

PAPARAN TIMBAL PADA ANAK USIA 1-5 BERDASARKAN KARAKTERISTIK WILAYAH PERKOTAAN DAN PEDESAAN

Eni Kusrini¹

¹Universitas Binawan

Email: enique1404@gmail.com

Abstrak

Paparan timbal pada anak usia 1-5 tahun merupakan ancaman kesehatan global yang dipengaruhi oleh karakteristik wilayah tempat tinggal. Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk membandingkan pola dan tingkat paparan timbal pada anak kelompok usia tersebut di wilayah perkotaan dan pedesaan. Pencarian literatur dilakukan pada tiga database ilmiah menggunakan kata kunci terkait. Dari empat penelitian yang memenuhi kriteria inklusi, ditemukan bahwa tingkat paparan tidak selalu linear dengan klasifikasi urban-rural, namun sangat bergantung pada sumber kontaminasi spesifik di setiap lokasi. Di Indonesia, aktivitas industri informal seperti daur ulang aki bekas menjadi sumber dominan yang mengakibatkan kadar timbal dalam darah anak di daerah terpapar sangat tinggi. Sementara itu, studi di Amerika Serikat menunjukkan pola yang kompleks, di mana risiko tinggi ditemukan baik di komunitas urban miskin (karena cat rumah tua) maupun di klaster pedesaan tertentu (misalnya akibat air sumur tercemar). Simpulannya, faktor penentu utama paparan timbal adalah keberadaan sumber kontaminasi lokal dan kerentanan sosioekonomi, bukan semata-mata status geografis urban atau rural. Oleh karena itu, program pencegahan dan intervensi harus bersifat kontekstual, berbasis pemetaan risiko spesifik lokasi, dan melibatkan kolaborasi multipihak untuk efektivitas yang maksimal.

Kata Kunci: Paparan Timbal, Anak Usia Dini, Karakteristik Wilayah, Perkotaan, Pedesaan.

Abstract

Lead exposure in children aged 1-5 years is a global health threat influenced by the characteristics of their residential area. This systematic review aims to compare the patterns and levels of lead exposure among children in this age group in urban and rural settings. A literature search was conducted across three scientific databases using relevant keywords. From four studies that met the inclusion criteria, it was found that exposure levels are not linearly dependent on urban-rural classification but are highly contingent on specific local contamination sources. In Indonesia, informal industrial activities such as used lead-acid battery recycling are dominant sources, resulting in alarmingly high blood lead levels among children in exposed areas. Meanwhile, studies in the United States reveal a complex pattern, with high risks found both in impoverished urban communities (due to legacy lead-based paint) and in certain rural clusters (e.g., due to contaminated well water). The conclusion is that the primary determinants of lead exposure are the presence of local contamination sources and socioeconomic vulnerability, rather than merely geographic urban or rural status. Therefore, prevention and intervention programs must be contextual, based on location-specific risk mapping, and involve multi-stakeholder collaboration

for maximum effectiveness.

Keywords: *Lead Exposure, Early Childhood, Regional Characteristics, Urban, Rural.*

PENDAHULUAN

Anak usia 1-5 tahun merupakan periode kritis pertumbuhan dan perkembangan otak serta sistem saraf. Paparan terhadap bahan toksik, khususnya timbal (Pb), pada usia ini dapat menyebabkan dampak yang *irreversible*, seperti penurunan kecerdasan (IQ), gangguan perilaku (hiperaktif dan defisit perhatian), serta gangguan pertumbuhan fisik. Paparan timbal selama masa perkembangan dapat menyebabkan kerusakan saraf langsung yang kemungkinan permanen, seperti kematian sel saraf, gangguan pembentukan sel saraf baru, dan kelainan struktur otak serta sistem saraf. Pada hewan, dosis timbal sangat tinggi terbukti merusak sel-sel rambut dan saraf di telinga dalam, yang mengakibatkan gangguan pendengaran permanen¹.

