

© 2004 Charlena

Posted 30 Desember 2004

Falsafah Sain (PSL 702)

Program Pascasarjana / S3 / Institut Pertanian Bogor

Dosen:

Prof. Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng (Penanggung jawab)

Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto MSc

Dr. Ir. Hardjanto, MS

PENCEMARAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN CADMIUM (Cd) PADA SAYUR- SAYURAN

Oleh:

Charlena

P062040101/PSL

E-mail : charlenapsl@yahoo.com

ABSTRAK

Logam berat yang ada di lingkungan tanah, air dan udara dengan suatu mekanisme masuk kedalam makhluk hidup. Tanaman yang menjadi mediator penyebaran logam berat pada makhluk hidup, menyerap logam berat melalui akar dan daun (stomata). Dengan digunakannya tanaman seperti sayur-sayuran sebagai pakan baik pada manusia maupun hewan menyebabkan berpindahnya logam berat yang dikandung oleh sayur-sayuran tersebut seperti Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) kedalam tubuh makhluk hidup lainnya. Logam berat yang masuk kedalam tubuh manusia akan melakukan interaksi antara lain dengan enzim, protein, DNA, serta metabolit lainnya. Adanya logam berat dalam tubuh jelas akan berpengaruh terhadap tubuh. Bila jumlahnya berlebih, maka akan berbahaya bagi tubuh.

PENDAHULUAN

Pengendalian pencemaran lingkungan merupakan program keamanan pangan nasional yang harus segera dilaksanakan, terlebih lagi akan memasuki era perdagangan bebas. Produk-produk pertanian dituntut mempunyai standar mutu yang baik serta aman dikonsumsi. Menurut Subowo *et al.* (1999) adanya logam berat dalam tanah pertanian dapat menurunkan produktifitas pertanian dan kualitas hasil pertanian selain dapat

membahayakan kesehatan manusia melalui konsumsi pangan yang dihasilkan dari tanah yang tercemar logam berat tersebut.

Berdasarkan hasil analisis, diketahui bahwa pupuk fosfat mengandung logam berat Pb antara 5 – 156 ppm (Setyorini *et al.* dalam Kurnia *et al.*) dan 7 ppm Cd untuk tanah netral. Apabila pupuk tersebut digunakan secara terus menerus dengan dosis dan intensitas yang tinggi dapat meningkatkan Pb dan Cd yang tersedia dalam tanah sehingga meningkatkan serapan Pb dan Cd oleh tanaman.

Untuk meningkatkan hasil pertanian penggunaan pupuk tidak dapat dihindari. Petani-petani di daerah semakin banyak yang menggunakan obat-obatan pertanian dengan harapan dapat meningkatkan hasil produksinya yang maksimal tanpa mempertimbangkan akibat yang ditimbulkan pada tanaman dan lingkungan sekitarnya. Petani di daerah Brebes misalnya, sebagai salah satu pusat produksi bawang merah di Jawa Tengah, cenderung menggunakan pupuk dan pestisida secara berlebihan. (Sumarni dan Rosliani, 1996).

Secara bertahap pemakaian bahan agrokimia (pupuk dan pestisida) dalam system budidaya pertanian harus dikurangi, karena bahan agrokimia mengandung logam berat yang termasuk bahan beracun berbahaya (B3). Penggunaan bahan agrokimia yang tidak terkendali pada lahan pertanian terutama pada tanaman sayur-sayuran berdampak negatif, antara lain meningkatnya resistensi hama atau penyakit tanaman, terbunuhnya musuh alami dan organisme yang berguna, serta terakumulasinya zat-zat kimia berbahaya dalam tanah (Sutamiharja & Rizal, 1985).

