

EFEK TAKARAN ZEOLIT TERHADAP PERTUMBUHAN KADAR KADMIUM PUPUS DAN HASIL TANAMAN SELADA (*LACTUCA SATIVA L.*) PADA CEKAMAN LOGAM BERAT KADMIUM*

Noertjahyani* dan Nunung Sondari

Staf Pengajar Fakultas Pertanian Universitas Winaya Mukti
Email: noertjahyani@yahoo.com*

ABSTRAK

Kadmium adalah logam berat non-esensial yang dapat meracuni tanaman. Logam berat ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman bahkan dapat menyebabkan kematian sel. Selada merupakan salah satu tanaman sayuran yang biasa dikonsumsi dalam bentuk segar. Tanaman ini menyerap Cd dari dalam tanah dan terakumulasi di daun lebih besar daripada di akar. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh takaran zeolit terhadap pertumbuhan, kadar kadmium pupus dan hasil selada (*L. sativa L.*) pada kondisi cekaman Cd. Percobaan dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan April 2009 di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Winaya Mukti, Tanjungsari-Sumedang dengan ketinggian tempat 850 m di atas permukaan laut. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan dan diulang enam kali. Perlakuan takaran zeolit terdiri atas : 0 ton ha⁻¹, 2 ton ha⁻¹, 4 ton ha⁻¹, dan 6 ton ha⁻¹ zeolit. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian zeolit dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tanaman, bobot kering pupus, nisbah pupus akar dan dapat menurunkan kadar Cd pupus tanaman selada. Aplikasi zeolit 6 ton ha⁻¹ memberikan pengaruh terbaik terhadap tinggi tanaman umur 14 hari setelah tanam (hst), 21 hst, dan 28 hst, jumlah daun per tanaman, bobot segar per tanaman, bobot kering pupus, nisbah pupus akar, dan dapat menurunkan kadar Cd pupus tanaman selada sebesar 25,14%.

Kata kunci : takaran zeolit, kadar Cd pupus, selada

ABSTRACT

THE EFFECT OF ZEOLITE RATES ON GROWTH Cd SHOOT CONTENT AND YIELD OF THE LATTUCE (*LACTUCA SATIVA L.*) UNDER HEAVY METAL CADMIUM STRESS. Cadmium is a non-essential heavy metal which can poison the plants. It can inhibit the growth of plants moreover cause cell death. The lettuce is one of vegetables that are usually consumption on fresh. This plant adsorbing Cd from soil and accumulate on leaf greater than root. The study aimed to study the effect of zeolite rates to growth, cadmium shoot content, and lettuce (*L. sativa*) under Cd stress condition. The experiment was conducted on February until April 2009 at greenhouse of Agriculture Faculty, Winaya Mukti University Tanjungsari-Sumedang with elevation of 850 asl. The experiment design was using a Randomized Block Design (RBD) with 4 treatments and repeated six times. Zeolite rates treatments are 0 ton ha⁻¹, 2 ton ha⁻¹, 4 ton ha⁻¹, and 6 ton ha⁻¹ of zeolite. The result showed that given zeolite is not only could increase a plant height, leaf number, plant fresh weight, dry weight fade, root fade ratio, but also could reduce a Cd shoot content of lettuce. Application of 6 ton ha⁻¹ zeolite not only gave the best effect to plant height age of 14 days after planting (dap), 21 dap, and 28 dap, leaf number/plant, fresh weight/plant, dry weight fade, root fade ratio, but also reduce a Cd shoot content of lettuce at 25,14%.

Keywords: zeolite rates, Cd shoot content, lettuce

PENDAHULUAN

Secara alami tanah mengandung Kadmium (Cd) dengan konsentrasi tergantung dari batuan induk, cara terbentuknya tanah dan translokasi logam berat di tanah (Alloway, 1995a). Kegiatan pemupukan fosfat alam dan pupuk kandang antara lain juga merupakan sumber pencemar Cd di lahan pertanian. Kadmium yang terakumulasi di dalam tanah merupakan sumber utama Cd yang diserap tanaman.

