



unicef
for every child

PURE EARTH
BLACKSMITH INSTITUTE

**Kenyataan yang "Tercemar": Rusaknya Satu Generasi
Potensial Masa Depan Akibat Paparan Polusi Timbal**

Ucapan Terima Kasih

Laporan ini disusun bersama oleh UNICEF dan Pure Earth.



Penulis	Nicholas Rees	Richard Fuller
Bimbingan dan Arahān Secara Umum	Gautam Narasimhan Abheet Solomon	Angela Bernhardt
Desain dan Ilustrasi	Shangning Wang	
Editor		Debbie M. Price
Penelitian dan/atau Tinjauan	Yoonie Choi Fiorella Polo Kam Sripada Lilydahn Stewart Amy Wickham Fangqian Xu Sarzah Yeasmin	Gordon Binkhorst Jack Caravanos Bret Ericson Greg Ferraro Andrew McCartor Elena Rahona

Kami sangat berterima kasih kepada Michael Brauer, Jeff Zhao, dan Jeff Stanaway dari Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) atas perhitungan yang telah disediakan terkait jumlah anak dari seluruh dunia dengan kadar timbal dalam darah yang tinggi; Ernesto Sánchez-Triana dan Santiago Enriquez dari Bank Dunia karena telah menyusun dan berkontribusi untuk *Bab 4: Implikasi Ekonomi yang Lebih Luas*, termasuk analisis terkait; David Heymana dari Axis Maps untuk dukungan pemetaan; dan Centre for Global Health Inequalities Research (CHAIN) NTNU atas kolaborasi dalam penyusunan laporan ini.

Kami juga sangat berterima kasih atas tinjauan secara umum dan masukan teknis dari:

Angela Bandemehr (Badan Perlindungan Lingkungan AS)
Marie-Noël Bruné Drisse (Organisasi Kesehatan Dunia)
Dr. Howard Hu (University of Southern California)
Dr. Philip Landrigan (Boston College)
Dr. Bruce Lanphear (Simon Fraser University)
Nicoline Lavanchy (Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa)
Desiree Raquel Narvaez (Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa)
Walker Smith (Badan Perlindungan Lingkungan AS)
Joanna Tempowski (Organisasi Kesehatan Dunia)

Gambar sampul: © Larry C. Price/Pulitzer Center on Crisis Reporting

Penafian:

Temuan, interpretasi, dan kesimpulan yang diungkapkan dalam makalah ini adalah tanggung jawab penulis dan tidak mencerminkan kebijakan atau pandangan UNICEF, Perserikatan Bangsa-Bangsa, atau Pure Earth. Penyebutan nama tempat di dalam dokumen ini tidak menyiratkan pendapat mengenai status resmi negara atau daerah, atau otoritas di dalamnya, atau penentuan batas-batas wilayahnya.

Kenyataan yang "Tercemar":
Rusaknya Satu Generasi Potensial
Masa Depan Akibat Paparan
Polusi Timbal



DAFTAR ISI

RINGKASAN EKSEKUTIF	1
1. DAMPAK NEGATIF TIMBAL PADA ANAK-ANAK	5
Dampak Kesehatan.....	7
Hilangnya Produktivitas Selama Bertahun-tahun	8
Perkembangan Kognitif dan Neurologis.....	9
Kesehatan Mental, Kekerasan, dan Kejahatan.....	12
Tanda dan Gejala Keracunan Timbal	14
Pencegahan dan Penanggulangan Dampak Kesehatan.....	17
2.KERUGIAN BESAR.....	20
Pemahaman Baru.....	21
3. SUMBER PAPARAN TIMBAL	25
Baterai Asam Timbal	28
Rempah-Rempah, Kosmetik, dan Mainan.....	31
Keramik dan Peralatan Masak.....	35
Cat dan Pigmen Berbahaya Dasar Timbal.....	38
Bensin Bertimbal	40
Timbal di Tanah	41
Timbal dalam Air	42
Limbah Elektronik.....	44
Paparan di Tempat Kerja	47

4. IMPLIKASI EKONOMI YANG LEBIH LUAS	49
Perkiraan Efek terhadap Ekonomi Nasional/Daerah	50
Perkiraan Efek terhadap Ekonomi Kesehatan Global.....	52
Manfaat dan Biaya Intervensi untuk Mengurangi Paparan Timbal.....	53
5. SOLUSI UNTUK MENGATASI PAPARAN TIMBAL TERHADAP ANAK	55
Sistem Pemantauan dan Pelaporan.....	57
Tindakan Pencegahan dan Pengendalian.....	58
Pengelolaan, Pengobatan, dan Remediasi	59
Kesadaran Masyarakat dan Perubahan Perilaku	60
Peraturan Perundang-Undangan dan Kebijakan	61
Aksi di Tingkat Global dan Regional.....	62
LAMPIRAN	67
REFERENSI	74

RINGKASAN EKSEKUTIF

Ratusan juta anak teracuni oleh timbal. Beberapa dari anak-anak ini tinggal di komunitas miskin di negara kaya, tetapi sebagian besar tinggal di negara miskin dan terpapar timbal dari berbagai sumber. Seringkali tanpa disadari dan dengan konsekuensi yang mengubah hidup, anak-anak ini tumbuh dalam bahaya, menghirup debu dan asap dari kegiatan daur ulang baterai asam timbal bekas tanpa memenuhi standar dan peleburan terbuka. Selain itu, mereka mengonsumsi makanan yang terkontaminasi oleh tembikar berlapis timbal dan rempah-rempah yang mengandung timbal. Mereka tinggal di rumah dengan cat timbal yang terkelupas, bermain, dan bahkan bekerja, di tempat pembuangan sampah elektronik yang mengandung timbal.

Menurut analisis dan penelitian baru yang inovatif, sekitar 1 dari 3 anak – hingga sekitar 800 juta secara global – memiliki kadar timbal dalam darah pada atau di atas 5 mikrogram per desiliter ($\mu\text{g}/\text{dL}$), tingkat yang dinyatakan Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit AS (CDC)¹ perlu ditindaklanjuti dan yang menurut Organisasi Kesehatan Dunia mungkin menyebabkan penurunan kecerdasan pada anak-anak, kesulitan perilaku dan masalah belajar.² Penelitian tentang timbal dilakukan dan disusun selama beberapa dekade oleh Badan-badan PBB, seperti Organisasi Kesehatan Dunia, Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa dan Dana Anak-Anak Perserikatan Bangsa-Bangsa, serta organisasi nonpemerintah dan organisasi penelitian seperti Pure Earth, Human Rights Watch, Institut Kesehatan Nasional AS, Institute for Health Metrics and Evaluation, dan banyak universitas.

Penelitian ini secara tegas menyimpulkan bahwa anak-anak di seluruh dunia teracuni oleh timbal dalam skala besar dan tidak disadari sebelumnya.

Sebagian besar anak-anak yang terkena dampak timbal ini tinggal di Afrika dan Asia, tetapi banyak juga yang terkena dampak di Amerika Tengah dan Selatan serta Eropa Timur. Sementara kadar timbal dalam darah (*blood lead levels/BLL*) menurun secara drastis di negara berpenghasilan tinggi sejak bensin bertimbal dan cat berbahaya dasar timbal tidak lagi digunakan di beberapa tempat, kadar timbal dalam darah anak-anak dan orang dewasa di negara berpenghasilan rendah dan menengah dan di kantong di negara berpenghasilan tinggi masih sangat mengkhawatirkan.

Keracunan timbal pada masa kanak-kanak hendaknya segera ditanggapi oleh dunia internasional. Namun, timbal adalah pembunuh senyap yang keberadaannya kerap tidak dikenali. Timbal mengakibatkan kerusakan permanen pada otak dan sistem saraf anak-anak yang sedang berkembang, jantung, paru-paru dan ginjal dan sering kali tidak bergejala atau menyebabkan gejala yang tidak kentara pada tahap awal. Tidak mengherankan jika tingginya tingkat keracunan timbal global baru terungkap akhir-akhir ini.

Kerusakan Berkepanjangan di Level Rendah

Menurut WHO, tidak ada tingkat paparan timbal yang aman. Tingkat paparan timbal yang relatif rendah sebelumnya dianggap 'aman', tapi terbukti merusak kesehatan anak-anak dan mengganggu perkembangan kognitif mereka. Meskipun tingkat paparannya rendah, timbal adalah neurotoksin kuat yang menyebabkan penurunan skor IQ dan rentang perhatian, dan potensi perilaku kekerasan dan bahkan kriminal di kemudian hari. Anak-anak di bawah usia 5 tahun paling berisiko menderita kerusakan neurologis, kognitif dan fisik seumur hidup dan bahkan kematian akibat keracunan timbal. Anak-anak yang lebih besar dan orang dewasa juga sangat menderita karena paparan timbal yang berkepanjangan dalam makanan, air, dan udara yang mereka hirup, dan lebih berisiko mengalami kematian akibat penyakit kardiovaskular dan kerusakan ginjal di kemudian hari.³

Dampak timbal pada orang dewasa begitu besar sehingga lebih dari 900.000 kematian dini per tahun disebabkan oleh paparan timbal.⁴

Anak-anak dengan kadar timbal darah di atas 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ mungkin mendapat skor 3-5, atau lebih, poin lebih rendah pada tes kecerdasan daripada teman sebaya mereka yang tidak terpengaruh.⁵ Penurunan IQ ini merusak potensi masa depan dan mengurangi prospek mereka. Penurunan fungsi kognitif secara luas di sejumlah besar kota atau negara mengakibatkan penurunan produktivitas kreatif dan ekonomi di seluruh masyarakat.⁶

Kenakalan remaja, kekerasan, dan kejahatan dikaitkan dengan paparan timbal pada masa prasekolah.⁷ Sebaliknya, penurunan kadar timbal dalam darah rata-rata pada anak-anak prasekolah dari di atas 10 µg/dL hingga di bawah 5 µg/dL dikaitkan dengan penurunan signifikan pada angka kejahatan, dengan tingkat penangkapan remaja dalam kasus kekerasan dan kejahatan terhadap harta benda turun hingga 50 persen.⁸ Semua faktor ini berdampak pada pertumbuhan ekonomi, kemakmuran, dan keamanan suatu negara. Dengan memperhitungkan berbagai efek, analisis biaya-manfaat di Amerika Serikat memperkirakan manfaat senilai \$3,10 untuk setiap dolar yang dihabiskan dalam penegakan aturan Badan Perlindungan Lingkungan AS (EPA) untuk mengurangi bahaya timbal.⁹

Sumber Umum Paparan

Sumber paparan timbal pada masa kanak-kanak termasuk, tetapi tidak terbatas pada: timbal dalam air yang dialirkan melalui pipa bertimbal; timbal dari industri aktif, seperti pertambangan dan daur ulang baterai; cat dan pigmen berbahaya timbal; bensin bertimbal (yang penggunaannya menurun drastis dalam beberapa dekade terakhir, tetapi sebelumnya merupakan sumber utama); solder timbal dalam kaleng makanan; dan timbal dalam rempah-rempah, kosmetik, pengobatan ayurveda, mainan dan produk konsumen lainnya.¹⁰ Orang tua yang bekerja dengan timbal sering membawa pulang debu yang terkontaminasi pada pakaian, rambut, tangan dan sepatu mereka, sehingga secara tidak sengaja memaparkan anak-anak mereka pada unsur beracun.¹¹ Anak-anak juga terpapar timbal dalam rahim ibunya yang berdampak buruk pada perkembangan *neurobehavioral* mereka sebagaimana paparan timbal pada masa kanak-kanak.¹²

Salah satu sumber paparan timbal yang paling mengkhawatirkan adalah daur ulang yang tidak sehat dari baterai asam timbal bekas (ULAB), yang sebagian besar digunakan mobil, truk, dan kendaraan lain. Kegiatan daur ulang sering dilakukan secara informal, tanpa izin, dan sering kali ilegal di tempat terbuka di dekat rumah dan sekolah.¹³ Baterai berbahaya timbal adalah komponen penting dalam 1 miliar kendaraan berbahaya bakar bensin dan bermesin diesel di seluruh dunia, serta sel bahan bakar stasioner dan sistem telekomunikasi yang penting.¹⁴ Sejak tahun 2000, jumlah kendaraan baru di negara berpenghasilan rendah dan menengah meningkat lebih dari tiga kali lipat.¹⁵ Faktanya, menurut World Lead Factbook yang dipublikasikan oleh International Lead and Zinc Study Group, sekitar 85 persen timbal digunakan untuk memproduksi baterai asam timbal.¹⁶ Sebagian besar timbal ini diperoleh dari baterai mobil daur ulang.¹⁷

Timbal dapat didaur ulang, dan dapat digunakan kembali dengan aman dan bersih melalui praktik yang konsisten dengan ekonomi sirkular dan prinsip rantai pasok, seperti di negara dengan peraturan dan pemantauan lingkungan yang baik.¹⁸

Namun, banyak negara mengalami kekurangan infrastruktur dan kapasitas daur ulang yang baik dan memadai untuk menangani membanjirnya baterai asam timbal bekas di pasar.

Akibatnya, setengah dari baterai asam timbal tersebut berakhir di sektor informal¹⁹ dan didaur ulang secara liar dan seringkali ilegal. Dalam proses daur ulang ini, wadahnya dibongkar, asam dan debu timbalnya jatuh ke tanah, dan timbal dilebur di tungku terbuka yang memuntahkan asap dan debu beracun yang mencemari lingkungan sekitar.²⁰

Timbal dari daur ulang sekunder secara informal digunakan dalam produk selain baterai kendaraan. Di Meksiko, glasir tembakar berbahaya dasar timbal pada peralatan masak dan wadah saji tetap merupakan sumber paparan timbal yang signifikan bagi anak-anak dan orang dewasa.²¹ Di banyak negara, rempah-rempah, seperti kunyit, dicampur dengan timbal kromat agar terlihat berwarna kuning cerah dan lebih berat.²² Rempah-rempah dicampur timbal dan tembakar berlapis timbal ini dapat secara signifikan meningkatkan kadar timbal darah anak-anak dan orang dewasa.

Paparan timbal akibat daur ulang ULAB secara informal atau kontaminasi makanan berdampak pada anak-anak dan seluruh masyarakat. Namun beban penyakit masyarakat, cedera seumur hidup dan kerusakan kognitif, meningkatnya kekerasan, dan kematian tragis dapat dicegah.^{23,24} Tersedia teknologi yang dapat memperbaiki daur ulang ULAB dan limbah elektronik serta kegiatan peleburan timbal tanpa membuat ulang siklus industri.²⁵ Bantuan keuangan dan teknis, inovasi, dan kolaborasi antara industri swasta, sektor publik, dan organisasi nonpemerintah, memungkinkan masalah tersebut diatasi dengan menerapkan praktik yang baik, meninggalkan daur ulang dan peleburan timbal yang tidak aman, membersihkan kontaminasi di masyarakat, menghapus penggunaan timbal secara bertahap dalam cat dan produk konsumen, dan mengelola keamanan air minum. Manfaat dari investasi ini sangat besar: membaiknya kesehatan, meningkatnya produktivitas dan IQ, menurunnya angka kekerasan, dan cerahnya masa depan jutaan anak di seantero planet ini.²⁶

Pendekatan Enam Cabang

Polusi timbal dan paparannya di kalangan anak-anak dapat diatasi dengan pendekatan enam cabang yang terkoordinasi dan terpadu di berbagai ranah berikut:

Sistem Pemantauan dan Pelaporan: Pendekatan ini mencakup pengembangan kapasitas untuk penguji kadar timbal dalam darah; penguatan peran sektor kesehatan dalam pencegahan, diagnosis dan penanganan paparan timbal pada masa kanak-kanak; pemantauan kadar timbal dalam darah di survei rumah tangga; penilaian pembagian sumber di tingkat lokal untuk memastikan terpaparnya anak-anak; dan identifikasi lokasi kontaminasi timbal.

Tindakan Pencegahan dan Pengendalian: Pencegahan paparan adalah yang terpenting. Langkah ini meliputi pencegahan agar anak-anak tidak terpapar lokasi berisiko tinggi; pencegahan paparan produk yang mengandung timbal (misalnya keramik, cat, mainan, dan rempah-rempah tertentu) pada wanita hamil dan anak-anak. Selain itu, harus dipastikan bahwa anak-anak, ibu hamil dan ibu menyusui menerima layanan kesehatan dan nutrisi yang memadai dampak paparan timbal berkurang. Paparan timbal juga dapat dicegah dengan memperbaiki praktik daur ulang dan sistem pengumpulan ULAB; mengganti timbal dalam glasir tembikar dan peralatan masak dengan alternatif yang lebih aman; tidak mencampur rempah-rempah dengan timbal kromat; tidak memproduksi dan tidak menjual cat timbal dengan mengesahkan undang-undang cat timbal; dan sepenuhnya menghilangkan potensi paparan timbal di area tempat anak-anak tinggal, bermain, dan belajar.

Pengelolaan, Perawatan dan Remediasi: Langkah ini termasuk peningkatan layanan kesehatan primer, pelatihan bagi tenaga kesehatan untuk mengidentifikasi, menangani dan mengobati paparan timbal pada anak-anak dan wanita hamil; pemberian nutrisi dan layanan kesehatan yang lebih baik kepada anak-anak untuk membantu mengobati paparan timbal; peningkatan intervensi pendidikan dan terapi perilaku kognitif untuk anak-anak yang memiliki perilaku tipe ADHD dan kadar timbal darah tinggi; dukungan pengembangan dan penggunaan glasir tembikar yang tidak beracun; dan penampungan serta pembersihan tempat yang terkontaminasi timbal.

Kesadaran Publik dan Perubahan Perilaku: Untuk menggugah kesadaran publik dan mendorong perubahan perilaku, dapat diadakan kampanye pendidikan publik

yang berkelanjutan tentang bahaya dan sumber paparan timbal dengan seruan langsung kepada orang tua dan pengasuh, sekolah, organisasi pemuda, tokoh masyarakat dan tenaga kesehatan. Sumber daya media dan komunikasi dapat dimanfaatkan untuk menjangkau khalayak yang mungkin tidak menyadari risiko paparan timbal pada anak-anak dan wanita hamil. Di ranah pendidikan, pekerja dan pemilik industri terkait timbal (misalnya di daur ulang dan peleburan ULAB, pembuatan tembikar keramik, pencampuran rempah-rempah) dapat diedukasi tentang risiko paparan timbal dan cara melindungi diri, keluarga, dan komunitas mereka. Guru kelas dan anak-anak juga perlu dididik tentang risiko sebagai bagian dari intervensi kesehatan sekolah.

Peraturan Perundang-Undangan dan Kebijakan: Melalui pendekatan ini, standar lingkungan, kesehatan dan keselamatan untuk pembuatan dan daur ulang baterai asam timbal, limbah elektronik dan zat lain yang mengandung timbal dikembangkan, diterapkan dan ditegakkan. Di samping itu, diperlukan penegakan peraturan lingkungan dan kualitas udara untuk kegiatan peleburan. Penggunaan senyawa timbal dalam cat dan bensin (di beberapa tempat), keramik dan tembikar, mainan anak-anak, kosmetik, rempah-rempah dan obat-obatan juga harus ditinggalkan. Batas timbal pada cat perlu ditentukan dalam instrumen yang mengikat secara hukum. Pengaturan dibutuhkan agar daur ulang ULAB secara informal memenuhi standar. Pekerja anak harus dilarang dalam pemilahan limbah elektronik atau penambangan logam. Upaya preventif dapat ditempuh dengan mengurangi akses ke lokasi pencemaran, terutama untuk anak-anak dan wanita hamil dan mengelola keamanan air minum sehingga standar kualitas memiliki parameter yang ketat pada timbal.

Aksi di Tingkat Global dan Regional: Berbagai aksi yang dapat dilakukan diantaranya menentukan unit ukuran standar global untuk memverifikasi dan melacak hasil intervensi polusi pada kesehatan masyarakat, lingkungan dan ekonomi lokal; mencatat hasil studi tingkat timbal dalam darah secara anonim di level internasional; menciptakan standar dan norma internasional seputar daur ulang dan pengangkutan baterai asam timbal bekas, termasuk pergerakan lintas batas; membangun kemitraan yang memobilisasi sumber daya dan bantuan teknis, termasuk dari sektor dan industri swasta, untuk mengatasi masalah daur ulang ULAB yang tidak sehat dan sumber timbal lainnya; dan mendorong penelitian di pelbagai bidang untuk mengisi kesenjangan bukti/penelitian.



1

DAMPAK NEGATIF TIMBAL PADA ANAK-ANAK



Timbal adalah racun kuat yang menyerang saraf dan jantung serta menyebabkan hampir 1,5 persen angka kematian tahunan (900.000 kematian) di dunia.¹ Jumlah tersebut hampir sama dengan kematian akibat HIV/AIDS (954.000 kematian) dan lebih banyak dari kematian akibat malaria (620.000 kematian), perang dan terorisme (150.000 kematian) atau bencana alam (90.000 kematian).² Namun, angka kematian tahunan hanya menggambarkan sebagian kecil dampak sebenarnya dari timbal. Efek paling berbahaya dari paparan timbal menyerang otak anak-anak. Saat masuk ke dalam tubuh, timbal memengaruhi perkembangan otak dan sistem saraf pusat anak, menyebabkan penurunan kecerdasan, penurunan pencapaian pendidikan, gangguan perilaku, peningkatan tendensi melakukan kejahatan, dan penurunan pendapatan jangka panjang.³ Dampak terhadap potensi dan peran anak-anak di masa depan dalam masyarakat ini tak hanya menjadikan timbal masalah lingkungan dan kesehatan, tetapi juga penentu penting yang sering kali terabaikan terkait perkembangan ekonomi internasional dan stabilitas masyarakat.

Toksitas timbal yang mungkin teridentifikasi sejak zaman kuno telah diakui sebagai bahaya kesehatan masyarakat sejak tahun 1920-an.⁴ Timbal merupakan senyawa yang sulit terurai secara alami yang residunya akan tetap menjadi sumber paparan dalam waktu lama setelah digunakan. Sebagai gambaran, timbal tetap ada di tanah dengan endapan atmosfer dari pabrik peleburan timbal dalam waktu lama pascapenghentian pengoperasian pabrik atau dari bensin bertimbal sekalipun penggunaannya telah lama dilarang. Cat bertimbal tetap menempel di dinding sampai benar-benar dihilangkan atau, sampai terkelupas, mengontaminasi area termasuk tanah di sekitarnya. Timbal juga dapat berpindah dari tanah ke air tanah, tergantung pada jenis senyawa timbal dan karakteristik tanah serta proses hidrologi di sekitarnya.⁵

Setelah tertelan, timbal diserap melalui saluran pencernaan, didistribusikan melalui aliran darah ke seluruh tubuh, dan berdampak paling parah ke ginjal, hati, jantung, dan sistem saraf pusat sekaligus sistem hemopoietik, endokrin, dan reproduksi.⁶ Seperti kalsium, yang ditirunya,⁷ timbal disimpan dalam gigi dan tulang tempatnya menumpuk dari waktu ke waktu untuk dilepaskan ke aliran darah dalam situasi yang menuntut, seperti selama kehamilan, saat tulang patah, atau saat kadar kalsium darah rendah.⁸ Paparan timbal yang baru terjadi dapat diukur lewat sampel darah, sementara paparan kumulatif dapat diukur lewat gigi atau tulang.⁹

Bahaya Lebih Besar bagi Anak-Anak

Potensi efek negatif timbal jauh lebih besar bagi anak-anak daripada orang dewasa karena beberapa alasan:

Pertama, bayi dan anak kecil menyerap sekitar 4–5 kali lebih banyak timbal yang masuk ke tubuh mereka daripada orang dewasa.¹⁰

Kedua, anak-anak bernapas, minum, dan makan lebih banyak per unit berat badan daripada orang dewasa. Akibatnya, asupan timbal relatif mereka dari udara, makanan, atau air yang terkontaminasi juga lebih tinggi.¹¹

Ketiga, karakteristik perilaku membuat mereka lebih rentan terhadap paparan timbal. Risiko menelan tanah dan debu yang terkontaminasi timbal lebih besar akibat cara anak-anak bermain di luar ruangan dan karena mereka berkegiatan lebih dekat ke tanah utamanya saat belajar berjalan atau merangkak. Kecenderungan yang lebih tinggi untuk memasukkan tangan ke mulut serta mengalami gangguan pica (kebiasaan memakan zat yang tidak bernutrisi secara terus-menerus seperti kotoran atau cat) juga menempatkan anak-anak pada risiko yang lebih besar.¹² Rata-rata, diperkirakan seorang anak kecil menelan antara 100–400 mg tanah atau debu rumah setiap hari dan, khusus anak-anak yang mengalami pica, jumlah yang tertelan bisa jauh lebih tinggi.¹³

Keempat, sawar darah otak masih berkembang pada anak-anak, terutama pada usia muda. Karenanya, kerusakan neurologis lebih kerap terjadi pada anak-anak dibandingkan orang dewasa yang mengalami tingkat paparan terhadap timbal yang sama.¹⁴ Otak anak tumbuh paling cepat selama tahun-tahun awal hidupnya, dengan ribuan koneksi neuron tercipta tiap detik¹⁵ – dan paparan terhadap timbal secara signifikan dapat mengganggu proses yang kompleks, penting, dan rumit ini.

Kelima, deprivasi yang terjadi selama masa kritis anak usia dini berpotensi menimbulkan implikasi sosial ekonomi seumur hidup, termasuk pada hasil pendidikan, kekerasan, upah di masa depan, dan potensi sosial dan ekonomi anak-anak dalam kehidupan.¹⁶

Anak Miskin Memiliki Risiko Terbesar

Selain itu, sering kali anak-anak termiskin yang mengalami dampak paling parah. Anak-anak termiskin tersebut adalah yang:

- Tinggal di daerah dengan risiko paparan lebih tinggi seperti di berbagai lokasi daur ulang baterai asam timbal informal dan operasi peleburan lebih sering dilakukan atau di rumah yang menggunakan cat atau pipa berbahaya timbal.¹⁷
- Memiliki anggota keluarga yang lebih mungkin bekerja di industri-industri seperti daur ulang baterai timbal asam, peleburan, pabrik keramik artisan, dan tambang logam tanpa menggunakan peralatan pelindung.¹⁸
- Tinggal di daerah dengan tingkat identifikasi dan pengetahuan faktor risiko tersebut lebih rendah. Identifikasi, peningkatan kesadaran, dan penghapusan timbal mungkin memerlukan sumber daya yang sering kali tidak tersedia.
- Tinggal di daerah dengan akses ke layanan kesehatan untuk pemantauan, pengobatan, dan pencegahan risiko lebih rendah. Ada banyak anak yang tidak memiliki akses ke layanan kesehatan berkualitas dan tidak menjalani pemeriksaan.¹⁹
- Memiliki status kesehatan dan gizi lebih rendah, seperti mengalami kekurangan zat besi atau makan makanan kurang kalsium. Kondisi-kondisi tersebut dapat meningkatkan penyerapan timbal.²⁰



Dampak Kesehatan

Timbal, unsur yang sangat beracun, menyerang hampir setiap organ dalam tubuh anak.²¹ Kadar timbal dalam darah yang rendah saja sudah dapat membahayakan sistem reproduksi, neurologis, dan kardiovaskular.²²

Dampak timbal tergantung pada tingkat dan durasi paparan. Paparan akut dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gangguan pencernaan, seperti anoreksia, mual, muntah, dan sakit perut. Paparan tersebut juga dapat menyebabkan kerusakan hati dan ginjal, hipertensi, dan dampak neurologis seperti rasa tidak enak badan dan kantuk.²³ Pada tingkat paparan yang sangat tinggi, timbal dapat menyebabkan ensefalopati yang mengancam nyawa, mengakibatkan kejang, kebutaan, keterbelakangan mental, dan bahkan kematian.

