

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Logam Berat Timbal (Pb) di Lingkungan Terrestrial

Logam berat adalah senyawa yang akan selalu ada di alam, dan tidak bisa diuraikan (*non-biodegradable*) (Malik, 2009). Timbal merupakan salah satu logam berat yang ada di alam dan banyak digunakan dalam aktifitas manusia. Pemanfaatan timbal untuk aktifitas manusia seperti campuran pada cat, batu baterai, campuran bahan bakar kendaraan, dan industri, membuat timbal hadir dalam bentuk yang lain sebagai hasil dari pemanfaatannya.

Timbal memiliki massa atom standar yaitu 207,19, nomor atom 82 (Palar, 1994), titik lebur pada suhu 327,5°C, titik didih pada suhu 1.740°C, dan memiliki bilangan oksidasi II dan IV (Staffan *et al.*, 2007). Timbal anorganik di udara pada suhu normal berbentuk partikel. Timbal memiliki warna putih kebiruan yang terlihat ketika logam Pb dipotong akan tetapi warna ini akan segera berubah menjadi putih kotor atau abu-abu gelap ketika logam Pb yang baru dipotong tersebut terekspos oleh udara.

Penggunaan timbal secara global sangat besar jumlahnya. Setiap tahunnya produksi tambang timbal hampir mencapai 3 juta ton. Saat ini penggunaan utama timbal sebanyak 71% digunakan pada baterai, umumnya pada kendaraan, namun juga digunakan sebagai sistem cadangan listrik, dan industri batu baterai. Selain itu timbal digunakan juga sebagai zat warna pada cat, sebagai mesiu, serta pelapis kabel. Namun penggunaan timbal dalam skala besar saat ini yaitu bentuk senyawa timbal organik digunakan sebagai agent *anti-knocking* dalam bahan bakar. Timbal merupakan polutan yang dapat mencemari berbagai media (tanah, air, udara, makhluk hidup), dengan beberapa sumber dan media dapat menyebabkan tingginya pemaparan (Staffan *et al.*, 2007). Pada daerah perkotaan, sektor transportasi dan industri mempunyai andil yang besar dalam pencemaran udara, karena 70% pencemaran berasal dari asap kendaraan bermotor (Abidin dan Sunardi, 2009) yang mana salah satunya menyebabkan pencemaran timbal di lingkungan.

Partikel Pb dapat terdegradasi dengan cepat ketika tanah atau air bersifat asam, atau memiliki konsentrasi oksigen terlarut yang lebih besar. Menurut penelitian Adibin dan Sunardi (2009), konsentrasi Pb dalam partikulat udara Yogyakarta yang diteliti di beberapa tempat memiliki kadar Pb paling tinggi yaitu 1,805  $\mu\text{g.m}^3$  dan terendah yaitu 0,673  $\mu\text{g.m}^3$ . Berdasarkan penelitian tersebut, kadar Pb masih berada di bawah ambang batas maksimum yang di ijinakan baku mutu udara ambien yaitu 2  $\mu\text{g.m}^3$ .

Timbal (Pb) adalah salah satu logam paling beracun yang telah diketahui, dengan dampak yang merugikan mulai dari perubahan kecil pada biokimia dan sistem fisiologi hingga kerusakan serius pada organ sehingga menyebabkan kematian individu (Strom *et al.*, 2009).

#### B. Burung Dara (*Columba Livia*)

Organisme-organisme dan populasi biologi pada tingkat iklim yang berbeda dimana-mana digunakan sebagai indikator biologis dan/atau digunakan sebagai biomonitor yang dapat memberikan bukti pemaparan dan efek kontaminasi satu atau lebih polutan kimia (Malik *et al.*, 2009). Burung sebagian besar hidup di habitat darat.

Klasifikasi :

Kingdom : Animalia

Phylum : Chordata

Sub phylum : Vertebrata

Class : Aves

Order : Columbiformes

Family : Columbidae

Species : *Columba livia*



**Gambar 1. Burung dara (*Columba livia*)**

Burung dara merupakan hewan yang mampu hidup di lingkungan manapun, termasuk perkotaan dan pedesaan. Makanan utama burung dara adalah biji-bijian. Terkadang burung dara juga memakan kerikil di tanah yang bermanfaat untuk membantu mencerna

makanan di empedal. Lingkungan tempat tinggal burung dara akan mempengaruhi perkembangan dan pertumbuhan burung dara. Ada beberapa faktor - faktor yang mempengaruhi perbedaan berat burung dara yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal yaitu gen dan hormon. Sedangkan, faktor internal yang mempengaruhi perbedaan berat burung dara yaitu makanan, dan aktifitas fisik. Burung dara yang di pelihara manusia cenderung mendapatkan pakan utama dari manusia, yaitu pelet. Selain itu ketika terbang di lingkungannya burung dara juga memakan biji-bijian yang ada dilingkungannya.

Burung dara berkembang biak dengan cara bertelur. Setelah menetas, burung akan mulai terbang meninggalkan sarang pada usia 7 hingga 28 hari. Burung dara merupakan unggas dengan sistem sayap yang sempurna sehingga dapat terbang menjelajah lingkungan terestrial dan rentan terpapar dan mengakumulasi berbagai macam bahan kimia yang tersebar secara geografis (Malik *et al.*, 2009). Bulu burung dara memiliki bobot 4,9% dari total bobot tubuh (Sari *et al.*, 2013). Bulu menutupi seluruh permukaan tubuh burung dara. Bulu merupakan jaringan tubuh terluar yang melindungi burung. Bulu yang terdapat pada dada dan paha merupakan bulu kontur. Bulu-bulu yang tumbuh pada *pterylae* sayap dan ekor memiliki ukuran yang lebih besar jika di bandingkan dengan bulu yang tumbuh pada *pterylae* lainnya (Sari *et al.*, 2013). Selama masa pertumbuhan folikel bulu berhubungan erat dengan serabut otot dan serabut saraf sehingga folikel bulu bisa berintegrasi dengan kedalaman bentuk dan fungsi dari organisme seluruhnya (Sari *et al.*, 2013).

Bulu merupakan indikator yang baik untuk mengukur kontaminasi logam karena mudah untuk mengakumulasi, menyimpan tanpa batas waktu, burung menyerap logam berat dalam bulunya, beban logam dalam bulu burung relatif tidak mengalami perubahan, beban logam berat paling tinggi pada burung terdapat pada bulu (Burger *et al.*, 2007). Bulu unggas sering digunakan sebagai materi biologi yang tidak merusak untuk monitoring logam berat (Bianchi *et al.*, 2008).

Sebagian burung ditenakkan oleh manusia untuk tujuan konsumsi, salah satunya yaitu burung dara. Burung dara (*Columba livia*) merupakan burung pemakan biji-bijian dan memiliki kemampuan terbang yang terarah. Burung dara yang dipelihara juga mengkonsumsi makanan yang ada di lingkungannya.

### **C. Akumulasi dan Toksisitas Pb pada Burung Dara (*Columba livia*)**

Furness dan Greenwood (1994) dalam Djohan dan Tabbu (2010) menyatakan bahwa burung digunakan sebagai bioindikator alami untuk pencemaran lingkungan. Paparan logam berat pada

burung dapat terjadi melalui makanan yang tercemar, maupun paparan langsung ke kulit melalui udara. Sebagian kecil larutan anorganik Pb yang diterapkan pada kulit akan terserap. Dalam sebuah studi, penyerapan yang terjadi adalah 0.06% selama 1 bulan (Staffan *et al.*, 2007).

Burung telah digunakan sebagai bioindikator dan biomonitor pencemaran pada lingkungan lokal, karena burung berada pada level yang tinggi pada rantai makanan (Malik *et al.*, 2009). Burung yang hidup liar telah digunakan untuk mengukur kontaminasi pada lingkungan (Bianchi *et al.*, 2008). Diantara spesies yang sering digunakan sebagai biomonitor, burung sudah sering digunakan untuk menentukan kontaminasi lingkungan di lingkungan perkotaan maupun perdesaan, penggunaan burung dara sebagai bioindikator polutan telah dinilai selama beberapa dekade terakhir (Begum dan Sehrin, 2013). Burung dara mengakumulasi kontaminan pada lingkungan yang berpotensi toksik bagi hewan dan manusia. (Cui *et al.*, 2013).

Logam berat merupakan faktor utama pembentukan radikal bebas yang menyebabkan stres oksidatif, yang mengakibatkan terhambatnya perbaikan DNA yang rusak dan bercampur dengan nukleotida dasar, semakin tinggi stres oksidatif menyebabkan nilai mutasi yang tinggi pada burung (Malik *et al.*, 2007).

Pb dapat masuk kedalam tubuh unggas melalui saluran pencernaan. Butiran timbal masuk ke dalam empedal, dan butiran timbal tersebut perlahan terkikis oleh proses pencernaan dalam empedal. Pada saat yang sama, ada asam lain yang memfasilitasi pencernaan makanan dilepaskan (di antaranya, hydrochloric acid, HCl) yang menyebabkan timbal secara perlahan. Kemudian Garam timbal terbentuk dalam perut, lalu masuk ke usus dan diserap oleh aliran darah, setelah itu garam timbal mencapai jaringan dan organ burung (Francisco *et al.*, 2003)

Jalur pemaparan utama Pb anorganik ke dalam tubuh hewan adalah melalui penyerapan dan adsorpsi melalui saluran pencernaan saluran pernapasan dan inhalasi. Hati dan ginjal dianggap sebagai potensial target toksisitas Pb sebelum diakumulasi di tulang (Kumar dan Mandholika, 2005). Pada umumnya konsentrasi logam berat dalam bulu merepresentasikan pemaparan logam berat dalam jangka waktu yang lama (Kim dan Oh, 2012)

#### **D. Efek toksik Pb pada hewan dan manusia**

Logam berat apabila masuk kedalam tubuh manusia dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologi tubuh (Palar, 1994). Timbal (Pb) telah diketahui sebagai unsur yang mencari pembentukan kalsium, akan terakumulasi dalam tulang, rambut, bulu kuku, dan tidak mempengaruhi metabolisme sehingga mempunyai potensi yang penting untuk monitoring. Waktu paruh Pb dalam darah dan jaringan lunak pada tubuh manusia yaitu 28-36 hari, namun waktu paruh Pb pada tulang sangat lama, mencapai 25 tahun (Djohan *et al.*, 2010).