Kadmium merupakan logam berat yang bersifat toksik bagi sebagian besar makhluk termasuk manusia. Jika Cd terakumulasi pada ginjal melebihi 200 mg Kg⁻¹ berat badan dapat menyebabkan demineralisasi tulang dan disfungsi ginjal (Bhattacharyya, *et al.*, 1988). Menurut FAO dan WHO dikutip Alloway (1995b), Cd yang dapat ditoleransi tubuh manusia per orang adalah 400-500 µg per minggu atau 7 µg Kg⁻¹ berat badan. Pada tanaman, Cd yang terakumulasi berlebih dapat menyebabkan penurunan pertum-

bahan, produktivitas tanaman bahkan kematian.

Keberadaan Cd pada lahan pertanian perlu dicermati, karena Cd bersama Ni dan Zn adalah logam berat yang paling akhir diadsorpsi tanah sehingga lebih tersedia bagi tanaman dibandingkan beberapa logam lain, seperti Cu, Pb, dan Cr (Gomes, *et al.*, 2001). Hal ini berarti bahwa tanaman lebih mudah menyerap Cd dibandingkan logam lainnya seperti Pb karena Cd terikat lemah oleh tanah. Selanjutnya Cd yang diserap akar tanaman, umumnya akan terakumulasi di dalam akar, akan tetapi pada tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) Cd lebih banyak terakumulasi di dalam daun.

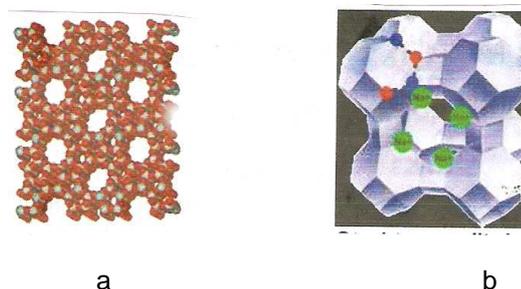
Agar penyerapan Cd oleh tanaman dapat ditekan, antara lain dapat digunakan zeolit. Zeolit memiliki muatan negatif dengan struktur tiga dimensi dari SiO_4 dan AlO_4 tetrahedra memungkinkan untuk mengadsorpsi kation-kation, seperti Cd (Zeolite Australia PTY, LTD, 2004). Hasil penelitian Kapetanios dan Loizidou (1992) menunjukkan bahwa aplikasi zeolit alam (Clinoptilolite) bersama dengan kompos dan tanah memberikan kandungan logam berat pada tanaman tomat lebih rendah dan akan lebih rendah lagi jika zeolit diberikan dengan proporsi yang lebih tinggi. Zeolit alam ini sangat potensial dalam mengurangi ketersediaan Ni dan Cd pada limbah lumpur (Ouki dan Ward, 2003). Aplikasi zeolit untuk meremediasi tanah tercemar logam berat dipengaruhi oleh kondisi tanah tersebut, zeolit yang digunakan baik jenis maupun takarannya.

Berdasarkan hal tersebut, percobaan dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh takaran zeolit terhadap pertumbuhan, kadar kadmium pupus dan hasil tanaman pada cekaman kadmium serta mencari takaran zeolit berapakah yang dapat mengurangi penyerapan Cd tertinggi. Sebagai tanaman indikator digunakan tanaman selada, karena selada memiliki kemampuan menyerap Cd cukup tinggi tanpa memperlihatkan gejala keracunan, seperti klorosis dan tanaman layu (Alloway, 1995b). Selain itu, tanaman ini dikonsumsi manusia dalam bentuk segar sehingga dapat dijadikan pertimbangan dalam keamanan pangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Zeolit berasal dari bahasa Yunani yang berarti *boiling stones*, yaitu asal kata dari zeo (*boil*) dan lithos (*stone*). Istilah ini dikemukakan pertama kali oleh seorang ahli mineralogi Swedia, Axel Fredrik Cronstedt sekitar tahun 1756. Zeolit mulai diproduksi dan mulai digunakan secara komersial di dunia pada tahun 1960, tetapi di Turki pertama ditemukan tahun 1971. Hingga sekarang telah ada lebih dari 40 tipe zeolit yang dilaporkan oleh kelompok peneliti yang berbeda. Analcite, clinoptilolite, erionit, chabazite, mordenite dan philipsite merupakan mineral-mineral yang telah banyak dikenal. Juga telah lebih dari 150 zeolite yang telah disintesis, diantaranya adalah zeolit A, X, Y dan ZMS-5 (Polat *et al.*, 2004; Wikipedia, 2005)

