

Kadar Logam Berat Timbal dan Zat Besi Serta Hubungannya Dalam Darah Kambing yang Dipotong di Kota Denpasar

(HEAVY METAL LEVELS, LEAD AND IRON AND THEIR RELATIONSHIPS
IN GOAT BLOOD SLAUGHTERED IN DENPASAR CITY)

Thiara Ayu Pangesti¹,
I Ketut Berata², Anak Agung Gde Arjana³

¹Mahasiswa Sarjana Pendidikan Dokter Hewan

²Laboratorium Patologi Veteriner,

³Laboratorium Fisiologi, Farmakologi dan Farmasi Veteriner,
Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Udayana,

Jl. Sudirman, Sanglah, Denpasar, Bali, Indonesia, 80234

Telp/Fax: (0361) 223791,

e-mail: thiaraind@gmail.com

ABSTRAK

Daging kambing merupakan sumber protein hewani yang penting untuk diperhatikan guna menjamin keamanan konsumen. Peternakan kambing yang tercemar logam berat Pb dapat menurunkan kadar Fe dalam darah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya cemaran logam berat timbal (*plumbum*/Pb) dan unsur zat besi (*Ferrum*/Fe) dalam darah kambing yang dipotong di Kota Denpasar. Dalam penelitian ini digunakan 20 sampel darah kambing yang diambil di rumah pemotongan kambing di Kota Denpasar. Darah kambing yang diambil pada proses penyembelihan dimasukkan ke dalam *vacuum tube* dengan *Ethylenediaminetetraacetic acid* (EDTA) yang kemudian diperiksa kadar logam berat Pb dan unsur Fe di Laboratorium Analitik Universitas Udayana. Pemeriksaan kadar logam berat Pb dan unsur Fe digunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS). Hasil uji menunjukkan bahwa 12 dari 20 sampel positif mengandung logam berat Pb dengan rerata 0,098 dan rerata kadar Fe $34,389 \pm 8,447$ ppm. Kadar Fe pada sampel yang negatif Pb adalah 37.622 ± 3.697 ppm. Uji sidik ragam menunjukkan bahwa kadar Fe tidak ada perbedaan signifikan antara sampel positif dan negatif mengandung logam berat Pb. Hasil analisis korelasi juga menunjukkan tidak ada korelasi antara kadar logam berat Pb terhadap kadar Fe. Simpulannya adalah masih terdapat darah kambing yang tercemar logam berat Pb yaitu 12 dari 20 kambing yang diperiksa. Tidak terdapat perbedaan signifikan antara kadar Fe darah sampel yang negatif dan positif mengandung logam berat Pb.

Kata-kata kunci: kadar Pb; kadar Fe; korelasi; kambing

ABSTRACT

Goat meat is an important source of animal protein needed to be ensured its safety for consumer. Low standart farms are likely to be contaminated with Pb and reducing Fe levels in the blood. This study aims to determine the presence of plumbum (Pb) contamination and Ferrum (Fe) element in the blood of goats that are cut in Denpasar City. This study was using 20 samples of goat blood taken at a slaughterhouse in Denpasar. Blood from slaughtered goat was put into a vacuum tube with *Ethylenediaminetetraacetic acid* (EDTA) and analyzed for Pb and Fe level in the Analytical Laboratory of Udayana University. Examination of Pb and Fe elements using *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS) method. The test results showed that 12 positive samples contained heavy metal Pb. The mean Fe of samples containing 0.098 ppm Pb is $34,389 \pm 8,447$ ppm. The Fe level of samples negative Pb is $37,622 \pm 3,697$ ppm. Analysist of Variance showed there was no significant difference between positive and negative samples containing heavy metal Pb. The results of the correlation analysis also showed there was no correlation between the Pb heavy metal content and the

Fe content. The conclusion is 12 out of 20 goats examined was contaminated with Pb. There was no significant difference between negative and positive blood Fe samples containing heavy Pb. In positive samples containing heavy metal Pb, there was no correlation between Pb heavy metal content and Fe content.

