

HUBUNGAN KADAR PB DENGAN KADAR HB PADA ANAK DI WILAYAH DAUR ULANG AKI BEKAS INFORMAL DI BOGOR, DEPOK, TANGERANG, DAN BEKASI

Relations of Pb Level with Hb Levels in Children at The Dry Battery Recycling in Bogor, Depok, Tangerang, and Bekasi

Inswiasri¹, F.X. Sintawati²

¹Pusat Teknologi Intervensi Kesehatan Masyarakat

²Pusat Teknologi Terapan Kesehatan dan Epidemiologi Klinis

Email: inswiasri@yahoo.com

Diterima: 11 Maret 2016; Direvisi: 16 Juni 2016; Disetujui: 29 September 2016

ABSTRACT

The increasing number of unofficial dry battery recycling done by households and small industries could have an impact on public health. During the recycling process there will be Pb emissions (battery major component) into the air. Pb exposure, especially to children can cause health effects such as anemia microcytic and hypochromic. This study aims to discover the effect of Pb exposure from used batteries recycling on the cases of children with anemia (aged 7-13 years) in Bogor, Depok, Tangerang, and Bekasi in the year 2014. Study design was cross-sectional, with the sample of children as many as 418. Levels of lead in children's blood was measured using Lead Care Analyzer II, and hemoglobin levels in the blood with Hemoque 2.1. The results showed that 36.6% of children suffer from anemia. The test results indicate a statistically significant relationship ($p < 0.05$) between Pb levels in the blood with anemia (low Hb levels); with a very weak correlation (correlation coefficient: 0.124). Need more thorough studies on aspects of health impacts from battery recycling.

Keywords: Battery recycling, lead (Pb), haemoglobin, children

ABSTRAK

Pajanan Pb terutama terhadap anak-anak dapat menimbulkan dampak kesehatan berupa anemia *microcytic* dan *hypochromic*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pajanan Pb dari kegiatan daur ulang aki bekas terhadap kejadian anemia anak-anak (usia 7–13 tahun) di Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi, tahun 2014. Desain penelitian adalah potong lintang, dengan jumlah sampel anak-anak sebanyak 418 orang. Kadar Pb dalam darah anak-anak diukur dengan menggunakan *Lead Care Analyzer II*, dan kadar Hb dalam darah dengan *Hemoque 2.1*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 36,6% anak-anak menderita anemia. Hasil uji statistik mengindikasikan adanya hubungan yang signifikan ($p < 0,05$) antara kadar Pb dalam darah dengan kejadian anemia (kadar Hb rendah); dengan korelasi sangat lemah (koefisien korelasi: 0,124). Perlu kajian lebih menyeluruh tentang aspek dampak kesehatan dari kegiatan daur ulang aki bekas.

Kata kunci: Daur ulang aki bekas, timah hitam (Pb), daur ulang aki bekas, Hb-darah, anak-anak

PENDAHULUAN

Timah hitam (Pb) merupakan logam dengan warna abu-abu agak kebiruan yang terdapat secara alami dengan jumlah yang sedikit ketika tanah dihancurkan. Timah hitam (Pb) dapat ditemukan di semua bagian lingkungan kita. Sebagian besar berasal dari kegiatan manusia termasuk pembakaran bahan bakar fosil, pertambangan,

industri. Timah hitam digunakan dalam banyak produk yang berbeda-beda seperti produksi baterai atau aki, amunisi, produk logam (seperti solder, dan pipa), dan alat-alat atau instrument hingga penggunaannya untuk menahan radiasi sinar-X. Atas dasar alasan dampak kesehatan yang membahayakan manusia, maka Pb dalam bensin, cat dan pelapisan keramik, pipa dan solder harus dikurangi secara tajam (UNEP, 2011;

ATSDR, 2005; World Health Organization, 2010a; World Health Organization, 2010b).

Aki (*lead-acid baterai*) (PbA) yang mengandung asam-timah hitam telah dikenal dan digunakan sejak lama (lebih dari satu abad), utamanya digunakan pada bidang otomotif sebagai starter. Penggunaan Selama itu baterai (aki) terus dikembangkan agar lebih efisien, tahan lama, dan awet, tanpa menggantinya kimianya. Aki (*lead-acid baterai*) berisi 60% - 80% Pb dan plastik (Ramus & Hawkins, 1993; Battery Council International, 2012; Florida Department of Environmental Protection, 2010; Australian Battery Recycling Institute, 2008). Logam dalam aki mempunyai nilai ekonomi cukup tinggi, sebagai contoh harga untuk jenis lithium kobal oksida 25.000 \$/ton; lithium besi fosfat 400 \$/ton; asam timah (PbA) 1500 \$/ton (ILA, 2014; Australian Battery Recycling Institute, 2008; Ramus & Hawkins, 1993; Battery Council International, 2012; Smith, Bucklin and Associates, 2003).

