

Hubungan pengetahuan dan konsumsi vitamin c dengan kadar timbal dalam urin remaja di kecamatan Curug

Nilna Fasya Salsabila¹, and Izza Hananingtyas^{1*}

¹ Departemen Kesehatan Lingkungan, Program Studi Kesehatan Masyarakat, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

* Korespondensi: nfasya@gmail.com

Tanggal Diterima: 27 Juni 2023

Tanggal Revisi: 30 Juli 2023

Tanggal Terbit: 30 Juli 2023

Abstract

Lead is a toxic heavy metal. Lead exposure can cause various health effects, especially in early adolescents. The cumulative nature of lead and its long half-life also causes lead in the body to continue to accumulate, causing serious health problems. Prevention is the right choice to reduce reciprocal exposure. The aim of the study was to determine the determinants of lead exposure prevention measures on lead levels in the urine of early adolescents at School X, Kadu Village, Curug District, Tangerang Regency. This research is a quantitative study with a cross-sectional study design. The research subjects were 52 early adolescents aged 12-16 years from Kadu Village, Curug. The variables studied were the level of lead in the urine, level of knowledge, and consumption of vitamin C. The level of knowledge was measured using the Chicago Lead Knowledge Test Questionnaire and the measurement of vitamin C using the Semi Food Frequency Questionnaire (SFFQ) which was completed by the respondents. Lead in urine is measured using ICP-OES. The results showed that the average urine lead level in early adolescents was 28.85 µg/L (median: 27.70 µg/L; 95% CI 24.88-32.82) (n=52), and Std. 14.27 µg/L. There is a significant relationship between the level of knowledge and the level of lead in the urine (p=0.045), and there is no significant relationship between the consumption of vitamin C (p=0.235) and the level of lead in the urine. The hypothesis is proven that the level of knowledge affects the level of reciprocity in early adolescents. Therefore, it is recommended that the government educate the public about reciprocity and its prevention in a sustainable manner and collaborate with local stakeholders to make it more efficient.

Keywords: early teens; knowledge; lead urine; vitamin c

Cite This Article:

Salsabila, N. F., & Hananingtyas, I. (2023). Hubungan pengetahuan dan konsumsi vitamin c dengan kadar timbal dalam urin remaja di kecamatan Curug. *Public Health Risk Assessment Journal*, 1(1), 21-37. <https://doi.org/10.61511/phraj.v1i1.2023.223>



Copyright: © 2023 by the authors.

Submitted for possible open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Abstrak

Timbal merupakan logam berat yang toksik. Paparan timbal dapat menyebabkan berbagai macam dampak kesehatan, khususnya pada remaja awal. Sifat timbal yang kumulatif dan memiliki waktu paruh yang lama juga menyebabkan timbal dalam tubuh akan terus terakumulasi hingga menghasilkan gangguan kesehatan yang serius. Pencegahan merupakan pilihan yang tepat untuk mengurangi paparan timbal. Tujuan penelitian untuk mengetahui determinan tindakan pencegahan paparan timbal terhadap kadar timbal dalam urin remaja awal di Sekolah X Desa Kadu Kecamatan Curug Kabupaten Tangerang. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain studi *cross-sectional*. Subjek penelitian adalah 52 remaja awal berusia 12-16 tahun dari Desa Kadu, Curug. Variabel yang diteliti adalah kadar timbal dalam urin, tingkat pengetahuan dan konsumsi vitamin C. Tingkat pengetahuan diukur menggunakan *Chicago Lead Knowledge Test Questionnaire* dan konsumsi vitamin C diukur menggunakan *Semi Food Frequency Questionnaire* (SFFQ) yang dilengkapi oleh responden. Timbal dalam urin diukur menggunakan ICP-OES. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kadar timbal dalam urin remaja awal adalah 28,85 µg/L (median: 27,70 µg/L; CI 95%

24,88-32,82) ($n=52$), dan Std. 14,27 $\mu\text{g/L}$. Terdapat hubungan signifikan antara tingkat pengetahuan dengan kadar timbal dalam urin ($p=0,045$), serta tidak terdapat hubungan signifikan antara konsumsi vitamin C ($p=0,235$) dengan kadar timbal dalam urin. Hipotesis terbukti bahwa tingkat pengetahuan mempengaruhi kadar timbal dalam urin remaja awal. Oleh karena itu, disarankan agar pemerintah mengedukasi masyarakat mengenai timbal dan pencegahannya secara berkelanjutan dan melakukan kolaborasi dengan pemangku kebijakan setempat agar menjadi lebih efisien.

Kata kunci: pengetahuan; remaja awal; timbal urin; vitamin c

1. Pendahuluan

Timbal (Pb) termasuk dalam 10 besar bahan kimia dalam World Health Organization (WHO) Chemical Safety Agenda yang menjadi perhatian kesehatan masyarakat. Pada tahun 2016, paparan timbal balik bertanggung jawab atas 63,8% dari kecacatan intelektual, 3% dari penyakit jantung iskemik dan 3,1% dari stroke (WHO, 2018). Anak-anak, khususnya yang berumur < 5 tahun dan ibu-ibu hamil merupakan kelompok rentan terhadap paparan timbal (Pb). Penyerapan timbal balik lima kali lebih besar pada anak-anak daripada orang dewasa dan bahkan lebih besar lagi ketika asupan mineral makanan berkurang (Albalak *et al.*, 2003). Pada remaja awal, usia 12 sampai 16 tahun, kadar timbal dalam tubuh juga menjadi perhatian yang penting karena pada usia tersebut merupakan periode terjadinya pertumbuhan dan perkembangan yang pesat, baik secara fisik, psikologis, maupun intelektual (Kementerian Kesehatan RI, 2015). Dengan adanya timbal dalam tubuh dapat mempengaruhi perkembangan psikologis remaja, seperti gangguan depresi dan gangguan kecemasan (Bouchard *et al.*, 2003). Timbal juga mempengaruhi tingkat kecerdasan dan kognitif remaja. Studi menunjukkan bahwa untuk setiap 10 $\mu\text{g/dL}$ kadar timbal dalam darah, IQ berkurang 1-3 poin. kemampuan kognitif mempengaruhi prestasi di sekolah, usaha pendidikan, dan kesuksesan di dunia kerja (Rudnai, 2007)

Biomonitoring timbal di dalam tubuh dapat dilakukan dengan cara pemeriksaan kadar timbal dalam darah, urin, dan rambut seseorang. Hingga 95% timbal yang diabsorpsi oleh tubuh terdapat di eritrosit dan 1% terdapat di plasma, sehingga konsentrasi timbal paling banyak terukur di darah (Palar, 2004). Namun, toksisitas timbal di dalam tubuh juga dapat diketahui dengan pemeriksaan urin. Hal ini disebabkan karena sebanyak 75-80% timbal diekskresikan dalam urin (Wani *et al.*, 2015). Urin merupakan salah satu sisa metabolisme tubuh yang dapat memberikan gambaran keadaan kesehatan tubuh. Pemeriksaan urin ini dianjurkan sebagai screening test pada racun timbal, serta membantu dalam menegakkan diagnosis, bila kadar timbal di atas 0,2 $\mu\text{g/L}$ dianggap sudah cukup bermakna untuk diagnosis keracunan timbal (Takwa *et al.*, 2017).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Budiyo, *et al.* (2016) di sekolah dasar di Kecamatan Curug menunjukkan bahwa rata-rata kadar timbal dalam darah sebesar 391,8 $\mu\text{g/L}$. Konsentrasi tersebut lebih besar dari batas aman yang telah ditentukan oleh Centers for Disease Control and Prevention (CDC) untuk anak-anak, yaitu 50 $\mu\text{g/L}$ (CDC, 2002). Penyebutan bahwa sumber pencemaran Pb berasal dari kegiatan industri daur ulang aki yang menghasilkan asap dan debu yang mengandung logam berat Pb. Kegiatan daur ulang aki tersebut telah berlangsung sejak tahun 1978 dan beroperasi setiap hari dalam waktu 24 jam. Konsentrasi Pb udara yang terukur di daerah Curug adalah berkisar 0,13-0,47 $\mu\text{g/m}^3$ dengan rata-rata 0,29 $\mu\text{g/m}^3$. Sementara itu, kadar timbal udara yang terukur di kawasan industri manisjaya yang terletak di Desa Kadu, yaitu sebesar 4,142 $\mu\text{g/m}^3$ (Kementerian Lingkungan Hidup, 2011). Nilai yang terukur telah melebihi ambang batas yang telah ditentukan oleh EPA, yaitu 0,15 $\mu\text{g/m}^3$ (Skerfying *et al.*, 2015).

Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti pada remaja awal di daerah Curug Kabupaten Tangerang pada tahun 2019 didapatkan bahwa kadar timbal dalam urin remaja awal berkisar antara 10,20 $\mu\text{g/L}$ -16,6 $\mu\text{g/L}$. Sifat timbal yang kumulatif dan

memiliki waktu paruh yang lama, yaitu di dalam darah kurang lebih 28-36 hari, pada jaringan lunak 40-120 hari, sedangkan pada tulang 15-20 tahun menyebabkan Pb dalam tubuh akan terus terakumulasi hingga menghasilkan gangguan kesehatan yang serius (Raymond & Brown, 2017). Pengetahuan dapat menjadi dasar bagi seseorang dalam bertindak. Dengan adanya pengetahuan mengenai paparan timbal membuat remaja awal dapat melakukan tindakan pencegahan, seperti mengonsumsi vitamin C pada kadar yang disarankan dapat mengurangi penyerapan dan toksisitas timbal. Berdasarkan hal tersebut, peneliti tertarik untuk: (1) mengetahui gambaran kadar timbal dalam tubuh remaja awal di Desa Kadu, Curug. (2) mengetahui hubungan antara pengetahuan sebagai tindakan pencegahan paparan timbal dengan kadar timbal dalam urin remaja awal (3) mengetahui hubungan antara konsumsi vitamin C sebagai tindakan pencegahan paparan timbal dengan kadar timbal dalam urin remaja awal di Desa Kadu, Curug.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan desain studi cross sectional. Penelitian ini dilakukan di Sekolah X di Desa Kadu Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang pada bulan Januari – Agustus 2019. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa-siswi kelas tujuh dan delapan di SMP X1 dan X2 yang berjumlah 92 siswa. Sampel penelitian berjumlah 52 orang yang memenuhi kriteria inklusif dan eksklusif sampel. Kriteria inklusi mencakup 12- 16 tahun serta siswa-siswi yang telah mendapatkan persetujuan dari wali murid dan bersedia mengikuti seluruh kegiatan pemeriksaan. Kriteria eksklusif meliputi siswa-siswi yang berusia kurang dari 12 tahun dan di atas 16 tahun.

Variabel yang diteliti adalah kadar timbal dalam urin (dependen), tingkat pengetahuan dan konsumsi vitamin C (independen). Penelitian ini menggunakan metode pengukuran langsung dan wawancara. Instrumen yang digunakan diantaranya adalah kuesioner Chicago Lead Knowledge Test Questionnaire dan Semi-Food Frequency Questionnaire (SFFQ). Pengolahan dan analisis data menggunakan aplikasi Statistical Product and Service Solution (SPSS). Analisis yang digunakan adalah uji non parametrik kruskal wallis untuk mengetahui hubungan tingkat pengetahuan dan korelasi spearman untuk mengetahui korelasi konsumsi vitamin c dengan kadar timbal dalam urin.

Penelitian ini dilakukan atas dasar persetujuan dari Komisi Etik Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Data yang diambil sudah atas izin dari Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan UIN Jakarta, Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Tangerang dan Kepala Sekolah SMP X. Semua data dalam penelitian ini hanya digunakan untuk keperluan ilmiah. Kode dan identitas subjek penelitian, sangat dirahasiakan untuk umum.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Kadar Timbal dalam Urin Remaja Awal

Rata-rata kadar timbal dalam urin remaja awal adalah 28,85 µg/L dengan median sebesar 27,70 µg/L (CI 95% 24,88-32,82) dan memiliki standar deviasi sebesar 14,27 µg/L. Kadar timbal urin remaja awal yang paling rendah adalah 4,3 µg/L dan yang paling tinggi adalah 76,20 µg/L.

3.2. Gambaran Tingkat Pengetahuan

Dari 52 responden, sebanyak 20 orang (38,5%) memiliki tingkat pengetahuan mengenai timbal yang kurang, 10 orang (19,2%) memiliki tingkat pengetahuan yang cukup, dan 22 orang (42,3%) memiliki tingkat pengetahuan yang baik.

3.3. Gambaran Konsumsi Vitamin C

Rata-rata konsumsi harian vitamin C adalah 102,76 mg dengan median sebesar 58,10 mg (CI 95% 66,98-138,54) dan memiliki standar deviasi sebesar 128,52 mg. Konsumsi vitamin C yang paling rendah adalah 1,00 mg dan yang paling tinggi adalah 583,10 mg.

3.4. Hubungan Tingkat Pengetahuan dengan Kadar Timbal dalam Urin

Tingkat pengetahuan memiliki hubungan signifikan dengan kadar timbal dalam urin ($p=0,045$). Sebanyak 20 siswa memiliki tingkat pengetahuan yang kurang dengan rata-rata kadar timbal dalam urin sebesar 30,43 $\mu\text{g/L}$. Sebanyak 10 siswa memiliki tingkat pengetahuan yang cukup dengan rata-rata kadar timbal dalam urin sebesar 32,00 $\mu\text{g/L}$, 22 siswa memiliki tingkat pengetahuan yang baik dengan rata-rata kadar timbal dalam urin sebesar 20,43 $\mu\text{g/L}$.

3.5. Hubungan Konsumsi Vitamin C dengan Kadar Timbal dalam Urin

Konsumsi vitamin C memiliki hubungan linier yang lemah dan berpola positif dengan kadar timbal dalam urin, serta tidak terdapat hubungan signifikan antara variabel konsumsi vitamin C dengan kadar timbal dalam urin ($r=0,168$; $p=0,235$).

Tabel 1. Distribusi Kadar Timbal dalam Urin dan Konsumsi Vitamin C Remaja Awal di Sekolah X Desa Kadu Kecamatan Curug Kabupaten Tangerang tahun 2019

Variabel	Jumlah (n)	Mean Median	SD	Min-Max	CI 95%
Kadar timbal dalam urin ($\mu\text{g/L}$)	52	28,85 27,70	14,27	4,30- 76,20	24,88- 32,82
Konsumsi vitamin C	52	102,76 58,10	128,52	1,00- 583,10	66,98- 138,54

(Sumber: Data Primer, 2018)

Tabel 2. Distribusi Tingkat Pengetahuan Remaja Awal di Sekolah X Desa Kadu Kecamatan Curug Kabupaten Tangerang tahun 2019

Tingkat pengetahuan	Jumlah (n)	Persentase (%)
Kurang	20	38,5
Cukup	10	19,2
Baik	22	42,3
Total	52	100,0

(Sumber: Data Primer, 2018)

Tabel 3. Analisis Hubungan Tingkat Pengetahuan Remaja Awal di Sekolah X Desa Kadu Kecamatan CurugKabupaten Tangerang tahun 2019

Kadar timbal dalam urin ($\mu\text{g/L}$)	Tingkat pengetahuan	n	Mean rank	p value
	Kurang	20	30,43	0,045
	Cukup	10	32,00	
	Baik	22	20,43	

(Sumber: Data Primer, 2018)

Tabel 4. Analisis Hubungan Konsumsi Vitamin C Remaja Awal di Sekolah X Desa Kadu Kecamatan CurugKabupaten Tangerang tahun 2019

Variabel	r	p value
Konsumsi vitamin C	0,168	0,235

(Sumber: Data Primer, 2018)

Timbal adalah logam yang sangat beracun yang penggunaannya secara luas telah menyebabkan kontaminasi lingkungan dan masalah kesehatan di berbagai belahan dunia (Jaishankar *et al.*, 2014). Saat ini timbal (Pb) merupakan salahsatu bahan pencemar utama di lingkungan. Sumber pencemaran timbal dapat berasal dari kegiatan industri, salah satunya berasal dari industri aki bekas. Pencemaran yang ditimbulkan dari usaha daur ulang aki bekas ini diantaranya adalah pencemaran udara yang berasal dari asap dan debu yang mengandung logam berat timbal (Pb) (Purnawan, 2012) Di Desa Kadu, Kecamatan Curug terdapat pabrik peleburan aki bekas yang telah beroperasi sejak tahun 1987 selama 24 jam. Posisi pabrik peleburan aki bekas yang berada di tengah pemukiman masyarakat ini menyebabkan masyarakat di sekitar pabrik terpapar timbal. Di wilayah tersebut juga terdapat beberapa sekolah yang jaraknya tidak jauh dari pabrik, siswa-siswi ini menghabiskan waktu kurang lebih delapan jam di sekolah per hari. Hal ini menyebabkan siswa-siswi tersebut menjadi kelompok yang berisiko terkena paparan timbal.

Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan bahwa rata-rata kadar timbal dalam urin remaja awal adalah 28,85 $\mu\text{g/L}$ dengan median sebesar 27,70 $\mu\text{g/L}$ dan memiliki standar deviasi sebesar 14,27 $\mu\text{g/L}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat empat remaja awal yang memiliki kadar timbal di atas nilai ambang batas yang ditetapkan oleh ACGIH (2001), yaitu 50 $\mu\text{g/L}$. Timbal diakumulasi dalam darah sebesar 90% dan diekskresikan dalam urin sebesar 75%, sehingga dari hasil pengukuran rata-rata kadar timbal urin remaja awal dapat diasumsikan rata-rata kadar timbal darah sebesar 34,62 $\mu\text{g/L}$. Menurut (WHO, 2017), konsentrasi timbal dalam darah memiliki efek kesehatan (WHO, 2017)

Tabel 5. Hubungan Konsentrasi Timbal Darah dengan Efek Kesehatan

Konsentrasi timbal darah	Efek kesehatan
< 50*)	<p>Anak-anak:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menurunkan IQ, kemampuan kognitif dan pencapaian akademik, masalah perilaku dan diagnosis ADHD • Mengganggu perkembangan janin (berdasarkan konsentrasi timbal darah ibu) <p>Semua usia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gangguan fungsi ginjal • Mengganggu sintesis ALAD, berkontribusi terhadap kejadian anemia
< 100 µg/L	<p>Anak-anak:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keterlambatan pubertas • Mengurangi lingkaran kepala • Memengaruhi pertumbuhan seks sekunder <p>Dewasa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meningkatkan tekanan darah dan hipertensi • Meningkatkan kematian terkait kardiovaskular • Keguguran

Sumber: WHO (2017)

Menurut WHO (2010), langkah- langkah yang dapat diterapkan untuk mencegah dan mengurangi paparan timbal di dalam tubuh adalah dengan mengeliminasi sumber paparan timbal, mengenali hal-hal yang dapat terkontaminasi, sehingga kita dapat menghindari adanya *exposure*, seperti menghilangkan penggunaan timbal dalam produk rumah tangga, melakukan monitoring kadar timbal dalam tubuh, memberikan edukasi kepada masyarakat mengenai timbal sehingga meningkatkan pengetahuannya (WHO, 2010).

Pengetahuan merupakan hasil penginderaan manusia terhadap objek tertentu yang dipengaruhi intensitas, terutama indera pendengaran dan penglihatan (Sunaryo, 2004). Penginderaan tersebut dapat bersumber dari pengalaman yang ada, baik berupa pengalaman belajar, bekerja, serta aktivitas dan interaksi lain dalam kehidupan sehari-hari (Notoatmodjo, 2010). Pada penelitian ini, pengetahuan remaja awal diukur melalui kuesioner yang terdiri dari 15 pertanyaan meliputi pengetahuan mengenai timbal secara umum, paparan timbal, hingga pencegahan paparan timbal. Dari kuesioner tersebut pengetahuan yang sudah baik adalah pengetahuan mengenai timbal secara umum, sedangkan pengetahuan yang kurang baik adalah seputar paparan timbal dan pencegahan paparan timbal.

Berdasarkan hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat pengetahuan dengan kadar timbal dalam urin remaja awal (p value = 0,045). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lormphongs, et al. (2004) yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kadar timbal darah sebelum dan setelah diberikan intervensi pengetahuan pada pekerja manufaktur baterai, kadar timbal dalam darah menurun setelah diberikan intervensi pengetahuan (p value = 0,026) (Lormphongs et al., 2004).

Menurut Rogers (1974) dalam Notoatmodjo (2007), pengetahuan dapat menjadi dasar bagi seseorang dalam bertindak (Notoatmodjo, 2007). Tindakan yang didasari oleh pengetahuan akan lebih melekat dibandingkan dengan yang tidak didasari oleh pengetahuan (Notoatmodjo, 2010). Hal ini dapat dilihat dalam penelitian Lormphongs et al., (2004) bahwa setelah diberikan intervensi pengetahuan, banyak pekerja (80,6%-100%) sadar bahwa paparan timbal di tempat kerjanya berbahaya, serta mengerti toksisitas timbal dan melakukan tindakan pencegahan dari paparan timbal. Sebagai contoh, sebanyak 100% pekerja mencuci tangan mereka sebelum makan dan setelah selesai bekerja, serta sebanyak 96,8% pekerja menggunakan masker yang sesuai selama bekerja setelah diberikan intervensi pengetahuan (Notoatmodjo, 2007).

Timbal saat ini banyak digunakan selama ribuan tahun dalam berbagai aktivitas antropogenik berkat sifat uniknya yang memungkinkan banyak aplikasi seperti pembuatan pipa air minum dan penggunaannya sebagai bahan tambahan bensin dan cat. Namun, pengetahuan tentang dampak buruk timbal pada kesehatan manusia telah menyebabkan pelarangannya dari beberapa penerapannya, dengan tujuan utama mengurangi pencemaran lingkungan dan melindungi kesehatan manusia. Paparan timbal pada manusia telah dikaitkan dengan berbagai sumber kontaminasi, yang mengakibatkan tingginya kadar timbal dalam darah (BLL) dan implikasi kesehatan yang merugikan, terutama pada anak-anak yang terpajan. Penelitian sejalan juga ditemukan oleh Swaringen (2021) menunjukkan kombinasi dari pendekatan penelitian yang berbeda, yang meliputi penggunaan inspektur untuk mengidentifikasi area bermasalah di rumah, pengumpulan dan analisis sampel lingkungan, metode deteksi timbal yang berbeda (misalnya aplikasi ponsel pintar untuk mengidentifikasi keberadaan timbal dan teknik spektrometri massa). . Meskipun tidak selalu merupakan cara yang paling efektif untuk memprediksi BLL pada anak-anak, model regresi linier dan non-linier telah digunakan untuk menghubungkan BLL dan pengaruh lingkungan. Secara keseluruhan, timbal tetap menjadi polutan yang memprihatinkan dan banyak anak masih terpapar melalui lingkungan dan sumber air minum. (Swaringen et al., 2022)

Konsentrasi timbal yang tinggi pada anak-anak dapat berdampak negatif pada status sosial ekonomi individu sebagai orang dewasa, karena efek negatif timbal pada tingkat IQ anak. Situasi sosial ekonomi yang lebih rendah telah terbukti meningkatkan kemungkinan keracunan pada anak-anak karena kurangnya kebersihan, pengobatan, dan kondisi tempat tinggal yang tidak sesuai (Sampson dan Winter 2016; Reuben et al., 2017). Hal ini berpotensi menyebabkan anak-anak berada dalam situasi di mana kontaminasi timbal menonjol. Secara historis, kehamilan di luar nikah dan penyerangan yang tidak diinginkan ditemukan konsisten dengan tren BLL. Ini diyakini terkait dengan kemampuan kognitif yang lebih rendah yang berasal dari paparan bensin bertimbal. Untuk kehamilan, tren menunjukkan naiknya kehamilan remaja yang mengikuti penggunaan bensin bertimbal. Telah didokumentasikan bahwa paparan timbal kronis menghasilkan hubungan positif dengan agresi langsung pada remaja laki-laki (Taylor et al., 2016). Namun, diperlukan penelitian yang lebih luas, meskipun tren menunjukkan bahwa paparan timbal kronis dan agresi langsung pada remaja laki-laki mungkin berkorelasi. Ini karena hubungan antara BLL dan penyerangan sangat kompleks dan harus ditafsirkan dengan hati-hati (Swaringen et al., 2022).