Timbal biasanya merupakan racun kronis atau kumulatif. Paparan timbal kronis dapat menyebabkan efek hematologis, seperti anemia, dan gangguan neurologis, seperti sakit kepala, lekas marah, lesu, kejang, kelemahan otot, ataksia, tremor, dan kelumpuhan.²⁴ Badan Internasional untuk Penelitian Kanker (IARC) telah menggolongkan timbal anorganik sebagai zat dengan potensi karsinogenik bagi manusia (Grup 2A), yang berarti ada bukti terbatas tentang karsinogenisitas pada manusia dan lebih banyak bukti pada hewan.²⁵ Timbal juga ditemukan menghambat penggunaan vitamin D dan zat besi oleh tubuh yang mengakibatkan keterlambatan pertumbuhan dan balita pendek (stunting).²⁶

Paparan timbal sebelum dan selama kehamilan juga berpotensi sangat berbahaya. Sejak pertama kali terpapar, timbal yang tersimpan di dalam tulang ibu hamil dapat menyebar selama kehamilan, terutama saat kadar kalsium dalam darah rendah. Hal ini meningkatkan kadar timbal dalam darah dan menimbulkan risiko bagi ibu dan anak yang belum lahir. Risiko ini diidentifikasi menimbulkan perdarahan, keguguran, lahir mati,²⁷ kelahiran prematur, dan berat badan lahir rendah, serta malformasi minor.²⁸ Biasanya, jumlah timbal dalam darah ibu sama dengan kadar yang ditemukan pada janin. Paparan timbal di masa kehamilan dapat memengaruhi pertumbuhan bayi serta kemampuannya untuk mendengar, melihat, dan belajar.²⁹

“ Timbal adalah racun kumulatif yang memengaruhi sistem tubuh dan sangat berbahaya bagi anak kecil. ”

– Organisasi Kesehatan Dunia³⁰

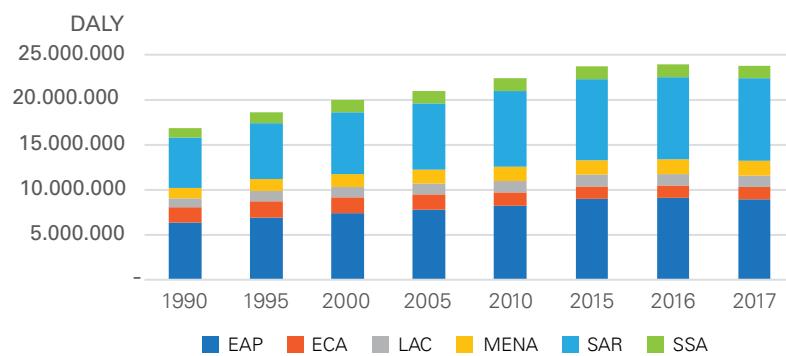
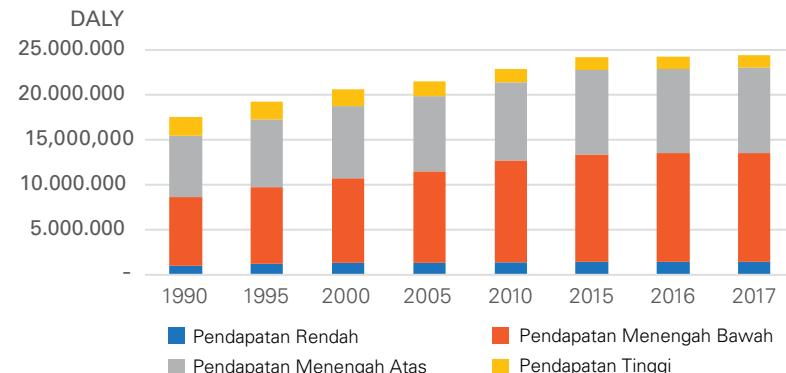
Hilangnya Produktivitas Selama Bertahun-tahun

Institute of Health Metrics and Evaluation (IHME) memperkirakan pada tahun 2019 paparan timbal menyumbang lebih dari 902.000 kasus kematian dan kerusakan kesehatan selama 21,7 juta tahun (diukur dalam Disability Adjusted Life Years atau DALYs) di seluruh dunia akibat efek jangka panjang dari paparan timbal pada kesehatan.³¹ Paparan timbal menyumbang 62,5 persen dari beban global disabilitas intelektual perkembangan idiopatik, 8,2 persen dari beban global penyakit jantung hipertensi, 4,6 persen dari beban global penyakit jantung iskemik, 4,7 persen dari beban global strok, dan 2,9 persen dari beban global penyakit ginjal kronis.³²

Saat ini, 94 persen dari beban penyakit (tahun hidup sehat yang hilang) akibat paparan terhadap timbal terjadi di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Antara tahun 1990 dan 2017, dampak kesehatan akibat paparan terhadap timbal meningkat hampir 40 persen secara global, dengan negara-negara berpenghasilan menengah yang lebih rendah mengalami peningkatan tertinggi, dan negara-negara berpenghasilan tinggi mengalami penurunan lebih dari 30 persen (Gambar 2). Asia Selatan, Asia Timur, dan Pasifik adalah wilayah dengan paparan timbal yang menghasilkan angka DALY terbesar.³³

Tingkat kematian global yang disebabkan oleh paparan terhadap timbal juga terus meningkat selama 30 tahun terakhir dan kini tingkatnya 21 persen lebih tinggi daripada tahun 1990.³⁴ Tren peningkatan angka kematian akibat timbal paling mencolok di negara-negara berpenghasilan menengah ke atas, yang mengalami peningkatan 46 persen sejak tahun 1990.³⁵ Di seluruh Asia Timur, angka kematian telah meningkat sebesar 53 persen.³⁶ Saat ini, 92 persen dari semua kematian yang disebabkan oleh paparan terhadap timbal terjadi di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah.³⁷

Gambar 1 Efek Kesehatan Paparan terhadap Timbal Berdasarkan Tingkat Pendapatan Negara, 1990–2017



Sumber: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD 2017 Results Tool | GHDx. (2018) <http://ghdx.health-data.org/gbd-results-tool>

Catatan: EAP = Asia Timur dan Pasifik; ECA = Eropa dan Asia Tengah; LAC = Amerika Latin dan Karibia; MENA = Timur Tengah dan Afrika Utara; SAR = Asia Selatan; SSA = Afrika Sub-Sahara

Perkembangan Kognitif & Neurologis

Efek timbal yang paling membahayakan pada anak-anak adalah pada sistem saraf yang sedang berkembang.³⁸ Pada tingkat yang sangat rendah sekalipun, paparan terhadap timbal pada anak-anak dikaitkan dengan penurunan kemampuan kognitif, penurunan skor IQ, penurunan prestasi akademik, dan masalah perilaku.³⁹ Anak-anak dengan kadar timbal dalam darah 5 µg/dL mendapat skor 3–5 poin atau lebih rendah pada tes kecerdasan dibandingkan teman sebaya mereka yang kadar timbal dalam darahnya tidak meningkat.⁴⁰ Temuan ini dan sejumlah temuan lain mendukung konsensus ilmiah kuat bahwa kandungan timbal dalam darah sekecil apa pun dapat berdampak pada kesehatan anak-anak dan orang dewasa.

Sebuah analisis meta terhadap tingkat timbal dalam darah anak-anak di India menemukan bahwa, rata-rata, anak-anak yang diteliti diperkirakan kehilangan 4 poin IQ akibat terpapar timbal.⁴¹ Analisis yang mengonsolidasikan hasil dari 31 studi terpisah yang menunjukkan kadar timbal darah dari 5.472 orang di sembilan negara bagian tersebut menemukan tingkat timbal dalam darah rata-rata 6,86 µg/dL untuk anak-anak dan 7,52 µg/dL untuk orang dewasa tanpa ada kontak di tempat kerja.⁴²

Bahkan konsentrasi timbal dalam darah di bawah 5 µg/dL dinyatakan memiliki korelasi dengan kerusakan neurologis pada anak-anak.⁴³ Terkait hal ini, penelitian secara konsisten menunjukkan penurunan IQ yang lebih tajam pada anak-anak dengan konsentrasi timbal dalam darah di bawah 10 µg/dL.⁴⁴ Satu tinjauan pustaka analisis meta yang memeriksa kadar timbal dalam darah di bawah 5 µg/dL tidak menemukan indikasi adanya ambang batas yang menjamin ketiadaan efek samping.⁴⁵

Secara global, paparan terhadap timbal diperkirakan menyumbang hampir 10 persen dari beban disabilitas intelektual yang tidak diketahui penyebabnya.⁴⁶ Efek samping umumnya bersifat permanen.⁴⁷ Pengobatan dengan agen farmakologis (biasanya, obat kelasi) tersedia untuk gejala terburuk keracunan akut tingkat tinggi, tetapi uji coba terkontrol acak multipusat yang ketat tidak dapat menunjukkan peningkatan kecerdasan pada anak-anak dengan tingkat paparan kronis dan sedang yang umumnya dialami oleh anak-anak di dunia.⁴⁸ Studi pencitraan pada orang dewasa yang pernah memiliki kadar timbal dalam darah tinggi saat anak-anak menemukan pengurangan volume otak dan perubahan struktur mikro pada bagian otak spesifik,

serta dampak signifikan pada reorganisasi otak yakni⁴⁹ kemampuan otak membentuk koneksi neuron baru.

Beberapa penelitian menemukan efek negatif lebih lanjut di luar IQ, termasuk pemendekan rentang perhatian, perilaku mengganggu, serta agresi.⁵⁰ Satu studi tahun 2009 memperkirakan bahwa hingga satu dari empat kasus ADHD pada anak-anak berusia 8 hingga 15 tahun mungkin disebabkan oleh keracunan timbal.⁵¹ Studi juga menunjukkan hubungan antara paparan timbal dan penurunan ketajaman pendengaran, gangguan bicara dan bahasa, dan perilaku antisosial dan perilaku menyimpang.⁵²



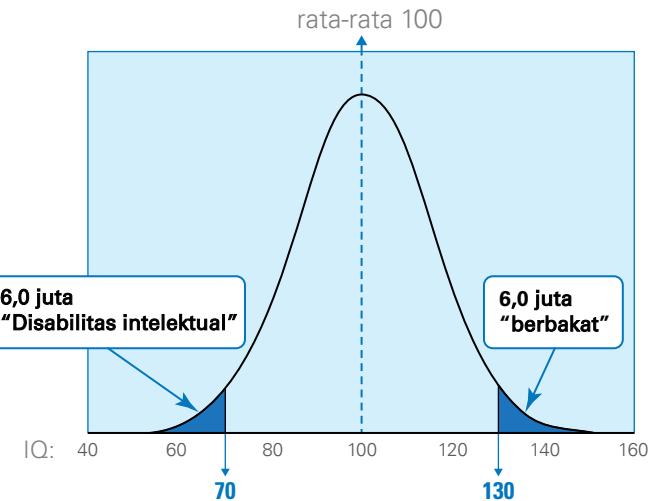
Kerugian Akibat Penurunan IQ 5 poin

Hilangnya 5 poin di seluruh populasi dapat mengakibatkan peningkatan 57 persen dalam proporsi populasi yang dinyatakan memiliki disabilitas intelektual. Penurunan lebih dari 5 poin dapat mengurangi proporsi populasi yang dinyatakan memiliki kecerdasan tinggi hingga lebih dari 50 persen.⁵³ Hal ini memiliki implikasi yang luar biasa baik bagi kapasitas masyarakat untuk menyediakan program pendidikan remedial atau pendidikan khusus, serta kemampuan mereka untuk memimpin di masa depan.

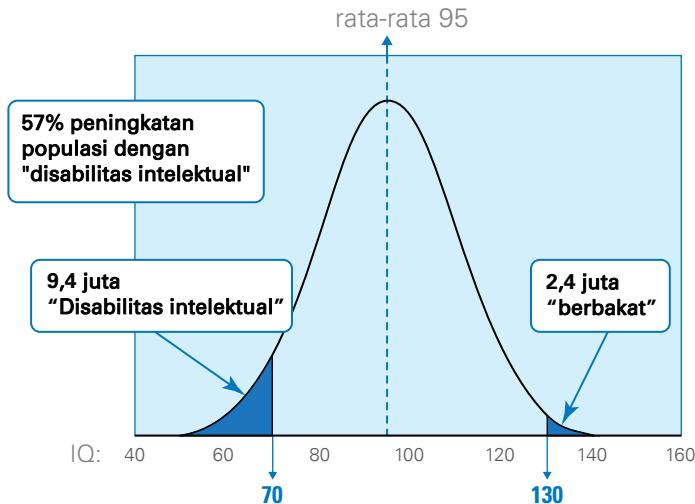


Gambar 2 Kerugian Akibat Penurunan IQ 5 Poin per 100 Juta Orang

Distribusi Skor IQ pada Anak-anak AS



Distribusi Skor IQ pada Anak-anak AS yang Terpapar Timbal



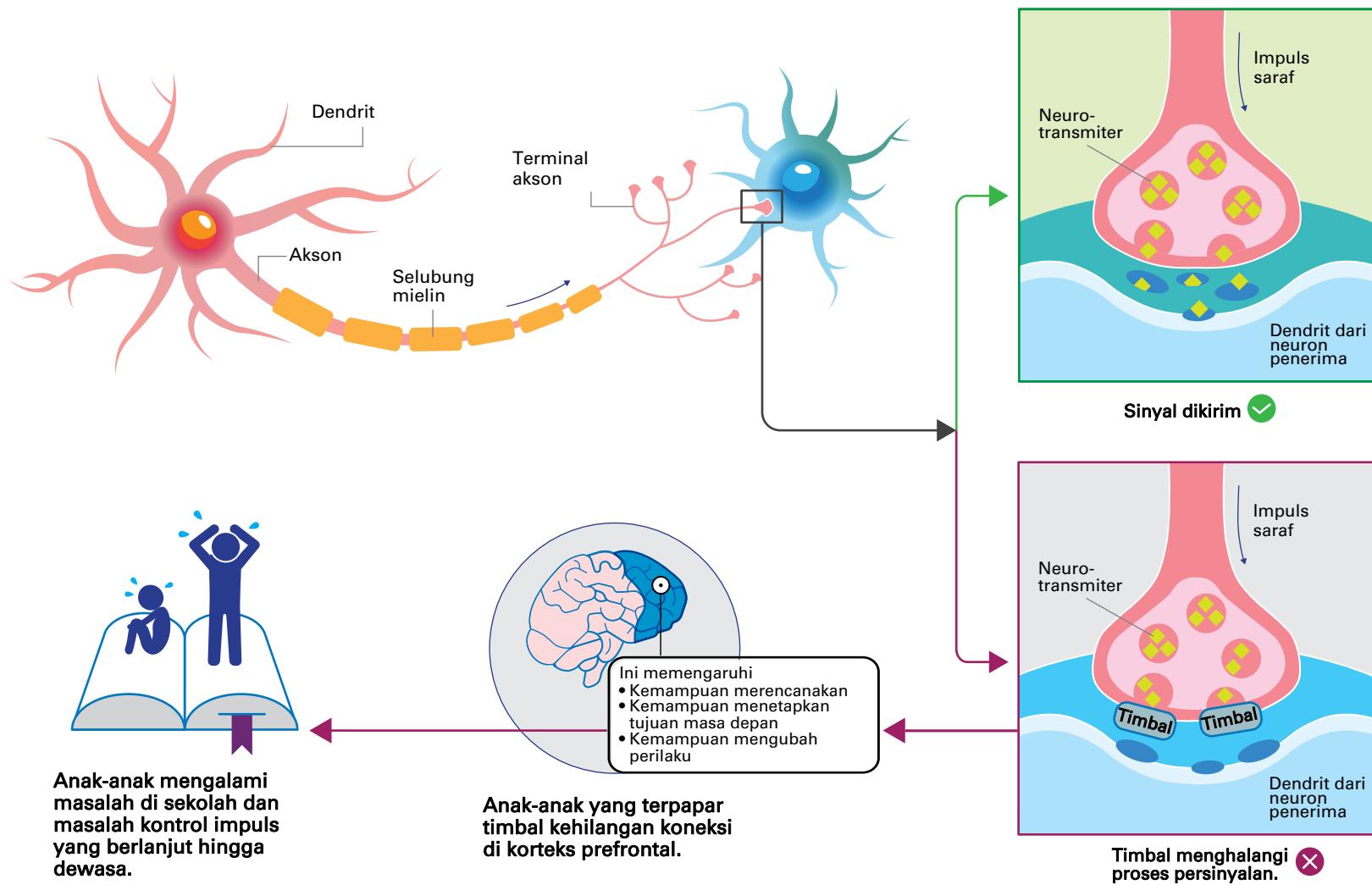
Sumber: WHO dan Lead Paint Alliance⁵⁴, diambil dari Weiss B. Neurobehavioral toxicity as a basis for risk assessment. Trends Pharmacol Sci. 1988;9(2):59-62.doi:10.1016/0165-6147(88)90118-6.



© Pure Earth

Gambar 3 Timbal Mengubah Pelepasan Neurotransmitter

Ketika kalsium (Ca^{2+}) memasuki neuron, neuron melepaskan neurotransmitter (bentuk berlian hijau) untuk mengirim sinyal ke neuron berikutnya. Timbal (Pb^{2+}) dapat mengganggu proses ini lewat dua cara. Saat timbal menghalangi masuknya kalsium ke dalam neuron, neuron melepaskan lebih sedikit neurotransmitter dan mengirimkan sinyal yang lebih lemah ke neuron berikutnya. Timbal juga dapat menyebabkan pelepasan neurotransmitter yang menyimpang saat tidak ada kalsium.



Sumber: Mary Gearing and Krissy Lyon, SITNBoston, Harvard University Graduate School of Arts and Sciences. Lihat: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2016/deadly-biology-lead-exposure/>

Kesehatan Mental, Kekerasan, dan Kejahatan

Studi memperkirakan adanya hubungan antara paparan timbal awal dan prenatal dan perilaku kriminal, residivisme, dan kenakalan di tahap perkembangan berikutnya.⁵⁵ Mengingat dampaknya yang signifikan pada perkembangan kognitif, paparan timbal dapat menciptakan kesulitan belajar dan tantangan yang memengaruhi fungsi eksekutif anak, kontrol impuls, dan tingkat agresi. Kondisi ini sering kali permanen dan, menurut penelitian, dapat berdampak pada kemungkinan dilakukannya kekerasan dan kejahatan di masa dewasa. Berbagai metode⁵⁶ dari yang diterapkan untuk menilai situasi dalam jangka waktu beberapa tahun, hingga beberapa dekade atau bahkan seabad, dari yang sangat terpusat di wilayah tertentu hingga yang dilakukan dengan skala nasional, telah digunakan untuk memeriksa hubungan antara paparan timbal pada masa kanak-kanak dan kecenderungan melakukan kejahatan.

Studi populasi di Amerika Serikat menemukan bahwa sejumlah besar variasi regional dan temporal tingkat kejahatan berbanding lurus dengan berbagai tingkat paparan timbal. Memang, penelitian tersebut mengungkap bahwa kadar timbal dalam darah pada masa kanak-kanak berhubungan dengan peningkatan tindak kekerasan dan kejahatan dan mengajukan hipotesis bahwa penurunan tingkat kejahatan di Amerika Serikat secara signifikan pada tahun 1990-an disebabkan oleh penurunan kadar timbal dalam darah yang terjadi sebelumnya.⁵⁷ Sebuah studi tahun 2017 terhadap 12.000 anak yang lahir dari tahun 1990 hingga 2004 di Amerika Serikat menemukan bahwa peningkatan 1 unit kadar timbal dalam darah (yaitu tambahan 1 µg/dL) meningkatkan kemungkinan skorsing dari sekolah sebesar 6,5 hingga 7 persen untuk anak laki-laki dan sebesar 6,4 hingga 9,3 persen untuk anak perempuan.⁵⁸ Temuan ini sesuai dengan temuan dalam sebuah publikasi yang menunjukkan bahwa anak-anak dengan kadar timbal dalam tulang yang lebih tinggi berperilaku lebih agresif dan nakal bila dibandingkan dengan anak laki-laki dengan tingkat IQ yang setara.⁵⁹ Kadar timbal dalam darah pada anak-anak prasekolah di Amerika Serikat dalam jangka panjang (1936-1990) menyebabkan 65 persen variasi dalam tingkat retardasi mental, 45 persen variasi dalam rata-rata hasil tes bakat skolastik bagian verbal, dan 65 persen variasi di bagian matematika, menurut penelitian lain.⁶⁰

Tren ini mencerminkan pengalaman berbagai negara di Eropa dan Amerika Utara.⁶¹ Studi lain telah menilai hubungan antara paparan timbal dan kejahatan secara spesifik dan geografis. Salah satu studi menemukan bahwa anak-anak yang tinggal di dekat jalan yang ramai dengan dampak bensin bertimbal yang lebih tinggi terhadap tanah lebih mungkin dipenjara ketika tumbuh dewasa, dibandingkan dengan anak-anak dari faktor sosial ekonomi, jenis kelamin dan etnis yang sama, tetapi tidak tinggal di dekat jalan yang ramai.⁶²

Namun, masih ada harapan. Intervensi, seperti pengurangan timbal dan konseling gizi untuk mengurangi efek paparan timbal, mungkin dapat menurunkan tingkat hambatan kognitif.⁶³ Meskipun tidak ada penelitian yang secara khusus mengkaji dampak intervensi pendidikan anak usia dini terhadap hasil kognitif atau perilaku untuk keracunan timbal pada masa kanak-kanak, sebuah laporan menunjukkan bahwa pendekatan yang digunakan untuk menyembuhkan kerusakan otak mungkin lebih cocok untuk anak-anak yang keracunan timbal, dibandingkan dengan pendekatan untuk anak-anak dengan kesulitan belajar.⁶⁴

Gambar 4 Pengaruh Kadar Timbal dalam Darah Pada Anak-Anak dan Orang Dewasa

Kadar Timbal dalam Darah dalam µg/dL (mikrogram per desiliter)	Efek
Anak-Anak & Dewasa	
<5 µg/dL	Penurunan IQ, kinerja kognitif dan prestasi akademik; peningkatan kejadian perilaku bermasalah dan diagnosis gangguan pemusatan perhatian/hiperaktivitas; penurunan pertumbuhan janin (berdasarkan konsentrasi darah ibu); gangguan fungsi ginjal; berkurangnya sintesis asam aminolevulinik dehidratase (ALAD), yang menyebabkan anemia
<10 µg/dL	Pubertas tertunda; toksisitas perkembangan
<20 µg/dL	Peningkatan kadar protoporfirin eritrosit; penurunan metabolisme vitamin D; penurunan homeostasis kalsium
>20 µg/dL	Anemia
>30 µg/dL	Penurunan kecepatan konduksi saraf; peningkatan metabolisme vitamin D; peningkatan risiko hipertensi di masa dewasa
>40 µg/dL	Penurunan sintesis hemoglobin
>50 µg/dL	Gejala neurologis yang parah
>60 µg/dL	Kolik abdomen; gejala keracunan akut tetapi tidak ada ensefalopati
>90 µg/dL	Ensefalopati
>105 µg/dL	Gejala neurologis yang parah
150 µg/dL	Kematian
Dewasa	
<5 µg/dL	Gangguan fungsi ginjal; berkurangnya sintesis asam delta-aminolevulinik dehidratase, yang mengakibatkan anemia
<10 µg/dL	Hipertensi, peningkatan mortalitas kardiovaskular, aborsi spontan, kelahiran prematur
>40 µg/dL	Neuropati perifer, efek neurobehavioral, kolik abdomen
>50 µg/dL	Penurunan sintesis hemoglobin

Sumber: Organisasi Kesehatan Dunia⁶⁵

“

Dari identifikasi sejauh ini, tidak ada kadar timbal dalam darah yang aman pada anak-anak. Bahkan kadar timbal dalam darah yang rendah saja terbukti memengaruhi IQ, kemampuan untuk memperhatikan, dan prestasi akademik. Efek paparan timbal tidak dapat diperbaiki”.⁶⁶ Tidak adanya BLL yang teridentifikasi tanpa efek merusak, ditambah bukti bahwa efek ini tampaknya tidak dapat dipulihkan, menekankan bahwa pencegahan primer penting untuk dilakukan.⁶⁷

”

– Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit AS.



Proses Molekuler yang Menyebabkan Toksisitas Timbal

Pada tingkat molekuler, timbal mengubah fungsi sistem saraf yang sangat mendasar – seperti pensinyalan kalsium, dengan menghambat, meniru atau menggantikan kerja kalsium.⁶⁸ Kemudian, timbal dapat mengikat molekul biologis, termasuk kelompok enzim sulfhidril dan amida, dan mengubah konfigurasinya serta melemahkan dan mengganggu fungsinya, termasuk pelepasan simpanan organel.⁶⁹ Dalam beberapa kasus, timbal mencegah pelepasan beberapa neurotransmitter yang bergantung pada kalsium. Di sisi lain, timbal dapat meningkatkan kejadian yang bergantung pada kalsium, seperti protein kinase C dan kalmodulin.⁷⁰ Setiap saluran dan proses ini menghambat fungsi utama yang terkait dengan perkembangan neurologis dan pertumbuhan anak yang sehat.

Tanda dan Gejala Keracunan Timbal

Keracunan timbal pada masa kanak-kanak adalah masalah berbahaya, tetapi tidak disadari. Pada tingkat paparan dan kadar timbal dalam darah yang rendah hingga sedang, biasanya tidak ada gejala sama sekali dan tidak ada tanda fisik yang terlihat oleh dokter. Pada paparan tingkat sedang hingga tinggi,

anak-anak mungkin mengeluhkan berbagai gejala nonspesifik, seperti sakit kepala, sakit perut, kebodohan, kehilangan memori, perhatian yang buruk, kehilangan nafsu makan atau sembelit.⁷¹ Dampak keracunan timbal pada proses neurologis dan sistem saraf pusat dapat menyebabkan indikasi kecanggungan, agitasi atau penurunan aktivitas dan kantuk, yang dapat berkembang menjadi muntah, pingsan dan konvulsi pada kasus yang lebih parah.⁷²

Gambar 5 Gejala Keracunan Timbal pada Anak-Anak

Umum:

- Kelesuan
- Kelelahan
- Malaise

Mulut:

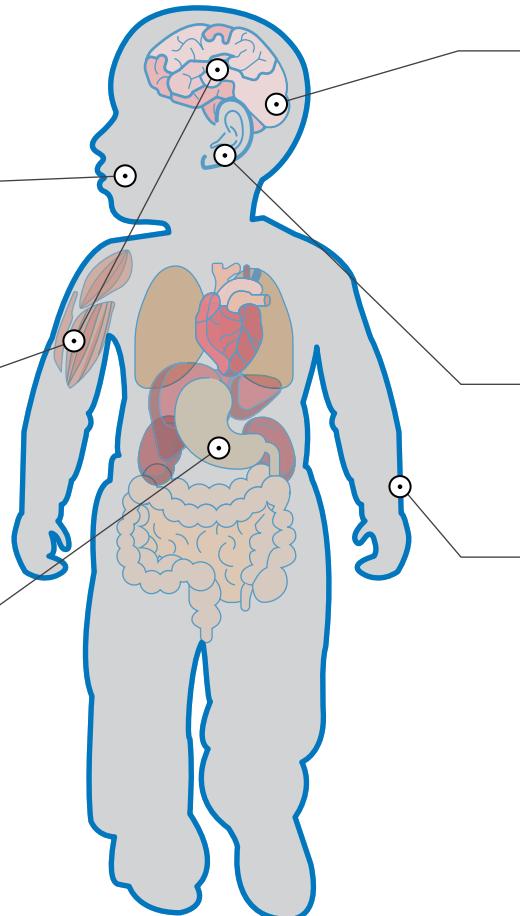
- Bicara cadel
- Garis biru di sepanjang gusi
- Gangguan makan pica

Saraf/Otot:

- Kejang
- Konvulsi
- Kehilangan koordinasi
- Kelemahan
- Koma

Perut:

- Kehilangan selera makan
- Penurunan berat badan
- Anemia
- Sakit perut
- Mual dan muntah
- Diare atau sembelit
- Kolik



Sistem Saraf Pusat:

- Sakit kepala
- Keterlambatan perkembangan
- Kesulitan belajar
- Masalah perilaku dan pembelajaran, atau pertumbuhan yang lambat
- Agresi
- Irritabilitas
- Kecanggungan
- Agitasi
- Kantuk
- Kurang perhatian
- Hiperaktivitas
- Disorganisasi

Telinga:

- Masalah pendengaran
- Keseimbangan

Kulit:

- Pucat yang tidak biasa

Gejala Keracunan Timbal pada Bayi Baru Lahir dari Paparan Prenatal:

- Lahir prematur
- Berat badan lahir rendah
- Pertumbuhan melambat



Studi Kasus: Kathgora, Bangladesh

Malam itu, asap gelap berbau tajam mendadak mulai mengepul dari hutan bambu di dekat rumah sederhana Ibu Sharmin Akhter di Kathgora. Selama lebih dari setahun setelah kejadian itu, setiap malam api berkobar dan asap membumbung dari semak-semak. Debu hitam yang halus berjatuhan seperti hujan dan menutupi daun, pohon, rumah, dan ternak. Kerbau Akhter mulai bertingkah aneh, bingung berkeliaran dengan mulut berbusa sebelum akhirnya mati mendadak. Dua ekor kambingnya juga mati.

Seperti dikatakan Akhter kepada penyelidik Pure Earth pada November 2019, dia tidak tahu bahwa asap hitam dan debu dari kebakaran di hutan mengancam keselamatan keluarga dan ternaknya. Anak-anaknya bermain di hutan, berlarian di antara dedaunan dan rumput yang terkena bubuk hitam halus, serta memanjat tumpukan kotak baterai yang rusak.⁷³

Baru belakangan ini Sharmin Akhter dan tetangganya mengetahui bahwa debu dan asap timbal dari proses daur ulang baterai asam-timbal bekas dan tungku peleburan terbuka sektor informal itu telah mencemari tanah dan meracuni anak-anak mereka.

"Kami tidak menyadari kalau peleburan berdampak buruk," kata Akhter kepada penyelidik Pure Earth. "Jika saya tahu efek sampingnya, saya akan melarang anak-anak saya bermain di tempat itu."⁷⁴

Ketika penduduk desa memahami persoalan yang terjadi di Kathgora, kota kecil berpenduduk sekitar 300 orang yang terletak 15 kilometer barat laut Dhaka telah terkontaminasi parah oleh kegiatan dua usaha informal yang mendaur ulang baterai asam-timbal bekas.⁷⁵

Amzad Hossain menyewakan tanahnya kepada pendaur ulang baterai seharga 7,000 taka atau sekitar 83 dolar AS per bulan tanpa mengetahui jika kegiatan mendaur ulang timbal secara informal sangatlah berbahaya. Tetangganya mengeluh kapadanya tentang asap dan mengaku bahwa ternak mereka sekarat.⁷⁶



"Masyarakat di sekitar tempat peleburan tidak hidup, tidak tidur, dan tidak makan," kata Hossain pada November 2019. Ketika Hossain pergi ke hutan untuk memeriksa tanahnya, dia melihat bahwa pohon mangga dan nangka yang dulu tumbuh subur, kini tidak menghasilkan buah; ia menemukan seekor kambing yang baru saja melahirkan bayi yang sudah mati.⁷⁷

Karena keluhan makin banyak dan dia khawatir dengan kondisi yang disaksikannya, Hossain menyuruh para pendaur ulang untuk meninggalkan tanahnya. Mereka menolak, katanya, hingga para tokoh desa memberikan peringatan keras. Mereka memperingatkan pendaur ulang, "Tolong tinggalkan tempat ini atau masyarakat kami akan menyerang Anda."⁷⁸

Para pendaur ulang bergegas pergi dan meninggalkan berhektare-hektare tanah yang sangat terkontaminasi.

Pada tahun 2017, Pure Earth dan Departemen Lingkungan Bangladesh memilih Kathgora sebagai lokasi proyek remediasi demonstrasi, yang diyakini sebagai yang pertama di Bangladesh. Departemen Geologi Universitas Dhaka dan Pusat Penelitian Penyakit Diare Internasional, Bangladesh (icddr,b) bertindak sebagai mitra pelaksana.

Anggota tim Pure Earth mendapati anak-anak yang bermain di tumpukan baterai rusak dan di sekitarnya di bekas lokasi daur ulang. Hasil pengujian tanah di area tersebut menunjukkan konsentrasi timbal lebih dari 100.000 ppm—250 kali batas EPA AS, yaitu 400 ppm.⁷⁹ Tes darah awal pada 75 anak di bawah usia 7 tahun menemukan bahwa semua anak mengalami peningkatan kadar timbal dalam darah mulai dari 8 µg/dL hingga 47 µg/dL dengan rata-rata 21,3 µg/dL.⁸⁰

Beberapa anak mengeluhkan kulit gatal setelah bermain di bekas tempat daur ulang mungkin karena menyentuh asam sulfat yang tumpah dari baterai rusak, meski kondisi kulitnya tampak baik, kata ibu mereka kepada penyelidik Pure Earth.⁸¹

Pemilik tanah Amzad Hossain terkejut dengan persoalan yang terjadi, bergabung dengan kegiatan pembersihan yang diselenggarakan oleh Pure Earth, mengawasi para pekerja, anggota tim perumahan, memasak untuk kru pembersih, dan mencuci pakaian yang terkontaminasi di pengujung hari.⁸²

Pekerja setempat yang memakai masker dan alat pelindung mengumpulkan dan membuang timbunan limbah baterai asam-timbal, kemudian mengikis dan mengumpulkan lapisan tanah atas, yang akan dikubur ke dalam lubang. Tanah bersih yang digali dari lubang digunakan untuk menutupi bekas situs ULAB. Jalan-jalan diaspal dan rumah-rumah dibersihkan. Pekerja setempat menangani pembersihan, yang sebagian dananya ditanggung oleh UNIDO, dana OPEC untuk Pembangunan Internasional, Komisi Eropa, dan USAID.⁸³

Sembilan bulan setelah pembersihan, pengujian berulang menemukan bahwa kadar timbal dalam darah pada anak-anak telah menurun rata-rata sebesar 4,3 µg/dL. Sekitar 18 bulan setelah pembersihan selesai, kadar timbal dalam darah pada anak-anak turun rata-rata 9,1 µg/dL—penurunan sebesar 42 persen.⁸⁴

Meskipun kadar timbal dalam darah telah turun, Akhter mengatakan putra sulungnya menjadi pelupa dan tidak berprestasi di sekolah seperti sebelum para pendaur ulang mulai membakar timbal di hutan. Tubuhnya terlihat kecil untuk anak seusianya. Akhter bertanya terkait obat yang dapat membantu memulihkan anaknya; dia diberi tahu bahwa obat tersebut tidak ada.⁸⁵

Menurut Bank Dunia, sekitar 1,100 situs daur ulang ULAB informal mengancam lebih dari satu juta orang di Bangladesh.⁸⁶ Situs Kathgora termasuk di antara 288 situs daur ulang baterai informal warisan di Bangladesh yang telah diidentifikasi dan dinilai oleh Pure Earth dan Departemen Geologi Universitas Dhaka sejak 2011.⁸⁷

Daur ulang ULAB informal adalah sumber paparan timbal yang utama di Bangladesh,⁸⁸ yang memiliki tingkat kematian tertinggi keempat di dunia akibat paparan timbal, menurut Institute for Health Metrics and Evaluation.⁸⁹ Perhitungan kadar timbal dalam darah rata-rata populasi menghasilkan 11,65 µg/dL.⁹⁰

Pencegahan dan Penanggulangan Dampak Kesehatan

Pencegahan:

Ada beberapa kegiatan yang dapat dilakukan orang tua dan pengasuh untuk membantu mencegah anak-anak terpapar timbal. Meskipun bentuknya bisa sangat bervariasi tergantung pada faktor risiko kontekstual, kegiatan ini memberikan panduan yang dapat disesuaikan dengan kondisi setempat:

Pertama, menentukan apakah ada risiko berbasis timbal di rumah atau di sekitar lingkungan tempat tinggal anak-anak. Rumah, sekolah, dan bangunan lain yang dicat dengan cat berbasis timbal, yang sering digunakan sebelum akhirnya dilarang, merupakan sumber paparan yang potensial, terutama jika catnya retak atau terkelupas. Pipa air dan perlengkapannya juga merupakan sumber potensial timbal. Ahli bersertifikat dan pembersih profesional yang menggunakan teknik stabilisasi yang tepat dapat mengurangi risiko.

