



EFEK LAMA PERENDAMAN DAN KONSENTRASI SARI JERUK NIPIS TERHADAP PENURUNAN KADAR TIMBAL (Pb) PADA DAGING SAPI (STUDI KASUS DI TPA JATIBARANG SEMARANG)

Mahbub Masduqi[✉], Sri Ngabekti

Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D6 Lt.1 Jl Raya Sekaran Gunungpati Semarang Indonesia 50229

Info Artikel

Diterima Januari 2015
Disetujui Maret 2015
Dipublikasikan Mei 2015

Keywords:

Lead; beef; lime; Jatibarang
municipal garbage disposal
area

Abstrak

Daging sapi yang dipelihara TPA di Jatibarang terbukti tercemar timbal (Pb). Upaya yang dilakukan untuk menurunkan kadar Pb pada daging melalui perendaman jeruk nipis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar Pb pada daging sapi serta efektivitas jeruk nipis dalam menurunkan Pb pada daging sapi. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan desain *Randomized Pretest-Posttest Control Group Design* menggunakan Rancangan Acak Lengkap, pola faktorial 4x2 dengan sampel daging paha 3 ekor sapi yang terdiri atas kontrol dan 8 kombinasi perlakuan. Kadar Pb dalam daging dianalisis dengan AAS. Analisis menggunakan Anava Dua Jalan diperoleh nilai signifikan 0,032 (Sig<0,05) untuk konsentrasi dan 0,30 (Sig<0,05) untuk lama perendaman yang menunjukkan keduanya berpengaruh signifikan terhadap penurunan Pb. Rerata kadar Pb daging sapi sebesar 0,501 mg/Kg. Rerata kadar Pb pada perendaman sari jeruk nipis 0%, 10%, 20% dan 30% berturut-turut sebesar 0,391; 0,388; 0,282; dan 0,242 mg/Kg. Sedangkan rerata kadar Pb dalam waktu 30 dan 60 menit berturut-turut sebesar 0,371 dan 0,283 mg/Kg. Kadar Pb larutan sebelum dan sesudah perlakuan rerata sebesar 0,011 dan 0,295 µl/l. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penurunan Pb tertinggi adalah sari jeruk nipis konsentrasi 30% selama 60 menit dengan penurunan 59,4%.

Abstract

The cattle beef of Jatibarang municipal garbage disposal area was contaminated of lead. The effort needed to reduce beef lead levels was by soaking of lime essence. This research aimed to determine beef lead level and effectiveness of lime to reduce beef lead level. This was experimental research with *Randomized Pretest-Posttest Control Group Design* using *Complete Randomized Design*, factorial 4x2 with sample thigh beeves of 3 cows consisted of control and 8 treatment combinations. Beef Pb level was analyzed by AAS. Analysis using *Two Way Anova* obtained significant value 0,032 (Sig<0,05) for concentration and 0,30 (Sig<0,05) for soaking time that indicated both effected significantly on reducing of lead. The average of beef Pb level was 0,501 mg/Kg. The average of Pb level for lime essence 0%, 10%, 20% and 30% were 0,391; 0,388; 0,282; and 0,242 mg/Kg. The average of Pb level for soaking time 30 and 60 minutes were 0,371 and 0,283 mg/Kg. The average of Pb level for essence before and after treatment were 0,011 and 0,295 µl/l. Based on this research, it could conclude that the highest lead reduction was lime essence 30% for 60 minutes with reduction 59,4%.

PENDAHULUAN

Salah satu TPA yang menjadi tempat pemeliharaan ternak sapi adalah TPA

Selain itu pakan berupa sampah juga meningkatkan pendapatan masyarakat melalui kepemilikan sapi potong. Adapun dampak negatifnya adalah keamanan pangan dari daging sapi yang digembalakan di lokasi TPA diragukan, karena dicurigai terkontaminasi logam berat (Sudiyono 2011).

Berdasarkan hasil uji pendahuluan di Balai Laboratorium Kesehatan Jawa Tengah tahun 2014 terhadap daging sapi diketahui bahwa kadar Pb pada daging sapi yang dipelihara di TPA Jatibarang terkontaminasi logam timbal (Pb) sebesar 0,66 mg/kg. Kadar ini masih berada di bawah ambang batas Pb yang ditetapkan oleh Badan Standar Nasional pada daging tahun 2009 sebesar 1,0 mg/Kg. Namun demikian kadar Pb dalam jumlah sekecil apapun sesungguhnya tidak baik bagi tubuh karena sifat Pb yang toksik, karsinogenik, bioakumulatif dan biomagnifikasi (Withgott dan Brennan 2007, Dewi 2012).