Zeolit tersusun dari pori-pori dan bagian pojok tetrahedral aluminosilikat (AlO_4 dan SiO_4) yang bergabung membentuk rangka 3 dimensi (Gambar 1a). Adanya struktur aluminosilikat ini, zeolit memiliki muatan negatif yang diseimbangkan dengan menarik kation bermuatan positif (Gambar 1b).



Gambar 1. Ilustrasi struktur 3 dimensi dari zeolit (a) dan zeolit dengan kation yang dijerap (Wikipedia, 2005)

Zeolit secara komersial biasanya digunakan sebagai *absorbent* (Amethyst Galleries, Inc., 1995). Dalam bidang pertanian, zeolit digunakan sebagai pembaik tanah (*soil amendment*). Zeolit dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, terutama N dan K, mengabsorpsi gas sehingga dapat menghilangkan bau, pengabsorpsi air yang tinggi sehingga dapat melindungi akar dari kekeringan, meningkatkan pertukaran ion terutama kation dan melepaskannya secara perlahan (*slow released*), memelihara aerasi kelembaban tanah dalam waktu lama (Polat, *et al.*, 2004).

Aplikasi zeolit pada tanaman sorghum sudangrass di Universitas Colorado dapat meningkatkan hasil 65% dan meningkatkan penyerapan hara di jaringan tanaman contoh. Demikian juga hasil percobaan yang dilakukan di Barooga, New South Wales pada tanaman Barley, aplikasi zeolit 125 kg ha⁻¹ disertai dengan pemupukan P (diamonium fosfat) dapat meningkatkan hasil 18%. Pada tanaman tomat dapat meningkatkan hasil 10% dan meningkatkan kualitas vitamin (Zeolite Australia PTY, LTD., 2004).

Zeolit dapat mengadsorpsi ion metal, seperti Pb, Cd, Cu, Ni sehingga digunakan dalam mengurangi kadar logam berat pada air limbah. Zeolit yang disintesa (MCM-22) memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi dibandingkan zeolit alam (Terdkiatburana, *et al.*, 2009). Berdasarkan kemampuan tersebut zeolit juga digunakan guna mengurangi penyerapan logam berat oleh tanaman.

Kadmium pertama kali ditemukan tahun 1817 oleh seorang ilmuwan Jerman, Friedric Strochmeyer. Logam ini ditemukan dalam batuan Calamine (Seng karbonat). Kadmium diambil dari kata latin "calamine", yaitu cadmia. Logam ini merupakan salah satu dari tiga logam berat yang memiliki tingkat bahaya yang tinggi pada kesehatan manusia, karena beresiko tinggi pada pembuluh darah, terakumulasi pada hati dan ginjal dan terlihat pengaruhnya setelah jangka waktu lama (Wikipedia, 2008).

Jumlah Cd normal di tanah kurang dari 1 µg Kg⁻¹ dan tertinggi 1700 µg Kg⁻¹, yaitu pada tanah yang diambil dari pertambangan seng. Pemupukan fosfat dan pupuk kandang memiliki kontribusi terhadap peningkatan Cd pada lahan pertanian. Batuan fosfat mengandung Cd 10-980 mg Kg⁻¹ (Alloway, 1995b) dan karena itu kandungan Cd di dalam pupuk fosfat bervariasi. Menurut Roechan, *et al.*, (1995) pupuk fosfat mengandung Cd 30-60 mg Kg⁻¹. Penggunaan pupuk fosfat secara terus-menerus akan menyumbang Cd ke dalam tanah sebesar 2,0-7,2 g ha⁻¹tahun⁻¹ (Alloway, 1995b). Demikian pula aplikasi pupuk fosfat dan pupuk mikro selama 34 tahun di California dilaporkan dapat meningkatkan kadar Cd juga logam lainnya seperti Pb, As dan Zn di lahan pertanian (Chen, *et al.*, 2008).

