam dalam asam nitrat (HNO₃) 10% tidak kurang dari 24 jam kemudian dibilas beberapa kali dengan aquades dan dikeringkan. Sampel tanah yang diambil adalah tanah permukaan dengan kedalaman 0 – 20 cm. Pada masing-masing lokasi sampling, tanah permukaan yang diambil secara acak di 3 titik dan masing-masing sekitar 0,5 kg dengan menggunakan sendok polietilen. Selanjutnya, sampel tanah dimasukkan ke dalam

wadah dan sampel yang terkumpul segera dibawa ke Laboratorium untuk proses analisis lebih lanjut.

Pengambilan sampel air

Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan botol polietilen yang sudah bersih dan kering. Jumlah sampel air yang diambil pada setiap titik sampling sekitar 1L, kemudian sampel air dimasukkan ke dalam botol polietilen dan ditambahkan asam nitrat 1% sebagai pengawet dan disimpan dalam *coolbox*, lalu dibawa ke Laboratorium.

Perlakuan Sampel

Sampel tanah dikeringkan dalam oven pada suhu tidak lebih dari 60⁰C hingga didapatkan berat konstan. Selanjutnya sampel digerus dan diayak dengan ayakan 63 μ m. Ayakan dilakukan terhadap sampel tanah dengan tujuan agar semua butiran tanah memiliki ukuran yang sama (homogen). Sampel tanah kering yang telah digerus kemudian disimpan dalam botol kering untuk analisis lebih lanjut.

Penentuan konsentrasi Pb dan Cr total dalam sampel tanah

Sampel serbuk tanah ditimbang teliti 1 gram dan dimasukkan ke dalam gelas beaker. Kemudian ditambah 10 mL campuran HNO₃ pekat dan HCl pekat (*reverse aqua regia*, 3:1). Campuran sampel kemudian didigesti dengan *ultrasonic bath* pada suhu 60⁰C selama 45 menit dan pemanasan dilanjutkan dengan *hotplate* pada suhu 140⁰C selama 45 menit. Larutan yang diperoleh disaring dan filtratnya ditampung dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan ini kemudian diukur dengan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm untuk mengukur konsentrasi Pb sedangkan untuk mengukur konsentrasi Cr diukur pada panjang gelombang 357,9 nm (Siaka *et al.*, 2006).

Penentuan konsentrasi Pb dan Cr total dalam sampel air danau

Sampel air disaring dengan kertas saring, kemudian ditambahkan HNO₃ 1% hingga pH 2. Kemudian dianalisis dengan menggunakan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm untuk logam Pb dan 357,9 nm untuk logam Cr.

Ekstraksi Tunggal dengan EDTA dan HCl

Rangkaian ekstraksi dengan EDTA dan HCl dilakukan untuk menentukan besarnya konsentrasi Pb dan Cr sebagai fraksi bioavailabilitas. Sampel serbuk tanah ditimbang secara teliti 1 g, kemudian ditambahkan 40 mL EDTA 0,05 M pada pH 6 dan digojog selama 8 jam. Campuran sampel kemudian disentrifugasi selama 15 menit (2500 rpm) untuk memisahkan fraksi padat dan cair. Fraksi cair yang diperoleh selanjutnya dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Selanjutnya diukur dengan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm untuk menentukan besarnya konsentrasi Pb dan pada panjang gelombang 357,9 nm untuk menentukan besarnya konsentrasi Cr. Logam yang terdestruksi oleh EDTA adalah logam yang bioavailabilitas dan yang berpotensi bioavailabilitas.