Keywords: Pb blood level; Fe blood level; correlation; goat

PENDAHULUAN

Semakin terbatasnya lahan penggembalaan ternak ruminansia di Bali, terutama sapi dan kambing, sangat memungkinkan digembalakan ternak tersebut di tempat pembuangan sampah. Keadaan demikian akan sangat berisiko terhadap ternak menjadi tercemarnya oleh bahan-bahan anorganik termasuk logam berat. Sebagaimana dilaporkan oleh Berata *et al.* (2016) sapi yang digembalakan di tempat pembuangan sampah di Suwung Denpasar, dilaporkan tercemar oleh logam berat timbal (Pb). Hal yang sama mungkin saja terjadi pada ternak kambing, tetapi belum ada laporan. Ternak kambing merupakan ruminansia yang banyak dipelihara peternak karena memberikan banyak keuntungan. Daging kambing masing-masing mengandung protein 16,6% dan lemak 9,2% (Usmiati, 2010).

Sebagai usaha memperoleh daging yang berkualitas maka ternak kambing harus bebas dari cemaran logam berat termasuk Pb. Logam berat Pb sangat berbahaya bagi hewan maupun manusia yang terpapar. Manusia dapat terpapar logam berat Pb apabila mengonsumsi daging yang tercemar. Brownie *et al.* (2009) menyatakan bahwa kambing pada umumnya adalah hewan yang merumput (diberi makan di permukaan tanah), hal ini membuat kambing memiliki akses yang lebih besar tercemar Pb dengan menelan tanah yang terkontaminasi Pb.

Keracunan logam berat Pb dapat menimbulkan berbagai gangguan sistem tubuh di antaranya gangguan syaraf pusat, hati, ginjal, hemopoietik dan reproduksi (Brochin *et al.*, 2008). Salah satu gejala klinis keracunan logam berat Pb adalah anemia, yang ditengarai akibat sifat Pb yang dapat menyebabkan defisiensi unsur besi (Fe) pada manusia (Jain *et al.*, 2013). Dalam pandangan ilmu toksikologi, logam berat terdiri dari dua jenis yaitu logam berat esensial dan non-esensial. Menurut Darmono (1995), logam berat esensial merupakan logam yang diperlukan makhluk hidup guna membantu proses fisiologis dengan menjadi salah satu pembentuk organ maupun sebagai pembantu kerja enzim dalam tubuh. Logam berat esensial di antaranya adalah seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co), sedangkan logam berat non-esensial belum diketahui kegunaannya dalam tubuh. Contoh logam berat nonesensial adalah timah hitam/timbal (Pb), air raksa/merkuri (Hg), kadmium (Cd) dan

kromium (Cr). Kadar logam berat yang ada dalam tubuh umumnya sangat kecil, dan apabila dalam tubuh kadarnya tinggi, maka dapat menyebabkan kerusakan pada tubuh makhluk hidup tersebut.

Menurut Brownie *et al.* (2009), angka toksisitas logam berat Pb pada kambing berkisar antara 0.9-1.0 µg/dL. Selain sifat toksisitas, logam berat Pb juga dapat menghambat pembentukan eritrosit langsung pada organ-organ hemopoietik, sehingga dapat menimbulkan anemia (Miller *et al.*, 1998). Hemoglobin merupakan komponen utama dari eritrosit, dan hal tersebut sangat berkaitan dengan produktivitas terutama dengan siklus estrus (Kasthama, 2006). Zat besi (Fe) merupakan elemen salah satu pembentuk hemoglobin darah dan kekurangan Fe dapat menyebabkan anemia.

