

KONSENTRASI KADMIUM (CD) DALAM GABAH PADI DAN TANAH SAWAH TADAH HUJAN AKIBAT PEMBERIAN PUPUK SECARA RUTIN

CADMIUM (CD) CONCENTRATION IN RICE GRAINS AND SOILS IN RAINFED LOWLAND AFFECTED BY CONTINUOUS FERTILIZATION

A. Wihardjaka dan E.S. Harsanti¹

Diterima tanggal 30 November 2017, Disetujui tanggal 19 Maret 2018

ABSTRAK

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang berbahaya bagi manusia sehingga keberadaannya dalam tanah pertanian baik jumlah dan sifat-sifatnya perlu diketahui untuk upaya pengendaliannya. Pupuk merupakan salah satu sumber kontaminasi kadmium (Cd) dari sektor pertanian. Kegiatan pertanian seperti pemberian pupuk anorganik dan organik secara terus menerus meningkatkan kandungan kontaminasi dalam tanah, antara lain logam berat Cd. Percobaan lapangan dilaksanakan di lahan sawah tadah hujan di Kabupaten Pati selama musim tanam 2013-2014 pada pertanaman padi walik jerami (MK 2013) dan padi gogorancan (MH 2013/2014). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh pemupukan terus menerus terhadap logam berat Cd dalam tanah dan gabah tanaman padi. Percobaan disusun dengan rancangan acak kelompok dengan enam ulangan dan enam perlakuan. Data yang dikumpulkan meliputi hasil gabah, kandungan Cd dalam tanah, konsentrasi Cd dalam gabah, dan serapan Cd dalam gabah. Hasil gabah tertinggi diperoleh pada perlakuan pupuk kandang+NP (padi gogorancan) dan jerami padi+NPK (padi walik jerami). Kandungan Cd dalam tanah di lapisan tanah 20-40 cm lebih tinggi daripada di lapisan tanah 0-20 cm. Konsentrasi Cd dalam gabah padi terendah ditemukan pada perlakuan pupuk kandang+NPK (musim pertama) → jerami padi+NP (musim berikutnya).

Kata kunci: pupuk anorganik, pupuk organik, kadmium, padi sawah tadah hujan.

ABSTRACT

Cadmium (Cd) is one of heavy metals which are dangerous for human. Its existence in agricultural soils is necessary known to its mitigation effort. Fertilizer material is one of Cd sources from agricultural sector. Agricultural activity such as continuous application of inorganic and organic will increase contaminants in soil including Cd. The field experiment was conducted in rainfed lowland areas in Pati District during cropping season of 2013-2014. The objective was to determine effect of continuous fertilization on Cd content in soil and rice grains. The experiment was arranged using randomized block design with six replicates and six treatments. Data observed was grain yield in 14% moisture content, Cd content in soil and grains, and Cd uptake in grains. The highest yield was occurred on treatment of farmyard manure+NP (direct seeding rice) and rice straw+NPK (transplanting rice). Soil cadmium content in 20-40 cm depth was higher than in 0-20 cm depth. The lowest Cd concentration in rice grains was found on treatment of farmyard+NPK (first season) → jerami padi+NP (next season).

Keywords: inorganic fertilizer, organic fertilizer, cadmium, rainfed lowland rice.

PENDAHULUAN

Pengelolaan lahan sawah secara intensif dalam jangka panjang dapat menurunkan produktivitas tanah dan kualitas lingkungan. Penggunaan *input* bahan agrokimia yang tinggi justru akan menguras hara dalam tanah dan menimbulkan dampak negatif bagi

lingkungan berupa peningkatan residu bahan agrokimia dalam tanah dan tanaman. Selain itu, tuntutan konsumen terhadap pangan atau produk pertanian yang aman, higienis/bernilai gizi tinggi dan bebas cemaran merupakan kepedulian masyarakat terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan manusia.

¹ Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Jakenan-Jaken Km 5 Jakenan, Pati 59182, Jawa Tengah.