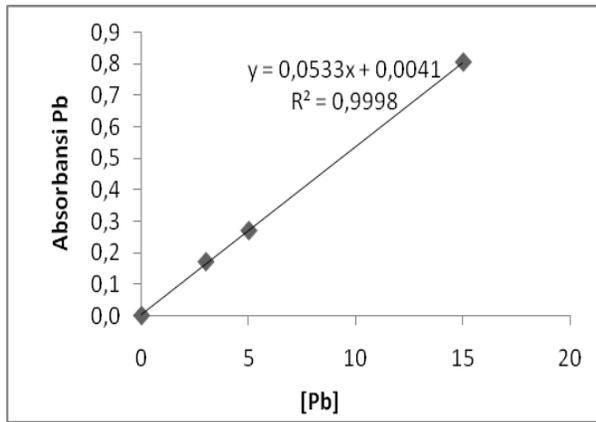
Sampel tanah yang sudah dikeringkan ditimbang secara teliti sebanyak 1 g, kemudian dimasukkan ke dalam beaker gelas dan ditambahkan 20 mL HCl 0,5 M digojog selama 8 jam. Selanjutnya campuran disentrifugasi selama 15 menit (2500 rpm) dan cairan yang terpisah dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Larutan tersebut diukur dengan AAS pada panjang gelombang 217,0 nm untuk menentukan besarnya konsentrasi Pb dan pada panjang gelombang 357,9 nm untuk menentukan besarnya konsentrasi Cr pada fraksi "*bioavailable*".

HASIL DAN PEMBAHASAN

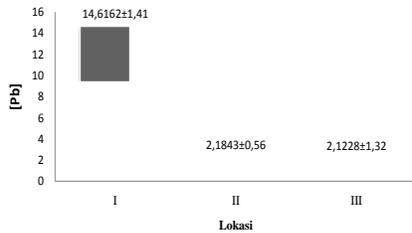
Penentuan Konsentrasi Total Logam Pb Dalam Sampel Tanah dan Air Danau

Pengukuran konsentrasi total logam Pb dalam sampel dilakukan dengan metode kurva kalibrasi menggunakan alat AAS. Kurva kalibrasi Pb standar disajikan pada Gambar 1.

Persamaan regresi linear $y = 0,0533x + 0,0041$ dan koefisien korelasi $r^2 = 0,9998$ ditunjukkan oleh Gambar 1. Persamaan kurva regresi tersebut kemudian digunakan untuk menghitung konsentrasi total logam Pb dalam tanah. Konsentrasi total logam Pb dalam sampel tanah pada berbagai lokasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb



- I = Lokasi 100 m dari jalan raya,
- II = Lokasi 200 m dari jalan raya,
- III = Lokasi 100 m dari danau

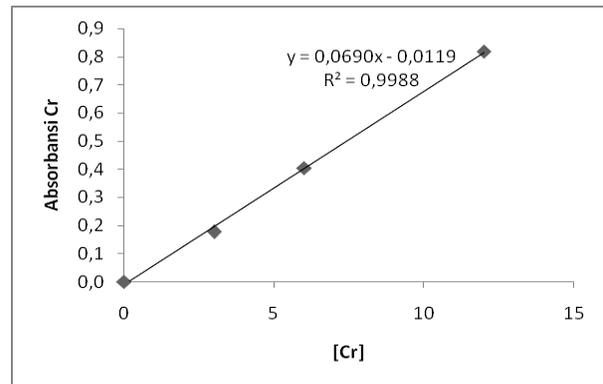
Gambar 2. Konsentrasi Total Logam Pb dalam Sampel Tanah

Gambar 2 menunjukkan konsentrasi total logam Pb terbesar berada pada lokasi dekat dengan jalan raya (± 10 m dari jalan raya) sebesar 14,6162 mg/kg. Hal ini disebabkan oleh banyaknya aktivitas transportasi kendaraan bermotor. Aktivitas tersebut menghasilkan gas buang dengan pencemar logam Pb seperti tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb yang ditambahkan pada bahan bakar motor. Selain itu pengambilan sampel dilakukan pada saat musim hujan sehingga kemungkinan pencemaran emisi gas terlarut oleh air hujan yang bersifat asam dan terakumulasi dalam tanah akibat terbawa oleh air hujan. Sementara itu, konsentrasi total logam Pb pada lokasi jauh dari jalan raya dan dekat dengan danau tidak berbeda jauh. Hal ini mungkin disebabkan oleh sedikitnya polusi udara dan pencemaran Pb oleh pupuk belum begitu besar. Selain itu kemungkinan pencemaran Pb oleh air danau yang digunakan untuk menyiram lahan

pertanian juga tidak terlalu besar, karena dari hasil pengukuran konsentrasi logam Pb total dalam air danau sebesar 0,2802 mg/L.