Logam berat terserap kedalam jaringan tanaman melalui akar, yang selanjutnya akan masuk kedalam siklus rantai makanan (Alloway, 1990). Logam akan terakumulasi pada jaringan tubuh dan dapat menimbulkan keracunan bagi manusia, hewan, dan tumbuhan apabila melebihi batas toleransi. Di Indonesia, kadar residu pestisida yang terkandung dalam bahan pangan dan sayuran cukup memprihatinkan, Sayuran seperti wortel, kentang, sawi, bawang merah, cabe merah dan kubis dari berbagai tempat budidaya sayuran di Jawa Barat dan Jawa Tengah pada tahun 1987 diketahui mengandung residu yang melampaui batas maksimum (Gayatri, 1994).

Moshman (1997) mengungkapkan bahwa akumulasi logam berat Pb pada tubuh manusia yang terus menerus dapat mengakibatkan anemia, kemandulan, penyakit ginjal,

kerusakan syaraf dan kematian. Sedangkan keracunan Cd dapat menyebabkan tekanan darah tinggi, kerusakan jaringan jaringan testicular, kerusakan ginjal dan kerusakan sel-sel butir-butir darah merah.

Berdasarkan uraian diatas perlu adanya kajian mengenai kandungan logam berat berbahaya Pb dan Cd yang tersedia dalam tanah dan terserap oleh tanaman sayuran yang biasa dikonsumsi oleh manusia seperti halnya bawang merah, sebagai akibat dari penggunaan pupuk yang berlebihan. Dengan adanya informasi mengenai kandungan Pb dan Cd dalam tanaman, diharapkan petani dapat mengurangi penggunaan pupuk yang berdampak negatif pada tanaman. Dengan demikian produksi tanaman yang maksimal akan didukung oleh kualitas yang baik serta aman untuk dikonsumsi.

Pencemaran Logam Berat pada Tanah

Tanah merupakan bagian dari siklus logam berat. Pembuangan limbah ke tanah apabila melebihi kemampuan tanah dalam mencerna limbah akan mengakibatkan pencemaran tanah. Jenis limbah yang potensial merusak lingkungan hidup adalah limbah yang termasuk dalam Bahan Beracun Berbahaya (B3) yang di dalamnya terdapat logam-logam berat. Menurut Arnold (1990 dalam Subowo *et al.* 1995), logam berat adalah unsur logam yang mempunyai massa jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 , antara lain Cd, Hg, Pb, Zn, dan Ni. Logam berat Cd, Hg, dan Pb dinamakan sebagai logam non esensial dan pada tingkat tertentu menjadi logam beracun bagi makhluk hidup.

Kandungan logam berat didalam tanah secara alamiah sangat rendah, kecuali tanah tersebut sudah tercemar (Tabel 1). Kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam pada tanaman yang tumbuh diatasnya, kecuali terjadi interaksi diantara logam itu sehingga terjadi hambatan penyerapan logam tersebut oleh tanaman. Akumulasi logam dalam tanaman tidak hanya tergantung pada kandungan logam dalam tanah, tetapi juga tergantung pada unsur kimia tanah, jenis logam, pH tanah, dan spesies tanaman (Darmono 1995).

Tabel 1. Kandungan logam berat dalam tanah secara alamiah ($\mu\text{g/g}$)

Logam	Kandungan (Rata-rata)	Kisaran Non Populasi
As	100	5 – 3000
Co	8	1 – 40
Cu	20	2 – 300
Pb	10	2 – 200
Zn	50	10 – 300
Cd	0,06	0,05 – 0,7
Hg	0,03	0,01 – 0,3

Sumber: Peterson & Alloway (1979) dalam Darmono (1995)

Logam berat memasuki lingkungan tanah melalui penggunaan bahan kimia yang berlangsung mengenai tanah, penimbunan debu, hujan atau pengendapan, pengikisan tanah dan limbah buangan. Interaksi logam berat dan lingkungan tanah dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu : a) proses sorpsi atau desorpsi, b) difusi pencucian, dan c) degradasi. Besarnya penyerapan logam berat dalam tanah dipengaruhi oleh sifat bahan kimia, kepekatan bahan kimia dalam tanah, kandungan air tanah, dan sifat-sifat tanah misalnya bahan organik dan liat (Clyth dalam Connel & Miller 1995).