Kadmium merupakan logam berat non-esensial bersifat toksik bagi tanaman. Logam ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman

atau bahkan menyebabkan kematian sel. Tanaman eceng gondok menunjukkan gejala keracunan Cd di akar pada konsentrasi Cd 1 ppm, yang ditunjukkan dengan berkurangnya jumlah dan ketebalan lapisan sel hypodermal, jumlah lapisan sel korteks (Iriawati dan Fitriana, 2006).

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan melakukan percobaan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Winaya Mukti Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Sumedang pada bulan Februari sampai dengan April 2009. Bahan yang digunakan dalam percobaan adalah benih selada varietas Grand Rapids, tanah Andisol dari Lembang, zeolit yang telah diaktivasi, larutan CdCl₂, pupuk Urea (45%N), pupuk SP-36 (36% P₂O₅), pupuk KCl (60%K₂O), pupuk kotoran domba, pupuk daun, insektisida Curacron.

Rancangan lingkungan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok terdiri atas empat perlakuan takaran zeolit dan tiap perlakuan diulang enam kali. Takaran zeolit terdiri atas : tanpa pemberian zeolit, 2 t ha⁻¹ zeolit, 4 t ha⁻¹ zeolit dan 6 t ha⁻¹ zeolit. Tiap perlakuan terdiri dari 10 tanaman dan empat tanaman ditentukan secara acak sederhana untuk dijadikan sebagai tanaman contoh.

Respons tanaman yang diamati akibat perlakuan meliputi : tinggi tanaman, jumlah daun dilakukan pada 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam (hst), bobot segar tanaman, bobot kering pupus dan akar, nisbah pupus akar dan kadar Cd pupus dilakukan saat panen atau setelah panen. Analisis tanah sebelum percobaan dilakukan untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah. Pengujian ada atau tidaknya keragaman pada perlakuan digunakan uji F taraf nyata 5 %. Apabila terdapat keragaman, untuk mengetahui beda rata-rata perlakuan digunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

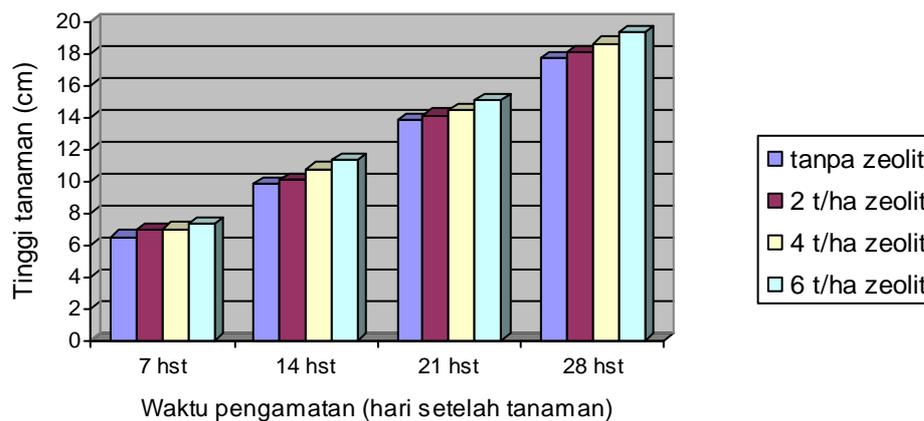
Media tanam menggunakan tanah Andisol Lembang yang telah bertahun-tahun ditanami sayuran dan dari hasil analisis tanah mengandung Cd 0,85 mg kg⁻¹. Media tanam diberi pupuk kandang 10 ton ha⁻¹ (50 gr per polibag). Tiga hari sebelum penanaman, tanah diberi larutan CdCl₂ 10 mg kg⁻¹ sebanyak 10 ml dengan maksud untuk melihat peran zeolit dalam mempengaruhi

pertumbuhan dan hasil tanaman serta dalam menurunkan kandungan Cd pada pupus selada.

