

Catatan Penelitian

Peranan Daun Kumis Kucing (*Orthosiphon stamineus* Benth) dalam Mengeliminasi Kandungan Cd dan Pb pada Dada Ayam Broiler

The Effect of Orthosiphon stamineus Benth (OSB) Leaf in Reducing Cd and Pb Content on Breast Broiler Chicken

Bambang Dwiloka¹, Umiyati Atmomarsono², Valentinus Priyo Bintoro¹, Bhakti Etza Setiani¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang

²Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang

*Korespondensi dengan penulis (bambang_dwiloka@undip.ac.id)

Artikel ini dikirim pada tanggal 28 Maret 2018 dan dinyatakan diterima tanggal 26 November 2018. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp>. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists® ©2018

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menjelaskan pengaruh daun kumis kucing (*Orthosiphon stamineus* Benth) dalam mengeliminasi Cd dan Pb pada paha ayam broiler yang diberi pakan mengandung logam berat ($CdCl_2 \cdot 4H_2O$). Perlakuan yang diberikan adalah perendaman larutan daun kumis kucing yang diikuti dengan proses perebusan. Kandungan Cd dan Pb yang dilakukan dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer*. Data logam berat yang diperoleh dianalisis statistik dengan Anova. Hasil penelitian membuktikan bahwa dada ayam broiler yang diberi pakan mengandung $CdCl_2 \cdot 4H_2O$ ternyata mengandung Cd dan Pb, walaupun masih di bawah *Maximum Residu Limit* (MRL). Perlakuan perendaman dalam larutan daun kumis kucing yang dilanjutkan dengan perebusan mampu menurunkan nilai Cd pada dada ayam broiler. Sementara dengan perlakuan perendaman dalam larutan daun kumis kucing dan pada perlakuan perebusan mampu menurunkan kandungan Pb pada dada ayam broiler. Kesimpulannya, kandungan Cd dan Pb pada daging ayam broiler dapat diturunkan melalui perendaman daun kumis kucing.

Kata kunci : Pb, Cd, daun kumis kucing, perebusan, dada ayam broiler

Abstract

The feed containing heavy metal was provided to broiler feeds in order to detect the residue of Cd and Pb in chicken broiler breast. The treatments for eliminating the residue was conducted by the immersion in the distilled water containing cat whiskers leaf. The boiling of chicken meat was also conducted. The content of metals was analysed by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The data were analysed statistically by Anova. As results, Cd and Pb were able to be detected in the chicken breast meat although still below the Maximum Residue Limit (MRL). The treatment of immersion in the cat whiskers leaves extract plus boiling in the distilled water were significantly ($P < 0.05$) decrease Cd content. Meanwhile the treatment of immersion in the cat whiskers leaf extract and boiling treatment using distilled water significantly ($P < 0.05$) decreased Pb in chicken breast carcass. As conclusion, Cd and Pb might be reduced by the immersion in the cat whiskers extract.

Keywords: Pb, Cd, cat whiskers leaves (*Orthosiphon Stamineus* Benth), boiling, chicken breast

Pendahuluan

Logam berat dapat berperan sebagai penyebab keracunan yang berasal dari faktor lingkungan, meskipun beberapa logam termasuk ke dalam kategori esensial pada beberapa produk pertanian dan peternakan seperti logam besi (Fe), seng (Zn), selenium (Se), dan yang tidak esensial seperti kromium (Cr), kobalt (Co), kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan arsen (As) (Widowati *et al.*, 2008). Beberapa logam telah terbukti dapat bersifat karsinogenik pada manusia atau hewan atau pada keduanya (Darmono, 2001).