Berdasarkan penelitian Kalita *et al.* (2006), pada kambing lokal di daerah perbukitan (*Hill Zone*) di Negara bagian Assam, India, kadar Fe darah berkisar antara 2,53-3,86 ppm, yang bergantung pada umur dan keadaan fisiologis kambing. Banyak faktor yang dapat menyebabkan anemia di antaranya defisiensi Fe karena kurangnya asupan, juga dapat disebabkan oleh gangguan metabolisme dalam tubuh termasuk akibat substitusi oleh logam berat Pb (Jain *et al.*, 2013). Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tentang kadar logam berat Pb dan Fe dalam darah kambing yang dipotong di Kota Denpasar serta korelasinya dalam upaya memperoleh daging kambing yang aman, sehat, utuh dan halal (ASUH). Selain itu penelitian ini juga dapat dijadikan acuan adanya pencemaran lingkungan akibat Pb.

METODE PENELITIAN

Sampel penelitian ini adalah darah kambing, yang diambil dari vena jugularis. Jumlah sampel darah yang digunakan berasal dari 20 ekor kambing yang diam00bil sesaat sebelum proses penyembelihan. Sampel yang digunakan berasal dari dua tempat pemotongan kambing di Denpasar, yakni Desa Sanur dan Dusun Wanasari, Desa Dauh Puri Kaja. Darah ditampung dalam tabung yang mengandung antikoagulan *Ethylenediaminetetraacetic acid* (EDTA) dan diberi label kemudian ditutup rapat. Sampel disimpan dalam lemari pendingin dengan suhu 5-15 °C sebelum dikirim ke Laboratorium Analitik Universitas Udayana untuk dianalisis kandungan logam berat Pb dan Fe.

Pemeriksaan kadar logam berat Pb dan Fe dilakukansesuai metode Sikiric *et al.* (2003). Darah diambil sebanyak 1,0 mL dari masing-masing sampel kambing. Sampel dibagi menjadi dua bagian yaitu 0,5 mL untuk kontrol positif dan 0,5 mL untuk sampel.

Ditambahkan 0,25 mL larutan standar spektrofotometri dengan konsentrasi 1 mg/l ke dalam sampel untuk membuat *spiked* atau kontrol positif. *Spiked* diuapkan di atas *hot plate* pada suhu 100°C sampai kering. Sampel dan *spiked* dimasukkan ke dalam tungku pengabuan dan tutup separuh permukaannya. Suhu tungku pengabuan dinaikkan secara bertahap 100°C setiap 30 menit hingga mencapai 450°C dan dipertahankan selama 18 jam. Sampel dan *spiked* dikeluarkan dari tungku pengabuan dan didinginkan pada suhu kamar. Setelah dingin ditambahkan 1 mL HNO₃ 65%, digoyangkan secara hati-hati sehingga semua abu terlarut dalam asam dan selanjutnya diuapkan di atas *hot plate* pada suhu 100°C sampai kering.

Setelah kering sampel dan *spiked* dimasukkan kembali ke

ke dalam tungku pengabuan. Suhu dinaikkan secara bertahap 100°C setiap 30 menit hingga mencapai 450°C dan dipertahankan selama tiga jam. Setelah abu terbentuk sempurna berwarna putih, sampel dan *spiked* didinginkan pada suhu ruang. Ditambahkan 5 mL H₂SO₄ ke dalam masing-masing sampel dan *spiked* digoyangkan secara hati-hati sehingga semua abu larut dalam asam, selanjutnya diuapkan di atas *hot plate* pada suhu 100°C sampai kering. Ditambahkan 10 mL HNO₃ 0,1 M dan didinginkan pada suhu ruang selama satu jam, larutan dipindah ke dalam labu takar *polypropylene* 50 mL dan ditambahkan larutan *matrix modifier*, tepatkan sampai tanda batas dengan menggunakan HNO₃ 0,1 M. Larutan standar kerja Pb disiapkan masing-masing minimal lima titik konsentrasi. Larutan standar kerja, sampel, dan *spiked* dibaca pada alat spektrofotometer serapan atom *graphite furnace* pada panjang gelombang 288,3 nm untuk logam Pb. Konsentrasi Pb dalam µg/g dihitung dengan rumus yang sesuai dengan SNI 2354.5:2011. Hasil pemeriksaan kadar logam berat Pb dan Fe ditabulasi dan dianalisis dengan uji sidik ragam dan uji korelasi Pearson.