Penanaman padi yang sangat intensif dengan pemupukan terus menerus tidak saja menyebabkan tingginya residu pupuk, tetapi juga meningkatkan ketersediaan logam berat terutama Pb dan Cd. Kadmium (Cd) adalah salah satu unsur logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan. Unsur ini tidak esensial bagi tanaman, namun keberadaannya dalam tanah dan tanaman dapat merugikan bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Sumber Cd secara alami berasal dari pelapukan batuan induk dan mineral seperti greinokite (CdS) mengandung Cd > 77% dan otavite (CdCO₃) mengandung 65,2% Cd (3), dan dari sumber antropogenik atau aktivitas manusia seperti dari kegiatan pertanian yang bersumberkan pada limbah buangan (2-1500 ppm Cd), pupuk P (0,1-170 ppm Cd), pupuk N (0,05-8,5 ppm Cd), kapur (0,04-0,1 ppm Cd), dan kompos (0,01-100 ppm Cd) (4, 5, 6). Pupuk superfosfat mengandung 9,5 ppm Cd terekstrak HClO₄+HNO₃. Masukan antropogenik Cd di sektor pertanian adalah 15 kali lebih tinggi daripada masukan alami (3). Wakefield (1980) ganti reference 10 tahun terakhir melaporkan bahwa pupuk *triple superfosfate* (TSP) mengandung 60-70% Cd yang berasal dari bahan baku batuan fosfat (7). Kadmium dengan konsentrasi 10-100 ppm dapat menghambat pengangkutan nitrogen dalam tanah, yaitu menghambat amonifikasi N organik menjadi ion ammonium dan nitrifikasi ammonium menjadi nitrat. Logam Cd juga menghambat nitrogenase pada fiksasi N maupun nodulasi pada tanaman (4). Batas toksik Cd pada daun tanaman tingkat tinggi adalah 10 ppm (8).

Tanah sawah di Toyama Jepang yang tercemar Cd dan terserap dalam beras (1,6 ppm Cd) menyebabkan masyarakat menderita

keracunan Cd dengan gejala penyakit itai-itai, sehingga mereka menderita kelainan ginjal yang disertai dengan melunaknya costeomalaria dan tulang belakang maupun tulang rusuk (9). Akumulasi logam Cd dalam tubuh manusia dapat menyebabkan kerusakan organ dan sistem metabolisme tubuh, antara lain: proteinuria, emfisema pulmonum, konsentrasi Hb rendah, tulang rapuh, neuritis, dan bersifat karsinogenik terutama pada paru-paru (10). Batas kritis logam Cd adalah 0,5 ppm dalam tanah, 0,05-0,10 ppm dalam air, 5-30 ppm dalam tanaman, dan 0,5 ppm dalam beras/tepung (11, 12). Hasil penelitian (5) menunjukkan bahwa kandungan Cd dalam tanah sawah di Bekasi dan Karawang akibat cemaran limbah industri adalah cukup tinggi, yaitu 0,2 ppm dalam beras yang mendekati batas kritis dari WHO 0,24 ppm Cd, sedangkan di kecamatan Rojog Tangerang kandungan Cd dalam beras yaitu 0,367 ppm Cd.

Serapan Cd oleh tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kandungan Cd dalam tanah, pH tanah, kapasitas sorpsi tanah, kondisi redoks, dan unsur lain dalam tanah (12). Serapan Cd pada tanaman padi turun bilamana pH meningkat dari 5,5-7,5. Tanaman padi pada kondisi tergenang mengakumulasi Cd akibat pembentukan fase padat CdS pada tanah sawah tergenang dengan tingkat oksigen rendah (anoksik). Kelebihan nisbi unsur Cu, Ni, Mn, P dalam tanah dapat menurunkan serapan Cd oleh tanaman (12).

