



Keadaan Sosio-Ekonomi dan Status Pb Darah Anak pada Pemajanan Pb Lingkungan

Henna Rya Sunoko *

ABSTRACT

The socio-economic factor and children blood lead level in environmental lead exposure

Background: Low level lead exposures usually are coming from various environmental sources including air, food and water. This has important implications with respect to its regulation. The socio-economic factors can also affect blood lead level in children. This study was aimed to examine the influence of housing condition, earning and education of children's primary caregivers on children blood lead levels.

Methods: The study involved 54 children aged 5-10-years, coming from Gebang Sari, Sekaran and Moro Demak. Cross-sectional design was adopted in this research. The collected data were analyzed using non parametric Wilcoxon signed rank test to determine the mean differences of lead among the locations. OR prevalence and frequencies as well as cross tabulation of blood lead level and housing condition, earning and education data were also analyzed.

Results: There were significance differences amongst Gebang Sari, Sekaran and Moro Demak children blood lead levels ($p < 0.05$). Gebang Sari ambient lead air was the highest compared to those of other two locations. Compared to Sekaran and Moro Demak, Gebang Sari was dominated by higher children's primary caregivers earning and education levels. OR prevalence of >10 ppb lead cut-off for earning level was 2.332 (1.49, 3.65). OR prevalence of >10 ppb lead cut-off for education level was 2.092 (1.295, 3.382).

Conclusions: Children blood lead levels were not only influenced by ambient air lead but also by housing condition, earning and education of their primary caregivers.

Keywords: Children blood lead level, housing condition, earning, education

ABSTRAK

Latar belakang: Toksisitas akibat pemajanan Pb lingkungan pada dosis rendah dapat berasal dari berbagai sumber seperti udara, air dan makanan. Hal ini mempunyai implikasi penting terhadap regulasi. Faktor sosio-ekonomi juga berpengaruh terhadap kadar Pb darah anak. Penelitian ini ditujukan untuk mempelajari pengaruh kondisi rumah, tingkat pendapatan dan pendidikan dari orang tua atau wali anak terhadap kadar Pb darah anak.

Metoda: Penelitian mengikutsertakan 54 anak, umur 5-10 tahun, berasal dari Gebang Sari, Sekaran dan Moro Demak. Penelitian didesain secara cross-sectional. Data dianalisis secara non-parametrik dengan Wilcoxon signed rank test untuk mengetahui rerata kadar Pb darah anak antar lokasi. OR prevalensi, frekuensi dan tabulasi silang antara kadar Pb darah dengan kondisi rumah, pendapatan dan pendidikan juga dianalisis.

Hasil: Terdapat beda yang bermakna antara kadar Pb darah subjek di Gebang Sari dan Sekaran dengan Kadar Pb darah subjek di Moro Demak ($p < 0,05$). Kadar Pb udara ambien Gebang Sari tertinggi dibanding kadar Pb udara di dua lokasi lainnya. Tingkat pendapatan dan pendidikan orang tua atau wali subjek penelitian Gebang Sari lebih tinggi dibanding Sekaran dan Moro Demak. OR prevalensi pada cut-off Pb >10 ppb untuk tingkat pendapatan adalah 2,332 (1,49, 3,65). OR prevalensi pada cut-off Pb >10 ppb untuk tingkat pendidikan adalah 2,092 (1,295, 3,382).

Simpulan: Kadar Pb darah anak tidak hanya dipengaruhi oleh kadar Pb udara ambien tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi rumah, tingkat pendapatan dan pendidikan orang tua atau wali.

* Bagian Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Jl Dr. Sutomo 18, Semarang

PENDAHULUAN

Keracunan logam berat Pb yang berasal dari lingkungan ambien terhadap anak pada dekade terakhir telah merupakan risiko kesehatan lingkungan utama yang dihadapi, baik di negara-negara maju terlebih lagi di negara-negara yang sedang berkembang.¹ Pb dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran nafas, saluran cerna, bahkan melalui kontak dermal.²⁻⁵ Dalam lingkungan, karena sifatnya yang persisten sehingga tidak mudah terdegradasi, Pb akan mengalami biomagnifikasi sesuai dengan rantai makanan, dan akhirnya melalui rantai makanan pula Pb dapat masuk melalui saluran cerna ke dalam tubuh manusia. Pb di lingkungan udara berbentuk partikulat-partikulat halus dalam ukuran $\leq 7\mu$, sehingga dengan mudah dapat terhirup melalui saluran nafas. Kontak dermal Pb pada manusia umumnya terjadi karena pemakaian kosmetik dan obat tradisional yang mengandung Pb.⁶⁻⁸

Pajanan Pb dalam dosis kelumit (*trace* atau dosis yang sangat rendah) yang berlangsung lama dapat menyebabkan akumulasi dalam tubuh dan dideposit dalam tulang, dengan efek lebih lanjut mengakibatkan gangguan terhadap berbagai sistem organ seperti sistem saraf, ginjal, sistem reproduksi, saluran cerna dan sistem hemato-poesis.^{2-4,8-9} Paparan kronis Pb dalam dosis kelumit pada anak mungkin disertai atau tanpa disertai simtom yang jelas. Namun paparan ini pada anak berkaitan erat dengan penurunan tingkat intelegensi, perilaku, sistem metabolik dan kemampuan belajar anak. Terdapat pula evidensi bahwa tumbuh kembang anak akan terganggu, demikian pula dengan tiroid dan fungsi adrenalin akan terhambat.¹⁰

Suseptabilitas anak terhadap Pb berkaitan erat dengan sumber-sumber cemaran Pb yang dapat berasal dari udara ambien, cemaran dalam rumah, air maupun makanan, namun cemaran utama Pb yang paling dominan berasal dari udara.^{2,4} Di udara karena sifat dari massanya, partikulat Pb selalu berada pada lapisan udara yang terendah, oleh sebab itu anak akan lebih banyak menghirup cemaran tersebut.¹¹ Terlebih lagi pada anak ventilasi pulmonari dan konsumsi oksigen per kgBB 1,6 sampai 2,7 kali lebih besar dibanding orang dewasa¹, sehingga absorpsi Pb pada anak diperkirakan 30% lebih tinggi bila dibandingkan dengan orang dewasa.¹² Sama seperti cemaran Pb udara, cemaran Pb yang berasal dari dalam rumah yang umumnya berbentuk kelupasan cat terutama pada rumah-rumah tua, mainan anak yang diwarnai dengan cat, atau majalah/koran berwarna, lebih banyak memapar pada anak karena umumnya mereka sangat senang untuk memasukkan benda-benda tersebut ke dalam mulutnya atau *pica*.^{1,8,11}

