

**RESIDU LOGAM BERAT PADA SAPI POTONG
YANG DIPELIHARA DI TPA JATIBARANG, KOTA SEMARANG
PASCA PROSES ELIMINASI SELAMA 90 HARI**

Oleh :

M. Arifin, B.E. Subagio, E. Rianto, E. Purbowati, A. Purnomoadi, dan B. Dwiloka
Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang

Makalah

*Telah Dipresentasikan pada Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner,
dengan Tema:*

***“Inovasi Teknologi Peternakan untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat
dalam Mewujudkan Kemandirian dan Ketahanan pangan Nasional”***

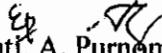
*Diselenggarakan Oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
Di Bogor, 12-13 September 2005*

- Terdaftar Pada UPT Perpustakaan Universitas Diponegoro

UPT-PUSTAK-UNDIP	
No. Daft:	12/16/K1/PP/07
Tgl.	9-1-06

Residu Logam Berat Pada Sapi Potong yang Dipelihara di TPA Jatibarang, Kota Semarang Pasca Proses Eliminasi Selama 90 Hari



Oleh: 
M. Arifin, B. E. Subagio, E. Rianto, E. Purbowati, A. Purnomoadi dan B. Dwiloka 
Fakultas Peternakan, Universitas Diponegoro, Semarang

Sebuah kajian tentang residu logam berat pada sapi potong yang dipelihara atau digembalakan di tempat pembuangan sampah akhir (TPA). Jatibarang Kota Semarang telah dilakukan melalui proses pengeluaran sapi dari lokasi TPA dan mengganti pakannya dengan pakan konvensional. Sebanyak 2 ekor sapi jantan, berumur 1-2 tahun dan berbobot badan 250 kg diambil dari TPA Jatibarang, sapi tersebut dipilih berdasarkan kriteria sejak dari lahir dipelihara dengan digembalakan di lokasi TPA. Sapi-sapi tersebut kemudian dipindahkan ke laboratorium untuk proses eliminasi. Selama proses eliminasi ternak diberi pakan rumput gajah secara *ad libitum* dan konsentrat komersial (PK=16%) sebanyak 20% dari kebutuhan bahan kering, di samping itu juga dilakukan pemantauan dinamika kandungan logam berat (Hg, Pb dan Cd) pada feses dan urine. Pada akhir penelitian (hari ke 90) kedua ekor sapi tersebut dipotong, kemudian diambil sampel daging (*Biceps femoris* dan *Longissimus dorsi*) dan organ visceranya untuk dilakukan uji residu logam berat. Proses pengujian kandungan logam berat dilakukan dengan metode Neutron Activation Analysis (NAA) dan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa logam berat Pb, Hg dan Cd dapat dieliminasi dari dalam tubuh ternak baik melalui urine maupun feses. Di dalam urine, residu Pb, Hg dan Cd ditemukan masing-masing sebesar 100,7; 14,4 dan 711,2 ppm dan sudah tidak terdeteksi lagi masing-masing pada hari ke 90, 62 dan 35. Di dalam darah Pb, Hg dan Cd masing-masing ditemukan sebesar 283,6; 87,3 dan 719,8 ppm, dan sudah terdeteksi lagi masing-masing pada hari ke 90, 63 dan 42. Di dalam feses Pb dan Hg masih terdeteksi hingga hari ke 90, sedangkan Cd sudah tidak terdeteksi pada hari ke 40. Setelah selesai proses eliminasi, ternyata di dalam *Biceps femoris* dan *Longissimus dorsi* masih ditemukan residu Pb, masing-masing sebesar 0,285 dan 0,18 ppm; di dalam organ hati masih ditemukan Pb dan Hg masing-masing sebesar 1,78 dan 0,085 ppm; di dalam ginjal masih ditemukan residu Pb dan Hg masing-masing sebesar 1,44 dan 0,46 ppm; sedangkan di dalam rumen dan usus masih ditemukan residu Pb masing-masing sebesar 0,96 dan 0,38 ppm. Residu ketiga jenis logam berat tersebut dalam daging dan organ viscera ternyata sudah berada di bawah Maximum Residue Limit, sehingga aman untuk dikonsumsi. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa residu logam berat pada sapi potong yang digembalakan pada TPA dapat dieliminasi pada hari ke 90 hingga produk pemotongannya aman untuk dikonsumsi.