Dalam aki bekas tersebut terdapat 3 komponen bahan yang sangat berbahaya bagi kesehatan yaitu: lempeng timah hitamnya akan dilebur menjadi ingot timah hitam (Pb) dan selanjutnya dijual ke perusahaan aki, asam sulfatnya dibuat Na_2SO_4 berupa bubuk berwarna putih, sampai tidak berwarna. Selanjutnya dijual untuk bahan pembersih. Namun ini tidak dilakukan oleh masyarakat, tempat akinya (*box* atau *casing*) dapat dilebur kembali untuk dibuat box baru; tetapi oleh masyarakat biasanya digunakan untuk menampung air, atau pot tanaman. (ILA, 2014; Australian Battery Recycling Institute, 2008; Ramus & Hawkins, 1993; Battery Council International, 2012). Proses pendaurulangan aki bekas yang tidak standar seperti yang dilakukan oleh masyarakat di beberapa lokasi di Indonesia sangat berbahaya bagi kesehatan, karena proses daur ulang tersebut dengan cara dibakar sehingga udara di sekitarnya dapat terkontaminasi oleh Pb yang merupakan salah satu komponen dari baterai aki. Hal ini dapat berakibat meningkatnya kandungan Pb di udara. Selain berakibat pada pencemaran udara, *lead slag* dan *sludge* peleburan aki bekas serta residunya dapat mencemari lingkungan sekitarnya (tanaman,

air tanah, kolam ikan dan lain-lain). Dengan demikian, masyarakat di sekitar lokasi daur ulang aki bekas dapat terpajan Pb dari berbagai sumber, seperti air minum dari sumber air tanah yang tercemar, sayur, buah, maupun ikan yang berasal dari sekitar lokasi tersebut.

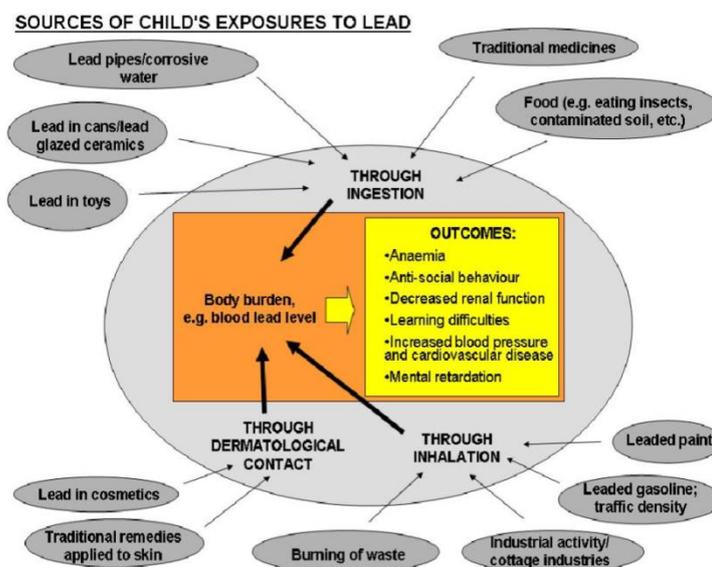
Menurut WHO tahun 2010, keracunan Pb secara akut maupun kronik masih menjadi masalah penting terutama untuk kesehatan dan perkembangan anak-anak (World Health Organization, 2010b). Timah hitam tidak mempunyai peran penting dalam tubuh manusia, dan keracunan Pb diperhitungkan 0,6% dari *burden disease* secara global. Sumber utama pajanan Pb pada anak-anak dapat berasal dari Pb yang ditambahkan dalam bahan bakar (bensin), timbal berasal dari aktivitas industri, kegiatan tambang (khususnya Pb dalam tanah), timbal dalam bahan cat dan pigmen, penggunaan solder Pb dalam kaleng makanan, untuk melapisi keramik, dalam sistem perpipaan air minum, produk-produk yang mengandung Pb misalnya dalam obat tradisional, boneka, dan remediasi, timbal dilepaskan dari insenerator, atau sampah yang mengandung Pb. Timbal juga ada dalam sampah elektronik (*e-waste*), timbal yang terkandung dalam rantai makanan yang berasal dari tanaman yang ditanam di tanah yang mengandung Pb, kontaminasi Pb yang memang secara history mengandung Pb, Lokasi industrialisasi khususnya yang mengerjakan logam.

Kadar Pb dalam darah dipertimbangkan agar aman terhadap kesehatan dan gangguan *multiple* organ, walaupun tidak ada (belum) ada gejala. Konsekuensi yang sangat kritis adalah pajanan Pb pada awal kehidupan ketika masih dalam kandungan dan selama masa anak-anak sangat berbahaya terhadap perkembangan otak dan sistem saraf. Sistem kekebalan, sistem reproduksi dan sistem kardiovaskuler juga perlu diamati bagaimana dampak kesehatannya walau pada pajanan dengan kadar rendah (kurang dari $10\mu\text{g/dL}$) (World Health Organization, 2010b; World Health Organization, 2010a; ATSDR, 2005). Hasil penelitian akhir-akhir ini menyatakan bahwa Pb diasosiasikan dengan bahaya terhadap

perkembangan saraf anak pada kadar Pb dalam darah $\leq 5 \mu\text{g/dL}$.

Berbagai sumber pajanan Pb akan masuk ke dalam tubuh anak-anak melalui jalur pernapasan, pencernaan, dan kontak dengan kulit. Selanjutnya untuk melihat seberapa banyak pajanan tersebut, diukur kadar Pb dalam darah sebagai biomarker

pajannya. Atas dasar kadar Pb dalam darah tersebut dapat diperkirakan dampak kesehatan anak-anak (*outcome*) misalnya anemia, perilaku anti sosial, gangguan fungsi ginjal, sulit belajar, tekanan darah dan gangguan kardiovaskular meningkat (Yakub & Iqbal, 2010; Kuijp et al., 2013).