Kurangnya proteksi lingkungan terutama di negara-negara yang sedang berkembang, serta kurangnya perhati-

an terhadap potensi cemaran Pb, telah berdampak pada tingginya konsentrasi Pb dalam darah anak.^{1,13} Pemerintah Indonesia telah menetapkan baku mutu lingkungan yang aman untuk kadar Pb udara yaitu maksimal sebesar $2\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ per 24 jam dan untuk Pb 1 tahun rerata per 24 jam = $1\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Nm^3 = normal meter kubik),¹⁴ karena disadari adanya efek toksik dari Pb. Namun, pemerintah Indonesia utamanya Departemen Kesehatan belum menetapkan nilai ambang untuk kadar Pb darah anak, oleh sebab itu kita masih mengacu pada kadar Pb darah anak yang ditetapkan oleh *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) untuk anak di Amerika berdasarkan pada hasil survey antara NHANES-II (*the second National Health and Nutrition Survey*) dan CDC. Studi yang telah dilakukan di Amerika Serikat tersebut merekomendasikan nilai ambang terendah bagi anak adalah $10\mu\text{g}/\text{dl}$ dan telah disetujui oleh *National Academy of Sciences* di Amerika.¹³

Konsentrasi Pb dalam darah ternyata tidak hanya dipengaruhi oleh kadar Pb udara ambien serta sumber-sumber cemaran Pb lainnya, namun juga dipengaruhi oleh kondisi sosio-ekonomi orang tua atau wali sampel anak. Termasuk ke dalam kondisi sosio-ekonomi misalnya tingkat pendapatan dan pendidikan orang tua atau wali anak, serta kondisi rumah tempat tinggal.¹⁵⁻¹⁷ Kondisi sosio-ekonomi akan berpengaruh pada kadar Pb darah anak, karena ada hubungannya dengan perilaku orang tua atau wali anak terhadap asupan gizi dan higienis anak. Dengan demikian akan mempengaruhi risiko asupan Pb melalui kontak tangan dan mulut serta absorpsi Pb melalui saluran cerna.¹⁵⁻¹⁶

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh faktor pendidikan dan pendapatan orang tua atau wali sampel anak, serta kondisi rumah tempat tinggal anak terhadap kadar Pb darah anak.

METODE

Sampel Penelitian

Penelitian dirancang secara *cross-sectional*, yaitu penelitian non-eksperimental dengan model pendekatan *point time*. Subjek penelitian adalah anak sebanyak 54 orang, yang memenuhi kriteria inklusi: usia 5-10 tahun, telah tinggal di daerah penelitian selama 3 tahun terakhir, dan tidak menderita porfiriasis. Kriteria eksklusi: usia <5 tahun atau >10 tahun, lama tinggal <3 tahun dan menderita porfiriasis. Pengambilan subjek dilakukan secara *cluster*, yaitu 23 subjek penelitian diambil dari Kelurahan Gebang Sari Kecamatan Genuk Kota Semarang, 17 subjek dari Kelurahan Sekaran Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang, dan 14 subjek berasal dari Desa Moro Demak Kecamatan Bonang Kabupaten Demak. Gebang Sari mewakili lokasi dengan cemaran Pb

tertinggi di Kota Semarang, Sekaran mewakili daerah dengan cemaran Pb terendah di Kota Semarang, dan Moro Demak mewakili daerah pantai dengan kadar cemaran Pb antara Gebang Sari dan Sekaran.

Teknik Pengumpulan Data

Tipe spesimen: darah vena (EDTA *whole blood*) untuk mengukur kadar Pb darah. Pb darah diukur dengan AAS.

Data lingkungan yang dikumpulkan meliputi: Pb udara: sampel Pb udara ambien 24 jam diambil dengan *dust collector*. Titik pengambilan sampel disesuaikan dengan tata cara pengambilan data lingkungan. Untuk masing-masing lokasi diambil dari dua titik sampling pada halaman terbuka pemukiman penduduk dengan jarak antar titik sampling sekitar 500 m. Pb udara diukur dengan alat AAS.

Pb air: sampel Pb air diambil dari sumber air yang digunakan untuk masak dan minum dengan menggunakan alat *water sampler*. Titik pengambilan sampel disesuaikan dengan tata cara pengambilan data lingkungan. Untuk masing-masing lokasi diambil dari dua titik sampling dengan jarak antar titik sampling sekitar 500 m. Pb air diukur dengan alat AAS.

Kondisi rumah, faktor pendidikan dan pendapatan orang tua/wali anak, serta keadaan lingkungan di sekitar tempat tinggal sampel anak dilakukan dengan cara observasi dan menggunakan instrument kuesener serta *indepth interview*.

Analisis Data

Penghitungan OR prevalensi, dilakukan untuk mengetahui rasio prevalensi antara jumlah subjek yang terpajan dengan seluruh subjek yang ada pada faktor pendidikan dan pendapatan. Uji beda, dilakukan dengan uji non parametrik Wilcoxon *signed rank test*. Uji beda ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan rerata kadar Pb dalam darah anak antar tempat tinggal. Frekuensi dan tabulasi silang dilakukan untuk mengetahui persentase prediktor pendapatan dan pendidikan dengan kadar Pb darah.

HASIL

1. Karakteristik Sampel Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan subjek penelitian dengan umur 5-10 tahun, serta telah berdomisili di daerah penelitian selama minimal 3 tahun. Subjek dipilih karena suseptabilitasnya terhadap pemajanan Pb lingkungan, serta mobilitasnya yang relatif rendah dibanding orang dewasa. Diharapkan dengan menggunakan kriteria tersebut waktu yang dibutuhkan oleh Pb untuk memajanan

pada subjek telah cukup. Rentang waktu pemajanan minimal 3 tahun digunakan dalam penelitian, karena Pb ambien memajanan secara kronik pada dosis kelumit, sehingga diperlukan waktu yang cukup lama untuk berakumulasi dalam tubuh. Dengan demikian diasumsikan bahwa Pb yang terakumulasi dalam tubuh subjek sebagian besar adalah Pb ambien yang terdapat di daerah penelitian. Sebaran subjek terdiri atas 23 dari Gebang Sari, 17 dari Sekaran dan 14 dari Moro Demak. Jenis kelamin seluruh subjek penelitian baik laki-laki maupun perempuan jumlahnya sama yaitu 27 laki-laki dan 27 perempuan. Rerata umur seluruh subjek penelitian $7,91 \pm 1,39$ tahun, sedangkan rerata umur subjek untuk masing-masing lokasi dapat dilihat pada Tabel 1 yang juga menunjukkan data karakteristik subjek di daerah penelitian.

