

Akumulasi Timah Hitam dalam Daging dan Tulang Ayam Kampung dan Ayam Negeri

(*LEAD ACCUMULATION IN MEAT AND BONES OF DOMESTIC AND BROILER CHICKEN*)

Djohan¹, Charles Rangga Tabbu²

¹Laboratorium Zoologi, Fakultas Bioteknologi,
Universitas Kristen Duta Wacana
Jl. Dr. Wahidin, Yogyakarta, DIY 55224
Telp: 0274-563929 Ext. 221; Email: djohan@staff.ukdw.ac.id

²Laboratorium Patologi, Fakultas Kedokteran Hewan,
Universitas Gadjah Mada
Jl. Fauna No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta, DIY 55281

ABSTRAK

Timah hitam atau timbal (Pb) adalah salah satu logam berat yang mencemari lingkungan, terakumulasi dan menyebabkan neurotoksik dan nefrotoksik pada hewan dan manusia. Daging ayam merupakan salah satu bahan pangan hewani yang dapat menjadi sumber pemaparan Pb pada manusia. Pemaparan Pb pada manusia melalui konsumsi ayam dapat diperkirakan dengan mengetahui konsentrasi dan akumulasi Pb pada bagian tubuh ayam serta pola konsumsi bagian dan jaringan tubuh ayam. Penelitian ini bertujuan mengukur konsentrasi Pb pada jaringan tubuh ayam serta memperkirakan pemaparan Pb pada manusia melalui konsumsi bagian (dada, paha, sayap) dan jaringan tubuh ayam (daging, kulit, tulang rawan, dan tulang pori). Sampel diekstraksi dengan menggunakan *aqua regia digestible method* yang terdiri atas campuran HCl: HNO₃ (3:1; v/v) dan konsentrasi Pb diukur menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom. Konsentrasi Pb dalam jaringan tubuh ayam ditemukan bervariasi dari kadar kurang dari 0,01 hingga 1,81 µg.g⁻¹ bobot kering. Semua bagian dan jaringan tubuh ayam yang dikonsumsi termasuk daging memiliki rata-rata konsentrasi lebih rendah dari baku mutu konsentrasi Pb dalam daging unggas yang aman untuk dikonsumsi (1,0 µg.g⁻¹), kecuali pada tulang rawan dada ayam kampung (1,03 µg.g⁻¹). Akumulasi Pb terendah sebesar 2,6 µg terdapat dalam daging sayap ayam kampung dan akumulasi tertinggi sebesar 32,9 µg terdapat dalam dada ayam negeri (total daging, kulit, dan tulang rawan). Berdasarkan data akumulasi Pb pada jaringan tubuh ayam, telah ditentukan persamaan polinomial ordo dua untuk hubungan probabilitas (P) dengan akumulasi Pb (A, dalam µg) di jaringan tubuh ayam yaitu $P = -(1 \times 10^{-3})A^2 + (6,4 \times 10^{-2})A$.

Kata-kata kunci: timah hitam, akumulasi, pemaparan, ayam kampung

ABSTRACT

Lead is a heavy metal polluting the environment, and its accumulation in animal or human bodies can have neurotoxic and nephrotoxic effects on animals and human. Lead-contaminated chicken meat can be the source of lead to human. Lead exposure to human can be assessed by measuring its concentration and accumulation in chicken body parts and analyzing chicken consumption patterns. This study was conducted to measure lead concentrations in chicken body parts and to estimate lead exposure caused by consumption of chicken body parts (breast, legs, wings) and tissues (meat, skin, cartilage, spongy bones). Samples were extracted by using *aqua regia digestible method* with a mixture of HCl: HNO₃ (3:1; v/v) and lead concentrations were measured by the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. The lead concentrations in chicken tissues varied from < 0.01 to 1.81 µg.g⁻¹ dry weight. The average concentrations of lead in chicken tissues were lower than the recommended safety level of lead in chicken meat (1.0 µg.g⁻¹), except for the breast cartilage (1.03 µg.g⁻¹). The lowest accumulation level 2.6 µg.g⁻¹ was found in domestic chicken wings while the highest of 32.9 µg.g⁻¹ was found in broiler chicken breast (total of meat, skin, cartilage). Based on the data of lead accumulation in chicken tissues, a polynomial equation describing the probability (P) to be exposed to certain amount of lead in chicken tissues (A, in µg) was determined as $P = -(1 \times 10^{-3})A^2 + (6,4 \times 10^{-2})A$.

Keywords: lead, accumulation, exposure

PENDAHULUAN

Timah hitam atau timbal (Pb) adalah logam berat yang mengakibatkan efek neurotoksik, nefrotoksik, dan anemia pada hewan dan manusia (Skerfving dan Bergdahl, 2007). Manusia mengalami paparan Pb melalui konsumsi bahan pangan asal hewan dan tumbuhan, serta inhalasi udara terkontaminasi partikulat mengandung Pb (WHO, 2000). Paparan adalah kontak jaringan tubuh dengan substansi kimia melalui sentuhan atau kontak kulit, ingesti minuman dan makanan, atau pernafasan (Connell, 2005). Salah satu upaya untuk melindungi kesehatan manusia dari efek toksik Pb adalah melakukan monitoring paparan Pb pada bahan pangan dan tubuh manusia. Sebagai contoh, Hu (1998) menggunakan konsentrasi Pb tulang manusia sebagai *biomarker* akumulasi Pb secara kronis dan implikasinya terhadap perlindungan kesehatan manusia. Sementara itu, Gonzales-Weller *et al.* (2006) melakukan *monitoring* Pb dalam daging ayam, sapi, dan babi untuk perlindungan kesehatan masyarakat di Spanyol.

Tulang telah diketahui sebagai organ yang berfungsi sebagai tempat akumulasi utama (90%) Pb pada berbagai hewan termasuk unggas (Burger dan Gochfeld, 2000). Tulang yang terdiri atas tulang keras (*compact bone*), tulang berpori (*spongy bone*), dan tulang rawan (*cartilage*) pada unggas dilaporkan mengandung Pb (Ethier *et al.*, 2007). Meskipun tulang keras dikategorikan sebagai bagian tubuh yang tidak untuk dikonsumsi (*non-edible food*), makanan olahan dari tulang keras seperti kaldu ayam yang dibuat dari rebusan tulang dan mengandung Pb (Monro *et al.*, 2013) serta bagian tulang rawan dalam cakar ayam kampung yang mengandung Pb (Djohan dan Tabbu, 2010) dikonsumsi oleh sebagian anggota masyarakat. Tingkat paparan Pb pada unggas diketahui dengan mengukur konsentrasi Pb pada darah dan organ visceral (Garcia-Fernandez *et al.*, 1996).