Gambar 1. Sumber pajanan Pb pada anak-anak (World Health Organization, 2010a)

Pada anak-anak penyerapan Pb 3 – 5 kali lebih besar dibandingkan pada orang dewasa. Anak-anak khususnya yang berumur > 5 tahun dan ibu-ibu hamil adalah merupakan kelompok rentan terhadap pajanan Pb. Dampak negatif karena terpajan Pb lebih besar dari orang dewasa, karena *intake* Pb per berat badan per hari pada anak-anak lebih besar, banyak debu yang masuk melalui pernapasan anak-anak, timah hitam yang diserap melalui jalur pencernaan pada anak juga lebih besar dari pada orang dewasa, *blood-brain barrier* pada anak-anak belum terbentuk dengan sempurna, dampak terhadap gangguan saraf muncul pada saat masih awal. Dampak paling kritis pajanan Pb pada anak-anak adalah pada gangguan perkembangan system saraf. Adanya Pb dalam darah $5 \mu\text{g/dL}$ ($=50 \mu\text{g/l}$) akan menjadi hambatan perkembangan IQ, dan dampak ini secara bertahap meningkat seiring dengan meningkatnya kadar Pb dalam darah. Hasil-hasil penelitian secara epidemiologi juga menyatakan bahwa kadar Pb dalam darah

akan menyebabkan menurunnya konsentrasi anak dan perilaku menyimpang. Pajanan terhadap ibu-ibu hamil akan menyebabkan kelahiran bayi prematur, kelahiran dengan berat badan bayi rendah, *malformation*, *miscarriage*, *stillbirth* (World Health Organization, 2010b).

Pajanan Pb secara kronis menyebabkan gangguan terhadap system hematologi, seperti anemia, atau gangguan sistem saraf, termasuk sakit kepala, *irritability*, *lethargy*, *convulsions*, *muscle weakness*, *ataxia*, *tremors* dan *paralysis*. Banyak hasil penelitian jangka panjang yang telah membuktikan bahwa pajanan Pb jangka panjang berkontribusi berkembangnya kanker, sehingga *The International Agency for Research on Cancer (IARC)* telah mengklasifikasikan senyawa Pb inorganik sebagai kelompok yang kemungkinan menyebabkan kanker pada manusia. Pada laki-laki, dampak pajanan Pb terhadap sistem reproduksi termasuk menurunnya produksi

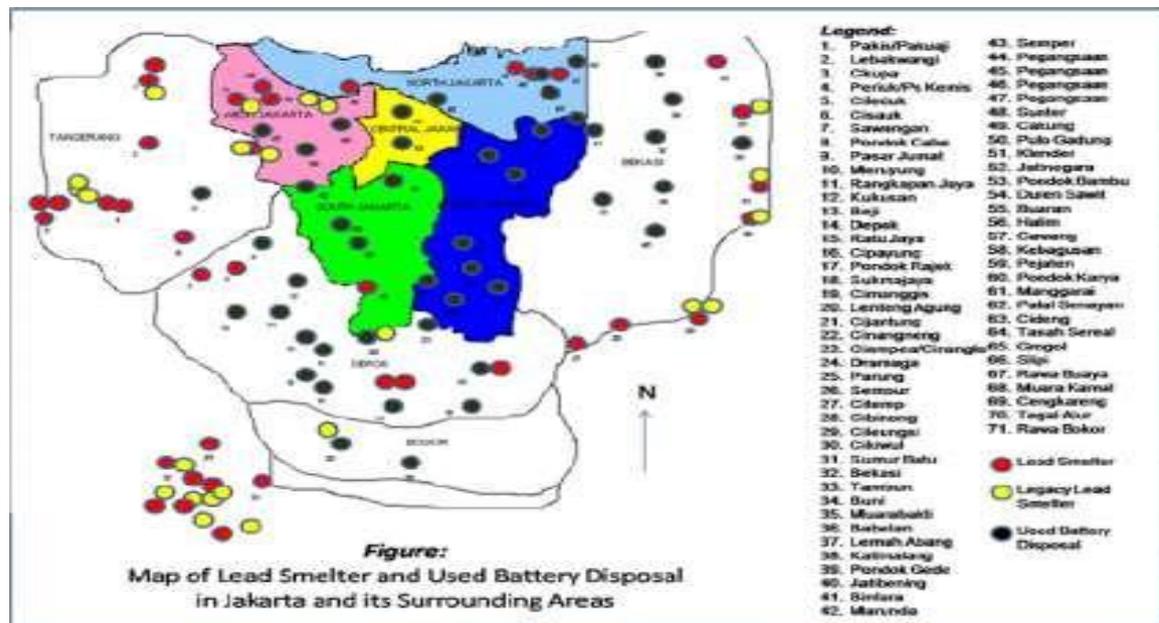
sperma dan meningkatnya jumlah sperma yang tidak normal (world Health Organization, 2010b). Kejadian anemia yang disebabkan karena pajanan Pb adalah anemia tipe *microcytic* dan *hypochromic* yang merupakan hasil dari gangguan pada saat biosintesis *heme* dan karena umurnya *erythrocyte* tidak lama (pendek). Hasil penelitian terhadap 579 anak-anak umur 1 – 5 tahun di pemukiman yang dekat dengan peleburan aki bekas mempunyai kadar Pb darah > 20 µg/dL dengan *outcome* anemia (World Health Organization, 2010b; Center of Reliable Health Information halo, 2015; Melinda Artini, 2015).