2. Kadar Pb Dalam Darah

Kadar rerata Pb untuk seluruh subjek penelitian adalah $13,078 \pm 12,300$ ppb. Data juga menunjukkan bahwa 46,3% di antaranya mengandung Pb dengan kadar ≤ 10 ppb, dan sisanya sebanyak 53,7% mempunyai kadar Pb di atas 10 ppb. Kadar rerata Pb dalam darah subjek penelitian untuk masing-masing lokasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Konsentrasi tertinggi rerata Pb darah subjek terdapat di Moro Demak, mencapai $21,25 \pm 20,901$ ppb, disusul oleh rerata Pb di Sekaran dan kemudian Gebang Sari. Kadar Pb darah anak di Gebang Sari berkisar dari kadar terendah 1 ppb sampai tertinggi 21 ppb, Sekaran antara 6,80 ppb–14,40 ppb, dan Moro Demak antara 9,20 ppb–91,70 ppb. Dilihat dari rerata kadar Pb untuk keseluruhan subjek ternyata telah mengandung kadar Pb > 10 ppb. *Centers for Diseases Control (CDC)* di Amerika telah menetapkan kadar Pb untuk anak dinyatakan tinggi bila telah mencapai $10 \mu\text{g/dl}$ (ppb), di atas 10 ppb efek sub-klinik akibat intoksikasi Pb telah mulai terjadi. Bila dibandingkan dengan standar CDC tersebut ($10 \mu\text{g/dl}$), maka nilai rerata untuk seluruh subjek penelitian telah melampaui batas yang ditetapkan, dan efek sub-klinik dapat dinyatakan sudah mulai terjadi. Namun bila dilihat dari masing-masing daerah penelitian, nilai rerata kadar Pb darah subjek di Gebang Sari masih di bawah 10 ppb tetapi sudah hampir mencapai limit atas, sedangkan subjek penelitian di Sekaran, telah mencapai limit atas, dan subjek penelitian di Moro Demak telah lebih dari dua kali lipat standar CDC untuk anak. Sehingga bila mengikuti standar CDC dapat dinyatakan bahwa efek sub-klinik akibat intoksikasi Pb untuk subjek penelitian di Sekaran dan Moro Demak sudah terjadi, sedangkan di Gebang Sari efek sub-klinik belum terjadi tetapi kewaspadaan sudah harus dimulai. Kewaspadaan harus dilakukan terhadap kelompok anak tersebut, sebab meskipun CDC menetapkan batas tertinggi kadar Pb

darah anak adalah 10 ppb, namun terdapat bukti-bukti yang menyatakan bahwa efek sub-klinik telah terjadi pada dosis <10 ppb,¹⁸ dan bahkan efek dapat terjadi pada dosis <5 ppb.¹⁹

Untuk mengetahui kemaknaan perbedaan rerata kadar Pb untuk masing-masing kelompok lokasi subjek dilakukan dengan uji non parametrik Wilcoxon *signed rank test*. Hasil uji menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna antara kadar Pb darah pada subjek yang

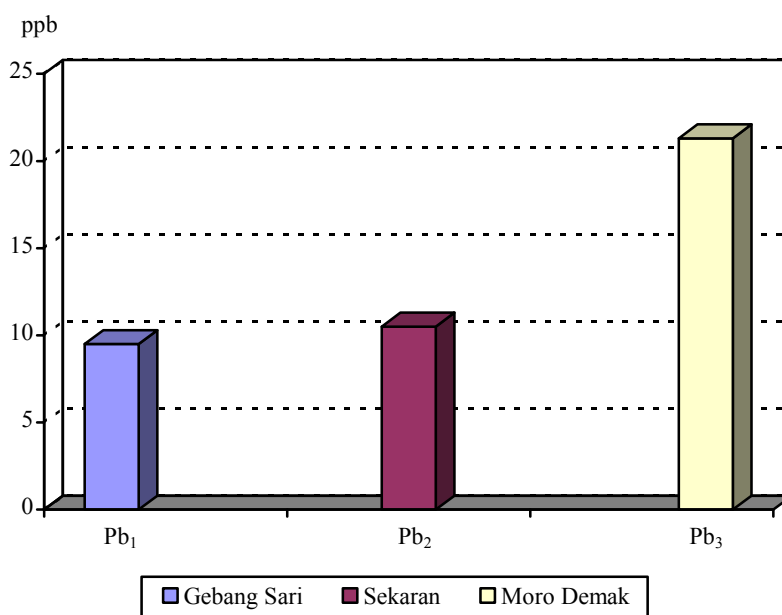
tinggal di Gebang Sari dengan kadar Pb darah subjek yang tinggal di Sekaran (p=0,210). Namun terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara Pb darah subjek yang tinggal di Gebang Sari dibanding dengan Pb darah subjek yang tinggal di Moro Demak (p=0,002), demikian pula antara Pb darah subjek yang tinggal di Sekaran dengan Pb darah subjek yang tinggal di Moro Demak (p=0,011). Nilai p hasil uji beda dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data karakteristik subjek dan daerah penelitian

No	Variabel	Lokasi	N	Rerata	Std. Deviasi
1.	Jenis kelamin	Gebang Sari	Laki-laki : 13	23	
			Perempuan : 10		
		Sekaran	Laki-laki : 7	17	
			Perempuan : 10		
		Moro Demak	Laki-laki : 7	14	
			Perempuan : 7		
2.	Umur	Gebang Sari	23	7,57	1,62
		Sekaran	17	8,18	1,19
		Moro Demak	14	8,07	1,14
3.	Pendapatan orang tua/wali subjek	Gebang Sari	1. Rp 1.000.000 – 1.500.000	2	
			2. >1.500.000	21	
		Sekaran	1. Rp 500.000 – 1.000.000	15	
			2. Rp 1.000.000 – >1.500.000	2	
		Moro Demak	1. <Rp 300.000 – 500.000	11	
			2. Rp 500.000 – 1.000.000	3	
4.	Pendidikan orang tua/wali subjek	Gebang Sari	1. Akademi/universitas	16	
			2. SMU	7	
		Sekaran	1. Akademi/universitas	2	
			2. SMU/SMP	9	
			3. SD/tidak sekolah	6	
		Moro Demak	1. SD	7	
2. Tidak sekolah	7				
5.	Pb Udara	Gebang Sari I	0,783 µg/m ³		
		Gebang Sari II	9,916 µg/m ³		
		Sekaran I	0,525 µg/m ³		
		Sekaran II	0,524 µg/m ³		
		Moro Demak I	0,910 µg/m ³		
		Moro Demak II	0,152 µg/m ³		
6.	Pb Air	Gebang Sari I	<0,030 mg/l		
		Gebang Sari II	<0,030 mg/l		
		Sekaran I	<0,030 mg/l		
		Sekaran II	<0,030 mg/l		
		Moro Demak I	<0,030 mg/l		
		Moro Demak II	<0,030 mg/l		

Tabel 2. Rerata kadar Pb dalam darah subjek untuk masing-masing lokasi

No	Lokasi	Rerata (ppb)	N	Simpang Baku	Uji beda antar lokasi	
					Lokasi	p
1.	Gebang Sari	9,48	23	6,875	Gebang Sari << Sekaran	0,210
2.	Sekaran	10,51	17	2,504	Sekaran << Moro Demak	0,011
3.	Moro Demak	21,25	14	20,901	Moro Demak << Gebang Sari	0,002
	Seluruh lokasi	13,08	54	12,300		



Gambar 1. Histogram kadar rerata Pb pada setiap lokasi

3. Kadar Pb Udara

Data kadar Pb udara ambien daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Terlihat pada data, kadar Pb udara 24 jam pada titik sampling Gebang Sari I sebesar $0,782 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan pada titik sampling Gebang Sari II sebesar $9,916 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Baku mutu udara ambien menurut peraturan untuk kadar Pb udara 24 jam maksimal adalah $2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.¹⁴ Bila kadar Pb udara 24 jam di dua titik sampling Gebang Sari dibandingkan dengan baku mutu udara, maka kadar Pb udara untuk Gebang Sari I masih sesuai dengan standar yang diperbolehkan, sedangkan kadar Pb udara untuk Gebang Sari II sudah sangat jauh melampaui nilai baku mutu yang diperbolehkan.