Penentuan Konsentrasi Total Logam Cr Dalam Sampel Tanah dan Air Danau

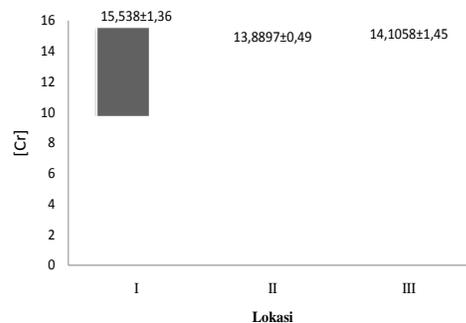
Pengukuran konsentrasi total logam Cr dalam sampel dilakukan dengan metode kurva kalibrasi menggunakan AAS. kurva kalibrasi Cr standar disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cr

Berdasarkan Gambar 3, diperoleh persamaan regresi linear $y = 0,0690x - 0,0119$ dan koefisien korelasi $r^2 = 0,9988$.

Konsentrasi total logam Cr dalam sampel tanah disajikan dalam Gambar 4.



- I = Lokasi 100 m dari jalan raya,
- II = Lokasi 200 m dari jalan raya,
- III = Lokasi 100 m dari danau

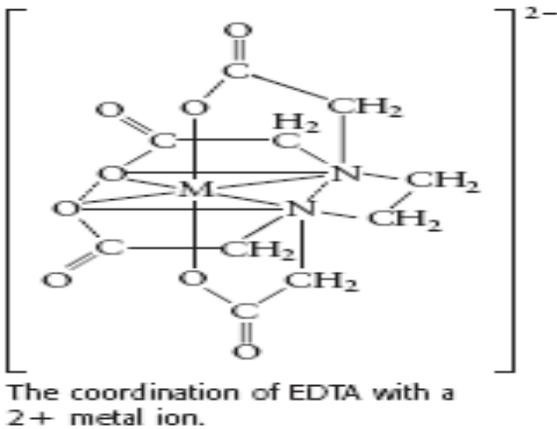
Gambar 4. Konsentrasi Total Logam Cr dalam Sampel Tanah

Pada Gambar 4 terlihat bahwa konsentrasi total logam Cr tertinggi berada pada lokasi dekat

dengan jalan raya yaitu 15,5380 mg/kg disusul oleh lokasi dekat dengan danau sebesar 13,8897 mg/kg dan jauh dari jalan raya sebesar 14,1058 mg/kg. Dilihat dari konsentrasi total logam Cr yang tidak berbeda jauh maka dapat dikatakan bahwa pencemaran logam Cr hanya dipengaruhi oleh penggunaan pupuk fosfat dalam lahan pertanian tersebut karena hasil pengukuran logam Cr pada air danau menunjukkan bahwa konsentrasi total logam Cr dalam air danau tidak terlalu besar yaitu 0,2213 mg/L sehingga tidak terlalu mempengaruhi konsentrasi Cr dalam tanah. Hal ini didukung juga oleh hasil analisis Puslitbangtanak dalam Setyorini *et al.* (1999) yang menyatakan kisaran logam Cr dalam pupuk fosfat cukup besar antara 66-245 ppm.

Penentuan Bioavailabilitas Pb dan Cr Dengan Ekstraksi Tunggal

Ekstraksi tunggal dengan menggunakan EDTA dan HCl digunakan untuk menentukan fraksi bioavailabilitas logam berat dalam tanah pertanian. Untuk semua logam yang terekstraksi oleh HCl merupakan fraksi yang bioavailabilitas sedangkan logam yang terekstraksi oleh EDTA merupakan fraksi bioavailabilitas dan yang berpotensi bioavailabilitas (Christian, 1994).