Dada, paha, dan sayap merupakan bagian-bagian tubuh ayam yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat, tetapi belum banyak diketahui tentang proporsi konsumen yang lebih memilih dada ayam sebagai bagian utama yang dikonsumsi dibandingkan dengan kedua bagian lainnya. Demikian juga halnya dengan proporsi konsumen yang mengkonsumsi jaringan-jaringan tubuh yang lain seperti kulit, tulang rawan, dan tulang pori ayam. Hal tersebut belum banyak diketahui dan dilaporkan dalam

pustaka. Selain itu, proporsi konsumsi bagian dan jaringan tubuh ayam kampung dan ayam negeri oleh manusia belum diketahui, sehingga tidak dapat digunakan untuk perhitungan paparan terhadap manusia melalui konsumsi ayam.

Dalam upaya *monitoring* lingkungan dan keamanan pangan, dibutuhkan data konsentrasi dan akumulasi Pb dalam jaringan tubuh ayam serta probabilitas pola konsumsi bagian dan jaringan tubuh ayam. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan (a) mengetahui tingkat konsentrasi dan akumulasi Pb pada tiga bagian tubuh ayam (dada, paha, sayap), yang terdiri atas lima jaringan tubuh ayam (daging, kulit, tulang rawan, tulang pori, dan tulang keras), pada dua jenis ayam (ayam kampung dan ayam negeri) serta (b) mengetahui proporsi konsumsi bagian dan jaringan tubuh ayam sehingga dapat memperkirakan probabilitas paparan Pb terhadap manusia melalui konsumsi bagian tubuh ayam.

METODE PENELITIAN

Ayam kampung betina umur enam bulan (empat ekor) dan ayam negeri betina umur 1,5 bulan (empat ekor) dibeli dari salah satu pasar tradisional di kota Yogyakarta. Penentuan umur disesuaikan dengan umur siap potong dan dikonsumsi sehingga sesuai dengan kondisi paparan yang sebenarnya terhadap manusia. Rataan bobot hidup ayam kampung ialah $1,03 \pm 0,05$ kg sedangkan rata-rata bobot hidup ayam negeri ialah $1,55 \pm 0,06$ kg. Setelah dipotong, tiga bagian tubuh ayam yaitu dada, paha, dan sayap dari setiap ayam dipisahkan menjadi lima jaringan tubuh ayam yaitu daging, kulit, tulang rawan, tulang pori, dan tulang keras. Jaringan tubuh ayam yang telah dipisahkan kemudian dikeringkan dalam oven 105°C selama empat jam, dan bobot kering ditimbang sehingga diperoleh data rata-rata bobot kering (bk). Selanjutnya sebanyak dua gram berat kering dari masing-masing jenis jaringan tubuh ayam diekstraksi dua kali masing-masing menggunakan campuran 18 mL HCl : 6 mL HNO₃ (3:1, v/v). Ekstraksi dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana (UKDW), Yogyakarta. Hasil ekstraksi berupa 10 mL ekstrak selanjutnya dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Perkin Elmer 3110, di Laboratorium Kimia Fakultas

Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta untuk memperoleh konsentrasi Pb dalam jaringan tubuh ayam.

Data konsentrasi Pb dalam masing-masing jaringan tubuh ayam (K_i) ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ bk) selanjutnya dipergunakan untuk menghitung akumulasi Pb dalam jaringan tubuh ayam dengan menggunakan persamaan: $A_i = K_i \times B_i$. Dalam persamaan ini, A_i adalah akumulasi massa Pb pada jaringan tubuh i (μg) dan B_i adalah bobot kering jaringan tubuh ayam (g). Data akumulasi yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghasilkan distribusi frekuensi dan distribusi kumulatif untuk akumulasi Pb dalam setiap jaringan tubuh ayam. Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel*® 2010.

Sejumlah 85 responden dikontak melalui *Short Message Service* (SMS) dan surat elektronik untuk mengetahui pola konsumsi ayam oleh masing-masing responden. Ketiga pola konsumsi ayam yang diteliti ialah (a) pola pilihan ayam yang dikonsumsi (proporsi mengkonsumsi ayam kampung dan atau ayam negeri, masing-masing dinyatakan dalam kelipatan 10%, dengan total kombinasi pilihan konsumsi kedua jenis ayam sebesar 100%); (b) pola urutan pilihan atau preferensi bagian tubuh ayam yang dikonsumsi (paha, sayap, atau dada); dan (c) pola jaringan tubuh ayam yang dikonsumsi (daging; daging dan kulit; daging, kulit dan tulang rawan; atau daging, kulit, tulang rawan dan tulang pori). Selanjutnya dengan mengkombinasikan data akumulasi Pb dalam jaringan tubuh ayam dengan tiga pola konsumsi ayam maka dibuat grafik probabilitas kumulatif akumulasi Pb dalam jaringan tubuh ayam. Evaluasi keamanan pangan daging unggas dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan konsentrasi Pb dalam jaringan tubuh unggas dengan batas maksimum cemaran Pb dalam daging unggas yang telah ditetapkan Badan Standardisasi Nasional (BSN, 2009) dan *World Health Organization* (WHO, 2000).