Pb masuk kedalam tubuh hewan dan manusia melalui makanan, minuman, absorpsi kulit, dan inhalasi. Pb yang masuk melalui makanan yaitu sekitar 5-10%, sedangkan Pb masuk melalui inhalasi yaitu sekitar 30%. Dari jumlah yang terserap sekitar 15% mengendap pada jaringan tubuh. Dampak dari pemaparan timbal kedalam tubuh hewan pada tingkat toksisitas yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan sistem syaraf, kelumpuhan, dan kematian. Sedangkan pada tingkat pemaparan yang lebih rendah menyebabkan kerusakan jaringan dan organ, kerusakan sistem imun, kerusakan sistem reproduksi, tekanan darah tinggi dan gangguan neurologis.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2015 hingga bulan Juni 2015. Lokasi penelitian dilakukan di Yogyakarta. Preparasi dan ekstraksi sampel dilakukan di Laboratorium Ekologi dan laboratorium Kimia Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta. Analisis logam berat Pb pada sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik fakultas MIPA, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

#### B. Parameter

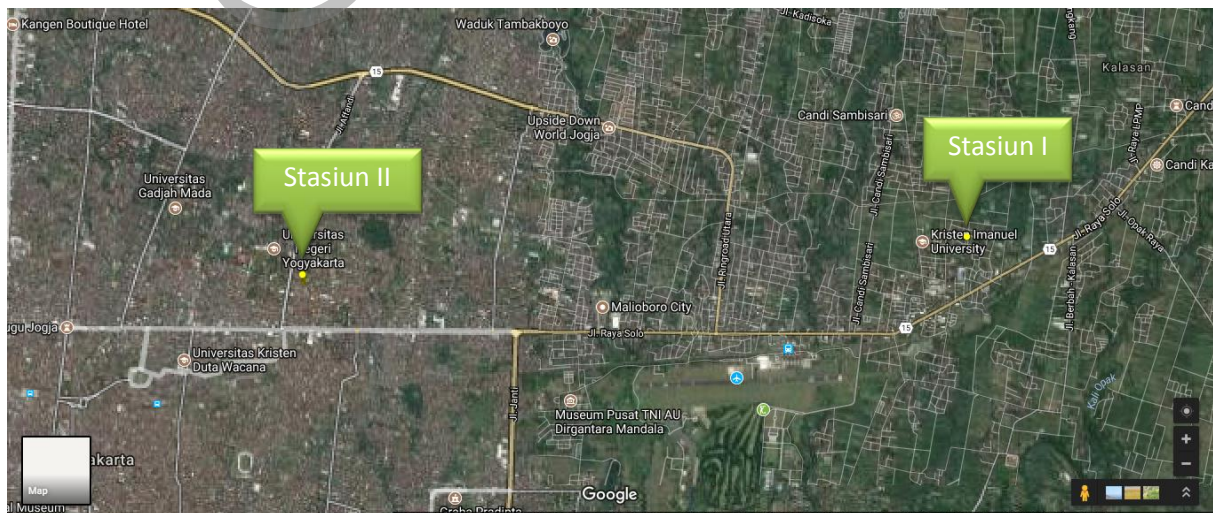
Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah konsentrasi logam berat Pb pada sampel organ burung dara. Unit penelitian adalah burung dara yang diambil dari dua lokasi yang berbeda yaitu Purwomartani, Kalasan dan Caturtunggal, Depok . Pada penelitian ini faktor lingkungan tidak dibatasi. Sampel yang digunakan adalah jaringan bulu dan jaringan otot pada bagian dada, sayap dan tibia, serta jaringan kulit, dan organ tarsometatarsus dan digiti. Sampel digunakan dengan replikat 4 kali. Sehingga diperoleh jumlah n sampel adalah 64 sampel.

#### C. Lokasi Penelitian dan Jumlah Sampel

Sampel berupa 4 ekor burung dara yang dipelihara di kawasan Purwomartani, dan 4 ekor burung dara yang dipelihara di kawasan Caturtunggal. Burung dara ini dipelihara dan terbang secara bebas disekitar tempat tinggalnya. Burung dara yang digunakan dalam penelitian berusia antara 1 tahun hingga 1,5 tahun. Pada setiap burung dara diambil bulunya yaitu bulu dada, bulu sayap, dan bulu tibia, daging yaitu daging dada, daging sayap, dan daging tibia, kulit, dan kedua tarsometatarsus dan digiti yang dikompositkan.

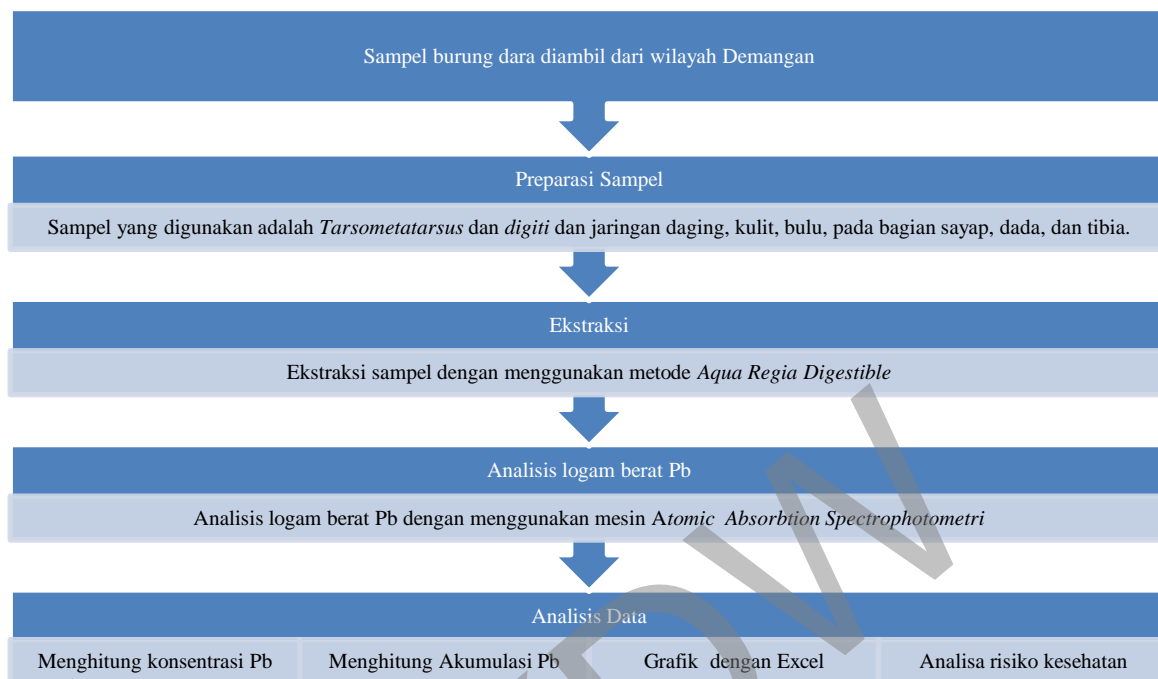
#### D. Bahan Kimia dan Peralatan

Bahan yang digunakan meliputi larutan untuk mencuci peralatan yang digunakan saat preparasi



**Gambar 2. Peta lokasi pengambilan sampel, Purwomartani (Stasiun I), Caturtunggal (Stasiun II).**

sampel, larutan untuk ekstraksi sampel dan ekstrak sampel. Untuk mencuci peralatan digunakan deterjen, akuades dan aseton 65%. Larutan yang dipakai untuk ekstraksi adalah HCl pekat (*hydrochloride acid* atau asam klorida), HNO<sub>3</sub> pekat (*nitric acid* atau asam nitrat), HNO<sub>3</sub> 1%, dan akuades.



**Gambar 2. Bagan alir metode penelitian.**

Peralatan yang digunakan meliputi alat untuk mencuci peralatan yang digunakan saat preparasi dan ekstrak sampel, dan alat untuk ekstraksi sampel. Peralatan preparasi yaitu pisau stainless steel, alas kayu, cawan petri, mortar, dan timbangan digital. Sedangkan peralatan yang digunakan pada saat ekstraksi yaitu erlenmeyer 100 mL, labu ukur 10 mL, gelas ukur 50 mL, corong gelas, pengaduk gelas. Peralatan lainnya yang digunakan saat ekstraksi yaitu oven, lemari asam, pemanas listrik, kertas saring, dan botol plastik. Perlengkapan lainnya yang digunakan yaitu baju laboratorium, sarung tangan dan masker. Alat yang digunakan untuk menganalisis Pb pada sampel yaitu Spektometri Serapan Atom (*Atomic Absorbition Spectrophotometry/ AAS*).

## E. Cara Kerja

Burung dara dipotong, kemudian dipreparasi menggunakan pisau *stainless steel*. Dipisahkan bulu sayap (*plumae*), bulu tibia (*plumulae*), bulu dada (*plumulae*), kulit, daging dada (*pectoranalisis major*), daging tibia (*pattelar ligament, tibialis cranialis*), daging sayap (*triceps, biceps, flexor digitorum sublimus, flexor carpi ulnaris*) dan *tarsometatarsus* dan *digiti*. Sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 4 jam. Kemudian ditumbuk halus, ditimbang 2 gram (berat kering). Pada penelitian ini, beberapa sampel memiliki berat kering kurang dari 2 gram, dan perolehan berat dicatat. Lalu, untuk mendapat ekstrak, sampel diekstraksi dengan HCl pekat dan HNO<sub>3</sub> dengan perbandingan 3:1 (v/v). Pada beberapa sampel yang kurang dari 2 gram juga tetap diekstraksi. Selanjutnya ekstrak dianalisis untuk mengetahui konsentrasi Pb dalam masing-masing sampel.

Eksraksi yang digunakan pada penelitian ini dengan metode *aqua regia digestible*. Ekstraksi dilakukan dengan menambahkan larutan HCl pekat dan HNO<sub>3</sub> pekat dengan perbandingan 3:1 (v/v) yaitu 18 mL HCl pekat dan 6 mL HNO<sub>3</sub> pekat secara perlahan ke dalam sampel yang sudah di timbang berat keringnya (2 gram dan yang kurang dari 2 gram).

Sampel yang sudah dicampur dengan *aqua regia* dipanaskan, diuapkan hingga tersisa 5-10 mL. Kemudian didinginkan dalam suhu ruang selama 10-15 menit. Sampel dicampurkan lagi dengan *aqua regia*, dipanaskan, diuapkan hingga tersisa 5-10 mL. Lalu didinginkan dalam suhu ruang, dan disaring dengan kertas saring yang telah direndam dengan HNO<sub>3</sub> 1% kedalam labu ukur 10 mL. Kemudian ekstrak disimpan ke dalam botol plastik yang sudah dicuci dengan deterjen dan dibilas dengan aseton. Kemudian ekstrak dianalisis dengan AAS untuk mengetahui kadar Pb dalam ekstrak.

#### F. Analisis Pb pada Sampel

Pengukuran kadar Pb dalam ekstrak hasil ekstraksi dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (*Atomic Absorbtion Spectrophotometri/ AAS*) di Laboratorium Kimia Analitik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada. Alat yang digunakan untuk mengukur kadar Pb adalah AAS dengan merek PERKIN ELMER 3110.