Keberadaan logam Pb pada daging sangatlah berbahaya. Hal ini dikarenakan daging pada sapi paling banyak dikonsumsi masyarakat dalam berbagai menu sajian, dibandingkan dengan organ dalam lainnya. Apabila daging tersebut dikonsumsi, Pb pada daging juga akan terdistribusi ke dalam tubuh seseorang. Timbal adalah logam yang bersifat toksik terhadap manusia yang bisa berasal dari tindakan mengkonsumsi makanan (Widowati et al. 2012). sitrat menyebabkan ion sitrat dapat bereaksi dengan ion logam membentuk garam sitrat. Karena gugus fungsional -COOH maupun -OH phenolat ataupun -OH alkoholit dapat membentuk kompleks dengan ion logam (Ariyanto 2006).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sinaga et al. (2013) menggunakan jeruk nipis adalah perendaman terhadap kerang darah. Penelitian ini menghasilkan konsentrasi dan lama perendaman paling optimal adalah 25 % selama 30 menit. Selain itu penelitian yang dilakukan Armanda (2009) terhadap udang

Jatibarang Semarang. Dampak positif bagi peternak sapi adalah peternak dapat memanfaatkan sampah organik sebagai sumber pakan sapi.

al. 2008). Timbal yang terikat eritrosit dalam darah akan didistribusikan ke seluruh tubuh. Pendistribusian Pb yang pertama kali adalah ke dalam jaringan lunak seperti otot dan berinkorporasi dalam tulang, gigi dan rambut untuk dideposit (storage).

Berdasarkan uraian diatas maka diperlukan upaya untuk mengurangi kadar logam berat Pb dalam daging sapi di TPA Jatibarang. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan perendaman menggunakan bahan sekuestran (Chelating agents) yakni jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle). Hasil pengujian di laboratorium tahun 2014 didapatkan hasil perendaman daging sapi dalam larutan jeruk nipis konsentrasi 20 % mampu menurunkan Pb dari 0,66 mg/Kg menjadi 0,36 mg/Kg. Hal ini menunjukkan jeruk nipis dapat dijadikan sebagai salah satu pengkelat (pengikat) logam berat Pb.

Kemampuan jeruk nipis sebagai pegkelat logam karena kandungan asam sitrat di dalam jeruk nipis mampu mengikat logam berat Pb. Hudaya (2010) menyatakan beberapa kandungan alami makanan dapat berperan sebagai bahan sekuestran antara lain asam-asam karboksilat (oksalat, succinic), asam-asam hidroksi (laktat, malat, tartarat, sitrat) asam-asam amino, peptida, protein dan porfirin. Gugus fungsional -COOH pada asam

windu juga mampu menurunkan kadar Pb dalam udang tersebut. Jika jeruk nipis mampu menurunkan daging pada kerang darah dan udang windu, harapannya jeruk nipis tersebut juga mampu menurunkan Pb pada daging sapi yang digembalakan di TPA Jatibarang. Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai kemampuan jeruk nipis dalam menurunkan kadar Pb pada daging sapi, sehingga Pb yang terakumulasi pada daging dapat diturunkan bahkan dihilangkan sehingga aman untuk dikonsumsi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (True Experiment) dengan desain Randomized Pretest-Posttest Control Group Design. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial 4 x 2. Faktor pertama yaitu konsentrasi sari jeruk nipis terdiri dari 3 taraf konsentrasi meliputi N0 (0 %) sebagai kontrol, N1 (10 %), N2 (20 %) dan N3 (30 %). Faktor kedua yaitu perbedaan lama waktu perendaman dengan 2 taraf perlakuan meliputi T1 (30 menit) dan T2 (60 menit). Baik kontrol maupun perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Penelitian dilakukan di tiga lokasi yaitu TPA Jatibarang, Laboratorium Biologi Unnes, dan Balai Laboratorium Kesehatan Jawa tengah pada bulan Maret sampai Juli 2014.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ice box, gelas ukur 5 mL dan 10 mL, beker gelas 500 mL dan 1000 mL, pipet, wadah sampel, pisau, pengaduk kaca, saringan plastik, blander, juicer, stop watch, cawan porselen, hot plate, desikator, furnace, AAS, labu takar polypropylene. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi daging sapi TPA Jatibarang, sari jeruk nipis aquades, HNO3 0,1 M, HCl 6 M, larutan matrik modifier, larutan kontrol positif Pb, larutan standar Pb.