Seiring dengan berkembangnya produksi barang-barang elektronik dan otomotif, produksi aki juga meningkat terus. Karena nilai ekonomi hasil daur ulang aki bekas juga relatif tinggi, maka kegiatan daur ulang aki bekas oleh masyarakat (informal) juga berkembang terus. Sampai saat ini perhatian terhadap kesehatan anak-anak berkaitan dengan pajanan Pb dari

kegiatan daur ulang aki bekas belumlah cukup. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat sejauh mana pengaruh pajanan Pb dari kegiatan daur ulang aki bekas terhadap kejadian anemia anak-anak (usia 7 – 13 tahun) yang tinggal di wilayah kegiatan daur ulang aki bekas tersebut.

BAHAN DAN CARA

Penelitian dilaksanakan pada bulan November - Desember 2014. Komisi Penghapusan Bensin Bertimbal (KPBB) telah melakukan pemetaan lokasi daur ulang aki bekas di Jakarta dan sekitarnya (Gambar 2). Berdasarkan informasi tersebut, dipilih lokasi penelitian yang meliputi Kecamatan Tambun, Bekasi (no.33), Cipayung (no. 16) dan Sukmajaya, Depok (no. 18), Cinangka, Bogor (no. 23), Pasar Kemis (no. 4) dan Kedaung Barat, Tangerang (no. 1).



Gambar 2. Lokasi daur ulang aki bekas di Jakarta dan sekitarnya (Achmad Gunawan Widjacksono, 2014)

Desain penelitian adalah *cross sectional study*, dengan responden adalah anak-anak yang berumur antara 13 sampai 17 tahun. Jumlah sampel dihitung menggunakan rumus korelasi sebagai berikut:

$$n = \left\{ \frac{(Z\alpha + Z\beta)}{0,5 \ln \left[\frac{(1+r)}{(1-r)} \right]} \right\}^2 + 3$$

Jika digunakan kekuatan uji 80% dengan kemaknaan 5%, dan korelasinya diperkirakan 0,9, maka besar sampel yang diperlukan adalah 346,7 anak atau dibulatkan menjadi 400 anak. Sebelum diambil sampel darah anak-anak, ditetapkan subyek yang

akan menjadi sampel dengan menggunakan daftar populasi anak di wilayah tersebut. Jumlah sampel di masing-masing wilayah ditentukan secara proporsional. Jenis data yang dikumpulkan meliputi kadar Pb dalam darah diukur dengan menggunakan *Lead Care Analyzer II*, dan anemia berdasarkan Hb darah yang diukur dengan *HemoCue® Hb*

201+ System(Anon, 2011).Jumlah sampel darah sebanyak 50 µl yang diambil dariujung jari (darah tepi) menggunakan pipet kapiler.Diagnosis anemia dapat dilihat dari performa darahnya. Kriteria anemia dilihat dari kadar hemoglobin darah untuk anak-anak dapat dilihat dalam Tabel 1 sebagai berikut (World Health Organization, 2011) :

Tabel 1.Kadar Hemoglobin darah untuk mendiagnosis anemia (g/L)

Kelompok Umur	Tidak anemia	Anemia		
		ringan	sedang	parah
6 – 59 bulan	≥110	100-109	70-99	<70
5 – 11 tahun	≥115	110-114	80-109	<80
12 – 14 tahun	≥120	110-119	80-109	<80
Wanita tidak hamil (≥15 tahun)	≥120	110-119	80-109	<80
Wanita hamil	≥110	100-109	70-99	<70
Laki-laki (≥ 15 tahun)	≥130	110-129	80-109	<80

Untuk membuktikan adanya hubungan kadar Hb darah dan kadar Pb darah digunakan uji korelasi. Sebelum dilakukan uji korelasi, dilakukan uji normalisasi data Pb dan Hb dalam darah dengan menggunakan uji normalitas *Kolmogorof Smirnov*.Selanjutnya dilakukan uji korelasi antara Pb darah dengan Hb darah.Terakhir apakah ada hubungan antara Pb darah dengan Hb darah digunakan uji hubungan regresi linear.Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik penelitian dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan-Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan dengan no.LB.02.01/5.2/KE.244/2014, tertanggal 12 Juni 2014.

HASIL

Jumlah responden anak-anak umur 13 sampai 17 tahun yang berhasil diperiksa berjumlah 418 orang(Tabel 2).Berdasarkan lokasi penelitian, jumlah responden paling banyak berasal dari Bekasi (110 anak) dan paling rendah adalah Tangerang (95 anak). Menurut jenis kelamin, responden dari bekasi dan Tangerang lebih banyak anak perempuan, di Depok lebih banyak anak laki-laki, sedangkan Responden di Bogor,seimbang antarlaki-laki dan perempuan.