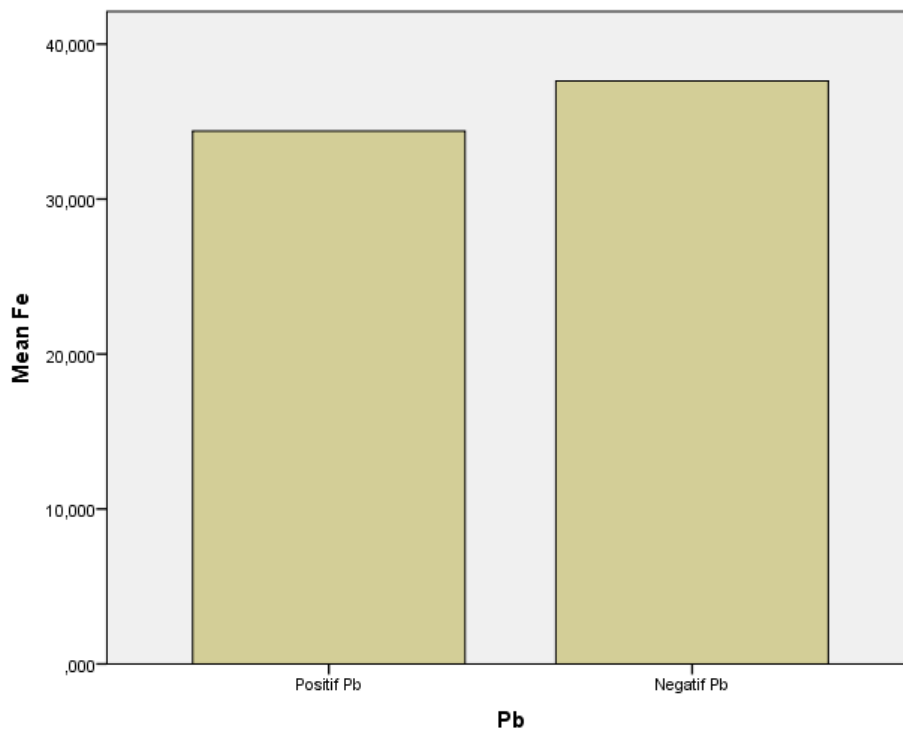
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan sampel darah kambing terhadap adanya logam berat Pb dan unsur Fe disajikan pada Tabel 1 dan 2. Dari 20 sampel darah kambing, 12 di antaranya positif mengandung logam berat Pb dan delapan sampel negatif.

Gambaran secara grafik (Gambar 1) terlihat perbandingan rerata kadar Fe pada sampel yang positif mengandung logam berat Pb, lebih rendah dari pada yang negatif. Walaupun demikian, hasil analisis dengan sidik ragam tidak ada perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antara yang positif dan negatif logam berat Pb (Tabel 3).

Tabel 1. Data hasil pemeriksaan kadar logam berat timbal/Pb dan zat besi/Fe darah kambing yang dipotong di Kota Denpasar yang positif mengandung timbal

No	Kadar Pb (ppm)	Kadar Fe (ppm)	Keterangan
1	0,209	13,681	
2	0,196	40,626	
3	0,190	43,733	
4	0,151	31,940	
5	0,124	42,525	Sampel yang positif mengandung logam berat Pb
6	0,118	39,881	
7	0,112	37,872	
8	0,026	36,542	
9	0,018	38,046	
10	0,014	26,438	
11	0,012	32,546	
12	0,001	28,845	
Rerata	0,098	34,389±8,447	



Gambar 1. Perbandingan kadar Fe darah kambing sampel, antara yang positif mengandung logam berat Pb dengan yang negatif. Tampak kadar Fe lebih tinggi pada sampel yang negatif logam berat Pb.