Penelitian terdahulu membuktikan bahwa Co, Cd, dan Cr ditemukan pada sapi dan ikan (Reilly, 1980; D'Mello, 2003), Cd dan Pb pada jaringan otot, hati, dan ginjal (Jorhem, 1999; Miranda *et al.*, 2001). Miranda *et al.* (2003) juga menemukan Pb, Hg, dan As pada hati, ginjal, dan daging anak sapi yang diperoleh dari RPH di Spanyol. Di Baltimore, Amerika Serikat, Yokel (2006)

menemukan Mn dan Ni dalam darah dan otak tikus. Demikian pula dengan Jimi *et al.* (2004) yang menemukan Cd dan As pada darah fetal sapi di Jepang, Rajeshkumar dan Li (2018) menemukan di perairan China terdapat bioakumulasi logam Cu, Cr, Cd dan Pb dalam jaringan ikan, akumulasi Mn, Cu, Zn, Fe, Cd, Hg dan Pb terdapat dalam hati, ginjal dan otot bebek, angsa, ayam, kelinci, kambing di Northern Polandia. Alturigi *et al.* (2012), Dermibas (1999) menemukan 11 macam logam berat pada organ dalam ayam Turkey, dan Olusola *et al.* (2012) menemukan Cd dalam daging ayam potong di Lagos dan Ibadan, Nigeria. Dwiloka *et al.* (2005) menemukan Cr, Co, Fe, Pb, dan Zn pada daging punggung sapi yang diperoleh dari sapi yang dipelihara di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Semarang. Dwiloka *et al.* (2006^a) juga menemukan Hg, Cd, Co, Cr, Se, dan As pada daging, hati, dan usus ayam broiler yang dijual di pasar

tradisional dan pasar modern di kota Semarang. Penelitian Dwiloka (2006^b), juga menemukan Hg, Cr, As, Fe, Zn, Co, Rb, Sb, Cs, Sc, Pb, dan Cd pada dada, paha, hati, dan usus ayam broiler yang dipelihara dengan kandang model panggung dan kandang *litter* dan juga pada ayam kampung yang dipelihara semi umbaran di sekitar daerah industri di Semarang.

Upaya penurunan kadar logam berat terus dilakukan, oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mereduksi kandungan logam berat dengan cara memberi perlakuan pada daging dengan menggunakan bahan alami yang tersedia secara mudah di lokasi penelitian dan dianggap sebagai daun yang mempunyai sifat fungsional, yaitu daun kumis kucing (*Orthosiphon stamineus* Benth).

Materi dan Metode

Materi

Penelitian ini menggunakan sampel dada yang diperoleh dari ayam broiler yang diberi pakan mengandung logam berat ($\text{CdCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Sampel dada yang diuji coba untuk tiap-tiap perlakuan sebanyak 20 potong. Rancangan Acak Lengkap, dengan empat perlakuan dan lima ulangan untuk tiap-tiap perlakuan digunakan dalam penelitian ini, yaitu T_0 , T_1 , T_2 , T_3 yang masing-masing mengindikasikan perlakuan daging segar tanpa perendaman, daging dengan perendaman dalam larutan daun kumis kucing, perendaman dengan larutan daun kumis kucing yang kemudian dilakukan perebusan selama 10 menit, dan perebusan selama 10 menit. Perendaman dilakukan selama 30 menit dengan menggunakan larutan daun kumis kucing 10% (b/v) sedangkan perebusan dilakukan dengan menggunakan aquades sebanyak 150 ml.

Analisis Logam Berat

Daging dada ayam broiler yang didapat dari pemotongan, kemudian ditimbang dan segera dibawa ke laboratorium untuk preparasi selanjutnya. Daging dada yang diperoleh dari pemotongan 20 ekor ayam broiler, kemudian ditimbang dengan berat masing-masing 100 g. Setelah itu, semua sampel dipotong kecil-kecil sebelum dilakukan pengeringan dengan oven (60°C) selama 72 jam (untuk mendapatkan berat yang konstan). Sampel kering tersebut kemudian ditimbang dengan berat masing-masing 5 g, kemudian dibungkus dengan plastik *polyethylene* lalu disimpan dalam keadaan kering beku hingga dilakukan analisis logam berat di Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) BATAN Jakarta untuk dilakukan analisis *Atomic Absorption Spectrophotometry* atau AAS (Dwiloka *et al.*, 2005). Data yang diperoleh dianalisis dengan Anova dengan bantuan program SPSS 12.0 for Windows.