Pemasok logam berat dalam tanah pertanian antara lain bahan agrokimia (pupuk dan pestisida), asap kendaraan bermotor, bahan bakar minyak, pupuk organik, buangan limbah rumah tangga, industri, dan pertambangan. Selain itu sumber logam berat dalam tanah berasal dari bahan induk pembentuk tanah itu sendiri, seperti Cd banyak terdapat pada batuan sedimen schales (0,22 ppm berat), Cr pada batuan beku ultrafanik (2, 980 ppm berat), Hg pada bauan sedimen pasir (0,29 ppm berat), Pb pada batuan granit (24 ppm berat) (Alloway 1990).

Pupuk yang digunakan dalam kegiatan pertanian juga merupakan pemasok logam berat dalam tanah. Tabel 2 menunjukkan kisaran logam berat yang terdapat di dalam pupuk.

Tabel 2. Kisaran umum konsentrasi logam berat pada pupuk, pupuk kandang, kapur, dan kompos (mg/kg).

Unsur	Pupuk Fosfat	Pupuk Nitrat	Pupuk Kandang	Kapur	Kompos
B	5 – 115	-	0,3 – 0,6	10	-
Cd	0,1 – 170	0,05 – 8,5	0,1 – 0,8	0,04 – 0,1	0,01 – 100
Co	1 – 12	5,4 – 12	0,3 – 24	0,4 – 3	-
Cr	66 – 245	3,2 – 19	1,1 – 55	10 – 15	1,8 – 410
Cu	1 – 300	-	2 – 172	2 – 125	13 – 3580
Hg	0,01 – 1,2	0,3 – 2,9	0,01 – 0,36	0,05	0,09 – 21
Mn	40 – 2000	-	30 – 969	40 – 1200	-
Mo	0,1 – 60	1 – 7	0,05 – 3	0,1 – 15	-
Ni	7 – 38	7 – 34	2,1 – 30	10 – 20	0,9 – 279
Pb	7 – 225	2 – 27	1,1 – 27	20 – 1250	1,3 – 2240
Sb	< 100	-	-	-	-
Se	0,5	-	2,4	0,08 – 0,01	-
U	30 – 300	-	-	-	-
V	2 – 1600	-	-	20	-
Zn	50 – 1450	1 – 42	15 – 566	10 - 450	82 – 5894

Sumber: Alloway 1995

Pestisida juga memberikan masukan logam berat ke dalam tanah. Serapan pestisida oleh tanaman tergantung pada dosis pemberian pestisida, jenis tanah, dan kemampuan tanaman menyerap pestisida.

Tabel 3. Kandungan maksimum residu pestisida (ppm) dalam komoditas sayuran di Indonesia (1996-1999)

Pestisida	Kubis	Bawang Merah	Cabe	Kentang	Seledri	Kacang Panjang	Tomat	Wotol
Endosulfan	-	0,016	0,810*	0,033	-	0,009	0,008	0,017
Kloripirifos	0,013	0,098*	0,005	0,004	-	-	0,290	0,210
Profenofos	0,016	0,048	0,928	0,017	5,032*	-	0,064	-
Alfametrin	-	-	0,070	-	-	-	0,100	-
Cyhalotrin	-	-	0,004	-	-	-	-	-
Ditiokarbamat	0,412	-	0,003	-	-	-	0,027	0,030
Permetrin	0,017	-	-	-	-	-	0,052	-
Klortalonil	-	-	-	0,004	-	-	0,290	-
BPMC	-	-	0,057	-	-	-	0,006	-
Cypermethrin	-	-	-	-	-	0,050	0,018	-
Deltamethrin	-	-	0,009	0,030	-	-	-	-
Fenvalerat	-	-	-	-	-	-	0,035	-
Pentolat	-	-	-	-	-	-	0,037	-
Tiazofos	-	-	-	0,020	-	-	-	-