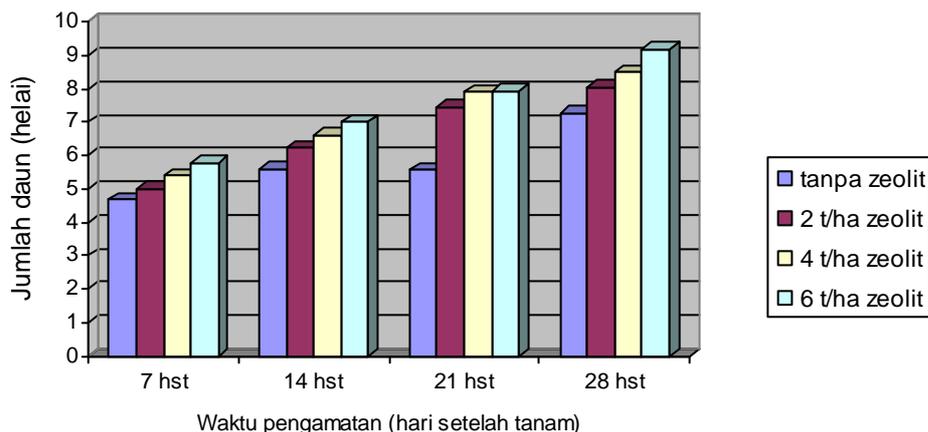
Aplikasi zeolit dilakukan satu hari sebelum pindah tanam benih selada yaitu dengan cara menaburkan zeolit pada lubang tanam. Pemupukan Urea, SP-36 dan KCl. dengan takaran masing-masing 50 kg ha^{-1} , 60 kg ha^{-1} dan 50 kg ha^{-1} . Setengah dosis dari masing-masing pupuk diberikan pada saat tanam dan sisanya setelah tanaman berumur 14 hst. Pemberian pupuk dengan cara dibenamkan ke dalam tanah di lubang tanam. Pupuk KCL dan SP-36 diberikan dalam satu lubang sedangkan untuk pupuk Urea diberikan pada lubang yang berbeda 3 cm di sisi tanaman. Pemeliharaan lainnya yaitu pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan memperhatikan konsep pengendalian hama terpadu. Panen dilakukan ketika tanaman berumur 29 hari setelah tanam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi zeolit dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman selada pada tiap waktu pengamatan (Gambar 2 dan 3). Hal ini diduga dengan adanya pemberian zeolit pada media tanam menyebabkan hara yang diberikan ke dalam tanah teradsorpsi dan akan dilepaskan secara perlahan-lahan. Pelepasan hara secara perlahan akan menjamin terpenuhinya kebutuhan hara tanaman sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Takaran zeolit 6 t ha^{-1} memberikan pertumbuhan lebih baik pada akhir pengamatan. Menurut Polat, *et al.* (2004), zeolit yang ditambahkan bersama pupuk membantu menahan hara pada zone perakaran, mengurangi pencucian hara seperti N, K sehingga kemampuan absorpsi akar meningkat, dan zeolit dapat melepaskan hara ketika dibutuhkan tanaman.



Gambar 2. Tinggi Tanaman Selada Varietas Grand Rapids pada Tiap Waktu Pengamatan sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit



Gambar 3. Jumlah Daun Tanaman Selada Varietas Grand Rapids pada Tiap Waktu Pengamatan sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit

Tabel 1. Bobot Segar Tanaman Selada Varietas Grand Rapids sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit pada Tanah Andisol

Perlakuan	Bobot Segar Tanaman (g)
0 ton ha ⁻¹ zeolit	14,74 a
2 ton ha ⁻¹ zeolit	16,37 a
4 ton ha ⁻¹ zeolit	18,99 b
6 ton ha ⁻¹ zeolit	20,88 b

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf sama pada setiap kolom yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.