#### G. Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini digunakan software Microsoft Office Excel 2010 untuk menghadirkan histogram dan grafik. Serta, menggunakan software SPSS 19.0 untuk melakukan uji F (Anova). Penghitungan kadar Pb dalam sampel menggunakan software Microsoft office Excel 2010. Software tersebut digunakan untuk menganalisis konsentrasi dan akumulasi Pb pada tiap sampel. Setelah diperoleh kadar logam berat Pb dalam sampel dilakukan penghitungan konsentrasi logam berat Pb dengan menggunakan rumus

$$K = \frac{(k - B) \times V}{W} \quad \text{(Persamaan 1)}$$

dimana K adalah konsentrasi logam berat Pb ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ), k adalah konsentrasi sampel terukur ( $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ), B adalah konsentrasi *blank* yaitu 0  $\text{mg.L}^{-1}$ , V adalah volume akhir ekstrak, dan W adalah berat sampel yang diekstraksi

Setelah konsentrasi logam berat Pb pada sampel diketahui, selanjutnya dihitung akumulasi logam berat Pb dalam sampel dengan menggunakan rumus

$$A = K_i \times m_i \quad \text{(Persamaan 2)}$$

A adalah akumulasi massa Pb pada sampel ( $\mu\text{g}$ ), K<sub>i</sub> adalah konsentrasi Pb pada sampel yang telah diketahui ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ), m<sub>i</sub> adalah massa berat kering sampel (gram).

$$PDI = \frac{C \times (D_{intake} \times Cf)}{B_{average weight}} \quad \text{(Persamaan 3)}$$

Perhitungan PDI (*Probable Daily Intake*) adalah untuk memperkirakan konsumsi Pb dalam burung dara oleh konsumen burung dara. Dimana C adalah konsentrasi pb pada organ terkonsumsi (*edible*) burung dara. D<sub>intake</sub> adalah berat organ yang di konsumsi. Cf merupakan faktor konversi Pb

$$\%TDI = \frac{PDI}{TDI} \times 100\% \quad \text{(Persamaan 4)}$$

TDI (*Total Daily Intake*) merupakan perkiraan jumlah 3,6  $\mu\text{g.kg}$  berat badan<sup>-1</sup>

$$HRI = \frac{PDI}{R_f D}$$

(Persamaan 5)

HRI (*Health Risk Index*/ Indeks Risiko Kesehatan).  $R_f D : 1,4 \times 10^{-1} \text{ mg.kg}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$

©UKDW

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan analisis konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada burung dara (*Columba livia*) di dua stasiun yang berbeda yaitu stasiun 1 yang berada di wilayah Purwomartani, Kalasan di sekitar area persawahan, dan stasiun 2 yang berada di wilayah Jalan Afandi Gejayan, Caturtunggal di area yang padat lalu lintas. Analisis konsentrasi Pb dilakukan pada beberapa jaringan tubuh burung dara yaitu pada daging dada, daging tibia, daging sayap, bulu dada, bulu tibia, bulu sayap, kulit badan, dan cakar. Selain analisis konsentrasi Pb pada burung dara, dilakukan juga analisis akumulasi Pb pada burung dara dan analisis risiko kesehatan pada konsumen burung dara.

#### A. Analisis berat organ burung dara penelitian

Burung dara (*C. livia*) yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari 2 stasiun yang berbeda memiliki rata-rata berat tubuh yang hampir sebanding yaitu 307,8 gram pada burung dara dari stasiun 1 dan 292,3 gram pada burung dara dari stasiun 2. Berat tubuh burung dara ini merupakan berat normal untuk burung dara dewasa. Perbandingan masing-masing berat organ burung dara dari stasiun 1 tidak jauh berbeda dengan berat organ burung dara stasiun 2. Faktor yang mempengaruhi perbedaan berat organ burung dara yaitu gen dan hormon, serta makanan, aktifitas fisik, dan suhu. Burung dara merupakan pemakan biji-bijian juga akan mendapatkan makanan dari biji-bijian yang tersebar dilingkungannya.

Pengukuran kadar logam berat dalam penelitian ini menggunakan berat kering organ burung dara. Sehingga diperoleh data pada Tabel 1. Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air pada bagian-bagian burung dara bervariasi. Penyusutan paling besar terjadi pada daging burung dara, dengan rata-rata seluruh daging dada, daging tibia dan daging sayap yaitu 73,7%. Dalam daging mengandung banyak air dan darah. Pada burung dara daging melekat diseluruh tubuh burung dara, daging pada bagian dada lebih dominan beratnya dari pada daging sayap dan daging sayap. Sedangkan penyusutan pada jaringan kulit yaitu rata-rata 62,9%. Kulit burung dara yang menutupi seluruh permukaan daging memiliki struktur yang halus, dan tipis. Penyusutan pada cakar yaitu rata-rata 49,8%. Bagian cakar yang digunakan dalam penelitian ini seluruh bagian cakar yaitu tulang, jaringan-jaringan otot dan kulit yang melapisi cakar.

**Tabel 1. Berat organ dan kadar air pada burung dara**

Organ	Stasiun I			Stasiun II		
	BB (g)	BK (g)	KA (%)	BB (g)	BK (g)	KA (%)
Seluruh Tubuh	307,8±2,8	-	-	292,3±23,7	-	-
Daging dada	54,3±8,8	14,1±2,5	74,0±1,6	48,2±7,6	12,3±2,1	74,5±0,4
Daging tibia	13,0±1,6	3,5±0,4	73,3±0,8	11,5±2,0	3,0±0,5	74,1±0,8
Daging sayap	13,9±2,1	3,8±0,5	72,6±0,3	10,0±2,4	2,7±0,6	73,5±0,6
Bulu dada	2,3±0,5	1,9±0,6	15,6±13,7	3,2±0,6	3,0±0,8	6,6±7,7
Bulu tibia	1,5±0,5	1,5±0,6	3,9±4,5	1,7±0,3	1,7±0,3	9,2±4,6
Bulu sayap	3,2±0,2	2,8±0,8	21,8±13,9	2,7±0,6	2,5±0,7	9,3±5,1
Kulit	11,7±3,4	4,5±1,5	61,6±2,6	11,2±3,8	4,0±1,4	64,2±1,1
Tarsometatarsus dan digiti	3,5±2,4	2,3±0,3	36,9±24,8	4,9±0,7	2,4±0,2	50,4±4,0



Penyusutan terkecil terjadi pada bulu burung dara dengan rata-rata seluruh bulu dada, bulu tibia dan bulu sayap yaitu 4,4%. Hal ini dikarenakan pada bulu unggas terdiri dari 86% bahan kering (Rahayu *et al*, 2014). Bulu bagian dada dan bulu bagian tibia lebih ringan dari bulu sayap karena jenis bulu yang menutupi bagian dada dan tibia berbeda dengan bulu yang sayap yang berfungsi untuk terbang. Bulu yang menutupi bagian tubuh seperti dada dan tibia merupakan bulu kontur yang bentuknya lebih kecil dari pada dan bulu pada sayap dan ekor merupakan bulu penerbangan. Bulu yang menutupi seluruh permukaan kulit burung dara berfungsi untuk melindungi kulit yang burung dara yang strukturnya tipis dari benda-benda kasar dan menjaga suhu tubuh.

## **B. Kadar Pb dalam Burung Dara**

Burung dara (*C. livia*) selain dipelihara hanya untuk sekedar hobi, juga ada yang diternakkan karena burung dara termasuk burung konsumsi. Sebab itu dalam penelitian ini organ-organ dibedakan menjadi organ-organ yang dikonsumsi (*edible*) dan organ-organ yang tidak dikonsumsi (*non-edible*). Daging dan kulit merupakan organ-organ yang dikonsumsi, sedangkan bulu dan Tarsometatarsus dan digiti adalah organ yang tidak dikonsumsi. Dalam penelitian ini ada beberapa sampel organ yang menunjukkan tidak terdeteksinya kadar Pb, batas limit deteksi analisis Pb dalam sampel adalah 0,01 ppm, maka sampel yang tidak terdeteksi kadar Pb-nya dianggap 0,01 ppm, karena ada kemungkinan ada Pb dalam sampel dalam jumlah dibawah limit deteksi. Keberadaan Pb dalam sampel burung dara ini menunjukkan bahwa lingkungan di sekitar stasiun 1 dan stasiun 2 telah tercemar oleh Pb.

### **a. Kadar Pb dalam organ-organ yang dikonsumsi (kulit dan daging)**

Kulit merupakan organ terluar burung dara yang menempel pada daging. Kulit pada burung dara ditutupi oleh bulu yang ada di seluruh kulit burung dara. Namun, kulit tetap rentan terpapar langsung oleh kontaminasi partikel berukuran sangat kecil seperti Pb di lingkungan yang menerobos bulu burung dara. Selain itu ada kemungkinan logam berat Pb menempel atau terperangkap pada bulu sehingga ketika bulu bersentuhan langsung dengan kulit, kulit terpapar logam berat Pb dan Pb akan terserap oleh kulit dan akan masuk ke dalam otot dan bercampur dengan darah yang ada di otot yang mengalir keseluruh tubuh burung dara. Namun sangat kecil kadar Pb yang di absorpsi melalui kulit, sebagian besar absorpsi Pb terjadi melalui oral dan inhalasi (Skerfving dan Bergdhal, 2007). Tetap diasumsikan bahwa kulit menyerap logam berat Pb dari lingkungan.

Pb juga masuk melalui sistem pernapasan dan sistem pencernaan. Pada sistem pernapasan, Pb masuk ke dalam tubuh burung dara bersamaan dengan oksigen yang dihirup lalu masuk kedalam paru-paru. Dalam paru-paru terjadi pertukaran oksigen diikat oleh darah, begitu juga Pb yang turut masuk dalam paru-paru. Oleh darah, oksigen dan Pb beredar keseluruh tubuh termasuk ke jaringan otot burung dara. Pada sistem pencernaan, Pb dapat masuk melalui makanan yang dikonsumsi burung dara. Makanan yang masuk kedalam tubuh, diproses di dalam lambung dan usus, sebagian logam berat yang tercampur pada makanan akan diserap oleh tubuh, dan sebagian akan ikut keluar bersama feses. Sebagian akan tetap tinggal dalam tubuh burung dara dan berkaitan dengan jaringan lunak dalam tubuh, kemudian berpindah ke jaringan padat seperti tulang. Kemungkinan besar keberadaan Pb dalam organ burung dara berasal dari pakan burung dara. Burung dara memiliki kebiasaan mengkonsumsi kerikil berukuran kecil yang membantu proses pencernaan burung dara. Maka besar kemungkinan bahwa Pb yang mengendap di tanah masuk ke dalam tubuh burung dara melalui oral.