Sesuai dengan kondisi lingkungannya, yaitu tidak adanya industri atau kegiatan lainnya yang potensial untuk mengemisikan cemaran Pb ke udara, pada pengukuran Pb udara 24 jam yang dilakukan di dua titik sampling Sekaran, diperoleh nilai kadar Pb udara ambien di titik Sekaran I sebesar $0,525 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan di titik Sekaran II sebesar $0,524 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bila dibandingkan dengan regulasi yang ada untuk kadar Pb ambien, nilai ini masih jauh di bawah baku mutu.¹⁴ Terlebih lagi bila kadar Pb udara

ambien di Sekaran dibandingkan dengan kadar Pb udara ambien di titik sampling Gebang Sari II, kadar Pb udara di Sekaran I dan II sekitar 1/20 kali lebih rendah dari kadar Pb udara ambien Gebang Sari II. Perbedaan tingkat polusi udara di Sekaran dibandingkan dengan Gebang Sari dapat dirasakan secara organoleptis, udara di Sekaran terasa jauh lebih bersih, segar dan sejuk.

Hasil pengukuran kadar Pb udara ambien 24 jam yang dilakukan di dua titik sampling Moro Demak, menunjukkan kadar Pb udara yang masih rendah yaitu di titik Moro Demak I sebesar $0,910 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan di titik Moro Demak II sebesar $0,152 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai kadar tersebut masih di bawah limit baku mutu untuk Pb ambien 24 jam.¹⁴ Dibandingkan dengan kadar Pb udara ambien Sekaran, kadar Pb udara ambien Moro Demak sedikit lebih tinggi, namun bila dibanding dengan Gebang Sari kadar Pb udara Moro Demak masih jauh lebih rendah.

Dilihat dari baku mutu untuk Pb udara ambien, kondisi lingkungan udara di Gebang Sari sudah tidak layak untuk dijadikan hunian, karena sangat potensial untuk memajan pada anak yang tumbuh kembang di lingkungan tersebut. Namun hasil penelitian menunjukkan hal yang

sebaliknya, dilihat dari nilai rerata kadar Pb darah anak, rerata kadar Pb darah anak Gebang Sari sebesar $9,478 \pm 6,875$ ppb merupakan nilai rerata kadar Pb darah anak terendah di antara ketiga daerah penelitian (Sekaran $10,512 \pm 2,504$ ppb, Moro Demak $21,25 \pm 20,901$ ppb, Tabel 2). Uji beda yang dilakukan untuk ketiga lokasi menyimpulkan tidak ada beda antara kadar Pb darah anak Gebang Sari (lokasi dengan cemaran Pb udara tertinggi) dibanding kadar Pb darah anak Sekaran dengan cemaran Pb udara terendah. Bahkan kadar Pb darah anak Moro Demak yang kadar Pb udara ambiennya jauh di bawah kadar Pb udara Gebang Sari dan masih di bawah baku mutu Pb udara ambien, mempunyai nilai rerata kadar Pb darah tertinggi di antara ketiga daerah penelitian, dan menunjukkan beda yang signifikan dibanding Gebang Sari dan Sekaran ($p < 0,05$, Tabel 2). Hasil analisis ini menyimpulkan bahwa kadar Pb udara ambien bukan satu-satunya faktor yang berpengaruh terhadap kadar Pb darah anak. Terdapat faktor-faktor lainnya yang turut berperan dalam laju absorpsi Pb ke dalam tubuh anak pada pemajanan Pb, data ini telah mengkonfirmasi laporan-laporan penelitian terdahulu.^{15-17,20-22}

4. Kadar Pb Air

Sumber utama air minum di Gebang Sari berasal dari PDAM. Hasil analisis sumber air minum, menunjukkan kadar Pb sebesar 0,030 ppm. Nilai ini masih termasuk ke dalam batas ambang yang diperbolehkan, sesuai dengan baku mutu untuk air minum yaitu 0,05 ppm. Untuk kadar Pb air, antara Gebang Sari dan Sekaran tidak ada perbedaan, yaitu 0,030 ppm, meskipun sumber air yang digunakan untuk keperluan masak dan minum berbeda. Sumber utama air minum dan masak yang dikonsumsi subjek penelitian di Sekaran berasal dari air sumur. Sama halnya dengan Sekaran, penduduk Moro Demak umumnya menggunakan air sumur sebagai sumber air minum dan masak. Hasil analisis terhadap kadar Pb air sumur penduduk sebesar 0,030 ppm. Kadar Pb sumber air minum ini sama dengan kadar Pb sumber air minum di lokasi penelitian Sekaran dan Gebang Sari, dan juga masih di bawah limit baku mutu untuk air minum (data kadar Pb air dapat dilihat pada Tabel 1). Oleh sebab itu dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa faktor kadar Pb dalam sumber air untuk masak dan minum bukan merupakan faktor yang mempengaruhi kadar Pb darah subjek penelitian.

4. Kondisi Rumah, Pendapatan dan Pendidikan

Kondisi Rumah

Hasil observasi langsung untuk melihat kondisi rumah tempat tinggal sampel penelitian Gebang Sari, secara

keseluruhan termasuk baik. Rumah-rumah terpelihara, tidak ada tembok yang lapuk ataupun cat yang mengelupas, yang dapat menjadi sumber cemaran Pb dari dalam rumah. Halaman rumah juga tertata, dipenuhi pepohonan yang bisa berfungsi sebagai penyerap debu, selain sebagai peneduh. Demikian pula dengan kondisi jalan lingkungan, cukup terpelihara secara baik.

Observasi langsung ke rumah-rumah tempat tinggal subjek penelitian Sekaran, menunjukkan kondisi rumah dengan kondisi sedang, tidak sebaik daerah penelitian Gebang Sari. Terdapat beberapa rumah yang mulai melapuk, ditandai dengan tembok yang merapuh dan cat baik dinding maupun jendela yang mulai mengelupas sehingga potensial sebagai sumber cemaran Pb dari dalam rumah. Umumnya rumah-rumah di lokasi penelitian ini mempunyai halaman yang jauh lebih luas dibanding halaman rumah di daerah penelitian Gebang Sari. Halaman rumah daerah penelitian Sekaran sangat rimbun dengan tumbuhan yang besar-besar dan dapat berfungsi sebagai penghalang masuknya debu termasuk partikel-partikel halus zat pencemar ke dalam rumah.

Observasi langsung yang dilakukan ke rumah tempat tinggal subjek penelitian Moro Demak, menunjukkan kondisi rumah yang sangat memprihatinkan, termasuk ke dalam kondisi buruk. Letak rumah berhimpit-himpitan, dengan luasan rumah yang sempit, pengap dan kotor, sesuai dengan ciri khas kampung nelayan. Keadaan rumah rata-rata sudah lapuk, baik dinding maupun lantai yang terbuat dari tembok tampak sudah tidak utuh lagi. Demikian pula rumah yang terbuat dari kayu dan bambu berikut cat yang melapisinya umumnya sudah melapuk, sehingga potensial sebagai sumber cemaran Pb dari dalam rumah. Kondisi subjek penelitian pun sangat berlainan dengan kondisi subjek penelitian di Gebang Sari dan Sekaran. Bentuk fisik subjek di Moro Demak jauh lebih kecil dibanding dengan subjek penelitian di Gebang Sari dan Sekaran dalam umur yang sama. Sikapnya pun jauh lebih apatis bila dibanding subjek penelitian kedua daerah penelitian lainnya.