Tabel 2. Data hasil pemeriksaan kadar logam berat timbal/Pb dan zat besi/Fe darah kambing yang dipotong di Kota Denpasar yang negatif mengandung timbal

No	Kadar Pb (ppm)	Kadar Fe (ppm)	Keterangan
1	0,000	29,986	
2	0,000	38,461	
3	0,000	37,908	Sampel yang tidak mengandung logam berat Pb
4	0,000	35,568	
5	0,000	40,889	
6	0,000	41,726	
7	0,000	39,665	
8	0,000	36,774	
Rerata	0	37,622±3,697	

Tabel 3. Sidik ragam antara kadar zat besi/Fe yang positif mengandung logam berat timbal/Pb dengan yang negatif.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50,157	1	50,157	1,025	325
Within Groups	880,599	18	48,922		
Total	930,756	19			

Tidak ada korelasi antara tingkat kadar Fe dengan tingkat kadar Pb dalam darah kambing sampel, pada sampel yang positif mengandung logam berat Pb. Hasil analisis korelasi antara kadar Pb dan Fe disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis korelasi antara kadar timbal/Pb dengan zat besi/Fe dalam darah kambing yang dipotong di Denpasar.

		Pb	Fe
Pb	Pearson Correlation	1	0,044
	Sig. (2-tailed)		0,891
	N	12	12
Fe	Pearson Correlation	0,044	1
	Sig. (2-tailed)	0,891	
	N	12	12

Secara umum rerata kadar Fe pada darah kambing yang tidak tercemar logam berat Pb tampak lebih tinggi (37,622±3,697 ppm) dari pada darah kambing yang tercemar logam berat Pb (34,389±8,447 ppm). Hasil ini menunjukkan bahwa ada penurunan kadar unsur Fe dalam darah akibat cemaran logam berat Pb, sebagaimana dilaporkan oleh Jang *et al.* (2011), bahwa

cemaran logam berat akan mengakibatkan eritrofagositosis. Tidak signifikannya hasil analisis statistika kemungkinan disebabkan oleh jumlah sampel yang masih terbatas. Perbedaan yang tidak signifikan antara kadar Fe darah kambing yang terpapar dan tidak oleh Pb, kemungkinan diakibatkan oleh beberapa faktor di antaranya lokasi pemeliharaan ternak, kurangnya pakan mengandung Fe yang dapat terabsorpsi, peningkatan kebutuhan Fe akibat pertumbuhan dan kebuntingan. Penurunan kadar Fe juga dapat disebabkan oleh infeksi cacing yang menyebabkan perdarahan *intestinal* (Abbaspour *et al.*, 2014).

Pada hasil pemeriksaan ditemukan adanya cemaran logam berat Pb pada darah kambing sampel. Adanya cemaran logam berat Pb ini menunjukkan bahwa kambing yang dipotong di Kota Denpasar kemungkinan berasal dari peternakan dengan sistem yang tidak layak. Cemaran tersebut dapat berasal dari pakan, air minum dan hijauan yang mengandung logam berat Pb. Sebagaimana dilaporkan oleh Abdulkhaliq *et al.* (2012) bahwa sapi perah yang ditanam secara intensif, dapat tercemar logam berat Pb karena berasal dari hijauan yang tercemar. Ruminansia yang minum air pada ember bekas cat, dapat menjadi sumber masuknya logam berat Pb pada tubuh hewan. Hewan terkadang tertarik dengan bahan yang mengandung logam berat Pb karena komponen Pb dapat memiliki rasa manis. Kontaminasi juga dapat terjadi pada hewan yang dipelihara didekat jalan raya (Siddiqui dan Rajurkar, 2008).