Efek timbal yang paling bermasalah pada anak-anak adalah kemunduran mental. Efek toksisitas timbal yang paling banyak didokumentasikan adalah gangguan kognitif, yang menyebabkan tingkat IQ lebih rendah. Studi klinis telah menunjukkan bahwa peningkatan BLL dari hanya 2,4–10 µg lead/dL menyebabkan penurunan rata-rata 3,9 poin IQ. Efek IQ terutama ditunjukkan pada anak di bawah usia 6 tahun (Canfield et al., 2005; Reyes, 2014). BLL yang lebih tinggi pada anak usia sekolah telah terbukti berkorelasi dengan tingkat kecakapan dalam mata pelajaran sekolah. Gambar 8 menunjukkan bahwa siswa yang kurang cakap memiliki BLL lebih tinggi daripada siswa yang mendapat nilai sangat baik dalam matematika, sains, dan membaca. Peningkatan BLL dikaitkan dengan efek kognitif lainnya, seperti depresi dan kecemasan. Asosiasi BLL dengan gangguan seperti

attention deficit hyperactive disorder (ADHD) serta masalah perilaku antisosial juga telah dilaporkan. Pada sebuah penelitian yang dilakukan di China, peningkatan BLL pada anak dikaitkan dengan gangguan perilaku kognitif. Mereka juga memperhitungkan peningkatan masalah perilaku seperti ADHD dan depresi, sementara studi tindak lanjut anak-anak dari usia 11 hingga dewasa (usia 38) menunjukkan bahwa fungsi kognitif orang dewasa jauh lebih rendah pada individu dengan BLL tinggi di usia awal mereka. Hal ini memprihatinkan karena menunjukkan bahwa efek keracunan timbal pada masa remaja berdampak pada manusia menuju masa dewasa (Swaringen et al., 2022)

Paparan timbal kini masih menjadi masalah kesehatan utama yang perlu diberantas, dan lebih cepat lebih baik. Diperkirakan 3,6 juta orang Amerika memiliki rumah dengan setidaknya satu anak memiliki cat timbal dan sekitar 500.000 anak di bawah usia 6 tahun memiliki BLL >5 µg/dL Banyak anak masih terpapar perlengkapan pipa ledeng, debu, makanan, dan berbagai sumber lainnya. Meskipun rata-rata BLL telah menurun sejak pemberantasan TEL dari bensin, masih diperlukan metode untuk mengurangi dan menghilangkan timbal dari beberapa sumber lainnya. (Swaringen et al., 2022). Penelitian di China juga sejalan yakni Chen (2023) menunjukkan bahwa kadar timbal dalam darah pada anak-anak dan anjing peliharaan tetap tinggi di daerah yang bergantung pada batu bara di China. Lingkungan rumah dan pola perilaku pribadi seperti menelan makanan yang mengandung timbal, merupakan faktor risiko kadar timbal dalam darah pada anak-anak. Analisis menunjukkan bahwa anak-anak di lingkungan rumah yang sama memiliki jalur paparan timbal yang serupa. Pencernaan makanan, penghirupan partikel di udara, dan penghirupan debu, penghirupan, dan kontak kulit merupakan jalur paparan utama untuk anak-anak. Jalur utama paparan timbal pada anak dapat ditunjukkan dengan identifikasi jalur paparan timbal. Penelanan masih merupakan jalur paparan timbal yang dominan baik untuk anak-anak, tetapi partikel dan debu dari pembakaran batu bara dan cat bertimbal dari renovasi rumah tidak dapat diabaikan (Chen et al., 2023)

Chen (2023) juga mengeksplorasi hubungan langsung antara timbal dalam darah anak-anak dengan sumber pencemaran lingkungan di area pembakaran batu bara, membuktikan bahwa mereka semua terpapar timbal dari sumber yang sama, yaitu pembakaran batu bara. Berdasarkan karakteristik isotop dari media lingkungan dan batu bara yang berbeda, penelitian ini lebih jauh mengklarifikasi bahwa anak-anak terutama terpapar timbal yang dilepaskan dari pembakaran batu bara terutama melalui konsumsi makanan, inhalasi bahan partikulat dan debu, inhalasi dan kontak kulit. Dengan jalur dan sumber paparan timbal yang serupa maka berspekulasi bahwa media lingkungan utama dan sumber paparan timbal pada anak-anak dapat diindikasikan berdasarkan jalur paparan timbal dan sumber kontaminasi dengan berbagi lingkungan hidup yang sama.(Chen et al., 2023). Penelitian sejalan oleh Chai (2020) bahwasannya kondisi polusi timbal di dekat area tambang timbal-seng sangat serius, dan paparan timbal secara signifikan mempengaruhi TSH serum, kadar GABA, dan kinerja IQ anak usia sekolah (Cai et al., 2021)

Penelitian di negara China juga ditemukan sejalan dengan penelitian yakni ditemukannya kadar timbal darah (BLL) rata-rata anak-anak adalah 84,8 µg/L. Terjadinya keracunan timbal (didefinisikan sebagai BLL ≥100 µg/L) adalah 31,8%. Tingkat TSH serum dan IQ anak-anak yang keracunan timbal secara signifikan lebih rendah dibandingkan mereka yang tidak keracunan timbal. Tingkat GABA anak perempuan dengan keracunan timbal lebih tinggi daripada mereka yang tidak terpapar timbal. Analisis korelasi mengungkapkan bahwa BLL berhubungan terbalik dengan kadar TSH serum ($R=-0,186$, $p < 0,05$), tetapi berhubungan positif dengan nilai IQ ($R = 0,147$, $p < 0,05$). Selain itu, BLL dan Glu berkorelasi terbalik dengan IQ. Selain itu, penelitian ini mengungkapkan empat faktor yang dapat berkontribusi terhadap kejadian keracunan timbal pada anak-anak, termasuk frekuensi ibu merokok ($OR = 3,587$, $p < 0,05$) dan minum air keran yang tidak direbus ($OR = 3,716$, $p < 0,05$); makan buah dan sayuran segar ($OR = 0,323$, $p < 0,05$) dan produk kedelai secara teratur ($OR = 0,181$, $p < 0,05$) dapat melindungi dari keracunan timbal. Paparan

timbangan berpengaruh terhadap TSH serum, kadar GABA dan IQ anak usia sekolah. (Cai et al., 2021)

Chen (2021) menunjukkan bahwa tingkat IQ anak-anak dengan BLL tinggi (≥ 100 $\mu\text{g/L}$) secara signifikan lebih rendah daripada anak-anak dengan BLL lebih rendah dari 100 $\mu\text{g/L}$ sebesar 5,22 unit, yang konsisten dengan beberapa penelitian sebelumnya. Selain itu, IQ yang lebih rendah dikaitkan dengan paparan timbal yang rendah (Rawat et al., 2022). Penelitian juga menunjukkan bahwa tingkat Glu, sebuah neurotransmitter yang tereksitasi, memiliki hubungan terbalik dengan tingkat IQ. Timbal ditemukan mampu mengganggu homeostasis neurotransmitter. Misalnya, Vazquez et al. melaporkan bahwa timbal mengganggu keseimbangan pemancar dengan mengganggu aktivasi sinyal Ca^{2+} -protein kinase C (PKC) pada neuron tikus dewasa. Akumulasi Glu yang berlebihan dapat menyebabkan neurotoksisitas rangsang, berkontribusi pada gangguan kognitif akibat timbal. Maka interaksi timbal dengan status hormon tiroid dan metabolisme neurotransmitter mungkin mendasari penurunan IQ terkait timbal. (Cai et al., 2021)

Tingginya paparan timbal dapat merusak pertumbuhan linier yang mungkin berdampak pada perkembangan kerangka pada anak. Sebagian besar beban timbal dalam tubuh ada di tulang, sehingga sel-sel tulang adalah sasaran langsung keracunan timbal. Timbal menghambat aktivitas osteoblas) dan mengganggu sintesis atau sekresi komponen matriks dan respons sel tulang terhadap regulasi hormonal. Timbal juga menghambat kondrosit lempeng pertumbuhan epifisis. Selain itu, timbal dapat mengganggu pertumbuhan dengan menghambat aksis pertumbuhan hipotalamus-hipofisis yang menghasilkan faktor pertumbuhan seperti insulin serum yang lebih rendah dan dengan menghambat aksis hipotalamus-hipofisis-gonad yang mengakibatkan onset pubertas yang tertunda. Pada anak perempuan dan anak laki-laki (Donangelo et al., 2021). Penelitian sejalan ditemukan oleh Donangelo (2021) ditemukan sebagian besar anak (74,3%) memiliki BLL lebih rendah dari 5 $\mu\text{g/dL}$, hasil tersebut menunjukkan bahwa paparan timbal tingkat rendah dapat menghambat pertumbuhan linier pada anak-anak yang tumbuh normal. Selain itu, juga ditemukan hubungan timbal yang lebih kuat pada tinggi badan pada anak perempuan daripada anak laki-laki. Sebuah studi longitudinal di AS mendaftarkan anak perempuan pada usia 6-8 tahun dan mengikuti mereka hingga usia 14 tahun. Pada usia 7 tahun, perbedaan tinggi badan adalah 2,0 cm untuk anak perempuan dengan timbal darah ≥ 1 $\mu\text{g/dL}$ dibandingkan dengan mereka yang memiliki timbal darah rendah; perbedaan ini bertahan, meskipun dilemahkan, dengan bertambahnya usia. Sebaliknya, dalam studi anak perempuan dan anak laki-laki <6 tahun, timbal darah dikaitkan secara negatif dengan skor Z tinggi badan untuk usia hanya pada anak laki-laki. (Donangelo et al., 2021)