HASIL DAN PEMBAHASAN

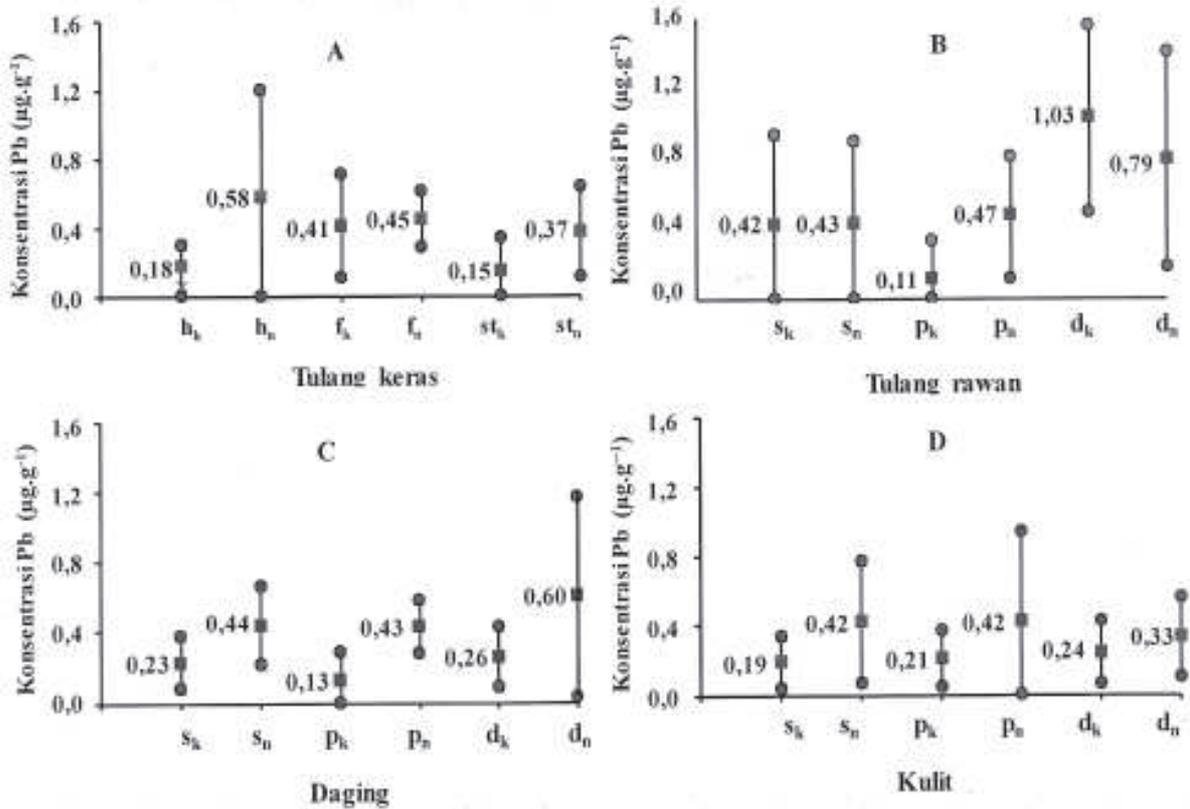
Konsentrasi Pb dalam Jaringan Tubuh Ayam

Konsentrasi Pb dalam jaringan tubuh ayam kampung dan ayam negeri disajikan dalam Tabel 1, dalam unit $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ bobot kering (bk).

Koefisien variasi memiliki nilai yang bervariasi antara jenis ayam (ayam kampung dan ayam negeri) serta antara jenis jaringan (tulang keras, tulang pori, kartilago, daging, dan kulit) sebagaimana yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Koefisien variasi terkecil (18%) terdapat pada os radius ulna, sedangkan koefisien variasi terbesar (200%) ditemukan pada os radius ulna dan tulang rawan paha. Koefisien variasi terbesar untuk konsentrasi Pb dalam tulang dalam penelitian ini (200%) relatif lebih besar dibandingkan dengan koefisien variasi 98% untuk konsentrasi Pb dalam tulang bebek (Ethier *et al.*, 2007). Penelitian ini menggunakan jumlah delapan sampel masing-masing empat ekor untuk ayam kampung dan ayam negeri, sementara itu sejumlah 48 sampel digunakan oleh Ethier *et al.* (2007). Variasi konsentrasi Pb dalam tulang dan tulang rawan mungkin berhubungan dengan perbedaan karakteristik biokimiawi tulang dan tulang rawan. Sebagai contoh, tulang rawan yang terdapat pada persendian os humerus dengan os scapula, os ulna dengan os radius memiliki kadar protein glikosaminoglikan yang berbeda-beda (Rodrigues *et al.*, 2005).

Pada Gambar 1 disajikan rata-rata konsentrasi, konsentrasi minimum dan konsentrasi maksimum Pb pada empat jaringan yaitu tulang keras, tulang rawan, daging, dan kulit, baik pada ayam kampung maupun pada ayam negeri. Konsentrasi pada keempat jaringan berkisar mulai dari di bawah $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (limit deteksi) hingga $1,81 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (kartilago dada ayam kampung). Konsentrasi Pb dalam tulang rawan umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi Pb dalam ketiga jaringan lainnya (Gambar 1.B). Konsentrasi Pb dalam daging umumnya memiliki selisih konsentrasi maksimum dengan konsentrasi minimum yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan ketiga jaringan lainnya, kecuali untuk konsentrasi Pb dalam dada ayam negeri (Gambar 1.C).

Konsentrasi Pb dalam jaringan tulang keras sebagaimana yang ditemukan dalam penelitian ini memiliki nilai yang lebih rendah atau relatif sama dibandingkan dengan konsentrasi Pb dalam tulang bebek *Somateria mollissima*, sebagaimana dilaporkan oleh Ethier *et al.* (2007). Sebagai contoh perbandingan, konsentrasi Pb dalam os femur pada penelitian ini sebesar $< 0,01 - 0,72 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ adalah lebih rendah dibandingkan konsentrasi yang diperoleh Ethier *et al.* (2007) sebesar $0,14 - 3,50 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (bk). Pada contoh yang lain, konsentrasi Pb dalam



Gambar 1. Konsentrasi Pb pada jaringan tulang keras, tulang rawan, daging, dan kulit. Sumbu Y pada gambar ini adalah data konsentrasi Pb dalam satuan unit $\mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering. Sumbu X pada gambar A menunjukkan jenis jaringan tulang keras (A) yang terdiri atas os humerus (h), os femur (f) dan os sternum (st). Sumbu X pada gambar B, C, D menunjukkan jenis bagian tubuh ayam yaitu sayap (s), paha (p), dan dada (d). Pada semua gambar A, B, C, D, dilengkapi dengan symbol untuk ayam kampung (*subscript_k*) dan ayam negeri (*subscript_n*) serta data konsentrasi rata-rata Pb pada jaringan yang dimaksud.

os humerus dalam penelitian ini lebih kecil dari $0,01-1,43 \mu\text{g.g}^{-1}$, berada dalam kisaran yang relatif sama dengan konsentrasi $0,13-2,44 \mu\text{g.g}^{-1}$ sebagaimana dilaporkan Ethier *et al.* (2007).

Konsentrasi Pb dalam daging dan kulit pada penelitian ini berkisar antara $<0,01-1,17 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Tabel 1) yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi Pb dalam daging dan kulit cakar ayam kampung sebagaimana dilaporkan oleh Djohan dan Tabbu (2010) sebesar $0,9-3,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ (bk). Rataan konsentrasi Pb dalam sebagian tulang rawan dada dan tulang rawan sayap ayam kampung pada penelitian ini (Gambar 1.B) lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi Pb dalam tulang keras untuk bagian tubuh yang sama (Gambar 1.A). Kalisinska *et al.* (2007) melaporkan bahwa kadar Zn, Cu, dan Fe pada tulang rawan unggas *Aythya marila* dan *A. ferina* lebih tinggi dibandingkan dengan kadar

logam yang sama pada tulang keras. Meskipun demikian, Kalisinska *et al.* (2007) tidak menemukan adanya perbedaan untuk konsentrasi Pb dan kadmium (Cd) antara tulang keras dan tulang rawan.

