

PENGARUH PUPUK TERHADAP AKUMULASI DAN TRANSLOKASI KADMIUM DAN TIMBAL DI TANAH DAN TANAMAN

Sukarjo, Anik Hidayah, Ina Zulaehah

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
Jl. Jakenan Jaken km 05 Pati-Jawa Tengah
sukarjo@gmail.com

Abstrak

Satu satu sumber kontaminasi timbal dan kadmium adalah pupuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak pupuk organik dan anorganik pada akumulasi dan translokasi timbal dan kadmium di tanah dan tanaman padi. Untuk mencapai tujuan tersebut, tanaman padi diproduksi di tanah dengan kombinasi perlakuan pupuk (kontrol, anorganik, kompos 5 ton / ha, anorganik + kompos 5 ton / ha, kompos 10 ton / ha dan anorganik + kompos 10 ton / ha). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan jenis dan dosis pemupukan tidak secara signifikan meningkatkan konsentrasi kadmium dan timbal dalam tanah, jerami dan beras, tetapi signifikan pada akar. Daya serap timbal tertinggi pada akar terdapat pada perlakuan pupuk anorganik dan kompos 5 ton / ha, sedangkan serapan kadmium tertinggi pada kompos 10 ton / ha + pupuk anorganik. Akumulasi kadmium dan timbal terjadi pada 5 ton / ha kompos, anorganik + kompos 5 ton / ha, kompos 10 ton / ha dan anorganik + kompos 10 ton / ha, sementara pengurangan kadmium dan timbal terjadi pada kontrol dan pupuk anorganik. Penambahan dan pengurangan kadmium dan timbal belum dapat meningkatkan atau menurunkan kandungannya di dalam tanah. Pemakaian dalam waktu yang lama memungkinkan terjadinya akumulasi atau pengurangan kadmium dan timbal di lahan tersebut.

Kata Kunci: Padi, kadmium (Cd), timbal (Pb), akumulasi.

1. PENDAHULUAN

Pada beberapa tahun terakhir ini telah terjadi peningkatan kesadaran dan keprihatinan atas kontaminasi logam berat tanah dan dampak yang mungkin terjadi pada rantai makanan. Penyerapan logam berat beracun dari tanah yang tercemar oleh tanaman pangan dan pakan hijauan menjadi cara yang menonjol untuk logam berat tersebut untuk memasuki rantai makanan dan akhirnya diambil oleh manusia. Kadmium dan timbal menjadi kontaminan di mana-mana dan berpotensi berbahaya di biosfer (Zaman dan Zereen, 1998). Kadmium dan timbal beracun pada konsentrasi tinggi (He et al., 2005). Wong et al (2005) menyatakan bahwa logam berat berpotensi menjadi racun bagi tanaman, hewan dan manusia ketika tanah yang terkontaminasi digunakan untuk produksi tanaman. Kesehatan manusia ditentukan oleh asupan makanan yang ditanam di tanah yang tercemar. Ada alasan kuat bahwa disfungsi ginjal manusia terkait dengan konsumsi beras terkontaminasi Cd. Berbagai survei di Asia telah menemukan bahwa beras merupakan sumber utama kontaminasi Cd pada manusia (Chaney dkk, 2005; Shimbo dkk 2001).

Sumber logam berat di tanah berasal dari sumber alami dan antropogenik. Secara alami, tanah mengandung logam berat yang diwarisi dari bahan induk. Di lahan yang belum dimanfaatkan, kandungan logam berat tergantung pada bahan induk, proses geokimia dan pedologi yang bertanggung jawab untuk pembentukan tanah (Hardy dan Cornu, 2006). Secara antropogenik, logam berat masuk melalui penambahan bahan kimia seperti pupuk dan pestisida, penggunaan *sludge* atau kompos, polusi motor, dan sebagainya (Kabata-Pandias, 2011; Prasad, 2008).

Penelitian Khan (2001) menemukan beberapa pengayaan Cu, Cd, dan Pb di tanah, sungai dan sayuran di Bangladesh. Beberapa industri di Chittagong dan bagian lain dari negara itu menghasilkan sejumlah besar limbah dan limbah ke lingkungan yang mungkin terkontaminasi dengan logam berat. Dalam pertanian intensif, penggunaan pupuk organik dan anorganik memiliki potensi pengayaan kadmium dan timbal dalam tanah (Prasad, 2008). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengayaan kadmium dan timbal di lahan sawah intensif menggunakan pupuk anorganik dan organik.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dari September 2016 hingga Januari 2017. Percobaan dilakukan di Jakenan, Pati, yang terletak pada koordinat 6°46'33" LS dan 111°11'48" BT, dengan ketinggian ± 11 meter di atas permukaan laut. Jenis tanah ini adalah Inceptisol. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati.