Hasil dan Pembahasan

Kandungan Cd dan Pb pada Dada Ayam

Berdasarkan hasil analisis kandungan Cd dan Pb pada dada segar ayam broiler yang diberi pakan mengandung $\text{CdCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Tabel 1), dapat diketahui bahwa rata-rata kandungan Cd dan Pb pada dada

segar berada di bawah *Maximum Residue Limit* (MRL) yang telah ditetapkan oleh Depkes RI (1998) maupun FAO/IAEA (2004), namun apabila dikonsumsi terus-menerus maka dapat terakumulasi pada tubuh dan pada tingkat tertentu dapat menyebabkan keracunan. Palar (1994) mengemukakan bahwa Cd dapat mengalami proses bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan, dan manusia) yang masuk bersama makanan. Efek keracunan yang kronis dapat menimbulkan kerusakan pada sistem fisiologi tubuh seperti kerusakan pada sistem urinaria, sistem respirasi, sistem sirkulasi, dan jantung (Cope *et al.*, 2004). Sementara itu keracunan Pb dapat menyebabkan perubahan susunan sistem syaraf pusat, gangguan saluran pencernaan, dan gangguan sintesa sel-sel darah merah (Pilliang, 1995). Slamet (2000) melaporkan bahwa keracunan Pb dapat menimbulkan gejala garis hitam di gusi, muntah-muntah, dan kebutaan. Logam berat yang ada pada dada segar bisa diakibatkan karena dada tersebut mengandung protein yang tinggi (Mejäre dan Bulow, 2001).

Tabel 1. Kandungan Cd dan Pb pada dada segar ayam broiler yang diberi pakan mengandung $\text{CdCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Uraian	Cd (ppm BK)	Pb (ppm BK)
Sampel dada	0,0122	0,2253
Standar MRL:		
a. Depkes RI	-	2,000
b. FAO/IAEA	0,5000	2,0000

Keterangan: BK = bobot kering; MRL = *Maximum Residue Limit*

Tabel 2. Kandungan Cd dan Pb pada pakan mengandung $\text{CdCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dan air minum

Uraian	Cd (ppm BK)	Pb (ppm BK)
Pakan <i>Starter</i>	1,2223	dld
Pakan <i>Grower</i>	0,1254	0,0687
Air Minum	dld	0,0136
Standar MRL :		
a. Depkes RI	-	2,0000
b. FAO/IAEA	0,5000	2,0000

Keterangan: dld = dibawah limit deteksi, BK = bobot kering, MRL= *Maximum Residue Limit*

Kandungan Cd dan Pb pada Pakan dan Air Minum

Hasil analisis dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) terhadap kandungan Cd dan Pb pada pakan mengandung $\text{CdCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, dan air minum yang digunakan selama pemeliharaan ayam (Tabel 2), terdeteksi positif mengandung Cd dan Pb, sedangkan pada air minum hanya mengandung Pb. Penelitian ini menggunakan pembandingan dari standar Depkes RI (1998) dan FAO/IAEA (2004) dan hasil analisis yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan Cd pada pakan (*starter*), berada diatas MRL, sedangkan pada fase *finisher* dan air minum masih di bawah MRL. Pilliang (1995) mengemukakan bahwa pada penyusunan ransum perlu diperhatikan agar kandungan Cd tidak melebihi 10 ppb. Pada hakekatnya mineral Cd bersifat racun dalam semua sistem tubuh hewan yang dapat menyebabkan gangguan saluran pencernaan dan gangguan sintesa sel-sel darah merah (Pilliang, 1995). Sementara itu Parakkasi (1999) menyatakan bahwa Cd menghambat

fungsi Zn, Cu, dan Fe pada beberapa spesies hewan. Järup dan Akkeson (2009) menyatakan bahwa konsumsi Cd yang melebihi batas minimum mampu menimbulkan kerusakan tubular ginjal dan menurunkan kemampuan reabsorpsinya. Low *et al.*, (2000) menyatakan bahwa kandungan Pb dan Cd yang tinggi pada tanaman dan hewan akan menimbulkan penyakit serius hingga kematian bagi pengkonsumsinya. Pb dan Cd yang terkonsumsi juga dapat memberikan dampak buruk bagi sistem reproduksi manusia (Kiziler *et al.*, 2007) dengan memicu terjadinya stres oksidatif pada tubuh sehingga mampu menurunkan kualitas dan viskositas pada sperma.