Memperhatikan bahwa BSN (2009) telah menetapkan batas maksimum cemaran logam berat timah hitam dalam daging unggas sebesar $1,0 \mu\text{g.g}^{-1}$, maka daging ayam kampung dan negeri sebagaimana dilaporkan dalam Tabel 1 pada penelitian ini ($0,13-0,60 \mu\text{g.g}^{-1}$) memenuhi persyaratan keamanan daging unggas untuk dikonsumsi. Rataan konsentrasi Pb dalam kulit ayam negeri ($0,33-0,42 \mu\text{g.g}^{-1}$) serta dalam semua tulang rawan ($0,42-1,03 \mu\text{g.g}^{-1}$) kecuali tulang rawan paha ayam kampung ($0,11 \mu\text{g.g}^{-1}$), lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi maksimum Pb dalam kategori produk pangan selain daging dan organ dalam, sesuai standar BSN (2009) sebesar $0,25 \mu\text{g.g}^{-1}$. Hal tersebut

Tabel 1 Konsentrasi Pb ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) pada bagian-bagian tubuh ayam kampung dan ayam negeri.

Jaringan	Struktur anatomi	K ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Ayam kampung		K ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Ayam negeri		KV (%)	
		K \pm σ	K _{min} - K _{maks}	K \pm σ	K _{min} - K _{maks}	Ayam kampung	Ayam negeri
Tulang Keras	Os femur	0,41 \pm 0,30	< 0,01 – 0,72	0,45 \pm 0,16	0,25 – 0,65	74	37
	Os tibia fibula	0,27 \pm 0,20	< 0,01 – 0,43	0,27 \pm 0,20	< 0,01 – 0,47	73	73
	Oshumerus	0,18 \pm 0,12	< 0,01 – 0,25	0,58 \pm 0,62	< 0,01 – 1,43	68	107
	Os radius ulna	0,43 \pm 0,08	0,36 – 0,54	0,82 \pm 0,74	< 0,01 – 1,64	18	90
	Os sternum	0,15 \pm 0,19	< 0,01 – 0,40	0,37 \pm 0,26	< 0,01 – 0,63	131	72
	Os costae	0,56 \pm 0,22	0,38 – 0,86	0,54 \pm 0,39	< 0,01 – 0,93	40	73
Tulang pori	Os femur	0,29 \pm 0,19	0,32 – 0,54	0,33 \pm 0,29	< 0,01 – 0,69	67	89
	Os tibia-fibula	0,46 \pm 0,11	0,32 – 0,58	0,32 \pm 0,29	< 0,01 – 0,69	23	92
	Os humerus	0,40 \pm 0,10	0,32 – 0,54	0,39 \pm 0,35	< 0,01 – 0,81	26	89
Tulang rawan	Os ulna	0,07 \pm 0,15	< 0,01 – 0,29	0,46 \pm 0,36	< 0,01 – 0,85	200	79
	Paha	0,11 \pm 0,22	< 0,01 – 0,43	0,47 \pm 0,33	< 0,01 – 0,77	200	71
Daging	Sayap	0,42 \pm 0,51	< 0,01 – 1,04	0,43 \pm 0,45	< 0,01 – 1,07	122	106
	Dada	1,03 \pm 0,52	0,72 – 1,81	0,79 \pm 0,61	0,27 – 1,51	51	78
	Paha	0,13 \pm 0,16	< 0,01 – 0,32	0,43 \pm 0,15	0,25 – 0,58	120	36
Kulit	Sayap	0,23 \pm 0,15	< 0,01 – 0,32	0,44 \pm 0,22	0,18 – 0,72	67	50
	Dada	0,26 \pm 0,17	< 0,01 – 0,36	0,60 \pm 0,57	< 0,01 – 0,99	67	94
	Paha	0,21 \pm 0,16	< 0,01 – 0,36	0,42 \pm 0,52	< 0,01 – 1,17	76	124
	Sayap	0,19 \pm 0,15	< 0,01 – 0,36	0,42 \pm 0,35	< 0,01 – 0,81	79	84
	Dada	0,24 \pm 0,18	< 0,01 – 0,32	0,33 \pm 0,23	< 0,01 – 0,54	77	72

Keterangan:

K = Rataan konsentrasi Pb dalam bagian dan jaringan tubuh ayam (berat kering)

δ = standar deviasi

K_{min} = Konsentrasi minimum; K_{maks} = Konsentrasi maksimum

KV = Koefisien Variasi=(δ/K) x 100%

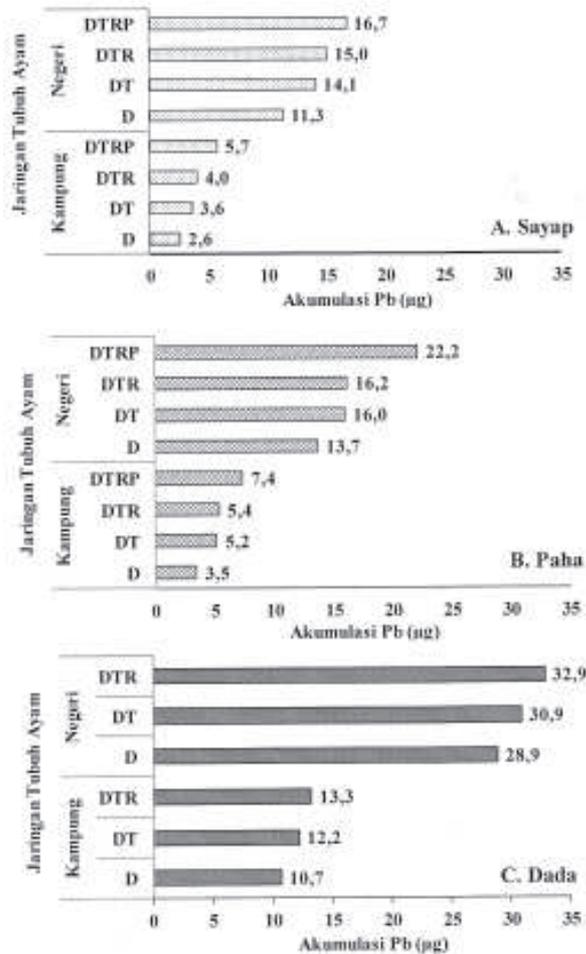
menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dalam kulit dan tulang rawan sebagaimana yang dilaporkan dalam penelitian ini belum memenuhi standar keamanan pangan yang ditetapkan. Batasan atau pengurangan konsumsi kulit dan tulang rawan merupakan salah satu alternatif upaya pengurangan risiko yang dapat ditempuh.