Kedua, jika area sumber risiko diketahui, jauhkan anak-anak dari area yang terkontaminasi. Misalnya, anak-anak harus dijauahkan dari area dengan cat timbal yang sudah pecah atau terkelupas; atau dijauahkan dari situs berasuk di lingkungan tempat tinggal, termasuk halaman belakang dan ruang terbuka yang difungsikan sebagai tempat daur ulang informal bahan yang diketahui mengandung timbal. Untuk area dan tanah yang sebelumnya terkontaminasi, serta lokasi lain yang sering didatangi anak-anak, upaya menutupi lahan kosong dengan tanah berumput dapat membantu mengurangi paparan dan mencegah anak-anak menghirup atau menelan debu timbal.

Ketiga, mendorong praktik sanitasi dan kebersihan yang baik, yang dapat mengurangi paparan tidak hanya timbal tetapi juga racun dan patogen lainnya. Pastikan anak-anak mencuci tangan dan wajah mereka setelah bermain di luar atau di sekitar area yang berpotensi menimbulkan risiko berbasis timbal. Mencuci mainan anak-anak, yang mungkin terkontaminasi tanah atau debu, juga dapat mengurangi paparan.

Keempat, menganjurkan pola makan yang sehat dan seimbang. Zat besi, kalsium, dan vitamin C dapat membantu mengurangi penyerapan timbal jika anak terpapar. Anak-anak yang lebih sehat terbukti mengalami dampak yang lebih ringan akibat paparan racun lingkungan daripada teman-temannya yang memiliki penyakit penyerta.⁹¹

Kelima, mengidentifikasi produk-produk yang mungkin mengandung timbal dan menghindari penggunaannya. Kategori produk yang mengandung timbal bisa sangat beragam sesuai negara dan konteksnya; tetapi, produk yang mengandung timbal umumnya adalah keramik artisanal, rempah-rempah, obat tradisional, dan beberapa kosmetik.

Keenam, mencegah timbal dibawa ke rumah. Orang tua dan pengasuh yang terkena paparan timbal di lingkungan kerjanya harus mengambil tindakan pencegahan ekstra agar tidak membawa debu timbal ke dalam rumah. Pakaian dan sepatu harus diganti setelah bekerja. Praktik mencuci tangan secara teratur dapat membantu mencegah transmisi debu bertimbal.

Ketujuh, mencari perawatan medis. Jika orang tua menduga anak-anak mereka telah terpapar timbal, mereka harus mencari pertolongan medis untuk anak-anak mereka dan secara khusus meminta tes kadar timbal dalam darah.



© Pure Earth

Pengobatan:

Sayangnya, tidak ada obat untuk keracunan timbal. Jika timbal masuk dalam tubuh untuk jangka waktu yang lama, timbal sangat sulit untuk dihilangkan karena sering kali sudah tersimpan di tulang. Pada titik ini, banyak kerusakan perkembangan saraf telah terjadi.⁹²

Pengobatan untuk keracunan timbal akut dan parah dapat mencakup terapi kelasi, prosedur medis yang melibatkan penggunaan bahan kimia yang dikenal sebagai obat kelasi untuk mengikat logam berat, seperti timbal, besi, arsenik, dan merkuri, dalam aliran darah. Obat Kelasi memungkinkan tubuh untuk menghilangkan logam dari aliran darah dan mengeluarkannya melalui urine. Namun, terapi kelasi tidak memperbaiki kerusakan yang disebabkan timbal—misalnya, pada otak anak yang sedang berkembang. Terapi kelasi tidak dianjurkan untuk kasus dengan kadar timbal dalam darah di bawah 45 µg/dL karena efek sampingnya juga bisa parah. Namun, terapi ini bisa menyelamatkan nyawa anak-anak yang telah terpapar akut dan parah dalam waktu dekat. Pada dasarnya, perawatan harus dilakukan untuk mengidentifikasi sumber paparan timbal awal untuk mencegah paparan ulang setelah perawatan.⁹³

Diet bergizi tinggi zat besi, vitamin C, dan kalsium juga dapat mengurangi penyerapan timbal dalam tubuh.⁹⁴ Jika kandungan zat besi dan kalsium

di dalam tubuh memadai, kadar timbal yang diserap tubuh juga berkurang; vitamin C juga membantu mengakumulasi zat besi. Diet yang baik bukanlah pengganti untuk mengurangi paparan sumber timbal; tetapi, diet ini dapat membantu mengurangi dampak paparan.

Layanan pendidikan yang lebih baik dan khusus, termasuk pengembangan anak usia dini (PAUD), dapat mengurangi beberapa efek kognitif negatif terkait dengan paparan, tetapi penelitian di bidang ini belum ditekuni. Secara umum, anak-anak dengan keterlambatan kognitif dan perkembangan dapat mengambil manfaat dari berbagai intervensi yang dirancang untuk mengatasi tantangan yang mereka hadapi. Dalam kasus keracunan timbal, intervensi ini mungkin tidak menghilangkan kerusakan yang disebabkan oleh keracunan timbal, tetapi dapat mengoptimalkan kemampuan dan kinerja anak mengingat kondisi yang terjadi dan membantu anak untuk menjalani kehidupan sepenuhnya dan seproduktif mungkin. Oleh karena itu, anak-anak yang terpapar timbal yang menunjukkan masalah perilaku akan mendapatkan manfaat dari akses yang disederhanakan ke penilaian perkembangan, intervensi, dan layanan pendidikan khusus. Bimbingan dan bantuan teknis juga harus diberikan kepada guru dan sistem pendidikan tentang cara terbaik untuk menyediakannya bagi anak-anak ini.⁹⁵



© Pure Earth

**Anak-anak di seluruh dunia
diracuni oleh timbal dalam
skala besar yang tidak
pernah diduga sebelumnya.**

2

KERUGIAN BESAR



Meskipun komunitas ilmiah dan medis telah lama mendokumentasikan risiko timbal, sayangnya banyak negara tidak mengetahui paparan masa kanak-kanak secara lengkap dan belum memiliki atau hanya menerapkan sistem penyaringan atau pengawasan yang terbatas yang menangkap data tersebut. Bahkan negara yang menerapkan program penilaian dan pencegahan paparan terbilang sedikit.^{1,2} Dengan demikian, gambaran sebenarnya terkait keracunan timbal masa kanak-kanak global sulit untuk disatukan. Namun, analisis terbaru dari dua sumber paralel telah membantu menjelaskan luasnya paparan timbal secara global.

Pemahaman Baru

Penilaian pendamping untuk laporan ini, yang dilakukan oleh Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) dan menggunakan basis data substantif dari edisi terbaru Global Burden of Disease telah menemukan bahwa di semua negara secara global **sekitar 815 juta anak diperkirakan memiliki kadar timbal dalam darah di atas 5 µg/dL**.^a Analisis ini dilakukan menggunakan dataset Global Burden of Disease untuk 2019 dan mencakup semua negara. Selain itu, data IHME memberikan perkiraan terkait rata-rata kadar timbal dalam darah menurut negara, kematian dini, dan DALY dari paparan timbal berdasarkan negara.³

Mendukung hasil ini, makalah penelitian,⁴ dengan abstrak diterima untuk diterbitkan di *Environmental Health Perspectives*, mewakili

upaya komprehensif tambahan untuk menentukan tingkat paparan timbal pada anak-anak di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, dengan memanfaatkan tinjauan pustaka sistematis dan makalah independen di 34 negara yang menyajikan data yang andal. Data menunjukkan bahwa di negara-negara tersebut, yang sebagian besar menanggung beban tinggi, sekitar 631 juta anak diperkirakan memiliki kadar timbal dalam darah di atas 5 µg/dL.^b

Keracunan timbal memengaruhi anak-anak dalam skala besar yang tidak pernah diduga sebelumnya.

Lampiran A mencantumkan daftar menurut negara terkait jumlah anak dengan kadar timbal dalam darah rata-rata di atas **5 µg/dL dan 10 µg/dL**, dan angka kematian akibat paparan timbal menggunakan set data IHME.

a. Data disertakan dalam lampiran.

b. Temuan ini didasarkan pada meta-analisis dari 476 makalah independen yang melibatkan 60 negara. Jumlah ini lebih banyak daripada penelitian lain yang mengkaji keracunan timbal pada masa kanak-kanak yang telah dilakukan hingga saat ini. Upaya untuk meninjau kadar timbal dalam darah di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah mengandalkan laporan dalam literatur peninjauan rekan sejawat tanpa mengikutsertakan kumpulan data pemerintah yang besar seperti yang tersedia di negara-negara berpenghasilan tinggi. Sebagian besar data kadar timbal dalam darah yang ada juga telah dikumpulkan melalui penelitian ilmiah independen dan oleh organisasi nirlaba untuk mendapatkan perspektif yang lebih holistik. Semua negara yang termasuk dalam meta-analisis menghapus bensin bertimbal pada tahun 2010. Makalah yang ditinjau berisi 978 populasi sampel yang terdiri atas 699.209 individu untuk ekstraksi dan pengumpulan data guna menghitung perkiraan BLL nasional. BLL latar belakang dapat dikumpulkan dari anak-anak di 31 negara dan orang dewasa di 36 negara. Tim menerapkan formula mapan yang digunakan oleh Organisasi Kesehatan Dunia untuk mengekstrapolasi paparan di seluruh negeri. Studi ini berfokus pada paparan yang disebarluaskan, seperti yang ditimbulkan oleh populasi umum mulai dari polusi udara, kontaminasi air, makanan dan debu jalan, serta mengecualikan populasi yang tinggal di dekat titik pencemaran, seperti pabrik peleburan timbal dan ULAB informal serta situs daur ulang limbah elektronik.

Tabel 1 Jumlah Orang (usia 0–19) dengan Kadar Timbal dalam Darah > 5 µg/dL

	Mean	Perkiraan batas bawah	Perkiraan batas atas
Asia Timur dan Pasifik	77.675.947	41.621.175	124.286.113
Eropa dan Asia Tengah	12.501.133	6.099.709	23.090.333
Eropa Timur dan Asia Tengah	10.027.028	4.706.887	18.590.896
Eropa Barat	2.474.105	1.392.822	4.499.437
Amerika Latin dan Karibia	49.107.507	29.270.540	71.601.467
Timur Tengah dan Afrika Utara	63.441.649	40.514.465	88.791.458
Amerika Utara	1.359.412	832.648	2.311.908
Asia Selatan	378.651.188	309.826.991	450.840.325
Afrika Sub-Sahara	232.483.273	134.894.930	343.448.826
Afrika Timur dan Afrika Selatan	93.109.913	49.946.531	146.414.745
Afrika Barat dan Afrika Tengah	139.373.360	84.948.399	197.034.081
Negara Berpenghasilan Rendah dan Menengah	249.251.174	158.564.810	345.066.610

Sumber: IHME 2019⁵

Perlu dicatat bahwa tingkat paparan tidak didistribusikan secara merata. Sebagian besar paparan ini terjadi di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Afrika dan Asia Selatan merupakan beberapa daerah yang kondisinya sangat mengkhawatirkan.⁶

Alasannya adalah sebagai berikut:

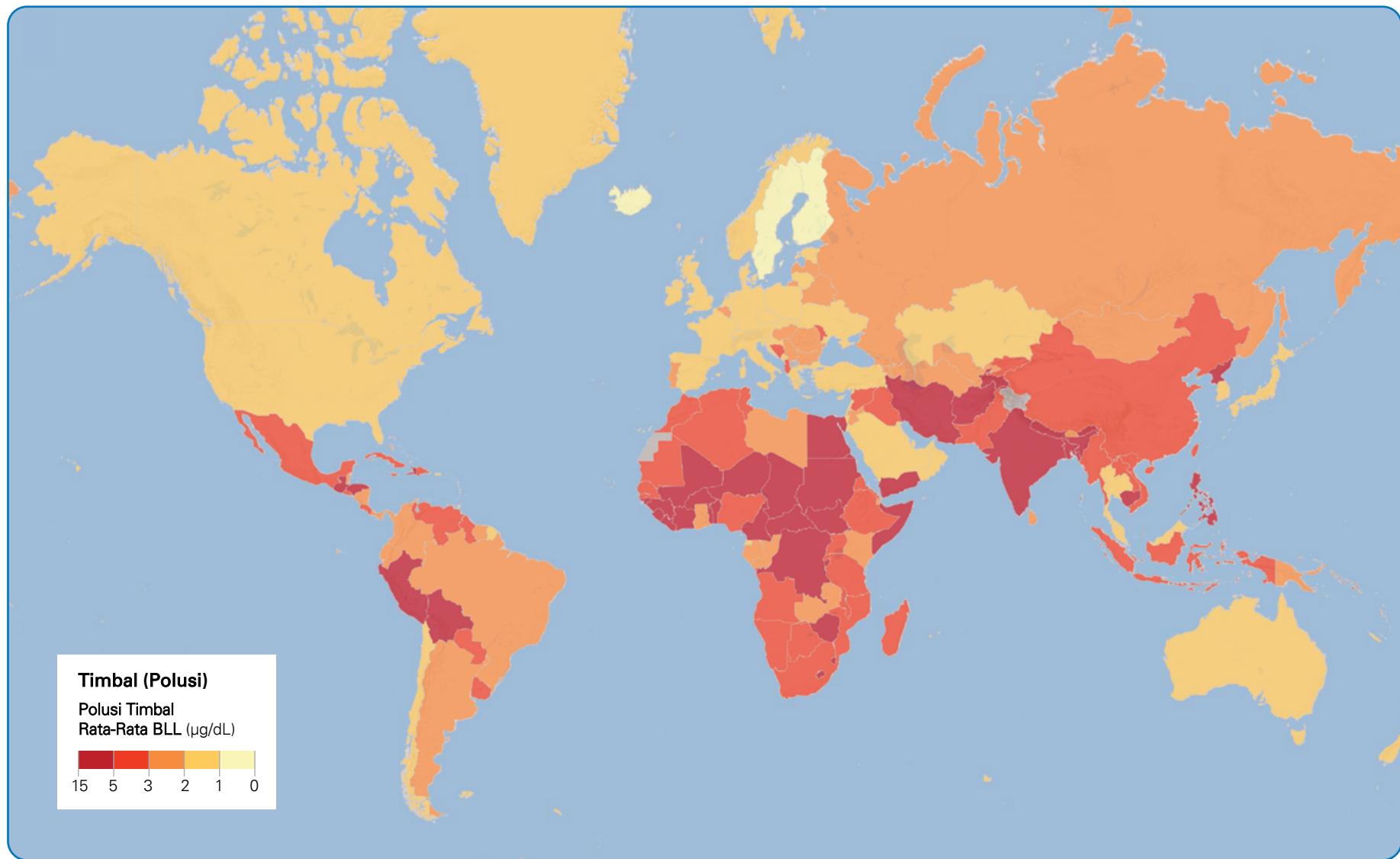
Pertama, paparan lebih mungkin terjadi karena prevalensi daur ulang baterai asam-timbal bekas relatif lebih tinggi, yang merupakan salah satu mekanisme paparan utama. Bahkan ketika anak-anak terpapar karena timbal dalam rempah-rempah, keramik, atau produk lainnya, sering kali timbal tersebut masih terkait dengan fasilitas daur ulang ULAB setempat.

Kedua, jumlah peraturan dan mekanisme penegakan untuk memastikan praktik yang aman dan ramah lingkungan di industri ini kurang memadai.

Ketiga, banyak anak di negara berpenghasilan rendah dan menengah menderita gizi buruk. Sayangnya, persoalan ini merupakan faktor risiko tambahan—gizi buruk meningkatkan penyerapan timbal.

Terakhir, program pemeriksaan kesehatan di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah sering kali tidak dijalankan⁷ sehingga mempersulit pihak berwenang untuk mengidentifikasi titik pencemaran dan mengembangkan program untuk mencegah paparan dan memulihkan situs beracun.

Gambar 6 Rata-rata Kadar Timbal dalam Darah Anak Berdasarkan Negara ($\mu\text{g}/\text{dL}$)



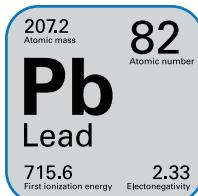
Sumber: IHME 2019. Lihat Lampiran untuk daftar lengkap menurut negara. Paparan timbal dan data kesehatan juga divisualisasikan di www.lead.pollution.org

Catatan: Batas wilayah dan nama yang ditampilkan serta penyebutan yang digunakan pada peta ini tidak menyiratkan dukungan atau penerimaan resmi oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa atau UNICEF.

Timbal dapat ditemukan di seluruh lingkungan tempat anak-anak tinggal—di udara yang mereka hirup, air yang mereka minum, tanah tempat mereka berjalan dan merangkak, makanan yang mereka santap, cat di dinding yang mereka sentuh, dan bahkan di mainan yang sering mereka gunakan.

3 SUMBER PAPARAN TIMBAL





Timbal adalah unsur alami—logam berat—yang sering kali dilambangkan dengan simbol Pb dan nomor atom 82. Warnanya keperakan dengan rona kebiruan saat baru dipotong. Timbal lebih padat daripada bahan yang paling umum, tetapi lembut dan mudah dibentuk dengan sejumlah sifat kimia dan fisik yang diinginkan, termasuk titik leleh rendah, ketahanan korosi, konduktivitas, daya tahan, dan kemampuan untuk dipadukan dengan logam lainnya. Dengan demikian, timbal merupakan unsur kimia yang sangat berguna selama ribuan tahun dan dapat ditemukan di pipa leding, baterai, bahan konstruksi, cat, glasir, zat aditif bensin, kerajinan timbal, timbangan, amunisi, pelindung radiasi, dan penutup kabel.¹

Sumber timbal mengakibatkan paparan tersebar di berbagai wilayah geografis. Timbal terbentuk secara alami di lingkungan, tetapi konsentrasi yang terjadi secara alami di udara, air, dan tanah tidak menimbulkan risiko besar terhadap kesehatan manusia.² Namun akibat aktivitas manusia selama beberapa ribu tahun terakhir, termasuk di pertambangan dan penggunaan timbal pada berbagai produk, timbal tersebar lebih luas ke masyarakat dengan kadar yang berbahaya.

Penelitian menunjukkan bahwa timbal dalam tubuh manusia sekarang 500–1.000 kali lebih besar daripada yang dicatatkan di masa pra-industri.³

Sayangnya, saat ini timbal dapat ditemukan di seluruh lingkungan tempat anak-anak tinggal—termasuk di udara yang mereka hirup, air yang mereka minum, tanah tempat mereka berjalan/merangkak, makanan yang mereka santap, cat di dinding yang mereka sentuh, dan bahkan di beberapa mainan yang sering mereka gunakan. Timbal memasuki tubuh melalui saluran pencernaan, saluran pernapasan, dan melalui kontak kulit.⁴

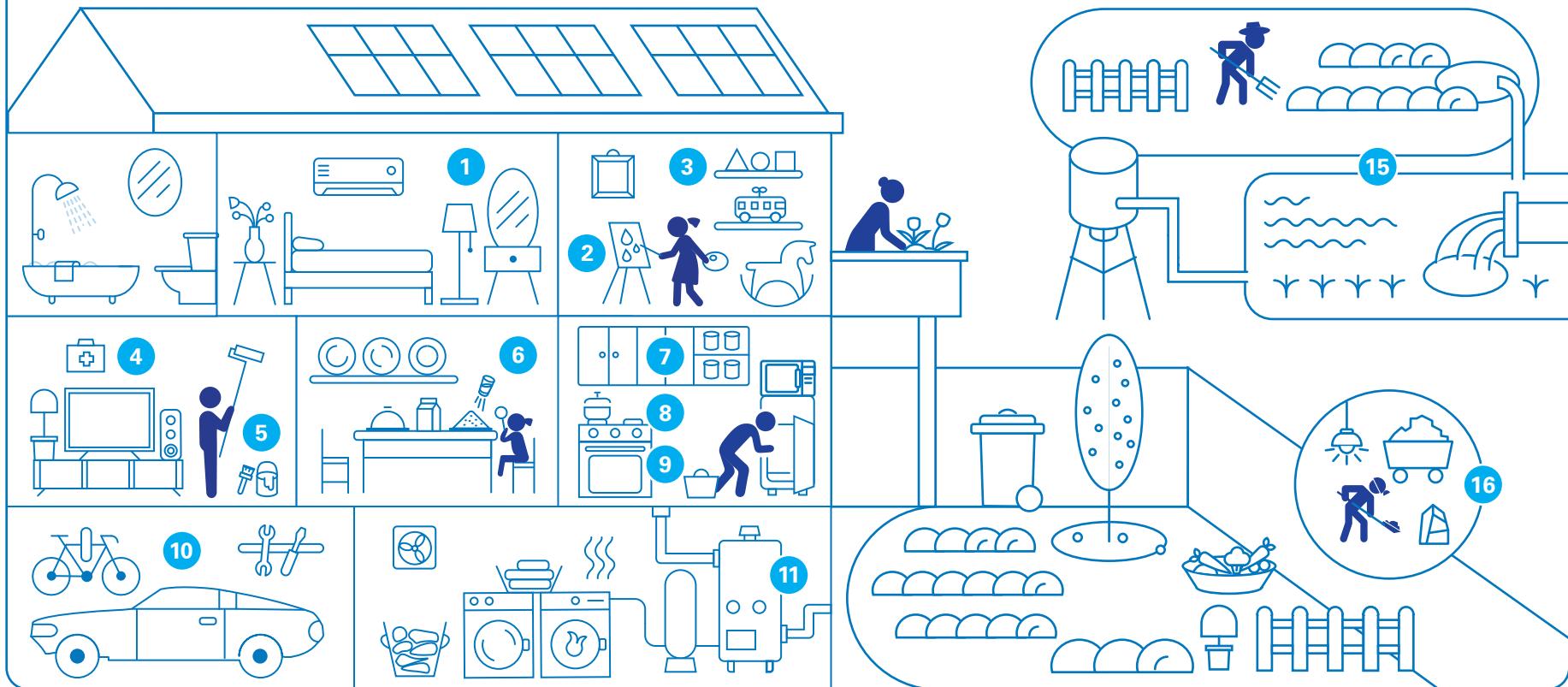
Karena tidak ada obat untuk keracunan timbal, upaya untuk mengidentifikasi sumber lokal merupakan langkah yang sangat penting untuk mencegah paparan. Dalam banyak kasus, anak-anak akan terpapar dari beberapa sumber sehingga persoalannya menjadi makin rumit. Inilah sebabnya mengapa penilaian pembagian sumber, serta upaya komprehensif untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat, mengubah perilaku berisiko, memperkuat sistem kesehatan, dan memantau kadar timbal dalam darah, sangat penting untuk melindungi anak-anak dan mencegah paparan.



© Pure Earth

Gambar 7 Sumber Timbal

1. Beberapa kosmetik tradisional
2. Cat dan pigmen berbasis timbal
3. Beberapa mainan dan perhiasan
4. Obat-obatan herbal, tradisional dan ayurveda tertentu
5. Debu dan keping dari cat berbasis timbal yang mengelupas dan retak
6. Rempah-rempah dan permen tertentu
7. Solder di kaleng makanan
8. Glasir keramik berbasis timbal pada piring dan panci masak
9. Beberapa peralatan masak dari logam
10. Bensin bertimbal
11. Pipa dan perlengkapan air dari timbal
12. Situs industri yang terkontaminasi
13. Situs daur ulang ULAB yang tidak sehat
14. Emisi dari insinerator limbah
15. Tanah yang terkontaminasi tempat anak-anak bermain dan menanam makanan
16. Anggota keluarga yang terpapar di tempat kerja, yang membawa pulang debu timbal pada pakaian dan sepatu



Catatan: Infografis di atas hanyalah contoh ilustrasi terkait kemungkinan sumber paparan timbal. Ilustrasi tersebut tidak dimaksudkan untuk secara lengkap menampilkan semua jalur paparan..

Baterai Asam Timbal

Saat ini, sekitar 85 persen timbal yang digunakan di seluruh dunia dimanfaatkan untuk produksi baterai asam-timbal.⁵ Baterai ini digunakan dalam kendaraan tradisional dan listrik, catu daya cadangan untuk konsumen, sistem penting seperti rumah sakit dan telekomunikasi, dan untuk teknologi hijau, seperti penyimpanan energi fotovoltaik dan turbin angin.⁶ Permintaan baterai asam-timbal berkembang pesat, terutama dengan kenaikan tipis jumlah kendaraan di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, serta kebutuhan penyimpanan energi secara global.⁷ Permintaan timbal yang terus meningkat telah mendorong harga logam berat dari \$52,20 per metrik ton pada 2005 menjadi lebih dari \$106,96 pada kuartal terakhir 2019.⁸

Antara tahun 2000 dan 2018, jumlah kendaraan baru yang dijual di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah meningkat lebih dari tiga kali lipat.⁹ Secara keseluruhan, didorong oleh kenaikan tingkat kepemilikan kendaraan di negara-negara ini, jumlah mobil, truk, dan bus di jalan raya di seluruh dunia diperkirakan akan mencapai sekitar 2 miliar pada tahun 2040.¹⁰ Sebagian besar peningkatan kepemilikan kendaraan ini, lebih jauh lagi, telah terjadi di negara-negara dengan iklim hangat dan lembap yang membuat baterai biasanya hanya bertahan sekitar dua tahun, perputaran cepat yang makin meningkatkan permintaan.¹¹



Alternatif untuk Baterai Asam-Timbal

Saat ini belum ada alternatif skala besar yang ekonomis dan ramah lingkungan untuk baterai asam-timbal, terutama untuk kendaraan.¹² Baterai nikel-kadmium (Ni-Cd), yang populer untuk beberapa aplikasi industri, jauh lebih mahal daripada baterai asam-timbal karena tingginya biaya nikel dan kadmium; baterai Ni-Cd juga telah dilarang di Uni Eropa karena kekhawatiran tentang toksitas kadmium. Baterai nikel-metal hidrida, meskipun makin populer untuk kendaraan listrik hibrida, jauh lebih mahal daripada baterai asam-timbal karena penggunaan nikel dan mineral tanah jarang yang mahal. Meski popularitas sel ion litium berkembang pesat, sel ini baru dimanfaatkan untuk banyak baterai berukuran lebih kecil untuk perangkat elektronik portabel dan saat ini tidak praktis untuk baterai kendaraan besar sebagian karena biaya kobalt. Selain itu, baterai ion litium dengan kepadatan tinggi dan elektrolit organik ini mudah terbakar.¹³

Hampir semua timbal yang digunakan dalam baterai asam-timbal dapat dipulihkan dan didaur ulang.¹⁴ Di Amerika Serikat dan Eropa, lebih dari 95 persen timbal dari baterai asam-timbal bekas didaur ulang, dengan mengikuti peraturan lingkungan yang ketat yang mengharuskan baterai dikembalikan ke tempat pembelian atau pusat pengumpulan untuk diangkut ke pabrik daur ulang yang ditunjuk.¹⁵ Sejak penutupan pabrik peleburan timbal primer terakhir di Amerika Serikat pada tahun 2013, produksi timbal sekunder melalui daur ulang dan pemulihan residu menyumbang semua timbal yang diproduksi di Amerika Serikat dan 74 persen timbal yang diproduksi di Eropa.¹⁶ Undang-undang di Amerika Serikat dan Uni Eropa mengharuskan baterai asam-timbal didaur ulang di fasilitas yang ditunjuk dan dipantau dengan perlindungan pekerja dan kontrol lingkungan.