Bahan yang digunakan terdiri dari Padi Varietas Ciherang, Urea, SP₃₆, KCl, Kompos dan bahan kimia untuk analisis HClO₄, asam perkhlorat (60%) p.a., dan asam nitrat (HNO₃) pekat (65%) p.a.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan enam perlakuan dan tiga ulangan. Luas plot percobaan adalah 50 m². Perlakuan adalah kombinasi dari dosis pupuk organik dan anorganik. Perlakuanannya adalah:

Tabel 1. Perlakuan Pemupukan

No	Treatments	Compost (ton/ha)	Urea (kg/ha)	SP36 (kg/ha)	KCl (kg/ha)
1	A	0	0	0	0
2	B	0	125	62,5	50
3	C	5	0	0	0
4	D	5	125	62,5	50
5	E	10	0	0	0
6	F	10	125	62,5	50

Variabel yang diamati meliputi timbal total dan kadmium total tanah, timbal total dan kadmium total tanaman (akar, jerami dan padi). Pengambilan contoh tanah dan tanaman dilakukan pada saat panen. Komponen hasil padi dilakukan dengan menghitung hasil gabah kering giling (GKG). BAF (faktor bioakumulasi, rasio konsentrasi unsur dalam biji-bijian dengan yang di tanah yang sesuai) dihitung untuk setiap sampel beras untuk mengukur efek bioakumulasi beras pada pengambilan logam berat dari tanah (Liu et al. , 2005). BAF dihitung sebagai

$$BAF = \frac{Cr}{Cs}$$

di mana Cr dan Cs mewakili konsentrasi masing-masing logam berat dalam butir padi dan tanah.

Faktor translokasi (TF) atau rasio mobilisasi (Barman et al, 2000) dihitung untuk menentukan translokasi relatif logam dari tanah ke bagian lain tanaman (akar, batang, atau biji-bijian) dari spesies tanaman sebagai berikut:

$$TF = \frac{\text{Concentration of metal in plant tissue}}{\text{Concentration of metal in corresponding soil or root or straw .}}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah Jakenan ditandai dengan epipedon okrik dan cakrawala di bawah kambik, dengan batuan alluvium / koluvium dalam formasi geologi kuartil termuda sebagai material tanah (Wiharjaka, 2002). Tanah bereaksi secara netral dengan konduktivitas listrik yang sangat rendah. Tanah memiliki kapasitas tukar kation dan C Organik yang sangat rendah, kandungan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman sangat rendah. Total K dan total status P rendah dengan jumlah kurang dari 20 mg / 100 g. Tanah dengan batas kritis K diekstrak 25% HCl 10 mg K₂O / 100 g yang biasa digunakan untuk lahan basah (Makarim, 1992). Tanah bertekstur debu dengan konsentrasi kadmium dan timbal dalam kisaran normal (Alloway, 1995).