Penelitian sejalan ditemukan oleh Rawat (2022) yakni ditemukannya rata-rata kadar timbal dalam darah adalah $19,93 \pm 9,22$ $\mu\text{g/dL}$. Tingkat timbal dalam darah jauh lebih tinggi dengan status sosial rendah ($p < 0,05$), pekerjaan ibu ($p < 0,001$) dan waktu maksimum yang dihabiskan di luar rumah ($p < 0,001$). Sumber air, umur subjek, tipe rumah dan kohl yang digunakan anak diamati berkorelasi signifikan dengan kadar BL yaitu ($p < 0,05$). Tingkat IQ menurun dengan cara yang bergantung pada konsentrasi ($p < 0,01$). Korelasi negatif ditemukan antara tingkat BL dan tingkat IQ ($r = 0,963$, $< 0,01$). Anak perempuan ditemukan memiliki tingkat IQ yang lebih tinggi daripada anak laki-laki ($p < 0,05$). Selain itu, status sosial ekonomi yang lebih tinggi memiliki tingkat IQ yang lebih tinggi ($p < 0,01$) dibandingkan dengan yang rendah. Kesimpulan: Kadar timbal dalam darah berhubungan signifikan dengan kadar IQ. Karakteristik sosiodemografi termasuk pengetahuan juga ditemukan sebagai salah satu faktor risiko yang mempengaruhi tingkat kadar timbal dalam darah anak. Paparan Pb sangat mempengaruhi pembelajaran dengan memori, dan kecerdasan intelektual anak-anak, yang ditemukan berbanding terbalik sehubungan dengan tingkat kadar timbal dalam darah (Rawat et al., 2022)

Kegiatan riset timbal dengan kadar timbal dalam darah pada anak banyak ditemukan dan para peneliti menegaskan bahwa keracunan Pb dapat merusak IQ anak-anak. Bellinger et al., mengemukakan bahwa IQ berbanding terbalik dengan tingkat timbal dalam darah berdasarkan penelitian terhadap 74 anak pada usia 4 hingga 14 tahun; Nilai

IQ turun sekitar 6 poin dengan setiap peningkatan 100 µg/L kadar Pb dalam cairan darah. Tingkat BL 20–50 µg/dL dapat mengganggu kemampuan membaca dan pemecahan masalah anak-anak (Wilson et al., 2022). Dalam konsisten dengan penelitian ditemukan bahwa tingkat timbal dalam darah secara signifikan berkorelasi negatif dengan kecerdasan perkembangan perilaku adaptif anak, kinerja motorik kasar, kinerja motorik halus, kemampuan belajar bahasa, dan perilaku sosial individu (Vandentorren et al., 2023). Kecuali kelemahan kecerdasan, faktor lain seperti perubahan neuro-behavioral terbukti sebagai dampak paling awal dan paling jelas dari Pb pada sistem sensorik anak-anak. Terbukti bahwa paparan Pb berhubungan dengan gangguan perilaku masa kanak-kanak. Baru-baru ini para peneliti juga menemukan bahwa perilaku antisosial, gangguan perilaku, dan kenakalan remaja pada masa kanak-kanak berhubungan langsung dengan paparan Pb sebelum (prenatal) dan kemudian kelahiran anak (post-natal). Akhir-akhir ini para analis juga menemukan bahwa perilaku pendiam, masalah perilaku, dan kenakalan remaja di masa muda diidentifikasi dengan keterbukaan Pb setelah lahir (Rawat et al., 2022).

Kejadian keracunan timbal pada masa kanak-kanak - diakui sebagai masalah kesehatan masyarakat sejak 1980-an - adalah penyakit yang harus dilaporkan di Prancis yang sejalan dengan penelitian telah terpaparnya anak-anak dengan timbal. Kriteria notifikasi adalah pengukuran kadar timbal dalam darah seumur hidup pertama ≥ 50 µg/L pada orang di bawah 18 tahun di Prancis. Skrining untuk keracunan timbal masa kanak-kanak menargetkan orang-orang dalam konteks paparan berisiko tinggi. Ada berbagai faktor risiko paparan termasuk adanya cat timbal, perumahan yang rusak, tinggal di bekas lokasi industri aki, kerawanan sosial, pekerjaan renovasi di rumah anak, kegiatan memancing dan berburu, dan makan dari piring dengan pernis timah atau menggunakan kohl. Faktor dengan dekatnya pada industri pabrik merupakan salah satu faktor paparan timbal pada anak. Penelitian oleh Vandentorren (2023) ditemukan di antara 100 anak, mereka terdiri dari 39 anak perempuan dan 61 anak laki-laki. Di antara mereka, 40 orang menderita keracunan timbal (Tingkat Timbal Darah ≥ 50 µg/L). Anak laki-laki berusia antara 11 dan 14 tahun, dan berpartisipasi dalam aktivitas berisiko paparan timbal secara signifikan dikaitkan dengan tingkat timbal darah rata-rata yang lebih tinggi. (Vandentorren et al., 2023)

Penelitian sejalan di Prancis yakni ditemukan hasil analisis lingkungan menunjukkan tingkat kontaminasi yang tinggi (≥ 300 mg/kg ambang batas) pada sampel yang diambil dari satu lokasi pengerjaan besi yang terlibat, area tempat tinggal di lokasi penghentian, dan lahan keluarga atau dewan lokal. Pengukuran debu dalam ruangan mengungkapkan kontaminasi yang cukup rendah pada tempat tinggal (karavan dan rumah), mungkin karena penerapan tindakan pencegahan yang efektif seperti pekerjaan mediasi kesehatan dengan promosi tindakan kebersihan (yaitu melepas sepatu saat memasuki karavan, sering membersihkan basah dari akomodasi untuk membatasi akumulasi debu timbal, yang disediakan oleh asosiasi lokal untuk menghentikan partikel timbal berpindah dari lokasi kerja besi ke area tempat tinggal. Praktik pengerjaan logam bekas aki oleh keluarga pelancong adalah bagian dari praktik profesional normal dan menghasilkan ekonomi Karena sifatnya, pemulihan skrap sering dilakukan di pinggir hukum, yang membuat subjek sulit untuk ditangani. Anak-anak sangat rentan terhadap keracunan timbal karena sistem saraf mereka yang belum matang dan masih berkembang (Wilson et al., 2022), tingkat penyerapan pencernaan yang tinggi, perilaku tangan-ke-mulut, dan kedekatan mereka dengan tanah. Kedekatan tempat kerja industri pabrik aki dengan daerah pemukiman, seperti tempat perhentian dan tempat parkir merupakan faktor risiko tambahan, karena partikel timbal dibawa oleh angin, debu dan fluiditas tanah. Anak-anak dapat memiliki akses ke situs industri, sering terletak di kamp dan remaja dapat berpartisipasi dalam kegiatan pabrik aki. Tanah kamp terkontaminasi oleh besi tua. Debu bertimbal dapat dipindahkan ke dalam karavan melalui pakaian atau sepatu orang tua yang bekerja. Akibatnya anak-anak secara kronis terpapar tanah yang tercemar. Dalam kondisi ini, kebersihan yang ketat dan sistematis yang mengharuskan aktivitas pemulihan logam berat dapat menjadi masalah. Kerawanan perumahan, serta kecilnya jumlah karavan

berarti bahwa keluarga mungkin lebih terpapar pada semua faktor polusi timbal tersebut (Vandentorren et al., 2023)

Selain itu, menurut CDC (2002) memperhatikan asupan makanan, seperti mengonsumsi makanan yang tinggi vitamin C juga dapat mencegah dan mengurangi paparan timbal dalam tubuh. Vitamin C merupakan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh sebagai antioksidan dan juga sebagai enzim yang bersifat sinergis dengan Fe. Konsumsi vitamin C dapat membantu penyerapan (*enhancer*) zat besi di dalam tubuh. Defisiensi Fe dapat menyebabkan penurunan kadar hemoglobin dan meningkatkan absorpsi timbal, sedangkan pemberian vitamin C secara terus-menerus dapat menurunkan kadar timbal dalam tubuh walaupun paparan timbal masih terus berlangsung. Manusia membutuhkan vitamin C dari luar tubuh untuk memenuhi kebutuhannya yang dapat dihasilkan dari sumber makanan (Ningsih, 2017). Kebutuhan harian vitamin C biasa dikenal dengan RDA (*Recommended dietary allowance*). Menurut Permenkes RI Nomor 75 Tahun 2013 tentang Angka Kecukupan Gizi, kebutuhan harian vitamin C disesuaikan dengan usia dan jenis kelamin, sebagai contoh untuk remaja awal usia 13-15 tahun dengan jenis kelamin laki-laki memiliki kebutuhan harian vitamin C sebesar 75 mg/hari, namun untuk perempuan dengan usia yang sama memiliki kebutuhan harian vitamin C sebesar 65 mg/hari (Kementrian Kesehatan RI, 2013). Tubuh dapat menyimpan hingga 1500 mg vitamin C apabila konsumsi mencapai 100 mg per hari. Jumlah ini dapat mencegah terjadinya skorbut selama tiga bulan. Pada konsumsi melebihi 100 mg per hari, kelebihan konsumsinya akan dikeluarkan sebagai asam askorbat atau sebagai karbondioksida melalui pernapasan (Ningsih, 2017).