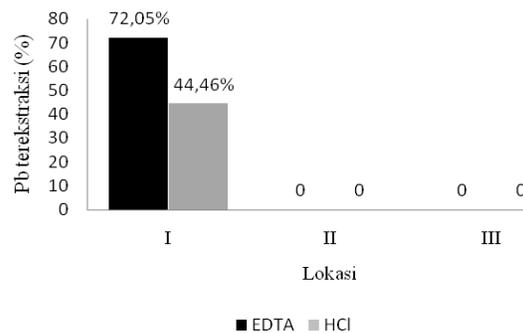


Gambar 5. Struktur Kompleks Ion Logam dengan EDTA

Fraksi yang berpotensi bioavailabilitas adalah fraksi logam yang mampu terserap oleh hayati tergantung dari kondisi geokimia dari tanah tersebut dan tingkat keasaman tanah. Larutan EDTA dapat mengekstrak logam-logam dalam

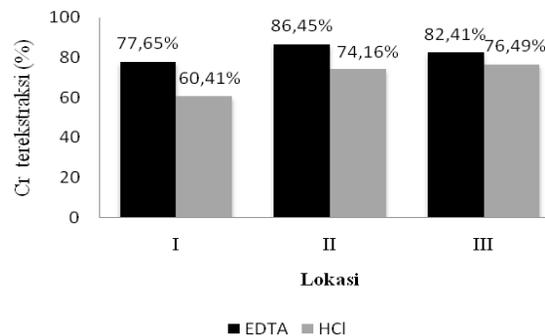
bentuk kompleksnya, sedangkan larutan HCl dapat mengekstrak logam-logam yang berikatan lemah serta logam dalam bentuk ion dalam tanah. Ikatan logam dengan EDTA akan membentuk kelat, dimana pembentukan kelat terjadi pada dua atom N dan empat atom O (dari OH) yang memberikan enam pasangan elektronnya kepada satu ion logam dengan membentuk lima cincin kelat (Christian, 1994).

Tingkat bioavailabilitas logam berat Pb dan Cr dalam tanah dinyatakan sebagai persentase Pb dan Cr yang terekstraksi oleh EDTA dan HCl. Konsentrasi dan bioavailabilitas logam Pb disajikan dalam Gambar 6 sedangkan konsentrasi dan bioavailabilitas logam Cr dapat dilihat dalam Gambar 7.



I = Lokasi 100 m dari jalan raya,
 II = Lokasi 200 m dari jalan raya,
 III = Lokasi 100 m dari danau

Gambar 6. Bioavailabilitas Pb dengan Ekstraksi Tunggal



I = Lokasi 100 m dari jalan raya,
 II = Lokasi 200 m dari jalan raya,
 III = Lokasi 100 m dari danau

Gambar 7. Bioavailabilitas Cr dengan Ekstraksi Tunggal

Berdasarkan Gambar 6, fraksi bioavailabilitas Pb hanya terdapat pada lokasi dekat dengan jalan raya yaitu sebesar 44,46%. Untuk fraksi bioavailabilitas dan yang berpotensi bioavailabilitas sebesar 72,05%, sedangkan pada lokasi jauh (200 m) dari jalan raya dan dekat danau tidak terdeteksi. Hal ini disebabkan karena logam Pb yang berada dekat jalan raya berikatan lemah sehingga mudah terionisasi dan mampu terekstraksi oleh HCl. Selain itu, logam Pb dalam bentuk kompleks mampu di kelat oleh pengeksrak EDTA sehingga dapat dengan mudah terserap dan terakumulasi dalam makhluk hidup seperti dalam tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa logam Pb yang terdapat pada tanah dekat dengan jalan raya sebagian besar berasal dari input oleh antropogenik atau aktivitas manusia dan ikatan logam dengan bahan organik atau fosfat mungkin kurang kuat. Pada lokasi jauh dengan jalan raya dan dekat dengan danau bioavailabilitas logam Pb tidak terdeteksi karena konsentrasi total logam Pb pada lokasi yang jauh dari jalan raya dan dekat dengan danau sangat kecil serta kemungkinan logam Pb terikat kuat dengan senyawa-senyawa organik atau fosfat dan mineral-mineral lain yang ada di dalam tanah sehingga tidak mampu terekstraksi dengan pengeksrak EDTA maupun HCl.