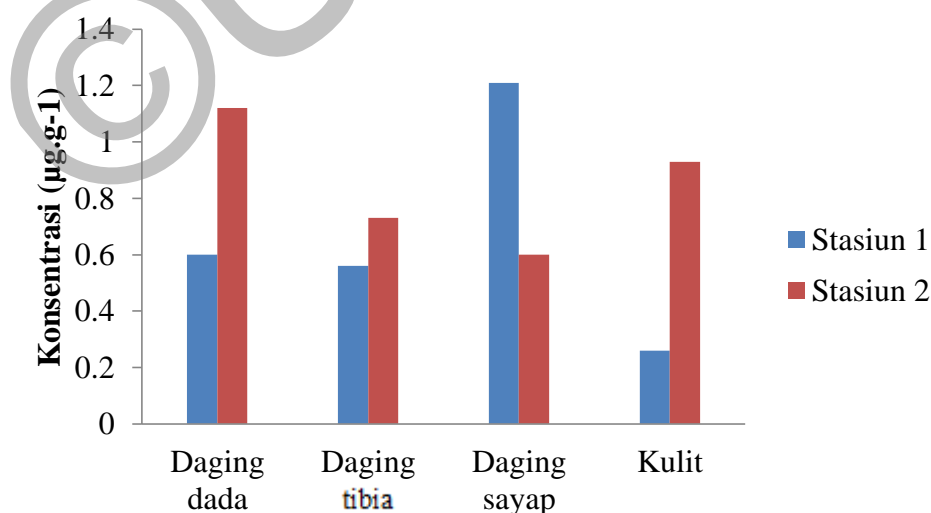
Konsentrasi Pb pada daging dada dan daging tibia pada stasiun 1 hampir sama kadarnya yaitu  $0,60 \mu\text{g.g}^{-1}$  dan  $0,56 \mu\text{g.g}^{-1}$ , dan kadar Pb dalam daging sayap dua kali lebih tinggi dibandingkan keduanya yaitu  $1,21 \mu\text{g.g}^{-1}$ . Pada stasiun 2, Pb dalam daging tibia dan daging sayap mengandung konsentrasi yang hampir sama yaitu  $0,73 \mu\text{g.g}^{-1}$  pada daging tibia dan  $0,60 \mu\text{g.g}^{-1}$  pada daging

sayap. Konsentrasi daging dada stasiun 2 yaitu  $1,12 \mu\text{g.g}^{-1}$  lebih tinggi dari pada daging tibia dan daging sayap. Sedangkan konsentrasi Pb dalam kulit burung dara stasiun 1 yaitu  $0,26 \mu\text{g.g}^{-1}$  lebih sedikit konsentrasinya dibandingkan daging dada, daging tibia dan daging sayap dari stasiun 1 maupun stasiun 2, juga memiliki selisih yang tinggi dibandingkan dengan kulit dari stasiun 2 yang konsentrasinya  $0,93 \mu\text{g.g}^{-1}$ .

Kadungan logam Pb pada tiap organ memang berbeda-beda. Konsentrasi Pb pada daging dada, dan tibia burung stasiun 1 lebih rendah dari pada burung dara stasiun 2. Hal ini disebabkan oleh metabolisme burung dara pada saat itu yang juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya. Pada penelitian Handajani dan Wiryanto (2000), burung dara yang diberi dosis Pb asetat dengan konsentrasi yang berbeda, berat burung dara mengalami penurunan. Konsentrasi Pb yang tinggi membuat burung dara kehilangan lebih banyak berat badan, dari pada burung dara yaang diberi dosis Pb asetat yang berbeda. Sedangkan kontrol mengalami penurunan berat badan tetapi tidak sebesar burung dara yang diberi beberapa konsentrasi Pb asetat. Pada Tabel 1. berat badan burung dara dari stasiun 2, lebih rendah dari burung dara dari area 1, membuktikan metabolisme burung dara yang berbeda, akibat paparan Pb. Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa Pb pada daging dada dan daging tibia dari area 2 yang lebih tinggi.

Namun pada daging sayap stasiun 1 menunjukkan kadar Pb yang lebih tinggi dari pada stasiun 2. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh paparan Pb dan proses metabolisme dalam tubuh burung dara pada saat itu. Paparan Pb mengganggu proses metabolisme, ketika Pb berikatan dengan darah. Darah dialirkan ke seluruh bagian tubuh, namun karena logam Pb dalam tubuh organ burung dara menggantikan fungsi  $\text{Ca}^{++}$  dan  $\text{Mg}^{++}$ , maka Pb akan dihantarkan ke bulu sayap yang masih mengalami pertumbuhan. Sebelum menyusun pembentukan bulu, darah yang berikatan dengan Pb akan terakumulasi sementara pada daging sayap.

Kadar Pb pada daging burung dara dalam penelitian ini (rata-rata  $0,80 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) lebih tinggi dari pada kadar Pb pada daging burung dara di Semarang yang dilaporkan oleh Indradji *et al* (2000), kadar Pb dalam daging burung dara yang di laporkan oleh Begum dan Sehrin (2013) di Bangladesh, dan daging ayam yang dilaporkan oleh Hossain *et al* (2014) di Bangladesh. Kadar Pb dalam daging burung dara di stasiun 1 yaitu  $0,79 \mu\text{g.g}^{-1}$ , dan stasiun 2 yaitu  $0,82 \mu\text{g.g}^{-1}$ .



**Gambar 4. Konsentrasi Pb Terdeteksi pada organ daging dan kulit *C. livia***

Konsentrasi Pb pada daging burung dara dalam penelitian ini jumlahnya lebih besar bila dibandingkan dengan konsentrasi Pb pada ayam kampung dan ayam negeri pada penelitian Djohan dan Tabbu (2015). Konsentrasi Pb pada daging ayam kampung dan ayam negeri yaitu  $0,3 \mu\text{g.g}^{-1}$  dan  $0,6 \mu\text{g.g}^{-1}$  pada daging dada,  $0,1 \mu\text{g.g}^{-1}$  dan  $0,4 \mu\text{g.g}^{-1}$  pada daging tibia,  $0,2 \mu\text{g.g}^{-1}$  dan  $0,4 \mu\text{g.g}^{-1}$

pada daging sayap. Pb pada burung dara pada penelitian ini lebih besar dari Pb pada ayam karena hewan yang lebih kecil lebih rentan terhadap kontaminasi logam berat dibandingkan hewan yang lebih besar.

**Tabel 2. Perbandingan konsentrasi Pb dalam daging, kulit, bulu dan tarsometatarsus dan digiti unggas pada penelitian ini dengan panelitian lain.**

Organ	Sampel	Kadar Pb ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Referensi	Lokasi
Kulit	Burung dara (C. livia)	0,26	Penelitian ini	Purwomartani
	Burung dara (C. livia)	0,93	Penelitian ini	Catur tunggal
Daging	Burung dara (C. livia)	0,79	Penelitian ini	Purwomartani
	Burung dara (C. livia)	0,82	Penelitian ini	Catur tunggal
	Burung dara (C. livia)	0,09	Indradji <i>et al</i> 2000	Semarang
	Burung dara (C. livia)	0,39	Begum dan Sehrin 2013	Bangladesh
	Ayam	0,04	Hossain <i>et al</i> 2014	Bangladesh
Bulu	Burung dara (C. livia)	0,17	Penelitian ini	Purwomartani
	Burung dara (C. livia)	0,8	Penelitian ini	Catur tunggal
	Cattle egrets	76,50	Malik <i>et al</i> 2009	Pakistan
Tarsometatarsus dan digiti	Burung dara (C. livia)	8,99	Penelitian ini	Purwomartani
	Burung dara (C. livia)	10,87	Penelitian ini	Catur tunggal
Cakar	Ayam kampung ( <i>Gallus domesticus</i> )	3,4	Djohan dan Tabbu 2010	Yogyakarta

**b. Kadar Pb dalam organ-organ yang tidak dikonsumsi (bulu dan tarsometatarsus dan digiti)**

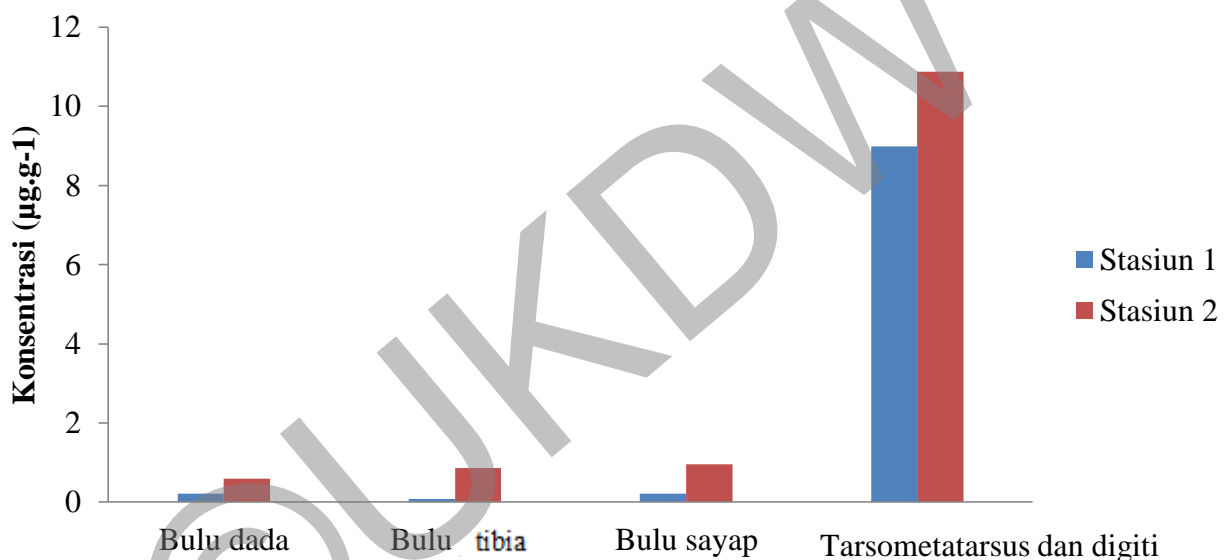
Kadar Pb pada bulu dilakukan di tiga bagian yang berbeda yaitu bulu dada, bulu tibia, dan bulu sayap. Pada stasiun 1 kadar Pb pada bulu tibia sangat kecil yaitu  $0,08 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  bandikan dengan bulu dada dan bulu sayap stasiun 1 yaitu  $0,22 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dan  $0,22 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dan jauh berbeda dengan kadar Pb pada bulu tibia dari stasiun 2 yang kadar Pb-nya 10 kali lebih banyak yaitu  $0,86 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Pada stasiun 2 bulu sayap memiliki kadar Pb yang paling tinggi yaitu  $0,95 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Sedangkan kadar Pb bulu dada pada stasiun 2 yaitu  $0,59 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Denga demikian kadar Pb pada bulu burung dara stasiun 2 lebih tinggi dari pada kadar Pb pada bulu burung dara stasiun 1.

Bulu burung dara dalam penelitian ini memiliki kadar P byang lebih kecil dibanding dengan Pb pada Cattle egrets yang diteliti oleh Malik *et al* (2009). Burung dara dalam penelitian ini merupakan burung yang terbang bebas, dan selalu berada dilingkungan atmosfer dan tanah yang kering, lingkungan perkotaan (burung domestik). Sedangkan Cattle egrets merupaka burung yang terbang

bebas dan sering mencari mangsa di area perairan. Maka Cattle egrets terkena paparan Pb dari udara dan air yang menandung Pb meresap ke dalam kulit, dan konsumsi hewan air dan air. Sedangkan burung dara terpapar oleh Pb yang ada di udara dan yang tercampur dalam biji-bijian. Selain bentuk dan ukura bulu yang berbeda, juga mempengaruhi jumlah akumulasi Pb pada burung.