Table 2. Sifat fisik dan kimia tanah

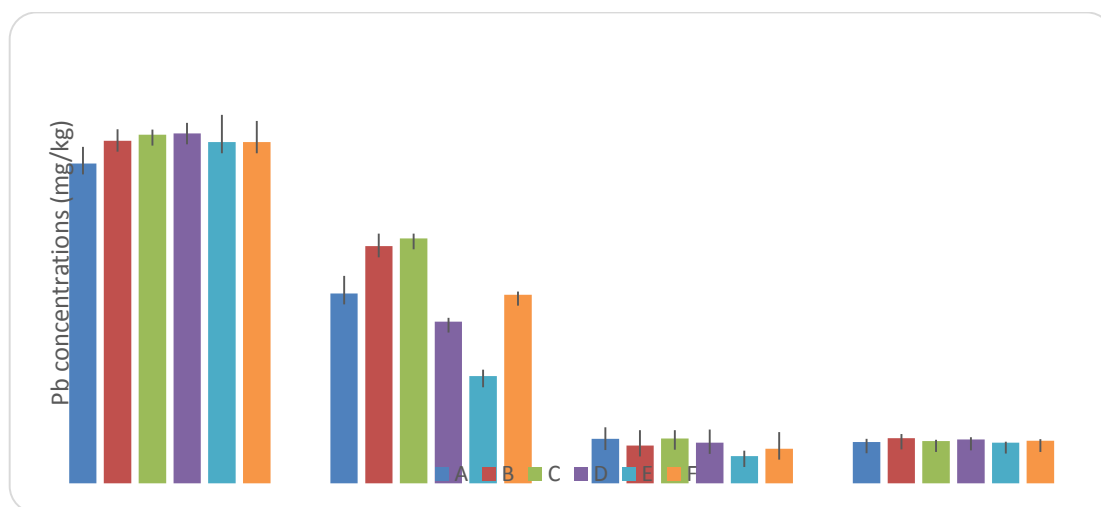
Sifat Tanah	Nilai	Kategori
pH-H ₂ O (1:1)	6,62	Netral*
C-organik (%)	0,30	Sangat rendah*
N-total (%)	0,04	Sangat rendah *
P-total (mg/100 g)	16,39	Rendah*
K-total (mg/100 g)	20,91	Rendah *
konduktivitas (ds/m)	0,12	Sangat rendah *
KTK (me/100 g)	4,00	Sangat rendah *
Cd-total (mg/kg)	1,65	Normal**
Pb-total (mg/kg)	30,85	Normal**
Tekstur: Pasir (%)	41	Geluh***
debu (%)	48	
liat (%)	11	

* BPT (2009); ** Alloway (2013); *** Soil Survey Staff, 2014

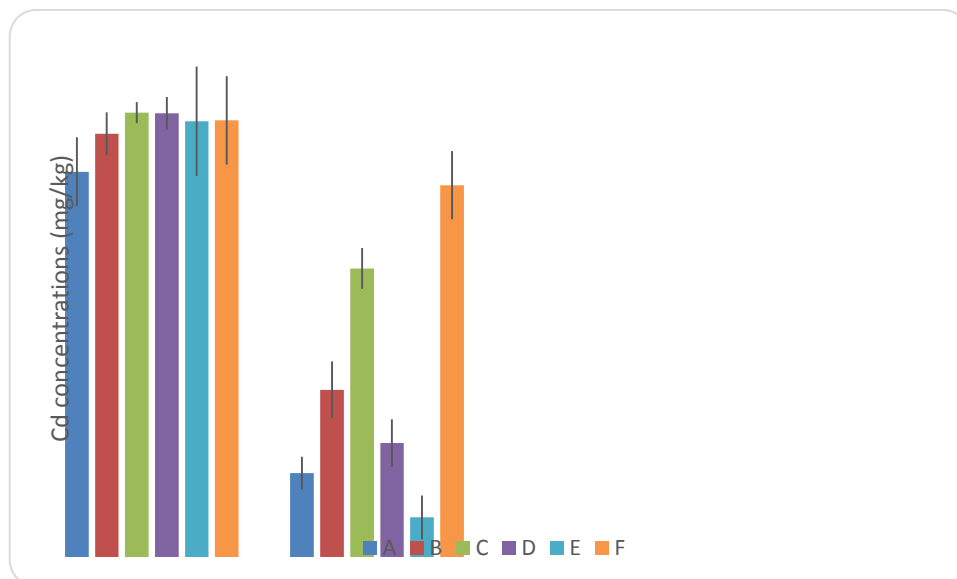
Gambar 1 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi logam timbal dalam tanah, jerami dan beras tidak berbeda nyata, tetapi konsentrasinya di akar terdapat perbedaan yang nyata dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada perlakuan pupuk anorganik dan pupuk organik dengan dosis 5 ton/ha. Konsentrasi logam timbal terendah terdapat pada perlakuan pupuk organik 10 ton/ha. Pada Gambar 2 dan Tabel 3 menginformasikan bahwa konsentrasi logam kadmium dalam tanah tidak berbeda nyata, tetapi konsentrasinya di akar terdapat perbedaan yang nyata dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan pupuk anorganik dan pupuk organik 10 ton/ha. Konsentrasi logam kadmium terendah juga terdapat pada perlakuan pupuk organik 10 ton/ha. Logam berat kadmium tidak terdeteksi pada jerami dan beras.