Namun, banyak negara berpenghasilan rendah dan menengah tidak memiliki undang-undang serupa dan kapasitas penegakan yang diperlukan untuk memastikan daur ulang ULAB yang aman dan ramah lingkungan. Akibatnya, sejumlah besar baterai asam-timbal bekas didaur ulang dalam lingkungan informal, tidak terkendali, dan tidak diatur tanpa proses dan teknologi yang diperlukan untuk mengendalikan emisi timbal dan mencegah paparan terhadap pekerja dan masyarakat sekitar.¹⁷ Sering kali kegiatan ini merupakan sumber utama mata pencarian keluarga dan masyarakat miskin. Operasi daur ulang informal ini sering kali dilakukan di halaman belakang. Pekerja yang tidak memakai pelindung membuka baterai dengan perkakas tangan dan melepaskan pelat timbal yang dilebur di lubang terbuka yang menyebarkan asap dan bahan partikulat yang mengandung timbal



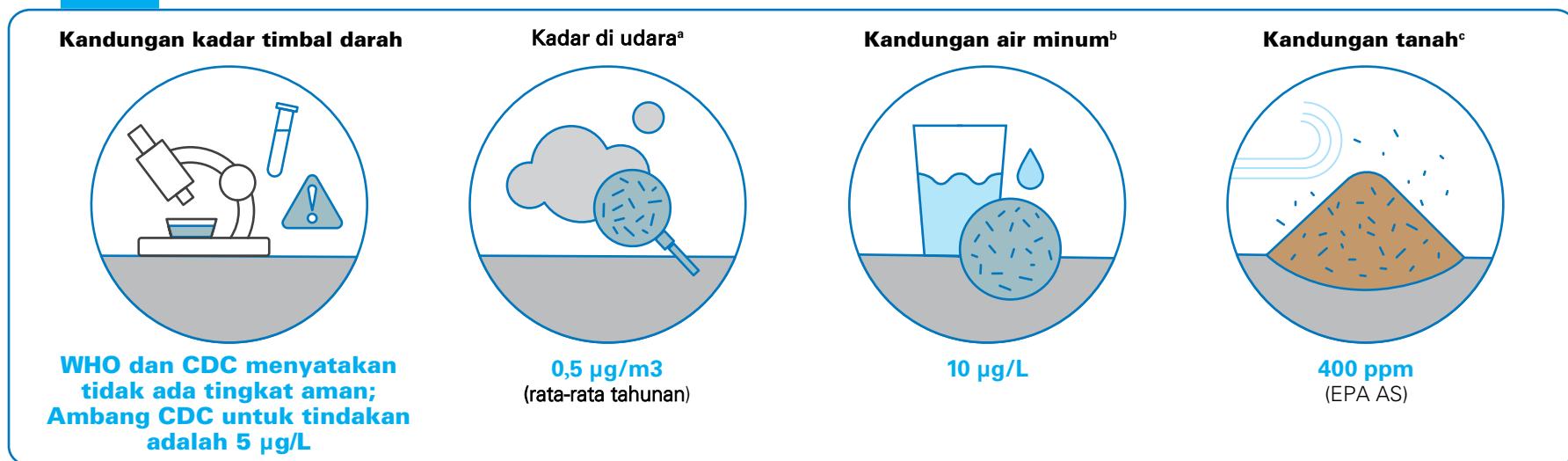
ke area luas di lingkungan sekitarnya. Asam yang terkontaminasi sedikit timbal dari baterai sering kali dialirkan ke tanah kosong atau dibuang langsung ke saluran air sehingga mencemari air irigasi dan, akhirnya, tanaman dan ikan.¹⁸ Kotak baterai plastik juga sering didaur ulang, dan jika tidak dicuci dengan benar, dapat mencemari barang plastik lainnya dengan timbal.¹⁹

Orang-orang, dan terutama anak-anak, yang tinggal di dekat lokasi daur ulang berisiko terkena timbal dari debu dan asap yang dihasilkan oleh kegiatan daur ulang.²⁰ Tinjauan literatur tahun 2011 yang melibatkan studi dari 37 negara yang diterbitkan dari 1993 hingga 2011 menemukan kadar timbal dalam darah rata-rata pada anak-anak yang tinggal di dekat fasilitas manufaktur dan daur ulang baterai timbal menjadi 19 µg/dL—hampir empat kali kadar referensi CDC AS sebesar 5 µg/dL yang membutuhkan intervensi.²¹ Lebih lanjut, tinjauan tersebut menemukan bahwa pekerja memiliki konsentrasi kadar timbal dalam darah rata-rata sebesar 64 µg/dL, dengan kisaran 37,7 hingga 112,5 µg/dL. Partikel timbal di udara di fasilitas baterai ini diukur rata-rata 367 µg/m³, atau tujuh kali lipat lebih besar daripada batas paparan yang diizinkan Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja AS, yaitu 50 µg/m³. Studi komprehensif lainnya pada tahun 2016 memperkirakan ada 10.599 hingga 29.241 situs daur ulang baterai asam-timbal bekas di 90 negara.²²

BLL rata-rata yang dihitung untuk anak-anak (usia 0–4) yang terpapar di situs ini sebesar 31,15 µg/dL. Rata-rata geometris BLL untuk orang dewasa sebesar 21,2 µg/dL.

Studi memperkirakan bahwa di Afrika saja lebih dari 1,2 juta ton baterai asam-timbal bekas memasuki ekonomi daur ulang setiap tahun dan sebagian besar ditangani oleh operator informal.²³ Bahkan, pencemaran dapat disebabkan oleh kegiatan pendaur ulang baterai formal karena mereka memecah baterai dengan kapak atau parang sehingga mereka terpapar asam dan debu timbal. Daerah sekitar dan daerah aliran sungai setempat juga tercemar oleh timbal yang disimpan secara tidak benar.²⁴ Sementara beberapa timbal sekunder digunakan untuk membuat timbangan ikan dan peralatan masak, sebagian besar tidak memenuhi persyaratan kemurnian untuk produksi baterai, dan dikirim ke kilang timbal, terutama di Asia dan Eropa.²⁵ Sampel tanah yang diambil dari luar pabrik daur ulang baterai timbal di tujuh negara Afrika, di antaranya Nigeria, Ghana, Kenya dan Tunisia, menemukan kadar timbal berkisar dari <40 ppm hingga 140.000 ppm, dengan 81 persen sampel tanah mengandung kadar timbal lebih dari 80 ppm dan 64 persen sampel mengandung kadar timbal tanah di atas 400 ppm.²⁶ Sebagai perbandingan, Badan Perlindungan Lingkungan AS telah menetapkan batas 400 ppm untuk timbal di tanah gundul di area bermain dan 1.200 ppm di luar area bermain.

Gambar 8



a. Pedoman Kualitas Udara untuk Eropa (Edisi ke-2) 2000 (https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf) hal 152

b. Pedoman Kualitas Air Minum (Addendum Pertama Edisi Keempat) 2017. (https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq4-1st-addendum/en/) hal 54

c. EPA AS. 40 CFR Bagian 745, 2001 (<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2001-01-05/pdf/01-84.pdf>)

Sebuah studi tahun 2013 tentang bahaya kesehatan industri baterai asam-timbal China menemukan bahwa sekitar 24 persen dari 94.778 anak yang diuji antara tahun 2001 dan 2007, setelah penghentian penggunaan bensin bertimbal pada tahun 2000, memiliki kadar timbal dalam darah yang melebihi 10 µg/dL.²⁷ Studi tersebut berhipotesis bahwa industri baterai asam-timbal China yang sedang berkembang dapat menyebabkan tingginya kadar timbal dalam darah di antara anak-anak dan mencatat bahwa China masih



Proses Daur Ulang ULAB

Dalam proses tertutup otomatis yang khas, baterai timbal dipecah di dalam mesin penghancur, dalam hal ini *hammermill* atau *shredder*, dan potongannya dimasukkan ke dalam tangki berisi air. Di sini, gravitasi digunakan untuk memisahkan komponen: timbal dan bahan berat tenggelam ke bawah dan plastik naik ke atas. Bahan plastik dibuang dan cairan, termasuk elektrolit asam sulfat, dikeluarkan. Komponen logam disalurkan ke tungku tertutup untuk peleburan dan pemurnian dan kemudian disalurkan ke cetakan pengecoran. Limbah dari daur ulang dikumpulkan, diolah, dan dibuang di tempat pembuangan limbah yang ditentukan.²⁸

Sebaliknya, proses manual yang tidak memenuhi standar melepaskan sejumlah besar partikel timbal ke lingkungan dan menimbulkan risiko yang lebih besar bagi pekerja dan masyarakat. Dalam proses manual, baterai biasanya dikeringkan, kemudian dipecah dengan gergaji listrik, parang, atau kapak. Komponen dipisahkan dengan tangan menjadi tumpukan. Komponen timbal dibawa ke tungku atau dibawa dengan sabuk konveyor jala terbuka. Dalam kemungkinan terburuk, tungkunya mungkin sekadar panci terbuka di atas api. Timbal cair kemudian dituangkan ke dalam cetakan pengecoran. Elektrolit mengandung timbal terlarut dan, jika elektrolit bocor atau dituangkan ke tanah, alih-alih tangki pengumpul, timbal akan bercampur dengan partikel tanah, yang kemudian menjadi sumber debu timbal.²⁹

merupakan produsen, penyuling dan konsumen timbal dan baterai asam-timbal terbesar di dunia.

Karena pemrosesan ULAB seringkali merupakan satu-satunya mata pencarihan bagi keluarga dan masyarakat miskin, perbaikan peraturan, pedoman, dan praktik yang baik dapat memperbaiki kondisi sehingga kegiatan ini tidak menimbulkan risiko bagi kesehatan dan kesejahteraan pekerjanya dan masyarakat sekitar.



Program Identifikasi Lokasi Beracun

Melalui Program Identifikasi Lokasi Beracun (TSIP), Pure Earth dan penyelidik setempatnya telah mengidentifikasi 1.450 lokasi di lebih dari 50 negara. Di berbagai negara tersebut, timbal adalah polutan utama. Banyak anak-anak terdampak secara langsung oleh polusi dari lokasi ini, yang sebagian besar masih dan pernah menjadi pabrik peleburan, tambang, dan tempat daur ulang informal ULAB. Situs ini bebas diakses melalui www.contaminatedsites.org.

Program Identifikasi Lokasi Beracun diluncurkan pada tahun 2005 untuk mencatat lokasi yang tercemar, mengumpulkan data tentang tingkat polusi di udara, tanah dan air, dan menghubungkan informasi tersebut dengan efeknya pada kesehatan manusia. Didanai oleh Bank Dunia, UNEP, Komisi Eropa, USAID dan lainnya, TSIP, dengan lebih dari 4.000 lokasi terdaftar yang mencakup sejumlah logam berat dan kontaminan kimia, diakui sebagai daftar terbesar lokasi limbah beracun di dunia dan digunakan secara luas oleh organisasi kesehatan masyarakat pemerintah dan nirlaba untuk memperkirakan paparan racun dan risiko kesehatan yang menyertainya pada kelompok populasi tertentu.³⁰

Rempah-Rempah, Kosmetik, dan Mainan

Timbal dapat memasuki rantai pasok melalui beberapa celah. Rempah-rempah yang ditanam di dekat pabrik peleburan, pabrik baterai, dan tambang timbal dapat menyerap partikel debu dan sisa-sisa dari proses ini. Timbal yang diendapkan di tanah dan air dari polutan udara dan aplikasi pupuk dapat memasuki sistem makanan dan rempah-rempah. Timbal juga bisa menjadi bagian dari mesin penggiling bumbu sehingga mencemari makanan yang dimasukkan ke dalamnya. Dalam beberapa kasus, timbal sengaja ditambahkan ke rempah-rempah untuk mewarnai dan menambah beratnya.

Mengingat keterkaitan rantai pasok global, timbal dalam rempah-rempah, kosmetik, dan mainan di satu negara dapat memengaruhi paparan timbal pada anak-anak di negara lain. Sebuah penelitian di AS terhadap hampir 500 merek susu formula dan makanan bayi mendeteksi kadar timbal di lebih dari 30 persen merek tersebut.³¹ Ada segudang kontaminan lain juga, seperti arsenik, merkuri, pestisida, dan akrilamida. Studi lain menemukan bahwa dari 1.496 sampel dari sekitar 50 rempah-rempah dari 41 negara yang dikumpulkan di New York, lebih dari setengahnya mengandung kadar timbal yang dapat dideteksi, dengan lebih dari 30 persen memiliki konsentrasi di atas 2 ppm berdasarkan analisis laboratorium.³² Konsentrasi timbal tertinggi ditemukan dalam rempah-rempah yang dibeli di Georgia, Bangladesh, Pakistan, Nepal dan Maroko. Dengan menggunakan data dari 2011-2018, studi lain di North Carolina menemukan bahwa hampir 30 persen sampel mengandung 1 ppm timbal atau lebih berdasarkan analisis laboratorium.³³ Setelah melakukan penyelidikan, Badan Pengawas Obat dan Makanan AS menyatakan bahwa produk konsumsi harus ditarik jika mengandung kadar timbal; 0,1 ppm untuk permen dan 0,5 ppm untuk makanan lain.³⁴

Selain itu, keterkaitan rantai pasok global berjalan dalam dua arah: bisa saja limbah, seringkali limbah elektronik, dikirim dari negara berpenghasilan tinggi ke negara miskin untuk didaur ulang dan diproses. Masyarakat yang terlibat dalam pengolahan limbah akan menghadapi risiko jika tidak ada standar keselamatan dan praktik yang baik dalam daur ulang bahan beracun ini. Polusi bersifat lintas batas, termasuk timbal. Oleh karena itu, kerja sama internasional perlu ditingkatkan untuk mengurangi paparan.³⁵

Pada April 2019, UNICEF melaporkan hasil survei kadar timbal dalam darah secara nasional di Republik Georgia. Terungkap bahwa 41 persen anak-anak berusia 2-7 tahun memiliki kadar timbal dalam 5 µg/dL atau lebih; 25 persen

dari anak-anak memiliki kadar timbal dalam darah antara 5 dan 10 µg/dL; dan 16 persen memiliki kadar timbal dalam darah di atas atau sama dengan 10 µg/dL. Di tiga wilayah, lebih dari 60 persen anak-anak mengalami peningkatan kadar timbal dalam darah, dengan satu wilayah, Adjara, melaporkan sekitar 80 persen anak-anak yang diuji dengan kadar timbal darah pada atau di atas 5 µg/dL dan lebih dari 40 persen dengan kadar timbal dalam darah di atas 10 µg/dL.³⁶

Kunyit

Di Bangladesh, kontaminasi timbal pada kunyit menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan. Baru-baru ini, peneliti Stanford menemukan pencampuran timbal di tujuh dari sembilan distrik penghasil kunyit.³⁷ Bukti mereka menunjukkan produsen menambahkan timbal untuk menguatkan warna kuning yang dilihat konsumen sebagai tanda kualitas kunyit. Beberapa konsentrasi melebihi batas nasional hingga 500 kali. Studi lain telah mengidentifikasi rempah-rempah yang terkontaminasi timbal di Pakistan, Libya, Polandia, Ghana, Nigeria dan Turki. Mengingat peringatan baru-baru ini tentang rempah-rempah yang terkontaminasi timbal yang diekspor ke Amerika Serikat dari berbagai asal,³⁸ daftar singkat negara-negara ini mungkin belum lengkap.

Kohl

Cat kelopak mata tradisional *kohl* atau *surma* yang dipakai oleh pria, wanita dan anak-anak di negara Asia Selatan dan Afrika juga ditemukan mengandung timbal dalam konsentrasi tinggi meskipun telah dibuat peraturan untuk melarang kosmetik berbahan dasar timbal dari pasar dunia. *Kohl* buatan sendiri masih sering dibuat dengan menggiling timbal sulfida, alih-alih karbon amorf atau arang yang digunakan oleh perusahaan manufaktur.³⁹ Setengah dari komposisi kimia *kohl* mungkin adalah timbal sulfida.⁴⁰

Mainan

Mainan, furnitur, dan perhiasan mungkin mengandung cat berbahan dasar timbal. Timbal bisa juga terkandung dalam bahan pembuatannya. Di Amerika Serikat, upaya penarikan mainan telah dilakukan selama beberapa tahun terakhir, termasuk 150 juta buah perhiasan mainan logam pada tahun 2004 dan 967.000 mainan pada tahun 2007.⁴¹ Produk lain yang ditemukan mengandung timbal termasuk krayon, kapur tulis, dan pakaian.

Timbal juga ditemukan dalam kosmetik dan obat tradisional dan serbuk upacara.⁴² Kandungan timbal tidak mungkin dipastikan hanya dengan melihat apakah zat tersebut mengandung timbal. Selain itu, penjual mungkin tidak tahu ada tidaknya kandungan timbal dalam produk itu.

Timbal juga dapat ditemukan dalam makanan. Kontaminasi dapat terjadi di beberapa titik rantai makanan.

Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan AS,⁴³ timbal dapat masuk ke dalam persediaan makanan kita, karena:

- Timbal di dalam tanah dapat mengendap atau diserap oleh tanaman penghasil untuk buah-buahan atau sayur-sayuran atau tanaman yang digunakan sebagai bahan makanan, termasuk suplemen makanan.
- Timbal yang masuk ke atau pada tanaman tidak dapat sepenuhnya dihilangkan dengan mencuci atau mengolah makanan.
- Timbal dalam tanaman atau air juga dapat tertelan dan terserap oleh hewan yang kita makan sehingga timbal masuk ke dalam tubuh kita.
- Timbal dapat memasuki makanan secara tidak disengaja melalui proses manufaktur. Misalnya, pipa ledeng yang mengandung timbal dapat mencemari air yang digunakan dalam produksi makanan.
- Timbal dalam tembikar, wadah penyimpanan, penci masak, dan permukaan persiapan dapat masuk atau larut ke dalam makanan atau minuman.

Meskipun kadar timbal dalam pasokan makanan menurun secara drastis di Amerika Serikat antara tahun 1970-an dan 1990-an, kadar timbal yang rendah masih terdeteksi di beberapa makanan karena timbal terus ada di lingkungan.⁴⁴



Obat Tradisional dan Kosmetik yang Diketahui Mengandung Timbal⁴⁵

- Ba-baw-san adalah obat herbal Cina yang mengandung timbal dan digunakan untuk mengobati nyeri kolik atau untuk menenangkan anak kecil.
- Daw Tway adalah obat untuk memperlancar pencernaan yang digunakan di Thailand dan Myanmar (Burma). Analisis sampel Daw Tway menunjukkan kandungan 970 bagian per sejuta (ppm) timbal, belum lagi tingkat arsenik yang tinggi (7.100 ppm).
- Greta dan Azarcon (juga dikenal sebagai alarcon, coral, luiga, maria luisa atau rueda) adalah obat tradisional Hispanik yang digunakan untuk sakit perut (empacho), sembelit, diare dan muntah. Di samping itu, Greta dan Azarcon digunakan pada bayi yang sedang tumbuh gigi. Greta dan Azarcon adalah bubuk jeruk halus dengan kandungan timbal 90 persen.
- Ghasard, obat tradisional India, juga ditemukan mengandung timbal. Ini adalah bubuk cokelat yang digunakan sebagai tonik.
- Sindoor, bedak kosmetik tradisional berwarna merah atau merah jingga yang dikenakan oleh wanita di anak benua India, mungkin mengandung timbal.



Studi Kasus: Tbilisi, Georgia

Dengan bangga mondor-mandir di ruang tamu dengan sandal kelinci merah muda berbulu halus, Barbare, berusia 4 tahun, sangat ingin melengkapi pakaianya dengan menambahkan beberapa lipstik anak-anak dan cat kuku berkilau. Namun, ibunya mengatakan 'tidak' - karena takut bahwa penggunaan zat itu hanya akan membawa lebih banyak mudarat daripada manfaat bagi gadis dengan kadar timbal yang sangat tinggi dalam darahnya.

Pada tahun 2018, setelah menemukan bukti anekdotal tingginya kadar timbal dalam darah di antara anak-anak Georgia, UNICEF Georgia merancang dan, bersama dengan Biro Pusat Statistik, melakukan survei perwakilan nasional terbesar di negara itu tentang masalah tersebut hingga saat ini. Penelitian yang terintegrasi dalam Survei Klaster Indikator Ganda (MICS), mengumpulkan lebih dari 1.570 sampel darah vena dari anak-anak berusia 2-7 tahun. Sampel dikirim ke Institut Kesehatan Nasional Italia di Roma dan diuji kandungan logam beracunnya.

Hasilnya mengkhawatirkan. Di sekitar Georgia, 41 persen anak-anak ditemukan memiliki kadar timbal dalam darah 5 µg/dL atau lebih - sekitar sepuluh kali lebih tinggi daripada prevalensi yang ditemukan di negara berpenghasilan tinggi.⁴⁶ Sekitar 25 persen anak-anak memiliki kadar timbal dalam darah antara 5-10 µg/dL sementara 16 persen memiliki kadar timbal dalam darah 10 µg/dL atau lebih. Peningkatan BLL juga sangat berkorelasi dengan Kuintil Indeks Kekayaan, yang menunjukkan aspek ketimpangan sosial dari masalah tersebut. Data yang disajikan di bawah ini berasal dari studi perwakilan nasional yang mengukur kadar timbal dalam darah di antara anak-anak.

"Saya benar-benar terkejut," kata Giuli Zoidze, ibu Barbare.

"Ketakutan terbesar saya adalah bahwa saya diberitahu bahwa tingginya kadar timbal dalam darah menghambat perkembangan," katanya, menambahkan pengamatannya bahwa Barbare mengalami keterlambatan bicara. Saudara laki-laki Barbare lahir dengan lumpuh otak.

Di wilayah Adjara di Georgia barat, sekitar 80 persen anak-anak yang diuji memiliki kadar timbal dalam darah di atas 5 µg/dL, dengan 50 persen melaporkan BLL 10 µg/dL atau lebih.

Dr Irma Chikvaidze, seorang dokter anak di Klinik Lashvili di Batumi, ibukota wilayah Adjara, mengatakan bahwa ketika hasilnya pertama kali keluar, tidak banyak yang diketahui tentang masalah atau penyebabnya.

"Kami memiliki beberapa pengetahuan teoretis tentang itu; itu saja," kata Dr. Chikvaidze. "Semua orang yang saya kenal ingin dites."

Georgia tidak memiliki laboratorium umum untuk pengujian tersebut, dan sampel harus dikirim ke luar negeri. Setiap tes memakan biaya 120 lari (42 dolar AS), terlalu mahal untuk sebagian besar penduduk setempat, kata Dr. Chikvaidze.

Untuk mengatasi masalah tersebut, UNICEF mengembangkan strategi tiga fase.

"Tahap pertama adalah pemahaman masalah, yang dilakukan melalui survei MICS," kata Dr. Ghassan Khalil, Perwakilan UNICEF di Georgia. "Yang kedua adalah mencari sumber dan jalur (kontaminasi timbal). Pekerjaan pada fase ketiga telah dimulai – pengembangan dan implementasi rencana respons nasional."

Strategi tersebut didukung dan diadopsi sepenuhnya oleh Perdana Menteri Georgia, yang secara resmi meminta dukungan UNICEF. "Kami memuji pemerintah Georgia yang memulai dan melanjutkan pekerjaan ini," katanya.

"Kami merasa ada tanggung jawab moral untuk melanjutkan, dan ini dipupuk oleh kemitraan kuat yang kami jalin dengan Pusat Pengendalian Penyakit Nasional (NCDC)," kata Dr. Khalil.

UNICEF memobilisasi banyak mitra lain untuk menangani masalah ini dan menerima pendanaan awal untuk pencarian sumber dari Kedutaan Besar Estonia di Tbilisi, sementara pemerintah beriktikad baik dan siap untuk menjawab masalah dan mulai merespons secara langsung, kata Dr. Khalil.

Anak-anak dan anggota keluarga dengan kadar timbal yang tinggi menerima perawatan medis lengkap secara gratis. Dengan perbaikan gizi dan suplemen multivitamin, BLL anak-anak meningkat secara signifikan, dengan laporan penurunan konsentrasi timbal 40 sampai 50 persen.

Namun, tantangan lebih lanjut masih menghadang. Saat ini, UNICEF, NCDC dan mitra sedang membangun laboratorium. UNICEF berencana untuk mendukung pemerintah dalam merancang dan membangun sistem surveilans kesehatan lingkungan untuk mengumpulkan data tentang polusi, paparan manusia terhadap polutan tersebut dan prevalensi penyakit terkait.

Seiring waktu, NCDC juga ingin mengembangkan kapasitas untuk menguji kadar timbal di rumah, kata Dr. Lela Sturua, kepala departemen yang mengurus penyakit tidak menular di NCDC.

NCDC telah mengembangkan rencana strategi 2020-2030 untuk mengatasi masalah timbal, sementara pemerintah Georgia telah mulai meluncurkan peraturan baru tentang mainan, menegakkan standar konstruksi untuk taman kanak-kanak, dan menyediakan pendanaan pemerintah secara penuh untuk pengujian timbal untuk setiap anak jika dirujuk oleh seorang dokter, dan lain-lain, kata Sturua.

Dokter di seluruh negeri juga telah dilatih untuk menangani kasus potensial.

Dr. Chikvaidze dan tenaga medis lainnya menjalani tiga modul pelatihan guna mempertajam respons medis dan menularkan ilmunya kepada rekan.

"Anak-anak dengan masalah perkembangan sekarang dirujuk untuk tes timbal," kata Dr. Chikvaidze.

"Sekarang saya memikirkan semua kasus [perkembangan yang lambat] yang tidak dapat saya selesaikan – mungkin ada penjelasannya," tambahnya.

"Sementara itu, saya menyarankan kepada keluarga yang bersangkutan untuk mencuci tangan, mencuci mainan anak, menjaga tempat bermain anak dan berhati-hati dalam menggunakan rempah-rempah tertentu," kata Dr Sturua dari NCDC.

"Saya kira kami beruntung menjadi bagian dari survei ini karena sekarang kami mendapat perhatian khusus," kata Zoidze, ibu Barbare. Para ibu lain di taman kanak-kanak tempat putrinya belajar sekarang mendekatinya untuk meminta nasihat tentang perlindungan anak-anak mereka.

Namun, masalahnya masih jauh dari selesai, katanya.

"Di sini, dari 40 keluarga di desa, hanya satu anak yang diuji," kata Zoidze. "Saya kira kasusnya lebih banyak."

Langkah Selanjutnya

UNICEF Georgia memulai proyek dua pilar untuk meningkatkan tindakan:

Pilar 1: Melakukan studi tentang sumber paparan timbal.

Studi tentang sumber paparan timbal dimulai dengan analisis statistik transversal dari data kadar timbal dalam darah dan puluhan indikator sosial ekonomi dan kesehatan, yang dikumpulkan bersama dengan sampel darah vena.

Pilar 2: Membangun kapasitas data, kebijakan, regulasi, dan teknis untuk memerangi prevalensi timbal secara efektif.

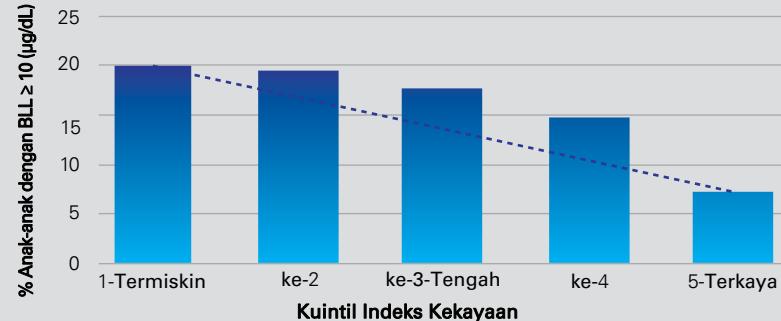
UNICEF mendukung pemerintah untuk mengelaborasi strategi dan rencana aksi yang komprehensif, lintas sektoral, multitaruhan. Ini mencakup alokasi sumber daya yang dibutuhkan dari anggaran negara dan daerah, menentukan tanggung jawab dan wewenang lembaga terkait dengan mempertimbangkan praktik terbaik di seluruh negara anggota OECD, serta transposisi arahan dan peraturan Pendekatan Baru UE (Uni Eropa) tentang keamanan dan pengemasan makanan/produk, surveilans pasar, dan penilaian kesesuaian.

UNICEF dan pemerintah Georgia telah mengambil langkah pertama untuk meningkatkan kesadaran publik tentang efek racun timbal dan memberikan informasi kepada keluarga tentang tindakan yang dapat dilakukan untuk menurunkan risiko. Langkah jangka menengah hingga panjang untuk secara efektif dan berkelanjutan mengatasi paparan timbal dan polutan lainnya termasuk:

1. **Mencegah peredaran produk dan bahan yang terkontaminasi timbal di pasar,** seperti mainan, rempah-rempah yang terkontaminasi, dll, dengan mengarahkan badan pengawas teknis dan konstruksi dan badan pengawas makanan dan lingkungan untuk mengendalikan timbal dan polutan lainnya dengan benar.
2. **Mengidentifikasi, mengontrol, dan memulihkan lokasi berbahaya** seperti tempat pembuangan sampah, tempat daur ulang baterai, dan tempat hewan merumput atau anak-anak bermain yang terkontaminasi timbal, dll.
3. **Membangun sistem surveilans kesehatan lingkungan** yang memungkinkan pemantauan sistematis terhadap kontaminasi produk atau lingkungan, tingkat paparan populasi dan beban penyakit terkait. Ini akan membantu pemerintah untuk

terus menyesuaikan kembali intervensinya terhadap tantangan yang ada dan yang muncul di bidang kesehatan lingkungan. Termasuk diantaranya adalah menggunakan sistem yang ada untuk membangun surveilans kesehatan lingkungan masa depan negara itu.

Gambar 9 Prevalensi BLL $\geq 10 \mu\text{g/dL}$ menurut Kuintil Indeks Kekayaan



Gambar 10 Persentase Anak Georgia dengan Peningkatan BLL



Sumber: Andria Nadiradze, UNICEF Georgia

Keramik dan Peralatan Masak

Timbal sering digunakan dalam keramik dan peralatan masak sebagai glasir yang melindungi gerabah dari korosi dari waktu ke waktu. Glasir bertimbal memberikan lapisan kedap air yang berkilau dan mentradisi di banyak budaya. Awalnya dibawa ke Amerika dari Spanyol pada pertengahan 1800-an, glasir bertimbal terus digunakan dalam tembikar tradisional di Meksiko dan tempat lain.⁴⁷

Namun, penggunaan glasir timbal sangat berisiko, terutama ketika peralatan digunakan untuk menyiapkan makanan. Timbal dapat dengan mudah larut dari glasir keramik ke makanan saat dimasak pada suhu rendah. Kiln berbahan bakar kayu yang digunakan oleh sebagian besar pengrajin tembikar sering kali tidak mencapai suhu peleburan/sintering yang diperlukan untuk mengubah glasir timbal menjadi kaca agar timbal tidak larut ke dalam makanan.⁴⁸ Selain itu, banyak pembuat tembikar bekerja di dalam dan di sekitar rumah mereka sehingga membuat keluarga mereka, dan terutama anak-anak kecil, terpapar debu timbal. Makanan asam, seperti jus jeruk nipis dan tomat, dan teknik memasak dengan suhu tinggi juga menyebabkan timbal lebih mudah larut dari tembikar dan peralatan masak ke dalam makanan dan minuman.⁴⁹ Di banyak negara berpenghasilan rendah dan menengah, jamak ditemukan peralatan masak aluminium buatan lokal. Pengrajin informal menggunakan besi tua dari produk seperti limbah komponen mesin, radiator kendaraan, baterai timbal, dan komponen komputer.^c Akibatnya, logam apapun yang ada dalam besi tua ini akan digabungkan, termasuk timbal, kadmium, dan bahkan arsenik. Timbal juga telah ditemukan berpindah dari kaleng ke sayuran kaleng, meskipun ada lapisan internal.⁵⁰

Dalam penelitian yang dilakukan di Meksiko, pengambilan sampel tanah dan pengujian kadar timbal dalam darah anak-anak mengungkap tingkat paparan yang tinggi di bengkel tembikar rumahan. Sebelas anak yang tinggal di rumah tempat pembuatan tembikar dengan glasir timbal memiliki kadar timbal dalam darah rata-rata 26,4 µg/dL.⁵¹ Sementara itu, tanah di sekitar bengkel memiliki konsentrasi rata-rata 1.098,4 ppm⁵² – lebih dari dua setengah kali tingkat yang dianggap dapat ditoleransi untuk area bermain anak-anak oleh EPA AS.⁵³ Survei kesehatan terbaru lainnya yang dilakukan oleh Institut Kesehatan Masyarakat Nasional (INSP) di Meksiko mengungkapkan bahwa

setidaknya satu juta anak berusia antara 1 dan 4 tahun (22 persen dari populasi penelitian) mengalami peningkatan kadar timbal dalam darah di atas 5 µg/dL.⁵⁴ Ketika data dari daerah lain di negara itu dianalisis, jumlah anak yang dikonfirmasi dengan kadar timbal darah tinggi pasti akan meningkat, menurut Daniel Estrada, kepala Pure Earth Mexico dan salah satu penulis laporan tersebut. Mereka memperkirakan bahwa, berdasarkan ekstrapolasi dari penilaian lokasi dan termasuk anak-anak di bawah usia 14 tahun, sekitar 13 juta anak-anak mengalami peningkatan kadar timbal dalam darah karena kaca berbahan timbal pada keramik dan peralatan masak.