Sumber: Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan (2000)

Keterangan: - tidak terdeteksi

* melebihi batas maksimal residu (BMR) yang diperbolehkan

Timbal pada Tanah dan Tanaman

Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam batuan beku dan batuan sedimen adalah sebagai berikut: batuan beku basalt 2 – 18 ppm, batuan beku granit 6 – 30 ppm, lempung dan liat 16 – 50 ppm, batu pasir < 31 ppm (Cannon et al dalam Lepp 1981). Tabel 4. Menjelaskan jenis batuan induk pembentuk tanah yang mengandung logam berat Pb.

Tabel 4. Jenis-jenis batuan induk pembentuk tanah yang mengandung logam berat Pb.

Jenis Batuan	Pb (ppm)
Ultra basalt	1 – 14
Basalt	3 – 6
Granit	18 – 24
Sabs dan liat	20 – 23
Sabs hitam	20 – 30
Pasir	10 – 12
Kapur	5 – 9

Timbal sebagian besar diakumulasi oleh organ tanaman, yaitu daun, batang, akar, dan akar umbi-umbian (bawang merah). Perpindahan Pb dari tanah ke tanaman tergantung komposisi dan pH tanah, serta KTK. Konsentrasi timbal yang tertinggi (100 – 1000 mg/kg) akan mengakibatkan pengaruh toksik pada proses fotosintesa dan pertumbuhan. Timbal hanya mempengaruhi tanaman bila konsentrasi tinggi (Anonim 1998). Tanaman dapat menyerap logam Pb pada saat kondisi kesuburan tanah, kandungan bahan organik, serta KTK tanah rendah. Pada Keadaan ini logam berat Pb akan terlepas dari ikatan tanah dan berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah. Jika logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya, maka akan terjadi serapan Pb oleh akar tanaman.