Dalam penelitian ini, peneliti memilih buah sebagai sumber vitamin C. Alasan pemilihan konsumsi buah sebagai vitamin C karena buah merupakan sumber penting dari vitamin C, serta sumber vitamin C dari makanan yang paling baik adalah memakan langsung buah-buahan dalam keadaan segar. Remaja awal memiliki asupan vitamin C tertinggi sebesar 583,10 mg/hari dan yang terendah adalah 1,00 mg/hari dengan rata-rata konsumsi vitamin C adalah 102,76 mg/hari. Berdasarkan uji statistik tidak terdapat hubungan signifikan antara konsumsi vitamin C dengan kadar timbal dalam urin (p value = 0,235). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kordas et al. (2018), yang menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara konsumsi vitamin C dengan kadar timbal dalam urin (p value = 0,95) (Kordas, 2018). Hal ini dapat disebabkan karena konsumsi vitamin C belum menjamin ketersediaan vitamin C yang memadai di dalam tubuh. Jumlah vitamin C yang diabsorpsi sangat dipengaruhi oleh jenis sumber vitamin C, serta ada tidaknya zat penghambat dan peningkatan absorpsi vitamin C (Arifin et al., 2013).

Penelitian terkait pada efek suplementasi vitamin C pada bioaksesibilitas timbal (Pb) oral yang ada di tanah yang terkontaminasi diperiksa menggunakan sejumlah uji in vitro (PBET, SBRC, UBM dan IVG). Dengan adanya vitamin C, peningkatan bioaksesibilitas Pb diamati pada fase lambung sebesar 1,3 kali lipat (30,5%85,5%) dan pada fase usus sebesar 3,1 kali lipat (0,9%58,9%). Mobilisasi timbal diatur oleh pembubaran reduktif Fe(III) dan sekuestrasi Pb pada mineral Fe sekunder. Maka bagi orang yang terpapar Pb yang ada di tanah, pengelolaan suplemen vitamin C menjadi urgensi sebagai pencegahan. Efek perlindungan vitamin C pada toksisitas Pb telah dibuktikan sebelumnya (Yin et al., 2022). Untuk pengelolaan konsentrasi Pb darah tinggi, makanan kaya vitamin C direkomendasikan dalam makanan anak-anak di Amerika Serikat. Pada manusia, kadar Pb darah dapat diturunkan dengan suplementasi vitamin C, namun efek ini tidak muncul pada beberapa kasus. Selain itu, absorpsi Pb di gastrointestinal terjadi terutama melalui proses yang diperantarai oleh pembawa, yang ditingkatkan untuk populasi dengan defisiensi mineral esensial. Studi terbaru memberikan bukti adanya hubungan antara timbal dalam darah anak-anak dan Pb tanah (von Lindern et al., 2016), dan variabilitas kadar timbal dalam darah dapat dijelaskan oleh Pb total dan yang dapat diakses secara hayati dalam tanah (Bradham et al., 2017). Di hadapan vitamin C, peningkatan yang luar biasa dalam pembubaran Pb dan Fe diamati pada fase lambung dan usus. Ini menunjukkan bahwa lebih

banyak Pb tersedia untuk penyerapan (yang mencapai sirkulasi sistemik) yang mungkin dihambat secara bersamaan (Yin et al., 2022)

Studi hubungan vitamin C dan kadar timbal oleh Yin (2022) menemukan bahwa peningkatan bioaksesibilitas Pb tanah baik untuk fase lambung maupun usus dengan penambahan vitamin C. Unsur Fe berperan penting dalam mobilitas dan distribusi Pb. Dengan adanya vitamin C, dalam kondisi anaerobik dan reduksi, pembebasan Pb dalam simulasi cairan gastrointestinal diatur oleh pelarutan reduktif Fe(III) dan sekuestrasi Pb pada mineral Fe sekunder. Ekstraksi berurutan memberikan lebih banyak bukti bahwa fraksi tereduksi dan fraksi residu adalah kontributor utama bioaksesibilitas Pb lambung dan juga tujuan dari Pb tereduksi dalam fase usus. Meskipun hanya berdasarkan kumpulan data kecil dari enam tanah, validasi studi ini diperlukan dengan ukuran sampel yang lebih besar. Penilaian risiko yang diperoleh dari penyesuaian bioaksesibilitas Pb menunjukkan bahwa risiko non-karsinogenik sangat mungkin terjadi pada penduduk di sekitar lokasi pengambilan sampel, terutama pada anak-anak dengan perilaku tangan-ke-mulut yang khas. Untuk anak dan remaja yang terpapar timbal yang terkait dengan bahaya kesehatan, pengelolaan suplemen vitamin C (misalnya tablet vitamin C, makanan kaya vitamin C) menjadi perhatian serius. (Yin et al., 2022)

Vitamin C pada penelitian Sadeghi (2021) dapat menurunkan kadar Pb darah dan serebelar pada hewan yang terpajan Pb. Selain itu, pemberian bersama dengan kedua agen ini dapat secara signifikan mengembalikan reaksi lektin dengan glikokonjugat dalam kelompok yang terpajan Pb. Selain sifat pemulungan radikal bebas, vitamin C dapat bertindak sebagai chelator Pb. Mengenai penelitian sebelumnya, suplementasi asam askorbat 1000 mg setiap hari menghasilkan penurunan kadar Pb darah yang signifikan (Han et al., 2007; Hsu dan Guo, 2002). Vitamin C sebagai vitamin yang luar biasa karena khasiat obatnya yang kuat dipercaya memiliki khasiat terapeutik dan farmakologis yang luar biasa seperti antioksidan. Telah didokumentasikan dengan baik bahwa vitamin C dapat meningkatkan enzim antioksidan seluler dan menghambat peroksidasi lipid. Selain itu, seperti yang dijelaskan dalam banyak penelitian vitamin C berperan dalam mengurangi beban Pb dari berbagai jaringan, mis. hati, darah, tulang dan otak. Perlakuan vitamin C beserta bawang putih menghasilkan penurunan kadar Pb darah yang signifikan dengan perbaikan perubahan histopatologis otak kecil tikus (Saleh et al., 2018). Peneliti menunjukkan bahwa pemberian Pb pada bendungan menginduksi perubahan struktural pada otak kecil keturunan tikus. Namun, perawatan vitamin C dan bawang putih pada hewan yang terpapar Pb memperbaiki kadar Pb dalam darah dan jaringan serebelar seiring dengan peningkatan kandungan glikokonjugat (Sadeghi et al., 2021).

Pada pajanan Pb yang bersifat toksik pada serebelum melalui akumulasi di serebelum dan reduksi gula terminal glikokonjugat yang dihasilkan dari pajanan Pb, yang mungkin baru menunjukkan keterlibatan molekul-molekul ini dalam fungsi serebelum. Selain itu, pemberian bersama vitamin C dan bawang putih mengurangi efek samping yang diinduksi Pb. Penelitian tersebut menyoroti potensi penggunaan vitamin C sebagai agen pelindung saraf terhadap gangguan perkembangan serebelum yang diinduksi Pb (Sadeghi et al., 2021). Penelitian vitamin C dan kadar timbal juga dilakukan oleh Rendon (2014) bahwasannya respon molekuler dari sistem antioksidan dan efek suplementasi antioksidan terhadap kerusakan oksidatif pada pekerja yang terpajan timbal belum cukup dipelajari. Dalam penelitiannya antioksidan (vitamin E 400 IU + vitamin C 1 g/hari) ditambahkan untuk satu tahun ke 15 pekerja terpajan timbal (73 g timbal/dl darah) dan hasilnya dibandingkan dengan 19 pekerja tidak terpajan timbal (6,7 g timbal/dl). Keracunan timbal disertai dengan kerusakan oksidatif yang tinggi dan peningkatan antioksidan eritrosit respon karena peningkatan aktivitas katalase dan superoksida dismutase. Suplementasi antioksidan secara signifikan menurunkan kerusakan oksidatif serta kapasitas antioksidan total yang diinduksi oleh keracunan timbal dengan penurunan aktivitas enzim antioksidan. Peneliti menemukan bahwa suplementasi antioksidan efektif dalam mengurangi kerusakan oksidatif dan menginduksi modifikasi status fisiopatologis dari respons antioksidan pada pekerja yang terpajan timbal. (Rendón-Ramírez et al., 2014)