Namun, masalahnya tidak hanya terjadi di Meksiko dan Amerika Tengah. Di Kamerun, timbal yang didaur ulang dari baterai asam-timbal bekas juga masuk ke peralatan masak dalam bentuk paduan aluminium-timbal. Panci "macoccote" kerap digunakan di rumah, restoran, dan kedai makanan terbuka.⁵⁵



© Pure Earth

c. Jeffrey D. Weidenhamer, Meghann P. Fitzpatrick, Alison M. Biro, Peter A. Kobunski, Michael R. Hudson, Rebecca W. Corbin, Perry Gottesfeld, "Paparan logam dari peralatan masak aluminium: Risiko kesehatan masyarakat yang tidak disadari di negara berkembang." (*Science of The Total Environment*, Vol. 579, 2017) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.023>



Studi Kasus: Berbagai Lokasi, Meksiko

Sumber utama paparan timbal di Meksiko termasuk tembikar/keramik berlapis timbal, industri metallurgi dan pertambangan. Sebuah penelitian di wilayah Mexico City menemukan rata-rata BLL 2 µg/dL di antara anak-anak usia 1-5 tahun pada tahun 2008 hingga 2015, dengan 8 persen anak-anak memiliki BLL > 5 µg/dL.⁵⁶ Di luar Mexico City, studi pengukuran dilakukan pada tahun 2018 pada anak-anak usia 1-4 tahun di lokasi dengan penduduk kurang dari 100.000. Sekitar setengah dari anak-anak di Meksiko dalam kelompok usia ini tinggal di lokasi tersebut. Studi ini menemukan BLL rata-rata 3,3 µg/dL dengan 22 persen anak-anak memiliki BLL > 5 µg/dL.⁵⁷

Studi khusus geografis telah menemukan BLL tinggi dalam satu dekade terakhir. Sebuah studi pada tahun 2011 di dua sekolah negeri di sebuah kota kecil di Morelos tanpa sumber timbal yang jelas dari industri atau pertambangan menemukan rata-rata BLL sebesar 7,23 µg/dL.⁵⁸ Rata-rata BLL di antara anak-anak berusia 4 hingga 9 tahun di komunitas pembuat tembikar di negara bagian Tlaxcala adalah 19,4 µg/dL pada 2008-09.⁵⁹ Studi yang dilakukan antara 2001 dan 2009 menemukan BLL di antara anak-anak di komunitas dengan atau dekat industri metallurgi dan area pertambangan dalam kisaran 6-11 µg/dL. Studi yang lebih baru telah mengonfirmasi bahwa rumah tangga terus menggunakan keramik berlapis timbal yang menyebabkan peningkatan BLL. Sebuah penelitian terhadap 300 ibu dan bayi baru lahir yang dipilih secara acak di Morelos pada tahun 2015 menemukan bahwa sebanyak 57 persen keluarga yang disurvei menggunakan keramik berlapis timbal setidaknya sebulan sekali.⁶⁰

Berdasarkan informasi yang tersedia, laporan yang akan diterbitkan oleh Bank Dunia⁶¹ memperkirakan bahwa anak-anak di bawah usia 5 tahun di Meksiko kehilangan total 1,5-8,9 juta poin IQ pada tahun 2018, dengan nilai tengah sebesar 3,8 juta. Sekitar 85 persen dari kehilangan tahunan ini terjadi pada anak-anak dengan BLL bersamaan kurang dari 5 µg/dL pada usia 5 tahun. Di antara orang dewasa, paparan timbal menyebabkan 4.600-5.600 kematian dini pada tahun 2018, dengan nilai tengah 5.105. Selain itu, diperkirakan 9.000 – 11.000 tahun disability-adjusted life years hilang akibat penyakit kardiovaskular dan ginjal kronis yang tidak fatal karena paparan timbal, sama dengan 104-128 juta hari hidup dengan penyakit.

Sebagaimana ditunjukkan oleh tabel terlampir, paparan timbal menimbulkan biaya yang diperkirakan setara dengan antara 0,74 persen

dan 2,68 persen dari PDB, dengan nilai tengah sebesar 1,37 persen. Efek disebabkan oleh paparan timbal pada perkembangan intelektual anak-anak merupakan bagian terbesar dari biaya ini.

Tabel 2 Perkiraan Efek Kesehatan dan Biaya Paparan Timbal di Meksiko, 2018

	Rendah	Sedang	Tinggi
Nilai sekarang dari pendapatan seumur hidup masa depan (15-64 tahun) (MX\$)	5.509.432	5.509.432	5.509.432
Kehilangan pendapatan seumur hidup per poin IQ yang hilang (% dari pendapatan seumur hidup)	1,66%	1,66%	1,66%
Tingkat partisipasi angkatan kerja (15-64 tahun)	65%	65%	65%
Biaya per poin IQ yang hilang (MX\$)	59.543	59.543	59.543
Poin IQ yang hilang per tahun	1.530.526	3.838.340	8.876.783
Total biaya hilangnya IQ (MX\$ miliar)	91	229	529
Total biaya hilangnya IQ (% dari PDB, 2018)	0,39%	0,97%	2,25%
Kematian tahunan akibat paparan timbal pada orang dewasa	4.594	5.105	5.615
Perkiraan hari sakit akibat paparan timbal pada orang dewasa (dalam jutaan)	104	116	128
Biaya meningkatnya kematian akibat paparan timbal pada orang dewasa	78,2	86,8	95,5
Biaya meningkatnya kematian akibat paparan timbal pada orang dewasa	4,8	5,3	5,8
Total biaya efek kesehatan dari paparan timbal pada orang dewasa (MX\$ miliar)	82,9	92,2	101,4
Total biaya efek kesehatan dari paparan timbal pada orang dewasa (% dari PDB, 2018)	0,35%	0,39%	0,43%
Total biaya (% dari PDB, 2018)	0,74%	1,37%	2,68%

Sumber: Bank Dunia⁶²

Penyelidik Pure Earth juga menemukan tingginya kontaminasi dari tembikar berlapis timbal di Morelos. Di bengkel keramik, rata-rata sekitar 1.098 ppm timbal ditemukan di tanah, lebih dari dua setengah kali batas EPA AS, 400 ppm. Rata-rata kadar timbal dalam darah anak-anak perajin keramik yang berumur 8 tahun ke bawah adalah 26,4 µg/dL. Para peneliti memperkirakan bahwa anak-anak itu bisa kehilangan antara 7 dan 8 poin IQ karena paparan timbal.⁶³

Di seluruh negeri, orang Meksiko menggemari tembikar tradisional yang dibuat dengan glasir timbal. Akibatnya, paparan timbal terus terjadi - terlepas dari kampanye pendidikan untuk memperingatkan bahayanya. Pengujian oleh Instituto Nacional de Salud Publica menemukan bahwa sekitar 14 persen dari anak-anak yang diuji, dari usia 1 hingga 4 tahun, memiliki kadar timbal dalam darah 5 µg/dL atau lebih, 3,2 persen dari mereka mempunyai kadar timbal dalam darah di atas 10 µg/dL. Sekitar 15,5 persen wanita hamil yang diuji memiliki kadar timbal dalam darah 5 µg/dL atau lebih.⁶⁴

Pure Earth bekerja sama dengan Institut Kesehatan Masyarakat Nasional untuk menguji kadar timbal dalam darah 300 ibu dan bayi mereka di negara bagian Morelos pada tahun 2015. Selama pemeriksaan, kadar timbal dalam darah bayi yang baru lahir sangat tinggi, yaitu 40 µg/dL – delapan kali dosis referensi CDC sebesar 5 µg/dL dan jauh di atas tingkat terjadinya toksisitas perkembangan, perubahan metabolisme, dan gangguan kognitif.⁶⁵ Para peneliti menunjukkan penggunaan peralatan masak berlapis timbal oleh keluarga sebagai sumber keracunan timbal pada bayi dan segera mengedukasi keluarga tentang bahaya tersebut dan membuang tembikar yang terkontaminasi. Kadar timbal dalam darah bayi menurun hingga 13 µg/dL setelah keluarganya berhenti menggunakan tembikar berbahan dasar timbal. Setahun kemudian, kadar timbal dalam darah bayi dan ibunya menurun 90 persen. Anak itu mencapai tonggak perkembangan utama dan, pada pertemuan terakhir, ia telah menjadi anak TK yang sehat.⁶⁶

Selain kadar timbal dalam darah dan pengujian tanah, proyek Barro Aprobado Pure Earth mengadakan lokakarya pembuatan tembikar tanpa timbal yang diikuti para perajin dan berupaya meningkatkan kesadaran tentang bahaya tembikar bertimbal dan bekerja sama dengan industri hospitalitas untuk mendorong permintaan tembikar bebas timbal. Pekerjaan ini didukung oleh industri juga; produsen baterai asam-timbal terbesar di dunia memberikan dukungan akses teknis, koordinasi, dan pemerintahan ke program tersebut.



© Pure Earth

Cat dan Pigmen Berbahan Dasar Timbal

Cat timbal adalah sumber utama paparan lainnya. Meskipun efek berbahaya timbal dalam cat telah dicatat setidaknya sejak tahun 1890-an, hanya 73 negara, atau 38 persen negara di dunia, yang memiliki kontrol yang mengikat secara hukum untuk membatasi produksi, impor, dan penjualan cat timbal, mulai 30 September 2019.⁶⁷ Bahkan di negara yang telah mengambil langkah untuk melarang cat bertimbal, seperti Amerika Serikat dan banyak negara Eropa, cat berbahan dasar timbal terus menjadi bahaya kesehatan karena kerusakan cat timbal di dinding dan permukaan.

Timbal ditambahkan ke cat agar lebih cepat kering dan tahan lama karena timbal melawan kelembaban dan membantu mencegah korosi.⁶⁸ Anak-anak dapat teracuni jika mereka mengunyah permukaan yang dilapisi dengan cat berbahan dasar timbal, seperti kusen jendela dan tepi pintu.⁶⁹ Ini sangat berbahaya bagi anak-anak karena rasanya manis, dan ketika cat timbal terkelupas dan retak seiring waktu, tercipta serpihan dan debu yang dapat tertelan oleh anak-anak. Mainan yang dicat dengan cat berbahan dasar timbal juga bisa terasa manis, yang selanjutnya mendorong anak-anak untuk menyentuhnya dengan mulut.⁷⁰

Di Amerika Serikat, cat timbal untuk keperluan rumah tangga dilarang pada tahun 1978.⁷¹ Pada tahun 2007, Uni Eropa meloloskan EU REACH, yang membatasi impor dan penggunaan dalam pembuatan senyawa timbal tertentu dalam cat.⁷² Setiap negara Uni Eropa bertindak lebih cepat. Prancis mengeluarkan undang-undang pada tahun 1948 yang melarang sepenuhnya cat timbal putih untuk penggunaan rumah tangga, dan pada tahun 2000 Denmark membatasi pemasaran dan impor cat bertimbal.⁷³

Terlepas dari upaya internasional untuk menghilangkan cat timbal secara global, banyak negara masih kekurangan peraturan. Peraturan terkini tentang cat timbal juga tidak serta merta melarang penjualan, pembuatan, atau perdagangan cat timbal sepenuhnya.⁷⁴ Sebagian besar negara yang mengontrol cat timbal mengatur ekspor, impor, dan penjualan manufakturnya. Namun, delapan negara dengan kontrol cat timbal

tidak mengatur pembuatan cat timbal, 17 negara tidak mengatur ekspor, 10 negara tidak mengatur impor cat timbal dan delapan negara tidak mengatur penjualan cat timbal.⁷⁵ Cat arsitektur dan dekoratif masih mengandung konsentrasi timbal yang signifikan, sedangkan cat "industri" umumnya memiliki konsentrasi timbal hingga 10 kali lebih tinggi.⁷⁶ Misalnya, cat marka jalan dapat mengandung timbal hingga 20.000 ppm.⁷⁷ Pada tahun 2015, makin banyak negara, termasuk Kamerun, Cina, Ethiopia, India, Israel, Kenya, Filipina, Tanzania, dan Thailand telah memberlakukan undang-undang tentang cat timbal untuk keperluan industri.^{78,79}

Lebih banyak negara perlu bertindak untuk menghentikan pembuatan dan penjualan cat timbal. Dengan menghentikan penggunaan dan pembuatan semua cat berbasis timbal, negara dapat mencegah sumber kontaminasi timbal yang signifikan dan jangka panjang untuk generasi mendatang, sambil terus mengurangi dan memulihkan sumber cat timbal warisan di rumah dan bangunan tua. Di Amerika Serikat, misalnya, Survei Rumah Sehat Amerika tahun 2006 menemukan bahwa hingga 37,1 juta rumah (34,9 persen) memiliki cat berbasis timbal dan 23,2 juta (21,9 persen dari semua rumah) terancam satu atau lebih bahaya cat berbasis timbal.⁸⁰ CDC AS melaporkan bahwa 24 juta rumah terancam bahaya yang signifikan; hampir 4 juta di antaranya adalah rumah yang dihuni anak kecil.⁸¹

Inisiatif internasional yang komprehensif untuk mendorong pelarangan timbal dalam cat sedang dipimpin oleh WHO dan UNEP dan diketuai oleh EPA AS. *Aliansi Global Pelarangan Timbal dalam Cat* mendorong model undang-undang dan pedoman untuk mengatur kadar timbal dalam cat baru kepada pemerintah di seluruh dunia. Model ini meniru keberhasilan Kemitraan untuk Bahan Bakar dan Kendaraan Bersih, yang membantu melarang bensin bertimbal.



Studi Kasus: Pesarean, Tegal, Indonesia

Selama beberapa dekade terakhir, perajin logam mencari sesuap nasi di Desa Pesarean, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah, bahkan ketika pabrik peleburan dan pabrik mencemari rumah, halaman sekolah, jalan umum dan kuburan dengan timbal dan logam berat lainnya. Pada akhir 1970-an, ketika plastik mulai menggantikan beberapa produk logam yang dibuat di Pesarean, para pekerja logam mulai mendaur ulang baterai asam-timbal bekas dan melebur timbal yang diperoleh kembali untuk dijual kembali, sering kali bekerja di rumah atau pekarangan mereka, tanpa menyadari bahaya bagi diri mereka sendiri dan keluarganya.⁸² Tanpa tempat pembuangan yang ditentukan, pendaur ulang membuang terak dari peleburan timbal di gundukan di tengah desa sehingga menciptakan tempat beracun yang sangat besar dari abu arang dan limbah logam yang mengandung timbal. Anak-anak bermain di tumpukan terak dan berjalan melewatkannya ke sekolah; penduduk membawa debu timbal ke rumah dan bengkel mereka, sementara angin sepoi-sepoi yang bertiup melalui desa membawa partikel timbal keluar dari tengah desa.⁸³

Pada tahun 2010, Pemerintah Kabupaten Tegal membuat kawasan industri untuk kegiatan peleburan satu kilometer di luar Pesarean. Pabrik peleburan informal yang tersisa pindah ke zona itu. Di sana mereka mendirikan koperasi dan bekerja di bangsal terbuka di luar pabrik peleburan timbal formal.⁸⁴

Namun, besarnya tumpukan terak di tengah desa tetap menimbulkan polusi timbal yang parah. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan Pure Earth, kadar timbal dalam sampel tanah di beberapa area melebihi 54.000 ppm di beberapa area.⁸⁵ Kadar timbal dalam darah juga terus meningkat, bahkan mencapai level berbahaya.⁸⁶

Sebuah studi Mer-C 2011 menemukan bahwa 88 persen dari 400 orang dewasa yang diuji memiliki kadar timbal dalam darah sekitar 10 µg/dL dan 16 persen memiliki kadar timbal dalam darah 45 µg/dL atau lebih⁸⁷ sehingga Pusat Pengendalian Penyakit AS merekomendasikan intervensi medis mendesak dengan terapi kelasi. Sebuah studi tahun 2013 terhadap wanita usia subur menemukan kadar timbal darah rata-rata 28 µg/dL di antara mereka, dengan BLL maksimum 45,8 µg/dL.

Pada tahun 2015, dengan dukungan dari Bank Pembangunan Asia (ADB), Pure Earth memulai sebuah proyek untuk mengidentifikasi

lokasi yang terkontaminasi timbal di dan sekitar Pesarean dan untuk menilai risikonya terhadap masyarakat. Setelah menjadi tuan rumah diskusi kelompok terarah dengan mantan pemilik peleburan, pekerja dan mitra perempuan mereka, Pure Earth mengambil sampel kadar timbal dalam darah penduduk yang tinggal di dekat bekas pabrik peleburan. Dari 46 orang yang diuji, 41 persen memiliki kadar timbal dalam darah 45 µg/dL atau lebih.⁸⁸ Meskipun tidak ada sampel darah yang diambil dari anak-anak, penyelidik Pure Earth mendengar berulang kali dari orang tua dan pengurus sekolah bahwa anak-anak sedang berjuang dengan tugas sekolah mereka. Beberapa melaporkan cacat fisik dan cacat mental, serta keterlambatan perkembangan. Dengan dukungan dari badan bantuan Denmark (DANIDA) pada tahun 2016, Pure Earth mengembangkan rencana remediasi untuk desa tersebut.⁸⁹

Dalam upaya mitigasi risiko pencemaran timbal, pemerintah Indonesia, baik di tingkat nasional maupun daerah, telah mengambil tindakan untuk merespons krisis tersebut. Pada tahun 2018, tahap pertama pembersihan halaman sekolah desa dengan konsentrasi timbal yang tinggi di dalam tanah telah selesai. Pejabat pemerintah saat ini sedang mengerjakan tahap berikutnya dari rencana remediasi.⁹⁰



Bensin Bertimbal

Timbal tetraetil digunakan secara luas untuk meningkatkan kinerja mesin pada mobil dari pintu saat memasuki pasar pada tahun 1923.⁹¹ Antara 1926 dan 1985, 7 juta ton timbal dibakar sebagai aditif bensin di Amerika Serikat.^d Akibatnya, partikel timbal dilepaskan ke udara dan menjadi sumber utama paparan timbal terhadap anak-anak dan orang dewasa. Namun, setelah jelas bagi para ilmuwan dan pembuat kebijakan bahwa bensin bertimbal menimbulkan risiko yang signifikan sebagian besar negara berhasil menghapus produk tersebut sehingga kadar timbal dalam darah di seluruh dunia menurun drastis. Di Amerika Serikat saja, rata-rata geometrik kadar timbal dalam darah turun dari 12,8 µg/dL pada tahun 1976 ketika bensin bertimbal mulai dihapuskan, menjadi rata-rata saat ini yang kurang dari 1 µg/dL.⁹² Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa *Kemitraan untuk Bahan Bakar dan Kendaraan Bersih* melaporkan pada Mei 2019 bahwa hanya Aljazair yang belum memberlakukan undang-undang yang melarang bensin bertimbal.⁹³



© Envato Elements

d. Nriagu, Jerome O. "Naik turunnya bensin bertimbal," (Science of The Total Environment, Vol. 92, 1990): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048969790903180>

Timbal di Tanah

Timbal dapat ditemukan di tanah dan debu, terutama di tempat yang terkait dengan kegiatan yang berhubungan dengan timbal, seperti kegiatan industri, peleburan, atau daur ulang ULAB. Daerah tempat pestisida yang mengandung timbal arsenat digunakan dan tanah tempat abu batu bara dibuang sering terkontaminasi dengan residu timbal. Tingginya kadar timbal dalam tanah dapat disebabkan oleh terkelupasnya cat bertimbal di rumah ke dalam tanah. Selain itu, sementara timbal tidak lagi digunakan dalam bensin, deposit timbal dari bertahun-tahun penggunaan dan sumber industri masih dapat mencemari tanah. Lapangan bermain dengan rumput sintetis juga mungkin mengandung kadar debu timbal yang mungkin tidak sehat, apalagi lapangan yang lebih lama dan terkena cuaca dan lebih mungkin hancur.⁹⁴

Residu timbal dari hasil pembakaran bensin bertimbal tetap berada di lingkungan dalam jumlah yang sangat besar, terutama di perkotaan dan sekitar jalan raya.⁹⁵ Sebuah penelitian di Amerika Serikat menemukan bahwa tanah di dekat fondasi bangunan dan di samping jalan jamak mengandung kadar timbal yang lebih tinggi daripada tanah di tengah pekarangan atau taman bermain, karena paparan puing-puing bangunan yang mengandung cat bertimbal dan emisi lalu lintas.⁹⁶ Tinjauan pencemaran tanah di China dari 1979-2016 menunjukkan pola pencemaran tanah yang berubah seiring dengan perkembangan ekonomi negara, kebijakan bahan bakar bertimbal dan pola pembakaran batu bara.⁹⁷ Di Cina, setelah penggunaan timbal dalam bensin dilarang pada tahun 2000, pembakaran batu bara masih merupakan sumber utama pencemaran tanah.

Ketika timbal ditambahkan ke permukaan tanah, timbal cenderung terakumulasi di bagian atas tanah, 1 sampai 2 inci, kecuali jika tanah telah terpengaruh oleh kegiatan seperti penggalian atau pengolahan tanah. Timbal tambahan juga akan paling terkonsentrasi di partikel tanah yang sangat halus, yang cenderung menempel pada kulit dan pakaian dan membentuk debu tanah di udara, yang merupakan rute paparan lain bagi manusia.⁹⁸

Rute paparan lainnya adalah konsumsi makanan yang ditanam di tanah yang terkontaminasi. Namun, keberadaan timbal dalam tanah tergantung pada pengikatan oleh partikel tanah dan kelarutannya. Pada pH tanah yang rendah ($\text{pH} < 5$, kondisi asam), timbal kurang terikat erat dan lebih mudah larut.

Pada pH mendekati netral atau lebih tinggi ($\text{pH} > 6,5$, netral sampai basa), timbal tanah diikat lebih kuat dan kelarutannya sangat rendah. Timbal terikat sangat erat oleh bahan organik sehingga dengan meningkatnya bahan organik, keberadaan timbal menurun.⁹⁹

Jika tanah diketahui terkontaminasi, cegah anak-anak agar tidak bermain di sana atau mendekatinya sama sekali dan jangan menanam buah atau sayuran untuk dikonsumsi di tanah tersebut. Penanaman rumput di area tanah kosong atau penutupan tanah dengan benih, mulsa, atau serpihan kayu, jika memungkinkan, sering kali disarankan.¹⁰⁰ Remediasi konvensional yang umum untuk tanah yang terkontaminasi timbal adalah dengan menggallinya, mengangkutnya ke tempat pembuangan sampah dan kemudian mengangkut tanah "bersih" yang ditambang dari tempat lain. Teknik remediasi lainnya melibatkan penutupan tanah dengan rumput atau beton. Ada juga jalur bioremediasi. Bioavailabilitas timbal dalam tanah dapat diturunkan dengan meningkatkan pH tanah, yaitu dengan menambahkan fosfor atau besi kemudian menutupnya dengan rumput atau jenis vegetasi lain yang berperan sebagai hiperakumulator timbal.¹⁰¹



Timbal dalam Air

Timbal dalam air minum, paling sering dari pipa dan perlengkapan yang rusak atau berkarat atau dari solder yang menghubungkan pipa, masih menebar ancaman. Pemasangan pipa timbal di Amerika Serikat dalam skala besar dimulai pada akhir 1800-an, terutama di kota-kota besar. Pada tahun 1900, lebih dari 70 persen kota dengan populasi lebih dari 30.000 menggunakan saluran air timbal. Meskipun timbal lebih mahal daripada besi (bahan pilihan sampai saat itu), pipa timbal unggul secara signifikan dibandingkan besi dalam dua hal: lebih tahan lama (sekitar 35 tahun dibandingkan dengan 16 tahun); dan, karena timbal lebih lunak, pipa bisa lebih mudah ditekuk di sekitar struktur yang ada.¹⁰² Tingkat kelarutan timbal ke dalam air tergantung pada suhu, pH, dan waktu air bersentuhan dengan pipa timbal yang berkarat.¹⁰³ Di Amerika Serikat, diperkirakan 6,1 juta rumah tangga masih menggunakan pipa timbal.¹⁰⁴

Negara harus memasukkan parameter ketat timbal dalam standar kualitas air minumannya. Organisasi Kesehatan Dunia memberikan nilai pedoman sementara 10 µg/L dalam air minum untuk tujuan analisis, tetapi, dalam kaitannya dengan kesehatan, WHO menyarankan kadar timbal harus serendah mungkin.¹⁰⁵ Kanada telah memperbarui pedoman air minum untuk mengurangi konsentrasi maksimum yang dapat diterima serendah mungkin, tetapi hingga maksimum 5 µg/L.¹⁰⁶ Badan Perlindungan Lingkungan AS menetapkan batas paparan nol.¹⁰⁷

Solusi jangka panjang untuk menghilangkan sumber paparan adalah mengganti pipa. Namun, penggantian pipa dan seluruh sistem air sangat mahal dan tidak mungkin dilakukan di negara berpenghasilan rendah. Oleh karena itu, penyedia air dapat menggunakan aditif (ortofosfat dan pH) untuk mengurangi korosi pipa dan seiring waktu mengurangi kemungkinan timbal masuk ke air saat melewati jalur layanan pelanggan, pipa dalam ruangan, dan pipa ledeng ke keran.¹⁰⁸

Namun, ada kelemahan di balik penggunaan ortofosfat. Salah satunya adalah efek riak dari penambahan zat ini ke dalam pasokan air yang lebih besar, yang dalam kondisi yang tepat, dapat memicu serangkaian masalah, seperti pertumbuhan alga yang lebih cepat. Area intervensi mencakup regulasi dan kapasitas penyedia layanan untuk mengelola risiko keamanan air minum terkait timbal.¹⁰⁹

Di sisi pengguna, strategi mitigasi dapat didorong, seperti menggunakan air keran dingin untuk minum dan memasak, serta membiarkan air mengalir selama beberapa menit sebelum diambil.¹¹⁰



Studi Kasus: Flint, Michigan, AS

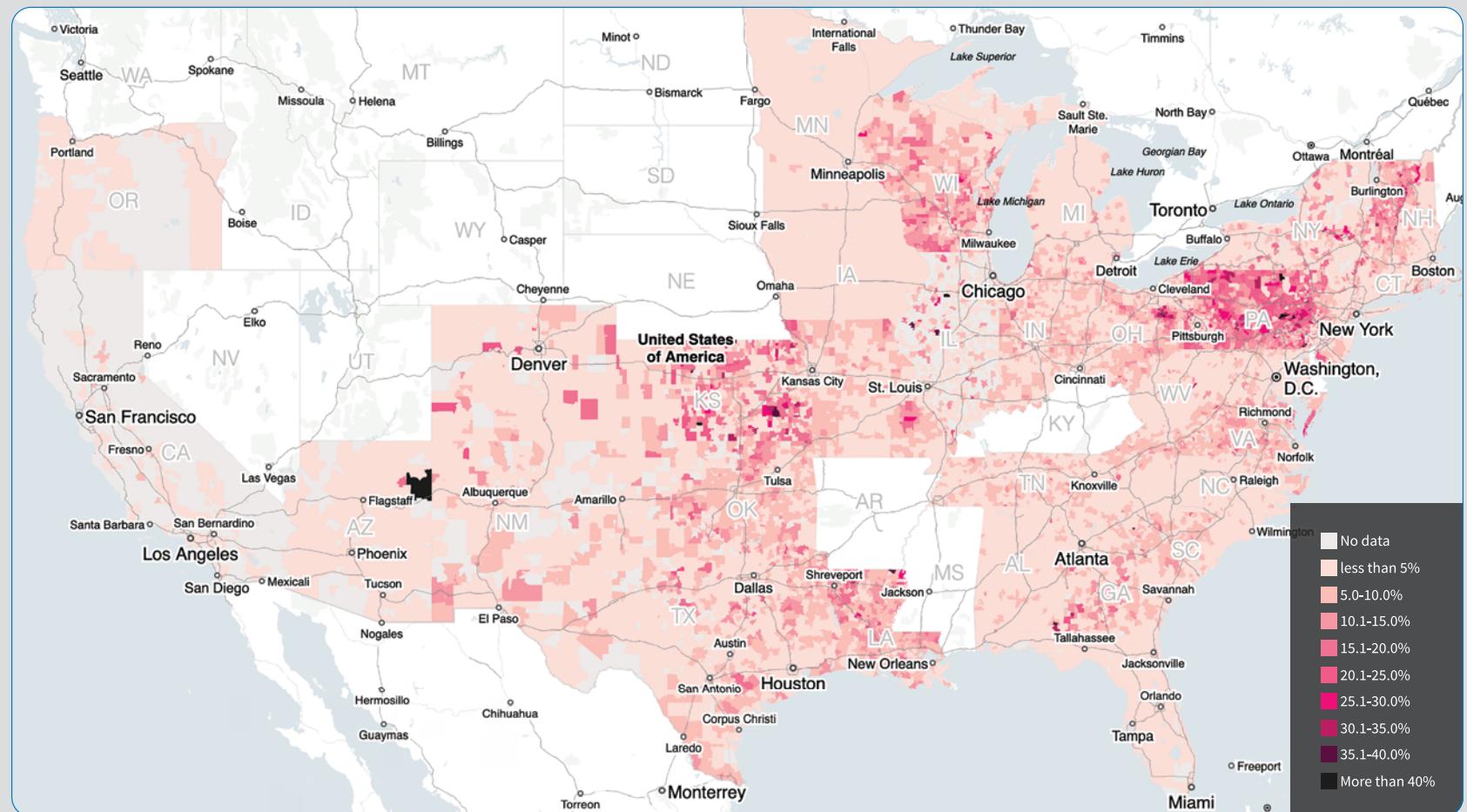
Di Flint, Michigan, kadar timbal yang tinggi ditemukan dalam suplai air bersih setelah pemerintah kota mengalihkan sumber air dari Danau Huron ke Sungai Flint. Air sungai, yang mengandung lebih banyak mineral korosif, mulai menyebabkan pipa timbal yang sudah tua cepat berkarat. Air di satu rumah yang diuji mengandung 13,200 ppb timbal, lebih dari dua setengah kali kadar timbal yang dapat diklasifikasikan sebagai "limbah berbahaya" oleh EPA AS.¹¹¹ Rata-rata kadar timbal dalam darah untuk anak di bawah 5 tahun, yang terus menurun sejak 2006, melonjak selama krisis dengan perkiraan peningkatan rata-rata kadar timbal dalam darah sebesar 0,5 µg/L dan anak-anak mungkin mengalami peningkatan kadar timbal dalam darah lebih dari 5 µg/L dengan faktor 1,91-3,5.¹¹²

Sejak tahun 1970-an, upaya untuk mengurangi timbal dalam cat, bensin, air, pekarangan, dan bahkan taman bermain lebih berhasil mengurangi kadar timbal dalam darah di antara anak-anak di Amerika Serikat. Secara nasional, hanya 2,5 persen anak di bawah 5 tahun yang diperkirakan mengalami peningkatan kadar timbal dalam darah. Namun, penelitian menemukan bahwa di antara anak-anak yang diuji di Flint, 5 persen mengalami peningkatan kadar timbal dalam darah di atas 5 µg/dL – dua kali lipat rata-rata nasional – selama krisis, dengan beberapa anak dan penduduk mengalami keracunan yang lebih parah.¹¹³

Tantangannya tidak terbatas pada Flint. Investigasi tahun 2017 oleh Reuters¹¹⁴ yang memeriksa hasil pengujian timbal di 34 negara bagian AS dan Distrik Columbia, menemukan bahwa 3.810 lingkungan dan wilayah memiliki tingkat keracunan yang jauh lebih tinggi daripada di Flint dan dalam beberapa kasus setidaknya dua kali lipat dari yang diukur selama puncak krisis air kota. Di sepertiga dari daerah ini, tingkat keracunannya empat kali lebih tinggi. Di beberapa daerah, hingga 30-40 persen anak-anak yang disurvei hidup dengan kadar timbal dalam darah di atas ambang batas CDC, yaitu 5 µg/dL. Peta pada Gambar 11, yang dihasilkan oleh investigasi Reuters, menunjukkan keracunan timbal yang melebihi batas berdasarkan daerah. Data diperoleh oleh otoritas kesehatan setempat dan CDC dan memberikan penilaian granular tingkat paparan anak-anak.