Timbal adalah logam berat neurotoksik yang tidak memiliki fungsi biologis dalam tubuh manusia, dan paparan sekecil apapun dianggap berbahaya. Timbal (Pb) adalah salah satu logam beracun paling berbahaya yang ada di kerak bumi. Karena sifat fisika-kimianya yang unik, timbal tidak dapat terurai secara alami sehingga terus

menumpuk di lingkungan. Keracunan timbal dapat merusak hampir semua organ tubuh. Dari seluruh sistem organ, sistem saraf adalah yang paling rentan terhadap paparan timbal. Efek konsentrasi timbal yang tinggi pada anak-anak jauh lebih berat dibandingkan pada orang dewasa².

Sumber paparan timbal pada anak sangat beragam dan dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat tinggalnya. Di wilayah perkotaan, anak-anak berisiko tinggi terpapar timbal dari berbagai sumber, seperti: (1) Udara dari emisi kendaraan berbahan bakar bertimbal (meskipun sudah dikurangi, timbal masih ada dalam debu jalanan dari era sebelumnya dan dari industri), (2) Debu dan tanah terkontaminasi di sekitar jalan raya dan kawasan industri, (3) Air minum dari pipa ledeng tua yang disolder dengan timbal, serta (4) Cat berbasis timbal pada bangunan-bangunan tua. Aktivitas anak yang sering bermain di lantai dan memasukkan tangan ke mulut (*hand-to-mouth activity*) memperbesar risiko ingestif debu atau tanah yang terkontaminasi². Timbal dilepaskan ke udara dari aktivitas manusia seperti industri dan transportasi, lalu jatuh ke

tanah dan air melalui hujan. Logam ini juga berasal dari pestisida dan limbah. Karena mudah menempel pada tanah, timbal terakumulasi di permukaan dan dapat terbawa air hujan mencemari perairan. Dari sana, timbal memasuki rantai makanan dan terus bersirkulasi di lingkungan³.

Sebaliknya, di wilayah pedesaan, karakteristik sumber paparan mungkin berbeda. Risiko utama dapat berasal dari lingkungan sekitar tempat pembuangan limbah industri atau pertambangan, peralatan makan dan minum berbahan keramik atau logam dengan glasir mengandung timbal, serta kontaminasi tanah dan air dari aktivitas pertanian yang menggunakan pupuk atau pestisida tertentu. Timbal terdapat di berbagai sudut lingkungan hidup anak-anak mulai dari udara yang dihirup, air yang diminum, tanah yang mereka mainkan, makanan yang dikonsumsi, cat di dinding yang disentuh, hingga mainan yang digunakan.⁴

Perbedaan karakteristik geografis, aktivitas ekonomi, kepadatan penduduk, dan sumber polusi antara wilayah perkotaan dan pedesaan diduga kuat menciptakan pola paparan timbal yang berbeda pada anak-anak. Namun, penelitian di Indonesia yang secara komparatif memetakan dan menganalisis perbedaan tingkat paparan

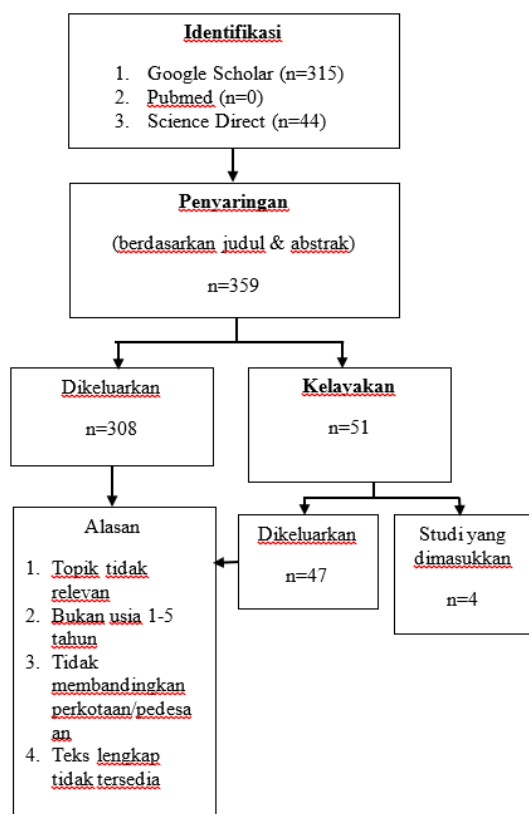
timbal pada anak balita berdasarkan karakteristik wilayah (perkotaan vs. pedesaan) masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilaksanakan guna mengidentifikasi dan membandingkan tingkat paparan timbal pada anak usia 1-5 tahun di wilayah perkotaan dan pedesaan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi pihak terkait (Kementerian Kesehatan, Dinas Lingkungan Hidup, dan pemerintah daerah) dalam menyusun kebijakan dan program kesehatan lingkungan yang spesifik lokasi untuk melindungi generasi penerus bangsa dari bahaya paparan timbal.