Sampel daging diambil dari Rumah Pemotongan Hewan (RPH). Pembuatan stok konsentrasi larutan jeruk nipis 100 % dilakukan dengan menimbang 1000 gram jeruk nipis yang telah dikupas kulitnya kemudian dimasukkan ke dalam juicer untuk didapatkan sari buahnya. Pembuatan konsentrasi larutan jeruk nipis 0 %, 10 %, 20 % dan 30 % secara berturut-turut dilakukan dengan mengambil larutan stok jeruk nipis 100 % sebesar 0 mL, 30 mL, 60 mL dan 90 mL, masing-masing ditambah akuades sampai 300 mL. Daging dipotong kecil-kecil dengan ukuran panjang x lebar x tinggi kurang lebih 3 x 4 x 1 cm. Untuk setiap 100 gram daging sapi direndam dalam 300 mL larutan jeruk nipis berbagai taraf perlakuan konsentrasi selama 30

menit dan 60 menit. Daging sesudah perlakuan dianalisis kadar Pb nya menggunakan AAS. Kadar Pb daging dan prosentase penurunannya dianalisis menggunakan uji Anava 2 jalan melalui SPSS 17. Prosentase penurunan kadar Pb dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$I = \frac{(I_0 - I_t)}{I_0} \times 100 \%$$

Keterangan:

I : Prosentase penurunan Kadar Pb pada daging sapi (%)

I₀ : Kadar Pb daging sebelum perendaman (mg/Kg)

I_t : Kadar Pb daging sesudah perendaman (mg/Kg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar timbal (Pb) pada daging segar sapi

Sapi TPA Jatibarang merupakan sapi peranakan ongole (PO). Sapi digembalakan oleh para peternak di TPA Jatibarang dan memakan sampah organik yang bercampur dengan sampah non organik. Hasil pengukuran tiga sampel sapi menunjukkan bahwa daging sapi TPA Jatibarang terkontaminasi logam berat Pb (Tabel 1).

Tabel 1 Kadar Pb pada daging segar sapi TPA Jatibarang

Sampel	Kadar Pb pada daging (mg/Kg)	Ambang batas SNI 2009 (mg/Kg)
A	0,660	1,0 mg/Kg
B	0,528	
C	0,326	
Rerata	0,501	

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa rerata kadar Pb pada daging sapi TPA Jatibarang adalah 0,501 mg/Kg. Kadar Pb yang terdeteksi pada daging sapi keseluruhannya masih berada di bawah ambang batas Pb yang ditetapkan oleh Badan Standar Nasional (BSN). Menurut BSN (2009) ambang batas kadar Pb

dalam daging adalah 1,0 mg/Kg. Namun demikian kadar Pb dalam jumlah sekecil apapun sesungguhnya tidak baik bagi tubuh karena sifat Pb yang toksik, karsinogenik, bioakumulatif dan biomagnifikasi.

Keberadaan logam Pb pada daging akan mengakibatkan gangguan fungsi enzim karena adanya ikatan logam Pb dengan gugus sulfhidril (-SH) pada enzim. Timbal mempunyai sifat afinitas yang kuat terhadap gugus sulfhidril dari sistein, gugus amino dari lisin, gugus karboksil dari asam aspartat dan glutamat, dan gugus hidroksil dari tirosin (Suksmerri 2008). Pengikatan ini akan mengakibatkan terganggunya metabolisme di dalam tubuh (Dewi 2012).

Kadar Pb pada daging sapi tampak meningkat jika dibandingkan dengan kadar Pb pada daging pada penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan Suyanto et al. (2010) menyebutkan kadar Pb pada daging bagian paha sebesar 0,121 mg/Kg. Peningkatan kadar Pb dalam kurun waktu selama 4 tahun ini mencapai lebih dari 300 %. Keberadaan logam Pb di dalam daging sapi dimungkinkan akan semakin meningkat seiring lama waktu sapi tersebut terkontaminasi bahan toksik Pb.

Keberadaan Pb dalam daging sapi tidak lepas dari keberadaan Pb dalam sampah di TPA Jatibarang. Syamsiro (2014) menyatakan dalam sehari terdapat 750 ton sampah yang ditimbun di TPA Jatibarang. Wardhayani (2006) dalam penelitiannya menyatakan bahwa sampah yang berada di TPA Jatibarang mengandung timbal. Sampah baru memiliki kadar Pb mencapai 1,63 mg/L. Sementara sampah lama memiliki kadar Pb yang lebih besar dari pada sampah baru mencapai 17,09 mg/L. Sampah pembawa Pb yang dijadikan sebagai sumber utama pakan, termakan oleh sapi dan terakumulasi di dalam tubuhnya. Kadar Pb ini berasal dari jenis sampah yang dibuang dan tertimbun di TPA Jatibarang seperti baterai, cat, kabel listrik dan bahan lain yang menggunakan Pb sebagai bahan dasarnya.