Sementara kemajuan di seluruh Amerika Serikat dalam mengurangi paparan timbal pada masa kanak-kanak meningkat tajam selama beberapa dekade terakhir, kemajuannya sangat tidak merata, dengan banyak lingkungan dan anak-anak masih berisiko terkena paparan timbal yang tinggi.¹¹⁵

Gambar 11 Ribuan Lokasi di AS dengan Keracunan Timbal yang Lebih Parah daripada di Flint, Michigan.¹¹⁶



Sumber: M.B. Pell and Joshua Schneyer. "Ribuan Lokasi di AS dengan Keracunan Timbal yang Lebih Parah daripada di Flint." (Reuters, 2016). <https://www.reuters.com/investigasi/special-report/usa-lead-testing/>

© Mapzen, OpenStreetMap, dan lainnya

Sumber Peta: Mapzen, OpenStreetMap, dan lainnya

Grafis: Charlie Szymanski, Christine Chan, Matt Weber, M.B. Pell.

Limbah Elektronik

Limbah elektronik saat ini merupakan limbah dengan peningkatan terbesar di dunia.¹¹⁷ Limbah elektronik ('e-waste') adalah segala sesuatu dengan steker, kabel listrik, atau baterai¹¹⁸ yang telah digunakan dan dibuang sebagai limbah. Limbah elektronik meliputi komputer, televisi dan ponsel, dan perangkat elektronik lainnya. Dunia saat ini memproduksi hingga 50 juta ton limbah elektronik per tahun. Sebagai perbandingan, 50 juta ton setara dengan 125.000 jet jumbo, lebih banyak dari semua pesawat komersial yang pernah dibuat.¹¹⁹ Limbah elektronik diperkirakan mencapai 120 juta ton per tahun pada tahun 2050.¹²⁰

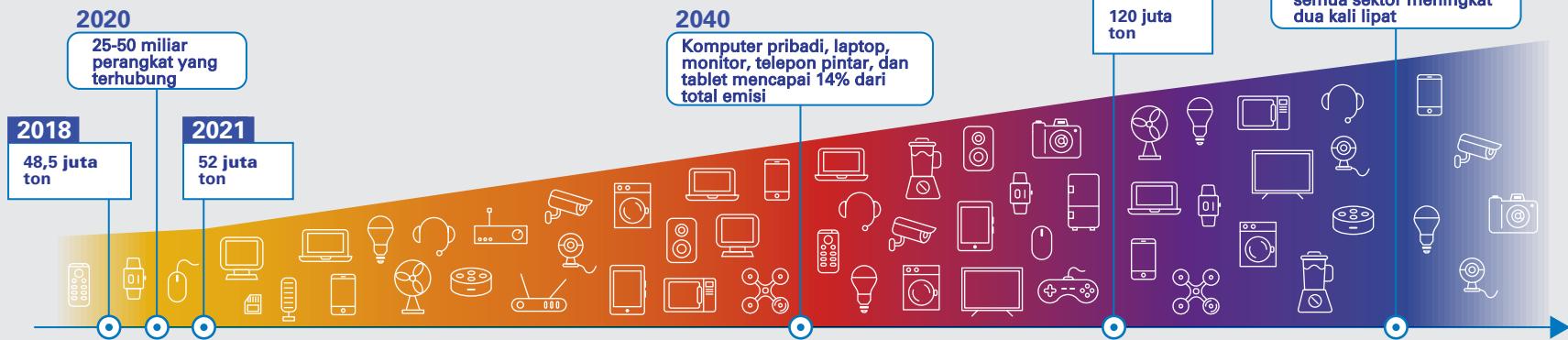
Daur ulang atau pembuangan limbah elektronik memerlukan proses yang berbahaya, kompleks, dan mahal. Sekitar 80 persen limbah elektronik dikirim ke negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah dan seringkali secara ilegal.¹²¹ Di sana, ribuan pekerja informal, seringkali termasuk anak-anak, memilah, membongkar dan/atau membakar limbah elektronik untuk mendapatkan logam dan bahan berharga. Berbagai praktik ini membuat mereka terpapar zat beracun, termasuk, tapi tidak terbatas pada, timbal. Penduduk termiskin biasanya yang paling terkena dampak industri daur ulang informal ini, yang biasanya tanpa perlindungan tempat kerja yang memadai.¹²² Selain itu, anak-anak yang tinggal di dekat lokasi ini¹²³ terpaksa menghirup udara beracun akibat pembakaran limbah elektronik dan debu yang tersapu angin, mengonsumsi makanan yang mungkin tumbuh di tanah yang tercemar, dan meminum air yang berpotensi penuh bahan kimia

berbahaya dari situs limbah elektronik.

Selain timbal, lapisan logam berharga tertanam dalam limbah elektronik, termasuk emas, tembaga, nikel, indium, dan paladium.¹²⁴ Hingga 60 elemen dalam tabel periodik dapat ditemukan di limbah elektronik.¹²⁵ Timbal ditemukan dalam berbagai limbah elektronik, termasuk banyak produk lama, seperti tabung sinar katode berlapis timah di TV lama dan papan sirkuit komputer.¹²⁶ Selain itu, timbal masih sering ditambahkan ke isolasi kawat listrik plastik agar lebih awet. Kandungan timbal dalam kabel listrik sering kali berkisar hingga 4.000 ppm. Pembakaran kabel plastik menghasilkan kepulan asap yang mengandung timbal. Teknik lain untuk mendapatkan bahan, seperti melebur limbah elektronik di ruang terbuka atau melarutkan papan sirkuit dalam asam, dapat menyebabkan paparan racun yang parah.¹²⁷

Rata-rata, setiap orang di Amerika Serikat dan Kanada menghasilkan sekitar 20 kg limbah elektronik setiap tahun, sedangkan di Uni Eropa berat rata-ratanya adalah 17,7 kg per orang. Sebagai perbandingan, timbulan limbah elektronik per kapita tahunan di Nepal adalah sekitar 0,8 kg; di Afghanistan 0,6 kg; dan di Niger 0,4 kg.¹²⁸ Limbah elektronik bertambah pesat di negara berpenghasilan rendah dan menengah; tapi, hanya 67 negara yang mengatur pengelolaan limbah elektronik dalam peraturan perundang-undangan.¹²⁹ Konvensi Basel tentang Pengawasan Perpindahan Lintas Batas Limbah Berbahaya dan Pembiangannya adalah perjanjian multilateral yang bertujuan untuk memberantas pola perdagangan limbah berbahaya yang merugikan lingkungan dan masyarakat dan telah ditandatangani oleh 186 negara.

Gambar 12 Masa Depan Limbah Elektronik



Sumber: Forum Ekonomi Dunia (WEF) dan Platform untuk Mempercepat Ekonomi Sirkular (2019) 'Visi Sirkular Baru untuk Ranah Elektronik: Saatnya Reboot Global'. Repro Gambar 4: Masa Depan Limbah Elektronik. Sumber asli: UNU, 2018; OECD, 2018; Pemantau Limbah Elektronik 2017



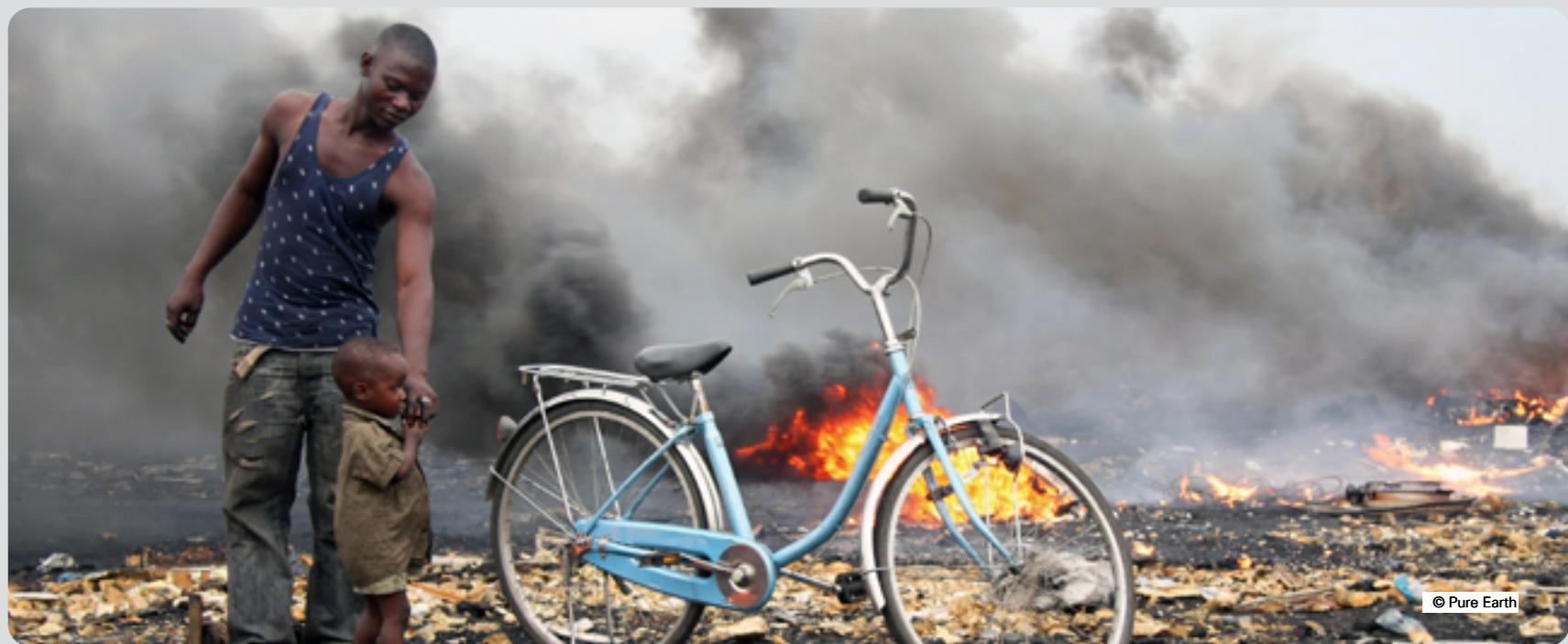
Studi Kasus: Accra, Ghana

Di sudut kecil Agbogbloshie, bekas lahan basah yang terkenal sebagai "tempat pembuangan sampah elektronik terbesar di dunia",¹³⁰ proyek percontohan menawarkan kemungkinan menggiurkan untuk daur ulang limbah elektronik yang lebih aman. Dengan mesin pengupasan mekanis, pekerja belajar untuk menghilangkan lapisan plastik yang mengandung timbal dari kawat tembaga, alternatif yang lebih aman daripada praktik umum membakar kawat. Sementara pusat ini beroperasi, fasilitas e-scrap model menghasilkan sekitar 450 pon tembaga daur ulang dan 40 pon aluminium untuk ekspor sebulan.¹³¹ Lapisan plastik juga didaur ulang.

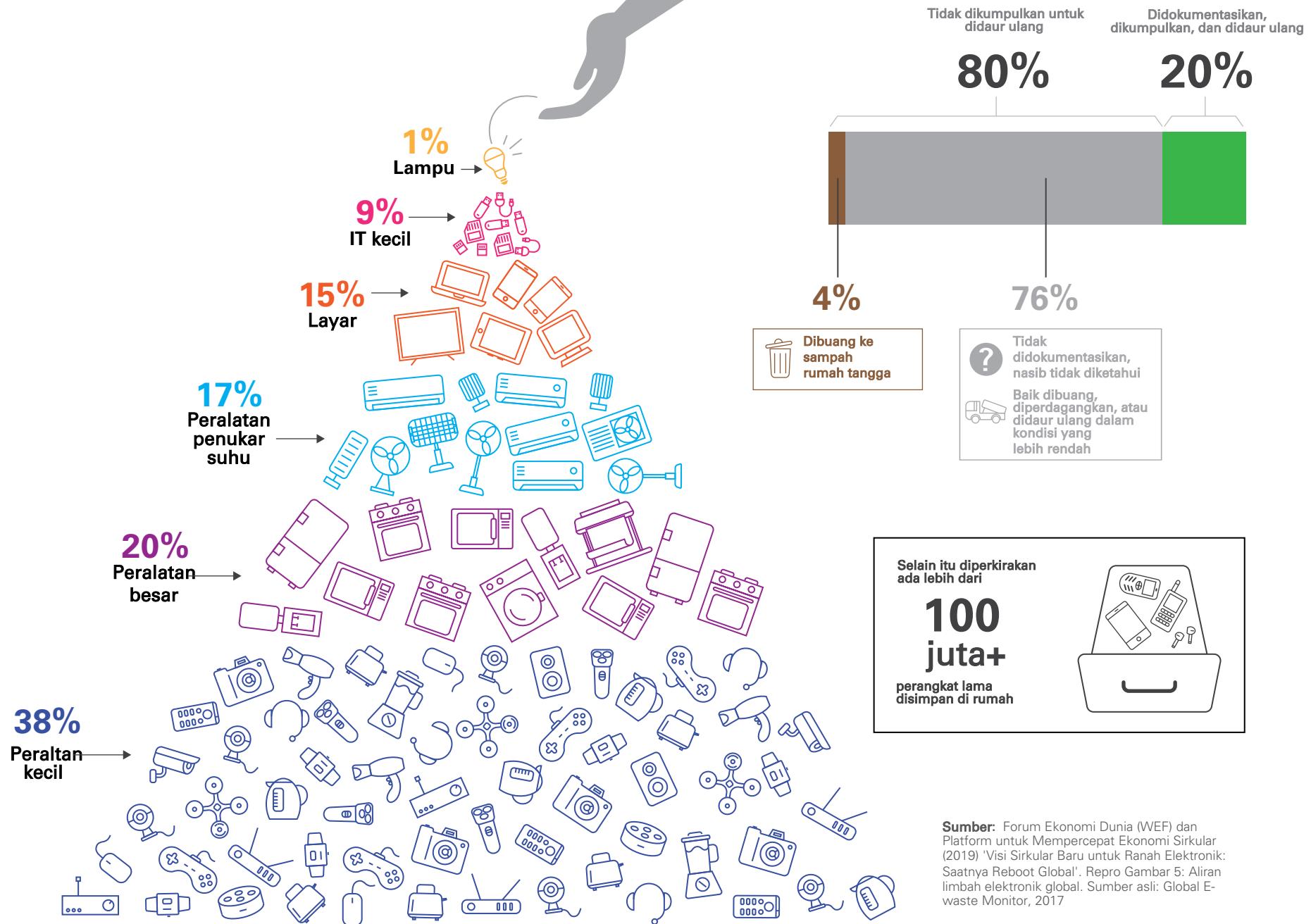
Melalui prakarsa Pure Earth dan GreenAd Ghana serta dukungan dana dari Organisasi Pengembangan Industri Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNIDO), fasilitas daur ulang ini membuka peluang untuk mewujudkan daur ulang yang lebih bersih dan ekonomis, kerja sama di antara pemangku kepentingan dalam ekonomi daur ulang informal, dan lebih sedikit paparan polusi beracun dan logam berat baik untuk pekerja maupun penduduk sekitar. National Youth Authority, sebuah departemen pemerintah daerah, menyediakan lahan untuk fasilitas proyek percontohan, yang dibuat menggunakan tiga Kontainer Intermodal

ISO 40-kaki dan empat penarik kawat mekanis. Agbogbloshie Scrap Dealers Cooperative, yang dimiliki oleh GASDA, GreenAd, dan National Youth Authority, mengelola fasilitas daur ulang dengan pengawasan Badan Perlindungan Lingkungan Ghana.¹³²

Tentu saja ini masih belum seberapa. Asap hitam dari pembakaran limbah elektronik masih menggelapkan langit di atas tempat pembuangan sampah di Ghana. Namun, penting untuk menguji coba fasilitas pengupasan kawat mekanis dengan benar. Agbogbloshie, yang menempati kawasan industri seluas 20 hektar di ibukota Ghana, Accra, adalah rumah bagi ratusan pendaur ulang informal yang membongkar baterai asam-timbal dan produk elektronik bekas dari komputer hingga telepon untuk mengambil logam berharga di dalamnya. Sebagian besar pendaur ulang, termasuk anak-anak, bekerja tanpa perlindungan. Mereka membongkar komponen dengan tangan kosong dan membakar lapisan plastik mengandung timbal untuk memulihkan kabel tembaga.¹³³ Mereka sering melakukannya di atas api dari bakaran ban untuk mendaur pita logam.¹³⁴ Telah ditemukan kontaminasi logam berat tingkat tinggi dalam campuran tanah dan abu yang dikumpulkan di Agbogbloshie.^{135, 136}



Gambar 13 Limbah elektronik global



Paparan di Tempat Kerja

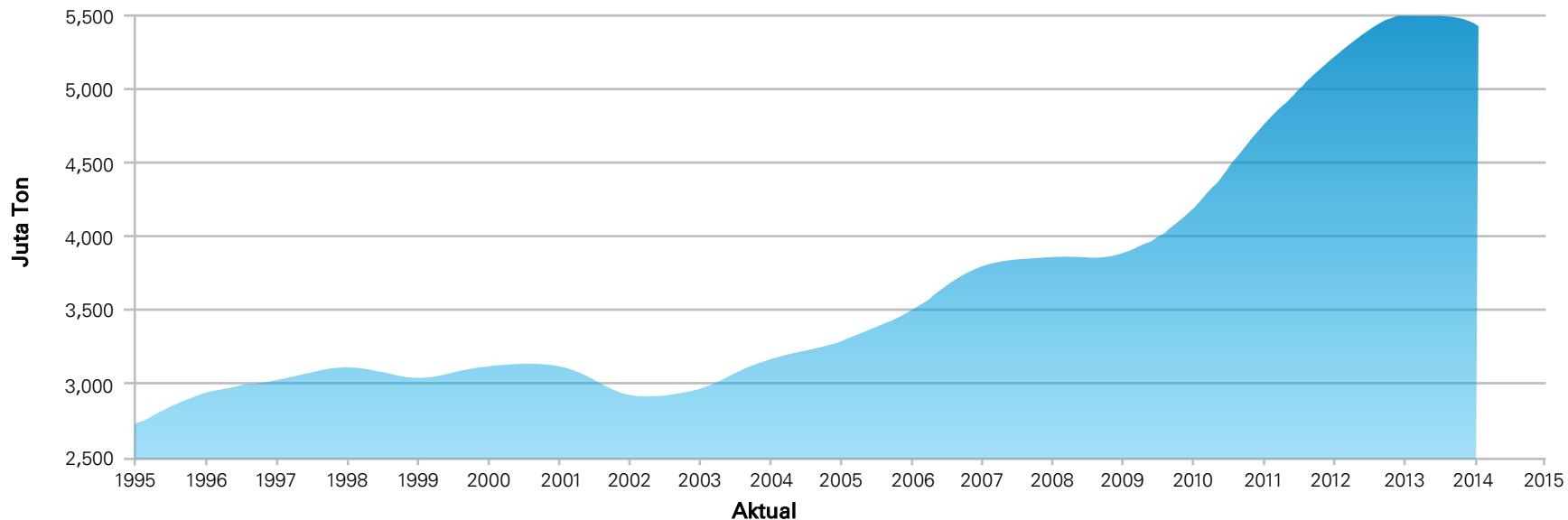
Di banyak bidang mata pencarian pekerja bisa terpapar pada tingkat yang berbahaya. Selain itu, ada kemungkinan pekerja memperluas cakupan kontaminasi di luar tempat kerja, hingga ke area tempat keluarga dan anak-anak tinggal dan bermain.

Secara historis, paparan timbal sangat tinggi di antara mereka yang bekerja di tambang timbal, terutama jika tidak ada perlindungan yang memadai bagi pekerja.¹³⁷ Selain itu, penambangan timbal telah berkembang pesat selama beberapa tahun terakhir. Menurut Survei Geologi AS, produksi timbal yang ditambang secara global kira-kira dua kali lipat antara tahun 1994 dan 2019 (lihat grafik di bawah).¹³⁸ Namun, bertambahnya pertambangan timbal tidak selalu berarti paparan timbal. Standar dan prosedur yang aman dapat mencegah paparan di tempat kerja – dan mengurangi paparan di tempat kerja berarti mengurangi paparan

untuk anak-anak, terutama karena banyak pekerja mungkin secara tidak sengaja membawa pulang timbal di pakaian dan tangan mereka.

Namun paparan juga bisa menimpa orang yang bekerja dengan bahan yang mengandung timbal. Ini termasuk pengurangan dan pembersihan bangunan tempat tinggal dan komersial, struktur baja atau lokasi lingkungan; pembongkaran bangunan dan struktur; pekerjaan yang memerlukan penanganan glasir keramik, jendela kaca, atau jendela kaca patri; pembuatan produk yang mengandung atau dilapisi dengan timbal (misalnya, suku cadang peralatan logam, baterai, dll.); peleburan produk yang mengandung timbal (misalnya, peleburan besi tua; insinerator, pengecoran); kegiatan pengolahan mineral industri, seperti ekstraksi atau peleburan bahan tambang; pengecetan atau pengamplasan pada peralatan industri dan struktur baja; bahan daur ulang, termasuk baterai dan limbah elektronik; dan perbaikan, renovasi atau renovasi bangunan, dan lain-lain.¹³⁹

Produksi Pertambangan Timbal Global (1995-2014)



Sumber: US Geological Survey 'Lead 2015' Badan Survei Geologi AS
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lead/>

Total biaya ekonomi yang disebabkan oleh paparan timbal menekankan pentingnya penanganan paparan timbal sebagai masalah lingkungan, kesehatan, dan pembangunan utama.

4 IMPLIKASI EKONOMI YANG LEBIH LUAS



© Larry C. Price/Pulitzer Center tentang Pelaporan Krisis

Paparan timbal masa kanak-kanak yang menyebar menguras ekonomi suatu negara. Pengukuran dampak paparan timbal dan penetapan nilai moneter dapat membantu meningkatkan kesadaran tentang tingkat keparahan risiko lingkungan ini sehingga memungkinkan perbandingan biaya dan manfaat intervensi dan menjelaskan upaya untuk menetapkan prioritas dan kebijakan lingkungan untuk mengurangi atau menghilangkan paparan timbal. Berikut tinjauan beberapa literatur di tingkat nasional/lokal, serta perkiraan tingkat global dan memberikan penilaian terbaru.

Perkiraan Efek terhadap Ekonomi Nasional/Daerah

Tabel 3 merangkum hasil studi yang dilakukan di Argentina, Bolivia, Republik Demokratik Rakyat (RDR) Laos, dan Meksiko. Di semua negara, paparan timbal menyebabkan peningkatan mortalitas dan morbiditas di antara orang dewasa dan efek neuropsikologis yang signifikan pada anak-anak.

Studi serupa juga telah dilakukan untuk memperkirakan dampak kesehatan dan biaya paparan timbal di tingkat lokal, seperti yang dirangkum dalam Tabel 4. Sementara studi ini mencakup wilayah geografis dengan karakteristik yang sangat berbeda jauh, timbal terus menimbulkan risiko kesehatan beban biaya yang signifikan.

Tabel 3 Ringkasan Estimasi Tingkat Nasional dari Biaya Paparan Timbal¹

	Argentina (2012)	Bolivia (2014)	RDR Laos(2017)	Meksiko (2018)
Jumlah penduduk (dalam juta)	41,1	11	6,86	126
PDB per kapita (\$ AS)	11.573	3.150	2.500	9.763
Tingkat partisipasi angkatan kerja (15-64 tahun)	68%	74%	81%	65%
Poin IQ yang hilang per kelompok kelahiran	619.581	345.576	341.615	3.838.340
Biaya kehilangan IQ (% dari PDB, 2018)	0,60%	1,35%	1,9%	0,97%
Kematian tahunan akibat paparan timbal pada orang dewasa	2.082	371	562	5.105
Hari sakit dari paparan timbal pada orang dewasa (dalam jutaan)	9,7	2,2	2,2	116
Biaya peningkatan mortalitas dan morbiditas paparan timbal pada orang dewasa (% dari PDB)	0,31%	0,21%	0,65%	0,39%
Biaya Total (% dari PDB)	0,91%	1,56%	2,55%	1,36%

Sumber: (Larsen dan Skjelvik, 2014), (Larsen, 2016), (Bank Dunia, akan terbit), (Bank Dunia, 2020).

Tabel 4 Ringkasan Estimasi Tingkat Lokal dari Biaya Paparan Timbal²

	Apurimac, Peru (2012)	Sindh, Pakistan (2009)	Hidalgo, Meksiko (2012)	Semenanjung Yucatan, Meksiko (2013)
Jumlah penduduk	452.000	36.000.000	2.800.000	4.300.000
PDB per kapita (\$ AS)	\$1.931	1.279	\$6.980	8.967
Poin IQ yang hilang per kohor kelahiran 1 tahun	11.200	1.984.840	55.200	142.000
Biaya kehilangan IQ sebagai % dari PDB, 2018	1,34%	2,54%	0,63%	1,14%
Kematian tahunan akibat paparan timbal pada orang dewasa	11	--	63	138
Hari sakit akibat paparan timbal pada orang dewasa	58.000	--	232.000	505.000
Biaya peningkatan mortalitas dan morbiditas dari paparan timbal pada orang dewasa	0,15%	--	0,13%	0,18%
Biaya Total (% dari PDB)	1,49%	2,54%	0,76%	1,33%

Sumber: (Larsen, 2014), (Sánchez-Triana dkk., 2015), (Larsen dan Skjelvik, 2014), (Sánchez-Triana dkk., 2020).



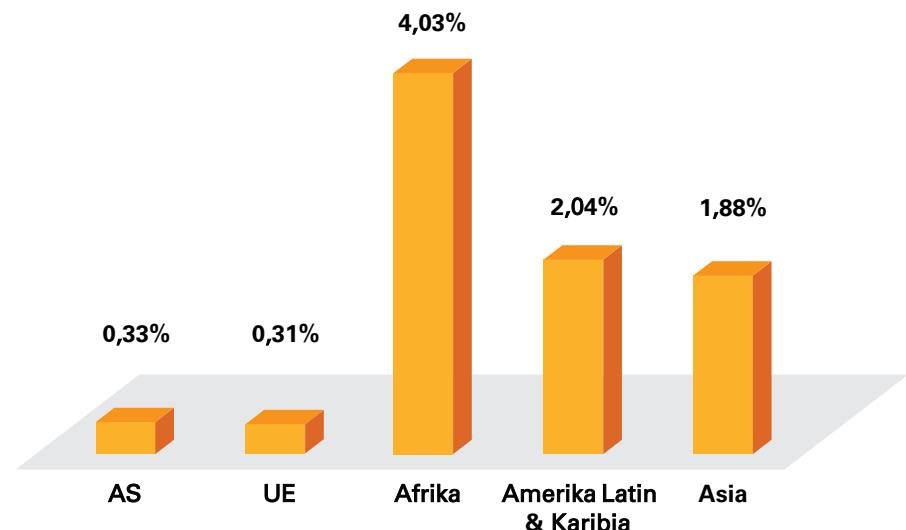
© Pure Earth

Perkiraan Efek Ekonomi Kesehatan Global

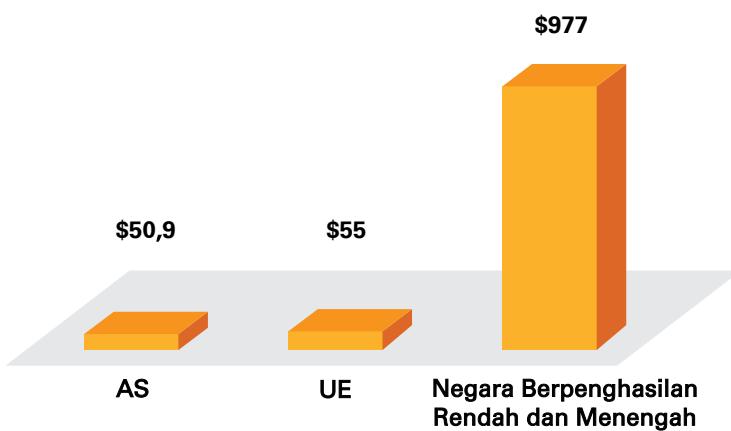
Attina dan Trasande (2013) mengekstrak data dari 68 artikel yang diterbitkan dari tahun 2000-2012 untuk menghitung biaya paparan timbal pada masa kanak-kanak yang akan merugikan negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah di Afrika, Asia, Amerika Latin, dan Karibia. Dengan menggunakan model *environmentally attributable fraction*, mereka memperkirakan bahwa hilangnya pendapatan seumur hidup (disebabkan oleh paparan timbal pada masa kanak-kanak mencapai total biaya \$977 miliar (dengan kisaran antara \$729,6 miliar

dan \$1,162 miliar) setiap tahun di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Perkiraan mereka tentang beban ekonomi akibat paparan timbal pada masa kanak-kanak di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah setara dengan sekitar 1,20 persen dari PDB dunia pada tahun 2011.³

Gambar 15 BIAYA SEBAGAI % PDB MENURUT WILAYAH



Gambar 16 BIAYA DALAM MILIAR DOLAR (dolar AS)



Sumber: NYU: Biaya Ekonomi Paparan Timbal Masa Kanak-Kanak di Negara Berpenghasilan Rendah & Menengah. <https://med.nyu.edu/departments-institutes/pediatrics/divisions/environmental-pediatrics/research/policy-initiatives/economic-costs-childhood-lead-exposure-low-middle-income-countries> [diakses 28 Juli 2020]

Sumber Asli untuk Asia, Amerika Selatan dan Tengah, dan Afrika: Attina, Teresa M., dan Leonardo Trasande. "Biaya Paparan Timbal pada Masa Kanak-Kanak di Negara Berpenghasilan Rendah dan Menengah." (*Environmental health perspectives* 121, no. 9, 2013): 1097-1102. Diambil dari: <https://med.nyu.edu/departments-institutes/pediatrics/divisions/environmental-pediatrics/research/policy-initiatives/economic-costs-childhood-lead-exposure-low-middle-income-countries>

Sumber Asli untuk AS: Trasande L, Liu Y. "Mengurangi biaya penyakit lingkungan yang mengejutkan pada anak-anak, diperkirakan mencapai \$76,6 miliar pada tahun 2008." (*Health Aff*, Millwood, 2011) 30(5):863-70. DOI: 10.1377/hlthaff.2010.1239. <https://med.nyu.edu/departments-institutes/pediatrics/divisions/environmental-pediatrics/research/policy-initiatives/economic-costs-childhood-lead-exposure-low-middle-income-countries>

Sumber Asli untuk UE: Bartlett ES, Trasande L. "Dampak ekonomi dari hasil kesehatan anak yang terkait dengan lingkungan di Uni Eropa." (*Eur J Public Health*, 2014) 24(1):21-6. DOI: 10.1093/eurpub/ckt063. <https://med.nyu.edu/departments-institutes/pediatrics/divisions/environmental-pediatrics/research/policy-initiatives/economic-costs-childhood-lead-exposure-low-middle-income-countries>

Manfaat dan Biaya Intervensi untuk Mengurangi Paparan Timbal

Beberapa penelitian memperkirakan biaya dan manfaat intervensi untuk mengurangi paparan timbal. Gould (2009)⁴ menyimpulkan bahwa untuk setiap \$1 yang diinvestasikan untuk mengurangi bahaya cat timbal di Amerika Serikat, manfaat yang diperoleh antara \$17 dan \$221. Manfaat yang diperhitungkan dalam penelitian ini termasuk biaya perawatan medis, kehilangan pendapatan, penerimaan pajak, pendidikan luar biasa, kasus *Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder* terkait timbal, dan aktivitas kriminal.