Tarsometatarsus dan digiti memiliki kadar Pb yang paling tinggi diantara semua organ lainnya, pada stasiun 1 yaitu  $8,99 \mu\text{g.g}^{-1}$ , dan pada stasiun 2 memiliki kadar Pb yang lebih tinggi dari stasiun 1 yaitu  $10,87 \mu\text{g.g}^{-1}$ . Kadar Pb pada tarsometatarsus dan digiti lebih tinggi karena pada proses pemaparan Pb pada burung dara, Pb akan menggantikan unsur kalsium untuk berikatan dengan kalsium lainnya yang menyusun tulang, sehingga Pb diakumulasi pada tulang, rambut, bulu, dan kuku (Malik *et al.*, 2009). Bulu dan tarsometatarsus dan digiti mengakumulasi timbal selama masa pertumbuhan dan pembentukan bulu dan tulang. Pb yang sudah terakumulasi pada bulu maupun tulang akan terus bertambah seiring dengan pemaparan Pb yang terus-menerus terjadi.

Pb pada tarsometatarsus dan digiti burung dara dalam penelitian ini ternyata lebih tinggi dari Pb pada cakar ayam dalam penelitian yang dilakukan oleh Djohan dan Tabbu (2015). Bagian tarsometatarsus dan digiti



**Gambar 5. Konsentrasi pada organ bulu dan tarsometatarsus dan digiti (*non-edible*) burung dara.**

Kadar Pb pada organ burung dara menunjukkan bahwa udara di lingkungan tempat tinggal burung dara yaitu stasiun 1 (Purwomartani, Kalasan) dan stasiun 2 (Caturtunggal, Depok) sudah tercemar oleh logam berat Pb. Penyebab pencemaran udara sendiri berasal dari emisi kendaraan bermotor, kegiatan industri, selain aktifitas manusia sumber pencemar bisa berasal dari letusan gunung berapi dan debu tanah yang terbang tertiuip angin (Abidin dan Sunardi, 2009). Stasiun 1 terletak di dekat area persawahan, dan 1 km dari jalan raya yang padat lalu lintas. Sedangkan stasiun 2 berada di lokasi yang dilalui kendaraan, bahkan kondisi jalan selalu padat lalu lintas.

Lingkungan asal burung dara ternyata tidak memiliki pengaruh nyata ( $P>0,05$ ) terhadap besarnya konsentrasi Pb pada burung merpati. Rata-rata konsentrasi Pb pada burung dara stasiun 1 yaitu  $1,52 \mu\text{g.g}^{-1}$  dan burung dara stasiun 2 yaitu  $2,08 \mu\text{g.g}^{-1}$ . Ini berarti lingkungan di Yogyakarta sudah tercemar logam berat dan kemungkinan pencemaran Pb akan terus bertambah jika tidak ditindak lanjut. Hal ini dapat terjadi kemungkinan karena ada kemungkinan yang besar kalau partikel Pb yang terbang tertiuip angin dan menyebar ke berbagai tempat di Yogyakarta. Arus transportasi dan

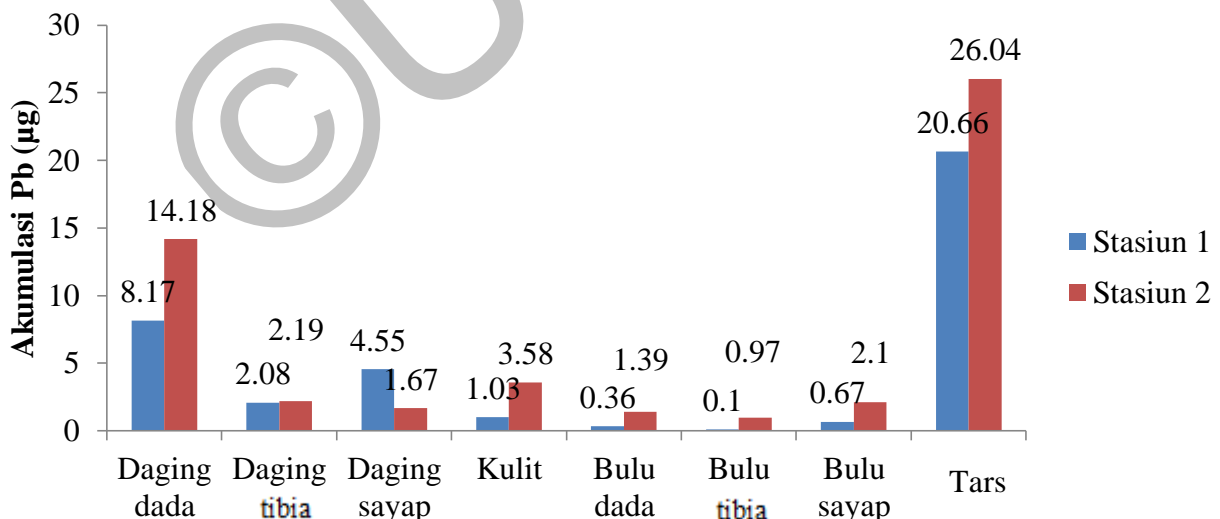
arah angin sangat menentukan penyebaran Pb di atmosfer. Lingkungan yang tidak padat lalu lintas belum tentu bersih dari pencemaran Pb.

### C. Akumulasi Pb pada organ-organ burung dara.

Akumulasi Pb dalam jaringan dapat terjadi karena Pb berikatan dengan gugus sulfhidril (-SH) atau menggantikan kedudukan ion  $Ca^{++}$  dan  $Mg^{++}$  dalam berbagai jaringan (Santosa, 2000). Menurut Burger and Gochfeld (2000) yang disunting dalam Djohan dan Tabbu (2015), tulang telah diketahui sebagai organ yang berfungsi sebagai tempat akumulasi utama (90%) Pb pada hewan termasuk unggas. Tarsometatarsus dan digiti terdiri dari jaringan lunak (otot) dan bagian utama tarsometatarsus dan digiti merupakan jaringan keras (tulang). Kadar akumulasi Pb dalam tarsometatarsus dan digiti merupakan akumulasi kronis. Sedangkan akumulasi yang terjadi pada daging kemungkinan merupakan akumulasi yang terjadi secara akut. Timbal tidak mengalami perubahan bentuk saat memasuki tubuh. Timbal yang berada dalam aliran darah melintas kedalam jaringan lunak dalam tubuh, salah satunya ke dalam daging. Dari waktu ke waktu partikel Pb mampu berpindah kedalam tulang

Dari hasil perhitungan yang di peroleh dari masing masing organ di dua lokasi yang berbeda, rata-rata akumulasi pada masing-masing organ burung dara yang berasal dari stasiun 2 (Jalan Gejayan) lebih tinggi dari pada rata-rata akumulasi organ pada burung dara yang berasal dari stasiun 1 (Purwomartani, Kalasan). Hal ini menunjukkan perbedaan metabolisme burung dara di lingkungan yang padat lalu lintas berbeda dengan burung dara yang tinggal di area persawahan.

Berdasarkan besarnya akumulasi Pb pada organ burung dara dalam penelitian ini dapat diurutkan sebagai berikut, tarsometatarsus dan digiti ( $23,35 \mu\text{g}$ ) > daging dada ( $11,18 \mu\text{g}$ ) > daging sayap ( $3,11 \mu\text{g}$ ) > daging tibia ( $2,14 \mu\text{g}$ ) > kulit ( $2,31 \mu\text{g}$ ) > bulu sayap ( $1,39 \mu\text{g}$ ) > bulu dada ( $0,88 \mu\text{g}$ ) > bulu tibia ( $0,54 \mu\text{g}$ ). Banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya akumulasi Pb dalam jaringan-jaringan organ tubuh burung dara. Faktor tersebut dapat berupa sistem metabolisme masing-masing individu burung dara, kadar Pb dalam lingkungan, kadar Pb dalam makanan, kemampuan mengeliminasi logam berat, adsorpsi dan limfobian dari organ lain.



**Gambar 6. Akumulasi Pb pada organ burung dara di stasiun 1 dan stasiun 2.**

Akumulasi Pb pada organ-organ terkonsumsi yaitu terjadi pada daging dan kulit. Akumulasi paling tinggi terdapat pada daging dada, dan paling kecil pada kulit. Daging dada memiliki akumulasi daging yang lebih besar dari pada daging tibia dan daging sayap. Perbandingan antara daging dada – daging tibia, daging dada – daging sayap, dan daging tibia – daging sayap tidak memiliki perbedaan yang signifikan ( $P>0,05$ ), demikian pula pada keseluruhan daging burung dara

dari stasiun 1 dan stasiun 2 juga tidak memiliki perbedaan yang nyata ( $P > 0,05$ ). Rata-rata Pb pada daging burung dara dalam penelitian ini ( $16,42 \mu\text{g}$ ) hampir sebanding dengan Pb pada ayam kampung ( $16,8 \mu\text{g}$ ) yang dilakukan oleh Djohan dan Tabbu (2010).

Penelitian mengenai akumulasi Pb dalam kulit burung dara dalam penelitian ini lebih kecil dari daging, karena struktur kulit yang tipis yang menutupi seluruh tubuh. Akumulasi terjadi merupakan dampak dari paparan Pb melalui makanan. Peristiwa penyerapan Pb melalui kulit sangat kecil kemungkinannya, karena kulit juga di tutupi oleh bulu-bulu di seluruh tubuh burung dara. Namun, absorpsi Pb melalui oral lebih tinggi.

Bulu burung dara dapat digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan yang selama ini di tinggali oleh burung dara. Karena akumulasi yang terjadi pada bulu merupakan akumulasi kronis.

Pada penelitian ini akumulasi paling tinggi terdapat pada tarsometatarsus dan digiti, karena tarsometatarsus dan digiti merupakan tempat terdepositnya Pb. Akumulasi Pb pada tarsometatarsus dan digiti dalam burung dara lebih rendah dari penelitian Pb pada cakar ayam kampung yang dilakukan oleh Djohan dan Tabbu (2010). Tarsometatarsus dan digiti dalam burung dara memiliki ukuran yang lebih kecil dari pada tarsometatarsus dan digiti ayam kampung. Tentu ukuran tarsometatarsus dan digiti ini mempengaruhi tingginya akumulasi Pb pada tarsometatarsus dan digiti. Cakar ayam kampung yang lebih sering berinteraksi dengan tanah juga mempengaruhi tingginya akumulasi dari penyerapan Pb melalui kulit cakar, meskipun absorpsi Pb melalui kulit sangat kecil presentasinya dibandingkan dengan absorpsi melalui oral.