Adanya kandungan Cd pada pakan diduga dapat berasal dari penambahan mineral fosfat pada tanaman sebagai penyusun pakan (Järup dan Akkeson, 2003). Rachmawati *et al.* (1996) menyatakan bahwa kebanyakan kontaminasi Cd berasal dari penambahan mineral fosfat dalam pakan sebagai suplemen untuk memenuhi kebutuhan mineral fosfat dan kalsium. Kandungan Pb diduga dapat berasal dari udara yang telah tercemar oleh gas buang kendaraan bermotor dan menempel pada bagian tanaman (Widowati *et al.*, 2008). Adanya Cd dan Pb pada pakan juga dapat berasal dari tanah yang telah tercemar Cd maupun Pb (Dilaga, 1992; Fardiaz, 2002) dan pupuk (Kurnia *et al.*, 1999).

Tabel 3. Rata-rata kandungan Cd dan Pb pada dada ayam broiler setelah diberi perlakuan

Jenis logam	Kandungan pada perlakuan (ppm BK)			
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
Pb ^{ns}	0,2254	0,1434	0,2305	0,1078
Cd ^{ns}	0,0123	0,0231	0,0035	0,0153

Keterangan: ns = *non significant*. T₀, T₁, T₂, T₃ yang masing-masing mengindikasikan perlakuan daging tanpa perendaman, daging dengan perendaman dalam larutan daun kumis kucing, perendaman dengan larutan daun kumis kucing yang kemudian dilakukan perebusan, dan perebusan saja.

Adanya kandungan Pb pada air minum yang digunakan untuk pemeliharaan diduga karena air minum tersebut berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). PDAM dalam mendistribusikan air menggunakan pipa saluran yang terbuat dari logam. Pipa saluran ini apabila secara terus-menerus dialiri air maka logam pada pipa saluran akan terkikis. Hal ini seperti yang dikemukakan oleh Palar (1994) yang menyatakan bahwa pencemaran air oleh Cd dan Pb dapat terjadi akibat pengikisan logam berat pada pipa logam. Widowati *et al.* (2008) juga mengemukakan bahwa banyak PDAM masih menggunakan pipa mengandung Pb sehingga sangat besar kemungkinannya untuk mencemari air minum.

Kandungan Cd dan Pb pada Daun Kumis Kucing

Daun kumis kucing (*Orthosiphon stamineus* Benth) yang digunakan untuk perlakuan ternyata juga mengandung Cd dan Pb, masing-masing 0,1095 ppm BK dan 2,4428 ppm BK. Adanya kandungan Cd pada daun kumis kucing diduga berasal dari kontaminasi udara (Palar, 1994) dan tanah (Fardiaz, 2002). Kandungan Cd pada daun kumis kucing ini larut dan

masuk ke dalam jaringan dada ayam broiler sehingga meningkatkan jumlah kandungan Cd pada dada ayam broiler. Setelah diberi perlakuan perendaman dalam larutan daun kumis kucing dan perebusan, kandungan Cd mengalami peningkatan, sedangkan pada perlakuan perendaman dalam larutan daun kumis kucing yang dilanjutkan dengan perebusan, mengalami penurunan nilai kandungan Cd.

Hasil nilai pada pertambahan dan penurunan Pb dari beberapa perlakuan mengalami perbedaan dengan hasil nilai pada pertambahan dan penurunan Cd. Setelah diberi perlakuan perendaman dalam larutan daun kumis kucing dan perlakuan perebusan, kandungan Pb mengalami penurunan, sedangkan pada perlakuan perendaman dalam larutan daun kumis kucing yang dilanjutkan dengan perebusan, dapat meningkatkan nilai Pb pada dada ayam broiler.

Pengaruh Perendaman dalam Daun Kumis Kucing

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa perlakuan perendaman dalam larutan daun kumis kucing maupun perlakuan lanjutannya dengan adanya perebusan, tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan Cd dan Pb pada dada ayam broiler. Hal ini diduga karena adanya ikatan kadmium metaloenzim yang berikatan secara kuat dan stabil karena harus mereabsorpsi terlebih dahulu Kadmium metalotionin (CdMT) oleh sel tubulus proksimal dan terakumulasi di lisosom (Cope *et al.*, 2004). Pada Pb pun diduga karena sifat Pb yang sangat sulit dilepas dari ikatannya dengan protein di dada (Rahman, 2006). Sementara itu Canaz *et al.* (2017) mengemukakan bahwa Pb terikat secara kuat dengan gugus sulfhidril dari asam amino yang tidak dapat diputus.