Grosse dkk. (2002)⁵ menguantifikasi manfaat dari peningkatan produktivitas pekerja yang dihasilkan dari pengurangan paparan timbal pada anak-anak di Amerika Serikat sejak tahun 1976. Mereka memperkirakan bahwa pengurangan paparan timbal menghasilkan peningkatan IQ sebesar 2,2 - 4,7 poin untuk anak-anak usia prasekolah di akhir 1990-an. Dengan memperkirakan bahwa setiap poin IQ meningkatkan produktivitas pekerja sebesar 1,76 - 2,38 persen, pengurangan paparan timbal menghasilkan manfaat untuk kelompok setiap tahun yang terdiri dari 3,8 juta anak berusia 2 tahun antara \$110 miliar dan \$319 miliar.

Laporan tahun 2017 menilai manfaat dan biaya dari berbagai intervensi yang dapat diterapkan untuk mengurangi atau menghilangkan paparan timbal. Laporan tersebut menemukan bahwa manfaat dari semua intervensi ini

akan lebih besar daripada biayanya.⁶

Total biaya yang disebabkan oleh paparan timbal menekankan pentingnya penanganan paparan timbal sebagai prioritas tantangan lingkungan, kesehatan, dan pembangunan. Perkiraan yang disajikan dalam bab ini didasarkan pada asumsi yang sangat konservatif dan hanya memperhitungkan beberapa efek kesehatan dari paparan timbal; tetapi, perkiraan itu menunjuk pada hilangnya kehidupan dan tahun yang sehat secara signifikan, dan jutaan anak yang kehilangan kesempatan untuk menggapai masa depan yang lebih cerah. Perlu dicatat bahwa tidak semua intervensi terbukti efektif dalam mengurangi kadar timbal dalam darah anak-anak atau hasil perilaku. Sebuah tinjauan Cochrane baru-baru ini terhadap 14 studi intervensi menemukan sedikit bukti efektivitas untuk beberapa intervensi ini dan menyerukan penelitian lebih lanjut untuk menetapkan intervensi yang paling efektif untuk mencegah paparan timbal, terutama di negara berpenghasilan rendah dan menengah dan pada kelompok berisiko di negara berpenghasilan tinggi.⁷

Mengingat bukti terbaru dari parahnya dampak timbal pada anak-anak, penelitian harus dilakukan di seluruh dunia untuk mengonfirmasi BLL di antara anak-anak, memetakan kantong geografis BLL tinggi ("titik pencemaran"), dan mengidentifikasi dan mengendalikan sumber paparan timbal. Informasi ini dapat membantu untuk menjelaskan bahwa berdasarkan bukti yang tersedia intervensi yang mengurangi paparan timbal menghasilkan manfaat yang jelas lebih besar daripada biayanya.

Tabel 5 Manfaat dan Biaya Intervensi untuk Mengurangi Paparan Timbal

Intervensi	Manfaat per setiap \$1 yang diinvestasikan
Menghapus saluran layanan minuman bertimbal dari rumah	\$1,33
Membasmi bahaya cat timbal dari yang rumah yang lebih tua dan dihuni keluarga berpenghasilan rendah	\$1,39
Renovasi, perbaikan, dan pengecatan yang aman dari timbal	\$3,10

Sumber: Proyek Dampak Kesehatan 2017

**Ada solusi yang telah terbukti dan
dapat diimplementasikan sekarang.**

5

SOLUSI UNTUK MENGATASI PAPARAN TIMBAL TERHADAP ANAK



“ Anda akan melihat dengan penuh Keprihatinan betapa Lamanya Kebenaran yang berguna dapat diketahui, dan ada, sebelum diterima dan dipraktikkan secara umum. ”

– Benjamin Franklin, *Letter on Lead Poisoning*, 1786

Masalah keracunan timbal bukanlah hal baru, tetapi pemahaman kita tentang ruang lingkup dan skala dampaknya dan solusi yang mungkin dilakukan tidak pernah sebaik ini. Ada solusi yang terbukti untuk negara berpenghasilan rendah dan menengah, yang paling terbebani oleh masalah ini. Solusi tersebut dapat diimplementasikan hari ini.

Kadar timbal dalam darah pada populasi umum turun drastis dengan transisi dari bensin bertimbal ke bensin tanpa timbal. Pelarangan cat berbahaya dasar timbal untuk keperluan rumah tangga dan remediasi (dan pendidikan) juga telah terbukti menurunkan kadar timbal dalam darah. Manajemen dan remediasi bahaya dan titik pencemaran timbal serta regulasi dan pengendalian kegiatan daur ulang dan peleburan di beberapa area sangat menguntungkan. Timbal dapat didaur ulang sehingga dapat dipulihkan, dimurnikan, dan digunakan kembali dengan aman tanpa mencemari lingkungan dan membuat pekerja, anak-anak mereka, dan lingkungan sekitar terpapar bahaya yang melekat dalam kegiatan daur ulang dan peleburan informal. Lokasi yang terkontaminasi timbal dapat dipulihkan. Masyarakat dapat dididik tentang bahaya timbal dan diberdayakan untuk melindungi diri dan anak-anak mereka.



Survei UNEP¹

Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa menyurvei 102 negara untuk mencari informasi tentang peraturan daur ulang ULAB yang berlaku, pemantauan dan proses manufaktur, bersama dengan kebutuhan negara-negara tersebut dalam memperbaiki proses dan mengurangi polusi timbal. Dari 40 negara responden yang menyelesaikan survei, hasilnya adalah sebagai berikut:

- Kawasan Asia dan Pasifik menyatakan pengembangan teknis dan kapasitas sebagai kebutuhan utama.
- Wilayah Amerika Latin lebih membutuhkan sistem pemantauan, strategi nasional, pengembangan teknis dan kapasitas, pembuatan peraturan perundang-undangan dan regulasi.
- Wilayah Afrika memerlukan sistem pemantauan, kerja sama pemerintah-swasta, teknologi dan pembuatan peraturan perundang-undangan dan regulasi.

Hampir semua negara tersebut mengatakan adanya kebutuhan bantuan teknologi dan peningkatan kapasitas untuk memperbaiki daur ulang ULAB. Berbagai negara Amerika Latin dan Afrika juga menyatakan perlunya bantuan dengan sistem pemantauan, pembuatan peraturan perundang-undangan dan regulasi dan kerja sama pemerintah-swasta. Hasil survei UNEP menekankan temuan berbagai kajian universitas dan pemerintah, wawancara dengan penduduk dan pejabat pemerintah daerah, dan pengamatan organisasi nonpemerintah yang bekerja di lapangan untuk mengatasi polusi timbal.

© Pure Earth

Masalah polusi timbal dan paparannya di kalangan anak-anak membutuhkan pendekatan enam cabang yang terkoordinasi dan terpadu dengan: memperbaiki sistem pemantauan dan pelaporan; memperbaiki pencegahan dan pengendalian; memperbaiki manajemen, perlakuan, dan remediasi; meningkatkan kesadaran masyarakat dan perubahan perilaku; memperbaiki peraturan perundang-undangan dan kebijakan; dan aksi di tingkat global dan regional. Untuk mencapai tujuan ini, dibutuhkan tindakan di level internasional oleh pemerintah, kerja sama pemerintah-swasta dan industri. Berikut ini, kami membahasnya secara lebih terperinci.

Sistem Pemantauan dan Pelaporan

- *Mengembangkan kapasitas pemantauan tingkat negara untuk pengujian timbal dalam darah.* Langkah pertama dalam mengatasi masalah apa pun adalah memahami ruang lingkup situasi – termasuk siapa yang terpengaruh dan sejauh mana pengaruh sehingga dukungan yang efektif dapat diberikan. Ada kebutuhan mendesak terhadap pengujian timbal dalam darah yang lebih baik; mekanisme pemantauan; data dan analisis; dan pelaporan anak-anak yang terpapar di semua negara, terutama di negara berpenghasilan rendah dan menengah. Studi pendamping untuk laporan ini mengumpulkan penilaian paling komprehensif hingga saat ini; tetapi, lebih banyak data diperlukan, terutama di tingkat lokal untuk menargetkan upaya kepada anak-anak yang paling berisiko. Perbaikan dan perluasan pemantauan dan pelaporan, melalui penyertaan tes darah dalam survei rumah tangga atau melalui Sentinel Monitoring di fasilitas layanan kesehatan, akan membantu mengidentifikasi anak-anak yang keracunan sehingga tindakan pencegahan dapat diterapkan dengan cepat untuk mengurangi efek toksik timbal.
- *Lakukan penilaian pembagian sumber di tingkat lokal untuk memastikan bagaimana anak-anak terpapar.* Penilaian harus dilakukan di tingkat rumah tangga, sekolah dan masyarakat. Makin banyak yang kita ketahui tentang sumber paparan yang sebenarnya, makin cepat kita dapat menargetkan intervensi.

- *Identifikasi lokasi yang terkontaminasi.* Langkah ini memerlukan standar dan panduan bagi otoritas lokal tentang kriteria serta manajemen tanggapan. Setelah lokasi diidentifikasi, masyarakat akan menyadari bahaya dan kemungkinan besar akan mulai menghindari lokasi tersebut. Media sosial bisa digunakan sebagai alat yang efektif.



© Pure Earth

Tindakan Pencegahan dan Pengendalian

- *Cegah paparan anak-anak terhadap lokasi berisiko tinggi.* Agar tidak terpapar timbal, cegah anak-anak mendekati atau bermain di sekitar fasilitas daur ulang ULAB, lokasi limbah (terutama limbah elektronik) dan pabrik peleburan dan bekas pabrik peleburan, serta lokasi lainnya. Langkah ini juga meliputi pembuangan ULAB yang aman yang digunakan dalam sistem energi terbarukan, serta pembuangan panel surya dan produk terkait yang mungkin mengandung timbal secara aman. Selain itu, diperlukan tindakan untuk mengembangkan dan mendorong praktik yang aman bagi pemungut informal dan penambang informal, terutama jika mereka hamil atau menyusui (atau masih anak-anak).
- *Cegah paparan anak-anak terhadap produk yang mengandung timbal.* Ini termasuk meninggalkan penggunaan timbal dalam senyawa cat; bensin (di negara-negara yang masih menggunakan); keramik dan gerabah yang digunakan untuk memasak, makan atau minum; mainan anak-anak dan perlengkapan sekolah; kosmetik; dan rempah-rempah dan obat-obatan.
- *Cegah paparan anak-anak terhadap cat timbal.* Mendorong negara untuk mengesahkan undang-undang cat timbal atau menetapkan batas cat timbal yang mengikat secara hukum. Pengesahan undang-undang cat timbal terbukti paling efektif untuk menghilangkan cat timbal sehingga mencegah paparan timbal dalam cat. Formulasikan ulang cat timbal agar bebas timbal. Formulasi ulang cat secara teknis dimungkinkan dan layak – banyak produsen cat menghentikan produksi cat timbal.
- *Pastikan anak-anak mendapatkan layanan kesehatan dan nutrisi yang memadai.* Nutrisi yang baik sangat penting tidak hanya dalam mengurangi penyerapan timbal, tetapi juga dalam mengobati anak-anak yang mengalami peningkatan kadar timbal dalam darah. Zat besi, vitamin C dan kalsium terbukti membantu membatasi penyerapan timbal. Diet seimbang yang sesuai dengan usia dapat membantu membatasi efek penuh dari keracunan timbal. Sebaliknya, kekurangan kalsium dan zat besi, serta malnutrisi secara umum, meningkatkan penyerapan timbal.² Layanan kesehatan yang berkualitas juga dapat membantu mengidentifikasi paparan, memberikan panduan untuk mengurangi penyerapan, dan memulai pengobatan untuk menghilangkan timbal dari darah jika kadarnya sangat tinggi. Ini dapat membantu membatasi kerusakan jangka panjang yang diakibatkan timbal pada anak-anak, baik dari segi kesehatan secara keseluruhan dan perkembangan kognitif.
- *Atasi risiko yang terjadi selama masa prenatal.* Ibu hamil dan menyusui berisiko terpapar timbal. Wanita hamil yang terpapar debu atau asap timbal dapat dengan mudah menyebarkan toksin ke janin yang sedang berkembang melalui transfer plasenta. Selain efek kesehatan timbal yang biasanya berupa gangguan kognitif, tampaknya paparan tersebut dapat menyebabkan berat badan lahir rendah. Ilmu pengetahuan tentang pengamatan ini masih berkembang. Paparan timbal berlanjut saat ibu menyusui anaknya sehingga timbal cepat terserap bahan karena analog atau strukturnya mirip dengan kalsium. Mengingat sifat sistem saraf pusat yang berkembang pesat pada janin dan bayi baru lahir, paparan timbal pada tahap perkembangan ini sangat merusak.^{3,4} Ibu hamil harus diberikan tes kadar timbal dalam darah jika ada faktor risiko. Sumber pajanan harus diidentifikasi, dan ibu serta pengasuh harus menerima konseling dan dukungan untuk mencegah pajanan lebih lanjut. Ibu harus diberikan nutrisi yang lebih baik dan kesehatan secara menyeluruh, termasuk suplementasi kalsium dan zat besi jika diperlukan. Ibu juga harus diberikan dukungan setelah anak lahir untuk memastikan kesehatan dan perkembangan terbaik (termasuk perkembangan kognitif) selama seribu hari pertama kehidupan anak – masa penting untuk pertumbuhan.
- *Perbaiki praktik daur ulang dan sistem pengumpulan ULAB.* Pastikan kegiatan daur ulang baterai asam-timbal bekas dan limbah elektronik terkendali dan ramah lingkungan sehingga mendukung ekonomi lokal dan melindungi pekerja dan lingkungan setempat dari emisi dan debu beracun. Pebaiki sistem pengumpulan ULAB untuk memastikan daur ulang yang tepat dan aman. Sektor swasta dan industri telah menunjukkan dukungan positif untuk pekerjaan ini; produsen timbal dan produsen baterai besar memberikan bantuan teknis dan bantuan lainnya.
- *Ganti timbal dalam glasir tembikar dan peralatan masak dengan alternatif yang lebih aman.* Ada banyak alternatif untuk glasir bertimbal dalam tembikar. Edukasi adalah kunci bagi konsumen dan perajin tembikar yang dapat dilatih untuk menggunakan glasir yang tidak beracun. Selain itu, undang-undang yang melarang penjualan dan penggunaan glasir timbal dalam piring dan peralatan masak efektif dalam menghilangkan sumber paparan ini dari pasar.⁵

Pengelolaan, Pengobatan, dan Remediasi

- *Perkuat sistem kesehatan sehingga dapat mendeteksi, memantau, dan mengobati paparan timbal di antara anak-anak.* Langkah ini termasuk menyiapkan pemantauan kadar timbal dalam darah sebelum dan sesudah remediasi dengan program rujukan dan pengobatan untuk anak-anak yang keracunan timbal.⁶
- *Berikan anak-anak intervensi pendidikan yang ditingkatkan.* Akses ke pendidikan berkualitas dan intervensi perkembangan penting bagi anak-anak yang menderita keterlambatan perkembangan akibat keracunan timbal. Meskipun tidak mungkin sepenuhnya membalikkan efek keracunan timbal pada perkembangan kognitif, keluarga dapat mendiskusikan paparan timbal dengan guru dan dokter anak-anak mereka. Anak-anak yang keracunan timbal mungkin dapat menjalani pemeriksaan perkembangan di sekolah dan mendapatkan layanan disabilitas atau pendidikan luar biasa. Anak-anak dengan kadar timbal dalam darah yang tinggi dan sangat berisiko mengalami keterlambatan perkembangan hendaknya mendapatkan intervensi sejak usia dini. Terapi kesehatan mental, khususnya terapi perilaku kognitif, dapat membantu anak-anak menghadapi kondisi seperti *Attention-deficit hyperactivity disorder* (ADHD), yang disebabkan paparan timbal pada anak-anak. Paparan timbal diperkirakan menyebabkan kasus ADHD di Amerika Serikat meningkat secara signifikan.⁷
- *Tutup dan bersihkan lokasi beracun.* Setiap lokasi beracun mempunyai masalah unik, tetapi secara umum ada prosedur dan metodologi umum yang terbukti berhasil dalam memulihkan area yang terkontaminasi. Caranya adalah membuang tanah dan limbah yang terkontaminasi, memasang kain penghalang dan meratakan atau menutupi area dengan limbah material konstruksi, dan menanam rumput dan vegetasi.⁸
- *Dorong penggunaan senyawa nontimbal dalam pembuatan cat.* Dukung upaya inovasi dan penyebarluasan pengetahuan tentang teknik pembuatan cat alternatif di kalangan bisnis setempat. Dorong teknik pembuatan cat alternatif.

- *Bersihkan timbal sepenuhnya dari tempat anak-anak tinggal, bermain, atau belajar.* Lap permukaan dengan tisu basah dan uji apakah timbal masih ada dengan cara pembersihan dan pengujian yang selama ini diterapkan.⁹



© Pure Earth

Kesadaran Masyarakat dan Perubahan Perilaku

- *Buat kampanye pendidikan publik yang berkelanjutan tentang bahaya dan sumber paparan timbal dengan seruan langsung kepada orang tua, sekolah, organisasi pemuda, tokoh masyarakat, dan tenaga kesehatan.*
Wawancara anekdotal dan studi formal berulang kali menunjukkan bahwa orang tua dari anak-anak dengan kadar timbal dalam darah yang tinggi tidak mengetahui risiko di keluarga mereka - baik dari kegiatan daur ulang halaman belakang terdekat, tembakar berlapis timbal, bengkel rumahan atau rempah-rempah yang ditambah timbal. Demikian pula, pekerja dalam kegiatan daur ulang dan peleburan informal sering kali tidak menyadari bahaya yang melekat dari paparan timbal atau tindakan yang harus diambil untuk melindungi diri dan keluarganya. Identifikasi timbal dalam makanan dan rempah-rempah dan penyebaran informasi tersebut kepada publik dapat membantu mengembangkan tindakan yang tepat untuk diambil baik di tingkat kebijakan maupun rumah tangga. Pendidikan masyarakat; kesadaran masyarakat; dan pengetahuan, teknologi dan keterampilan untuk mengganti prosedur berbahaya sangat penting untuk keberhasilan semua upaya lain agar keracunan timbal tidak terjadi lagi di seluruh dunia.
- *Manfaatkan media dan sumber daya komunikasi yang ada.* Adakan kampanye media dan komunikasi untuk daerah yang terdampak parah. Kegiatan ini termasuk mengidentifikasi media yang paling sering digunakan dalam komunitas yang berbeda, termasuk internet, TV, radio, SMS atau media lainnya.
- *Didik pekerja dan pemilik ULAB dan pabrik peleburan tentang risiko paparan timbal dan cara melindungi diri, keluarga, dan komunitas mereka.* Buat kampanye pendidikan industri dan pekerja sesuai dengan pedoman UNEP-ILA 2018 untuk manajemen dan daur ulang baterai asam-timbal bekas yang ramah lingkungan.¹⁰
- *Berikan pelatihan bagi tenaga kesehatan tentang gejala pajanan timbal, beserta penyediaan alat tes kadar timbal dalam darah dan obat terapi kelasi berdasarkan pedoman Organisasi Kesehatan Dunia.*¹¹

- *Didik anak-anak dan guru tentang risiko.* Mengajari anak-anak tentang risiko timbal merupakan tantangan karena timbal sering kali tidak terlihat dan efeknya tidak segera dirasakan atau bahkan dikenali. Penting untuk mendidik anak-anak tentang risiko timbal dengan cara yang dapat mereka pahami, termasuk memberi tahu mereka tentang lokasi berbahaya. Seringkali guru di masyarakat dapat memberikan dampak terbaik terhadap perubahan berkelanjutan. Banyak program pendidikan kesehatan masyarakat (pencegahan malaria, vaksinasi, pencegahan kehamilan) didorong oleh guru dan berbasis di dalam sistem sekolah.



© UNICEF/UN0311499

Peraturan Perundang-Undangan dan Kebijakan

- *Kembangkan, terapkan, dan tegakkan standar lingkungan, kesehatan, dan keselamatan untuk pembuatan dan daur ulang baterai timbal.* Penerapan dan penegakan standar ini melalui peraturan perundang-undangan dan kebijakan yang kuat akan membantu memastikan kebersihan industri dan tindakan keselamatan dan kesehatan kerja yang tepat diterapkan; meningkatkan kesadaran tentang faktor risiko; menghilangkan praktik buruk; dan membantu mengurangi paparan anak-anak terhadap zat berbahaya dan beracun yang dapat memengaruhi kesehatan, kesejahteraan, dan potensi mereka.
- *Buat peraturan perundang-undangan dan kebijakan untuk mengatur daur ulang limbah elektronik.* Peraturan perundang-undangan belum mampu mengimbangi pesatnya pertumbuhan sampah jenis baru ini. Penting untuk menilai risiko unik yang ditimbulkan oleh jenis limbah ini agar tidak tercipta lingkungan beracun bagi anak-anak.
- *Buat dan perkuat peraturan perundang-undangan dan kebijakan untuk melarang penggunaan senyawa timbal dalam cat dan bensin (jika masih digunakan); dalam keramik dan tembikar yang digunakan untuk memasak, makan atau minum; di mainan anak-anak; dan kosmetik, rempah-rempah dan obat-obatan.* Lakukan dengan mekanisme yang memungkinkan pemantauan dan penegakan yang lebih baik.
- *Tegakkan peraturan lingkungan dan kualitas udara untuk kegiatan peleburan.* Meskipun tidak lagi digunakan dalam bensin, timbal masih dapat masuk ke udara melalui kegiatan peleburan – sehingga peraturan kualitas udara yang mencegah emisi timbal ke udara masih sangat dibutuhkan.
- *Pastikan bahwa standar kualitas air minum nasional mencakup parameter timbal.* Peraturan penyedia air juga harus mendorong pendekatan manajemen risiko terhadap keamanan air.
- *Perjuangkan penyertaan dan penegakan daur ulang limbah elektronik dan penambangan logam sebagai bentuk terburuk dari pemanfaatan anak sebagai tenaga kerja* (karenanya dilarang oleh konvensi 182).



© UNICEF/UN0275110/Dejongh

Aksi di Tingkat Global dan Regional

- Dukung tindakan di negara terdampak dengan bantuan pembangunan, peningkatan kapasitas teknis, dan hasil yang terukur dalam mengurangi kadar timbal dalam darah.
- Cegah paparan timbal pada anak-anak dengan menghindari sumber paparan timbal di masa depan, seperti dengan melarang penggunaan senyawa timbal dalam pembuatan mainan, cat, dan produk lainnya.
- Buat satuan ukuran standar global untuk memverifikasi hasil intervensi polusi terhadap kesehatan masyarakat, lingkungan, dan ekonomi lokal.¹²
- Buat daftar internasional yang memuat hasil studi tentang kadar timbal dalam darah secara anonim. Daftar ini dapat disimpan oleh organisasi internasional untuk melacak tingkat polusi timbal global dan kemanjuran upaya remediasi dari waktu ke waktu.¹³
- Buat dan perkuat standar dan norma internasional seputar daur ulang dan pengangkutan baterai asam-timbal bekas. Dengan pertumbuhan baterai asam-timbal, standar dan norma ini akan sangat penting dalam membantu negara membuat peraturan perundang-undangan, kebijakan, dan praktik yang baik di tingkat nasional agar lebih melindungi anak-anak.
- Menetapkan mekanisme pendanaan dan bantuan teknis, termasuk dari sektor swasta dan industri, dan mendorong penelitian untuk menutup kesenjangan bukti/penelitian.



© Pure Earth

Traktat, Konvensi, Deklarasi, dan Perjanjian Internasional Terkait dengan Paparan Anak-Anak terhadap Polusi Timbal

Ada beberapa perjanjian dan konvensi yang menghubungkan paparan anak-anak dengan polusi timbal dan merupakan dasar yang penting bagi penyusunan mekanisme kebijakan dan akuntabilitas untuk memastikan bahwa anak-anak hidup di lingkungan yang aman dan bersih.

- **1989:** Konvensi Hak Anak, yang memuat pentingnya lingkungan yang aman dan sehat bagi anak. Paparan polusi timbal mengancam hak yang dimuat dalam Konvensi Hak Anak, termasuk hak untuk hidup, bertahan hidup, dan tumbuh dengan sehat (pasal 6); standar kesehatan terbaik (pasal 24); standar hidup yang cukup baik (pasal 27); pendidikan (pasal 28); dan lain-lain.¹⁴
- **1992:** Agenda 21 yang diadopsi oleh Konferensi PBB tentang Lingkungan dan Pembangunan membahas kebutuhan untuk melindungi anak-anak dari bahan kimia beracun.¹⁵ Ini termasuk Bagian 19: Pengelolaan bahan kimia beracun yang ramah lingkungan, termasuk pencegahan lalu lintas ilegal produk beracun dan berbahaya di tingkat internasional; 6.27.iv: Melindungi anak-anak dari efek senyawa beracun di lingkungan dan tempat kerja; 6.41.i.ii: Memasukkan analisis risiko kesehatan yang sesuai dalam semua program pengendalian dan pengelolaan polusi nasional, dengan penekanan khusus pada senyawa beracun seperti timbal; 16.11; 17.28; dan lain-lain.
- **1997:** Deklarasi Kesehatan Lingkungan Anak oleh kelompok negara G7 plus Rusia mengakui keracunan timbal sebagai bahaya lingkungan terbesar bagi anak-anak dan berkomitmen untuk mengurangi dan meningkatkan pemantauan kadar timbal dalam darah pada anak-anak, serta memenuhi dan mendorong Deklarasi OECD tentang Pengurangan Risiko Timbal di level internasional.¹⁶
- **2002:** Pernyataan Bangkok tentang Kesehatan Anak dan Lingkungan menyerukan pengurangan atau pelarangan paparan logam beracun, seperti timbal, serta menganjurkan pelarangan timbal dari semua bensin, cat, pipa air dan keramik.¹⁷
- **2002:** Dalam Rencana Implementasi Konferensi Tingkat Tinggi Dunia tentang Pembangunan Berkelanjutan, pemerintah sepakat untuk “menghapus timbal dalam cat berbahan dasar timbal dan sumber lain dari paparan manusia, berupaya mencegah, khususnya, paparan anak-anak terhadap limbah dan memperkuat upaya pemantauan dan surveilans, dan pengobatan terhadap keracunan timbal”.¹⁸
- **2006:** Deklarasi Brescia tentang Pencegahan Neurotoksisitas Logam merekomendasikan penghapusan segera timbal tetraetil dari pasokan bensin semua negara; peninjauan semua penggunaan timbal, termasuk daur ulang, di semua negara; dan pengurangan standar paparan saat ini secara mendesak.¹⁹
- **2009:** Ikrar Busan untuk Tindakan pada Kesehatan Anak dan Lingkungan mengakui risiko kesehatan kronis dan akut akibat paparan timbal pada anak-anak dan selanjutnya menegaskan komitmen masyarakat global untuk mengakhiri keracunan timbal pada masa kanak-kanak.²⁰
- **2009:** Resolusi II/4 dari Konferensi Internasional Manajemen Bahan Kimia Kedua (ICCM 2) mengidentifikasi timbal dalam cat sebagai masalah kebijakan yang muncul dan mendukung kemitraan global untuk mendorong penghentian penggunaan timbal dalam cat secara bertahap. Salah satu tujuan Aliansi Global untuk Menghilangkan Cat Bertimbal adalah berbagi panduan dan mendorong bantuan untuk mengidentifikasi dan mengurangi potensi paparan timbal di dalam dan di sekitar perumahan, tempat penitipan anak, dan sekolah yang diwarnai dengan cat yang mengandung timbal sehingga muncul debu cat, dan di fasilitas industri yang memproduksi atau menggunakan cat yang mengandung timbal untuk mengurangi paparan timbal pada pekerja.
- **2015:** Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. Pengelolaan bahan kimia dan limbah yang baik merupakan faktor kunci untuk mencapai SDGs²¹. Lihat gambar 17.
- **2017:** Majelis Lingkungan PBB mengeluarkan Resolusi Ketiga tentang Cat Bertimbal: Negara Anggota mengesahkan resolusi yang menyerukan pelarangan cat timbal secara global melalui pembentukan undang-undang cat timbal.²²

Gambar 17

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan²³



Sumber: Diadaptasi dari 'Pengelolaan Bahan Kimia dan Limbah: Menuju Tercapainya Tujuan Pembangunan Berkelanjutan' IOMC 2018, dapat diakses di: https://www.who.int/iom/ChemicalsandSDGs_interactive_Feb2018_new.pdf. Beberapa teks telah diadaptasi untuk mencerminkan fokus khusus pada timbal.

Bukti yang dikumpulkan jelas menunjukkan bahwa keracunan timbal jauh lebih berbahaya daripada yang dikira sebelumnya. Ancaman paparan timbal yang kurang disadari berdampak besar pada kesehatan fisik dan neurologis anak-anak di seluruh dunia. Meskipun lebih banyak penelitian perlu dilakukan, baru-baru ini muncul data memperingatkan bahwa tindakan tegas harus dimulai sekarang.