Akumulasi Pb dalam Jaringan Tubuh Ayam

Akumulasi Pb dalam bagian tubuh dan jaringan tubuh ayam kampung dan ayam negeri disajikan pada Gambar 2, masing-masing untuk bagian sayap (Gambar 2.A), paha (Gambar 2.B), dan dada (Gambar 2.C). Koefisien variasi untuk akumulasi Pb dalam jaringan tubuh ayam bervariasi dari yang terendah sebesar 18% (os tibia fibula ayam kampung) hingga 200% (os radius ulna ayam kampung). Pada masing-

masing bagian tubuh, ditunjukkan pemaparan Pb sesuai pola konsumsi, yaitu hanya konsumsi daging (D), daging dan kulit (DT), daging, kulit, dan tulang rawan (DTR), serta daging, kulit, tulang rawan, dan tulang pori (DTRP). Pemaparan terendah ditemukan untuk pemaparan melalui konsumsi daging sayap ayam kampung sebesar 2,6 μg per potong sayap ayam kampung (Gambar 2.A), sedangkan pemaparan tertinggi ialah melalui konsumsi daging, kulit, dan tulang rawan dada ayam negeri (32,9 μg per potong dada, Gambar 2.C). Dengan demikian, faktor perbandingan antara pemaparan tertinggi dengan pemaparan terendah dapat dihitung sebesar 12,7 kali.

Akumulasi Pb dalam bagian dada relatif lebih besar jika dibandingkan dengan bagian paha dan sayap (Gambar 2). Ayam kampung dan ayam negeri yang digunakan dalam penelitian ini masing-masing berumur enam dan 1,5 bulan,



Gambar 2. Akumulasi Pb pada bagian dan jaringan tubuh ayam kampung dan ayam negeri. Gambar ini menjelaskan akumulasi Pb (dalam unit µg) pada tiga bagian tubuh (dada, paha, sayap), yang masing-masing terdiri atas jaringan yang dikonsumsi (daging, kulit, tulang rawan, tulang pori). Konsumsi bagian dan jaringan tubuh ayam terdiri atas empat pola yaitu hanya daging (D); daging dan kulit (DT); daging, kulit, dan tulang rawan (DTR); serta daging, kulit, tulang rawan, dan tulang pori (DTRP).

yang sesuai dengan umur pada waktu dipotong atau umur konsumsi. Jika ayam dipotong pada umur yang lebih tua, misalkan pada umur 3-5 tahun sebagai lama umur hidup alami, diperkirakan Pb yang terakumulasi dapat lebih besar memperhatikan bahwa Pb mengalami bioakumulasi di jaringan tubuh unggas sesuai dengan umur unggas. Sebagai contoh konsen-

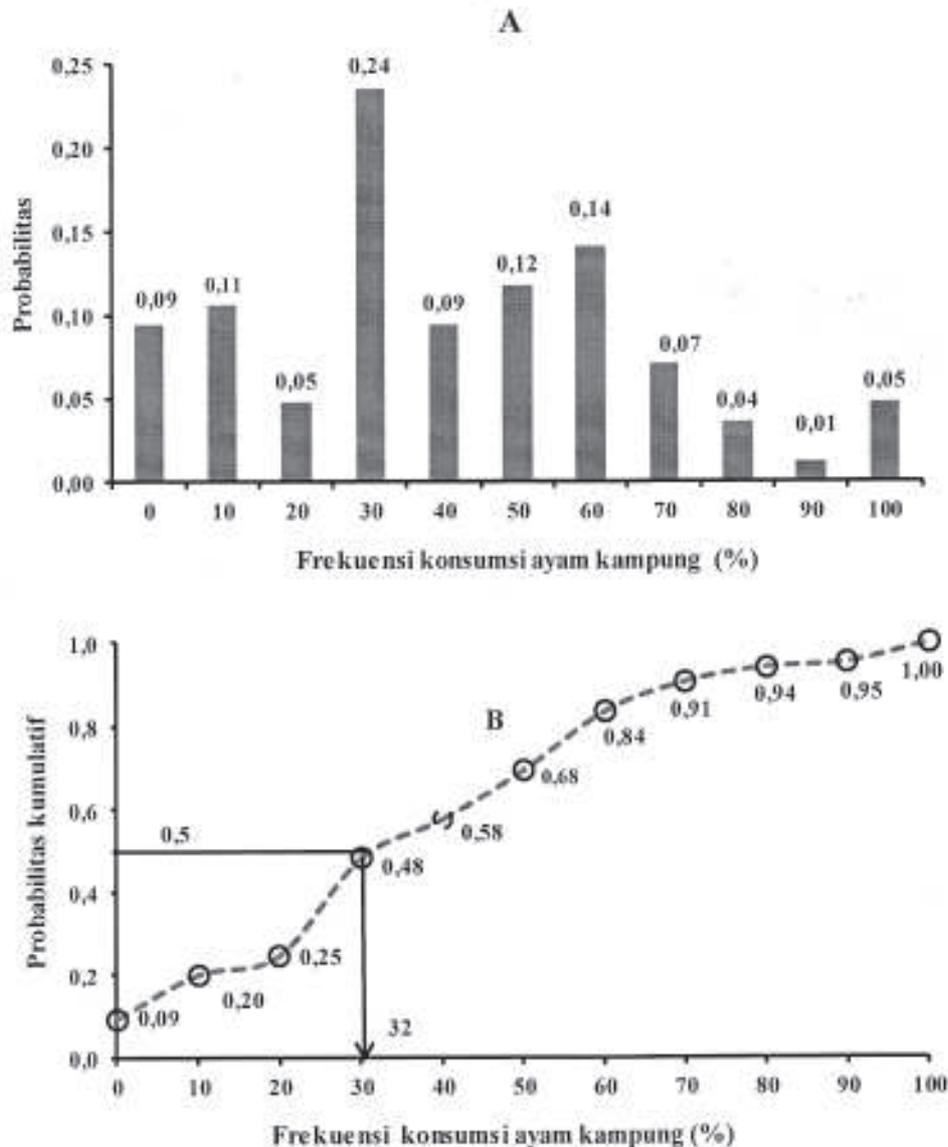
trasi Pb dalam jaringan paru-paru pada burung dara yang berumur 9-10 tahun adalah lebih tinggi dibandingkan dengan pada kelompok umur yang lebih muda (Cui *et al.*, 2013). Pb juga diketahui mengalami bioakumulasi pada burung *Egyptian vultures* yang berusia relatif panjang (Gangoso *et al.*, 2009).

