TINGKAT PENCEMARAN LOGAM BERAT (Hg, Pb, DAN Cd) DI DALAM SAYURAN, AIR MINUM DAN RAMBUT DI DENPASAR, GIANYAR DAN TABANAN

The level of Population of Heavy Metals (Hg, Pb, and Cd) in vegetables, drinking water and human hair in Denpasar, Gianyar and Tabanan

OLEH : KUNTI SRI PANCA DEWI*) dan M S. SAENI**)

ABSTRACT

From this research we know that the content of Hg, Pb and Cd of *Ipomoca aquatica* at Gianyar are higher than in Denpasar and Tabanan, especially the content of Pb ini *Ipomoca aquatica* at Gianyar (3.36 ppm) with the content of Pb at Tabanan (2.54 ppm). The content of Pb in *Ipomoca* and *Amaranthus* in those towns is higher than the quality standard of fresh vegetables (2.00 ppm).

Although the content of Hg and Cd at Gianyar is higher, but the difference is not significant than in Denpasar and Tabanan. In the vegetables and in drinking water, the center of Hg and Cd are lower than the quality standard.

The average of Pb at Gianyar (0.081 ppm) is higher than in Denpasar and Tabanan. The average of Cd in drinking water in Denpasar (0.0095 ppm) is higher than at Gianyar and Tabanan, although the difference is not significant. The average of the Hg contents in those towns is 0.0003 ppm. The content of Pb in dringking water in those towns is higher the quality standard (0.05 ppm).

PENDAHULUAN

Bali merupakan daerah tujuan wisata utama di Indonesia. Perkembangan pembangunan yang sangat pesat menimbulkan konsekuensi pencemaran lingkungan, baik yang berasal dari industri, seperti garmen, industri rumahtangga berupa kerajinan emas, perak, kayu, lukisan, patung, maupun yang berasal dari kendaraan bermotor, serta limbah rumahtangga.

Salah satu jenis zat pencemar yang dapat membahayakan kesehatan adalah logam berat, terutama yang bersifat racun dan sering mencemari lingkungan, seperti raksa (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd). Ketiga logam ini tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga bila makanan tercemar oleh logam-logam tersebut, maka tubuh akan mengeluarkan sebagian. Sebagian lagi akan terakumulasi pada bagian-bagian tubuh tertentu, seperti ginjal, hati, kuku dan

*) Staf Pengajar Jurusan Kimia Universitas Udayana, Denpasar
**) Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA IPB. Bogor

rambut, walaupun sampai sekarang belum diketahui berapa waktu yang dibutuhkan logam berat dari masuknya melalui makanan sampai logam-logam tersebut terserap oleh rambut.

Selama ini penelitian mengenai logam berat hanya dilakukan pada tanah, air, dan udara. Pada makhluk hidup penelitian masih jarang dilakukan terutama pada manusia, sehingga penelitian ini dilakukan terhadap rambut.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kerentanan tubuh terhadap logam berat, khususnya Pb adalah nutrisi, kehamilan dan umur (Hamid, 1991). Kurang gizi akan meningkatkan kadar Pb yang bebas dalam darah. Fergusson (1991) menyatakan bahwa kadar Ca dan Fe yang tinggi dalam makanan akan menurunkan penyerapan Pb, dan bila tubuh kekurangan Ca dan Fe, penyerapan Pb akan meningkat. Dinyatakan pula defisiensi Fe dan Pb akan menyebabkan gangguan ekskresi Pb dari tulang, sehingga meningkatkan kadarnya pada jaringan lunak dan juga menyebabkan hemotoksisitas. Hal ini disebabkan Pb dapat menghambat kerja enzim yang diperlukan untuk pembentukan hemoglobin.

Logam berat pada rambut sebagian berasal dari makanan, sehingga selain rambut, juga dianalisis sayur-sayuran (sebagai bayam dan kangkung), serta air minum. Diharapkan terdapat hubungan antara kadar logam berat Hg, Pb, dan Cd pada air minum dan sayuran dengan logam berat yang terdapat di rambut. Diharapkan juga terdapat perbedaan kadar ketiga logam berat tersebut antara ketiga kota, yaitu Denpasar, Gianyar dan Tabanan.