Pendapatan

Kondisi pendapatan orang tua atau wali subjek penelitian Gebang Sari termasuk ke dalam golongan menengah ke atas. Hal ini dilihat dari rata-rata pendapatan 91,3% memperoleh >Rp 1.500.000/bulan dan 8,7% sisanya berpenghasilan antara Rp 1.000.000–1.500.000. Orang tua atau wali subjek penelitian Sekaran termasuk ke dalam golongan menengah ke bawah. Sekitar 52,9% memperoleh penghasilan antara Rp 500.000–1.000.000 per bulan, 35,3% mempunyai penghasilan antara Rp 300.000–500.000, dan sisanya (11,8%) mempunyai penghasilan sebesar Rp 1.000.000–1.500.000. Terlihat bahwa tingkat pendapatan Sekaran didominasi oleh

penghasilan antara Rp 500.000–1.000.000/bulan, berbeda dengan tingkat pendapatan orang tua atau wali subjek penelitian Gebang Sari yang didominasi oleh penghasilan >Rp 1.500.000/bulan. Untuk Moro Demak, sekitar 64,3% orang tua atau wali subjek mempunyai penghasilan per bulan sekitar Rp 300.000–500.000, 21,4% berpenghasilan antara Rp 500.000–1.000.000, sisanya <Rp 300.000. Data pendapatan orang tua atau wali subjek penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Nilai OR prevalensi pada *cut-off* pendapatan \leq Rp 500.000/bulan dan *cut-off* Pb darah >10 ppb menunjukkan angka 2,332 (dengan *confidents interval* 1,49, 3,65). Nilai menunjukkan bahwa pada pendapatan orang tua atau wali subjek \leq Rp 500.000, anak berisiko untuk mempunyai kadar Pb darah >10 ppb sebesar 2,3 kali dibanding anak dengan pendapatan orangtua atau wali >Rp 500.000. Analisis tabulasi silang terhadap tingkat pendapatan dan kadar Pb darah, menguatkan kecenderungan tersebut. Terlihat bahwa pada batas kadar Pb 10 ppb, semakin tinggi pendapatan, maka jumlah subjek yang mempunyai kadar Pb darah >10 ppb akan semakin menurun, sebagai contoh pada pendapatan <Rp 300.000 mempunyai subjek yang semuanya mengandung Pb darah >10 ppb, pada pendapatan Rp 500.000–1.000.000 mempunyai 41,7% subjek dengan kadar Pb darah >10 ppb, angka ini semakin menurun lagi pada pendapatan >Rp 1.500.000 (33,3%). Namun pada batas kadar Pb darah 7 ppb, berapapun pendapatan orang tua, lebih dari 50% mempunyai subjek dengan kadar Pb darah >7 ppb. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa faktor pendapatan berasosiasi dan berpengaruh terhadap kadar Pb darah. Hasil analisis tabulasi silang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh pendapatan terhadap kadar Pb darah

Pendapatan orang tua/ wali subjek per bulan	Jumlah subjek (%)	
	Pada kadar Pb >10 ppb	Pada kadar Pb >7 ppb
<Rp 300.000	100%	100%
Rp 300.000 – 500.000	86,7%	100%
Rp 500.000 – 1.000.000	41,7%	91,7%
>Rp 1.500.000	33,3%	52,4%

Pendidikan

Tingkat pendidikan orang tua atau wali subjek penelitian Gebang Sari didominasi oleh tingkat akademi dan sarjana (70%), sisanya berpendidikan SMU, tidak ada satupun yang berpendidikan SMP, SD atau tidak bersekolah (Tabel 1). Dari hasil *indepth interview* dapat disimpulkan ternyata kondisi pendapatan dan pendidikan

mempengaruhi asupan gizi dan higienis subjek. Sekitar 90% orang tua atau wali subjek di Gebang Sari memberi asupan 1-2 gelas susu per hari untuk subjek, serta membiasakan subjek untuk selalu mencuci tangan sebelum makan dan setelah melakukan berbagai kegiatan.

Pada lokasi penelitian Sekaran tingkat pendidikan orang tua atau wali sampel subjek didominasi oleh pendidikan setingkat SMP dan SMU 53%, akademi/universitas 11,7%, SD dan tidak sekolah masing-masing sekitar 17,6%. Tingkat pendidikan ini juga berbeda dengan Gebang Sari, di Gebang Sari tidak ada sampel anak yang orang tua atau walinya berpendidikan setingkat SD atau tidak pernah bersekolah. Wawancara mendalam dengan orang tua atau wali subjek penelitian Sekaran juga menghasilkan kesimpulan yang berbeda dengan Gebang Sari, hanya sekitar 10% orang tua atau wali anak di Sekaran yang memperhatikan asupan gizi dan higienis subjek, yaitu memberi asupan susu dan membiasakan anak untuk selalu mencuci tangan.

Untuk Moro Demak, tingkat pendidikan orang tua atau wali subjek penelitian paling tinggi hanya setingkat SD (50%), dan 50% lainnya tidak pernah bersekolah. Kondisi pendidikan dan pendapatan di Moro Demak yang termasuk buruk ini telah berdampak pula pada asupan gizi dan tingkat higienis subjek. *Indepth interview* menyimpulkan hampir tidak ada orang tua atau wali subjek Moro Demak yang memberi asupan susu dan membiasakan subjek untuk mencuci tangan.

Nilai OR prevalensi pada *cut-off* pendidikan SD-SMP dan *cut-off* Pb darah >10 ppb menunjukkan angka 2,092 (1,295, 3,382). Nilai menyimpulkan bahwa pada pendidikan orang tua atau wali anak setara dengan SD dan SMP, anak berisiko untuk mempunyai kadar Pb darah >10 ppb sebesar 2,1 kali dibanding anak dengan pendidikan orangtua atau wali setara SMU ke atas. Analisis tabulasi silang yang dilakukan untuk mengetahui tingkat pendidikan dan kadar Pb darah subjek menguatkan hal tersebut, pada kadar Pb >10 ppb, 70% orang tua yang tidak mempunyai latar belakang pendidikan mempunyai anak dengan kadar Pb >10 ppb, 90% orang tua dengan latar belakang pendidikan setingkat SD mempunyai anak dengan kadar Pb >10 ppb, sedangkan pada tingkat pendidikan SMP/SMU serta akademi/universitas terjadi penurunan yaitu masing-masing 31,3% dan 44,4%. Bila batas kadar Pb darah diturunkan menjadi 7 ppb, meskipun terjadi penurunan persentase subjek dengan kadar Pb darah >7 ppb, namun untuk masing-masing kelompok pendidikan lebih dari 50% mempunyai subjek dengan kadar Pb darah >7 ppb. Dapat disimpulkan bahwa faktor pendidikan berasosiasi dan berpengaruh terhadap kadar Pb darah. Data hasil analisis tabulasi silang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh pendidikan terhadap kadar Pb darah