Persyaratan logam berat dalam tanah menurut Alloway (2013) dikatakan normal jika dibawah batas kritis yaitu berturut-turut untuk Pb dan Cd adalah 400 ppm dan 8 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa logam-logam tersebut pada semua perlakuan pemupukan masih dalam kisaran normal.

Konsentrasi logam berat di bagian tanaman padi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa logam Pb dan Cd yang diteliti yang terdapat dalam bagian-bagian tanaman, kecuali logam Cd tidak ditemukan pada bagian jerami dan beras. Akumulasi logam tertinggi ditemukan pada bagian akar, baik untuk Pb maupun Cd. Mo et al (2001) dan Alrawiq et al (2006) menemukan fenomena yang sama dimana sebagian besar logam berat diserap oleh tanaman padi dan terakumulasi dalam akar.



Gambar 1. Konsentrasi timbal di tanah, akar, jerami dan beras



Gambar 2. Konsentrasi kadmium di tanah, akar, jerami dan beras

Konsentrasi logam berat timbal pada akar tanaman berturut-turut dari tinggi ke rendah pada perlakuan yaitu $B = C > A = F > D > E$, sedangkan konsentrasi logam berat kadmium pada akar tanaman berturut-turut dari tinggi ke rendah pada perlakuan yaitu $F > C > B > A = D > E$. Hasil analisis kandungan timbal dan kadmium pada pupuk kompos, urea, SP36, KCl dan Phonska berturut-turut 29.45 ppm, 28.46 ppm, 28.85 ppm, 25.48 ppm dan 31.82 ppm serta 2.33 ppm, 2.14 ppm, 3.71 ppm, 3.71 ppm dan 4.49 ppm. Kandungan tertinggi logam timbal dan kadmium terdapat pada pupuk phonska (anorganik).

Tabel 3. Hasil analisis variansi Pb dan Cd dalam tanah dan tanaman

Perlakuan	Konsentrasi Pb (mg/kg)				Konsentrasi Cd (mg/kg)			
	tanah	akar	jerami	beras	tanah	akar	jerami	Beras
A	28.98 a	17.21 b	4.03 a	3.74 a	1.49 a	0.32 d	nd	Nd
B	31.04 a	21.48 a	3.43 a	4.09 a	1.63 a	0.65 c	nd	Nd
C	31.59 a	22.20 a	4.05 a	3.83 a	1.72 a	1.11 b	nd	Nd
D	31.70 a	14.65 c	3.68 a	3.98 a	1.71 a	0.44 d	nd	Nd
E	30.90 a	9.71 d	2.47 a	3.69 a	1.68 a	0.15 e	nd	Nd
F	30.91 a	17.09 b	3.14 a	3.85 a	1.69 a	1.44 a	nd	Nd

Bioakumulasi faktor (BAF) logam berat timbal dan kadmium dari tanah ke tanaman disajikan pada Tabel 4. BAF logam berat timbal pada perlakuan pemupukan berturut-turut dari besar ke kecil yaitu $A = B = D = F > C = E$, sedangkan BAF logam kadmium tidak terukur atau mendekati 0 karena kandungan logam kadmium di beras tidak terukur.

Kontaminasi logam berat Pb dan Cd dari tanah ke tanaman sangat dipengaruhi oleh translokasi faktor (TF). Tabel 4 menyajikan faktor translokasi logam berat Pb dan Cd dari tanah ke tanaman padi. Nilai TF dihitung untuk translokasi logam berat dari tanah ke akar ($TF_{\text{soil-root}}$), dari akar ke jerami ($TF_{\text{root-straw}}$) dan dari jerami ke gabah ($TF_{\text{straw-grain}}$). Nilai translokasi faktor rata-rata logam timbal dari tanah ke akar perlakuan pemupukan yaitu $C > B > A > F > E$, sedangkan untuk logam kadmium yaitu $F > C > B > D > A > E$. Perlakuan pemupukan tertinggi untuk logam timbal terdapat pada pemupukan kompos 5 ton/ha,

sedangkan untuk logam kadmium pada perlakuan pemupukan kompos 10 ton/ha dan pupuk anorganik.