Peningkatan kerusakan oksidatif dan respons antioksidan dengan aktivitas tinggi SOD dan CAT dalam sel darah merah ditemukan pada pekerja yang terpapar partikel yang berasal dari tenaga listrik batu bara, setelah suplemen harian dengan vitamin C (500 mg) dan E (800 mg) selama enam bulan, aktivitas enzimatik antioksidan mencapai tingkat kontrol (Rendón-Ramírez et al., 2014). Hasil serupa diperoleh pada subjek yang terpapar kontaminasi udara dari debu batu bara dan residu padat dari layanan kesehatan insinerasi. Sebaliknya, dalam penelitian pada hewan (in vivo dan in vitro) paparan timbal menginduksi penurunan TAC, dan suplementasi dengan antioksidan eksogen (ekstrak epigallocatechin-3-gallate dan etlingera elatior atau teh hijau) meningkatkan aktivitas antioksidan enzimatik dan, sebagai konsekuensinya, TAC. Pada manusia yang terpapar secara kronis, organisme mungkin menghasilkan proses adaptif yang sangat kompleks yang menyebabkan penghematan energi yang «mengurangi aktivitas enzimatik saat menggunakan antioksidan eksogen (Yin et al., 2022). Antioksidan yang digunakan dalam penelitian secara fisiologis terintegrasi dalam respon antioksidan dan memiliki sistem enzimatik regenerasi yang termasuk dalam siklus redoks. Terbukti, sistem enzimatik antioksidan berkontribusi terutama pada TAC. Di sisi lain, vitamin E dan C dihabiskan selama fungsi pemulung, menghasilkan metabolit teroksidasi yang dikeluarkan dan dihilangkan konsisten dengan pengamatan ini, konsentrasi vitamin E dan C tidak menunjukkan peningkatan substansial pada pekerja yang terpajan timbal setelah suplementasi vitamin dilakukan. Di sisi lain, distribusi dan redistribusi yang cepat dalam sel dapat menyebabkan perubahan konsentrasi vitamin E dan C dalam serum setelah suplementasi vitamin pada pekerja yang terpapar timbal. Aktivitas GPx dan GRx pada dasarnya tidak mengubah apa pun setelah suplementasi vitamin menunjukkan bahwa enzim antioksidan ini tidak berpartisipasi dalam pengurangan TAC pada pekerja yang terpapar timbal (Rendón-Ramírez et al., 2014).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa timbal dapat menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan dengan menghasilkan spesies oksidatif reaktif seperti anion superoksida ($O_2^{\cdot-}$), hidrogen peroksida (H_2O_2), radikal hidroksil ($\cdot OH$) dan oksigen singlet (1O_2), yang mungkin bertanggung jawab atas kerusakan yang ditemukan. Di sisi lain, alfa-tokoferol dan vitamin C dapat menghilangkan anion superoksida dan radikal bebas lainnya yang mungkin menjelaskan efek menguntungkan dari suplementasinya pada pekerja yang terpapar timbal: melindungi enzimatik aktivitas, mengurangi kerusakan oksidatif, meningkatkan efisiensi sistem antioksidan, memungkinkan pengurangan aktivitas antioksidan enzimatik dan, sebagai akibatnya, TAC. Pengobatan dengan kelat dan vitamin C sebagai antioksidan saat ini sedang dilakukan pada pekerja yang terpapar timbal dengan kerusakan saraf yang parah yang mampu mengurangi kadar timbal dalam darah (Rendón-Ramírez et al., 2014).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut: (1) Hasil pengukuran kadar timbal urin responden dengan rata-rata 28,85 $\mu g/L$, standar deviasi sebesar 14,27 $\mu g/L$. Kadar timbal urin remaja awal yang paling rendah adalah 4,3 $\mu g/L$ dan yang paling tinggi adalah 76,20 $\mu g/L$ (2) terdapat hubungan signifikan antara tingkat pengetahuan dengan kadar timbal dalam urin remaja awal ($p=0,045$) (3) tidak terdapat hubungan signifikan antara konsumsi vitamin C dengan kadar timbal dalam urin, dengan tingkat kekuatan hubungan linier yang lemah dan berpola positif ($p=0,235$; $r=0,168$).

Berdasarkan hasil penelitian, maka Dinas Kesehatan Kabupaten Tangerang perlu melakukan edukasi mengenai timbal, seperti paparan dan pencegahannya secara berkelanjutan dan melakukan kolaborasi dengan pemangku kebijakan setempat agar menjadi lebih efisien, serta melakukan tindak lanjut bagi masyarakat atau remaja awal yang telah teridentifikasi memiliki kadar timbal dalam tubuh lebih dari nilai ambang batas, seperti direkomendasikan untuk dilakukan terapi kelasi.

Saran untuk sekolah adalah perlu membuat program edukasi tentang pajanan timbal dan tindakan pencegahan kadar timbal yang dapat dilakukan bekerja sama dengan Puksemas setempat, program tersebut dapat berupa pengetahuan pola konsumsi, seperti rutin mengonsumsi makanan yang mengandung vitamin C sebesar 75 mg/hari untuk laki-laki dan 65 mg/hari untuk perempuan.

Saran untuk peneliti lain adalah kadar timbal dalam urin remaja awal ini mungkin saja disebabkan oleh beberapa faktor lain di luar topik yang diteliti dan ini menjadi keterbatasan pada penelitian ini. Diharapkan peneliti selanjutnya dapat mengikutsertakan variabel-variabel lain yang diduga terdapat keterkaitan dengan kadar timbal dalam urin yang tidak diikutsertakan pada penelitian ini, seperti faktor lamanya beraktivitas, jarak dengan sumber pencemar, serta faktor-faktor asupan makanan lainnya yang dapat memengaruhi kadar timbal dalam tubuh, seperti pada zat besi, kalsium, vitamin D, dan lain-lain.

Acknowledgment

The authors would like to thank informants from DC, SMAX partners for their support to this research.

Author Contribution

Study conception and design NFH, IH; Data collections NFS; Data analysis and interpretation NFS, IH; Drafting of the article NFS; Critical revision of the article NFS, IH.

Funding

This research received no external funding.

Ethical Review Board Statement

Penelitian ini dilakukan atas dasar persetujuan dari Komisi Etik Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Data yang diambil sudah atas izin dari Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan UIN Jakarta, Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Tangerang dan Kepala Sekolah SMP X.

Informed Consent Statement

Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement

The data is available upon request.

Conflicts of Interest

There was no conflict of interest in this study.

Daftar Pustaka

- Albalak, et. al. (2003). Blood lead levels and risk factors for lead poisoning among children in Jakarta, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 301(1–3), 75–85.
- Arifin, S. U., Mayulu, N., & Rottie, J. (2013). Hubungan Asupan Zat Gizi dengan Kejadian Anemia pada Anak Sekolah Dasar di Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. *Ejournal Keperawatan (e-Kp)*, 1(1).
- Bouchard, M., Bellinger, D. C., Weuve, J., Bellinger, J. M., Gilman, S. E., Wright, R. O., ... Weisskopf, M. G. (2010). Blood lead levels and major depressive disorder, panic disorder, and generalized anxiety disorder in U.S. young adults, 66(12), 1313–1319.
- Bradham, K.D., Nelson, C.M., Kelly, J., Pomales, A., Scruton, K., Dignam, T., Misenheimer, J.C., Li, K., Obenour, D.R., Thomas, D.J., 2017. Relationship between total and bioaccessible lead on children's blood lead levels in urban residential Philadelphia soils. *Environ. Sci. Technol.* 51, 10005–10011. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02058>