Timbal diduga masuk ke dalam tubuh dan terakumulasi di daging sapi. Hal ini sesuai dengan pendapat Palar (2008) bahwa 5-10% Pb yang masuk melalui makanan akan terserap oleh tubuh dan 15% dari jumlah yang terserap itu

akan mengendap di jaringan tubuh. Sampah organik maupun non organik pembawa Pb yang termakan oleh sapi masuk ke lambung melalui esophagus. Timbal yang masuk ke dalam lambung masih mungkin ditolerir disebabkan asam lambung (HCl) mempunyai kemampuan untuk mengikat logam Pb. Walaupun demikian, Pb lebih banyak diteruskan sampai ke usus halus.

Timbal (Pb) yang diserap tubuh akan diikat oleh protein dengan berat molekul rendah (6000-7000 Da pada mamalia) yang disebut thionein (Lu 2006, Dewi 2012) membentuk gugus protein-logam dengan nama metallothionein (Pb-thionein) yang disintesis di dalam hati. Casarett dan Doulls (2008) mengungkapkan bahwa logam menjadi katalisator reaksi redoks dengan oksigen molekuler atau oksigen endogen yang membuat perubahan oksidatif pada protein, DNA dan bagian molekuler lain. Metallothionein ini dipindahkan ke ginjal melalui peredaran darah. Pengikatan logam membentuk metallothionein tersebut diyakini sebagai mekanisme pertahanan dan pencegahan dalam mencegah logam tersebut mempengaruhi protein-protein penting dalam proses metabolisme tubuh (Katzung et al. 2012, Kosnett 2012).

Timbal yang masuk ke darah didistribusikan ke seluruh tubuh (Lu 2006). Seluruh organ tubuh menyerap Pb namun konsentrasi tertinggi terdapat pada hati dan ginjal. Setelah pemaparan pada kadar rendah dalam waktu lama Pb diakumulasi di otot/daging, tendon, ligamentum, fascia, saraf, jaringan serabut, lemak, pembuluh darah, dan membran sinovial dan berinkorporasi dalam tulang, gigi dan rambut untuk dideposit (Dewi 2012, Lu 2006). Metallothionein yang melepaskan Pb²⁺ akan bersifat toksik di dalam sel. Logam dalam bentuk ion akan sangat bersifat reaktif dan dapat berikatan dengan DNA dan protein dalam tubuh (Casarett dan Doulls 2008). Pb yang terakumulasi di dalam sel akan menurunkan kadar antioksidan dan meningkatkan produksi radikal bebas sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan organ (Komousani dan Mouselhy 2011).

Daging sapi yang terkontaminasi Pb akan terdistribusi ke dalam tubuh manusia jika daging

Tabel 2 Hasil pengukuran kadar Pb pada daging sapi sesudah perendaman

Waktu	ulangan	Konsentrasi				Rerata Waktu (mg/Kg)
		N0 (mg/Kg)	N1 (mg/Kg)	N2 (mg/Kg)	N3 (mg/Kg)	
T1	1	0,480	0,610	0,360	0,404	0,371
	2	0,463	0,421	0,351	0,303	
	3	0,319	0,315	0,230	0,188	
Rerata (mg/Kg)		0,421	0,449	0,314	0,298	
T2	1	0,406	0,379	0,231	0,132	0,283
	2	0,4	0,354	0,326	0,3	
	3	0,276	0,249	0,193	0,147	
Rerata (mg/Kg)		0,361	0,327	0,25	0,193	
Rerata konsentrasi (mg/Kg)		0,391	0,388	0,282	0,246	

tersebut dikonsumsi oleh manusia. Timbal dalam konsentrasi tinggi berakibat keracunan akut ditandai dengan gejala klinis. Sedangkan dalam konsentrasi rendah dalam waktu lama menimbulkan efek subklinis, seperti gangguan motorik dan perubahan perilaku. Efek negatif bagi manusia akibat terkontaminasi Pb antara lain anemia, menurunnya konduksi saraf, epilepsi, halusinasi, kerusakan pada otak besar, kerusakan pada saluran ginjal, pertumbuhan janin menurun, ketidaknormalan EKG pada jantung (Suksmerri 2008, Palar 2008).