Tabel 2. Distribusi subyek (anak-anak) berdasarkan lokasi penelitian, 2014

Lokasi	Jenis kelamin		Total
	Laki	Perempuan	
Bogor	52	52	104
Depok	56	53	109
Tangerang	39	56	95
Bekasi	41	69	110
Total	188	230	418

Hasil pengukuran Hb darah anak menunjukkan bahwa 36,6%responden menderita anemia. Proporsi respondendengan anemia paling tinggi adalah di Bogor

(63,5%) dan paling rendah adalah di Tangerang (17,9%) dapat dilihat dalam Tabel 3.

Table 3. Distribusi responden dengan kategori normal dan anemia lokasi penelitian, 2014

Lokasi	Normal		Anemia	
	n	%	n	%
Bogor (n=104)	38	36,5	66	63,5
Depok (n= 109)	84	77,1	25	22,9
Tangerang (n= 110)	78	82,1	17	17,9
Bekasi (n = 95)	65	59,1	45	20,9
Total	265	63,4	153	36,6

Kadar Pb dalam darah responden pada umumnya terukur dengan kadar minimum 3,80 µg/dL hingga yang tertinggi 62,10 µg/dL.

Berdasarkan jenis kelamin, kadar Pb dalam darah laki-laki berada pada rentang 4,70 sampai dengan 60,80 µg/dL dengan rerata 16,83 µg/dL; sedangkan kadar Pb dalam darah perempuan adalah 3,80 µg/dL

sampai 62,10 µg/dL dengan rerata 13,20 µg/dL (Tabel 4). Untuk kadar Hb, pada laki-laki terukur berada pada rentang 7,80 µg/dL sampai dengan 16,00 µg/dL, dengan rerata 11,93 µg/dL; sedangkan kadar Hb perempuan 7,70 µg/dL sampai dengan 16,10 µg/dL, dengan rerata 12,30 µg/dL (Tabel 4).

Tabel 4. Gambaran hasil pemeriksaan Pb dan Hb darah anak-anak di wilayah daur ulang aki bekas, tahun 2014 (µg/dL)

Variabel	n	Minimum	Maksimum	Rata-rata	St. Dev.
Pb darah (L)	187	4,70	60,80	16,83	12,96
(P)	230	3,80	62,10	13,20	11,09
Hb darah (L)	187	7,80	16,00	11,93	1,41
(P)	230	7,70	16,10	12,30	1,34

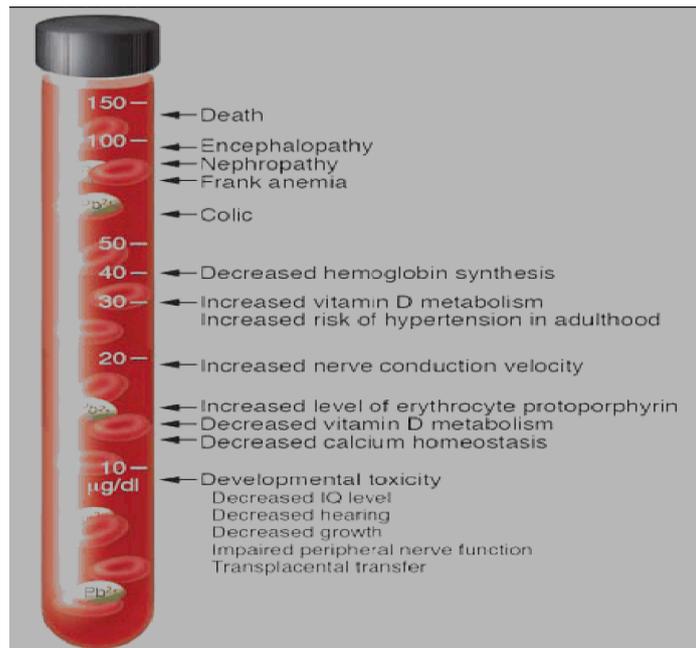
Ada missing dari 418 anak yang menjadi responden hanya 417 yang dapat dianalisis karena ada responden tidak mau diambil darahnya (0,24% missing).

Hasil uji normalitas kadar Pb dalam darah dan kadar Hb dalam darah menunjukkan bahwa distribusi kadar Hb dalam darah adalah normal dengan p = 0,879, Sedangkan uji normalitas kadar Pb dalam darah menunjukkan bahwa distribusinya tidak normal dengan p = 0,02. Selanjutnya diupayakan untuk normalisasi distribusi kadar Pb dalam darah.

Hasil uji korelasi satu arah menunjukkan bahwa adanya hubungan yang signifikan antara kadar Pb dalam darah dengan Hb darah (p = 0,021). Hubungan Dari

analisis regresi linear, diperoleh persamaan sebagai berikut : $Hb\text{ darah } (\mu\text{g/dL}) = 12,200 - 0,124 \text{ Pb darah } (\mu\text{g/dL})$ dengan $p = 0,027$ dan $r = - 0,124$.

Badan Kesehatan dunia (WHO) telah menetapkan kategori dampak dari pajanan berbagai kadar Pb darah terhadap kesehatan anak (Gambar 3). Hal ini dapat digunakan untuk memperkirakan masalah kesehatan anak-anak yang timbul sebagai akibat pajanan Pb. Hasil pengukuran Pb darah dalam penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat anak laki-laki maupun perempuan dengan kadar Pb lebih dari 40 µg/dL. Dampak kesehatan yang mungkin timbul adalah menurunnya sintesis hemoglobin (Hb).