Akumulasi Cd dalam tanah menyebabkan tanaman padi aktif menyerap Cd dan ditranslokasikan ke bagian tanaman termasuk beras. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan Cd dalam tanah dan dalam beras dari lahan sawah yang diberi pupuk secara rutin atau terus menerus.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada musim tanam tanam padi 2013-2014 yang merupakan tahun ke-3 dari petakan pemupukan jangka panjang sejak tahun 2010. Lokasi percobaan di Instalasi Kebun Percobaan Jakenan, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian di Kabupaten Pati, Jawa Tengah, yang terletak pada ketinggian 15 m dpl., 17 km dari pantai utara Jawa, koordinat 111°40' BT dan 6°45' LS, yang mempunyai curah hujan tahunan kurang dari 1500 mm. Tanah di lokasi penelitian diklasifikasikan sebagai Aeric Endoaquepts, bertekstur lempung berpasir (15% liat dan 43% debu pada kedalaman 0-20 cm, 23% liat dan 40% debu pada kedalaman 21-40 cm). Tanah pada lapisan olah (0-20 cm) bereaksi agak masam (pH-H₂O 5,6) dengan kandungan N total rendah (0,3 mg/g), C-organik rendah (3,2 mg/g), P terekstrak Bray rendah (5,06 ppm P), kapasitas tukar kation rendah (6,96 cmol(+)/kg), kation dapat ditukar K, Na, Ca, Mg relatif rendah dengan nilai masing-masing 0,12; 0,24; 3,05; dan 0,61 cmol(+)/kg. Perlakuan dirancang menurut pola acak kelompok, dengan enam perlakuan dan enam ulangan. Perlakuan periode 2010-2014 pada pertanaman padi gogorancah dan padi walik jerami terlihat pada Tabel 1.

Pola tanam yang umum diterapkan petani di daerah ini adalah padi-padi-palawija atau bera. Padi pertama ditanam dengan sistem gororancah (gora), tanah diolah dalam keadaan kering dan benih ditanam ke lubang tugal pada saat kondisi tanah lembab setelah terjadi hujan. Setelah panen padi gora, tanah diolah ringan dan padi kedua (walik jerami) ditanam secara pindah.

Penelitian dimulai menjelang berakhirnya musim hujan bulan Maret 2013 atau awal musim kemarau dengan tanaman padi walik jerami (MK 2013) dan dilanjutkan padi gogorancah pada MH 2013/14. Petak percobaan berukuran 5 m x 10 m dan jarak tanam untuk tanaman padi adalah 20 cm x 20 cm.

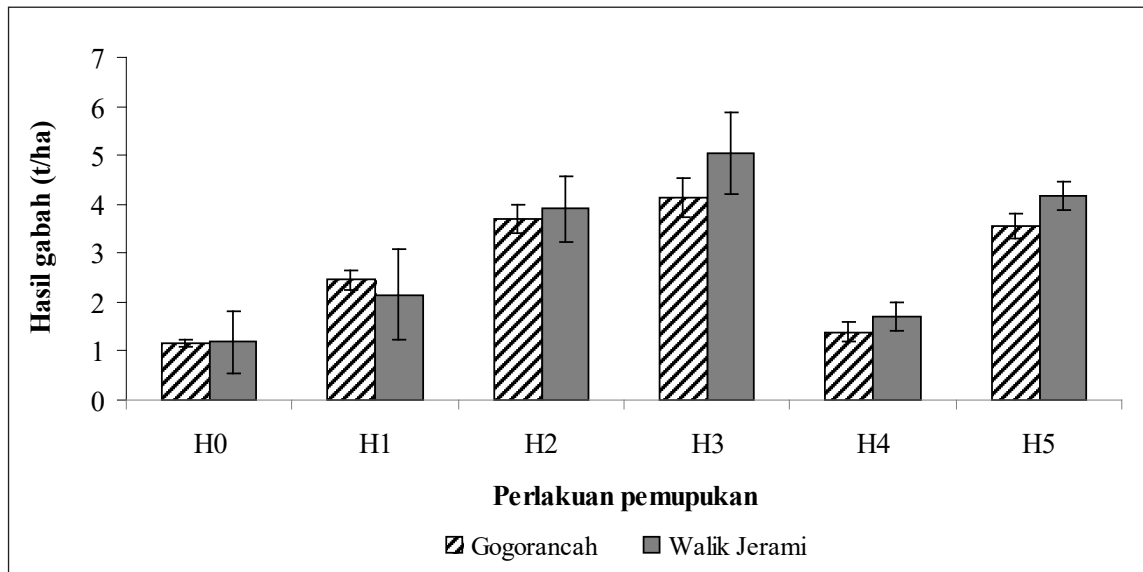
Takaran pupuk N, P₂O₅, dan K₂O yang diberikan setiap musim tanam berturut-turut adalah 120 kg, 18 kg, dan 75 kg/ha. Pupuk kandang 5 t/ha diberikan pada musim tanam padi gogorancah (gora) dan jerami padi hasil panen gora sebanyak 5 t/ha diberikan pada musim tanam padi walik jerami diberikan bersamaan dengan pengolahan tanah.