Kata kunci: sampah, residu, eliminasi, logam berat, sapi potong

*Contact Person:
Dr. Mukh Arifin
Fakultas Peternakan UNDIP, Kampus Tembalang, Semarang
Telp/Fax: 024-7478348, E-mail: arfinche@hotmail.com

PENDAHULUAN

Keamanan pangan asal ternak dalam dasawarsa terakhir mendapatkan perhatian yang cukup serius dari berbagai kalangan, sebab dengan adanya perkembangan pola hidup manusia yang semakin kompleks, resiko pencemaran terhadap produk pangan asal ternak menjadi semakin tinggi. Pada sejumlah kota besar di Pulau Jawa, keterbatasan lahan dan tuntutan untuk mendapatkan mata pencaharian telah mendorong masyarakat untuk membudidayakan ternak (sapi) dengan cara menggembalakan di TPA. Arifin *et al* (2003) melaporkan bahwa produk pemotongan sapi yang berasal dari budidaya di TPA Jatibarang Kota Semarang terdeteksi mengandung residu logam berat, khususnya Pb, Hg dan Cd dalam jumlah di atas MRL yang diperbolehkan. Di lingkungan Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPA) keberadaan ketiga jenis logam berat tersebut semakin meningkat seiring dengan peningkatan aktivitas industri dan domestik yang semakin kompleks. Karena sifat logam yang akumulatif, paparan ternak yang digembalakan di tempat tersebut terhadap logam berat toksik semakin intensif, sehingga kemungkinan masuknya logam-logam tersebut ke dalam rantai makanan manusia menjadi semakin besar.

Problem keamanan pangan asal ternak dari TPA yang direpresentasikan oleh sapi potong dari TPA Jatibarang Kota Semarang tersebut tidak bisa diselesaikan dengan cara mengeluarkan semua ternak dari tempat tersebut, sebab budidaya ternak di TPA tersebut sudah menjadi mata pencaharian yang menguntungkan bagi masyarakat sekitar lokasi TPA. Di samping itu pelarangan penggembalaan ternak di lokasi TPA juga berarti mengancam keberadaan TPA, karena masyarakat sekitar akan merasa tidak memperoleh manfaat apa-apa dari keberadaan TPA di lingkungan mereka. Oleh karena itu sangat dibutuhkan adanya solusi lain yang dapat mengurangi bahaya keamanan daging sapi yang dihasilkan dari TPA tersebut.

Penelitian ini merupakan langkah awal untuk mencari alternatif solusi dalam menurunkan residu logam berat dari ternak sapi yang digembalakan di TPA melalui penggantian pakan dengan bahan konvensional, sebelum ternak tersebut dipasarkan keluar. Hasil penelitian ini diharapkan, dapat diaplikasikan untuk mengembangkan pola budidaya sapi di TPA tersebut ke TPA-TPA lain di seluruh Indonesia yang jumlahnya

mencapai ratusan. Dengan demikian permasalahan keamanan pangan asal ternak yang digembalakan di TPA, penolakan TPA oleh masyarakat yang selama ini terjadi di banyak tempat, permasalahan lapangan pekerjaan bagi masyarakat di sekitar TPA, dan permasalahan pengolahan sampah organik juga dapat diatasi melalui pemanfaatan untuk pakan ternak.

METODE PENELITIAN

1. Materi

Penelitian ini menggunakan materi berupa: dua ekor sapi potong yang diambil dari TPA Jatibarang Semarang. Sapi yang diteliti tersebut dipilih dengan kriteria: sehat, berumur 1,5 - 2 tahun, berjenis kelamin jantan, mempunyai bobot hidup di atas 200 kg dan telah dipelihara di TPA sejak lahir. Pakan yang digunakan dalam penelitian ini berupa rumput Gajah dan konsentrat komersial dengan kandungan protein kasar 12%.

2. Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, dilakukan dengan cara memotong masukan atau input pakan yang mengandung logam berat pada sapi potong yang sejak lahir digembalakan di TPA Jatibarang, Kota Semarang. Langkah ini diikuti dengan pemantauan secara periodik kandungan logam Hg dan Cd dalam sampel darah, feses dan urine dengan menggunakan teknik "Neutron Activation Analysis" (NAA), sedangkan logam Pb menggunakan teknik "Atomic Absorption Spectrophotometry" (AAS). Pada akhir pengamatan, ternak penelitian dipotong, kemudian dilakukan analisis terhadap kandungan logam berat dengan cara yang sama pada sampel daging dan organ *viscera* (usus, rumen, hati, ginjal).