Logam berat Pb tidak memiliki fungsi biologis dalam tubuh, dan dengan demikian ketika memasuki tubuh, Pb bersifat karsinogenik menyebabkan efek kesehatan serius yang mungkin permanen dan menyebabkan kematian. Sistem hematopoietik, sirkulasi, teratogenik, embriotoksik, dan sistem saraf pusat merupakan rangkaian organ yang rentan terhadap bahaya setelah terpapar Pb kadar tinggi (Assi *et al.*, 2016). Berdasarkan laporan penelitian yang dilakukan Leonidis *et al.* (2010) ditemukan bahwa semakin dekat lahan penggembalaan hewan dengan jalan raya maka semakin tinggi kadar Pb dalam darah kambing akibat paparan Pb yang lebih tinggi dari asap kendaraan.

Mengenai tidak adanya korelasi antara kadar Pb dan kadar Fe, dapat disebabkan berbagai faktor di antaranya masih beragamnya sampel yang digunakan baik dari segi fisiologis, kondisi kesehatan, jenis kelamin dan umur kambing yang tidak terkontrol. Secara normal logam berat Pb dalam sistem *gastrointestinal* memiliki jalur absorpsi yang sama dengan Fe sehingga keduanya saling berkompetisi untuk melekat pada protein transfer membran yang sama yaitu *Divalent Metal Transporter 1* (DMT1) (Abbaspour *et al.*, 2014). Di dalam peredaran darah juga dapat terjadi kompetisi antara logam berat Pb dengan unsur

Fe, afinitas Pb terhadap hemoglobin juga lebih besar dibandingkan dengan Fe sehingga menyebabkan *cyanoheemoglobin* sebagaimana dilaporkan oleh Jang *et al.* (2011). Penelitian Keramati *et al.* (2013) juga memaparkan bahwa pada keadaan defisiensi Fe, dapat menyebabkan absorpsi logam berat Pb pada usus kecil meningkat. Hal tersebut sejalan dengan laporan penelitian *cross-sectional* yang dilakukan pada manusia (Elsenhans *et al.*, 2011). Selain melalui saluran cerna, logam berat Pb juga dapat terabsorpsi melalui sistem pernapasan. *Intake* Pb dalam sistem pernapasan adalah melalui respirasi. Asap yang mengandung Pb atau partikel halus kurang dari 0,5 μm mudah diserap paru-paru, sedangkan partikel yang lebih besar dari 2,5 μm yang terdeposit di saluran udara bersilia dapat terhempas saat batuk dan tertelan yang mengakibatkan terjadinya paparan secara oral. Sekitar 95% Pb yang terdeposit diparu-paru masuk kedalam pembuluh darah (El Nouri, 2009; Neal dan Guilarte, 2013).

SIMPULAN

Dari 20 sampel darah kambing yang diperiksa, terdapat 12 sampel yang positif mengandung logam berat Pb. Tidak ada perbedaan antara kadar Fe sampel darah yang positif dan negatif mengandung Pb. Sampel yang positif mengandung Pb, tidak menunjukkan korelasi antara kadar Pb dengan kadar Fe.

SARAN

Diperlukan pengawasan terhadap peternakan dan daging kambing oleh pemegang kebijakan terhadap sumber-sumber cemaran logam berat Pb, untuk menjamin keamanan pangan bagi konsumen daging kambing.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemilik tempat pemotongan kambing di Desa Sanur dan Desa Dauh Puri Kaja Denpasar, serta kepala Laboratorium Analitik Universitas Udayana atas fasilitas yang diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abbaspour N, Hurrell R, Kelishadi R. 2014. Review on iron and its importance for human health. *Journal of research in medical sciences* 19(2): 164.