Pupuk N diberikan tiga tahap, masing-masing ¼ bagian pada 7 hari setelah berkecambah untuk padi gora atau sebelum tanam untuk padi walik jerami, ½ bagian saat pembentu-

Tabel 1. Perlakuan pemupukan pada tanaman padi gogorancah dan padi walik jerami.

Kode Perlakuan	Padi gogorancah (MH)	Padi walik jerami (MK)
H0	Kontrol/tanpa pupuk	Kontrol/tanpa pupuk
H1	Pupuk kandang	Jerami padi
H2	NP	NPK
H3	Pupuk kandang + NP	Jerami padi + NPK
H4	N P K	N P
H5	Pupuk kandang + NPK	Jerami padi + NP

Keterangan: MH = musim penghujan, MK = musim kering



Gambar 1. Hasil gabah padi sawah tadah hujan pada perlakuan pupuk anorganik dan organik tahun 2013-2014

kan anakan aktif, dan ¼ bagian lainnya saat primordia bunga. Seluruh pupuk P diberikan bersamaan dengan pemupukan N pertama. Pupuk K diberikan dua kali, ½ bagian bersamaan dengan pemupukan N pertama dan ½ bagian lainnya bersamaan dengan pemupukan N terakhir.

Contoh tanah lapisan olah diambil dari masing-masing petak untuk analisis kandungan Cd dalam tanah. Hasil gabah ditetapkan dari ubinan 3 m x 8 m.

Contoh beras berasal dari 10 contoh malai yang diambil secara acak. Analisis Cd dalam tanah dan tanaman menggunakan

pengekstrak HNO₃ 65% + HClO₄ 62% dan H₂O (13). Penetapan Cd menggunakan *atomic absorption spectrophotometer (AAS)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Gabah Padi Sawah Tadah Hujan

Hasil panen gabah padi walik jerami MK 2013 lebih tinggi daripada hasil gabah padi gogorancah MH 2013/2014. Hasil gabah tertinggi diperoleh pada padi walik dengan perlakuan H5.: Perlakuan NP (MH) dan NPK (MK), dan pupuk kandang+NPK (MH) dan jerami padi+NP (MK) meningkatkan hasil gabah berkisar 220-328%, sedangkan

Tabel 2. Hasil gabah pada lahan sawah tadah hujan dalam periode 2010-2012 dengan perlakuan pemupukan berbeda, Jakenan, Kab. Pati

Perlakuan pada padi gogorancah (MH)	Hasil gabah kering giling (t/ha)	Perlakuan pada padi walik jerami (MK)	Hasil gabah kering giling (t/ha)
Kontrol	1,97	Kontrol	1,31
Pupuk kandang	3,57	Jerami padi	1,99
N P	4,05	N P K	2,84
Pupuk kandang + NP	4,72	Jerami padi + NPK	3,81
N P K	4,17	N P	2,86
Pupuk kandang + NPK	4,82	Jerami padi + NP	3,87
Rata-rata	3,88	Rata-rata	2,78

Keterangan: MH = musim penghujan, MK = musim kering

perlakuan NPK(MH) dan NP (MK) hanya meningkatkan hasil gabah berkisar 20-44% yang tidak berbeda dengan hasil gabah pada perlakuan kontrol.