Gambar 4. Tanaman Selada pada Pemberian Perlakuan Takaran Zeolit (A-D : tanpa zeolit, 2, 4, dan 6 t ha⁻¹ zeolit)

Pengaruh aplikasi zeolit terhadap bobot segar tanaman tertera pada Tabel 1 dan Gambar 4. Bobot segar tanaman antara tanpa pemberian zeolit dan yang diberi 2 t ha⁻¹ zeolit berbeda tidak nyata. Keadaan ini menunjukkan bahwa takaran 2 t ha⁻¹ belum mampu untuk menciptakan kondisi yang sesuai dalam penyediaan hara dan air di zone perakaran yang dapat memberikan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik.

Bobot segar tanaman terlihat lebih baik jika dalam penanaman diberikan zeolit 4 dan 6 t ha⁻¹.

Efek takaran zeolit terhadap bobot kering akar, pupus dan nisbah pupus akar tertera pada Tabel 2. Bobot kering akar tanaman selada berbeda tidak nyata antara tanaman yang diberi zeolit dengan tanpa zeolit maupun antar takaran zeolit. Hal ini berarti bahwa

takaran zeolit yang semakin meningkat memberikan pengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan akar. Kondisi ini terjadi karena media tanam memiliki kesuburan tanah cukup baik, yaitu C organik 3,52% (tinggi), N 0,27% (sedang), P tersedia 55,3 mg kg⁻¹ (tinggi), K potensial 56 mg 100 g⁻¹ (tinggi) dan tekstur tanah lempung. Kondisi kimia tanah yang cukup subur dan fisik tanah cukup baik ini menyebabkan perkembangan akar yang cukup baik sehingga efek aplikasi zeolit dengan takaran berbeda tidak terlihat secara nyata.

Pengaruh takaran zeolit terhadap bobot kering pupus sedikit berbeda. Bobot kering pupus meningkat jika zeolit diberikan 4 dan 6 t ha⁻¹. Hal ini berarti bahwa untuk meningkatkan hasil tanaman selada sebaiknya zeolit diberikan dengan takaran minimal 4 t ha⁻¹. Bobot kering pupus yang meningkat secara nyata terdapat pada takaran 6 t ha⁻¹ dan hal ini akan memberikan NPA (nisbah pupus akar) yang nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Aplikasi zeolit yang diberikan dengan takaran yang berbeda memberikan efek yang berbeda terhadap kadar Cd pupus tanaman selada (Tabel 3). Tanpa pemberian zeolit, penyerapan Cd oleh tanaman tertinggi (ditunjukkan melalui kadar Cd pupus) dibandingkan perlakuan lainnya. Kadar Cd pada pupus menurun dengan aplikasi zeolit yang meningkat, dan penurunan yang nyata terjadi pada pemberian zeolit mulai 4 t ha⁻¹. Pada pemberian zeolit 4 dan 6 t ha⁻¹, kapasitas media tanam khususnya di zone perakaran untuk menyerap Cd lebih tinggi sehingga penyerapan.

Cd oleh tanaman menurun dan kadar Cd pupus menjadi lebih rendah. Ouki dan Ward (2003) menyatakan bahwa penambahan zeolit ke dalam tanah akan menurunkan mobilitas Cd karena terikat kuat dengan tanah dan menjadi kurang tersedia bagi tanaman.

Tabel 2. Bobot Kering Akar, Pupus, Nisbah Pupus Akar Tanaman Selada Varietas Grand Rapids sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit pada Tanah Andisol

Perlakuan	Bobot kering (g)		Nisbah Pupus akar
	Akar	Pupus	
0 ton ha ⁻¹ zeolit	0,40 a	1,92 a	4,94 a
2 ton ha ⁻¹ zeolit	0,40 a	2,07 a	5,37 ab
4 ton ha ⁻¹ zeolit	0,41 a	2,24 ab	5,56 b
6 ton ha ⁻¹ zeolit	0,41 a	2,41 b	6,18 c

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti huruf sama pada setiap kolom yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 3. Kadar Kadmium Pupus dan Persentase Penurunan Kadar Kadmium pada Tanaman Selada Varietas Grand Rapids sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit pada Tanah Andisol

Perlakuan	Kadar Cd pupus (mg kg ⁻¹)	% penurunan kadar Cd
0 ton ha ⁻¹ zeolit	7,28 c	0,00
2 ton ha ⁻¹ zeolit	7,15 c	1,78
4 ton ha ⁻¹ zeolit	6,62 b	9,07
6 ton ha ⁻¹ zeolit	5,45 a	25,14