METODE PENELITIAN

Pencarian literatur dilakukan pada tanggal 22 Januari 2026 menggunakan tiga database ilmiah yakni Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect. Proses identifikasi, penyaringan, dan kelayakan studi mengikuti pedoman PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) seperti yang digambarkan pada Gambar 1 dengan kata kunci ("lead exposure" OR "Pb exposure") AND ("toddler" OR "preschool" OR "child" AND "1-5 years") AND ("urban" OR "rural" OR

"geographic"). Dari total 359 rekaman yang diidentifikasi, 0 rekaman ditemukan dari sumber lain (seperti pencarian manual dari daftar referensi). Seluruh rekaman dikumpulkan dan duplikat dihapus secara manual, menghasilkan 359 rekaman unik untuk disaring berdasarkan judul dan abstrak. Proses penyaringan ini mengeluarkan 308 rekaman karena tidak relevan dengan fokus penelitian, misalnya tidak membandingkan wilayah perkotaan dan pedesaan, tidak spesifik pada kelompok usia 1-5 tahun, atau bukan merupakan studi primer tentang paparan timbal.



Gambar 1. Diagram Prisma

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan keempat artikel yang lolos seleksi, analisis dilakukan dengan menerapkan kriteria inklusi yang ketat. Kriteria tersebut meliputi: (1) populasi anak berusia 1-5 tahun atau dalam rentang usia yang mencakup kelompok tersebut; (2) paparan utama berupa timbal yang diukur secara objektif melalui kadar timbal dalam darah (*Blood Lead Level/BLL*); (3) desain studi yang memungkinkan adanya perbandingan atau setidaknya memberikan gambaran spesifik tentang paparan timbal berdasarkan karakteristik geografis, khususnya perbedaan antara wilayah perkotaan dan pedesaan; serta (4) hasil yang dilaporkan mencakup tingkat paparan (BLL), faktor risiko, atau dampak kesehatan yang terkait dengan timbal. Penerapan kriteria ini memastikan bahwa studi-studi yang dianalisis relevan dan dapat memberikan jawaban yang terarah terhadap pertanyaan penelitian utama. Hasil kajian literatur disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Kajian Literatur