Pendidikan orang tua/ wali subjek	Jumlah subjek (%)	
	Pada kadar Pb >10 ppb	Pada kadar Pb >7 ppb
Tidak bersekolah	70%	90%
SD	90%	100%
SMP/SMU	31,3%	75%
Akademi/Universitas	44,4%	61,1%

BAHASAN

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara kondisi lingkungan serta status sosial ekonomi dengan kadar Pb darah anak. Kadar Pb udara yang tinggi, sumber air minum dan masak yang mengandung Pb, serta pendapatan dan pendidikan yang rendah dapat merupakan prediktor pada tingginya kadar Pb darah anak.^{16-17,23} Dalam penelitian ini, kadar Pb dalam sumber air minum dan masak yang diperoleh dari Gebang Sari, Sekaran dan Moro Demak adalah sama yaitu 0,03 mg/l (ppm), kadar ini masih dalam batas normal seperti yang dipersyaratkan peraturan pemerintah untuk air minum, sehingga kemungkinan adanya asupan Pb dari sumber air minum untuk ketiga lokasi tersebut dapat diabaikan.

Pb udara ambien

Data dalam penelitian dengan sampel anak dari Gebang Sari, Sekaran dan Moro Demak, menunjukkan kadar Pb sampel udara di Gebang Sari terutama lokasi sampling II sudah sangat tinggi, jauh melampaui baku mutu yang diperbolehkan menurut peraturan pemerintah, sehingga sangat dimungkinkan bila kadar Pb darah anak juga tinggi melebihi lokasi lainnya. Kadar Pb udara di Gebang Sari ini mencerminkan kondisi lingkungan setempat yang dikelilingi oleh industri dan transportasi yang padat dan merupakan sumber emisi Pb yang sangat potensial. Tercatat beberapa jenis industri atau kegiatan yang potensial menimbulkan emisi ataupun cemaran Pb ke dalam lingkungan Gebang Sari. Jenis-jenis industri tersebut antara lain industri elektroplating, pengelasan besi, bengkel kendaraan bermotor (mobil dan sepeda motor), industri plastik, dan pabrik daur ulang aki (*accu*) bekas. Di samping adanya sumber emisi Pb dari industri, jalan raya yang terdekat dengan pemukiman tersebut juga merupakan sumber emisi Pb ke udara. Emisi Pb yang berasal dari transportasi dimungkinkan, karena berbeda dengan Kota Jakarta yang bahan bakarnya berasal dari kilang minyak Balongan sudah tidak mengandung TEL (*tetra ethylene lead*, timbal tetra etil), sedangkan kendaraan bermotor di kota Semarang masih menggunakan bahan bakar bertimbal yang berasal dari

kilang minyak Cilacap. Jalan raya terdekat dengan pemukiman Gebang Sari, merupakan jalan raya yang paling padat kendaraan bermotor di Kota Semarang. Padatnya lalu lintas pada jalur tersebut, karena merupakan jalur utama daerah pantai utara (pantura), yang menghubungkan kota-kota besar di belahan utara P. Jawa. Di Gebang Sari emisi Pb udara pada saat penelitian ini dilakukan sangat terasa pada sore sampai malam hari, sehingga pada waktu-waktu tersebut penduduk menutup pintu dan jendela rapat-rapat agar asap polusi yang terlihat berwarna kehitaman tidak masuk ke dalam rumah. Diduga polusi ini sebagian besar berasal dari kegiatan daur ulang *accu* bekas yang letaknya sangat berdekatan dengan pemukiman di Gebang Sari.

Hasil analisis kadar Pb darah subjek penelitian di Gebang Sari ternyata tidak sejalan dengan tingginya kadar Pb udara. Bila dilihat dari masing-masing nilai rerata di lokasi penelitian, rerata kadar Pb darah subjek di Gebang Sari justru menunjukkan nilai terendah dibanding kedua lokasi lainnya, meskipun tidak berbeda secara bermakna dengan kadar Pb darah subjek di lokasi penelitian Sekaran yang kadar Pb udaranya paling rendah di antara ketiga lokasi penelitian. Terlihat dari data tersebut, bahwa faktor udara Pb ambien bukan merupakan satu-satunya prediktor yang mempengaruhi konsentrasi Pb dalam darah subjek, namun terdapat prediktor lainnya yang dapat mempengaruhi kadar Pb darah.

Kisaran hasil pengukuran kadar Pb darah subjek penelitian dalam penelitian ini antara 3-91,7 ppb. Sedangkan rerata kadar Pb untuk seluruh subjek penelitian sebesar $13,0778 \pm 12,3001$ ppb, dan nilai median kadar Pb sebesar 10,80 ppb. Nilai median Pb hasil penelitian ini ternyata lebih tinggi bila dibanding dengan nilai standar CDC untuk anak (10 µg/dl), juga bila dibanding dengan nilai median Pb darah anak di Jakarta dengan nilai sebesar 8,6 µg/dl.¹⁷ Demikian pula bila dibanding dengan nilai median Pb darah anak dari negara-negara lain yang masih menggunakan bensin ber-TEL yang digunakan sebagai anti *knock* dan untuk menaikkan angka oktan dari bensin, seperti Saudi Arabia 8,1 µg/dl,²⁴ Uruguay 9,6 µg/dl,²⁵ dan Amerika Serikat pada waktu bensin ber-TEL belum dihapus sebesar 11,7 µg/dl (data pada pertengahan tahun 1970), setelah dihapus pada awal tahun 1990-an kadar rata-rata menurun sebanyak 80% menjadi 1,9 µg/dl.²⁶⁻²⁸ Bila melihat data dari negara-negara lain, tingginya nilai kadar Pb darah anak pada sampel penelitian ini juga mungkin ada hubungannya dengan bensin yang ber-TEL.

Penelitian ini juga menghasilkan data subjek yang mempunyai kadar Pb darah ≥ 10 ppb sebanyak 53,7%, 13,2% dari seluruh sampel mempunyai kadar Pb di atas 20 ppb. Kadar Pb darah sudah harus mulai dikontrol pada kadar 20 µg/dl,²⁹ sebab wanita, anak dan fetus lebih sensitif

terhadap pajanan Pb dibanding dewasa laki-laki. Amerika Serikat juga menetapkan bahwa kadar Pb darah anak sudah tinggi bila mencapai $\geq 10 \mu\text{g/dl}$,²⁷ meskipun bukti-bukti penelitian telah menunjukkan bahwa pada kadar Pb yang lebih rendah, dampak negatif terhadap kesehatan sudah mulai terdeteksi.¹⁸ Bila dilihat lebih lanjut, anak dari seluruh subjek penelitian dengan kadar Pb darah $\leq 10 \mu\text{g/dl}$ jumlahnya 44,2%, menurut CDC anak tersebut termasuk dalam kategori belum tinggi kadar Pb darahnya, meskipun demikian hal tersebut telah menunjukkan bahwa mereka telah terpajan oleh Pb namun dengan pajanan yang masih terbatas.²⁶ Subjek dengan kadar Pb di atas 20 ppb lebih banyak ditemukan di Moro Demak (7,4%), disusul oleh anak di Gebang Sari (3,7%), sedangkan di Sekaran tidak ditemukan.