Nilai faktor translokasi rata-rata logam Pb dari akar ke jerami pada perlakuan pemupukan yaitu $D = E > A > F = C > B$ dan dari jerami ke beras yaitu $E > B = F > D > A > C$. Sedangkan nilai faktor translokasi logam kadmium tidak terukur atau mendekati nol karena logam kadmium tidak terukur pada jerami dan beras.

Tabel 4. Translokasi faktor dan bioakumulasi faktor logam berat Pb dan Cd

Perlakuan	Logam berat	TF _{soil-root}	TF _{root-straw}	TF _{straw-grain}	BAF (soil-grain)
A	Pb	0.60	0.24	0.98	0.13
	Cd	0.22	0.00	0.00	0.00
B	Pb	0.69	0.16	1.40	0.13
	Cd	0.40	0.00	0.00	0.00
C	Pb	0.70	0.18	0.97	0.12
	Cd	0.65	0.00	0.00	0.00
D	Pb	0.46	0.25	1.15	0.13
	Cd	0.26	0.00	0.00	0.00
E	Pb	0.31	0.25	1.53	0.12
	Cd	0.09	0.00	0.00	0.00
F	Pb	0.55	0.18	1.40	0.13
	Cd	0.86	0.00	0.00	0.00

Translokasi faktor dari tanah ke akar dan dari akar ke jerami pada semua perlakuan pemupukan mempunyai nilai di bawah 1. Hal ini berarti bahwa logam Pb dan Cd lebih banyak terakumulasi di tanah dibandingkan yang diteruskan ke akar. Demikian juga kedua logam lebih banyak terakumulasi di akar dibandingkan yang diteruskan jerami. Pada translokasi logam berat timbal dari jerami ke beras mempunyai nilai lebih 1 pada perlakuan pemupukan anorganik, kombinasi kompos (5 ton/ha, 10 ton/ha) dan pupuk anorganik, selebihnya mempunyai nilai faktor translokasi lebih kecil dari 1

Xiong (1988) menyatakan bahwa translokasi logam pada tanaman merupakan faktor utama untuk memastikan distribusi logam pada berbagai jaringan tanaman. Oleh karena itu, informasi faktor translokasi menjadi penting untuk menyusun strategi remediasi logam berat agar diperoleh beras yang memiliki kandungan logam berat di bawah ambang yang diijinkan.

Tabel 5. Dinamika logam berat Pb dan Cd dalam tanah

Perlakuan	Logam berat	Input (mg)	Plant uptake (mg)	akumulasi/ depleksi (mg)	akumulasi/ depleksi (µg/kg)
A	Pb	0.00	178.60	-178.60	-17.86
	Cd	0.00	0.65	-0.65	0.00
B	Pb	33.17	780.04	-746.87	-74.69
	Cd	3.42	13.94	-10.52	-1.05
C	Pb	736.25	514.28	221.97	22.20
	Cd	58.25	11.72	46.53	4.65
D	Pb	769.42	643.01	126.41	12.64
	Cd	61.67	8.35	53.33	5.33
E	Pb	1472.50	317.86	1154.64	115.46
	Cd	116.50	1.43	115.07	11.51
F	Pb	1505.67	828.32	677.36	67.74

Perlakuan	Logam berat	Input (mg)	Plant uptake (mg)	akumulasi/ depleksi (mg)	akumulasi/ depleksi ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	Cd	119.92	33.73	86.19	6.62

Dinamika logam berat Pb dan Cd pada tanah menunjukkan bahwa terjadi pengurasan Pb dan Cd pada perlakuan kontrol (tanpa pemupukan) dan pemupukan anorganik. Selebihnya perlakuan yang lainnya terjadi akumulasi logam Pb dan cd dalam tanah (Tabel 5). Translokasi logam pada tumbuhan merupakan elemen sentral dalam menentukan distribusi logam di berbagai jaringan tanaman (Xiong et al, 1998). Akumulasi dan penyebaran logam berat di bagian atas tanaman ditentukan oleh berbagai elemen, termasuk faktor anatomi, biokimia dan fisiologis (salt et al, 1995).