**Tabel 3. Perbandingan akumulasi Pb dalam daging, kulit, bulu dan tarsometatarsus dan digiti unggas pada penelitian ini dengan penelitian lain.**

Organ	Sampel	Akumulasi Pb ( $\mu\text{g}$ )	Referensi	Lokasi
Daging	Burung dara ( <i>C. livia</i> )	16,42*	Penelitian ini	
	Ayam kampung	16,8	Djohan dan Tabbu (2015)	Yogyakarta
Kulit	Burung dara ( <i>C. livia</i> )	2,31*	Penelitian ini	
Bulu	Burung dara ( <i>C. livia</i> )	2,79*	Penelitian ini	
Tarsometatarsus dan digiti	Burung dara ( <i>C. livia</i> )	23,35*	Penelitian ini	
Cakar	Ayam kampung ( <i>Gallus domesticus</i> )	38,7	Djohan dan tabbu (2010)	Yogyakarta

\*Rata-rata akumulasi dari stasiun 1 dan stasiun 2.

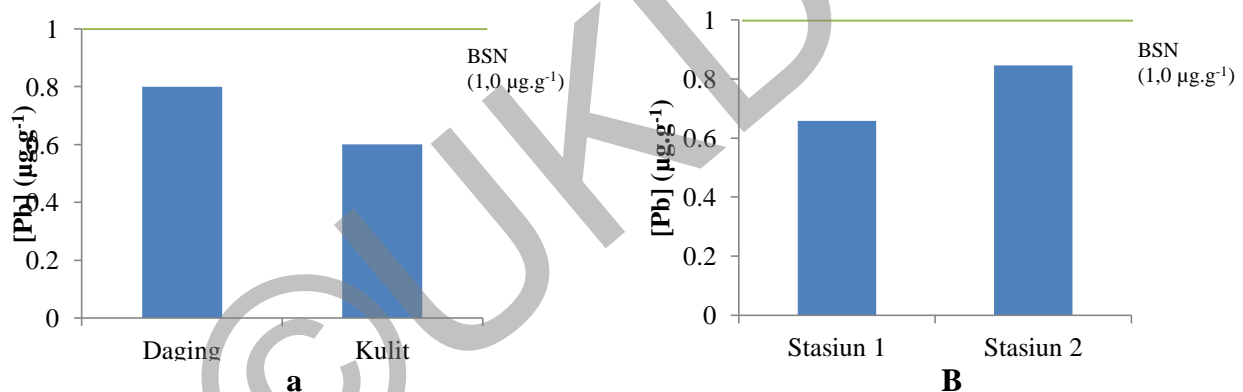
#### **D. Analisa risiko paparan Pb pada manusia melalui konsumsi burung dara.**

Dari hasil penelitian ini yang menunjukkan organ terkonsumsi yaitu daging dan kulit terpapar oleh Pb maka perlu dilakukan analisis risiko konsumsi burung dara. Hal ini perlu dilakukan sebab burung dara banyak di gemari masyarakat, dan penjual olahan burung dara menyebar di berbagai tempat mulai dari pinggir jalan hingga restoran yang cukup besar. Untuk melindungi konsumen burung dara peneliti telah melakukan survey dengan membagikan kuesioner kepada 30 responden

konsumen burung dara untuk mengetahui pola perilaku konsumsi burung dara. Para responden adalah orang dewasa yang berusia 18-52 tahun yang tinggal di Yogyakarta.

Hasil yang diperoleh yaitu 17 responden mengkonsumsi burung dara dalam jangka waktu 1 bulan 1 kali, 6 responden mengkonsumsi burung dara dalam rentang waktu 1 minggu sekali, dan 4 responden mengkonsumsi burung dara dalam rentang waktu 2 minggu sekali, dan sisanya sebanyak 3 orang mengkonsumsi burung dara dalam rentang waktu 3 minggu sekali. Setengah dari responden menyatakan bahwa mereka hanya mengkonsumsi daging burung dara, dan 15 responden lainnya selain mengkonsumsi daging, mereka juga mengkonsumsi kulit burung dara. Organ burung dara yang diurutkan dari yang paling digemari oleh konsumen yaitu bagian daging dada karena memiliki daging yang lebih banyak dibandingkan bagian lain, daging tibia, daging punggung meskipun jumlah daging punggung tidak begitu banyak dan daging sayap.

Beberapa lembaga keamanan pangan menetapkan batas maksimum Pb yang diijinkan ada dalam makanan untuk melindungi masyarakat dari bahaya Pb. Badan Standarisasi Nasional/BSN (2009) telah menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) batas maksimum Pb dalam daging dan produk daging termasuk unggas, dan daging hewan buruan yaitu  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Badan Pengawas Obat dan Makanan/BPOM (2009) juga telah menetapkan batas maksimum Pb dalam daging olahan yaitu  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Kadar Pb pada daging dan kulit burung dara masih berada di bawah limit Pb pada makanan yang diijinkan oleh SNI dan BPOM. Manusia akan terpapar Pb sejumlah dengan kadar Pb yang terdapat pada makanan. Dengan demikian burung dara masih aman dikonsumsi oleh manusia menurut Dirjen POM. Standar yang berlaku ini adalah standar untuk produsen.



**Gambar 7. (a) kadar Pb dalam daging ( dari stasiun 1 dan 2) dan kulit burung dara (dari stasiun 1 dan stasiun 2), (b) kadar Pb organ edible (kulit dan daging) burung dara stasiun 1 dan stasiun 2.**

Untuk mengetahui tingkat keamanan dalam mengkonsumsi burung dara maka perlu diketahui konsumsi Pb dan konsumsi batas harian yang mampu ditoleransi oleh tubuh manusia. Maka dalam penelitian ini dilakukan penghitungan terhadap *Probable Daily Intake* Pb. Pola konsumsi setiap masyarakat berbeda, ada responden yang hanya memakan bagian dagingnya saja, ada pula yang mengkonsumsi bagian daging dan kulit. Oleh sebab itu, perhitungan PDI dihitung untuk daging saja serta daging dan kulit.

Pada Tabel 4. dapat dilihat bahwa perhitungan PDI pada orang dewasa lebih kecil dari pada anak-anak. Perhitungan PDI terhadap orang dewasa pada daging dan daging serta kulit yaitu  $0,19 \mu\text{g.kg}^{-1}$  dan  $0,21 \mu\text{g.kg}^{-1}$  sedangkan perhitungan terhadap anak-anak yaitu  $0,44 \mu\text{g.kg}^{-1}$  dan  $0,54 \mu\text{g.kg}^{-1}$ . Anak-anak lebih rentan terpapar karena memiliki rata-rata berat tubuh yang lebih rendah di bandingkan rata-rata berat tubuh orang dewasa. Meskipun demikian, kebanyakan konsumen burung dara adalah orang dewasa.

**Tabel 4. Nilai *Probable Daily Intake* dari daging dan kulit**

Organ	PDI ( $\mu\text{g.kg}$ berat badan <sup>-1</sup> )	
	Orang dewasa	Anak-anak
Daging	0,19	0,44
Daging dan kulit	0,21	0,54

Perhitungan PDI pada daging dan kulit dalam penelitian ini memiliki nilai yang lebih rendah dari pada nilai PTWI yang ditetapkan oleh WHO (2009) yaitu 25  $\mu\text{g}$  per kg berat badan per minggu. Dalam penelitian ini paling sering konsumen mengkonsumsi produk olahan burung dara adalah 1 minggu 1 kali, maka untuk mengkonsumsi burung dara masih dinyatakan aman. Meskipun demikian, PTWI tersebut adalah jumlah yang nyatakan aman dari semua sumber paparan yang masuk kedalam tubuh manusia. Sedangkan paparan Pb pada manusia tidak hanya berasal dari konsumsi namun juga bisa berasal dari inhalasi, dan paparan pada kulit. Perhitungan PDI ini masih dibawah angka *Total Daily Intake* yaitu 3,6  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ . Namun, angka TDI merupakan kadar maksimum yang Pb yang masuk dalam tubuh manusia secara oral, dan masih ditoleransi oleh tubuh manusia. Sedangkan manusia tidak hanya mengkonsumsi burung dara, tetapi juga makanan dan minuman lainnya.

**Tabel 5. Persentase *Daily Intake* Pb pada daging dan kulit dalam TDI**

Organ	%TDI (3,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )	
	Orang dewasa	Anak-anak
Daging	5,28 %	12,22 %
Daging dan kulit	5,83 %	13,33 %

Sumber paparan Pb per oral diperhitungkan persentasenya pada TDI. Menurut Tukker *et al* (2001) batas maksimum persentase TDI (3,6  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) pada makanan untuk orang dewasa adalah 10,7% dan untuk anak-anak adalah 22,2%. Hasil perhitungan persentase TDI untuk orang dewasa dan anak-anak tidak melebihi batas maksimum persentase TDI, baik daging secara terpisah, maupun daging dan kulit. Hal ini menunjukkan bahwa burung dara aman untuk di konsumsi.

*Health Risk Index* merupakan perhitungan mengenai risiko kesehatan masyarakat, untuk mengetahui kemungkinan suatu populasi terpapar oleh kontaminasi logam berat ke dalam tubuh. HRI dapat dihitung setelah mengetahui seberapa besar Pb yang masuk kedalam tubuh manusia dewasa. Menurut Akoto *et al* (2014) nilai HRI >1 menunjukkan kemungkinan bahwa populasi mengalami dampak negatif dari akumulasi logam berat, sedangkan nilai HRI <1 menunjukkan bahwa suatu populasi tidak mengalami dampak negatif. Pada Penelitian ini semua nilai HRI menunjukkan kurang dari 1, ang berarti konsumen burung dara tidak memiliki dampak negatif dari mengkonsumsi burung dara.

**Tabel 6. Nilai HRI konsumsi daging dan kulit burung dara**

Organ	HRI	
	Orang dewasa	Anak-anak
Daging	$1,36 \times 10^{-3}$	$1,34 \times 10^{-3}$
Daging dan kulit	$1,50 \times 10^{-3}$	$3,42 \times 10^{-3}$

Berdasarkan perhitungan PDI yang menunjukkan nilai PDI di bawah batas PTWI dan TDI, serta persentase TDI yang masih berada di bawah batas maksimum TDI orang dewasa dan anak-anak, dan nilai HRI yang kurang dari 1, serta kadar Pb dalam daging dan kulit burung dara yang berada di bawah batas maksimum yang di tentukan oleh Dirjen POM maka daging burung dara yang dipelihara bebas di lingkungan daerah jalan Gejayan dan Purwomartani, Kalasan secara teoritis masih aman untuk dikonsumsi.



# LAMPIRAN

©UKDW

Lampiran 1. Berat tubuh dan berat jaringan daging burung dara.