No	Judul	Metode	Populasi dan Sampel	Temuan Penelitian
1	Determinant Factors of Children's Blood Lead Levels in Java, Indonesia Mansyur et al. (2024) ⁵	Cross-sectional di 4 komunitas terpapar (Cianjaga-Bogor, Pesarean-Tegal, Kadu Jaya-Tangerang, Dupak-Surabaya) dan 1 area kontrol (Ciangmene).	Anak 12-59 bulan (N=564). 324 dari area terpapar, 240 dari kontrol (rural).	BLL median lebih tinggi di area terpapar (15.4 µg/dL) vs kontrol (8.25 µg/dL). Anak di area terpapar, 3.9x lebih berisiko BLL ≥20 µg/dL. Faktor penentu: area tinggal, status ekonomi rendah, penggunaan alat masak aluminium, bumbu kuning/merah, kebersihan rumah.
2	Blood Lead Levels in U.S. Children Ages 1–11 Years, 1976–2016 Egan et al. (2021) ⁶	Analisis tren data survei NHANES (nasional, AS).	Anak 1-11 tahun dari survei nasional (N=27,122 untuk analisis)	GMBLL turun drastis dari 1976-2016. Faktor risiko konsisten tinggi: BLL: ras/etnis (kulit hitam non-Hispanik), kemiskinan (FIPR<1.3), tinggal di rumah tua (dibangun pre-1978), dan tinggal di wilayah Metropolitan.
3	Blood lead levels and lead toxicity in children aged 1-5 years of Cinangka Village, Bogor Regency Irawati et al. (2022) ⁷	Cross-sectional di Desa Cinangka, Kabupaten Bogor, Indonesia (bekas lokasi daur ulang aki bekas/ULAB).	Anak usia 1-5 tahun yang tinggal di 4 dusun bekas daur ulang ULAB. (N=128)	Tingginya BLL diduga kuat akibat akumulasi timbal di tanah dan lingkungan dari aktivitas daur ulang ilegal yang berlangsung puluhan tahun, meskipun telah ditutup resmi pada 2018.
4	Rural and Urban Ecologies of Early Childhood Toxic Lead Exposure: The State of Kansas, 2005 to 2012 Yeter et al. (2022) ⁸	Analisis sekunder data pasif dari Negara Bagian Kansas, USA (tingkat kode pos). Periode data: 2005-2012.	Anak usia 0-5 tahun di Kansas yang dites timbal darah. Sampel: Data dari 655 kode pos, mewakili ~247,320 anak (99.7% populasi usia tersebut di Kansas). Total tes: 192,474.	Risiko tertinggi justru di area pedesaan (rural, 10.0%) dan kluster perkotaan kecil (8.8%), bukan di kota besar (urban, 7.2%). Area suburban memiliki risiko terendah (3.1%). Area Paling Terdampak: Kode pos dengan kepadatan penduduk sangat rendah (<500 orang) memiliki EBLL tertinggi (15.1%). Wilayah Southeast Kansas merupakan yang terparah (EBLL 13.5%).

Pembahasan

Keracunan timbal pada anak pertama kali dikenali pada tahun 1904. Meskipun bukti yang menunjukkan bahwa timbal dapat menyebabkan keracunan pada anak sudah cukup kuat, timbal tetap digunakan secara luas dalam cat, bensin, dan berbagai produk konsumen sepanjang abad ke-20. Akibatnya, terjadi epidemi keracunan timbal pada anak yang menyebar tak terkendali di seluruh dunia selama hampir tujuh puluh tahun. Pada tahun 1970-an, studi klinis dan epidemiologi membuktikan bahwa timbal dapat merusak otak dan organ lain pada

anak, bahkan pada kadar yang jauh lebih rendah daripada yang menyebabkan keracunan akut. Anak-anak tersebut mengalami penurunan kemampuan kognitif, rentang perhatian yang memendek, dan gangguan perilaku yang bersifat permanen⁹.

Dari analisis berbagai penelitian, terlihat bahwa paparan timbal pada anak-anak adalah masalah yang rumit. Tidak bisa disimpulkan bahwa anak di kota selalu lebih terpapar daripada anak di desa, atau sebaliknya^{5,6}. Tingkat paparan sangat tergantung pada kondisi dan sumber pencemaran yang ada di masing-masing daerah. Misalnya, di Indonesia, kadar timbal dalam darah anak-anak sangat tinggi, jauh melebihi angka yang ditemukan di Amerika Serikat saat ini^{5,6}. Di Jawa, anak yang tinggal di daerah dekat tempat daur ulang aki bekas memiliki risiko hampir 4 kali lebih besar untuk memiliki kadar timbal yang sangat berbahaya dibanding anak di daerah yang lebih bersih⁵. Meski di Amerika Serikat angka paparan sudah turun drastis, namun polanya tidak seragam dimana anak dari kelompok minoritas dan miskin di kota-kota besar AS lebih berisiko⁶, tetapi sebuah studi di Kansas justru menemukan bahwa anak-anak di daerah pedesaannya

yang lebih banyak terpapar timbal. Hal ini menunjukkan bahwa setiap wilayah punya masalahnya sendiri⁸.