Tujuan Penelitian :

Berdasarkan hal-hal yang telah disebutkan sebelumnya, penelitian ini bertujuan:

(1). Mengevaluasi tingkat pencemaran Hg, Pb, dan Cd di Denpasar, Gianyar dan Tabanan

(2). Menentukan hubungan antara kadar Hg, Pb, dan Cd pada kangkung, bayam dan air minum dengan kadarnya pada rambut.

TINJAUAN PUSTAKA

Logam berat adalah unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 g/cm^3, terletak di sudut kanan bawah daftar berkala, memiliki afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92, dari periode 4 sampai 7 (Miettenen, 1977). Afinitas logam berat yang tinggi terhadap S mendorong terjadinya ikatan logam berat dengan S pada setiap kesempatan (Saeni, 1995).

Pada konsentrasi rendah, logam berat umumnya sudah beracun bagi tumbuhan, hewan, dan manusia. Unsur-unsur logam berat tersebar di permukaan bumi (air dan tanah) dan udara. Logam berat tersebut dapat berbentuk senyawa organik, anorganik atau terikat dalam senyawa yang lebih berbahaya daripada keadaan murninya. Sutrisno dan Salirawati (1993) menyatakan bahwa logam berat seperti raksa, timbal dan arsen dengan bantuan bakteri yang mengandung koenzim metilokobalamin akan mengubah logam berat menjadi senyawa metil dari logam tersebut yang sangat berbahaya baik dalam bentuk gas maupun cair.

Logam berat dapat masuk ke tubuh manusia melewati rantai pangan pendek (hewan-manusia) atau lewat rantai pangan panjang (tanaman – hewan – manusia) yang disebut pencemaran *dakhil* (Notohadiprawiro, 1995). Disamping melalui mulut dari makanan dan minuman, unsur logam berat juga dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan dan kulit. Logam berat juga mempunyai afinitas yang tinggi terhadap senyawa-senyawa sulfida, seperti sulfhidril (- SH) dan disulfida (-S-S-) (Pettrucci, 1982). Gugus-gugus ini banyak terdapat dalam enzim, sehingga dengan terikatnya logam berat pada gugus-gugus ini, logam berat dapat menghambat kerja enzim tertentu.

Pemakaian logam berat sangat luas, seperti untuk pereaksi atau katalis dalam berbagai proses industri. Bersamaan dengan produk industri yang dihasilkan, dihasilkan pula limbah yang tidak berguna, bahkan dalam jumlah tertentu dapat membahayakan kehidupan manusia. Salah satu zat dalam limbah adalah logam berat yang akan masuk ke lingkungan, seperti sungai, danau, tanah, dan udara dan dapat mengalami magnifikasi biologis pada tumbuhan dan hewan yang akan dikonsumsi manusia, sehingga mempengaruhi kesehatannya.

Logam berat termasuk zat pencemar karena sifatnya yang tidak dapat diuraikan secara biologis dan stabil, sehingga dapat tersebar jauh dari tempatnya semula (Moewarni dan Siallagan, 1987). Hal ini sejalan dengan pendapat Sutrisno dan Salirawati (1993) yang menyatakan ada dua hal yang menyebabkan logam berat termasuk sebagai pencemar yang berbahaya, yaitu : a) tidak dihancurkan oleh mikroorganisme yang hidup di lingkungan dan b) terakumulasi dalam komponen-komponen lingkungan, terutama air dengan membentuk kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi.

Banyak masalah dunia akibat pencemaran logam berat, seperti tragedi minamata akibat tercemarnya perairan Minamata di Jepang oleh metilmerkuri dari limbah pabrik polivinil asetat (PVA). Juga peristiwa itai-itai akibat pencemaran kadmium dari pabrik cat yang menggunakan kadmium sebagai salah satu bahan aktifnya. Kasus lain terjadi di Irak pada tahun 1971 yang memakan korban sampai 400 orang akibat kesalahan menggunakan bibit gandum yang telah diberi fungisida yang mengandung raksa.

Pengaruh pencemaran logam berat erat kaitannya dengan waktu retensi dari logam berat tersebut, yaitu waktu yang dibutuhkan bagi setengah dosis yang ada untuk dihilangkan atau dikeluarkan dari tubuh. Semakin lama waktu retensinya, semakin toksik logam tersebut.

Raksa (Hg)

Raksa merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair pada suhu kamar. Raksa banyak digunakan dalam industri cat untuk mencegah pertumbuhan jamur dan sebagai komponen pewarnanya. Raksa juga digunakan dalam industri tekstil, kertas dan pulp. Dalam peralatan fisika, digunakan sebagai campuran penambal gigi dan juga dalam fungisida dan bakterisida. Dalam kegiatan pertanian organomerkuri digunakan sebagai pelapis benih untuk mencegah pertumbuhan kapang.

Diantara senyawa-senyawa raksa dapat terjadi transformasi hayati di dalam lingkungan maupun di dalam tubuh. Metilmerkuri (CH_3Hg^+) merupakan bentuk senyawa raksa yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Kadar metilmerkuri yang menyebabkan keracunan pada manusia adalah 9 sampai 24 ppm, yang setara dengan 0,3 mg Hg per 70 kg bobot badan per hari (Levander dan Cheng, 1980).

Faktor makanan dapat mempengaruhi waktu retensi dari metilmerkuri yang masuk melalui mulut dari makanan atau minuman. Makanan yang tinggi protein dan rendah lemak menurunkan waktu retensi metilmerkuri pada tikus. Kadar vitamin E yang tinggi dapat menurunkan tingkat kematian akibat terserap metilmerkuri dan merkuri diklorida.

Timbal (Pb)

Timbal disebut juga sebagai timah hitam, banyak digunakan dalam industri baterai, kabel, cat (sebagai zat warnanya), dalam penyepuhan, dalam pestisida dan yang paling banyak adalah ditambahkan pada bensin. Laidler (1991) menyatakan di dalam bensin timbal ditambahkan dalam bentuk timbal tetra etil (TEL) dengan rumus molekul $(C_2H_5)_4$-Pb atau dalam bentuk timbal tetra metil dengan rumus molekul $(CH_3)_4$-Pb.

Dinyatakan juga bahwa penambahan timbal tetra metil atau timbal tetra etil ke dalam bensin biasanya dicampur dengan senyawa hidrokarbon sederhana yang mengandung klor atau brom, dengan tujuan meningkatkan nilai oktana dari bensin atau sebagai anti letup. Dengan demikian timbal tidak akan mengendap di dalam silinder atau busi, sehingga efisiensi dan waktu pemakaian mesin menjadi lebih baik (Holun, 1977 *dalam* Dahlan, 1989).

Timbal masuk ke dalam tubuh terutama melalui saluran pencernaan dari makanan dan minuman, tetapi dapat juga melalui pernafasan atau kulit dari udara yang tercemar timbal. Semua bahan pangan alami mengandung timbal dalam konsentrasi yang kecil dan dalam proses mempersiapkan makanan mungkin timbal akan bertambah (Fardiaz, 1995). Adanya kontaminasi timbal dalam tubuh dapat diketahui melalui pengukuran kadar timbal dalam darah, gigi dan rambut. Selain dari makanan, udara dan air, timbal dalam rambut dapat berasal dari cat rambut yang mengandung timbal asetat dan dapat juga berasal dari debu (Cohen dan Roe, 1991).

Gejala keracunan timbal dapat berupa mual, anemia, sakit di sekitar perut dan dapat menyebabkan kelumpuhan (Piotrowski dan Coleman, 1980). Disamping itu timbal juga dapat mempengaruhi sistem saraf, intelegensia dan pertumbuhan anak-anak.

Kadmium (Cd)

Kadmium umumnya berasal dari limbah industri cat, bahan kimia, keramik, baterai dan penyepuhan. Penggunaan Cd vang lain adalah sebagai stabilisator dalam polivinil chlorida (PVC) dan banan-bahan plastik tahan panas, dalam fotografi, ban mobil dan digunakan sebagai lapisan anti karat pada besi, karena hasilnya akan lebih baik daripada menggunakan seng. Bahkan di Amerika Serikat lebih dari 60 % kadmium digunakan untuk *elektroplating*. Fergusson (1991) menyatakan garam kadmium digunakan dalam fungisida dan proses fotografi.

Kadmium bersifat tidak esensial dan beracun, bahkan tingkat toksisitasnya menempati urutan kedua setelah raksa (Laws, 1981). Di alam kadmium terdapat sebagai senyawa sulfida dan sering terdapat bersama-sama dengan logam seng, tembaga dan timbal.

Di dalam tubuh manusia kadmium dapat bersumber dari udara masuk melalui pernafasan atau bersumber dari makanan yang masuk melalui pencernaan. Mutiatikum, *et al*., (1994) menyatakan kadmium dalam tubuh dapat tertimbun pada jaringan hati, ginjal, tulang dan gigi, dan jika hal ini berlangsung lama dapat menyebabkan keracunan.

Gejala awal keracunan kadmium dapat berupa timbulnya warna kuning pada gigi, gangguan penciuman, sampai yang lebih serius, yaitu emfisema dan proteinuria yang sangat membahayakan manusia. Piotrowski dan Coleman (1980) menyatakan keracunan kadmium dapat berupa kerusakan ginjal, kehilangan sel-sel darah merah, kerapuhan tulang dan tekanan darah tinggi. Kandungan kadmium yang masih diperbolehkan dalam komoditi konsumsi menurut standar Departemen Kesehatan RI adalah sebesar 1,00 ppm.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tiga kota di Bali, yaitu Denpasar, Gianyar dan Tabanan. Contoh sayuran diambil dari pasar yang berada di masing-masing lokasi dan khusus untuk sayuran yang berasal dari masing-masing lokasi. Air minum diambil dari rumah-rumah penduduk dan rambut diambil secara acak dari salon dan tukang cukur di masing-masing lokasi dengan asumsi yang memotong rambut di salon dan tukang cukur adalah masyarakat setempat. Selanjutnya analisis kadar logam raksa, kadmium dan timbal pada masing-masing contoh dilakukan di laboratorium Analitik Universitas Udayana, kampus bukit Jimbaran Denpasar.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah neraca, oven, blender, ayakan 60 mesh. Alat-alat gelas yang digunakan berupa labu takar, gelas ukur, tabung reaksi dan gelas piala. Analisis kadar logamnya menggunakan atomic absorption spektrophotometer (AAS). Untuk analisis kadar Hg, AAS dilengkapi dengan Vapor Generation Accessories (VGA) dan menggunakan larutan $NaBH_4$ dan HCI.

Bahan-bahan yang digunakan adalah kangkung, bayam, air minum (PAM) dan rambut dari masing-masing lokasi.

Pengambilan Contoh di Lapangan

Contoh sayuran diambil secara acak di pasar, air minum di rumah-rumah penduduk dan rambut di beberapa salon dan tukang cukur. Pengambilan contoh di lapangan ini dilakukan setiap tiga minggu sekali, untuk masing-masing lokasi, yaitu Denpasar, Gianyar dan Tabanan.

Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium untuk penentuan kadar Hg, Pb, dan Cd pada kedua jenis sayuran dan rambut dilakukan dengan cara yang sama, hanya terhadap air yang berbeda. Analisis kadar ketiga logam ini dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut :

1. Contoh sayuran dan rambut masing-masing 100 gram dipotong kecil-kecil. Sayuran dikeringkan dalam oven dengan suhu 70°C selama 3 hari, sampai bobotnya konstan. Contoh rambut cukup dikering udarakan. Setelah kering dan bobotnya konstan dihaluskan dengan blender dan diayak dengan ayakan 60 mesh. Larutkan 0,5 g dari contoh dengan 6 ml HNO_3 pekat, 6 ml H_2SO_4 pekat dan 1 ml HCL 1 M, kemudian didestruksi sampai larutan menjadi jernih. Campuran ini lalu disaring dan tambahkan aquades hingga volume larutan menjadi 100 ml. Selanjutnya pengukuran kadar logam Hg, Pb, dan Cd digunakan AAS.
2. Contoh air sebanyak 50 ml ditambahkan 5 ml HNO_3 pekat, aduk rata, sampai volumenya kira-kira 40 ml. Didinginkan dan ditambahkan 2 ml HCL pekat, kemudian didestruksi. Setelah jernih tambahkan aquades hingga volumenya 100 ml. Selanjutnya pengukuran kadar ketiga logam menggunakan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rambut

Rambut merupakan salah satu tempat terakumulasi dan tereksresi logam berat, selain hati, tulang, ginjal dan kuku. Dalam penelitian ini dilakukan analisis Hg, Pb dan Cd pada rambut yang dilakukan di Denpasar, Gianyar dan Tabanan, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar rata-rata Hg, Pb, dan Cd pada Rambut di Denpasar, Gianyar dan Tabanan.

Jenis logam / Kota :	Denpasar	Gianyar (dalam ppm)	Tabanan
Hg	0,0406	0,0578	0,0335
Pb	38,0346	57,5770	35,5121
Cd	0,9387	0,9086	0,7320

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa kadar rata-rata masing-masing logam pada rambut di ketiga lokasi sangat bervariasi. Demikian juga untuk setiap pengamatan kadar ketiga logam ini, baik di Denpasar, Gianyar dan Tabanan sangat bervariasi. Kadar rata-rata Hg pada rambut yang tertinggi didapatkan di Gianyar, yaitu 0,0578 ppm, kadar rata-rata Pb pada rambut tertinggi juga di Gianyar, yaitu 57,5770 ppm sedangkan rata-rata kadar Cd pada rambut yang tertinggi di Denpasar sebesar 0,9387 ppm. Setelah dianalisis secara statistika tidak terdapat perbedaan yang nyata, baik pada selang kepercayaan 90 % maupun 95 %.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah tubuh sudah terkontaminasi Hg dapat dilakukan dengan menganalisis kadar Hg pada contoh rambut. Cara ini tidak dapat dipakai untuk mengetahui besarnya kontaminasi, karena Hg dalam rambut juga berasal dari luar. Seperti yang telah dikemukakan, logam Hg dapat mengkontaminasi tubuh melalui pernafasan dari udara, melalui pencernaan dari makanan atau minuman dan dapat juga melalui kulit.

Mekanisme penyerapan logam berat Hg, Pb, dan Cd tidak dipengaruhi oleh tingginya konsentrasi logam tersebut dalam makanan. Jumlah logam yang diserap oleh tubuh dari makanan tergantung pada : (1) beberapa pilihan makanan, (2) keadaan kesehatan tubuh, (3) susunan genetik dan (4) kandungan vitamin yang ada dalam makanan. Yannai dan Sach (1993) menyatakan beberapa faktor biologis, seperti umur, jenis kelamin, komposisi makanan juga mempengaruhi ketersediaan logam berat secara biologis. Hasil penelitiannya menunjukkan makanan ternak (jagung) mengandung serat kasar tinggi, sehingga penyerapan logam-logam menjadi rendah. Hal ini didukung oleh Yunnai, *et al.*, (1978) bahwa makanan berserat kandungan fosfornya dalam bentuk fosfat tinggi, sehingga serapan Hg, Pb, dan Cd oleh tubuh menjadi rendah.

Beracun atau kurang beracunnya suatu bahan pencemar tergantung pada berbagai faktor, diantaranya takaran zat yang kontak atau masuk ke dalam tubuh dan perlakuan sehari-hari, seperti budaya dan lingkungan kerjanya (Rustamadji, 1991). Dari Tabel 1 tampak bahwa kadar Hg dan Pb pada rambut di Gianyar lebih besar daripada yang di Denpasar dan Tabanan. Hal ini disebabkan oleh tingginya kadar Hg dan Pb pada lingkungan di Gianyar. Jadi secara keseluruhan lingkungan di Gianyar lebih tercemar logam berat terutama Hg dan Pb bila dibandingkan dengan Denpasar dan Tabanan.

Makanan produk laut merupakan sumber utama makanan bermerkuri. Yannai dan Sach (1993) menyatakan faktor makanan mempengaruhi waktu retensi metilmerkuri melalui mulut. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rouland (1984) yang mendapatkan makanan yang tinggi protein dan rendah lemak menurunkan waktu retensi metilmerkuri pada tikus. Kadar vitamin E yang tinggi dapat menurunkan tingkat kematian akibat terserap oleh metilmerkuri maupun metilklorida.

Pembakaran bahan bakar fosil juga melepaskan Hg. sehingga mencemari atmosfir di pusat kota. Uap Hg dapat diserap melalui pernafasan dan dapat juga diserap melalui kulit. Dokter dan perawat gigi dapat terkontaminasi Hg melalui pernafasan dan kulit pada saat pembuatan amalgam bagi pasiennya. Penyerapan Hg melalui mulut dari makanan dan minuman dapat juga terjadi, tetapi hanya sedikit.

Di dalam tubuh Hg berikatan dengan gugus-gugus sulfur pada molekul-molekul yang berada dalam berbagai enzim, sehingga reaksi-reaksi yang dikatalisnya menjadi kacau. Pada dinding sel, sifat ini menyebabkan rusaknya membran sel, sehingga keaktifan sel terhambat. Hal ini didukung oleh Beliles *dalam* Casarett dan Doul (1975) yang menyatakan Hg anorganik terakumulasi secara selektif oleh sistem lysomal, kemudian akan menetap dalam ginjal, disini Hg terikat dalam bagian dari gugus sulfhidril.

Gejala keracunan akut pada manusia akan tampak, bila terkontaminasi Hg antara 1,2 sampai 8,5 ppm. Keracunan kronis akan berpengaruh pada pusat sistem saraf dan berindikasi pada ginjal dan saluran pencernaan. Empedu tikus mengandung metilmerkuri dalam dua bentuk, yaitu 20% berasosiasi dengan protein dan sisanya dalam fraksi teridentifikasi sebagai metilmerkuri sistein (Casarett dan Doul, 1975).

Kadar Pb yang tinggi pada rambut di Gianyar juga didukung oleh tingginya kadar Pb pada kangkung, bayam dan air minum di Gianyar. Adanya timbal dalam rambut dapat digunakan sebagai indikator adanya Pb dalam tubuh. Logam Pb dalam tubuh dapat berasal dari udara, makanan dan minuman yang tercemar oleh Pb.

Sumber utama pencemar Pb di udara adalah kendaraan bermotor, industri dan sumber yang memang ada secara alamiah. Rustiawan (1994) menyatakan 60 sampai 70% pencemar udara di perkotaan berasal dari kendaraan bermotor, dan salah satunya adalah Pb. Emisi alami juga melepaskan Pb terutama akibat erosi tanah dan aktivitas vulkanik.

Diantara Pb yang masuk ke udara ada yang langsung jatuh ke permukaan tanah atau ke vegetasi. Ada juga yang dalam beberapa waktu melayang-layang di udara, namun akan jatuh juga ke permukaan bumi dan akhirnya masuk ke dalam tubuh manusia. Hal ini dapat terjadi secara langsung maupun tak langsung melalui rantai pangan, sehingga dapat mempengaruhi kesehatannya. Forstner dan Vittman *dalam* Rustiawan (1994) menyatakan *plumbism* sebagai penyakit karena keracunan Pb sudah dikenal sejak 200 tahun yang lalu, sebagai suatu keracunan akibat makanan dan minuman yang tercemar.

Partikel-partikel Pb dapat mengganggu kesehatan dengan berbagai cara, diantaranya pengurangan sel-sel darah merah, penurunan sintesis dan penghambatan sintesis heme yang menyebabkan anemia. Hal ini sesuai dengan pernyataan Purdom (1980) bahwa selain tertimbun dalam tulang dan gigi, Pb juga dapat menimbulkan anemia.

Tingginya kadar Cd pada rambut di Denpasar didukung oleh tingginya kadar logam ini pada lingkungan, yang diwakili oleh bayam dan air minum di Denpasar kadar Cd-nya juga lebih tinggi daripada Gianyar dan Tabanan. Kadar Cd pada bayam, rambut, dan air minum di Denpasar lebih tinggi dibandingkan dengan Gianyar dan Tabanan. Jadi, lingkungan yang lebih tercemar akan mempengaruhi kadar pencemar dalam tubuh yang dicerminkan oleh kadarnya pada rambut.

Seperti yang sudah dikemukakan tubuh dapat terkontaminasi logam berat termasuk Cd melalui rantai makanan dari makanan dan minuman, dari udara yang terhirup melalui pernafasan dan dapat juga melalui kulit. Selain makanan dan air minum, rokok juga merupakan sumber pencemar Cd. Friberg et al (1986) menyatakan seorang perokok yang menghisap rokok 20 batang per hari akan meningkatkan penyerapan Cd per harinya antara 2 - 4 μg. Diperkirakan Cd yang terhirup 50% berasal dari asap rokok.

Penyerapan Cd melalui saluran pencernaan tergantung pada spesies, jenis senyawa Cd, dosis, ukuran dan frekuensi, umur, serta interaksinya dengan berbagai komponen makanan. Seperti yang dinyatakan oleh Sullivan (1984) bahwa antara Cd-metallotionin dengan Cd-anorganik yang terdapat dalam makanan diserap dan disalurkan ke organ yang berbeda. Senyawa Cd-metallotionin dsimpan dalam darah dan hati, sedangkan $CdCl_2$ disimpan dalam ginjal. Setelah diserap Cd dialirkan ke dalam darah terutama eritrosit yang bila berikatan dengan plasma akan menyebabkan hemolisis. Plasma-metallotionin mengangkut Cd dan masuk ke usus dua belas jari.

Kadmium yang diserap oleh tubuh selanjutnya akan tertimbun dalam hati, ginjal, tulang dan gigi. Jika proses ini berlangsung lama dapat menimbulkan gejala keracunan, seperti warna kuning pada gigi, gangguan penciuman, emfisema dan proteinuria, sehingga membahayakan kesehatan manusia (Mutiatikum, *et al*., 1994).

Lebih tingginya kadar Cd di Denpasar, disebabkan oleh keberadaannya sebagai ibukota propinsi, wilayahnya yang luas, jumlah penduduknya yang lebih banyak dengan berbagai aktivitas, sehingga limbah yang dihasilkan juga lebih banyak. Dalam kehidupan sehari-hari banyak digunakan berbagai sarana yang komponennya mengandung Cd, seperti cat, plastik, baterai, dan pipa air yang terbuat dari proses galvanik. Kadmium juga digunakan dalam proses fotografi, tinta percetakan serta dalam pembuatan keramik, karena stabil terhadap panas, cahaya dan sinar ultraviolet (Fergusson, 1991). Casarett dan Doul (1975) menyatakan senyawa CdS digunakan sebagai senyawa antiseborik dalam shampo.

Lebih tingginya konsumsi produk laut dan daging dengan protein tinggi bagi masyarakat Gianyar dan Denpasar dibandingkan dengan masyarakat kemungkinan disertai dengan tingginya konsumsi lemak, sehingga mempengaruhi penyerapan logam berat dari bahan pangan ke dalam tubuh. Hal ini didukung oleh Baltrop dan Khoo (1975) yang menyatakan penyerapan Hg, Pb, dan Cd lebih tinggi disebabkan oleh tingginya protein dan lemak dalam makanan dan penyerapannya akan menurun oleh makanan rendah lemak dan tinggi serat.

Lebih rendahnya kadar Hg, Pb, dan Cd pada rambut di Tabanan seperti tampak pada Tabel 1, kemungkinan disebabkan oleh lebih rendahnya konsumsi pangan hewani. Kebutuhan gizi mereka tampaknya lebih banyak dipenuhi dengan pangan nabati, seperti sayuran hijau, tempe, tahu dan kacang-kacangan yang lebih banyak dikonsumsi. Keadaan ini menunjukkan konsumsi mereka lebih banyak mengandung serat dan lebih sedikit mengandung lemak dibandingkan dengan konsumsi masyarakat di Gianyar dan Denpasar, sehingga penyerapan logam beratnya menjadi lebih rendah.

KESIMPULAN

Secara umum pencemaran Pb di Gianyar lebih besar dari Denpasar dan Tabanan. Kandungan Pn pada kangkung di Gianyar (3,36 ppm) lebih tinggi dari di Tabanan (2,54 ppm). Kadar Pb pada sayuran, baik kangkung maupun bayam di ketiga kota sudah melampaui kadar yang diperbolehkan untuk sayuran segar (2,0 ppm).

Kadar Cd pada sayuran, baik di Denpasar, Gianyar maupun Tabanan masih di bawah ambang batas untuk komoditi yang layak dikonsumsi (1,0 ppm). Demikian juga dengan kadar Hg-nya yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar Hg yang masih diperbolehkan pada sayuran segar sekitar 0,001 sampai 0,05 ppm.

Kadar Pb pada air minum untuk ketiga kota sudah melewati ambang batasnya 0,05 ppm. Namun kadar Hg dan Cd pada air minum belum melewati ambang batasnya masing-masing 0,01 ppm dan 0,005 ppm.

Kadar ketiga logam pada rambut masyarakat di Tabanan selalu lebih rendah daripada Gianyar dan Denpasar. Tampaknya keadaan sosial ekonomi secara tidak langsung mempengaruhi kadar logam berat dalam tubuh, melalui pola konsumsi masyarakat di masing-masing lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

Baltrop, D. dan H. E. Khoo. 1975. The Influence of Nutritional Factor of Lead Absorption. Post Graduate Medical Journal. 51, 795 - 800.

Casarett, J. L. dan J. Doul. 1975. Toxicology. The Basic Science of Poisons. McMillan Publishing Co., Inc. New York.

Cohen and Ros. 1991. Revew of Lead Toxicology Relevant to the Safety Assesment of Lead Acetate as Hair Colouring. Fd Chem. Toxic Vol. 29 (7) pp 485 - 507, Pergamon Press Plc.

Dahlan, E. N. 1989. Studi Kemampuan Tanaman dalam Menjerap dan Menyerap Timbal Emisi dari Kendaraan Bermotor. Tesis Fakultas Pascasarjana IPB.

Fardiaz, S. 1995. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta.

Fergusson, J. E. 1991. The Heavy Elements. Chemistry Environmental Impact and health Effects. Pergamon Press.

Friberg, L. C. G. Elinder, T. Kjellstrom dan G. F. Nordberg. 1985. Cadmium and Health. A Toxicological and Epidemiological Appraisal, CRC Press, Boca Raton, Florida.

Hamid, R. Z. 1991. Dampak Polutan Plimbum (Timbal) terhadap Lingkungan Hidup dan Kesehatan Manusia. Jurnal Lingkungan dan Pembangunan. Vol. 11 (3) : 173 - 182.

Laidler, G. 1991. Environmental Chemistry, an Australian Perspective. 2nd Ed. Longman Cheshire Pty Limited. Melbourne. Australia.

Laws, E. A. 1981. Aquatic Pollution. Introductory Text. John Wiley and Sons. Inc. New York.

Levander, O. A. dan L. Cheng. 1980. Micronutrient Interaction : Vitamins, Minerals and Hazardous Element. Annals of New York Academy of Sciences, The New York Academics of Sciences, New York.

Miettinen, J. K. 1977. Inorganic Trace Element as Water Pollution to Health Man and Aquatic Biota *dalam* F. Coulation dan E. Mrak, Ed., Water Quality Process of an Int. Forum Academics Press. New York : 133 - 136.

Notohadiprawiro, T. 1995. Logam Berat dalam Pertanian. Jurnal Manusia dan Lingkungan, No. 7 Thn. II Des : 3 - 12.

Moewarni, P. dan C. Siallagan. 1987. Metode Penelitian Kualitas Fisik Lingkungan. Bahan Penataran Metode Penelitian Ilmu Lingkungan III. Lembaga Penelitian Universitas Indonesia. Jakarta.

Mutiatikum, M. R. D. dan A. Isnawati. 1994. Penetapan Kadar Kadmium dalam Sayuran dan Air secara Spektroskopi Serapan Atom dengan Ekstraksi Ditizon dan APDK. Cermin Dunia Kedokteran, no. 97.

Pettrucci dan Ralph, H. 1987. Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern. Terjemahan Suminar Achmadi, edisi ke empat, jilid 3. Erlangga. Jakarta.

Piotrowski, J. K. and D. O. Coleman. 1980. Environmental Hazard of Heavy Metals : Summary Evaluation of Lead, Cadmium and Mercury. MARC. Report no. 20. Global Environmental Monitoring System Programme Activity Center, UNEP, Nairobi. Monitoring and Assesment Research Center, Chelsea College, University of London.

Rustamadji, H. 1991. Dampak Pencemaran Udara pada Kesehatan Masyarakat. Majalah Lingkungan dan Pembangunan, Environmental & Development. Vol. 11 (1) : 8 - 13.

Rustiawan, A. 1994. Kandungan Logam Berat Timah Hitam pada Komoditi Buah-buahan dan Sayuran di Wilayah DKI Jakarta. Tesis Pascasarjana IPB (tidak dipublikasikan).

Saeni, M. S. 1995. Hubungan Konsentrasi Kandungan Logam Berat (Pb, Cd dan Hg) dalam Lingkungan dan Rambut. Buletin Kimia, Juni no. 9. Jurusan Kimia FMIPA-IPB Bogor.

Sullivan, M. F. Hardy, J. T. Miller, B. M. Buscbom, R. L. dan Siewicki, T. C. 1984. Absorption and Distribution of Cadmium in Mice Fed Diets Containing Either Inorganic or Oyster. Incorporated Cadmium Toxicology Applied Pharmacol, 72 : 210 - 217.

Sutrisno, H. dan D. Salirawati. 1993. Pencemaran Lingkungan oleh Proses Metilasi Logam Berat. Cakrawala Pendidikan, no. 2, th XII, Juni : 101 - 109.

Yannai, S. dan K. M. Sachs. 1993. Absorption and Accumulation of Cadmium, Lead and Mercury from Foods by Rats. Fd Chem. vol. 31 (5) pp 351 - 355. Pergamon Press Ltd.