Area	No. Burung	BT	Dada			Tibia			Sayap		
			BB	BK	KA	BB	BK	KA	BB	BK	KA
		(g)	(g)	(g)	(%)	(g)	(g)	(%)	(g)	(g)	(%)
Stasiun I Purwomartani, Kalasan	1	305,0	41,5	10,5	74,7	10,7	2,9	72,9	11,3	3,1	72,6
	2	311,0	57,9	16,2	72,0	14,3	3,8	73,4	13,5	3,7	72,6
	3	306,0	61,2	14,9	75,7	13,1	3,6	72,5	14,5	4,0	72,4
	4	309,0	56,7	14,9	73,7	13,7	3,5	74,5	16,3	4,4	73,0
	$\bar{x}$	<b>307,8</b>	<b>54,3</b>	<b>14,1</b>	<b>74,0</b>	<b>13,0</b>	<b>3,5</b>	<b>73,3</b>	<b>13,9</b>	<b>3,8</b>	<b>72,6</b>
	SD	<b>2,8</b>	<b>8,8</b>	<b>2,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>2,1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>
Stasiun II Catur tunggal, Depok	1	263,0	39,0	9,9	74,6	9,5	2,5	73,7	7,0	1,9	72,9
	2	283,0	45,2	11,4	74,8	10,0	2,6	74,0	11,2	2,9	74,1
	3	312,0	52,6	13,4	74,5	13,2	3,5	73,5	12,6	3,4	73,0
	4	311,0	55,9	14,6	73,9	13,3	3,3	75,2	9,2	2,4	73,9
	$\bar{x}$	<b>292,3</b>	<b>48,2</b>	<b>12,3</b>	<b>74,5</b>	<b>11,5</b>	<b>3,0</b>	<b>74,1</b>	<b>10,0</b>	<b>2,7</b>	<b>73,5</b>
	SD	<b>23,7</b>	<b>7,6</b>	<b>2,1</b>	<b>0,4</b>	<b>2,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>2,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>

**Lampiran 2. Berat jaringan bulu burung dara**

Area	No. Burung	Dada			Tibia			Sayap		
		BB	BK	KA	BB	BK	KA	BB	BK)	KA
		(g)	(g)	(%)	(g)	(g)	(%)	(g)	(g)	(%)
Stasiun I Purwomartani, Kalasan	1	1,9	1,6	15,8	1,1	1,1	0,0	3,8	3,1	18,4
	2	1,8	1,2	33,3	2,3	2,3	0,0	3,3	2,0	39,4
	3	2,3	2,3	0,0	1,4	1,3	7,1	3,0	2,3	23,3
	4	3,0	2,6	13,3	1,2	1,1	8,3	3,4	3,2	5,9
	$\bar{x}$	<b>2,3</b>	<b>1,9</b>	<b>15,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>3,9</b>	<b>3,2</b>	<b>2,8</b>	<b>21,8</b>
	SD	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>13,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>4,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,8</b>	<b>13,9</b>
Stasiun II Catur tunggal, Depok	1	2,3	1,9	17,4	1,3	1,1	15,4	2,3	2,0	13,6
	2	3,8	3,7	2,6	1,9	1,8	5,3	3,6	3,5	2,8
	3	3,4	3,4	0,0	1,6	1,5	6,3	2,6	2,4	7,7
	4	3,1	2,9	6,5	2,0	1,8	10,0	2,3	2,0	13,0
	$\bar{x}$	<b>3,2</b>	<b>3,0</b>	<b>6,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>9,2</b>	<b>2,7</b>	<b>2,5</b>	<b>9,3</b>
	SD	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>7,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>4,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>5,1</b>

**Lampiran 3. Berat jaringan kulit burung dara**

Area	No. Burung	BB	BK	KA
		(g)	(g)	(%)
Stasiun I Purwomartani, Kalasan	1	9,8	3,6	63,3
	2	15	6,3	58,0
	3	8	3,1	61,3
	4	14,1	5,1	63,8
	$\bar{x}$	<b>11,7</b>	<b>4,5</b>	<b>61,6</b>
	<b>SD</b>	<b>3,4</b>	<b>1,5</b>	<b>2,6</b>
Stasiun II Catur tunggal, Depok	1	6,1	2,1	65,6
	2	11,3	4,1	63,7
	3	15,4	5,5	64,3
	4	11,9	4,4	63,0
	$\bar{x}$	<b>11,2</b>	<b>4,0</b>	<b>64,2</b>
	<b>SD</b>	<b>3,8</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>

**Lampiran 4. Berat organ tarsometatarsus dan digiti burung dara**

Area	No. Burung	BB	BK	KA
		(g)	(g)	(%)
Stasiun I Purwomartani, Kalasan	1	3,4	2,1	38,2
	2	4,2	2,2	47,6
	3	4,8	2,6	45,8
	4	5,0	2,3	54,0
	$\bar{x}$	<b>3,5</b>	<b>2,3</b>	<b>36,9</b>
	<b>SD</b>	<b>2,4</b>	<b>0,3</b>	<b>24,8</b>
Stasiun II Catur tunggal, Depok	1	4,0	2,2	45,0
	2	5,4	2,7	50,0
	3	4,9	2,3	53,1
	4	5,4	2,5	53,7
	$\bar{x}$	<b>4,9</b>	<b>2,4</b>	<b>50,4</b>
	<b>SD</b>	<b>0,7</b>	<b>0,2</b>	<b>4,0</b>

**Lampiran 5 : Konsentrasi Pb pada Daging dan Kulit Burung Dara**

Lokasi	Nomor Sampel	Konsentrasi Pb (ppm)			
		Daging			Kulit
		Dada	Tibia	Sayap	
Stasiun I Purwomartani, Kalasan	1	0,73	0,05	1,96	0,05
	2	0,05	1,25	0,73	0,05
	3	0,73	0,90	1,43	0,55
	4	0,90	0,05	0,73	0,38
	<b>Kisaran</b>	<b>0,05 - 0,90</b>	<b>0,05 - 1,25</b>	<b>0,76 - 1,96</b>	<b>0,05 - 0,55</b>
	<b>Rerata</b>	<b>0,60</b>	<b>0,56</b>	<b>1,21</b>	<b>0,26</b>
	<b>SD</b>	<b>0,38</b>	<b>0,61</b>	<b>0,60</b>	<b>0,25</b>
Stasiun II Catur tunggal, Depok	1	1,25	0,38	0,73	1,08
	2	0,38	0,90	0,73	1,00
	3	1,43	0,55	0,90	0,73
	4	1,43	1,08	0,05	0,90
	<b>Kisaran</b>	<b>0,38 - 1,43</b>	<b>0,38 - 1,08</b>	<b>0,05 - 0,90</b>	<b>0,73 - 1,08</b>
	<b>Rerata</b>	<b>1,12</b>	<b>0,73</b>	<b>0,60</b>	<b>0,93</b>
	<b>SD</b>	<b>0,50</b>	<b>0,32</b>	<b>0,38</b>	<b>0,15</b>

**Lampiran 6 : Konsentrasi Pb pada Bulu dan Tarsometatarsus dan digiti Burung Dara**

Lokasi	Nomor Sampel	Konsentrasi Pb (ppm)			
		Bulu			Tarsometatarsus dan digiti
		Dada	Tibia	Sayap	
Purwomartani, Kalasan	1	0,69	0,09	0,05	9,92
	2	0,08	0,05	0,05	7,75
	3	0,05	0,08	0,05	8,81
	4	0,05	0,09	0,73	9,51
	<b>Kisaran</b>	<b>0,05 - 0,68</b>	<b>0,05 - 0,09</b>	<b>0,05 - 0,73</b>	<b>7,75 - 9,92</b>
	<b>Rerata</b>	<b>0,22</b>	<b>0,08</b>	<b>0,22</b>	<b>8,99</b>
	<b>SD</b>	<b>0,32</b>	<b>0,02</b>	<b>0,34</b>	<b>0,95</b>
Catur tunggal, Depok	1	1,69	3,24	1,96	11,79
	2	0,55	0,06	0,55	7,58
	3	0,05	0,07	0,55	12,49
	4	0,05	0,06	0,73	11,62
	<b>Kisaran</b>	<b>0,05 - 1,69</b>	<b>0,05 - 3,24</b>	<b>0,55 - 1,96</b>	<b>7,58 - 12,49</b>
	<b>Rerata</b>	<b>0,59</b>	<b>0,86</b>	<b>0,95</b>	<b>10,87</b>
	<b>SD</b>	<b>0,77</b>	<b>1,59</b>	<b>0,68</b>	<b>2,23</b>

**Lampiran 7 : Akumulasi Pb pada Daging dan Kulit Burung Dara**

Lokasi	Nomor Sampel	Akumulasi Pb (ppm)			
		Daging			Kulit
		Dada	Tibia	Sayap	
Purwomartani, Kalasan	1	7,61	0,15	6,60	0,19
	2	0,81	4,76	2,68	0,32
	3	10,80	3,25	5,71	1,71
	4	13,44	0,18	3,19	1,91
	<b>Kisaran</b>	<b>0,81 - 13,44</b>	<b>0,15 - 4,76</b>	<b>2,68 - 6,60</b>	<b>0,19 - 1,91</b>
	<b>Rerata</b>	<b>8,17</b>	<b>2,08</b>	<b>4,55</b>	<b>1,03</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>5,45</b>	<b>2,30</b>	<b>1,91</b>	<b>0,90</b>	
Catur tunggal, Depok	1	12,41	0,94	1,38	2,26
	2	4,28	2,34	2,10	4,11
	3	19,14	1,93	3,07	3,99
	4	20,88	3,55	0,12	3,96
	<b>Kisaran</b>	<b>4,28 - 20,88</b>	<b>0,94 - 3,55</b>	<b>0,12 - 3,07</b>	<b>2,26 - 4,11</b>
	<b>Rerata</b>	<b>14,18</b>	<b>2,19</b>	<b>1,67</b>	<b>3,58</b>
<b>Standar Deviasi</b>	<b>7,54</b>	<b>1,08</b>	<b>1,24</b>	<b>0,88</b>	



**Lampiran 8 : Akumulasi Pb pada Bulu dan Tarsometatarsus dan digiti Burung Dara**

Lokasi	Nomor Sampel	Akumulasi Pb (ppm)			
		Bulu			Tarsometatarsus dan digiti
		Dada	Tibia	Sayap	
Purwomartani, Kalasan	1	1,10	0,10	0,16	20,82
	2	0,10	0,12	0,10	17,05
	3	0,12	0,10	0,12	22,89
	4	0,13	0,10	2,32	21,87
	<b>Kisaran</b>	<b>0,10 - 1,10</b>	<b>0,10 - 0,12</b>	<b>0,10 - 2,32</b>	<b>17,05 - 22,89</b>
	<b>Rerata</b>	<b>0,36</b>	<b>0,10</b>	<b>0,67</b>	<b>20,66</b>
<b>SD</b>	<b>0,49</b>	<b>0,01</b>	<b>1,10</b>	<b>2,55</b>	
Catur tunggal, Depok	1	3,21	3,56	3,71	25,94
	2	2,04	0,10	1,93	20,45
	3	0,17	0,10	1,32	28,73
	4	0,15	0,10	1,45	29,04
	<b>Kisaran</b>	<b>0,15 - 3,21</b>	<b>0,10 - 3,56</b>	<b>1,32 - 3,71</b>	<b>20,453 - 29,038</b>
	<b>Rerata</b>	<b>1,39</b>	<b>0,97</b>	<b>2,10</b>	<b>26,04</b>
<b>SD</b>	<b>1,50</b>	<b>1,73</b>	<b>1,10</b>	<b>3,98</b>	

### Lampiran 9 : Perhitungan PDI (*Probable Daily Intake*)

PDI dihitung dengan menggunakan rumus :

$$PDI = \frac{C \times (D_{intake} \times Cf)}{B_{average\ weight}}$$

Nilai yang digunakan dalam perhitungan PDI :

C : Konsentrasi Pb pada sampel yang dikonsumsi (*edible*)

Organ	Stasiun 1	Stasiun 2
Kulit	0,26 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0,93 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
Daging dada	0,60 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	1,12 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
Daging tibia	0,56 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0,73 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
Daging sayap	1,21 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0,60 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

$D_{intake}$  : *daily intake*, berat organ konsumsi (g w.w)

Organ	Stasiun 1	Stasiun 2
Kulit	11,7 g	11,2 g
Daging dada	58,3 g	48,2 g
Daging tibia	13,0 g	11,5 g
Daging sayap	13,9 g	10,0 g

Cf : 0,208

B : berat badan orang dewasa yaitu 70kg, dan anak-anak yaitu 30kg

## Lampiran 9 (lanjutan)

Perhitungan untuk populasi dewasa.