- Abdulkhaliq A, Swaileh KM, Hussein RM, Matani M. 2012. Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. *International Food Res J* 19(3): 1089-1094.
- Assi MA, Hezmee MNM, Haron AW, Sabri MYM, Rajion MA. 2016. The detrimental effects of lead on human and animal health. *Veterinary World* 9(6): 660.
- Berata IK, Susari NNW, Kardena IM, Ariana INT. 2016. Cemaran Timah Hitam dalam Darah Sapi Bali yang Dipelihara di Tempat Pembuangan Akhir Kota Denpasar. *Jurnal Veteriner* 17(4): 641-646.
- Brochin R, Leone S, Phillips D, Shepard N, Zisa D, Angerio A. 2008. The cellular effect of lead poisoning and its clinical picture. *The Georgetown Undergraduate Journal of Health Sciences* 5(2): 1-8.
- Brownie CF, Brownie C, Lopez V, Cadogan P. 2009. Dogs and goats as sentinels for environmental lead burden in Caribbean basin islands: Jamaica West Indies. *West Indian Veterinary Journal* 9(2): 17-20.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Universitas Jakarta. Indonesia. Hlm 24.
- El Nouri A. 2009. The effect of lead on lung histology of albino mice *Mus musculus*. *Rafidain Journal of Science* 20(3): 29-36.
- Elsenhans B, Janser H, Windisch W, Schümann K. 2011. Does lead use the intestinal absorptive pathways of iron Impact of iron status on murine Pb and Fe absorption in duodenum and ileum in vivo. *Toxicology* 284(1): 7-11.
- Jain A, Wolfe LC, Jain G. 2013. Impact of lead intoxication in children with iron deficiency anemia in low- and middle-income countries. *The American Society of Hematology* 122(3): 1.
- Jang WH, Lim KM, Kim KK, Noh JY, Kbang S, Chang YK, Chung JH. 2011. Low Level of Lead Can Induce Phosphatidylserine Exposure and Erythrophagocytosis: A New Mechanism Underlying Lead-Associated Anemia. *Toxicological Sciences* 122(1): 177-184.
- Kalita DJ, Sarmah BC, Bhattacharyya B, Milli DC. 2006. Serum mineral profile of assam local goat of hills zone during different physiological stages. *Indian Journal of Animal Research* 40(1): 93-94.
- Kasthama IGP, Marhaenyanto E. 2006. Identifikasi Kadar Hemoglobin Darah Kambing Peranakan Etawah Betina Dalam Keadaan Birahi. *Buana Sains* 6(2): 189-193.
- Keramati MR, Manavifar L, Badiie Z, Sadeghian MH, Farhangi H, Mood MB. 2013. Correlation between blood lead concentration and iron deficiency in Iranian children. *Nigerian Medical Journal* 54(5): 325.
- Leonidis A, Crivineanu V, Goran GV, Codreanu MD. 2010. The level of heavy metals in blood and milk from cattle farmed near polluting industries in the province of Thessaloniki. *Lucrari Stintifice Medicina Veterinara* 63(2): 153-158.
- Miller TE, Golemboski KA, Ha RS, Bunn T, Sanders FS, Dietert RR. 1998. Developmental Exposure to Lead Causes Persistent Immunotoxicity in Fischer 344 Rats. *Toxicological Sciences* 42: 129-135.
- Neal AP, Guilarte TR. 2013. Mechanisms of Lead and Manganese Neurotoxicity. *Toxicology Research* 2(2): 99-114.
- Siddiqui MFMF, Rajurkar GR. 2008. Lead-An Emerging Threat to Livestock. *Veterinary World* 1(7): 213.
- Sikiric M, Brajenović N, Pavlović I, Havranek JL, Plavljančić N. 2003. Determination of Metals in Cow's Milk by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry. *Czech Journal of Animal Science* 48(11): 481-486.

- SNI. 2009. Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan. SNI 7387:2009. ICS 67.220.20
- Usmiati S. 2010. *Pengawetan daging segar dan olahan*. Bogor. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian. Kampus Penelitian Pertanian. Hlm. 2