Sumber timbal di kota dan desa juga berbeda. Di kota-kota besar negara maju seperti Amerika Serikat, bahaya utama datang dari cat rumah tua yang mengandung timbal, yang banyak terdapat di permukiman kumuh dan padat⁶. Sebaliknya, di kota-kota Indonesia, sumber utamanya adalah industri rumahan daur ulang aki bekas yang mencemari lingkungan sekitarnya⁵. Timbal (Pb) dapat ditemukan baik di wilayah perkotaan maupun pedesaan, namun dengan pola dan tingkat paparan yang berbeda. Di area perkotaan, kontaminasi terutama berasal dari akumulasi historis emisi bensin bertimbal, yang mengendap di tanah dan terus-menerus dapat terangkat kembali sebagai debu berbahaya. Kondisi ini menyebabkan kadar timbal dalam darah penduduk urban terutama anak-anak di kawasan terdalam kota secara konsisten lebih tinggi dan berdampak serius pada kesehatan jangka panjang¹⁰.

Sementara itu, di wilayah pedesaan, tingkat timbal umumnya lebih rendah dan lebih terkait dengan sumber lokal seperti aktivitas pertambangan atau polusi atmosfer jarak jauh. Meskipun demikian, setelah

pelarangan bensin bertimbal, penurunan kadar timbal darah di populasi pedesaan cenderung lebih cepat dan stabil dibandingkan di perkotaan. Meski begitu, risiko tetap ada, terutama di daerah dekat industri, sehingga upaya pemantauan dan pencegahan tetap diperlukan di kedua jenis wilayah untuk mengurangi paparan timbal yang berbahaya¹⁰.

Berdasarkan hasil analisis kajian literatur di daerah pedesaan, sumbernya lebih beragam. Di pedesaan Amerika Serikat, air sumur yang tercemar menjadi masalah. Di pedesaan Indonesia, ancaman utama justru berasal dari tanah yang tercemar, limbah aki bekas dan dari alat masak serta bumbu dapur tradisional yang ternyata mengandung timbal^{5,7}. Seperti yang ditemukan di Desa Cinangka, Bogor, semakin lama anak tinggal di daerah tercemar dan semakin rendah penghasilan keluarganya, semakin tinggi kadar timbal dalam darahnya⁷.

Penanganan pajanan timbal pada anak tidak dapat dikatakan lengkap jika tidak mencakup upaya-upaya yang melibatkan masyarakat atau komunitas. Tindak lanjut pada komunitas atau penduduk yang terpapar timbal bertujuan untuk menghentikan atau mencegah pajanan baru, mengurangi faktor

kerentanan, menurunkan kadar timbal dalam darah secara berkelanjutan, serta memulihkan kerusakan atau perubahan yang timbul akibat pajanan timbal. Terdapat lima bentuk tindakan pencegahan pajanan timbal pada komunitas atau penduduk, meliputi edukasi, kesehatan lingkungan, intervensi nutrisi, penanganan medis khusus, serta kesehatan kerja. Langkah pengendalian yang paling penting adalah menghentikan sumber pajanan dan mengendalikan keberadaan timbal dalam air, udara, makanan, tanah, serta benda-benda lain. Upaya ini dapat dilakukan mulai dari tingkat keluarga hingga melibatkan berbagai lembaga terkait melalui kolaborasi antara fasilitas kesehatan, pemerintah daerah, Dinas Kesehatan, Dinas Lingkungan Hidup, Kementerian Kesehatan, Kementerian Lingkungan Hidup, organisasi masyarakat sipil, perguruan tinggi, serta institusi lainnya¹¹