Selama periode pemeliharaan tiga bulan, ternak penelitian ditempatkan di kandang percobaan dengan tujuan untuk memfasilitasi terjadinya proses eliminasi logam berat dari dalam tubuh ternak. Dalam masa pemeliharaan untuk eliminasi, ternak diberi pakan rumput gajah dan konsentrat komersial yang mengandung protein kasar 12 %. Rumput gajah diberikan secara *ad libitum*, sedangkan pakan konsentrat diberikan dua kali

sehari pagi dan sore sebanyak 20% dari kebutuhan bahan kering. Pemberian air minum dilakukan secara *ad libitum* dari sumber air berupa sumur dalam yang ada di laboratorium. Selama periode pemeliharaan dilakukan pengambilan sampel urine, feses dan darah pada hari ke : 1, 2, 3, 5, 7, 10, 14, kemudian untuk selanjutnya sampel diambil setiap satu minggu sekali hingga kandungan logam berat tidak terdeteksi. Setelah kandungan logam berat tidak terdeteksi di dalam urine dan feces, kedua ternak dipotong untuk diambil sampel jaringan tubuh, antara lain : darah, *viscera* (usus, rumen, hati, ginjal) dan daging paha (*musculus Biceps femoris*), daging haas (*musculus Longissimus dorsi*), untuk dianalisa kandungan logam beratnya.

Untuk mengetahui tingkat keamanan daging dan bagian organ dalam dari sapi potong asal TPA setelah proses eliminasi, maka data mengenai kandungan logam berat pada masing-masing jaringan tubuh yang diperiksa diperbandingkan dengan standar Maximum Residue Limit (MRL) yang dikeluarkan oleh Departemen Kesehatan Republik Indonesia (1998), dan WHO (1996). Perbandingan dengan standar ini dimaksudkan untuk memberikan informasi apakah kandungan logam berat pada sapi potong yang telah dipelihara di TPA Jatibarang melebihi ambang batas maksimal yang diperbolehkan atau aman sesuai dengan syarat-syarat yang telah ditetapkan.

HASIL PENELITIAN

Hasil pengujian dengan metode NAA dan AAS pada sampel jaringan/organ menunjukkan bahwa proses penggantian pakan dan lingkungan selama 90 hari tidak mampu mengeliminasi seluruh residu logam berat (Pb, Hg dan Cd) dari dalam tubuh ternak. Di dalam urine, residu Pb, Hg dan Cd ditemukan masing-masing sebesar 100,7; 14,4 dan 711,2 ppm dan sudah tidak terdeteksi lagi masing-masing pada hari ke 90, 62 dan 35. Di dalam darah Pb, Hg dan Cd masing-masing ditemukan sebesar 283,6; 87,3 dan 719,8 ppm, dan sudah terdeteksi lagi masing-masing pada hari ke 90, 63 dan 42. Di dalam feses Pb dan Hg masih terdeteksi hingga hari ke 90, sedangkan Cd sudah tidak terdeteksi pada hari ke 40. Berdasarkan kajian ini juga terungkap bahwa Pb merupakan jenis logam berat yang paling sulit dikeluarkan dari semua jaringan/organ yang diteliti, baik *musculus Longissimus dorsi*, *musculus Biceps femoris*, hati, ginjal, rumen, maupun

usus (Tabel 1). Hg terdeteksi hanya tertinggal dalam organ ginjal saja, sedangkan di dalam jaringan/organ lain tidak terdeteksi. Sementara itu, Cd tidak terdeteksi pada semua jaringan/organ yang diamati pada akhir penelitian ini.