Probabilitas Pemaparan Pb Terkait Konsumsi Jenis Ayam

Pilihan konsumen dalam hal jenis ayam yang dikonsumsi (ayam kampung dan ayam negeri), disajikan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut, diketahui bahwa probabilitas konsumen tidak mengkonsumsi ayam kampung adalah 0,09 yang merupakan gabungan dari probabilitas tidak memakan ayam (tma, 0,06) dan probabilitas tidak mengkonsumsi ayam kampung tetapi mengkonsumsi ayam negeri (0,03). Bagi yang mengkonsumsi ayam diperoleh sebaran mulai mengkonsumsi ayam kampung 0% dan ayam negeri 100%, hingga mengkonsumsi ayam kampung 100% dan ayam negeri 0% (total konsumsi kedua jenis ayam ialah 100%). Probabilitas tertinggi (0,24) adalah untuk kelompok konsumen yang mengkonsumsi ayam kampung 30% dan ayam negeri 70%. Probabilitas terendah (0,01) adalah untuk kelompok konsumsi ayam kampung 90% dan ayam negeri 10%. Selain itu, diketahui bahwa probabilitas konsumen ayam kampung 100% dan ayam negeri 0% ialah sebesar 0,05. Dengan menggunakan grafik probabilitas kumulatif konsumsi ayam kampung (Gambar 3.B), diperoleh hasil bahwa rata-rata konsumen (probabilitas 0,5) mengkonsumsi 32% ayam kampung dan 68% ayam negeri.

Probabilitas Pemaparan Pb Terkait Konsumsi Bagian dan Jaringan Tubuh Ayam

Bagian tubuh ayam dan jaringan tubuh ayam yang dipilih (preferensi) oleh konsumen disajikan masing-masing pada Gambar 4 dan Gambar 5. Konsumen memakan bagian dada ayam sebagai pilihan pertama dibandingkan dengan paha dan sayap, dengan probabilitas 0,48 (Gambar 4), yang merupakan penjumlahan probabilitas 0,27 untuk konsumen memilih dengan urutan dada > paha > sayap (dps), dan probabilitas 0,21 untuk konsumen memilih dengan urutan dada > sayap > paha (dsp). Konsumen memilih paha sebagai preferensi kedua dengan probabilitas 0,36, dan memilih sayap sebagai pilihan ketiga atau terakhir untuk

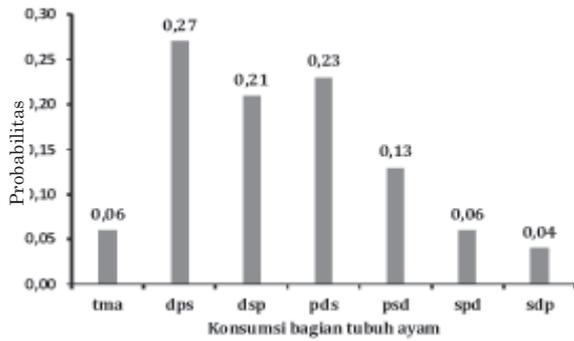


Gambar 3. Probabilitas konsumsia yam kampung. Dalam Gambar 3.A., disajikan data distribusi frekuensi konsumsi ayam kampung, dinyatakan dalam kelipatan 10%. Frekuensi konsumsi ayam negeri dihitung sebagai 100% – % frekuensi konsumsi ayam kampung. Gambar 3.B merupakan probabilitas kumulatif dari frekuensi konsumsi ayam kampung. Rataan atau 50% responden (ditunjukkan pada sumbu probabilitas kumulatif 0,5) mengkonsumsi ayam kampung 32% dan ayam negeri 68%.

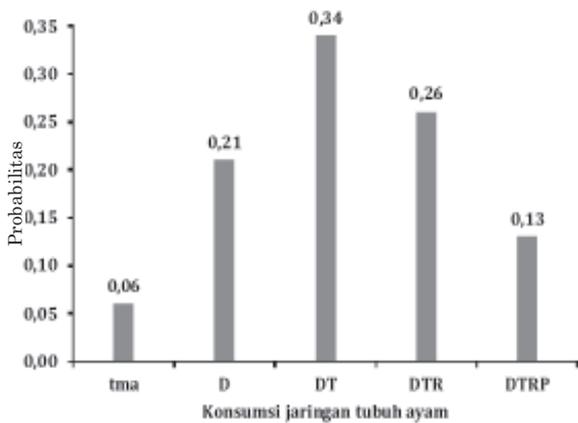
dikonsumsi (probabilitas 0,10). Berdasarkan informasi pada Gambar 4, akumulasi Pb di bagian dada ayam dapat digunakan sebagai rataan pemaparan (50%) memperhatikan bahwa akumulasi Pb lebih banyak di dada ayam sesuai dengan bobot dada ayam yang lebih besar jika dibandingkan dengan bobot paha atau sayap ayam. Bobot kering daging dada ayam kampung dan daging dada ayam negeri pada penelitian ini masing-masing sebesar 41 dan 48 gram, lebih

besar jika dibandingkan dengan bobot kering paha ayam kampung dan ayam negeri (27 dan 32 gram) serta sayap ayam kampung dan ayam negeri (12 dan 25 gram).

Konsumen dapat dikategorikan dalam empat kelompok menurut jenis jaringan tubuh ayam yang dikonsumsi, yaitu yang hanya mengkonsumsi daging (D) dengan probabilitas 0,21, mengkonsumsi daging dan kulit (DT) dengan probabilitas 0,34, mengkonsumsi daging,



Gambar 4. Probabilitas preferensi konsumsi bagian tubuh ayam. Responden menunjukkan preferensi konsumsi tertinggi pada bagian dada (dps = dada >paha>sayap dan dsp = dada >sayap>paha), yang diikuti dengan bagian paha (pds = paha > dada >sayap dan psd = paha >sayap >dada), dan preferensi konsumsi terendah untuk bagian sayap (spd = sayap >paha >dada dan sdp = sayap >dada >paha). Sebagian responden tidak mengkonsumsi ayam (kode tma).