Data hasil pengukuran terhadap kadar Pb darah subjek yang dilakukan dalam penelitian ini, telah mengkonfirmasi postulat bahwa tidak ada satu tempat pun di dunia yang bebas dari Pb,³⁰ serta keadaan kondisi rumah tinggal, pendidikan dan pendapatan orang tua atau wali anak mempunyai pengaruh terhadap kadar Pb darah subjek.^{17,23} Sebab, data menunjukkan, meskipun kadar Pb udara di Gebang Sari telah jauh melampaui baku mutu yang diperbolehkan menurut peraturan pemerintah, namun kadar Pb darah subjek di lokasi tersebut tidak berbeda dengan kadar Pb darah subjek di Sekaran yang kadar Pb udaranya masih jauh di bawah nilai baku mutu. Demikian pula dengan kadar Pb darah subjek di Moro Demak, yang juga mempunyai kadar Pb udara masih jauh di bawah baku mutu Pb udara ambien, bahkan kadar Pb darah subjek di lokasi tersebut ternyata lebih tinggi secara bermakna bila dibanding dengan kadar Pb darah subjek di Sekaran dan Gebang Sari.

Kondisi Rumah, Pendapatan dan Pendidikan

Selain kadar Pb udara dan air, faktor yang berhubungan dengan kadar Pb darah adalah kondisi rumah, pendapatan dan pendidikan. Data dalam penelitian ini menunjukkan bahwa subjek dengan kondisi rumah yang buruk, seperti keadaan rumah yang dihuni oleh subjek penelitian dari Moro Demak, mempunyai kadar Pb darah subjek yang tinggi. Diduga sumber utama cemaran Pb pada subjek di Moro Demak berasal dari dalam rumah, yaitu dari kelupasan cat tembok, jendela dan pintu, sebab kadar Pb udara dan kadar Pb air di lokasi tersebut masih berada di bawah baku mutu menurut peraturan pemerintah yang berlaku. Sebaliknya, kondisi rumah yang baik dan sedang, seperti di Gebang Sari dan Sekaran, menunjukkan kadar Pb darah subjek lebih rendah secara bermakna bila dibanding dengan anak dari Moro Demak.

Demikian pula dengan tingkat pendapatan, orang tua atau wali subjek yang mempunyai pendapatan >Rp

1.500.000,- setiap bulannya, 66,7% dari subjek mempunyai kadar Pb darah ≤ 10 ppb. Sedangkan subjek yang tinggal dengan orang tua atau wali yang mempunyai pendapatan antara Rp 300.000–500.000 setiap bulannya, hanya 13,3% yang mempunyai Pb darah ≤ 10 ppb, sisanya 86,7 % subjek mengandung darah di atas 10 ppb. Tingkat pendidikan juga menunjukkan hal sama seperti tingkat pendapatan, yaitu semakin tinggi pendidikan orang tua atau wali, semakin rendah pula kadar Pb darah subjek. Subjek yang tinggal dengan orang tua atau wali dengan pendidikan setingkat akademi/universitas, 55,6% mempunyai kadar Pb darah ≤ 10 ppb, sedangkan subjek yang tinggal dengan orang tua atau wali yang berpendidikan setingkat SD, hanya 10% yang mempunyai kadar Pb darah ≤ 10 ppb, sisanya (90%) mempunyai kadar Pb darah >10 ppb. Adanya asosiasi antara keadaan sosial ekonomi dengan kadar Pb darah subjek dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan terhadap anak sekolah di Jakarta,¹⁷ demikian pula dengan hasil penelitian di negara lain.^{16,23}

Kecenderungan seperti ditunjukkan oleh data kondisi rumah, pendidikan dan pendapatan di atas, mungkin disebabkan karena orang tua atau wali yang mempunyai pendidikan tinggi serta pendapatan yang relatif tinggi, akan memberi asupan gizi yang lebih baik serta tingkat higienis yang lebih baik pula. Gizi yang baik serta higienis akan mengurangi risiko pemajanan Pb secara signifikan. *Indepth interview* yang dilakukan terhadap orang tua/wali subjek mendukung pernyataan tersebut di atas. Hasil wawancara secara mendalam, menyimpulkan bahwa orang tua atau wali dengan tingkat pendidikan dan pendapatan yang tinggi, umumnya memberi asupan 1–2 gelas susu per hari untuk subjek, serta membiasakan anak untuk selalu mencuci tangan.

Kebiasaan mencuci tangan dapat mengurangi risiko asupan Pb melalui kontak tangan dan mulut, sedangkan susu merupakan sumber kalsium (Ca) yang baik dan dapat mengurangi risiko absorpsi Pb pada gastrointestinal anak. Eksperimen klinik yang dilakukan secara ekstensif telah menyimpulkan adanya interaksi antara Pb dan Ca, interaksi terjadi baik pada tingkat selular maupun pada tingkat molekular.¹⁵ Orang dewasa akan mengabsorpsi sekitar 10% Pb yang masuk melalui saluran cerna, sedang pada anak akan mengabsorpsi sekitar 50% Pb. Adanya perbedaan tingkat absorpsi ini disebabkan karena tingginya densitas transport protein pada intestinal anak yang masih dalam proses tumbuh kembang.³¹ Absorpsi dan retensi Pb dalam gastrointestinal (GIT) ini tergantung pada status mikronutrien yang terdapat dalam lumen GIT. Pada keadaan defisiensi Ca, absorpsi Pb dalam GIT akan meningkat, demikian pula dengan retensi Pb dalam tubuh akan turut meningkat.

32-33

Mekanisme berikut dapat menerangkan peningkatan absorpsi Pb pada keadaan defisiensi atau kurangnya asupan kalsium. Kalsium dan Pb akan berkompetisi di tempat pengikatan yang sama (*binding site*), yaitu di tempat pengikatan protein pada mukosa intestinal, tempat ini merupakan tempat yang penting dalam proses absorpsi.³⁴ Dengan adanya asupan kalsium yang cukup, tingkat absorpsi Pb akan diturunkan, karena kalsium cenderung akan lebih diikat di tempat *binding site*.³⁴ Dalam penelitian dengan binatang coba tikus membuktikan pernyataan di atas, tikus yang diberi pakan rendah Ca dengan campuran berbagai konsentrasi Pb, mengandung kadar Pb darah yang lebih tinggi secara signifikan bila dibanding dengan tikus yang diberi pakan cukup Ca dengan campuran berbagai konsentrasi Pb.³³ Penelitian ini telah membuktikan bahwa defisiensi dan kurangnya asupan Ca akan meningkatkan absorpsi Pb.

Studi epidemiologi yang dilakukan terhadap penduduk di Meksiko juga mendukung hasil penelitian di atas, studi epidemiologi ini telah menunjukkan bahwa konsumsi susu dan berbagai produknya secara bermakna dapat menurunkan kadar Pb darah.¹⁶ Mekanisme ini juga dapat menerangkan mengapa subjek penelitian dari Gebang Sari yang mempunyai orang tua atau wali dengan tingkat pendidikan dan pendapatan tinggi, mengandung kadar Pb darah yang lebih rendah secara bermakna dibanding dengan darah subjek Moro Demak, padahal data Pb udara menunjukkan daerah Gebang Sari merupakan tempat dengan polusi Pb udara tertinggi.