Kesimpulan

Hasil penelitian membuktikan bahwa Cd dan Pb dapat terdeteksi pada dada ayam broiler, walaupun masih di bawah *Maximum Residu Limit*. Perlakuan perendaman dalam larutan daun kumis kucing yang dilanjutkan dengan perebusan mampu menurunkan nilai Cd pada dada ayam broiler. Sementara dengan perlakuan perendaman dalam larutan daun kumis kucing dan pada perlakuan perebusan mampu menurunkan kandungan Pb pada dada ayam broiler.

Daftar Pustaka

- Alturqi, A.S., Albedair, L.A. 2012. Evaluation of some heavy metals in certain fish, meat and meat products in Saudi Arabian markets. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 38(1):45–49. DOI:10.1016/j.ejar.2012.08.003.
- Canaz, E., Kilinc, M., Sayar, H, Kiran, G. Ozyurek, E. 2017. Lead, selenium and nickel concentrations in epithelial ovarian cancer, borderline ovarian tumor and healthy ovarian tissues. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 43:217–223. DOI:10.1016/j.jtemb.2017.05.003.
- Cope, W.Q, Leidy, R.B., Hodgson, E. 2004. *Classes of Toxicants : Use Classes*. In E. Hodgson. *A Textbook of Modern Toxicology*, 3rd ed. New Jersey : John Wiley & Son.

- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Univ. Indonesia (UI.Press) Jakarta.179 hal
- Depkes RI. 1998. Surat Keputusan Menteri Kesehatan No. 03725/B/SK/VII/1989 tentang Batas Maksimal Cemaran Logam dalam Makanan. Kumpulan Peraturan Perundang-Undangan di Bidang Makanan dan Minuman. Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Dermibas, A. 1999. Proximate and heavy metal composition in chicken meat and tissues. *Food Chemistry* 67:27-31. DOI:10.1016/S0308-8146(99)00103-X
- Dilaga, S.H. 1992. Nutrisi Mineral pada Ternak (Kajian Khusus untuk Selenium). CV Akademika Pressindo. Jakarta.
- D'Mello, J.P.F. 2003. Food Safety: Contaminants and Toxins. CAB International, London.
- Dwiloka, B., Pahlawan, I.F., Purnomoadi, A. 2005. Profil logam berat daging sapi yang dipelihara di TPA Jatibarang, Semarang, setelah perebusan dengan daun kumis kucing selama 60 menit. Prosiding Seminar Nasional "Keamanan Pangan Produk Peternakan", UGM Yogyakarta. pp. 94-110.
- Dwiloka, B., Rasa-Na'e, D.L.M.R., Rianto, E. 2006^a. Kandungan logam berat pada hati dan usus sapi yang dipelihara di TPA Jatibarang Semarang setelah direbus dengan daun kumis kucing (*Orthosiphon stamineus* Benth). Prosiding Seminar Nasional "Aplikasi Isotop dan Radiasi dalam Industri dan Kesehatan". P3TIR-BATAN, pp. 101-118.
- Dwiloka, B. Zia-Ulhaq, J., Wahyundari, D., Miranda, R. 2006^b. Kandungan logam berat pada daging dada dan hati ayam broiler yang dijual di pasar tradisional kota Semarang setelah direbus dan dibakar. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Isotop dan Radiasi dalam Industri dan Kesehatan, P3TIR-BATAN, pp. 84-90.
- FAO/IAEA Training and Reference Centre. 2004. Toxic Metals. <http://www.iaea.org/trc/>.
- Fardiaz, D. 2002. Keamanan Pangan. Pelatihan Penerapan HACCP pada Industri Pangan Asal Hewan. Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor.
- Järup, L., Akkeson, A. 2009. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Journal of Toxicology and Applied Pharmacology*. 238:201–208. DOI:doi.org/10.1016/j.taap.2009.04.020.
- Järup, L. 2003. Hazard of heavy metal contamination. *Journal of British Medical Bulletin* 68(1):167–182. DOI:10.1093/bmb/ldg032.
- Jimi, S., Uchiyama, M., Takaki, A., Suzumiya, J., Hara, S. 2004. Mechanism of cell death induced by Cadmium and Arsenic. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1011:325-331. DOI:10.1196/annals.1293.032.
- Jorhem, L. 1999. Lead and cadmium in tissues from horse, sheep, lamb and reindeer in Sweden. *Z. Lebensm Unters Forsch A* 208:106-109. DOI: 10.1007/s002170050384.
- Kiziler, A.R., Aydemir, B., Onaran, I., Alici, B., Ozkara, H., Gulyasar, T., Akyolcu, M.C. 2007. High levels of cadmium and lead in seminal fluid and blood of smoking men are associated with high oxidative stress and damage in infertile subjects. *Journal of Biological Trace Element Research* 120(1–3):82–91. DOI:10.1007/s12011-007-8020-8.
- Kurnia, U, Kurniawansyah, Sukristiyonubowo, A.M., Subowo. 1999. Pengaruh logam berat Pb dalam tanah terhadap kandungan Pb, pertumbuhan dan hasil tanam Caisem (*Brassica rapa*). Dalam: Lahuddin. Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Tanah, Iklim dan Pupuk. Puslittanak. Hal. 1-44.
- Low, K.S., Lee, C. L., Liew, S.C. 2000. Sorption of Cadmium and Lead from aqueous solutions by Spent grain. *Journal of Process Biochemistry* 36: 59–64. DOI: 10.1016/S0032-9592(00)00177-1.
- Miranda, M., Alonso, M.L., Castillo, C., Hernández, J., Benedito, J.L. 2001. Cadmium levels in liver, kidney and meat in calves from Asturias (North Spain). *European Food Research Technology* 212:426-430. DOI:10.1007/s002170000266
- Miranda, M., Alonso, M.L., Castillo, C., Her-Nández, J.H., Prieto, F., Benedito, J.L. 2003. Some toxic elements in liver, kidney and meat from calves slaughtered in Asturias (Northen Spain). *European Food Research Technology* 216:284-289. DOI:10.1007/s00217-002-0658-z.
- Mejäre, M. Bulow, L. 2001. Metal-binding proteins and peptides in bioremediation and phytoremediation of heavy metals. *Journal of Trends in Biotechnology* 19(2):67–73. DOI:10.1016/S0167-7799(00)01534-1.
- Olusola, A.V., Diana, B.E., Ayoade, O.I. 2012. Assesment of tetracycline, lead and cadmium residues in frozen chicken vended in Lagos and Ibadan Nigeria. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 15(17):839–844. DOI:10.3923/pjbs.2012.839.844.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Parakkasi, A. 1999. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminansia. UI Press, Jakarta.
- Piliang, W.G. 1995. Nutrisi Mineral. IPB Press. Bogor.
- Rachmawati, Darmono, S., Arifin, Z. 1996. Pengaruh pemberian mineral seng dan kalsium pada pakan terhadap akumulasi kadmium dalam organ hati ayam pedaging. (<http://www.lgmbmt.co.id>).
- Rahman, A. 2006. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada beberapa jenis Krustacea di pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Bioscientiae* 3(2):93-101.
- Rajeshkumar, S., Li, X. 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay,

- Taihu Lake, China. *Journal of Toxicology Reports* 5:288-295. DOI:10.1016/j.toxrep.2018.01.007.
- Reilly, C. 1980. *Metal Contamination of Food*. Applied Science Publishers Ltd. London.
- Slamet, J.S. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Widowati, W., Asti-Ana, S., Rymond, J.R. 2008. *Efek Toksik Logam*. Andi, Yogyakarta.
- Yokel, R.A. 2006. Blood-Brain barrier flux of aluminium, manganese, iron and other metals suspected to contribute to metal-induced neurodegeneration. *Journal of Alzheimer's Disease* 10(2-3): 223-253. DOI:10.3233/jad-2006-102-309.