Tabel 1. Kandungan Logam Berat pada Jaringan Tubuh Sapi yang Digembalakan di TPA Jatibarang setelah Proses Eliminasi 90 Hari (*ppm bobot kering*)

No	Jenis Organ/Jaringan	Jenis Logam Berat	Hasil Penelitian		Standar MRL	
			Sapi I	Sapi II	Depkes	WHO
1	<i>Musculus Biceps Femoris</i>	Pb	0.38	0.19	2.00	0.10
		Hg	tt	tt	0.03	-
		Cd	tt	tt	-	0.15-0.50
2	<i>Musculus Longissimus Dorsi</i>	Pb	0.19	0.17	2.00	0.10
		Hg	tt	Tt	0.03	-
		Cd	tt	tt	-	0.15-0.50
3	Hati	Pb	2.48	1.08	2.00	0.10
		Hg	0.02	0.15	0.03	-
		Cd	tt	tt	-	0.15-0.50
4	Ginjal	Pb	1.15	1.72	2.00	0.01
		Hg	0.64	0.28	0.03	0.05
		Cd	0.04	tt	-	0.15-0.50
5	Rumen	Pb	1.34	0.57	2.00	0.01
		Hg	tt	tt	0.03	-
		Cd	Tt	Tt	-	0.15-0.50
6	Usus	Pb	0.57	0.19	2.00	0.01
		Hg	Tt	Tt	0.03	-
		Cd	Tt	Tt	-	0.15-0.50

Catatan : ppm =part per-million, tt= tidak terdeteksi

1. Residu Pb

Dilihat dari batasan maksimal (*maximum residue limit/MRL*) yang diperbolehkan, kandungan Pb pada organ hati ternyata melampaui MRL yang diperbolehkan, sedangkan pada jaringan/organ lain diketahui masih berada di bawah MRL yang diperbolehkan. Hal ini menimbulkan implikasi daging sapi asal TPA Jatibarang pasca proses eliminasi layak untuk dikonsumsi, sedangkan organ hati, walaupun sapi tersebut sudah diganti bahan pakannya dengan bahan pakan yang bebas dari kandungan logam berat selama 90 hari, tetapi masih belum aman untuk dikonsumsi.

Kandungan residu Pb pada organ hati yang berada di atas ambang batas yang diperbolehkan tersebut menyebabkan bagian tersebut tidak diijinkan untuk dikonsumsi, sebab jika dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan resiko keracunan dan membahayakan kesehatan manusia (Darmono, 1995).

Walaupun berdasarkan standar Depkes daging yang berasal dari sapi yang diteliti tersebut masih dianggap aman, tetapi jika standar yang digunakan adalah MRL pada negara-negara maju (Seperti Amerika Serikat), maka temuan residu Pb dalam daging sapi yang diteliti tersebut masih dianggap tidak aman. Perbedaan standar MRL ini terutama berhubungan dengan realitas angka konsumsi daging masyarakat Indonesia yang masih rendah. Masyarakat di negara maju memiliki angka konsumsi daging/kapita/tahun lebih dari 10 kali lipat rata-rata konsumsi daging masyarakat Indonesia. Oleh karena itu nilai MRL yang ditetapkan untuk masyarakat Indonesia dapat ditingkatkan, dengan asumsi walaupun nilai MRL lebih tinggi, tetapi karena jumlah konsumsi daging/kapita/tahunnya yang rendah, sehingga kekhawatiran keracunan yang bersifat akumulatif menjadi kecil.

Keberadaan residu logam berat dalam jaringan tubuh ternak berhubungan dengan sifat fisik dan kimia masing-masing logam terhadap media atau jaringan yang disinggahi selama perjalanan proses metabolisme. Darmono (1995) menjelaskan bahwa Pb dalam saluran pencernaan dalam bentuk terlarut, bahan ini diabsorpsi sekitar 1-10% melalui dinding saluran pencernaan. Sistem darah porta hepatis (dalam hati) membawa Pb untuk dideposisi dan sebagian lagi dibawa darah serta didistribusikan ke dalam jaringan. Sebagian Pb yang telah melalui rute metabolisme diekskresikan melalui urine dan feses. Sebagian besar ekskresi terjadi melalui cairan empedu ke dalam intestinum dan sebagian kecil terekskresi melalui dinding intestinum dan ginjal, melalui air susu, keringat dan rambut. Ditambahkan juga, faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan Pb dalam jaringan tubuh, antara lain : (1) umur, semakin tua maka kandungan Pb semakin tinggi (sapi yang diteliti baru berumur 2 tahun, relatif masih muda, sehingga akumulasi Pb belum tinggi), (2) jenis jaringan tubuh (urutan kandungan Pb dalam jaringan dari yang paling tinggi adalah : tulang > hati > paru-paru > ginjal > limpa > jantung > otak > gigi > rambut). Hasil penelitian ini juga menunjukkan pola yang sama, urutan kandungan logam Pb berturut-turut dari tertinggi sampai terendah adalah hati, ginjal, rumen, usus, *Biceps femoris* dan *Longissimus dorsi*.