Organ	Konsentrasi Berat organ	Perhitungan	Hasil
<b>Stasiun 1</b>		$PDI = \frac{C \times (D_{intake} \times Cf)}{B_{average\ weight}}$	
Kulit	C : 0,26 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 11,7 g	$PDI = \frac{0,26 \mu\text{g.g}^{-1} \times (11,7 \text{ g} \times 0,208)}{70 \text{ kg}}$ $PDI = 0,01 \mu\text{g.kg}^{-1}$	0,01 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Dada	C : 0,60 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 58,3 g		0,10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Tibia	C : 0,56 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 13,0 g		0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Sayap	C : 1,21 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 13,9 g		0,05 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Total Stasiun 1		$0,01 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,10 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,02 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,05 \mu\text{g.kg}^{-1} = 0,18 \mu\text{g.kg}^{-1}$	0,18 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
<b>Stasiun 2</b>			
Kulit	C : 0,93 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 11,2 g		0,03 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Dada	C : 1,12 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 48,2 g		0,16 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Tibia	C : 0,73 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 11,5 g		0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Sayap	C : 0,60 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 10,0 g		0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Total Stasiun 2		$0,03 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,16 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,02 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,02 \mu\text{g.kg}^{-1} = 0,23 \mu\text{g.kg}^{-1}$	0,23 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Rata-rata Stasiun 1 dan Stasiun 2		$\bar{X} = \frac{PDI_{Stasiun\ 1} + PDI_{Stasiun\ 2}}{2}$ $= \frac{0,18 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,23 \mu\text{g.kg}^{-1}}{2}$ $= 0,21 \mu\text{g.kg}^{-1}$	0,21 $\mu\text{g.kg}^{-1}$

## Lampiran 9 (lanjutan)

Perhitungan untuk populasi anak-anak usia 12 tahun

Organ	Konsentrasi Berat organ	Perhitungan	Hasil
<b>Stasiun 1</b>		$PDI = \frac{C \times (D_{intake} \times Cf)}{B_{average\ weight}}$	
Kulit	C : 0,26 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 11,7 g	$PDI = \frac{0,26 \mu\text{g.g}^{-1} \times (11,7 \text{ g} \times 0,208)}{30 \text{ kg}}$ $PDI = 0,02 \mu\text{g.kg}^{-1}$	0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Dada	C : 0,60 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 58,3 g		0,24 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Tibia	C : 0,56 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 13,0 g		0,05 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Sayap	C : 1,21 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 13,9 g		0,12 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Total Stasiun 1		$0,02 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,24 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,05 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,12 \mu\text{g.kg}^{-1} = 0,43 \mu\text{g.kg}^{-1}$	0,43 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
<b>Stasiun 2</b>			
Kulit	C : 0,93 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 11,2 g		0,07 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Dada	C : 1,12 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 48,2 g		0,37 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Tibia	C : 0,73 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 11,5 g		0,06 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging Sayap	C : 0,60 $\mu\text{g.g}^{-1}$ D : 10,0 g		0,04 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Total Stasiun 2		$0,07 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,37 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,06 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,04 \mu\text{g.kg}^{-1} = 0,54 \mu\text{g.kg}^{-1}$	0,54 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Rata-rata Stasiun 1 dan Stasiun 2		$\bar{X} = \frac{PDI_{Stasiun\ 1} + PDI_{Stasiun\ 2}}{2}$ $= \frac{0,43 \mu\text{g.kg}^{-1} + 0,54 \mu\text{g.kg}^{-1}}{2}$ $= 0,48 \mu\text{g.kg}^{-1}$	0,48 $\mu\text{g.kg}^{-1}$

### Lampiran 10 : Perhitungan %TDI (*Total Daily Intake*)

% TDI dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\%TDI = \frac{PDI}{TDI} \times 100\%$$

PDI : *Probable Daily Intake*

Organ	Dewasa		Anak-anak	
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 1	Stasiun 2
Kulit	0,01 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,03 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,07 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging dada	0,10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,16 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,24 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,37 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging tibia	0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,05 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,06 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Daging sayap	0,05 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,12 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,04 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
Total	0,18 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,23 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,43 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	0,54 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
	0,21 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		0,48 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	

TDI : 3,6  $\mu\text{g.kg}$  berat badan<sup>-1</sup>

**Lampiran 10 (lanjutan)**

Perhitungan untuk populasi orang dewasa.

Organ	PDI	Perhitungan	Hasil
<b>Stasiun 1</b>			
		$\%TDI = \frac{PDI}{TDI} \times 100\%$	
Kulit	0,01 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	$PDI = \frac{0,01 \mu\text{g.kg}^{-1}}{3,6 \mu\text{g.kg}^{-1}} \times 100\%$	0,28 %
Daging Dada	0,10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		2,78 %
Daging Tibia	0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		0,56 %
Daging Sayap	0,05 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		1,36 %
Stasiun 1			5 %
<b>Stasiun 2</b>			
Kulit	0,03 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		0,83 %
Daging Dada	0,16 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		4,44 %
Daging Tibia	0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		0,56 %
Daging Sayap	0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		0,56 %
Stasiun 2			6,39 %
Stasiun 1 dan 2			5,83 %

**Lampiran 10 (lanjutan)**

Perhitungan untuk populasi anak-anak usia 12 tahun

Organ	PDI	Perhitungan	Hasil
<b>Stasiun 1</b>		$\%TDI = \frac{PDI}{TDI} \times 100\%$	
Kulit	0,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	$PDI = \frac{0,02 \mu\text{g.kg}^{-1}}{3,6 \mu\text{g.kg}^{-1}} \times 100\%$	0,56 %
Daging Dada	0,24 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		6,67 %
Daging Tibia	0,05 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		1,39 %
Daging Sayap	0,12 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		3,33 %
Stasiun 1	0,43 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		11,94 %
<b>Stasiun 2</b>			
Kulit	0,07 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		1,94 %
Daging Dada	0,37 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		10,28 %
Daging Tibia	0,06 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		1,67 %
Daging Sayap	0,04 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		1,11 %
Stasiun 2	0,54 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		15,00 %
Stasiun 1 dan 2	0,48 $\mu\text{g.kg}^{-1}$		13,33 %

## Lampiran 11 : HRI (*Health Risk Index*)

HRI dihitung dengan menggunakan rumus :

$$HRI = \frac{PDI}{RfD}$$

$RfD : 1,4 \times 10^{-1} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$

PDI : dikonversi dari  $\mu\text{g.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$  menjadi  $\text{mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ , dengan mengalikan PDI dengan  $10^{-3}$  (agar keseluruhan satuan habis dibagi).

PDI orang dewasa

Organ	Stasiun 1	Stasiun 2
Kulit	$0,01 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,03 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging dada	$0,10 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,16 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging tibia	$0,02 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,02 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging sayap	$0,05 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,02 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Total	$0,18 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,23 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
	$0,21 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	

PDI anak-anak 12 tahun

Organ	Stasiun I	Stasiun 2
Kulit	$0,02 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,07 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging dada	$0,24 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,37 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging tibia	$0,05 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,06 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging sayap	$0,12 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,04 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Total	$0,43 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$0,54 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
	$0,48 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	



## Lampiran 11 (lanjutan)

HRI pada populasi orang dewasa

Organ	PDI	Perhitungan	Hasil
<b>Stasiun 1</b>		$HRI = \frac{PDI}{R_f D}$	
Kulit	$0,01 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$HRI = \frac{0,01 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}}{1,4 \times 10^{-1} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}}$	$0,07 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Dada	$0,10 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,71 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Tibia	$0,02 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,14 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Sayap	$0,05 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,36 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Stasiun 1	$0,18 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$1,29 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
<b>Stasiun 2</b>			
Kulit	$0,03 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,21 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Dada	$0,16 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$1,14 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Tibia	$0,02 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,14 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Sayap	$0,02 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,14 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Stasiun 2	$0,23 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$1,64 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Stasiun 1 dan 2		$0,21 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$1,50 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$

## Lampiran 11 (lanjutan)

HRI pada populasi anak-anak 12 tahun

Organ	PDI	Perhitungan	Hasil
<b>Stasiun 1</b>		$HRI = \frac{PDI}{R_f D}$	
Kulit	$0,02 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$HRI = \frac{0,02 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}}{1,4 \times 10^{-1} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}}$	$0,14 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Dada	$0,24 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$1,71 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Tibia	$0,05 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,36 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Sayap	$0,12 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,86 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Stasiun 1	$0,43 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$3,07 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
<b>Stasiun 2</b>			
Kulit	$0,07 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,50 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Dada	$0,37 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$2,64 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Tibia	$0,06 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,43 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Daging Sayap	$0,04 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$0,28 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Stasiun 2	$0,54 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$		$3,86 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$
Stasiun 1 dan 2		$0,48 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$	$3,42 \times 10^{-3} \text{ mg.kg}^{-1}.\text{hari}^{-1}$

**Lampiran 12. Frekuensi konsumsi burung Dara dan organ yang dikonsumsi**

**Frekuensi konsumsi konsumen burung dara (*C.livia*)**

<b>Rentang waktu konsumsi</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Probabilitas frekuensi</b>
1 minggu 1 kali	6	0,2
2 minggu 1 kali	4	0,1
3 minggu 1 kali	3	0,1
4 minggu 1 kali	17	0,6

**Frekuensi organ burung dara yang dikonsumsi**

<b>Organ yang dikonsumsi</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Probabilitas frekuensi</b>
Daging saja	15	0,5
Kulit saja	0	0
Daging dan Kulit	15	0,5