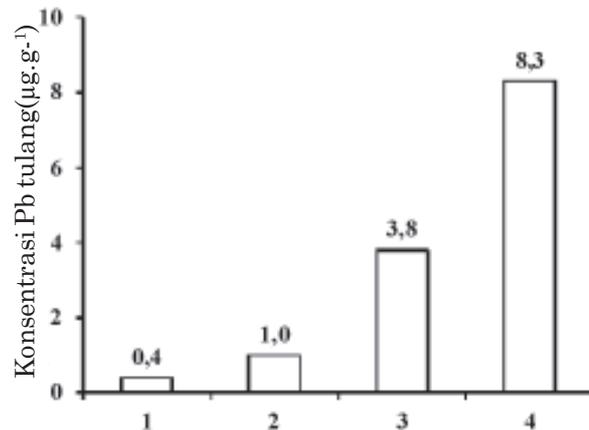


Gambar 5. Probabilitas preferensi konsumsi jaringan tubuh ayam. Responden menunjukkan preferensi konsumsi tertinggi pada daging dan kulit (DT), Yang kemudian secara berurutan diikuti pada daging, kulit, dan tulang rawan (DTR); hanya mengkonsumsi daging (D); dan terendah pada preferensi konsumsi keempat jaringan tubuh daging, kulit, tulang rawan dan tulang pori (DTRP). Sebagian responden tidak mengkonsumsi ayam (kode tma).

kulit, dan tulang rawan (DTR) dengan probabilitas 0,26, serta mengkonsumsi keempat jaringan yaitu daging, kulit, tulang rawan, dan tulang pori (DTRP) dengan probabilitas 0,13 (Gambar 5). Dengan memperhitungkan probabilitas tidak mengkonsumsi ayam sebesar 0,06, maka dapat diketahui bahwa probabilitas konsumen memakan jaringan tubuh selain daging ialah 0,73. Probabilitas sebesar 0,13 untuk konsumen DTRP yang mengkonsumsi empat jenis jaringan, dapat diasumsikan sebagai probabilitas untuk mengalami paparan tingkat tinggi atau *high end exposure*. Konsumen DTRP akan mengalami paparan Pb dalam jaringan tubuh ayam sebanyak 0,5 hingga 1,2 kali lebih tinggi dibandingkan dengan konsumen daging (D), (Gambar 2.A dan 2.B).

Analisa Risiko Paparan Pb pada Unggas

Konsentrasi rata-rata Pb dalam tulang (os femur) ayam kampung sebesar 0,41 µg.g⁻¹ yang diperoleh dalam penelitian ini dibandingkan dengan hasil-hasil dari penelitian lain dalam Gambar 6. Pemilihan konsentrasi Pb dalam os femur dilakukan dengan memperhatikan bahwa konsentrasi dalam os femur relatif sama antara ayam kampung dengan ayam negeri (Tabel 1).



Gambar 6. Perbandingan konsentrasi rata-rata Pb dalam tulang pada beberapa jenis unggas. Konsentrasi rata-rata Pb dalam tulang ayam pada penelitian ini (1) lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi rata-rata Pb dalam tulang unggas yang dilaporkan dalam pustaka yaitu (2) Ethier *et al.* (2007); (3) Djohan dan Tabbu (2010), serta (4) Nam dan Lee (2009).

Konsentrasi Pb dalam os femur juga dilaporkan oleh Ethier *et al.* (2007) serta Djohan dan Tabbu, (2010). Konsentrasi Pb dalam tulang pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan yang dilaporkan oleh Ethier *et al.* (2007) serta Djohan dan Tabbu (2010). Dua artikel penelitian tersebut yang digunakan sebagai pembanding adalah konsentrasi Pb dalam tulang unggas yang tidak mengalami toksisitas. Sebagai perbandingan ketiga, digunakan konsentrasi Pb dalam tulang pada unggas yang mengalami toksisitas dan kematian (mortalitas), sebagaimana dilaporkan oleh Nam dan Lee (2009), yang menemukan ada hubungan antara kematian dari 20 burung *Aegyptius monachus* di Korea Selatan dengan tingginya konsentrasi Pb dalam tulang (rata-rata 8,3 µg.g⁻¹bk, konsentrasi maksimum 29 µg.g⁻¹), selain ditemukan gejala klinis dehidrasi karkas serta atrofi otot paha dan otot dada. Mateo *et al.* (2003) melaporkan bahwa konsentrasi Pb 20 µg.g⁻¹bk dalam os femur dan os humerus pada satu dari 229 burung yang diteliti di Spanyol memiliki hubungan dengan efek letal, selain itu konsentrasi Pb dalam tulang sebesar > 10µg.g⁻¹bk ditemukan pada 10 dari 229 burung yang diteliti.

Berdasarkan konsentrasi Pb dalam os femur penelitian ini (K_g) dan konsentrasi toksik Pb dalam tulang yang mengakibatkan kematian unggas (K_{tok}) maka dapat dihitung Koefisien Risiko (KR) sebagai

$$KR = \frac{K_g}{K_{tok}} = \frac{0,41 \mu g \cdot g^{-1}}{29 \mu g \cdot g^{-1}} = 0,014$$

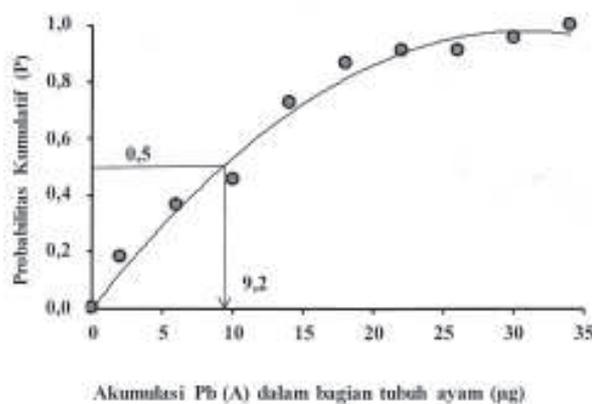
Nilai Koefisien Risiko yang diperoleh dalam penelitian ini sebesar 0,014 yang jauh lebih rendah dari KR 1,0. Hal ini bermakna bahwa konsentrasi Pb dalam tulang ayam dalam penelitian ini tidak mengakibatkan efek toksik kematian pada unggas, terlebih nilai KR yang diperoleh jauh lebih rendah (1/71 kali). Selain kematian, paparan Pb pada unggas dapat mengakibatkan efek pada perkembangan, pergerakan, keseimbangan, pola mencari makan, pengaturan suhu, dan pengenalan terhadap unggas lain (Burger dan Gochfeld, 2000).

Pemaparan Pb pada Manusia Melalui Konsumsi Bagian dan Jaringan Tubuh Ayam

Akumulasi Pb dalam bagian dan jaringan tubuh ayam terdiri atas 22 data rata-rata akumulasi pada bagian-bagian tubuh ayam (Gambar 2) yang kemudian dikelompokkan

dalam sembilan interval kelas sehingga menghasilkan grafik probabilitas kumulatif untuk paparan terhadap tiga bagian dan empat jaringan tubuh ayam kampung dan ayam negeri (Gambar 7). Probabilitas kumulatif dinyatakan dengan persamaan polinomial ordo dua dengan koefisien persamaan regresi polinomial 0,98. Adapun persamaan yang diperoleh adalah : $P = -(1 \times 10^{-3})A^2 + (6,4 \times 10^{-2})A$.