Menurut Linder (1985) dan Palar (1994), dalam proses metabolisme carrier Pb adalah butir-butir darah merah (RBC). Dalam jaringan ini Pb mempunyai waktu paruh 25–30 hari. Di dalam jaringan lemak dan ginjal, logam ini memiliki waktu paruh lebih lama lagi sampai beberapa bulan. Di dalam daging (otot) keberadaan RBC yang terperangkap di dalam jaringan tersebut dan memberikan kontribusi terhadap timbunan Pb di dalamnya.

Rendahnya kandungan Pb pada organ/jaringan yang diperiksa dalam penelitian ini dapat disebabkan afinitas Pb terhadap penyusun jaringan tersebut relatif rendah, seperti dinyatakan oleh Darmono (1995) hampir semua Pb yang masuk ke dalam rute metabolisme memiliki terminal pada jaringan tulang. Linder (1985) menyebutkan tingkat absorpsi tulang terhadap logam ini hampir 90% dari yang lolos melalui dinding saluran pencernaan, sedangkan sisanya dideposisi dalam jaringan lunak terutama hati dan ginjal. Keberadaan Pb di dalam jaringan tulang ini bersifat sangat labil, artinya resiko untuk kembali ditransfer ke dalam jaringan lain sangat besar. Seperti diketahui tulang merupakan deposit kalsium dan pospor yang siap dimobilisasi saat input kedua mineral ini kurang (Darmono, 1995). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kemungkinan terjadinya fluktuasi residu Pb di dalam jaringan tubuh pasca eliminasi masih sangat besar, apalagi jika dalam proses eliminasi tersebut kandungan mineral Ca dan P dalam pakan tidak diperhatikan.

2. Residu Hg

Residu merkuri (Hg) pada organ hati dan ginjal terdeteksi di atas batas yang diperbolehkan (MRL), sementara pada jaringan otot logam tersebut tidak terdeteksi (Tabel 3). Kadar Hg yang tinggi pada hati dan ginjal dalam penelitian ini sejalan dengan pernyataan Peterle (1991), karena hati dan ginjal merupakan organ tempat merkuri mengalami proses metabolisme dan ekskresi. Kandungan merkuri yang tinggi dalam hati disebabkan hati merupakan organ detoksikasi, tempat pembentukan sebagian besar protein metallothionein yang berfungsi mengikat merkuri dalam hati, sehingga siap diekskresikan atau dideposisi dalam keadaan aman (Katzung, 1995).

Tingginya kadar Hg yang ditemukan di dalam organ hati dalam penelitian ini tidak diikuti oleh gejala keracunan pada ternak sewaktu masih hidup. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh rendahnya sifat toksik dari jenis atau bentuk kimia merkuri yang terdapat dalam tubuh sapi tersebut. Menurut Parakassi (1999), toksisitas merkuri sangat bervariasi tergantung pada bentuk kimia dari bahan tersebut dan kehadiran antidot berupa logam lain. Merkuri dalam bentuk aril-merkuri kurang beracun dibanding alkil-merkuri (dalam penelitian ini tidak dilakukan identifikasi terhadap bentuk kimia dari merkuri yang terdeteksi). Aril-merkuri relatif lebih cepat terdegradasi dalam tubuh menjadi bentuk anorganik.

Menurut Syamsudin (1995) dinding usus merupakan filter yang dapat memilih bentuk merkuri tidak toksik yang dapat lebih mudah diabsorpsi (sementara merkuri yang masuk melalui rute non-pencernaan memiliki toksisitas tinggi), merkuri dalam bentuk ini tidak bereaksi dengan molekul penting secara biologis. Selektifitas dinding usus terhadap senyawa merkuri ini terkonfirmasi oleh tingginya ekskresi merkuri melalui feses. Dinyatakan oleh Sunu (2001), logam merkuri anorganik pada umumnya merupakan komponen yang tinggal dalam tubuh dengan waktu yang singkat, logam ini tidak terkumpul dalam jumlah yang membahayakan. Di sisi lain, kehadiran logam lain yang berfungsi sebagai antidot dalam kasus ini juga memberikan kemungkinan tidak munculnya gejala keracunan pada sapi yang diteliti sewaktu proses eliminasi 90 hari. Logam Selenium (Se) merupakan antidot yang dapat menurunkan sifat racun dari Hg bentuk organik (Parakassi, 1999). Walaupun dalam penelitian ini tidak dilakukan analisis terhadap kandungan logam Se, namun peluang kehadiran logam ini sangat besar, sebab bisa jadi tersedia cukup berlimpah pada tempat pembuangan sampah dan dikonsumsi oleh ternak bersama bahan-bahan lain.