SIMPULAN

Kadar Pb dalam darah subjek telah menunjukkan bahwa tidak ada anak yang tidak terintoksikasi Pb. Tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara kadar Pb darah anak Gebang Sari (lokasi dengan kadar Pb udara ambien tertinggi, dan > baku mutu Pb udara ambien menurut PPRI No. 41 tahun 1999) dengan kadar Pb darah anak Sekaran (lokasi dengan kadar Pb udara terendah, dan < baku mutu Pb udara ambien). Kadar Pb darah anak Moro Demak (kadar Pb udara ambien < baku mutu Pb udara) secara bermakna tertinggi di antara ketiga lokasi penelitian. Pb udara ambien bukan satu-satunya prediktor untuk kadar Pb darah anak, dan faktor kondisi rumah, pendidikan serta pendapatan orang tua atau wali anak dapat mempengaruhi kadar Pb dalam darah anak.

SARAN

Kesadaran tentang masalah yang timbul akibat keracunan Pb, sumber-sumber pemajanan Pb dari dalam rumah dan lingkungan, serta cara-cara untuk menghindarinya perlu ditingkatkan agar anak terhindar dari bahaya tersebut sehingga kualitas hidup anak akan menjadi lebih baik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Prof. Dr. dr. Ag. Soemantri Sp.A(K), Guru Besar pada Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, Prof. Dr. dr. Haryoto Kusnoputranto, Guru Besar pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Prof. Dr. Soedharto P. Hadi, MES, Guru Besar Bidang Ilmu Sosial Lingkungan pada Fakultas Ilmu Sosial dan Politik Universitas Diponegoro atas segala masukan serta saran-saran dalam penelitian yang dijadikan dasar untuk penulisan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tuormaa TE. The adverse effect of lead. A review from the literature for FORESIGHT, the Association for the Promotion of Preconceptual Care; 2001.
2. Manahan SE. Toxicological chemistry. New York: Lewis Publishers; 1992.
3. Derelanko M.J. and Hollinger M.A. Handbook of toxicology. New York: CRC Press; 1995.
4. Katzung BG. Basic & clinical pharmacology, 9th Ed (International Ed). Boston, New York: Mc Graw Hill, 2004;p.1-10.
5. Plaa GL. Introduction to toxicology: occupational & environmental. In: Katzung BG, editor. Basic & clinical pharmacology. 9th Ed (International Ed). Boston, New York: Mc Graw Hill, 2004;p.958-970.
6. Gupta AK, Sehgal SK, Mohan M, Anand NK. Cosmetic plumbism. Indian Paedtr. 1990;27:760-761.
7. Markowitz SB, Nunez CM, Klitzman S, Munshi AA, Kim WS, Eisinger J, Landrigan PJ. Lead poisoning due to hair dye. The porphyrin content of individual erythrocytes. JAMA. 1994;271(12): 932-934.
8. Kosnett MJ. Heavy metal intoxication & chelators. In: Katzung BG, editor. Basic & clinical pharmacology. 9thEd (International Ed). Boston, New York: Mc Graw Hill, 2004;p.970-981.
9. Piomelli S. Lead poisoning. In: Nnbleau, Oski, editors. Hematology, 4th Ed. New York: W.B. Sanlea & Company, 1993;p.472-494.
10. Huseman CA, Varma MM. and Angle C.R. Neuroendocrine effects of toxic and low blood lead levels in children. Pediatrics, 1992;90:186-189.
11. Grammage RB, Berven B.A. Indoor air and human health. 2nd ed. Boca Raton New York London Tokyo: Lewis publisher, 1996;p.231-238.
12. Knelson JH, Bridbord K. Remarks on a lead standard for the Federal German Republic proposed by the VDI Kommission Reinhaltung der Luft.VDI-Benchte, 1974; 34.
13. Landrigan PJ, Todd AC. Lead poisoning. West J Med. 1994;161(2):153-159.
14. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
15. Simons TJB. Lead-calcium interaction in cellular lead toxicity. Neurotoxicology. 1993;14:77-86.
16. Peraza MA, a-Fierro FA., Barber DS, Casarez E, Rael LT. Effects of micronutrients on metal toxicity. Environ Health Perspect, 1998;106(Suppl 1):203-216.

17. Albalak R. Lead exposure and anemia among children in Jakarta, Indonesia. Final Report. Project funded by US Environmental Protection Agency, US-Asia Environmental Partnership and US Department of State; 2003.
18. Schwartz J. Low-level lead exposure and childrens IQ: a meta analysis and search for a threshold. *Environ Res.* 1994;65:42-55.
19. Sakai T, Morita Y. δ Amino levulinic acid in plasma or whole blood as a sensitive indicator of lead effects, and its relation to the heme-related parameters. *Int Arch Occup Environ Health*, 1996;68:126-132.
20. Budi Haryanto. Air pollution and children respiratory symptoms in Jakarta 2004. Proceedings of a panel discussion on air pollution and health impacts; 2004 Dec; Jakarta; 2004.
21. Hammad TA, Sexton M, Langenberg P. Relationship between blood lead and dietary iron intake in preschool children. *Ann Epidemiol.* 1996;6:30-33.
22. Mahafley K.R. Nutrition and lead: strategies for public health. *Environ Health Perspect*, 1995;103(Suppl 6): 191-196.
23. National Research Council. Measuring lead exposure in infants, children, and other sensitive populations. National Academy of Sciences; 1993.
24. Al-Saleh I, Nester M, Devol E, Shinwari N, Al-Shahria S. Determinants of blood lead levels in Saudi Arabia schoolgirls. *Int J Occup Environ Health.* 1999;5:17-114
25. Schutz A, Barregard L, Sallsten G. Blood lead in Uruguay children an possible sources of exposure. *Environ Res.* 1997;74:17-23.
26. Pirkle JL, Brody DJ, Gunter EW. The decline in blood lead levels in United States. *JAMA.* 1994;272:284-291.
27. CDC. Blood lead levels in young children and selected sites, 1996-1999. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2000;49:1133-1137.
28. Hernberg S. Lead poisoning in a historical perspective. *Am J Ind Med.* 2000;38:244-254.
29. American Conference of Governmental Industrial Hygienist. Guide to occupational exposure value – 1993. ACGH. Cincinnati; 1993.
30. Beaglehole R, Bonita R, Kjellström T. Basic epidemiology. Geneva: WHO; 1993.
31. Sargent JD. The role of nutrition on the prevention of lead poisoning in children. *Pediatr Ann.* 1994;23:636-642.
32. Mykkanen HM., Wasserman R.H. Gastrointestinal absorption of lead (^{203}Pb) in chicks: influence of lead,calcium and age. *J Nutr.* 1981;111; 1757-1765.
33. Six KM, Goyer RW. Experiment enhancement of lead toxicity by low dietary calcium. *J Lab Clin Med.* 1992;76: 933-942.
34. Goering PL. Lead protein interactions as a basis for lead toxicity. *United States: Neurotoxicology*, 1993;14(2-3): 45-60.