Berdasarkan persamaan polinomial tersebut dapat diperkirakan bahwa 50% konsumen mengalami paparan Pb sebesar 9,2 µg melalui konsumsi bagian dan jaringan tubuh ayam. Jika konsumen tidak memperoleh paparan dari sumber-sumber Pb yang lain, dan konsumen mengkonsumsi hanya satu bagian ayam per hari, maka Rataan Paparan



Gambar 7. Probabilitas kumulatif paparan Pb pada manusia melalui konsumsi satu potong bagian tubuh ayam. Probabilitas kumulatif dinyatakan oleh persamaan polinomial ordo dua $P = - (1 \times 10^{-3}) A^2 + (6,4 \times 10^{-2}) A$, ($R^2 = 0,98$). Rataan responden (nilai 0,5 pada Probabilitas kumulatif) mengalami paparan Pb dalam satu bagian tubuh ayam (dada, paha, sayap) sebesar 9,2 µg.

Harian (*Average Daily Intake, ADI*) dapat dihitung sebesar 9,2 µg. kapita.hari⁻¹. Nilai ini lebih besar dari standar paparan sebesar 1 µg.kapita⁻¹.hari⁻¹ untuk konsumsi ayam pada masyarakat Asia (WHO, 2000).

SIMPULAN

Konsentrasi Pb dalam jaringan daging, kulit, tulang rawan, tulang pori, dan tulang

keras, yang diambil dari dada, paha, dan sayap ayam kampung dan ayam negeri bervariasi dari kadar di bawah 0,01 hingga 1,81 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Konsentrasi timah hitam dalam daging ayam yang ditemukan dalam penelitian ini sebesar 0,13-0,60 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ berada dalam tingkat yang lebih rendah dibandingkan batas maksimum cemaran Pb dalam daging unggas menurut BSN (1,0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), sehingga daging ayam aman untuk dikonsumsi. Akumulasi Pb dalam bagian tubuh yang dikonsumsi, bervariasi dari 2,6-32,9 μg , dengan dada merupakan bagian tubuh ayam yang memiliki akumulasi Pb tertinggi. Rataan konsumen mengkonsumsi 32% ayam kampung dan 68% ayam negeri. Hubungan antara probabilitas (P) dengan akumulasi Pb dalam jumlah tertentu (A, dalam μg) di bagian tubuh ayam dapat dinyatakan dengan suatu persamaan polinomial $P = - (1 \times 10^{-3}) A^2 + (6,4 \times 10^{-2}) A$. Rataan konsumen yang mengkonsumsi satu bagian tubuh ayam (dada, paha, atau sayap) diperkirakan mengalami paparan Pb sebesar 9,2 μg .

SARAN

Penelitian tentang akumulasi Pb pada ragam jenis unggas yang lain (misal bebek) serta pada beragam umur unggas dapat dikembangkan untuk mengetahui pola akumulasi Pb pada unggas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta yang telah mendukung pendanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN (Badan Standardisasi Nasional), 2009. *Standar Nasional Indonesia 7387 Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*. Jakarta. BSN. Pp.6-7.
- Burger J, Gochfeld M. 2000. Effects of lead on birds (Laridae): A review of laboratory and field studies. *J Toxicol Environ Health Part B* 3: 59-78.
- Connell DW. 2005. *Basic Concepts of Environmental Chemistry*. 2nd Ed. Boca Raton. Taylor & Francis. Pp.416-420.
- Cui J, Wu B, Halbrook RS. 2013. Age-dependent accumulation of heavy metals in liver, kidney and lung tissues of homing pigeons in Beijing, China. *Ecotoxicol* 22: 1490-1497.
- Djohan, Tabbu CR. 2010. Akumulasi timbal dalam cakar ayam kampung. *J Veteriner* 11: 7-16.
- Ethier ALM, Braune BM, Scheuhammer AM, Bond DE. 2007. Comparison of lead residues among avian bones. *Environ Pollut* 145: 915-919.
- Gangoso L, Alavarez L, Rodriguez-Navarro AAB, Mateo R, Hiraldo F, Donazar JA. 2009. Long-term effects of lead poisoning on bone mineralization in vultures exposed to ammunition sources. *Environ Pollut* 157: 569-574.
- Garcia-Fernandez AJ, Molas-Guzman M, Maria P, Gomez-Zapata M, Luna A, Sanchez-Garcia JA. 1996. Determination of lead and cadmium in blood and tissues by anodic stripping voltammetry. *Toxicol Letters* 80: 85-86.
- Gonzales-Weller D, Karlsson L, Caballero A, Hernandez F, Gutierrez A, Gonzales-Iglesias T, Marino M, Hardisson A. 2006. Lead and cadmium in meat and meat products consumed by the population in Tenerife Island, Spain. *Food Add Contam* 23: 757-763.
- Hu H. 1998. Bone lead as a new biologic marker of lead dose: recent findings and implications for public health. *Environ Health Perspect Suppl* 109: 961-967.
- Kalisińska E, Salicki W, Kavetska KM, Ligocki M. 2007. Trace metal concentrations are higher in cartilage than in bones of scaup and pochard wintering in Poland. *Sci Tot Env* 388: 90-103.
- Mateo R, Taggart M, Meharg AA. 2003. Lead and arsenic in bones of birds of prey from Spain. *Env Pollut* 126: 107-114.
- Monro JA, Leon R, Puri BK. 2013. The risk of lead contamination in bone broth diets. *Med Hypotheses* 80: 389-390.

- Nam DH, Lee DP. 2009. Abnormal lead exposure in globally threatened Cinereous vultures (*Aegypius monachus*) wintering in South Korea. *Ecotoxicol* 18: 225-229.
- Rodrigues ED, Pimentel ER, Mourao PAS, GomesL. 2005. Distribution of small proteoglycans and glycosaminoglycans in humerus-related articular cartilage of chicken. *Braz J Med Biol Res* 38: 381-390.
- Skerfving S, Bergdahl IA. 2007. Lead. In Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, Friberg LT. (Ed). *Handbook on the Toxicology of Metals*. 3rdEd. New York: Associated Press. Pp. 599-643.
- WHO (World Health Organization). 2000. Safety Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. In *WHO Food Additives Series 44*. Geneva: International Programme on Chemical Safety (IPCS).