3. Residu Cd

Residu kadmium (Cd) hanya ditemukan pada organ ginjal (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan bahwa daging sapi yang telah mengalami proses eliminasi menjadi aman dikonsumsi, apalagi jika dilihat besarnya kandungan logam tersebut berada di bawah standar MRL WHO. Rendahnya residu Cd dalam organ/jaringan tubuh (hingga

tidak terdeteksi) ini kemungkinan besar karena logam ini dapat dieliminasi relatif lebih mudah dari dalam tubuh, melalui urine dan feses. Hal tersebut diperkuat oleh data nihilnya kandungan Cd dalam darah setelah hari ke-28 pada sapi I dan hari ke-21 pada sapi II. Data eliminasi melalui urine dan feses juga menunjukkan hal yang sama; pada sapi I kadar Cd dalam urine sudah tidak terdeteksi lagi pada hari ke-42 dan dalam feses pada hari ke-42. Pada sapi II kadar Cd dalam urine dan feses tidak terdeteksi lagi masing-masing pada hari ke-28 dan 49.

Rendahnya kadar Cd yang terdeteksi dalam penelitian ini kemungkinan karena terjadinya interaksi dengan logam esensial seperti Zn. Menurut Darmono, (1995), beberapa macam enzim mengikat logam dan bekerja sebagai katalisator untuk aktivitas kerja enzim yang bersangkutan, logam yang paling banyak terlibat dalam aktivitas enzim ini diantaranya Zn, sehingga Zn akan berinteraksi dengan Cd. Selain Zn, logam esensial seperti Ca, Fe, Cu, dan Se dapat berinteraksi dengan Cd yang mengakibatkan proses absorpsi ke dalam jaringan menjadi terhambat. Ditambahkan oleh Palar (1994) bahwa interaksi antara Cd dan Cu akan menghambat proses penyerapan logam oleh tubuh.

Menurut Darmono (1995), Cd yang masuk melalui rute pakan dan saluran pencernaan akan diabsorpsi sekitar 3 - 8% dari total Cd yang termakan. Dalam usus, Cd menempel pada dinding usus sehingga diduga pada saat epitel usus terkelupas (karena keracunan Cd), sebagian Cd ikut keluar dari dalam tubuh bersama feces. Dalam proses absorpsi oleh dinding usus Cd berkompetisi dengan Zn (Hal ini dapat dicegah dengan pemberian Zn dosis tinggi pada pakan sehingga mencegah kerusakan epitel usus oleh toksisitas Cd, disamping itu Zn berkompetisi dengan Cd, sehingga absorpsi Cd dapat terhambat (Chowdhury dan Chandra, 1987). Dalam proses metabolisme, Cd didistribusikan oleh darah ke berbagai jaringan, kemudian terakumulasi terutama dalam hati dan ginjal. Dua organ penting tersebut merupakan tempat deposisi Cd dalam tubuh yang jumlahnya 50% dari total Cd terabsorpsi.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa teridentifikasinya Pb, Hg ataupun Cd pada organ hati dan ginjal mudah dimengerti, sebab : (1) seluruh hasil pencernaan bahan ini akan diabsorpsi ke dalam hati melalui "hepatic portal vein, sehingga hati merupakan organ pertama yang berhubungan dan melakukan metabolisme

terhadap racun yang terserap dalam saluran pencernaan; (2) secara alamiah hati memiliki enzim detoksifikasi yang mampu melakukan biotransformasi terhadap bahan-bahan toksik, dimana banyak reaksi oksidasi yang dapat meningkatkan metabolisme sehingga mengakibatkan hati lebih mudah menyerap bahan-bahan toksik (Hodgson dan Levi, 1997). Bahan-bahan toksik yang sudah mengalami biotransformasi sehingga tidak toksik selanjutnya memiliki muara pada ginjal untuk dieksresikan. Problem selanjutnya di dalam ginjal adalah kemampuan ginjal untuk mengekresikan bahan tersebut, sebab di dalam organ ini juga terdapat mekanisme reabsorpsi yang dalam hal tertentu dapat menghambat pengeluaran bahan-bahan toksik tersebut. Fenomena ini terbukti pada ditemukannya Pb, Hg dan Cd di dalam organ ginjal.