4. KESIMPULAN

Pemupukan tidak selalu mengakumulasi kadmium dan timbal di tanah. Studi ini menunjukkan bahwa pada perlakuan pupuk anorganik terjadi pengurasan kandungan kadmium dan timbal di tanah. Pemberian pupuk organik atau pupuk anorganik yang digabungkan dapat mengakumulasi kadmium dan timbal di tanah. Dalam jangka pendek, penambahan pupuk organik dan anorganik tidak secara signifikan meningkatkan kandungan kadmium dan timbal di dalam tanah. Kontaminasi kadmium dalam tanah diserap oleh tanaman hanya sampai ke akar. Kontaminasi timbal di tanah diserap oleh akar, jerami dan beras. Penyerapan timbal dan kadmium di akar tertinggi masing-masing yaitu perlakuan kompos 5 ton/ha dan kompos 10 ton/ha dan anorganik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. 2nd Ed. Blackie Academic & Professional, An imprint of Chapman & Hall, U K.
- Alrawiq, Nasser, J. Khairiah, M. L. Talib, B. S. Ismail, and I. Anizan. 2014. "Accumulation and Translocation of Heavy Metals in Paddy Plant Selected from Recycled and Non-Recycle Water Area of MADA Kedah, Malaysia." *International Journal of ChemTech Research* 6, no. 4: 2347–56.
- BPT. 2009. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah, Bogor. Available from: http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/document.php?folder=ind/dokumentasi/juknis&filename=juknis_kimia2&ext=pdf
- Chaney, Rufus L., J. Scott Angle, Marla S. McIntosh, Roger D. Reeves, Yin Ming Li, Eric P. Brewer, Kuang Yu Chen, et al. 2005. "Using Hyperaccumulator Plants to Phytoextract Soil Ni and Cd." In *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*, 60:190–98.
- H. Liu, A. Probst, and B. Liao, "Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China)," *Science of the Total Environment*, vol. 339, no. 1–3, pp. 153–166, 2005.
- Hardy, M., Cornu, S., 2006. Location of natural trace elements in silty soils using particlesize fractionation. *Geoderma* 133: 295–308.
- He ZL, Yang XE, Stoffella PJ. 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19:125–140.
- Kabata-Pendias A. 2011. Trace elements in soils and plants. 4th ed. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC.
- Khan, A.H. 2001. Heavy metals profile in Bangladesh Environment: Soil and Irrigation Water Components. Final Completion Report. Bangladesh Agricultural Research Council, Dhaka.
- Makarim. A.K. 1992. Perubahan keperluan pupuk kalium akibat penerapan sistem pertanian intensif dan modern. p. 155-162. dalam Peranan kalium dalam pemupukan berimbang untuk mempercepat swasembada pangan. Prosiding Seminar Nasional Kalium. Jakarta, 4 Agustus 1992.

- Mo Z, Wang C, Chen Q, Wang H, Xue C, Wang Z. 2001. Distribution and ment of heavy metals of Cu, Pb, Zn, Cr and Cd in paddy plant. *Environmental Chemistry*. 21(2):110-116.
- Prasad M. 2008. Trace Elements as Contaminants and Nutrients: Consequences in Ecosystems and Human Health. John Wiley & Sons, Science.
- S. C. Barman, R. K. Sahu, S. K. Bhargava, and C. Chaterjee, "Distribution of heavy metals in wheat, mustard, and weed grown in field irrigated with industrial effluents," *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 64, no. 4, pp. 489-496, 2000.
- Salt DE, Blaylock M, Kumar NP, Dushenkov V., D. Ensley B., Chet I. & Raskin I. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Nature Biotechnology*. 1995;13(5):468-474.
- Shimbo, Shinichiro, Zuo W. Zhang, Takao Watanabe, Haruo Nakatsuka, Naoko Matsuda-Inoguchi, Kae Higashikawa, and Masayuki Ikeda. 2001. Cadmium and Lead Contents in Rice and Other Cereal Products in Japan in 1998-2000. *Science of the Total Environment* 281: 165-75.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. Soil Conserv Serv [Internet]. 12:410. Available from: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf
- Wihardjaka, A., K. Idris, A. Rachim, dan S. Partohardjono. 2002. Pengelolaan Jerami dan Pupuk Kalium pada Tanaman Padi di Lahan Sawah Tadah Hujan Kahat K. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* Vol. 21: 26-32.
- Xiong Z-T. Lead uptake and effects on seed germination and plant growth in a Pb hyperaccumulator *Brassica pekinensis* Rupr. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 1998;60(2):285-291.
- Zaman, M.S. and F. Zereen. 1998. Growth responses to radish plants to soil cadmium and lead contamination. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 61: 44-50.