- Budiyono, Haryanto, B., Hamonangan, E., & Hindratmo, B. (2016). Korelasi Timbal dalam Darah dan Tingkat Kecerdasan (Majemuk) Siswa Sekolah Dasar di Sekitar Peleburan Aki Bekas di Kabupaten Tangerang dan Lamongan. *Ecolab*, 10(1), 1–48.
- Cai, Q. ling, Peng, D. jie, Lin-Zhao, Chen, J. wen, Yong-Li, Luo, H. lan, Ou, S. yan, Huang, M. li, & Jiang, Y. ming. (2021). Impact of Lead Exposure on Thyroid Status and IQ Performance among School-age Children Living Nearby a Lead-Zinc Mine in China. *NeuroToxicology*, 82, 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2020.10.010>
- Canfield, R., Jusko, T.A., Kordas, K., 2005. Environmental lead exposure and children's cognitive function. *Riv. Ital. Pediatr.* 31 (6), 293–300.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2002). Managing Elevated Blood Lead Levels among Young Children: Recommendation from The Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention. Atlanta, Georgia: Centers for Disease Control and Prevention (CDC).
- Chen, X., Cao, S. Z., Wen, D., Zhang, Y., Wang, B., & Duan, X. (2023). Domestic dogs as sentinels of children lead exposure: Multi-pathway identification and Sumber apportionment based on isotope technique. *Chemosphere*, 316. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137787>
- Donangelo, C. M., Kerr, B. T., Queirolo, E. I., Vahter, M., Peregalli, F., Mañay, N., & Kordas, K. (2021). Lead exposure and indices of height and weight in Uruguayan urban school children, considering co-exposure to cadmium and arsenic, sex, iron status and dairy intake. *Environmental Research*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110799>
- Han, J.M., Chang, B.J., Li, T.Z., Choe, N.H., Quan, F.S., Jang, B.J., Lee, J.H., 2007. Protective effects of ascorbic acid against lead-induced apoptotic neurodegeneration in the developing rat hippocampus in vivo. *Brain Res.* 1185, 68–74.
- Hsu, P.C., Guo, Y.L., 2002. Antioxidant nutrients and lead toxicity. *Toxicology* 180, 33–44
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity , mechanism and health effects of some heavy metals, 7(2), 60–72.
- Kementerian Kesehatan RI. (2015). Infodatin Reproduksi Remaja. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Kesehatan RI. (2013). Permenkes Nomor 75 Tahun 2013 Tentang Angka Kecakupan Gizi yang Dianjurkan bagi Bangsa Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2011). Laporan Pengkajian Timbal (Pb) di Udara Ambien di Serpong dan Sekitarnya. PUSARPEDAL Deputi Bidang Pembinaan Sarana Teknis Dan Peningkatan Kapasitas.
- Kordas, K., et. al. (2018). Nutritional status and diet as predictors of children's lead concentrations in blood and urine. *Environment International*, 111(October 2017), 43–51.
- Lormphongs, S., Morioka, I., Miyai, N., & Yamamoto, H. (2004). Occupational Health Education and Collaboration for Reducing the Risk of Lead Poisoning of Workers in a Battery Manufacturing Plant in Thailand, 440–445.
- Ningsih, U. D. (2017). Perbedaan Kadar Vitamin C pada Buah Kersen (*Muntingia calabura*) Berwarna Merah dan Hijau Muda. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Notoatmodjo, S. (2010). Promosi Kesehatan Teori dan Aplikasinya. Jakarta: Rineka Cipta.
- Notoatmodjo, S. (2007). Promosi Kesehatan dan Ilmu Perilaku. Jakarta: Rineka Cipta.
- Palar, H. (2004). Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Rineka Cipta.
- Purnawan. (2012). Analisis Kuat Tekan dan Pelindian pada Pemanfaatan Limbah Slag Daur Ulang Aki Bekas sebagai Bahan Substitusi Material Pasir Semen, (November), 279–283.
- Rawat, P. S., Singh, S., Mahdi, A. A., & Mehrotra, S. (2022). Environmental lead exposure and its correlation with intelligence quotient level in children. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2022.126981>
- Raymond, J., & Brown, M. J. (2017). Childhood Blood Levels in Children Aged n<5 years – United States, 2009–2014. *MMWR Surveillance Summaries*, 66(3), 1–10.

- Rendón-Ramírez, A. L., Maldonado-Vega, M., Quintanar-Escorza, M. A., Hernández, G., Arévalo-Rivas, B. I., Zentella-Dehesa, A., & Calderón-Salinas, J. V. (2014). Effect of vitamin E and C supplementation on oxidative damage and total antioxidant capacity in lead-exposed workers. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 37(1), 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2013.10.016>
- Reuben, A., Caspi, A., Belsky, D.W., Broadbent, J., Harrington, H., Sugden, K., Houts, R. M., Ramrakha, S., Poulton, R., Moffitt, T.E., 2017. Association of Childhood Blood Lead Levels With Cognitive Function and Socioeconomic Status at Age 38 Years and With IQ Change and Socioeconomic Mobility Between Childhood and Adulthood. *J. Am. Med. Assoc.* 317, 1244. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.1712>.
- Reyes, J.W., 2014. Lead Exposure and Behavior: Effects on Antisocial and Risky Behavior Among Children and Adolescents. <https://doi.org/10.3386/w20366>. Cambridge, MA.
- Rudnai, P. (2007). Blood lead levels in children. *European Environment and Health Information System (ENHIS)*.
- Sadeghi, A., Khordad, E., Ebrahimi, V., Raoofi, A., Alipour, F., & Ebrahimzadeh-bideskan, A. (2021). Neuroprotective effects of vitamin C and garlic on glycoconjugates changes of cerebellar cortex in lead-exposed rat offspring. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2021.101948>
- Saleh, H.A., Abdel El-Aziz, G.S., Mustafa, H.N., Saleh, A.H.A., Mal, A.O., Deifalla, A.H.S., Aburas, M., 2018. Protective effect of garlic extract against maternal and foetal cerebellar damage induced by lead administration during pregnancy in rats. *Folia Morphol (Warsz)*. 77, 1–15.
- Sampson, R.J., Winter, A.S., 2016. The Racial Ecology of Lead Poisoning. *Du Bois Rev. Soc. Sci. Res. Race* 13, 261–283. <https://doi.org/10.1017/S1742058X16000151>
- Skerfving, Staffan, & Berghdahl, I. A. (2015). *Handbook on the Toxicology of Metals*. Europe: Elsevier.
- Suciani, S. (2007). Kadar Timbal dalam Darah Polisi Lalu Lintas dan Hubungannya Dengan Kadar Hemoglobin. Univeristas Diponegoro
- Sunaryo. (2004). Psikologi untuk Keperawatan. Jakarta: EGC.
- Swaringen, B. F., Gawlik, E., Kamenov, G. D., McTigue, N. E., Cornwell, D. A., & Bonzongo, J. C. J. (2022). Children's exposure to environmental lead: A review of potential Sources, blood levels, and methods used to reduce exposure. In *Environmental Research (Vol. 204)*. Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112025>
- Takwa, A., Bujawati, E., & Mallapiang, F. (2017). Gambaran Kadar Timbal Dalam Urin dan Kejadian Gingival Lead Line Pada Gusi Anak. *Higiene*, 3(2).
- Taylor, M.P., Forbes, M.K., Opeskin, B., Parr, N., Lanphear, B.P., 2016. The relationship between atmospheric lead emissions and aggressive crime: an ecological study. *Environ. Heal.* 15, 23. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0122-3>
- Vandentorren, S., Brabant, G., Spanjers, L., Coudret, S., Haidar, S., Mondeilh, A., Gault, G., Comba, M., & Etchevers, A. (2023). Activities at risk of lead exposure and lead poisoning in children of travellers' families in charente, France. *Heliyon*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13056>
- von Lindern, I., Spalinger, S., Stifelman, M.L., Stanek, L.W., Bartrem, C., 2016. Estimating children's soil/dust ingestion rates through retrospective analyses of blood lead biomonitoring from the Bunker Hill Superfund Site in Idaho. *Environ. Health Perspect.* 124, 1462–1470. <https://doi.org/10.1289/ehp.1510144>
- Wani, A. L., Ara, A., & Usmani, J. A. (2015). Lead toxicity: a review. *Interdisciplinary Toxicology: PubMed Central*, 8(2), 55–64.
- Wilson, J., Dixon, S. L., Wisinski, C., Speidel, C., Breysse, J., Jacobson, M., Crisci, S., & Jacobs, D. E. (2022). Pathways and Sources of lead exposure: Michigan Children's Lead Determination (the MI CHILD study). *Environmental Research*, 215. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114204>
- World Health Organization. (2010). *Preventing Disease Through Healthy Environments: Exposure to Lead: A Major Public Health Concern*. Geneva: WHO.

- World Health Organization. (2017). Recycling used lead-acid batteries:health considerations. Switzerland: WHO.
- World Health Organization. (2018). Lead poisoning and health. Diakses dari [url:http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/en/) pada 23 Januari 2019 pukul 20.00 WIB
- Yin, N., Han, Z., Jia, W., Fu, Y., Ma, J., Liu, X., Cai, X., Li, Y., Chen, X., & Cui, Y. (2022). Effect of vitamin C supplement on lead bioaccessibility in contaminated soils using multiple in vitro gastrointestinal assays: Mechanisms and health risks. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 243. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113968>