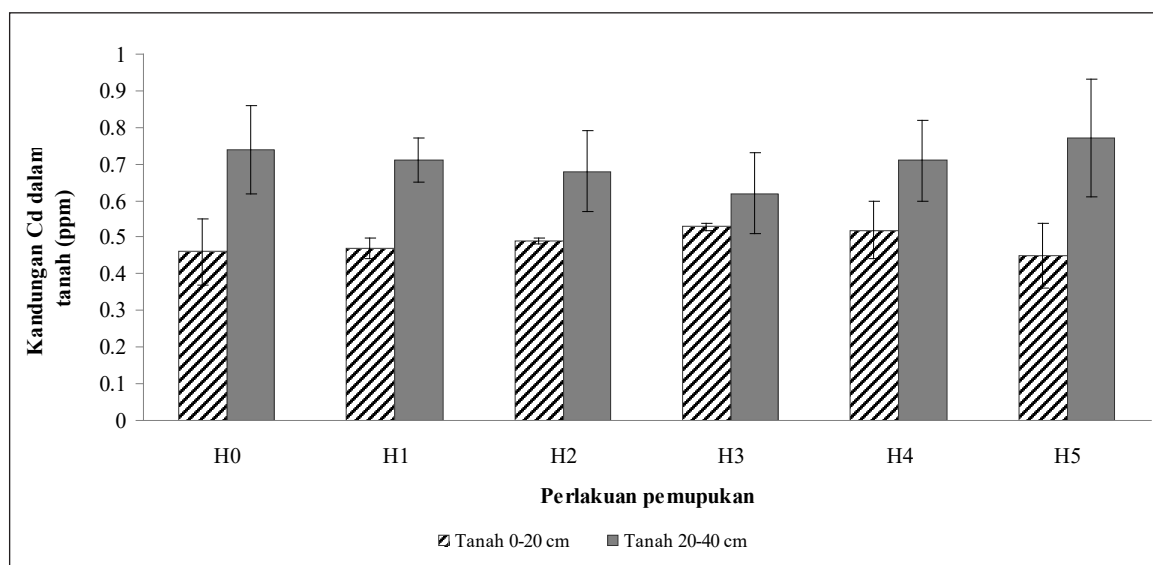
Tingginya hasil gabah kering giling pada perlakuan H3 terjadi selama 3 tahun percobaan berlangsung. Rerata hasil gabah yang diberi perlakuan pemupukan selama 3 tahun (2010-2012) dapat dilihat pada Tabel 2.

Kandungan Cd dalam tanah

Beberapa peneliti melaporkan bahwa 21-40% tanah sawah di Pantura Jawa Barat tercemar atau terkontaminasi kedua jenis logam tersebut, bahkan 4-7% di antaranya telah terkontaminasi dalam kategori berat ($Pb > 1,0$ ppm; $Cd > 0,24$ ppm) (1,2). Pada Gambar 2 terlihat bahwa kandungan Cd pada lapisan tanah 20-40 cm rata-rata lebih tinggi 45,9 % dibandingkan pada lapisan tanah 0-20 cm. Kandungan Cd dalam tanah lapisan 0-20 cm rata-rata mendekati 0,5 ppm yang merupakan konsentrasi batas kritis logam Cd, sedangkan tanah lapisan 20-40 cm mengandung Cd lebih tinggi daripada batas kritis logam Cd (12).

Kandungan Cd pada petakan yang diberi pupuk organik ataupun anorganik relatif tidak berbeda jika dibandingkan dengan tanpa pemberian pupuk (kontrol). Ini menunjukkan bahwa tanah Aeric Endoaquepts telah mengandung Cd yang berasal dari pelapukan bahan induknya. Selain logam Cd berasal dari pupuk fosfat, pelapukan batuan induk tanah juga merupakan sumber Cd, misal batuan sedimen shales mengandung 0,22 ppm Cd, karbonat 0,065 ppm Cd, batuan metamorf gneiss dan skis masing-masing 0,04 dan 0,02 ppm Cd (12).

Akumulasi Cd dalam tanah sawah tadah hujan dipengaruhi oleh tingkat kemasaman tanah dan kondisi kelengasan tanah. Ion Cd mampu terikat senyawa lain seperti fosfat menjadi bentuk senyawa yang mengendap dengan naiknya pH tanah (14). Logam Cd dalam tanah alkalis dapat berbentuk $CdSO_4$ dan $CaHCO_3$ (10). Keaktifan Cd mengikat PO_4^{3-} dalam tanah turun bilamana pH tanah rendah. Peningkatan pH akibat penggenangan juga meningkatkan kemampuan Cd terikat komponen tanah. Peningkatan pH tanah, Cd



Gambar 2. Kandungan Cd dalam tanah pada perlakuan pemupukan organik dan anorganik di lahan sawah tadah hujan.

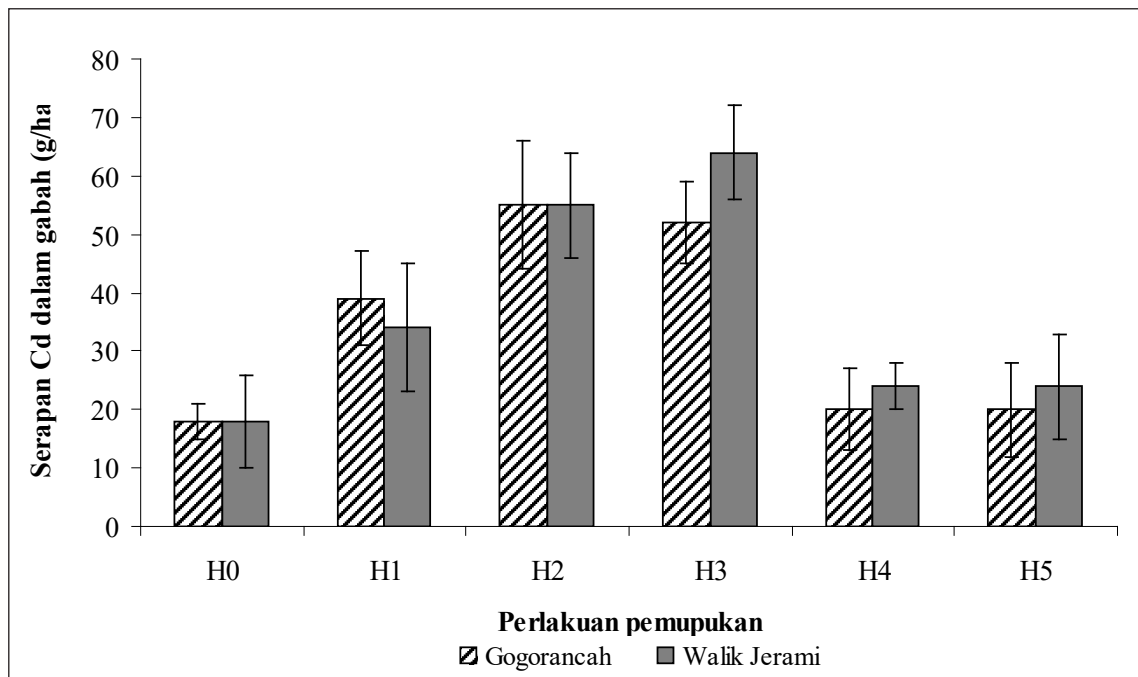
cenderung mengendap atau berada dalam bentuk tidak arut sehingga tidak mengganggu pertumbuhan tanaman. Peningkatan pH tanah dari 5,7 menjadi 7,8 menurunkan kelarutan Cd 50% akibat peningkatan jerapan Cd pada komponen tanah (10). Cd^{2+} , $CdSO_4$, $CdCl_2$ adalah bentuk-bentuk Cd yang cenderung terjerap di permukaan padatan tanah bila pH tanah $> 6,5$.

Kandungan Cd dalam Gabah Padi

Peluang terkontaminasi atau akumulasi Cd akan lebih cepat terjadi pada beras daripada jerami. Logam Cd mempunyai afinitas tinggi terhadap protein, sehingga kandungan Cd dalam beras akan lebih tinggi daripada Cd dalam jerami. Konsentrasi Cd dalam gabah padi walik jerami yang diberi perlakuan H0, H1, H2, H3, H4, H5 masing-masing adalah $0,15 \pm 0,02$; $0,16 \pm 0,03$; $0,15 \pm 0,08$; $0,13 \pm 0,01$; $0,14 \pm 0,01$; dan $0,06 \pm 0,02$ ppm Cd. Konsentrasi Cd dalam gabah padi walik

jerami adalah lebih rendah daripada angka batas ambang dari FAO/WHO adalah 0,24 ppm Cd (16).

Gambar 3 terlihat bahwa serapan Cd dalam gabah pada pertanaman padi walik jerami (MK) umumnya lebih tinggi 16-19% dibandingkan pada pertanaman padi gogorancah (MH), kecuali pada perlakuan pemberian pembenah organik saja berupa pupuk kandang atau jerami padi (H1). Serapan Cd pada perlakuan H4 dan H5 tidak berbeda dengan H0. Bilamana NPK diberikan pada kondisi tanah basah seperti padi walik jerami berpotensi meningkatkan serapan Cd daripada hanya diberikan NP saja baik dengan atau tanpa bahan organik. Serapan Cd tertinggi terlihat pada perlakuan H3 diikuti H2 terutama pada padi walik jerami. Padi walik jerami dibudidayakan dalam kondisi tanah tergenang yang memungkinkan terjadi akumulasi Cd tinggi di perakaran tanaman padi (12).



Gambar 3. Serapan Cd dalam gabah padi sawah tadah hujan pada beberapa perlakuan pupuk anorganik dan organik, tahun 2013-2014

Akumulasi logam Cd dalam tanah sawah perlu diremediasi untuk memperbaiki kualitas lingkungan, antara lain: penggunaan pembenah organik berupa arang hayati, tumbuhan penyerap logam seperti mendong (*Fimbristylis globulosa*), dan pemanfaatan mikroba seperti bakteri *Azotobacter* sp dan fungi *Mikoriza arbuskula* (FMA) yang mampu menurunkan konsentrasi Cd dalam tanah hingga 80% (16). Tumbuhan penyerap logam ditanam sebelum tanah sawah digunakan untuk budidaya tanaman pangan. Berdasarkan nilai *bio-concentration factor* (*BCF*) hasil penelitian (15), bahwa pemberian 7,5 g FMA per tanaman dan *Azotobacter* sp 10^6 sel per g tanah masing-masing memberikan nilai *BCF* sebesar 0,40 dan 0,42, artinya sebesar 40% dan 42% Cd dari tanah diserap oleh perakaran tanaman budidaya. Nilai *BCF* dihitung dari pembagian antara konsentrasi logam Cd dalam akar dan konsentrasi logam Cd dalam tanah.

SIMPULAN

1. Hasil gabah tertinggi diperoleh pada perlakuan pupuk kandang+NP (padi gogorancah) dan jerami padi+NPK (padi walik jerami), masing-masing dengan hasil gabah $4,13 \pm 0,41$ dan $5,05 \pm 0,84$ t/ha.
2. Kandungan Cd dalam tanah pada lapisan olah (0-20 cm) rata-rata lebih rendah 45,9 % dibandingkan pada lapisan tanah bawah (20-40 cm).
3. Serapan Cd dalam gabah pada pertanaman padi walik jerami lebih tinggi 16-19 % dibandingkan pada padi gogorancah. Pemupukan NPK disertai dengan pengembalian jerami meningkatkan serapan Cd pada tanah sawah tergenang.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Kasno, A., J.S. Adiningsih, Sulaeman, dan Subowo. 2000. Status Pencemaran Pb dan Cd pada Lahan Sawah Intensifikasi Jalur Pantura Jawa Barat. *Prosiding Kongres Nasional VII Himpunan Ilmu Tanah Indonesia*. Bandung 2-4 Nopember 1999. Hlm. 1537-1546.
- (2) Sutrisno, N., dan U. Kurnia. 2007. Tuntutan terhadap Kelestarian dan Keberlanjutan Lingkungan Pertanian. Hlm. 3-14 dalam Fagi, A. M., E. Pasandaran, U. Kurnia (eds.). *Pengelolaan Lingkungan Pertanian Menuju Mekanisme Pembangunan Bersih*. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. Pati, Jawa Tengah.
- (3) Punshon, T. 2001. Tree Crops. p. 321-351 in Prasad, M.N.V. (ed.). *Metals in the Environment: Analysis by Biodiversity*. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel.
- (4) Mukherjee, A.B. 2001. Behavior of heavy metals and their remediations in metalliferous soils. p. 433-451 in Prasad, M.N.V. (ed.). *Metals in the Environment: Analysis by Biodiversity*. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel.
- (5) Setyorini, D., Soeparto, dan Sulaeman. 2003. Konsentrasi Logam Berat dalam Pupuk. Hlm. 219-229 dalam *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian*. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- (6) Afzali, D., F. Fathirad, and Z. Afzali. 2015. Evaluation of cadmium in greenhouse soils and agricultural product of Jiroft (Iran) using microwave digestion prior to atomic absorption spectrometry determination. *Environmental Monitoring Assessment* 18: 128-137.

- (7) Modaihsh, A.S., M.S. Al-Swailem, and M.O. Mahjoub. 2004. Heavy metals content of commercial inorganic fertilizers used in the Kingdom of Saudi Arabia. *Agricultural and Marine Science* 9(1): 21-25.
- (8) Connel, D.W., and G.J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Penerbit UI Press. Jakarta.
- (9) Franco, A., M. Schuhmacher, E. Roca, and J.L. Domingo. 2006. Application of cattle manure as fertilizer in pastures: the estimate of increased risk due to the accumulation of metals using a multi compartment model. *Environment International* 32: 724-732.
- (10) Kurniawansyah, A.M., Subowo, dan A. Abdurachman. 1999. Pengaruh pemberian cadmium (Cd) terhadap beberapa sifat tanah grumusol kromik dan hasil padi varietas IR64. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 18: 23 – 28.
- (11) Dirjen POM. 1989. Lampiran Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/89 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam makanan. Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan.
- (12) Alloways, B.J. 1995. *Heavy Metals in Soils*. Second Edition. Blackie Academic & Professional. Glasgow.
- (13) Eviati dan Sulaeman. 2012. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Edisi 2. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- (14) Lindsay, W.L. 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- (15) Kikuchi, Y., T. Nomiya, N. Kumagai, T. Uemura, and K. Omae. 2002. Cadmium concentration in current Japanese foods and beverages. *J. Occup. Health* 44: 240-247.
- (16) Dewi, T., dan Mulyadi. 2015. Mikroba dalam fitoremediasi tanah tercemar logam berat. Hlm. 239-244 dalam *Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi dan Pemetaan Sumberdaya Lahan Mendukung Swasembada Pangan*. BBSDLP. Bogor, 29-30 Juli 2015.