Gambar 7 menunjukkan Fraksi bioavailabilitas Cr yang mampu terekstraksi oleh pengeksrak EDTA berturut-turut adalah 77,65% sampai 86,45% dan yang terekstraksi oleh pengeksrak HCl adalah 60,41% sampai 76,49%. Tingginya tingkat bioavailabilitas logam Cr disebabkan oleh kekuatan ikatan logam Cr dalam tanah cukup lemah. Pada lokasi yang dekat dengan jalan raya memberikan fraksi bioavailabilitas yang paling rendah yang mengindikasikan tanah yang dekat dengan jalan raya memiliki konsentrasi C-organik yang lebih tinggi dari pada lokasi tanah yang lainnya. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Ariyanto *et al.* (2005) yang menyatakan penurunan bioavailabilitas logam diikuti oleh konsentrasi bahan organik yang semakin tinggi karena telah terjadi pengkelatan oleh bahan organik terhadap logam.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konsentrasi total logam Pb dalam tanah pertanian pada lokasi dekat dengan jalan raya, jauh dari jalan raya dan dekat dengan danau berturut-turut yaitu yaitu 14,6162 mg/kg; 2,1843 mg/kg; 2,1228 mg/kg, sedangkan konsentrasi total logam Pb pada air danau Beratan sebesar 0,2802 mg/L.
2. Konsentrasi total logam Cr dalam tanah pertanian yang tertinggi terletak pada lokasi dekat dengan jalan raya, jauh dari jalan raya dan dekat dengan danau berturut-turut yaitu 15,5380 mg/kg; 13,8897 mg/kg; 14,1058 mg/kg, sedangkan konsentrasi total logam Cr pada air danau Beratan sebesar 0,2213 mg/L.
3. Bioavailabilitas logam Pb hanya terukur pada lokasi dekat jalan raya yaitu sebesar 44,46% sementara bioavailabilitas Pb dan berpotensi bioavailabilitas sebesar 72,05%, sedangkan pada lokasi jauh dari jalan raya dan dekat dengan danau tidak terdeteksi.
4. Bioavailabilitas logam Cr yang terukur pada lokasi dekat dengan jalan raya, jauh dari jalan raya dan dekat dengan danau berturut-turut yaitu sebesar 60,41%, 74,16% dan 76,49% sedangkan bioavailabilitas Cr dan yang berpotensi bioavailabilitas adalah 77,65% untuk tanah dekat dengan jalan raya, 86,45% untuk tanah yang jauh dengan jalan raya, dan 82,41% untuk daerah dekat dengan danau.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disarankan bahwa perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap akumulasi logam berat dalam tanaman atau makhluk hidup di daerah pertanian sehingga diperoleh informasi korelasi antara bioavailabilitas logam dalam tanah pertanian dengan konsentrasi total logam dalam makhluk hidup yang ada di daerah pertanian tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada para petani di Daerah Bedugul yang telah bersedia memberikan tanahnya untuk penulis jadikan sampel serta para laboran di Laboratorium Bahan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian yang telah bersedia membantu penelitian sehingga tulisan ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B. J., 1995, *Heavy Metals in Soil*, Univ. of Sydney Library, Australia
- Ariyanto, D.P., 2005, *Ikatan Antara Asam Organik Tanah dengan Logam*, <http://ariyanto.staff.uns.ac.id/files/2009/06/artikel-ikatan-asam-organik-dengan-logam.pdf>, diakses pada 20 juli 2013
- Baroto & Siradz, S. A., 2006, Taraf Pencemaran dan Konsentrasi Kromium (Cr) Pada Air dan Tanah di Daerah Aliran Sungai Code Yogyakarta, *Jurnal lmu Tanah dan Lingkungan*, 6 (2) : 82-100
- Christian, Gary D., 1994, *Analytical Chemistry*, 5th edition, John Wiley and Sons, Inc., Singapore
- Setyorini, D., dkk., 1999, *Konsentrasi Logam Berat Dalam Pupuk*, Tersedia: <http://www.pustaka.litbang.deptan.go.id/bptpi/lengkap/IPTANA/fullteks/Tanah/18.pdf>, diakses pada 28 mei 2013
- Siaka, M., C. M. Owens, and G. F. Birch, 2006, *Evaluation of Some Digestion Methods for the Determination of Heavy Metals in Sediment Samples by Flame-AAS*, [http://193.146.160.29/gtb/sod/usu/\\$UBUG/repositorio/10321028_Siaka.pdf](http://193.146.160.29/gtb/sod/usu/$UBUG/repositorio/10321028_Siaka.pdf), diakses pada 20 Desember 2012
- Soepardi, G, 1983, *Sifat dan Ciri Tanah*, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Sudarwin, 2008, *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb Dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang*, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang