



Rambut Sebagai Bioindikator Pencemaran Timbal Pada Penduduk di Kecamatan Semarang Utara

The Hair as a Bioindicator of Lead Pollution on The Citizens of North Semarang District

✉ Aditya Marianti¹, Agung Tri Prasetya²

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Februari 2013
Disetujui Maret 2013
Dipublikasikan Maret 2013

Keywords:

Hair
Bioindicator
Lead
Pollution
North Semarang

Abstrak

Timbal (Pb) bersifat toksik, karsinogenik, bioakumulator dan biomagnifikasi. Bioakumulasi Pb dapat terjadi pada kuku, hati dan rambut. Penelitian bertujuan untuk mendeteksi apakah telah terjadi pencemaran timbal pada penduduk di kecamatan Semarang Utara dengan menggunakan rambut sebagai bioindikator. Penelitian deskriptif eksploratif ini menggunakan populasi seluruh penduduk di kecamatan Semarang Utara. Sampel diambil dengan *teknik purposive sampling* yaitu penduduk laki-laki berumur antara 17 sampai dengan 50 tahun yang tinggal di kelurahan Tanjung Mas dan Bandarharjo Semarang Utara, minimal selama 5 tahun terakhir terus menerus. Kadar timbal pada tubuh dideteksi dari kadar timbal yang terakumulasi pada rambut. Hasil penelitian menunjukkan terdapat kandungan timbal pada rambut 56 sampel. Kadar timbal tertinggi sebesar 17,028 ppm dan rata-rata 8,304 ppm. Penyebabnya diduga bukan berasal dari emisikendaraan bermotor di jalan raya mengingat profesi sampel sebagian besar adalah nelayan, tetapi kemungkinan berasal dari air minum yang mereka konsumsi. Sampel air minum yang dikonsumsi terdeteksi mengandung timbal rata-rata 6 ppm. Simpulan dari penelitian ini telah terjadi pencemaran timbal pada sebagian penduduk Semarang Utara dengan tingkat ringan sampai sedang. Pencemaran diduga berasal dari air minum yang dikonsumsi.

Abstract

Lead (Pb) are toxic, carcinogenic, bioaccumulator and biomagnification. Pb bioaccumulation may occur in the nail, liver and hair. The research aimed to detect whether lead pollution has affected the people in North Semarang, using hair as bioindicator. The population of this explorative descriptive research was all residents of Sub-District of North Semarang. Samples were taken using purposive sampling technique, i.e. male residents of Tanjung Mas and Bandarharjo aged between 17 and 50 years, who have stayed in the sites for at least 5 years without interruption. The lead level in their body was detected from their hair strand using AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry). Research showed that lead substance was detected in hair strands from 56 people. The highest level was 17.028 ppm and the average level was 8,304 ppm. It was suggested that the lead pollutant was not from motor vehicles emissions on the roads cause most samples were fishermen, instead it was suspected that the drinking water was the source of the lead. It was supported by the fact that the drinking water consumed daily by the residents has been contaminated by lead at the level of 6 ppm. Conclusion the lead pollution has affected some residents of North Semarang, ranging from low level to medium level. Presumably, the pollution was originated from the consumed drinking water.

PENDAHULUAN

Timbal (Plumbum/Pb) adalah logam yang banyak dimanfaatkan oleh manusia. Secara alami timbal bukanlah partikel elemen yang melimpah di alam, tapi timbal tertimbun dan mudah terdistribusi ke seluruh dunia. Timbal bersifat resisten korosif, padat dan memiliki titik lebur yang rendah. Timbal biasanya ditambahkan di dalam bensin untuk mengurangi ketukan pada mesin, timbal juga digunakan untuk melapisi pipa besi, pengelasan, batu baterai dan aki. Bila terpapar oleh udara dan air, maka akan terbentuk lapisan timbal sulfat, timbal oksida, dan timbal karbonat lapisan ini akan melindungi lapisan logam di bawahnya dari karat. Sesuai data yang dipublikasikan oleh DHOCNY (2007). sumber keracunan timbal bisa berasal dari kendaraan yang menggunakan bensin bertimbal.

Pemanfaatan timbal yang demikian luas menyebabkan kemungkinan terjadinya toksisitas timbal secara kronik maupun akut. Tubuh yang terkena timbal secara kronik maupun akut dapat berfek negatif pada kesehatan. Indonesia, sebagai negara yang sedang berkembang masalah-masalah yang berkaitan dengan kelestarian dan kesehatan lingkungan sering terabaikan. Hal ini juga didukung oleh tingkat kesadaran penduduk yang rendah akibat dari masih rendahnya tingkat pendidikan sebagian masyarakat. Oleh sebab itu keracunan timbal potensial untuk terjadi di Indonesia tak terkecuali di kota Semarang.

Timbal masuk ke dalam tubuh manusia melalui berbagai cara antara lain ketika bernafas, makan, menelan, atau minum zat apa saja yang mengandung timbal. Air terkontaminasi dengan timbal ketika air mengalir melalui pipa atau keran kuning yang mengandung timbal (DHOCNY 2007). Selain itu, timbal yang berasal dari bahan bakar bisa mengkontaminasi udara dan bila terjadi kontak bisa meningkatkan kandungan timbal dalam darah pada anak-anak di daerah perkotaan (CHW & HCHN 2008).

Timbal merupakan bahan toksik yang mudah terakumulasi dalam organ manusia dan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan berupa anemia, gangguan fungsi ginjal, gangguan sistem saraf, otak dan kulit.

Penelitian pencemaran timbal di lingkungan udara wilayah Semarang telah dilakukan oleh Browne *et al* (1999), dan Martuti (2011) dalam penelitian tersebut ditemukan bahwa kadar Pb wilayah Tambaklorok Kecamatan Semarang Utara, pada musim kemarau rata-rata 8,41 µg/m³ melampaui nilai ambang baku mutu lingkun-

gan maksimal 2 µg /m³ per 24 jam (PP RI No. 41 Tahun 1999, tentang Pengendalian Pencemaran Udara). Tambaklorok sekarang termasuk kelurahan Tanjung Mas merupakan daerah yang udaranya banyak tercemar timbal dibandingkan daerah lain di kota Semarang. Selain itu, sebagai salah satu kecamatan di kota Semarang yang berbatasan langsung dengan laut atau muara sungai. Aliran sungai akan menuju seluruhnya ke muara dengan membawa semua limbah yang terlarut. Hal ini menyebabkan wilayah Semarang Utara juga potensial tercemar timbal secara tidak langsung dari aliran sungai yang telah tercemar limbah-limbah industri. Seperti diketahui sepanjang aliran sungai terdapat berbagai industri yang pada umumnya tidak memiliki IPAL yang memadai sehingga limbah pabriknya dibuang ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu.

Timbal akan ikut terbawa aliran air masuk ke laut dan besar kemungkinan logam berat ini akan terakumulasi di tubuh ikan atau kerang. Masyarakat yang tinggal di sepanjang pantai di Semarang utara yaitu di kelurahan Tanjung Mas (wilayah Tambaklorok termasuk kelurahan Tanjung Mas) dan Bandarharjo memiliki kebiasaan mengkonsumsi ikan/kerang tersebut terus menerus sepanjang hidupnya, sehingga kemungkinan terjadinya akumulasi dan biomagnifikasi sangat besar.

Akumulasi timbal dalam tubuh, dapat dideteksi dari darah, tulang dan rambut. Pada rambut timbal dapat terikat pada gugus sulfhidril sehingga kandungan timbal pada rambut dapat dijadikan indikator pencemaran timbal. Oleh karena itu salah satu metode yang praktis dan relatif mudah untuk menganalisis tingkat pencemaran timbal yang terkandung pada tubuh penduduk Semarang adalah dengan menggunakan rambut sebagai bioindikator pencemaran timbal.

Berdasarkan uraian pada latar belakang maka permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimanakah tingkat pencemaran logam berat timbal pada penduduk di kelurahan Tanjung Mas dan Bandarharjo Kecamatan Semarang Utara dan dari manakah polutan timbal tersebut berasal?

METODE

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif eksploratif. Pada penelitian ini mengkaji tingkat keracunan timbal pada penduduk di kecamatan Semarang Utara khususnya di kelurahan Bandarharjo dan Tanjung Mas dengan menggunakan kadar timbal pada rambut sebagai indikator. Sumber polutan timbal diteliti dari makanan dan minuman yang dikonsumsi. Penelitian dilakukan dari bulan Mei sampai dengan Agustus 2012.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh penduduk di kecamatan Semarang Utara. Sedangkan sampel diambil dengan *teknik purposive sampling* yaitu hanya penduduk yang memenuhi kriteria penelitian yang ditetapkan yang akan diambil sebagai sampel. Kriteria sampel pada penelitian ini adalah penduduk laki-laki atau perempuan berumur antara 17 sampai dengan 50 tahun yang tinggal di kelurahan Tanjung Mas atau Kelurahan Bandarharjo minimal selama 5 tahun terakhir terus menerus. Selain sampel rambut untuk melacak darimana sumber pencemaran timbal maka juga diteliti kadar timbal dalam tubuh ikan yang biasa kita konsumsi, dan air setempat yang biasa diminum penduduk.

Seluruh sampel yang diperoleh kecuali air akan didestruksi dengan HNO_3 pekat dan HCl pekat masing-masing 1 ml untuk meluruhkan kandungan logam beratnya. Namun sebelumnya sampel dikeringkan dengan oven sampai berat kering stabil. Selanjutnya sampel yang sudah didestruksi ini diperiksa kadar logam berat (timbal) dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) yaitu alat yang digunakan untuk analisis logam berat,

Hasil pengukuran dari AAS kemudian dikonsultasikan dengan baku mutu timbal untuk air, makanan dan tubuh dan dianalisis secara deskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar timbal yang terdapat pada rambut 56 sampel penduduk berusia antara 17-50 tahun adalah 8,3045 ppm dengan standart deviasi (SD) 5,02. Karena batas tinggi rendahnya kadar timbal dalam rambut belum ada rujukan dari WHO, maka jika merujuk pada batasan kadar timbal dalam darah yang dikeluarkan oleh WHO yaitu kadar timbal di bawah 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (ppm) dikategorikan rendah dan di atas 25 $\mu\text{g}/\text{dl}$ dikategorikan tinggi. Distribusi kategori tingkat pencemaran timbal pada rambut sampel penelitian ini disajikan pada tabel 1.

Kadar timbal pada rambut, untuk meneliti faktor lingkungan yang diduga menyebabkan

terjadinya pajanan kronik timbal pada tubuh dan terakumulasi pada rambut adalah adalah air dan makanan yang dikonsumsi. Oleh karena itu sampel air dan makanan yang dikonsumsi penduduk juga diuji.

Kadar timbal dalam air yang dikonsumsi penduduk setempat diuji, jumlah sampel air dari 6 sumber air yang berbeda. Hasil uji kandungan logam timbal pada keenam sampel air tersebut diperoleh rata-rata kadar timbalnya mencapai 6,324 ppm. Hasil ini masih pada ambang batas aman dikonsumsi karena menurut WHO kadar timbal 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ (ppm) sebagai batas maksimum kandungan timbal di air yang masih aman dikonsumsi atau dalam batas *maximum acceptable concentration* (MAC).

Sampel makanan dipilih ikan, karena ikan adalah salah satu makanan yang banyak dikonsumsi penduduk. Uji kandungan timbal pada ikan yang biasa dikonsumsi penduduk setempat dipilih ikan bandeng dan ikan nila yang berasal dari 3 tambak yang berbeda asal aliran airnya, hasilnya diperoleh sebagai berikut ikan Nila mengandung timbale 0,14 mg/kg, sementara itu kedua sampel ikan bandeng mengandung timbal kurang dari 0,1 mg/kg. kalau dilihat dari hasil ini berarti ikan yang dikonsumsi penduduk belum tercemar timbal tetapi baru pada tahap terkontaminasi sehingga masih aman dikonsumsi.

Tingkat pencemaran timbal pada rambut sampel dikategorikan dengan merujuk pada batasan kadar timbal dalam darah yang dikeluarkan oleh WHO. Pengkategorian ini dilakukan dengan merujuk kepada beberapa hasil penelitian yang menyebutkan adanya korelasi yang signifikan antara kadar timbal dalam darah dan rambut. Hasil penelitian Sanna *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa antara kadar timbal dalam darah dan rambut pada anak-anak di wilayah Sardinia Italia yang dijadikan sampel secara statistik menunjukkan korelasi yang signifikan. Pendapat ini juga didukung oleh hasil penelitian dari Bergomi *et al.* (1989) di Sassuolo (Italia Tengah Utara), Chlopicka *et al* (1989) di propinsi Katowicw Silesia, dan Esteban *et al.* (1999) di Saratov Russian City.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun masih dalam kategori rendah dan sedang,

Tabel 1. Distribusi Sampel Penelitian Berdasarkan Tingkat Pencemaran Timbal pada Rambut

Kategori kadar timbal	Frekuensi	Persentase (%)
Rendah (< 10 ppm)	31	55
Sedang (10-25 ppm)	25	45
Tinggi (>25 ppm)	0	0
Total	56	100

timbal yang terdapat pada rambut tersebut merupakan hasil akumulasi cemaran timbal yang dapat berasal dari berbagai sumber. Seperti disebutkan oleh DHOCNY (2007) sumber keracunan timbal bisa berasal dari kendaraan yang menggunakan bahan bakar bertimbal dan juga dari biji logam hasil pertambangan, peleburan, pabrik pembuatan timbal atau daur ulang produk industri, debu, tanah, cat, mainan, perhiasan, air minum, permen, keramik, obat tradisional dan kosmetik.

Kasus pada penelitian ini sebagian besar responden berprofesi sebagai nelayan. Sehari-hari mereka berada di laut, sehingga besar kemungkinan mereka terkontaminasi timbal bukan berasal dari kendaraan bermotor di jalan raya, juga pasti bukan berasal dari kegiatan pertambangan dan industri peleburan logam timbal maupun daur ulang bahan-bahan bertimbal yang memang tidak ada di daerah tersebut. Juga bukan berasal dari ikan yang banyak dikonsumsi, karena hasil pemeriksaan ikan yang biasa dimakan, kadar timbalnya sangat rendah dan bahkan sebagian tidak terdeteksi atau di bawah 0,04 mg/kg. Oleh sebab itu diduga kemungkinan terbesar responden terkontaminasi timbal dari air minum karena hasil pemeriksaan air yang dikonsumsi penduduk kadar timbalnya mencapai 6,324 ppm.

Pencemaran timbal pada air minum dapat terjadi pada proses distribusinya. Penyebab utamanya disebabkan karena proses korosi yang terjadi pada pipa besi yang digunakan sebagai sarana distribusi air dari suplai (Conio *et al.* 1996; Zietz *et al.* 2001). Daerah penelitian berada di tepi pantai yang udaranya banyak mengandung uap air, juga kadar garam yang relatif tinggi dibandingkan daerah yang berada jauh dari pantai, sehingga menyebabkan barang-barang yang berasal dari logam termasuk pipa besi mudah mengalami korosi, sehingga ada kemungkinan akibat korosi yang terjadi pada pipa besi yang digunakan untuk mendistribusikan air minum akan terlarut logam timbal. Timbal digunakan untuk melapisi besi sehingga tahan terhadap proses oksidasi (anti karat). Timbal akan melapisi besi dari reaksi oksidasi yang menyebabkan munculnya karat dalam bentuk timbal sulfat, timbal oksida maupun timbal karbonat bila besi tersebut terpapar oleh air atau udara. Bila terpapar air dan udara yang berkadar garam tinggi menyebabkan proses oksidasi (perkaratan) akan menjadi lebih cepat dibandingkan dengan pipa besi yang tidak terpapar air dan udara. Korosi juga dapat terjadi pada kran airnya, sehingga me-

nyebabkan larutnya sebagian timbal yang terkandung dalam bahan-bahan yang terbuat dari besi tersebut.

Timbal masuk ke dalam tubuh dapat dalam bentuk timbal-organik seperti tetra etil timbal, dan timbal anorganik seperti oksida-timbal. Toksisitas timbal baru akan terlihat bila orang mengkonsumsi timbal lebih dari 2 mg per hari, ambang batas dari timbal yang boleh dikonsumsi adalah 0,2-2,0 mg per hari. WHO (1993) mempublikasikan bahwa asupan timbal per hari yang masih bisa ditoleransi adalah 3,6 mg/kg-berat badan untuk bayi dan anak-anak atau 7 mg.kg berat badan per hari untuk dewasa. Jika diasumsikan seorang dewasa mengkonsumsi air minum 2-5 liter maka bila tiap liter air mengandung Pb sekitar 6 ppm atau 6 mg/l, maka orang dewasa di daerah tersebut akan mengkonsumsi 12-30 mg timbal setiap harinya. Timbal jika diasumsikan berat badan orang dewasa laki-laki sekitar 60 kg maka setiap hari akan menerima asupan timbal antara 0,2 sampai dengan 0,5 mg/kg berat badan per hari. Berkaitan dengan pencemaran timbal pada tubuh manusia ditetapkan oleh WHO (1995) bahwa *Tolerable Weekly Intake* adalah 25 g/kg berat badan, nilai ini merujuk pada timbal yang berasal dari semua sumber pencemar dan berlaku untuk semua usia. Asupan sebanyak itu belum menimbulkan gejala toksisitas. Darmono (1995) menyatakan bahwa toksisitas timbal baru akan terlihat bila orang mengkonsumsi timbal lebih dari 2 mg/hari, ambang batas dari timbal yang boleh dikonsumsi adalah 0,2-2,0 mg/hari.

Air yang dikonsumsi responden memang masih berada dalam batas aman (batasan WHO 1995), namun karena kontaminasi itu terjadi setiap hari dan dalam jangka waktu yang lama ada kemungkinan tubuh tidak dapat sepenuhnya mendetoksifikasi senyawa tersebut dan mengekskresikannya lewat urin, sehingga masih ada timbal yang terakumulasi di dalam tubuh termasuk antara lain yang terakumulasi di rambut.

Timbal selain di rambut juga tertimbun di kuku dan tulang. Fardiaz (1992) menulis bahwa 90-95% timbal yang terabsorpsi dan tertinggal di dalam tubuh akan tertimbun di skeleton (90-95%). Namun rambut dipandang lebih mudah dikoleksi daripada tulang dan bisa memperoleh jumlah yang lebih banyak daripada kuku, sehingga memudahkan preparasinya sebelum dilakukan pemeriksaan dengan AAS. Seperti diketahui pada metode dengan AAS sampel yang diperoleh sebelum dilakukan pencampuran dengan asam pekat, diperlukan minimal 1 g sampel kering sehingga untuk sampel kuku misalnya cukup sulit untuk mendapatkan jumlah minimal yang diper-

lukan untuk pengukuran dibandingkan dengan rambut.

Intoksikasi timbal yang memerlukan perhatian lebih adalah terjadinya paparan konsentrasi rendah dan berlangsung lama sehingga menimbulkan efek subklinis. Seperti halnya substansi-substansi toksik lain, efek timbal berhubungan dengan konsentrasi paparannya. Pada konsentrasi yang tinggi menyebabkan keracunan akut yang ditandai dengan gejala klinis. Hal ini perlu diwaspadai karena timbal mempunyai sifat afinitas yang kuat terhadap gugus sulfhidril dari sistein, gugus amino dari lisin, gugus karboksil dari asam aspartat dan glutamat, serta gugus hidroksil dari tirosin. Timbal juga dapat berikatan dan memodifikasi struktur tertier protein dengan demikian menginaktifkan properti enzimatis, terutama enzim-enzim yang kaya akan gugus -SH. Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa setiap atom timbal dapat menginduksi kerusakan biokimia tubuh (Manahan 1992).

Efek sub klinik dari timbal secara jelas terjadi pada sistem saraf dan hematopoetik. Pada sistem saraf menyebabkan disfungsi susunan saraf, gangguan motorik dan perubahan perilaku. Efek neorologik ini terjadi pada dosis timbal > 30 g. Sedangkan efek hematologik (sintesis heme) terjadi pada konsentrasi yang jauh lebih rendah dari konsentrasi tersebut. Apabila gangguan berlanjut akan terjadi efek neurologik dan efek-efek lainnya dapat mengakibatkan anemia, dan terhadap syaraf mengakibatkan menurunnya kecepatan konduksi saraf (Malaka 1994).

Meskipun masih menjadi perdebatan apakah rambut layak dijadikan sebagai bioindikator namun hasil penelitian Sanna *et al.* (2003) dengan menggunakan daftar nilai koefisien korelasi dari Bravais-Pearson mengindikasikan korelasi signifikan yang positif antara usia, kadar Pb pada rambut dan darah. Korelasi antara kadar Pb darah dan usia dan antara kadar timbal pada rambut dengan usia tidak berkorelasi signifikan.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan atas data yang diperoleh, dapat dinyatakan bahwa responden di wilayah Semarang Utara telah terkontaminasi timbal dalam tingkatan rendah sampai sedang. Asal logam timbal yang mengkontaminasi responden diduga berasal dari air minum yang dikonsumsi responden.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis kadar timbal pada rambut penduduk diketahui telah terjadi pencemaran atau kontaminasi logam berat timbal pada penduduk di kelurahan Tanjung Mas dan Bandar-

harjo Kecamatan Semarang Utara dengan tingkatan rendah sampai sedang. Pencemaran logam berat timbal pada penduduk di kelurahan Tanjung Mas dan Bandarharjo Semarang Utara diduga berasal dari air minum yang dikonsumsi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan untuk penyandang dana penelitian ini yaitu Unnes melalui anggaran Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Semarang tahun 2012

DAFTAR PUSTAKA

- Bergomi M, Borella P, Fantuzzi G, Vivoli G, Sturloni N, Cavazzuti G, Tampieri A. & Tartoni PL. (1989). Relationship between lead exposure indicators and neuropsychological performance in children. *Develop. Med. Child. Neurol.*, 31: 181-190.
- Browne DR, Husni A, Risk MJ. (1999). Airborne lead and particulate levels in Semarang Indonesia and potential health impacts. *The Science of the Total Environment*(2) 145-154, [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00022-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00022-4)
- Chlopicka J, Zachwieja Z, Zagrodzki P, Frydrych J, Slota P. & Krosniak M. (1998). Lead and cadmium in the hair and blood of children from a highly industrial area in Poland. *Biol. Trace Elem. Res.*, 62: 229-234.
- CHW & HCHN (The Children's Hospital at Westmead (CHW) & Hunter Children's Health Network (HCHN). (2008). Fact sheet: Lead, Kids Health, The Children's Hospital at Westmead & Kaleidoscope, Hunter Children's Health Network, [references last accessed on 29th November 2005 www.chw.edu.au/parents/kidshealth/safety_factsheets/pdf/lead.pdf
- Conio O, Ottaviani M, Formentera V, Lasagna C, Palumbo F. (1996). Evaluation of the lead content in water for human consumption. *Microchem. J.*, Vol. 54, pp. 355-359
- DHOCNY (Department of Health Otsego County, New York). (2007). *Lead Poisoning Prevention: What is Lead?* Published by Department of Health Otsego County New York, www.otsegocounty.com/depts/doh/LeadPrevention.htm
- Esteban E, Rubin CH, Jones R. & Noonan C. (1999). Hair and blood as substrates for screening children for lead poisoning. *Arch Environ. Health*, Vol. 54: 436-440.
- Fardiaz S. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius
- Manahan SE. (1992). *Toxicological chemistry*. New York : Lewis Publishers.
- Martuti NKT. (2011). Tingkat Kualitas Udara di Jalan Protokol Kota Semarang. *Laporan Penelitian*. Semarang. Lembaga Penelitian dan Pengab-

- dian UNNES.
- Sanna EL, Vargiu I, Rossetti E, Vallascas & Floris G. (2007). Correlation between blood and hair lead levels in boys and girls of Sardinia (Italy) . *Journal of Anthropological Sciences*. Vol 85. P 173-181.
- Sanna E A. Liguori L, Palmas MR, Soro, GFloris. (2003). Blood and hairlead levels in boys and girls living in two Sardinian towns at different risks of lead pollution. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 55 (3): 293–299
- WHO (World Health Organization). (1993). *Guidelines for Drinking-Water Quality Recommendations (2nd ed.)*, Vol. 1WHO, Geneva (1993) pp. 49–50
- _____. (1995). *Environmental Health Criteria 165 Inorganic Lead*. Geneva. The United Nation Environment Programme. The Internationaal Labour Organization and The World Health OrBrowne D.R., A Husni, Risk M.J.1999. Airbone lead and particulat levels in Semarang Indonesia and potential health impacks.
- Zietz B, de Vergara JD, Kevekordes S, Dunkelberg H. (2001). Lead contamination in tap water of households with children in Lower Saxony Germany. *Sci. Total Environ.*, Vol. 275 pp. 19–26.