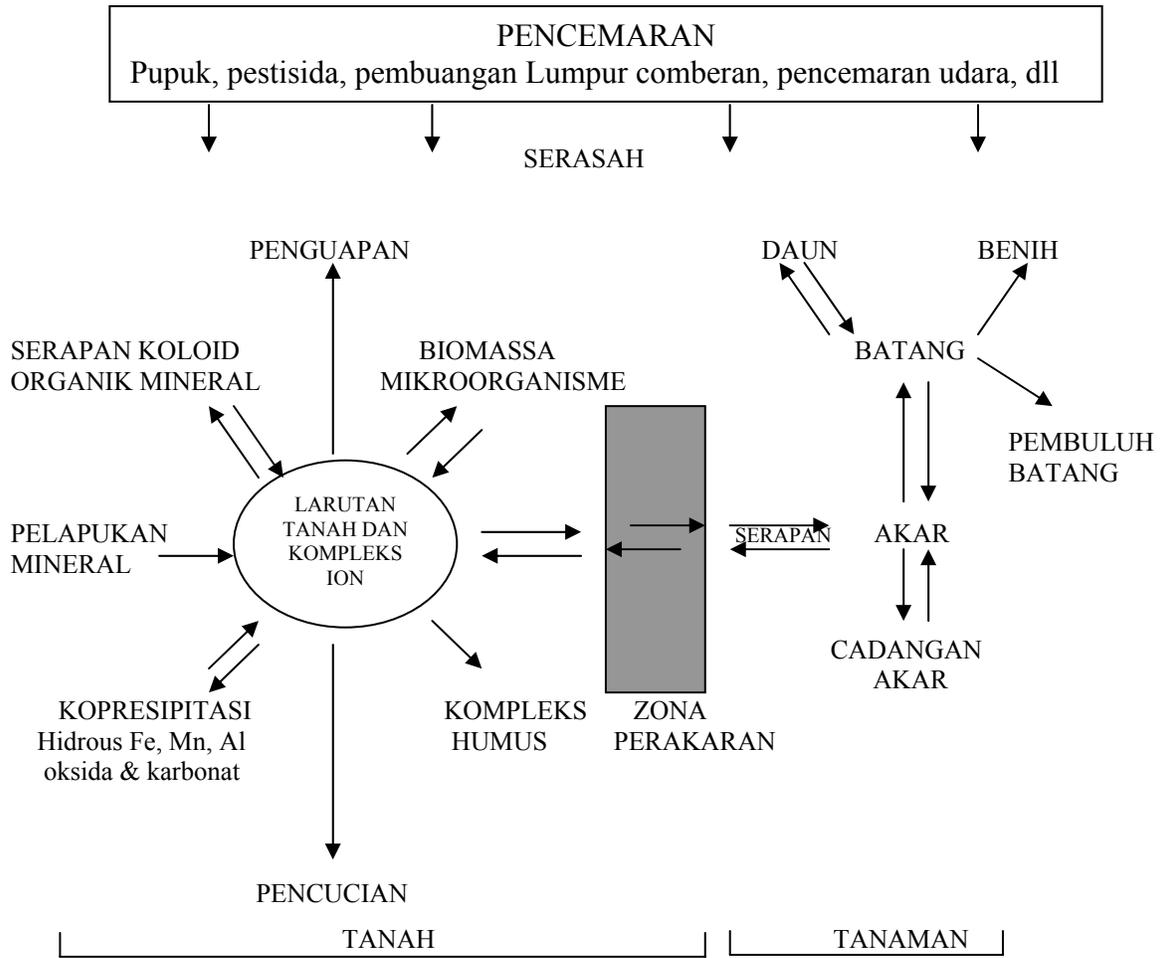
Supardi (1983) menjelaskan bahwa timbal tidak akan larut ke dalam tanah jika tanah tidak terlalu masam. Pengapuran tanah mengurangi ketersediaan timbal dan penyerapan oleh tanaman. Ditambahkan oleh Megel dan Kirby (1978) dalam Lepp (1981) bahwa pengapuran tanah akan mengurangi ketersediaan timbal pada tanah. Timbal akan diendapkan sebagai hidroksida, fosfa dan karbonat. Ion-ion Ca^{2+} bersaing dengan timbal untuk menempati tapak-tapak petukaran pada akar dan permukaan tanah. Luas permukaan spesifik partikel tanah ditentukan oleh ukuran partikelnya, semakin kecil ukuran partikel tanah maka semakin besar luas permukaan spesifik, dan luas permukaan spesifik yang besar menyebabkan KTK suatu tanah besar pula, sehingga kemampuan

mengadsorpsi kation-kation tanah besar. Mineral liat adalah bagian terhalus partikel tanah yang berukuran kurang dari 2 μm .

Jerapan dan pertukaran kation memegang peranan praktis yang sangat penting dalam penyerapan hara oleh tanaman, kesuburan tanah, retensi hara, dan pemupukan. Kation yang terjerap umumnya tersedia bagi tanaman melalui pertukaran dengan ion H^+ yang dihasilkan oleh respirasi akar tanaman. Hara yang ditambahkan ke dalam tanah dalam bentuk pupuk akan ditahan oleh permukaan koloid dan untuk sementara waktu terhindar dari pencucian. Kation-kation yang dapat mencemari air tanah dapat tersaring oleh kegiatan jerapan koloid tanah. Oleh karena itu, kompleks jerapan dianggap sebagai gudang kation dan memberikan kapasitas penyangga kation dalam tanah. (Tan 1991).

Logam berat dalam tanah pada prinsipnya berada dalam bentuk bebas (mobil) maupun tidak bebas (immobil). Dalam keadaan bebas, logam berat dapat bersifat racun dan terserap oleh tanaman. Sedangkan dalam bentuk tidak bebas dapat berikatan dengan hara, bahan organik, ataupun anorganik lainnya. Dengan kondisi tersebut, logam berat selain akan mempengaruhi ketersediaan hara tanaman juga dapat mengkontaminasi hasil tanaman. Jika logam berat memasuki lingkungan tanah, maka akan terjadi keseimbangan dalam tanah, kemudian akan terserap oleh tanaman melalui akar, dan selanjutnya akan terdistribusi ke bagian tanaman lainnya. Gambar 1 menjelaskan dinamika logam berat pada tanah dan tanaman.