Gambar.3. Dampak Kesehatan pada anak-anak berdasarkan kadar Pb dalam Darah(World Health Organization, 2010a)

PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran Hb di seluruh lokasi dapat diketahui bahwa proporsi responden yang mengalami anemia cukup tinggi, yaitu 36,6%. Bahkan di Bogor, responden yang mengalami anemia sampai 63,5%. Banyak faktor sebagai penyebab anemia, diantaranya adalah :meningkatnya aktivitas fisik, dehidrasi, kurangnya asupan nutrisi dalam tubuh, kehamilan, pendarahan, infeksi penyakit tertentu, ketidakseimbangan hormon, hancurnya sel darah merah dalam tubuh.(Center of Reliable Health Information halo, 2015; Martin, 2016; Melinda Artini, 2015).Seseorang yang memiliki berbagai macam aktivitas dapat mengakibatkan tubuh menjadi kelelahan dan kurang mendapatkan istirahat.Hal ini dapat memicu penyebab Hb rendah hingga menjadi menurun dalam darah.

Dehidrasi atau yang biasa dikenal dengan kurangnya cairan dalam tubuh dapat disebabkan oleh berbagai macam aktivitas dan kegiatan berat seperti berolahraga yang tidak diimbangi asupan cairan yang cukup dalam tubuh. Akibat kurang minum yang terus menerus dibiarkan dapat mengakibatkan timbulnya gejala penurunan kadar hemoglobin dalam darah yang ditandai dengan kelelahan, pusing, mata berkunang-

kunang, dan beberapa kondisi lainnya.Kurangnya kebutuhan nutrisi manusia yang penting dalam tubuh seperti makanan yang mengandung zat besi, folat, maupun vitamin B12, dapat mengakibatkan meningkatnya resiko seseorang untuk mengalami gangguan kurang darah. Karena nutrisi-nutrisi tersebut sangat penting untuk membantu proses pembentukan sel darah merah dalam tubuh.Terjadinya perdarahan serius seperti yang terjadi pada kasus wasir berdarah, operasi, kecelakaan, proses persalinan, menstruasi, dan sebagainya dapat mengakibatkan penurunan tingkat hemoglobin dalam darah.

Beberapa jenis penyakit kronis yang disebabkan oleh adanya infeksi baik itu infeksi virus, infeksi bakteri, maupun infeksi karena mikroorganisme lainnya seperti pada penderita gagal ginjal, kanker, penyakit autoimune, infeksi usus, maupun berbagai jenis penyakit lainnya dapat menjadi penyebab menurunnya kadar hemoglobin dalam darah yang membuat tubuh kesulitan untuk memproduksi sel-sel darah merah. Selain itu, beberapa jenis obat-obatan seperti untuk kemoterapi maupun prosedur radiasi dengan menggunakan sinar X memiliki efek penurunan kadar hemoglobin (Hb) dalam

darah pasien. Hal ini karena penggunaan obat-obatan tersebut dapat merusak sumsum tulang atau merusak kemampuan sel darah merah untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh. Jika sumsum tulang rusak, pembentukan sel-sel darah merah untuk menggantikan sel-sel darah yang telah mati atau rusak akan terhambat pula. Rendahnya tingkat hormon *erythropoietin* yang berfungsi untuk membantu produksi sel-sel darah merah, dapat menyebabkan rendahnya tingkat hemoglobin dalam tubuh (anemia).

Mekanisme terjadinya anemia melalui hancurnya sel darah merah karena terjadinya pembesaran limpa. Pada saat terjadi pembesaran limpa dalam tubuh, maka hal itu dapat menghilangkan lebih banyak sel-sel darah merah dari biasanya. Selain itu anemia hemolitik, anemia sel tsabit, maupun kekurangan enzim yang dapat membuat sel-sel darah merah lebih cepat mati. Paparan Pb terhadap anak-anak dapat menyebabkan keracunan dan pada akhirnya dapat meningkatkan kecepatan penghancuran *erythrocyte*.

Apabila dikaitkan kegiatan daur ulang aki bekas, tingginya persentase responden dengan anemia di Bogor sangat memungkinkan; karena kegiatan daur ulang aki bekas di Bogor telah berlangsung cukup lama dan telah meluas dibandingkan dengan ke tiga lokasi lainnya, sehingga kandungan Pb di lingkungan kemungkinan cukup tinggi. Akan tetapi hal ini belum dapat dipastikan, karena tidak didukung dengan pemeriksaan sampel lingkungan.

Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian lain, hasil penelitian ini sedikit berbeda. Penelitian yang dilakukan terhadap pekerja dengan kadar Pb darah 8.3 µg/dL (dengan kisaran 2–25 µg/dL) menunjukkan tidak berkorelasi antara kadar Pb dengan kadar hemoglobin atau hematocrit; tetapi ada korelasi antara *patellar lead* dengan menurunnya kadar hemoglobin dan hematocrit (Gunawan et al., 2013). Hasil penelitian lain di wilayah Boston menunjukkan adanya penurunan kadar Hb dan *hematocrit* menurun secara bermakna dibandingkan pada subyek yang telah terpapar Pb dalam waktu yang panjang (12 tahun). Studi yang lain menunjukkan bahwa dampak negatif terhadap kadar *hematocrit*

muncul pada anak-anak dengan kadar Pb darah yang lebih rendah (World Health Organization, 2010a; Yakub & Iqbal, 2010; Hegazy et al., 2010; Cohen & Trotzky, 1981). Menurut laporan Balcksmith, 2010 yang pernah mengukur kadar Pb dalam darah anak-anak di wilayah daur ulang aki bekas didapat hasil pengukuran kadar Pb dalam darah minimal 16,2 µg/dL, maksimal 60,0 µg/dL dengan rata-rata 36,62 µg/dL. Hasil pengukuran tersebut tidak berbeda jauh dengan dengan hasil penelitian ini.

Secara umum kadar Pb dalam darah responden hasil penelitian ini berada dalam rentang yang cukup lebar, dengan rerata telah melebihi batas aman menurut WHO lebih dari (10 µg/dL); bahkan kadar tertinggi mencapai 6 kalinya. Kondisi ini cukup berbahaya, karena kadar Pb mulai lebih dari 10 µg/dL telah mulai berdampak terhadap kesehatan; yaitu berkurangnya homeostatis kalsium dan berkurangnya metabolisme vitamin D. Walaupun jumlah responden dengan kandungan Pb yang tinggi tidak terlalu banyak, tetapi tetap harus menjadi perhatian; karena dampaknya yang ditimbulkannya semakin serius, terutama terhadap anak-anak (berkurangnya sintesis Hb sampai mengakibatkan kematian).

Kandungan Pb dalam darah responden di lokasi daur ulang aki bekas, ternyata berhubungan erat dengan kejadian anemia pada anak; dibuktikan dari hasil analisis statistik ($p < 0,05$). Berdasarkan analisis regresi linear, diperoleh persamaan matematis yang menyatakan model hubungan tersebut. Model matematis tersebut dapat digunakan sebagai model prediksi kondisi anemia (kadar Hb) berdasarkan kandungan Pb darah. Akan tetapi perlu hati-hati dalam menggunakan persamaan tersebut, karena penyebab kadar Hb darah menjadi rendah (anemia) tidak hanya disebabkan oleh paparan Pb saja, namun banyak faktor yang harus dipertimbangkan seperti usia, sosial ekonomi, perilaku merokok. Dari gangguan tersebut potensial berlanjut menjadi gangguan jantung (Yakub & Iqbal, 2010; Gunawan et al., 2013; Fiqi Nurbaya & Wjayanti, 2010; Mawardi & Setiani, 2013; Hegazy et al., 2010)

Untuk melindungi paparan Pb dari produk-produk elektronik dan limbah

elektronik seperti daur ulang aki bekas khususnya terhadap anak-anak perlu dilakukan suatu tindakan penting, namun hal tersebut tidak mudah karena memerlukan waktu lama, apalagi masyarakat dengan pekerjaan tersebut umumnya ekonominya dan pendidikannya rendah. Oleh sebab itu mungkin akan lebih baik bila daur ulang aki bekas hanya dikerjakan oleh industri yang legal dan mempunyai monitoring lingkungan yang baik. Masyarakat yang mendaur ulang secara informal sebaiknya tidak diperkenankan sebab tidak punya kemampuan untuk menjaga lingkungan dari pencemaran Pb. Kalau memang masyarakat diperbolehkan mendaur ulang aki bekas, tentu pemerintah harus menyediakan panduan kegiatannya dan melakukan monitoring lingkungannya (Department of Environmental Protection, Montgomery County, 2016; Kuijp et al., 2013)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sebanyak 36,6% anak-anak yang tinggal di wilayah daur ulang aki bekas mengalami anemia. Hasil uji statistik mengindikasikan adanya hubungannya yang signifikan ($p < 0,05$) antara kadar Pb dalam darah dengan kejadian anemia (kadar Hb rendah); dengan korelasi sangat lemah (koefisien korelasi: 0,124). Hubungan antar kadar Pb dengan Hb dalam darah dinyatakan dengan persamaan regresi Hb-darah ($\mu\text{g/dl}$) = $12,200 - 0,124$ (Pb-darah).

Saran

Untuk melindungi kesehatan anak-anak akibat pajanan Pb, perlu kajian lebih menyeluruh tentang aspek dampak kesehatan dari kegiatan daur ulang aki bekas. Selain itu perlu upaya komunikasi risiko terhadap populasi rentan (risiko tinggi).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Kepala Pusat Teknologi dan Intervensi Kesehatan Masyarakat yang telah memberi kepercayaan kepada kami untuk