Keberadaan Pb dalam daging sapi menyebabkan kekhawatiran terhadap khalayak umum dan berbagai kecemasan negatif akibat sifat toksiknya. Namun di sisi lain, jika ditilik lebih awal maka sudut pandang tersebut akan berubah. Keberadaan sapi-sapi di TPA Jatibarang merupakan bantuan Pemerintah Kota Semarang sebagai satu bentuk kompensasi kepada masyarakat di Dukuh Bambankerep Kelurahan Kedungpane dan Kelurahan Bambankerep Kecamatan Mijen Kota Semarang atas didirikannya lahan TPA.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Khamdin (21-08-2014), salah seorang warga yang tinggal di lingkungan TPA Jatibarang menyatakan pemeliharaan sapi PO merupakan kompensasi dari Pemerintah Kota Semarang

atas dampak lingkungan, sosial dan ekonomi bagi masyarakat Dukuh Bambankerep. Beliau menuturkan jika masyarakat tidak mendapatkan sapi sebagai hewan ternak maka perlu diadakan musyawarah antara warga dan Pemerintah Kota Semarang berkenaan dengan pemberian kompensasi lain pengganti sapi oleh Pemerintah Kota Semarang. Bentuk kompensasi tersebut dapat berupa pelayanan kesehatan, ataupun bantuan lain untuk mensejahterakan masyarakat sekitar TPA.

Penurunan timbal (Pb) dengan perendaman larutan jeruk nipis

Hasil pengukuran rerata kadar Pb pada daging sapi segar (tanpa perendaman) sebesar 0,501 mg/Kg. Kadar Pb pada daging sesudah perendaman dengan sari jeruk nipis dengan berbagai konsentrasi yaitu 0 %, 10 %, 20 % dan 30 % selama 30 menit dan 60 menit terjadi penurunan yang signifikan (Tabel 2).

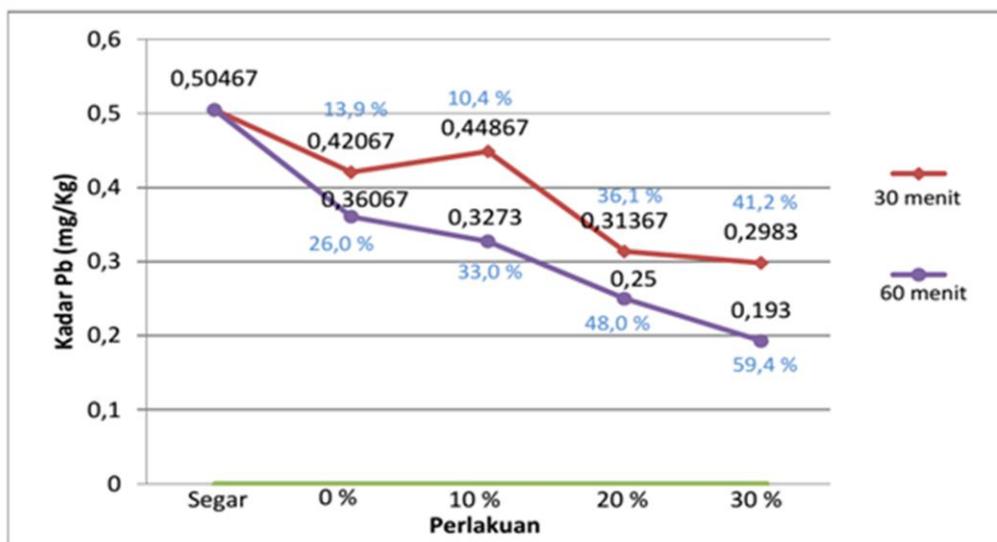
Hasil uji statistik menggunakan Anava Dua Arah (Anova Two Way) menunjukkan bahwa faktor konsentrasi dan lama waktu perendaman berpengaruh signifikan terhadap kadar Pb pada daging sapi dan prosentase penurunan kadar Pb pada daging sapi diindikasikan dengan nilai signifikansi konsentrasi dan lama perendaman berturut-turut

sebesar 0,032 dan 0,030 (Sig < 0,05). Sementara kombinasi keduanya tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar Pb pada daging sapi dengan nilai signifikan 0,962 (Sig > 0,05). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin besar kemampuannya dalam menurunkan Pb, begitu juga semakin lama peredaman daging dalam sari jeruk nipis penurunan Pb semakin besar. Namun penelitian yang dilakukan oleh Sinaga et al. (2013) menunjukkan kemampuan larutan jeruk nipis berkurang pada konsentrasi 50 % dalam waktu 30 menit. Hasil tersebut memiliki arti terdapat titik jenuh jeruk nipis dalam mengikat Pb pada daging. Adapun dalam penelitian ini belum ditemukan titik jenuh asam sitrat dalam mengikat Pb pada daging.