Gambar 1 menjelaskan dinamika logam berat pada tanah dan tanaman.



Sumber: Peterson & Alloway (1979) dalam Alloway (1990)
 Gambar 1. Dinamika logam berat di dalam system tanah - tanaman

Kurniawansyah *et al.* (1999) menyatakan bahwa kandungan Pb dalam tanah sampai dengan 2000 ppm telah menyebabkan akumulasi Pb dalam daun caisim melebihi maksimum yang diperbolehkan (2 ppm). Pada pemberian 150 ppm Pb, pertumbuhan dan berat kering caisim menurun. Adanya logam berat dalam tanah menyebabkan perubahan KTK, dan perubahan komposisi unsure hara tanah. Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman menjadi tidak tersedia, sehingga menghambat serapan hara tanaman dan menyebabkan produktifitas menurun.

Pencemaran Logam Berat Cd pada Tanaman Bawang Merah

Kadmium adalah logam kebiruan yang lunak, termasuk golongan II B tabel berkala dengan konfigurasi elektron $[Kr] 4d^{10}5s^2$. unsur ini bernomor atom 48, mempunyai bobot atom 112,41 g/mol dan densitas 8,65 g/cm³. Titik didih dan titik lelehnya berturut-turut 765°C dan 320,9°C. Kadmium merupakan racun bagi tubuh manusia. Waktu paruhnya 30 tahun dan terakumulasi pada ginjal, sehingga ginjal mengalami disfungsi kadmium yang terdapat dalam tubuh manusia sebagian besar diperoleh melalui makanan dan tembakau, hanya sejumlah kecil berasal dari air minum dan polusi udara. Pemasukan Cd melalui makanan adalah 10 – 40 µg/hari, sedikitnya 50% diserap oleh tubuh (Laegreid, 1999).

Rekomendasi pemasukan Cd menurut gabungan FAO/WHO dengan batas toleransi tiap minggunya adalah 420 µg untuk orang dewasa dengan berat badan 60 kg. Pemasukan Cd rata-rata pada tubuh manusia ialah 10 – 20 % dari batas yang telah direkomendasikan. Unsur Cd dapat mengurangi jerapan ion-ion hara karena daya afinitas yang tinggi dari logam berat tersebut pada kompleks pertukaran kation (Kurniansyah, 1999). Unsur ini dapat terlarut dalam larutan tanah, dijerap oleh permukaan koloid organik maupun anorganik, terikat kuat dalam mineral-mineral tanah, diendapkan oleh senyawa-senyawa yang berada di dalam tanah, dan terkandung di dalam bahan hidup.

Peningkatan kandungan Cd melalui pemakaian pupuk fosfat pada tanaman dan tanah pertanian perlu dikendalikan dalam rangka program keamanan pangan nasional. Batas kandungan Cd yang diperbolehkan dalam pupuk fosfat beberapa negara dapat dilihat dari tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Batas kandungan Cd dalam pupuk fosfat di beberapa negara.

Negara	Batas Cd (mg/kg P)
Swiss, Finlandia	50
Swedia, Norwegia	100
Denmark	110
Belgia, Jerman	210
Austria	275
Jepang, Australia	340

Sumber: Laegreid (1999)

Unsur Cd terdapat dalam tanah secara alami dengan kandungan rata-rata rendah yaitu 0,4 mg Cd/kg tanah. Pada tanah yang bebas polusi kandungannya adalah 0,06 – 1,1 mg/kg. Peningkatan kandungan Cd dapat diperoleh dari asap kendaraan bermotor dan pupuk fosfat yang terakumulasi di tanah. Ion logam berat (Cd^{2+}) merupakan bentuk yang dapat diserap oleh tanaman diantara unsur mineral penting yang dibutuhkan tanaman. Pada umumnya tanaman menyerap hanya sedikit (1-5%) larutan cd yang ditambahkan ke dalam tanah. Akumulasi dalam jangka waktu yang lama dapat meningkatkan kandungan Cd dalam tanah dan tanaman yang sedang tumbuh. Sayuran mengakumulasi Cd lebih banyak dibandingkan tanaman pangan yang lain.