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan tinjauan literatur yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa paparan timbal pada anak usia 1-5 tahun merupakan masalah multidimensi yang tidak dapat disederhanakan hanya berdasarkan dikotomi wilayah perkotaan dan pedesaan. Tingkat dan pola paparan

sangat ditentukan oleh keberadaan sumber kontaminasi spesifik di setiap lokasi, seperti industri daur ulang aki bekas di Indonesia atau cat rumah tua dan infrastruktur air yang tercemar di Amerika Serikat. Faktor kerentanan sosioekonomi, seperti kemiskinan dan kondisi permukiman, terbukti memperparah risiko paparan di kedua jenis wilayah. Kajian ini juga mengungkap bahwa meskipun kebijakan pelarangan timbal pada bensin dan cat telah berhasil menurunkan tingkat paparan secara global, reservoir timbal di lingkungan (tanah, debu) dan sumber-sumber baru yang bersifat lokal masih menjadi ancaman serius. Kekuatan tinjauan ini terletak pada upaya membandingkan konteks negara berbeda, namun memiliki keterbatasan karena jumlah studi primer yang memenuhi kriteria inklusi masih terbatas. Pengembangan penelitian ke depan perlu memperluas cakupan geografis, mengintegrasikan data biomonitoring dengan pemetaan lingkungan, serta mengeksplorasi intervensi berbasis komunitas yang efektif.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian, dirumuskan beberapa rekomendasi.

Secara praktis, pemerintah daerah dan kementerian terkait (Kesehatan, Lingkungan Hidup) perlu mengembangkan program surveilans dan pemetaan risiko timbal yang spesifik lokasi, tidak hanya berpatokan pada klasifikasi urban-rural. Intervensi harus difokuskan pada identifikasi dan pengendalian sumber kontaminasi lokal yang dominan, seperti pengawasan ketat terhadap daur ulang aki bekas informal dan program remediasi tanah terkontaminasi. Edukasi masyarakat, khususnya orang tua dari kelompok rentan, tentang perilaku pencegahan (seperti kebersihan tangan dan rumah) serta alternatif alat masak dan bumbu yang aman, juga sangat penting. Secara keilmuan, diperlukan lebih banyak penelitian epidemiologi di Indonesia yang secara khusus membandingkan paparan timbal antar wilayah serta mengevaluasi dampak jangka panjang paparan timbal terhadap perkembangan anak.

DAFTAR PUSTAKA

- Schneider, J. S. Neurotoxicity and Outcomes from Developmental Lead Exposure: Persistent or Permanent? *Environ. Health Perspect.* **131**, (2023).
- Mandal, G. C., Mandal, A. & Chakraborty, A. The toxic effect of lead on human health. *Human Biology and Public Health* **3**, (2023).
- Collin, M. S. *et al.* Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review. *Journal of Hazardous Materials Advances* **7**, 100094 (2022).
- Olufemi, A. C., Mji, A. & Mukhola, M. S. Potential Health Risks of Lead Exposure from Early Life through Later Life: Implications for Public Health Education. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **19**, 16006 (2022).
- Mansyur, M. *et al.* Determinant Factors of Children's Blood Lead Levels in Java, Indonesia. *Int. J. Hyg. Environ. Health* **261**, 114426 (2024).
- Egan, K. B., Cornwell, C. R., Courtney, J. G. & Ettinger, A. S. Blood Lead Levels in U.S. Children Ages 1–11 Years, 1976–2016. *Environ. Health Perspect.* **129**, (2021).
- Irawati, Y. *et al.* Blood lead levels and lead toxicity in children aged 1-5 years of Cinangka Village, Bogor Regency. *PLoS One* **17**, e0264209 (2022).
- Yeter, D., Woodall, D., Dietrich, M. & Polivka, B. Rural and Urban Ecologies of Early Childhood Toxic Lead Exposure -- the State of

Kansas, 2005 to 2012. *Kans. J. Med.*
15, 285–292 (2022).

Newman, N. C. & Lanphear, B. P. Lead. in
Textbook of Children's Environmental
Health 409–426 (Oxford University
Press New York, 2024).
doi:10.1093/oso/9780197662526.003.
0031.

Mielke, H. W., Gonzales, C. R., Powell, E.
T. & Egendorf, S. P. Lead in Air, Soil,
and Blood: Pb Poisoning

Kementerian Kesehatan RI. *Pedoman*
Nasional Tata Laksana Klinis,
Komunitas, Dan Lingkungan Akibat
Pajanan Timbal Pada Anak Dan Ibu
Hamil. (Kementerian Kesehatan,
Jakarta, 2024).