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan menunjukkan terdapat perbedaan signifikan pada taraf perlakuan konsentrasi. perbedaan paling nyata antara konsentrasi 0 % dengan 30 %. Pada konsentrasi 0 % rerata Pb pada daging sebesar 0,907 mg/Kg dengan prosentase penurunan Pb sebesar 19,95 % (a). Kadar dan penurunan ini sangat berbeda jika dibandingkan dengan kadar Pb pada konsentrasi 30 % sebesar 0,246 mg/Kg dengan prosentase penurunan sebesar 50,3 % (c) dengan selisih sebesar 30,35 %. Sinaga et al. (2013) menambahkan perbedaan yang nyata juga terjadi antara kadar logam berat pada konsentrasi 0 % dan 25 % serta antara 0 % dan 50 %, namun perbandingan penurunan

kadar logam berat konsentrasi 25 % dan 50 % tidak berbeda secara nyata.

Dari hasil pengukuran kadar Pb pada daging (Tabel 2) tampak adanya pengaruh signifikan pada setiap taraf konsentrasi perlakuan dan lama perendaman terhadap penurunan Pb pada daging sapi. Kedua pelarut yang digunakan sebagai perendam baik air maupun sari jeruk nipis mampu menurunkan kadar Pb menjadi lebih rendah dari kadar Pb semula. Perendaman menggunakan air mampu menurunkan kadar Pb pada daging sebesar 13,9 % dalam waktu 30 menit (N0T1) dan 26 % pada waktu 60 menit (N0T2). Hasil yang sama juga dilakukan oleh Sari et al. (2014) yang menyatakan perebusan menggunakan air mampu menurunkan Pb pada daging kerang sebesar 32,33 %. Perbedaan prosentase penurunan ini dikarenakan oleh perbedaan tekstur daging sapi yang lebih keras dari pada daging kerang. Selain itu perebusan menyebabkan sari jeruk nipis lebih cepat masuk ke dalam daging untuk mengikat Pb dibandingkan dengan perendaman. Kurva penurunan kadar Pb pada daging sapi sebelum dan sesudah perendaman dapat dilihat pada Gambar 1. Penurunan Pb tampak linier seiring peningkatan konsentrasi sari jeruk nipis kecuali penurunan antara konsentrasi 10 % dan 20 % dalam waktu 30 menit (Gambar 1). Pada konsentrasi sari jeruk nipis 10 % kadar Pb pada daging sebesar 0,42067 mg/Kg dengan



Gambar 1 Kurva penurunan kadar Pb pada daging sapi sebelum dan sesudah perendaman

prosentase penurunan sebesar 13,9 %. Sementara pada konsentrasi 20 %, Pb pada daging sebesar 0,44867 mg/Kg dengan prosentase penurunan sebesar 10,4 %. Tampak terjadi peningkatan kadar Pb yang mengakibatkan ketidaklinieran grafik penurunan Pb. Hal ini mungkin disebabkan terjadi kesalahan pada teknis pelaksanaan penelitian. Salah satunya adalah pengirisan daging yang tidak homogen. Perbedaan ketebalan daging mengakibatkan kecepatan resapan/masuknya sari jeruk nipis ke dalam daging menjadi berbeda.

Penurunan Pb semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi sari jeruk nipis. Rerata kadar Pb pada perendaman sari jeruk nipis 0 % sebesar 0,391 mg/Kg (Tabel 2). Konsentrasi jeruk nipis 10 % menunjukkan penurunan kadar Pb pada daging menjadi 0,388 mg/Kg. Konsentrasi jeruk nipis 20 % menunjukkan penurunan kadar Pb pada daging menjadi 0,282 mg/Kg. Konsentrasi jeruk nipis 30 % menurunkan kadar Pb menjadi 0,246 mg/Kg. Kepekatan konsentrasi jeruk nipis berbanding lurus dengan besar kandungan asam sitrat di dalamnya. Konsentrasi sari jeruk nipis yang tinggi mengandung asam sitrat yang tinggi pula sehingga mengakibatkan pengikatan Pb pada daging semakin besar. Setiawan et al. (2012) menyatakan asam sitrat sangat efektif sebagai pengikat logam ion. Pengikatan oleh asam sitrat ini menyebabkan penurunan Pb pada daging sesudah perendaman.

Lama perendaman dalam air atau sari jeruk nipis selama 30 menit maupun 60 menit mampu menurunkan kadar Pb pada daging sapi. Secara umum keduanya memperlihatkan grafik linier menurun. Rerata kadar Pb pada daging dengan perendaman selama 30 menit untuk 4 taraf konsentrasi sebesar 0,371 mg/Kg (tabel 2). Sementara rerata kadar Pb pada daging dengan perendaman selama 60 menit sebesar 0,283 mg/Kg. Perendaman selama 60 menit memberikan hasil lebih efektif dibandingkan perendaman selama 30 menit. Hasil yang sama juga disampaikan oleh Sari et al. (2014) yang menyatakan semakin lama perebusan menggunakan larutan jeruk nipis, maka semakin rendah kadar logam Pb pada daging kerang darah.