Penyerapan Cd dari tanah oleh tanaman dipengaruhi oleh total pemasukan Cd dalam tanah, pH tanah, kandungan Zn, jenis tanaman dan kultivar. Penyerapan Cd akan tinggi pada pH rendah dan menurun pada pH tinggi. Kandungan seng (Zn) yang tinggi dapat mengurangi penyerapan Cd. Jika Cd telah memasuki rantai makanan, maka pada akhirnya akan terakumulasi pada konsumen tingkat tinggi yaitu hewan dan manusia. Kadmium sangat membahayakan kesehatan karena pengaruh racun akut dari unsure tersebut sangat buruk. Di antara penderita yang keracunan kadmium mengalami tekanan darah tinggi, kerusakan ginjal, kerusakan jaringan testicular, dan kerusakan sel-sel jaringan darah merah. Di Jepang kontaminasi Cd pada beras yang berasal dari lahan sawah yang lama mengalami kekeringan telah menimbulkan penyakit itai-itai dengan gejala nyeri pada pinggang dan otot kaki (Subowo *et al*, 1999)

PENUTUP

Masalah logam berat pada tanah pertanian bukan karena tanamannya rusak atau mati, tetapi karena adanya akumulasi logam berat seperti Pb dan Cd pada produksi pangan, yang selanjutnya akan masuk kedalam siklus rantai makanan dan akan terakumulasi pada tingkat yang lebih tinggi, yaitu manusia dan hewan. Daya toksisitas logam berat ini dipengaruhi oleh faktor-faktor, seperti kadar logam yang termakan, lamanya mengkosumsi, umur, spesies, jenis kelamin,kebiasaan makan makanan tertentu,kondisi fisik dan kemampuan jaringan tubuh untuk mengakumulasi logam.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1990. Heavy Metal in Soils. Jhon Willey and Sons Inc., New York
- Connel, Des. W dan Gregory J. Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Jakarta : UI Press
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi. UI Press
- Gayatri & Riza VT. 1994. Bunga Rampai Residu Pestisida dan Alternatifnya. Jakarta: PAN Indonesia
- Kurnia, U, Kurniawansyah, AM, Sukristiyonubowo, dan Subowo. 1999. Pengaruh Logam Berat Pb dalam Tanah terhadap Kandungan Pb, Pertumbuhan dan hasil tanam Caisem (*Brassica rapa*). Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Tanah, Iklim dan Pupuk. Puslittanak, Bogor
- Laegreid M, Bockman OL. & O Kaarsstad. 1999, Agriculture, Fertilizers & The Environment, Norway : Cabi Publishing
- Nurhayati, L.I, 2003, Erapan Kadmium (Cd) pada Tanah Inseptisol, Brebes dengan Tanaman Indikator Bawang Merah. Skripsi FMIPA. IPB
- Subowo, Mulyadi, S. Widodo, dan Asep Nugraha. 1999. Status dan Penyebaran Pb, Cd, dan Pestisida pada Lahan Sawah Intensifikasi di Pinggir Jalan Raya. Prosiding. Bidang Kimia dan Bioteknologi Tanah, Puslittanak, Bogor.
- Sumarni, N. & Rini Rosliani. 1996. Efisiensi Pemupukan NPK pada Sistem Tanam Bawang Merah dan Cabai Prosiding Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jakarta.
- Tan, KH. 1991. Dasar-dasar Kimia Tanah. Gadjah Mada University, Yogyakarta