melakukan penelitian tersebut. Kami ucapkan terima kasih juga kepada Panitia Pembina Ilmiah yang telah mengoreksi proposal dan laporan hingga baik dan benar, serta terima kasih kepada teman-teman peneliti yang telah membantu dalam pengumpulan data di lapangan, pemeriksaan Pb darah dan Hb darah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Gunawan Widjaksono (2014) Recovery of Hazardous and Toxic contaminated land in Indonesia And Developing Environmentally Sound Management for Used Lead Acid Battery (ULAB) Recycling. Presented in Inception Workshop: Jakarta, Sari Pan Pacific Hotel, Tuesday, 19 August 2014. , (August), p.2014.
- Anon(2011). Hematology. , pp.1 – 3. Available at: <http://www.radiometer.com/en/products/hematology> [Accessed October 5, 2015].
- ATSDR (2005) 3 . HEALTH EFFECTS. In *Health Effect*. pp. 1 – 242.
- Australian Battery Recycling Institute (2008) The Battery Recycling Process. , pp.1–2. Available at: www.batteryrecycling.org.au.
- Battery Council International (2012) Sustainability / Recycling. Available at: www.batterycouncil.org.
- Center of Reliable Health Information halo (2015). Anemia. Available at: <http://halosehat.com/penyakit/anemia/penyebab-anemia....> 13 Mei 2015 [Accessed January 1, 2015].
- Cohen, R. & Trotzky, S. (1981) Reassessment of the Microcytic Anemia of Lead Poisoning. *PEDIATRICS*, 67(6), p.904 –. Available at: World Wide Web at:
- Department of Environmental Protection, MONTGOMERY COUNTY, M. (2016) How to recycle / dispose of batteries . Button , and small and large rechargeable batteries. *web page*. Available at: http://www2.montgomerycountymd.gov/DepHowDoI/material.aspx?tag=batteries&material_key=22 Search.
- Fiqi Nurbaya & Wjayanti, Y. (2010) FAKTOR RISIKO YANG BERHUBUNGAN DENGAN KADAR TIMAH HITAM DALAMDALAM DARAH. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(1), pp.51–56. Available at: <http://journal.unnes.ac.id/index.php/kemas>.
- Florida Department of Environmental Protection (2010) Battery Recycling and Disposal. Available at: http://www.dep.state.fl.us/waste/quick_topics/publications/shw/recycling/2010AnnualReport/MSW-Composition_2010.pdf [Accessed August 25, 2016].
- Gunawan, L., Setiani, O. & Suhartono(2013) Hubungan Kadar Timah Hitam dalam Darah dengan Jumlah Lekosit , Trombosit , dan

- Aktifitas Superoxide Dismutase (SOD) pada Pekerja Timah Hitam di Kabupaten Tegal The Association between Blood Lead Level with the amount of leukocytes , thrombocytes , and superox. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 12(2), pp.106 – 110.
- Hegazy, A.A. et al.(2010) Relation between anemia and blood levels of lead , copper , zinc and iron among children. *Biomed Central*, 3(133), pp.1–9. Available at: <http://www.biomedcentral.com/1756-0500/3/133>.
- (ILA), I.L.A. (2014) Lead Recycling Sustainability in action. , (August), pp.1–3. Available at: www.ila-lead.org.
- Kuijper, T.J. Van Der, Huang, L. & Cherry, C.R. (2013) Health hazards of China ' s lead-acid battery industry: a review of its market drivers , production processes , and health impacts. *Environmental Health*, 12(1), p.1. Available at: <http://www.ehjournal.net/content/12/1/61>.
- Martin, L.J. (2016) Understanding Anemia -- Diagnosis and Treatment Visual Guide to Anemia. *WebMD Medical Reference*. Available at: <http://www.webmd.com/a-to-z-guides/understanding-anemia-treatment?page=4>.
- Mawardi, M. & Setiani, O. (2013) Hubungan Kadar Timah Hitam (Pb) dengan Kadar Albumin dalam Darah dan Kejadian Anemia (Studi pada pekerja peleburan timah di perkampungan industri kecil (PIK) Kebasen Kab . Tegal) The Association Between Blood Lead Level (BLL) With Albumin Anemia (. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 12(2), pp.111–115.
- Melinda Artini (2015) Overview-anemia. *WebMD Medical Reference*. Available at: <http://www.webmd.com/a-to-z-guides/understanding-anemia-basics?page=3>.
- Ramus, K. & Hawkins, P. (1993) Lead/acid battery recycling and the new Isasmelt process. *Journal of Power Sources*, 42(1-2), pp.299–313.
- Smith, Bucklin and Associates, I. (2003)*NATIONAL*, Chicago, Illinois. Available at: www.batterycouncil.org.
- UNEP (2011)*Study on the possible effects on Human Health and the Environment in Asia and the Pacific of the trade of products containing Lead, Cadmium and Mercury*, Available at: http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/Trade_Reports/AP/UNEPLeadPb-CaicedoCompilation110601.pdf.
- World Health Organization (2010a)*Childhood Lead Poisoning*, Geneva, Switzerland. Available at: <http://www.who.int/ceh/publications/childhoodpoisoning/en/>.
- World Health Organization (2010b)*EXPOSURE TO LEAD: A MAJOR PUBLIC HEALTH CONCERN*, Geneva, Switzerland.
- World Health Organization, (2011) (WHO/NMH/NHD/MNM/11.1), Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity. pp.1–6. Available at: <http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin.pdf>, accessed [date].
- Yakub, M. & Iqbal, M.P.(2010) Association of Blood Lead (Pb) and Plasma Homocysteine : A Cross Sectional Survey in Karachi . *PLoS one*, 5(7), pp.3–8.