Kombinasi perlakuan paling efektif dalam menurunkan Pb pada daging yang diindikasikan dengan prosentase penurunan paling besar adalah perendaman pada konsentrasi 30 % selama 60 menit (N3T2). Kombinasi ini mampu menurunkan Pb pada daging dari 0,501 mg/Kg menjadi 0,193 mg/Kg dengan prosentase penurunan sebesar 59,4 % yang artinya telah menurunkan separuh lebih Pb dari kadar Pb pada daging awal. Sementara kombinasi perlakuan lainnya belum mencapai 50 % penurunan Pb. Hasil ini berbeda dengan penelitian Sinaga et al. (2013) yaitu perendaman kerang dara pada konsentrasi 0 %, 25 % dan 50 % sari jeruk nipis dikombinasikan dengan lama perendaman 15 menit dan 30 menit, menghasilkan penurunan efektif pada konsentrasi 25 % selama 30 menit. Perbedaan ini dikarenakan keterbatasan variasi konsentrasi serta variasi lama waktu perendaman yang dilakukan Sinaga menyebabkan kombinasi perlakuan efektif lebih kecil dibandingkan kombinasi efektif yang peneliti lakukan.

Tabel 3 Hasil pengukuran kadar Pb pada sari jeruk nipis konsentrasi 10 % sebelum dan sesudah perendaman

Sari Jeruk	Ulangan ($\mu\text{L/L}$)			Rerata ($\mu\text{L/L}$)
	1	2	3	
Sebelum perendaman	0,033	0,00	0,00	0,011
Setelah perendaman	0,46	0,286	0,139	0,295

Penurunan Pb pada daging sapi setelah perendaman di dalam sari jeruk nipis dikarenakan kandungan asam sitrat dalam jeruk nipis. Rahardjo (2012) menyatakan di dalam konsentrasi 100 % jeruk nipis terdapat 2,13 % asam sitrat asam malat 0,62 %, asam laktat 0,02 % dan asam tartarat kurang dari 0,0006 %. Timbal mempunyai sifat afinitas yang kuat terhadap gugus sulfhidril dari sistein, gugus amino dari lisin, gugus karboksil dari asam aspartat dan glutamat, dan gugus hidroksil dari tirosin (Suksmerri 2008). Asam sitrat dengan rumus kimia $\text{CH}_2\text{COOH}-\text{COHCOOH}-\text{CH}_2\text{COOH}$ ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) mampu mengikat logam membentuk garam sitrat. Garam sitrat akan larut dalam sari jeruk nipis dan ikut terbuang bersama larutan tersebut. Hal ini dapat terlihat

dengan kadar Pb pada sari jeruk nipis antara sebelum dan sesudah perlakuan pada konsentrasi 10 %. Kadar Pb larutan sebelum dan sesudah perlakuan rerata sebesar 0,011 µl/l dan 0,295 µl/l (Tabel 3). Peningkatan kadar Pb ini membuktikan Pb pada daging terikat di dalam sari jeruk nipis pada saat perendaman.

Mekanisme pengikatan asam sitrat terhadap logam Pb disebabkan kemampuan gugus karboksilat dalam mengikat Pb. Menurut Murwati et al. (2005) tiga asam karboksilat dalam bentuk strukturnya dapat membentuk kompleks dengan logam. Gugus karboksilat ini akan melepas proton (H⁺) dalam larutan dan menghasilkan ion sitrat (-COO⁻). Priyadi et al. (2013) mengatakan dalam larutan yang sangat asam proton sudah dilepas. Ion Pb²⁺ akan terlepas dari ikatan kompleksnya akibat hidrolisis. Kemudian ion sitrat bereaksi dengan ion Pb²⁺ membentuk garam sitrat. Logam Pb yang terikat dalam gugus karboksilat akan larut dalam larutan asam sitrat dan ikut terbuang setelah perendaman. Suaniti (2007) menambahkan penurunan konsentrasi Pb disebabkan karena lepasnya ikatan kompleks logam protein, sehingga ion-ion logam tersebut keluar dari dalam daging.