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti huruf sama pada setiap kolom yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan:

1. Aplikasi zeolit dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun, bobot segar tanaman, nisbah pupus akar serta dapat mengurangi kadar Cd pupus tanaman selada.
2. Pemberian zeolit dengan takaran 6 t ha⁻¹ memberikan tinggi tanaman, jumlah daun, nisbah pupus akar tertinggi dan hasil (bobot segar tanaman) lebih baik, serta dapat mengurangi kadar Cd pupus tanaman selada sebesar 25,14 %.

Agar pertumbuhan dan hasil tanaman selada lebih baik dan kadar Cd yang diserap tanaman menurun, dianjurkan untuk memberikan zeolit dengan takaran 6 t ha⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alloway, B.J. 1995a. The origin of heavy metals in soil. In Alloway, B.J. (ed.). *Heavy Metal in Soils*. Blackie Academic & Professional, Glasgow.
2. Bhattacharyya, M.H., B.D. Whelton, P.H. Stern, and D.P. Peterson. 1988. Cadmium Accelerates Bone Loss in Ovariectomized Mice and Fetal Rat Limb Bones in Culture. *Proc.Natl.Acad.Sci. USA*.
3. Alloway, B.J. 1995b. Cadmium. In Alloway, B.J. (ed.). *Heavy Metal in Soils*. Blackie Academic & Professional, Glasgow.
4. Gomes, P.C., M.P.F. Fontes, A.G. da Silva, E. de S. Mendonca, and A.R. Netto. 2001. Selectivity sequences and competitive adsorption of heavy metals by Brazilian Soil. *Soil Sc. Soc. Am. J.* 65:1115-6842.
5. Zeolite Australia PTY, LTD. 2004. Zeolite in Agriculture. Melalui <Http://www.zeolite.com.au/product/crop ping.html.> [7/29/2009].
6. Kapetanios, E.G. and M. Loizidou. 1992. Heavy Metal Removal by Zeolite in Tomato Cultivation Using Compost. *International Symposium on Compost Recycling of Wastes. ISH Acta Horticulturae 302*.
7. Ouki, K and N. Ward. 2003. In-situ Containment of Heavy Metal Contaminated Soil Using Zeolites Conditioned Sewage Sludge. Melalui <Http://www.surrey.ac.uk> [7/29/2009].
8. Polat, E., M. Karaca, H. Demir, and A.N. Onus. 2004. Use of Natural Zeolite (Clinoptilolite) in Agriculture. *J. Fruit and Ornam. Plant Res. Special Ed. Vol. 12* :182-189.
9. Wikipedia. 2005. Zeolit. Melalui <Http://id.wikipwdia.org > [7/29/2009].
10. Amethyst Galleries, Inc. 1995. The Zeolite Group of Minerals. Melalui <Http://www.galleries.com> [7/29/2009].
11. Terdkiatburana, T., S. Wang, and M.O tade. 2009. Adsorption of heavy metal ions by natural and synthesised zeolites for wastewater treatment. *International J.Environment and Waste Management. Vol. 3-4*.
12. Wikipedia. 2008. Bahaya Logam Berat terhadap Kesehatan. Melalui <Http://id.wikipwdia.org > [11/15/2008].
13. Roechan, S., I. Nasution, L. Sukarno, dan A.K. Makarim. 1995. Masalah Pencemaran Kadmium pada Padi Sawah. Dalam Syam, M dkk (Penyunting). *Kinerja Penelitian Tanaman Pangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
14. Chen, W., N.N. Krage, L. Wu, G. Pan, M. Khosrivafard, and A.C. Chang. 2008. Arsenic, Cadmium, and Lead in California Cropland Soils: Role of Phosphate and Micronutrient Fertilizer. *J. Envirol Qual.* 37:689-695.
15. Iriawati dan R. Fitriana. 2006. Cadmium Toxicity on Root Growth of Water Hyacinth [*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms]. *International Conference on Mathematics and Natural Sciences*.