SIMPULAN DAN SARAN

1. Simpulan

Pengeluaran sapi dari lokasi TPA dan menggantikan pakan dengan bahan konvensional selama 90 hari ternyata dapat membantu mengeluarkan residu logam berat Pb, Hg dan Cd dari dalam tubuh ternak tersebut melalui urine dan feses. Pematangan ternak yang dilakukan setelah proses eliminasi ternyata menghasilkan kadar residu logam berat Pb, Hg dan Cd pada produk pematangan ternak tersebut di atas sudah berada di bawah MRL, sehingga menjadi aman untuk dikonsumsi, kecuali untuk organ hati dan ginjal.

2. Saran

Ternak sapi yang akan dikeluarkan dari TPA untuk dipotong, sebaiknya tiga bulan sebelumnya tidak diberi pakan sampah lagi. Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang berkaitan dengan interaksi antara logam berat dan logam esensial khususnya pada hewan besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., E. Rianto., E. Purbowati., B. Dwiloka., A. Purnomoadi. 2002. Uji Kualitas Daging Sapi Potong yang Dipelihara di TPA Jatibarang, Kota Semarang. Universitas Diponegoro, Semarang. (Tidak Dipublikasikan)
- Bapedalda (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah) Semarang. 1998. Laporan Pengawasan Pengendalian Dampak Lingkungan Proyek SUDP yang Berdokumen AMDAL (TPA Jatibarang dan Jalan Pamularsih-Kaligarang). Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah, Semarang
- Chowdhury, B. A. dan R. K. Chandra. 1987. Biological and health implication of Toxic Heavy Metals and essential Trace Element Interactions. *Progress in Food and Nutrition Sci*, 11:55-113.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Universitas Indonesia Press, Jakarta
- Dinas Kebersihan Kota Semarang. 1998. Tempat Pembuangan Akhir Sampah Jatibarang, Semarang. Dinas Kebersihan Kota Semarang.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 1998. Kumpulan Peraturan Perundang-Undangan Bidang Makanan dan Minuman. Direktorat Jenderal, POM Departemen Kesehatan RI, Jakarta.
- Hodgson, E. dan P. E. Levi. 1997. *A Textbook of Modern Toxicology*. 2nd Edition. Mc Graw Hill Co. Inc., Singapore.
- Hutabarat, J. 2002. Dampak Pencemaran Laut terhadap Kehidupan Manusia dan Biota Laut serta Upaya Penanggulangannya. Raker Pengendalian Pencemaran Laut, Bappedal Provinsi Jawa Tengah. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang.
- JECFA (Joint FAO / WHO Expert Committee on Food Additives). 1989. Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. The 33rd Meeting of The Joint FAO / WHO Expert Committee on Food Additives. Cambridge University Press, New York.
- Katzung, B. 1995. *Farmakologi Dasar dan Klinik*. Edisi VI. Salemba Medika, Jakarta. (Diterjemahkan oleh Bagian Farmakologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga).
- Linder, M. C. 1985. *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.

- Menteri Negara Urusan Pangan. 1996. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 1996. Kantor Menteri Negara Urusan Pangan, Jakarta.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta, Jakarta.
- Parakassi, A. 1999. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminan. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Peterle, T.J. 1991. Wildlife Toxicology. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Slamet, J. S. 2000. Kesehatan Lingkungan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Supriharyono. 2002. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia, Jakarta.
- Sunu, P. 2001. Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001. Grasinda, Jakarta.
- Syamsudin, U. 1995. Logam Berat dan Antagonis. Farmakologi dan Terapi. Edisi ke-4. Gaya Baru, Jakarta. Hal 781-799
- Widianarko, B. 2002. Peran Toksikologi Lingkungan dalam Pemecahan Masalah Pangan dan Lingkungan. Pidato Pengukuhan Guru Besar. Universitas Katholik Soegijapranata, Semarang.
- Winarno, F.G. dan T.S. Rahayu. 1994. Bahan Tambahan untuk Makanan dan Kontaminan. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- WHO (World Health Organization). 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health. Eigendom Biologisch Laboratorium VU, Geneva.