SIMPULAN

Rerata kadar Pb daging sapi sebesar 0,501 mg/Kg. Hasil jeruk nipis paling efektif untuk menurunkan Pb adalah perendaman pada konsentrasi 30 % selama 60 menit yang menurunkan Pb dari 0,501 mg/Kg menjadi 0,193 mg/Kg dengan penurunan sebesar 59,4 %. Kadar ini setara dengan 5 jeruk nipis yang diperas sarinya dan ditambahkan air sampai 300 mL untuk merendam daging sapi 100 gram.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto DP. 2006. Ikatan antara asam organik tanah dengan logam. Karya Ilmiah Pasca Sarjana Ilmu Tanah. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Armanda F. 2009. Studi pemanfaatan buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle) sebagai chelator logam Pb dan Cd dalam udang windu (*Penaeus monodon*). (Skripsi). Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI: Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan 2009. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Casarett & Doulls. 2008. Toxicology, The Basic Science of Poisons. Edisi Ketujuh. Kansas city: Department of Pharmacology, Toxicology, and Therapeutics University of Kansas Medical Center.
- Dewi NK. 2012. Biomarker pada ikan sebagai alat monitoring pencemaran logam berat kadmium, timbal dan merkuri di perairan Kaligarang Semarang. (Disertasi). Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hudaya. 2010. Pengaruh pemberian belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap kadar kadmium (Cd) pada keang (*Bivalvia*) yang berasal dari laut belawan. (Skripsi). Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Katzung BG, SB Masters, AJ Trevor. 2012. Basic & Clinical Pharmacology. Edisi Kedua Belas. New York: Mc Graw Hill.
- Komousani TA & Mouselhy SS. 2011. Modulation of lead biohazards using a combination of epicatechin and lycopene in rats. Human and Experimental Toxicology 30 (10): 1674-1681.
- Kosnett MJ. 2012. Heavy metal intoxication & chelator. Dalam Katzung et al. 2012. Basic & Clinical Pharmacology. Edisi Kedua Belas. New York: Mc Graw Hill.
- Lu FC. 2006. Toksikologi Dasar. Asas, Organ sasaran, dan Penilaian Risiko. Terjemahan Edi Nugroho. Edisi Kedua. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Murwati T, MS Rusli, E Noor, E Mulyono. 2005. Peningkatan mutu minyak daun cengkeh melalui proses pemurnian. Jurnal Pascapanen 2 (2): 45-52.
- Palar H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Rineka Cipta.
- Priyadi S, P Darmaji, U Santoso, P Hastuti. 2013. Khelasi plumbum (Pb) dan cadmium (Cd) menggunakan asam sitrat pada biji kedelai. Agritech 33 (4): 407-414.
- Rahardjo AHD. 2012. Efektivitas jeruk nipis dalam menurunkan bakteri salmonella dan Escherichia coli pada dada karkas ayam broiler. Jurnal IJAS 2 (3): 91-94.
- Sari KA, PH Riyadi, AD Anggo. 2013. Pengaruh lama perebusan dan konsentrasi larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) terhadap kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada kerang

- darah (*Anadara granosa*). Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan 3 (2): 1-10.
- Setiawan TS, F Rachmadiarti, R Raharjo. 2012. The Effectiveness of various types of orange (*Citrus Sp.*) to the reduction of Pb (lead) and Cd (cadmium) heavy metals concentration on white shrimp (*Panaeus Marguensis*). LenteraBio 1(1): 35-40.
- Sinaga D, I Marsaulina, T Ashar. 2013. Perbandingan penurunan kadar cadmium (Cd) pada kerang darah (*Anadara granosa*) dengan perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) pada berbagai konsentrasi dan lama perendaman. Artikel. Universitas Sumatera Utara.
- Suaniti M. 2007. Pengaruh Edta Dalam Penentuan Kandungan Timbal Dan Tembaga Pada Kerang Hijau (*Mytilus Viridis*). Jurnal Ecotrophic 2 (1). ISSN 1907-5626.
- Sudiyono. 2011. Upaya eliminasi residu logam berat pada sapi potong yang berasal dari lokasi tempat pembuangan akhir sampah dengan pemeliharaan secara konvensional. Sains Peternakan 9 (1): 1-7. ISSN 1693-8828.
- Suksmerri. 2008. Dampak pencemaran logam timah hitam (Pb) terhadap kesehatan. Jurnal Kesehatan Masyarakat 2 (2): 200-202.
- Suyanto A, S Kusmiyanti, C Retnaningsih. 2010. Residu logam berat daging sapi yang dipelihara di tempat pembuangan sampah akhir. Jurnal Pangan dan Gizi 1 (1): 15-23.
- Syamsiro M. 2014. Saatnya memanen energi dari sampah: Belajar dari Jepang. Suara Merdeka. 25 April. Hlm.19.
- Wardhayani S. 2006. Analisis risiko pencemaran bahan toksik timbal (Pb) pada sapi potong di tempat pembuangan akhir (TPA) sampah Jatibarang Semarang. (Tesis). Semarang: Universitas Diponegoro.
- Widowati W, Sastiono A, Jusuf R. 2008. Efek Toksik Logam. Yogyakarta: Andi.
- Withgott J & Brennan S. 2007. Environment: The Science Behind the Stories. San Fransisco: Pearson Benjamin Cummings.