LAMPIRAN

Perkiraan IHME terkait Jumlah Anak (0-19) dengan Kadar Timbal dalam Darah (BLL) di Atas μ 5 g/dL dan di Atas 10 μ g/dL per Negara*

	AREA/NEGARA	Jumlah Anak dengan BLL > 5 μ g/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 5 μ g/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 5 μ g/dL (perkiraan batas atas)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 μ g/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 10 μ g/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 μ g/dL (perkiraan batas atas)
1	Afganistan	19,452.102	18,274.876	20,016.234	12,248.563	8,521.159	15,310,596
2	Albania	170.795	78.923	304.775	24.291	9.125	55.805
3	Aljazair	2,910.421	1,286.116	5,629.753	335.968	131.464	819.093
4	Andorra	173	107	282	25	18	35
5	Angola	4,738.129	2,183.204	8,358.612	691.877	251.283	1,620.559
6	Antigua dan Barbuda	892	283	2,045	13	2	45
7	Argentina	951.816	431.672	1,879.939	91.040	43.810	178.490
8	Armenia	72.562	32.669	140.915	8,473	4.141	16.713
9	Australia	116.404	66.856	208.953	14.019	9.201	22.152
10	Austria	26.669	15.301	44.249	3,462	2,348	5.214
11	Azerbaijan	227.940	101.208	439.132	26.862	12.970	50.666
12	Bahama	2,933	1.004	6.837	35	6	128
13	Bahrain	24.348	10.527	49.104	2.541	1.215	5.109
14	Bangladesh	35,527.671	23,639.658	45,959.260	9,675.388	4,207.907	17,832.455
15	Barbados	1.979	650	4.525	25	4	87
16	Belarusia	208.448	96.063	404.567	24.739	11.814	50.740
17	Belgia	204.097	89.877	412.420	19.526	9.118	40.770
18	Belize	9.836	3.518	22.533	199	34	628
19	Benin	3,148.829	1,669.885	4,795.096	607.993	211.459	1,363.161
20	Bhutan	24,975	11.440	46.285	3.273	1,584	6.177
21	(Negara Plurinasion) Bolivia	3,231.154	1,685.516	4,414.206	521.801	84.640	1,449.816
22	Bosnia dan Herzegovina	92.648	42.214	175.329	11.075	5.001	23.115
23	Botswana	216.886	102.018	384.031	30.852	11.850	71.290
24	Brazil	4,403.642	3,347.298	5,666.961	98.266	66.158	142.543
25	Brunei Darussalam	2.765	1.519	4.977	324	209	523
26	Bulgaria	66.826	30.554	130.749	8.193	4.169	15.084
27	Burkina Faso	9,077.888	6,441.902	10,920.624	3,218.541	1,340.372	5,552.306
28	Burundi	3,053.133	1,604.294	4,622.476	626.214	207.235	1,425.906
29	Tanjung Verde	17.440	7.731	33.381	2.051	980	3.944
30	Kamboja	3,171.259	1,177.856	5,174.199	188.670	7.792	860.159

* Ikuti set data nasional apabila survei tingkat timbal dalam darah nasional terbaru belum dimasukkan ke dalam perkiraan IHME, atau muncul setelah terbitnya publikasi laporan ini.

Catatan: Informasi lebih lanjut dapat dilihat di lead.pollution.org

	AREA/NEGARA	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas atas)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas atas)
31	Kamerun	7.534.476	4.030.583	11.048.855	1.620.490	534.307	3.586.082
32	Kanada	128.854	78.976	221.044	16.534	11.464	25.327
33	Republik Afrika Tengah	1.736.399	1.090.246	2.271.734	483.546	177.033	945.156
34	Chad	7.873.733	6.107.127	8.913.448	3.298.713	1.548.238	5.182.799
35	Chili	143.928	68.819	271.449	15.459	8.444	26.447
36	Tiongkok	31.237.708	22.945.417	41.910.725	41.133	-	132.356
37	Kolombia	588.648	205.603	1.402.236	10.157	1.651	34.600
38	Komoro	36.396	16.205	70.751	4.289	1.948	8.955
39	Kongo	279.774	126.167	538.290	32.907	15.390	67.030
40	Kepulauan Cook	14	8	28	-	-	-
41	Kosta Rika	191.502	59.486	442.071	6.437	930	22.273
42	Pantai Gading	5.252.219	2.642.258	8.352.664	964.392	324.885	2.225.641
43	Kroasia	28.823	14.403	55.727	3.741	2.132	6.619
44	Kuba	880.044	326.322	1.620.183	61.587	9.254	216.930
45	Siprus	5.206	3.022	9.081	635	420	996
46	Ceko	69.909	37.166	134.476	9.231	5.564	16.191
47	Republik Demokratik Rakyat Korea	4.875.085	2.499.693	6.314.223	589.871	40.652	2.023.855
48	Republik Demokratik Kongo	23.943.664	12.991.380	34.641.958	5.275.931	1.738.077	11.476.988
49	Denmark	27.731	16.151	51.452	3.254	2.151	5.343
50	Djibouti	58.699	26.508	113.772	6.926	3.223	14.327
51	Dominika	1.017	328	2.486	18	3	65
52	Republik Dominika	1.342.729	464.381	2.521.817	83.761	12.241	288.301
53	Ekuador	601.756	189.035	1.466.237	16.389	2.488	58.027
54	Mesir	25.402.579	16.992.842	32.721.993	5.994.338	2.534.024	11.346.111
55	El Salvador	690.408	239.400	1.348.381	40.779	6.109	144.067
56	Guinea Khatulistiwa	36.536	16.844	69.982	4.498	2.337	8.120
57	Eritrea	495.266	224.235	947.933	59.364	26.349	127.275
58	Estonia	10.715	5.097	20.340	1.370	743	2.428
59	Eswatini	208.825	108.534	323.947	40.267	13.763	91.878
60	Etiopia	18.028.525	8.393.173	30.561.004	2.738.325	971.062	6.194.661
61	Fiji	2.229	898	4.924	-	-	-
62	Finlandia	11.217	7.236	17.112	1.688	1.211	2.356
63	Prancis	332.322	202.934	588.296	38.929	26.621	61.073
64	Gabon	42.890	19.843	81.671	5.188	2.630	9.381
65	Gambia	537.876	290.616	803.089	111.518	38.479	243.235
66	Georgia	65.025*	28.517	125.018	7.703**	3.675	14.361

* Data tidak termasuk analisis terbaru oleh UNICEF Georgia yang menunjukkan 41 persen anak-anak berusia antara 2 dan 7 tahun memiliki BLL di atas 5 µg/dL. Laporan ini akan diintegrasikan ke dalam proses GBD IHME dan ditunjukkan dalam GBD 2020.

** Data tidak termasuk analisis terbaru oleh UNICEF Georgia yang menunjukkan 16 persen anak-anak berusia antara 2 dan 7 tahun memiliki BLL di atas 10 µg/dL. Laporan ini akan diintegrasikan ke dalam proses GBD IHME dan ditunjukkan dalam GBD 2020.

	AREA/NEGARA	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas atas)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas atas)
67	Jerman	333.259	178.982	619.634	38.909	24.197	64.429
68	Ghana	1.731.786	792.455	3.376.580	204.359	95.060	429.802
69	Yunani	66.517	31.501	129.963	6.925	3.679	12.366
70	Grenada	2.976	1.020	7305	74	12	254
71	Guatemala	4.249.599	2.046.138	6.330.075	559.874	89.994	1.651.653
72	Guinea	4.490.705	2.938.292	5.760.738	1.347.908	517.687	2.574.000
73	Guinea-Bissau	548.447	319.718	758.096	135.970	47.431	278.469
74	Guyana	67.527	21.176	149.402	2.884	441	10.649
75	Haiti	4.564.819	3.158.146	5.230.944	1.250.092	272.269	2.740.026
76	Honduras	2.118.430	892.155	3.415.397	210.693	31.450	691.812
77	Hongaria	101.570	47.310	192.285	12.371	6.339	22.198
78	Islandia	944	602	1.540	139	102	206
79	India	275.561.163	242.633.715	309.462.889	64.378.274	49.850.518	82.033.908
80	Indonesia	8.271.863	5.486.754	11.998.982	17.017	-	58.127
81	(Republik Islam) Iran	10.291.577	5.058.898	16.424.484	1.712.100	550.034	4.057.976
82	Irak	5.410.843	2.855.274	8.862.091	727.281	301.079	1.566.680
83	Irlandia	26.445	15.386	46.996	3.161	2.097	5.022
84	Israel	86.431	47.048	170.444	9.530	5.841	16.853
85	Italia	160.862	98.027	269.585	20.963	14.530	31.669
86	Jamaika	132.746	41.732	311.095	4.233	662	14.207
87	Jepang	319.061	264.846	379.489	42.580	35.619	50.603
88	Yordania	490.487	212.189	987.238	50.837	23.502	107.081
89	Kazakhstan	306.647	140.117	587.074	37.798	19.246	67.520
90	Kenya	2.831.808	2.063.095	3.815.927	326.521	238.535	445.902
91	Kiribati	11.386	2.836	24.635	248	-	1.353
92	Kuwait	35.004	17.995	68.926	4.078	2.399	7.259
93	Kirgizstan	493.397	221.143	952.997	61.632	25.587	141.865
94	Republik Demokratik Rakyat Laos	578.053	124.625	1.433.087	7.485	-	43.874
95	Latvia	22.240	10.275	43.020	2.694	1.370	4.993
96	Lebanon	29.835	17.744	51.735	4.074	2.839	6.451
97	Lesotho	566.723	380.655	718.443	185.182	74.253	331.128
98	Liberia	1.519.897	984.012	1.948.446	453.303	171.937	849.599
99	Libya	108.559	47.831	216.265	11.658	5.802	21.891
100	Lituania	20.996	9.817	40.019	2.690	1.446	4.766
101	Luksemburg	1.677	1.004	2.678	233	161	337
102	Madagaskar	4.850.537	2.339.254	8.152.558	801.784	277.020	1.911.645

	AREA/NEGARA	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas atas)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas atas)
103	Malawi	3.431.433	1.638.020	5.697.855	562.726	194.393	1.289.147
104	Malaysia	56.949	24.320	122.095	-	-	-
105	Maladewa	6.510	1.567	20.298	7	-	79
106	Mali	9.715.463	7.407.368	11.179.194	3.880.528	1.818.826	6.223.184
107	Malta	6.399	2.849	12.715	639	294	1.383
108	Kepulauan Marshall	1.140	269	3.399	2	-	22
109	Mauritania	483.045	219.525	880.818	66.223	25.259	155.529
110	Mauritius	4.494	1.443	12.113	-	-	-
111	Meksiko*	13.856.064	11.107.542	16.961.117	637.721	429.683	923.151
112	(Federasi) Mikronesia	2.308	547	7.125	4	-	41
113	Monako	99	58	158	13	9	20
114	Mongolia	140.540	62.993	270.570	16.416	7.690	33.249
115	Montenegro	6.926	3.187	13.227	860	451	1.529
116	Maroko	1.867.720	945.447	3.291.506	209.212	99.236	422.005
117	Mozambik	5.732.981	2.740.667	9.565.358	927.028	322.040	2.146.321
118	Myanmar	4.695.777	1.111.990	10.792.839	84.419	-	465.329
119	Namibia	361.079	178.891	586.559	62.043	21.645	143.539
120	Nauru	54	18	147	-	-	-
121	Nepal	6.719.235	3.934.651	9.331.520	1.741.952	638.139	3.512.007
122	Belanda	58.886	34.515	95.824	7.638	5.093	11.119
123	Selandia Baru	47.673	21.760	94.720	4.826	2.469	8.943
124	Nikaragua	234.283	77.718	567.812	6.351	990	21.710
125	Nigeria	12.500.267	11.002.269	13.271.618	6.774.183	4.041.648	9.277.497
126	Nigeria	43.178.214	22.897.294	68.349.470	7.295.704	2.811.434	15.804.939
127	Niue	2	-	4	-	-	-
128	Makedonia Utara	46.163	20.990	88.280	5.404	2.600	10.605
129	Norwegia	22.627	13.029	39.855	2.785	1.845	4.362
130	Oman	53.065	24.708	106.056	5.892	3.141	10.843
131	Pakistan	41.121.401	21.271.107	65.265.365	7.718.106	2.880.748	16.850.708
132	Palau	15	8	30	-	-	-
133	Palestina	126.574	55.417	247.080	13.571	6.785	24.940
134	Panama	141.233	44.945	344.218	3.752	543	12.837
135	Papua Nugini	103.499	30.597	294.673	-	-	-
136	Paraguay	485.405	151.307	1.043.645	21.777	3.083	79.634
137	Peru	7.132.941	3.588.904	10.206.503	867.968	153.795	2.532.764
138	Filipina	20.024.201	6.771.216	34.771.527	932.894	32.769	4.367.214

*Data tidak termasuk analisis terbaru oleh Instituto Nacional de Salud Pública yang menunjukkan jumlah anak dengan kadar timbal dalam darah di atas 5 µg/dL adalah sekitar 22 persen. Analisis ini akan diintegrasikan ke dalam proses GBD IHME dan ditunjukkan dalam GBD 2020

	AREA/NEGARA	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas atas)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas atas)
139	Polandia	267.632	135.185	497.796	34.852	20.218	59.791
140	Portugal	97.745	42.259	196.510	9.560	4.580	18.129
141	Qatar	22.984	10.517	45.631	2.525	1.332	4.667
142	Republik Korea	219.179	132.968	375.060	24.969	16.863	38.411
143	Republik Moldova	193.045	89.492	342.986	28.132	10.395	66.296
144	Rumania	402.440	181.534	782.724	47.462	22.433	96.156
145	Federasi Rusia	3.113.839	1.424.244	5.928.361	367.890	178.790	719.439
146	Rwanda	1.327.355	602.192	2.443.172	175.460	69.592	398.041
147	Saint Kitts dan Nevis	432	147	1.010	5	-	19
148	Saint Lucia	2.604	867	6.310	50	7	172
149	Saint Vincent dan Grenadine	4.561	1.446	11.170	137	20	479
150	Samoa	2.598	669	8.151	1	-	20
151	San Marino	121	70	202	16	11	23
152	São Tome dan Príncipe	20.201	9.175	37.100	2.658	1.060	6.018
153	Arab Saudi	368.766	184.566	729.532	41.538	23.546	75.513
154	Senegal	1.896.621	878.328	3.380.318	265.894	101.231	611.797
155	Serbia	164.391	77.828	314.038	19.685	9.696	38.684
156	Seychelles	495	145	1.365	-	-	-
157	Sierra Leone	2.297.191	1.329.283	3.210.974	557.770	193.226	1.166.481
158	Singapura	41.699	19.464	83.620	4.192	2.114	7.740
159	Slowakia	39.588	19.708	73.182	5.130	2.901	8.869
160	Slovenia	8.005	4.657	14.200	1.182	797	1.911
161	Kepulauan Solomon	95.053	27.482	180.159	3.113	45	15.555
162	Somalia	8.141.711	5.613.810	9.947.692	2.731.229	1.105.507	4.840.500
163	Afrika Selatan	4.750.794	2.235.464	8.368.352	692.063	259.962	1.619.975
164	Sudan Selatan	2.326.421	1.207.126	3.587.487	451.970	152.387	1.039.253
165	Spanyol	254.139	139.874	512.480	27.358	17.075	49.422
166	Sri Lanka	238.131	59.977	738.474	162	-	2.005
167	Sudan	12.525.390	7.550.683	16.617.314	3.165.459	1.052.544	6.664.349
168	Suriname	14.228	4.715	35.937	317	43	1.122
169	Swedia	27.912	17.799	43.151	3.984	2.860	5.650
170	Swiss	54.701	26.907	108.394	5.798	3.250	10.514
171	Republik Arab Suriah	1.905.840	871.811	3.318.221	271.737	90.260	670.836
172	Tajikistan	1.704.817	867.486	2.706.863	304.651	105.943	702.577
173	Thailand	128.384	46.519	304.469	-	-	-
174	Timor-Leste	273.898	84.480	488.717	11.626	216	57.160

	AREA/NEGARA	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 5 µg/dL (perkiraan batas atas)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas bawah)	Jumlah Anak dengan BLL > 10 µg/dL (perkiraan batas atas)
175	Togo	1.509.799	736.098	2.409.937	270.562	89.358	619.311
176	Tonga	669	211	1.913	-	-	-
177	Trinidad dan Tobago	5.230	2.319	11.730	57	19	163
178	Tunisia	467.758	205.940	928.732	49.389	21.687	108.882
179	Turki	643.762	321.545	1.195.588	77.084	44.424	131.081
180	Turkmenistan	113.062	50.897	218.949	13.631	6.769	25.093
181	Tuvalu	74	22	217	-	-	-
182	Uganda	5.243.550	2.463.734	9.534.505	695.697	283.703	1.577.996
183	Ukraina	263.193	133.799	504.459	35.416	20.999	62.387
184	Uni Emirat Arab	41.924	21.839	81.178	5.040	3.032	8.785
185	Inggris Raya	213.702	186.117	281.542	29.036	25.099	42.470
186	Republik Persatuan Tanzania	7.278.659	3.438.673	13.064.052	985.553	394.413	2.235.313
187	Amerika Serikat	1.230.558	753.672	2.090.864	159.679	111.735	243.749
188	Uruguay	178.744	80.199	333.111	19.283	7.531	45.148
189	Uzbekistan	1.642.279	750.074	3.179.138	193.682	89.600	406.318
190	Vanuatu	14.216	2.972	38.546	99	-	675
191	(Republik Bolivaria) Venezuela	2.873.401	1.026.749	5.562.780	171.429	27.145	591.060
192	Vietnam	3.242.192	711.362	8.993.910	22.775	-	154.780
193	Yaman	13.796.934	11.647.756	14.861.489	6.895.768	3.802.496	9.978.608
194	Zambia	1.190.789	528.363	2.302.307	140.715	63.534	294.771
195	Zimbabwe	5.709.835	4.306.145	6.617.160	2.361.645	1.097.113	3.735.569
	WILAYAH	Rataan anak-anak dengan BLL di atas 5 µg/dL	Anak-anak dengan BLL di atas 5 µg/dL (batas bawah)	Anak-anak dengan BLL di atas 5 µg/dL (batas atas)	Rataan anak-anak dengan BLL di atas 10 µg/dL	Anak-anak dengan BLL di atas 10 µg/dL (batas bawah)	Anak-anak dengan BLL di atas 10 µg/dL (batas atas)
1	Asia Selatan	378.651.188	309.826.991	450.840.325	95.765.725	66.100.055	135.547.935
2	Asia Timur dan Pasifik	77.675.947	41.621.175	124.286.113	2.006.683	155.639	8.342.141
3	Afrika Barat dan Tengah	139.373.360	84.948.399	197.034.081	36.880.830	15.848.344	68.660.469
4	Afrika Timur dan Selatan	93.109.913	49.946.531	146.414.745	18.463.189	7.093.354	38.228.300
5	Timur Tengah dan Afrika Utara	63.441.649	40.514.465	88.791.458	16.347.077	7.609.714	29.259.583
6	Eropa Timur dan Asia Tengah	10.027.028	4.706.887	18.590.896	1.308.404	589.960	2.702.653
7	Amerika Latin dan Karibia	49.107.507	29.270.540	71.601.467	4.702.663	1.253.461	11.879.307
8	Amerika Utara	1.359.412	832.648	2.311.908	176.213	123.199	269.076
9	Negara Berpenghasilan Rendah	249.251.174	158.564.810	345.066.610	73.811.735	34.963.414	129.469.651
10	Eropa Barat	2.474.105	1.392.822	4.499.437	294.198	186.147	494.057
11	Afrika Sub-Sahara	232.483.273	134.894.930	343.448.826	55.344.019	22.941.698	106.888.769
12	Eropa dan Asia Tengah	12.501.133	6.099.709	23.090.333	1.602.602	776.107	3.196.710



REFERENSI

RINGKASAN EKSEKUTIF

1. Centers for Disease Control and Prevention. "Blood Lead Levels in Children." (Page last reviewed: May 28, 2020). <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/blood-lead-levels.htm> (Accessed June 23rd, 2020)
2. World Health Organization, 'Lead Poisoning and Health' Fact Sheet, 23 August 2019, (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>) [Accessed on July 24 2020]
World Health Organization 'Childhood Lead Poisoning' 2010. Geneva, Switzerland. (<https://www.who.int/ceh/publications/leadguidance.pdf>)
Lorna Fewtrell, Rachel Kaufmann, Annette Prüss-Üstün. "Lead: Assessing the Environmental Burden of Disease at National and Local Levels." (The World Health Organization, Environmental Burden of Disease Series, No. 2, 2003). https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/en/leadebd2.pdf?ua=1
3. Haefliger, Pascal, Monique Mathieu-Nolf, Stephanie Lociciro, Cheikh Ndiaye, Malang Coly, Amadou Diouf, Absa Lam Faye et al. "Mass Lead Intoxication from Informal Used Lead-Acid Battery Recycling in Dakar, Senegal." (*Environmental Health Perspectives* 117, no. 10, 2009): 1535-1540. DOI: 10.1289/ehp.0900696
Dooyema, Carrie A., Antonio Neri, Yi-Chun Lo, James Durant, Paul I. Dargan, Todd Swarthout, Oladayo Biya et al. "Outbreak of Fatal Childhood Lead Poisoning Related to Artisanal Gold Mining in Northwestern Nigeria" (*Environmental health perspectives* 120, no. 4, 2012): 601-607.
Lanphear, Bruce P., Stephen Rauch, Peggy Auinger, Ryan W. Allen, and Richard W. Hornung. "Low-Level Lead Exposure and Mortality in US Adults: A Population-Based Cohort Study." (*The Lancet Public Health* 3, no. 4, 2018): e177-e184.
4. Obtained from The Global Burden of Disease dataset for 2019. Institute of Health Metrics and Evaluation, Department of Health Metrics Sciences, University of Washington. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>
Personal communication, Professor Michael Brauer, Institute for Health Metrics and Evaluation, Department of Health Metrics Sciences, University of Washington.
5. Lanphear, Bruce P., Richard Hornung, Jane Khoury, Kimberly Yolton, Peter Baghurst, David C. Bellinger, Richard L. Canfield et al. "Low-Level Environmental Lead Exposure and Children's Intellectual Function: An International Pooled Analysis." (*Environmental health perspectives* 113, no. 7, 2005): 894-899. DOI:10.1289/ehp.7688
Lanphear BP, Dietrich K, Auinger P, Cox C. "Cognitive Deficits Associated with Blood lead Concentrations <10 microg/dL in US Children and Adolescents. (*Public Health Rep.* 2000);115(6):521-529. doi:10.1093/phr/115.6.521. DOI: 10.1093/phr/115.6.521
6. Grosse, Scott D., Thomas D. Matte, Joel Schwartz, and Richard J. Jackson. "Economic Gains Resulting from the Reduction in Children's Exposure to Lead in the United States." (*Environmental Health Perspectives*, 2002) 110 (6). Public Health Services, US Dept of Health and Human Services: 563-69. doi:10.1289/ehp.02110563.
Gould, Elise. "Childhood Lead Poisoning: Conservative Estimates of the Social and Economic Benefits of Lead Hazard Control." (*Environmental Health Perspectives*, 2009) p117 (7): 1162-67. doi:10.1289/ehp.0800408.
Attina, Teresa M., dan Leonardo Trasande. "Biaya Paparan Timbal pada Masa Kanak-Kanak di Negara Berpenghasilan Rendah dan Menengah." (*Environmental health perspectives* 121, no. 9, 2013): 1097-1102. DOI: 10.1289/ehp.1206424
7. Denno, Deborah W. *Biology and violence: From birth to adulthood*. (Cambridge University Press, 1990). DOI: 10.2307/2075574
Needleman, Herbert L., Julie A. Riess, Michael J. Tobin, Gretchen E. Biesecker, and Joel B. Greenhouse. "Bone Lead Levels and Delinquent Behavior." (*Jama* 275, no. 5, 1996): 363-369. DOI: 10.1001/jama.275.5.363
Needleman, Herbert L., Christine McFarland, Roberta B. Ness, Stephen E. Fienberg, and Michael J. Tobin. "Bone Lead Levels in Adjudicated Delinquents: a Case Control Study." (*Neurotoxicology and teratology* 24, no. 6 , 2002): 711-717. DOI: 10.1016/S0892-0362(02)00269-6
Rogan, Walter J., Kim N. Dietrich, James H. Ware, Douglas W. Dockery, Mikhail Salganik, Jerilynn Radcliffe, Robert L. Jones, N. Beth Ragan, J. Julian Chisolm Jr, and George G. Rhoads. "The Effect of Chelation Therapy with Succimer on Neuropsychological Development in Children Exposed to Lead." (*New England Journal of Medicine* 344, no. 19, 2001): 1421-1426.DOI: 10.1056/NEJM200105103441902
Reyes, Jessica Wolpaw. "Environmental Policy as Social Policy? The Impact of Childhood Lead Exposure on Crime." (*The BE Journal of Economic Analysis & Policy* 7, no. 1, 2007). DOI: 10.2202/1935-1682.1796
Wright, John Paul, Kim N. Dietrich, M. Douglas Ris, Richard W. Hornung, Stephanie D. Wessel, Bruce P. Lanphear, Mona Ho, and Mary N. Rae. "Association of Prenatal and Childhood Blood Lead Concentrations with Criminal Arrests in Early Adulthood." (*PLoS medicine* 5, no. 5, 2008). DOI: 10.1371/journal.pmed.0050101
8. Reyes, Jessica Wolpaw. "Environmental Policy as Social Policy? The Impact of

- Childhood Lead Exposure on Crime." (*The BE Journal of Economic Analysis & Policy* 7, no. 1, 2007). DOI: 10.2202/1935-1682.1796
- Nevin, Rick. "Understanding International Crime Trends: the Legacy of Preschool Lead Exposure." (*Environmental research* 104, no. 3, 2007): 315-336. DOI: 10.1016/j.envres.2007.02.008
9. Pew Charitable Trusts. "A Report from the Health Impact Project: 10 Policies to Prevent and Respond to Childhood Lead Exposure." (2017). https://www.pewtrusts.org/-/media/assets/2017/08/hip_childhood_lead_poisoning_report.pdf
10. World Health Organization. "Lead poisoning and health." (2019). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
11. Minnesota Department of Health. "Take-Home Lead: A Hazard for Children and Adults." <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/lead/fs/takehome.html> (Accessed June 23rd, 2020)
- Pure Earth. "Lead." (2010). https://www.worstoppolluted.org/projects_reports/display/78
12. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Work Group on Lead and Pregnancy. Ettinger AS and Wengrowitz AG, Editors. *Guidelines for the Identification and Management of Lead Exposure in Pregnant and Lactating Women*. Atlanta: Centers for Disease Control. November, 2010.
13. Daniell, William E., Lo Van Tung, Ryan M. Wallace, Deborah J. Havens, Catherine J. Karr, Nguyen Bich Diep, Gerry A. Croteau, Nancy J. Beaudet, and Nguyen Duy Bao. "Childhood Lead Exposure from Battery Recycling in Vietnam." (*BioMed research international*, 2015). DOI: 10.1155/2015/193715
- Caravanos, Jack, Jonathan Carrelli, Russell Dowling, Brian Pavilonis, Bret Ericson, and Richard Fuller. "Burden of Disease Resulting from Lead Exposure at Toxic Waste Sites in Argentina, Mexico and Uruguay." (*Environmental Health* 15, no. 1, 2016): 72. DOI: 10.1186/s12940-016-0151-y
- Ericson, Bret, Phillip Landigan, Mark Patrick Taylor, Joseph Frostad, Jack Caravanos, John Keith, and Richard Fuller. "The Global Burden of Lead Toxicity Attributable to Informal Used Lead-Acid Battery Sites." (*Annals of Global Health* 82, no. 5, 2016): 686-699. DOI: 10.1016/j.aogh.2016.10.015
- Haefliger, Pascal, Monique Mathieu-Nolf, Stephanie Lociciro, Cheikh Ndiaye, Malang Coly, Amadou Diouf, Absa Lam Faye et al. "Mass Lead Intoxication from Informal Used Lead-Acid Battery Recycling in Dakar, Senegal." (*Environmental Health Perspectives* 117, no. 10, 2009): 1535-1540. DOI: 10.1289/ehp.0900696
- Haryanto, Budi. "Lead Exposure from Battery Recycling in Indonesia." (Reviews on environmental health 31, no. 1, 2016): 13-16. DOI: 10.1515/reveh-2015-0035
- World Health Organization.. "Recycling used lead-acid batteries: Health considerations" (2017). <https://www.who.int/ipcs/publications/ulab/en/>
14. International Lead Association. "Lead recycling fact sheet." (2015) https://www.ila-lead.org/UserFiles/File/ILA9927%20FS_Recycling_V08.pdf
15. Bret Ericson. "Lead (Pb) Contamination in Low- and Middle-Income Countries: Exposures, Outcomes and Mitigation." (Presented for Degree in Doctor of Philosophy, Macquarie University, 2019).
16. International Lead Association. "Lead recycling fact sheet." (2015) https://www.ila-lead.org/UserFiles/File/ILA9927%20FS_Recycling_V08.pdf
17. International Lead Association. "Lead recycling fact sheet." (2015) https://www.ila-lead.org/UserFiles/File/ILA9927%20FS_Recycling_V08.pdf
18. International Lead Association. "Lead Recycling: Sustainability in Action" (Lead Action 21, 2014). https://www.ila-lead.org/UserFiles/File/ILA9927%20FS_Recycling_V06.pdf
19. Ericson, Bret, Phillip Landigan, Mark Patrick Taylor, Joseph Frostad, Jack Caravanos, John Keith, and Richard Fuller. "The Global Burden of Lead Toxicity Attributable to Informal Used Lead-Acid Battery Sites." (*Annals of Global Health* 82, no. 5, 2016): 686-699. DOI: 10.1016/j.aogh.2016.10.015
20. World Health Organization.. "Recycling used lead-acid batteries: Health considerations" (2017) . <https://www.who.int/ipcs/publications/ulab/en/>
21. Estrada-Sánchez, D., Ericson, B., Juarez-Perez, C.A., Aguilar-Madrid, G., Hernandez, L., Gualtero, S., Caravanos, J. "Intelligence Quotient Loss in the Children of Mexican Ceramicists." (*Revista Medica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 2017). 55 (3), 292-299. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenl.cgi?IDARTICULO=72973>.
- Téllez-Rojo, Martha María, Luis F. Bautista-Arredondo, Belem Trejo-Valdivia, Alejandra Cantoral, Daniel Estrada-Sánchez, Rubén Kraiem, Ivan Pantic et al. "Reporte Nacional de Niveles de Plomo en Sangre y Uso de Barro Vidriado en Población Infantil Vulnerable." (*Salud Pública de México* 61, no. 6, nov-dic, 2019): 787-797. DOI: <http://dx.doi.org/10.21149/10555>
- Forsyth, Jenna E., Syeda Nurunnahar, Sheikh Shariful Islam, Musa Baker, Dalia Yeasmin, M. Saiful Islam, Mahbubur Rahman et al. "Turmeric means "yellow" in Bengali: Lead chromate pigments added to turmeric threaten public health across Bangladesh." (*Environmental research* 179, 2019): 108722; DOI: 10.1016/j.envres.2019.108722
- Caravanos, Jack, Russell Dowling, Martha María Téllez-Rojo, Alejandra Cantoral, Roni Kobrosly, Daniel Estrada, Manuela Orjuela et al. "Blood Lead Levels in Mexico and Pediatric Burden of Disease Implications." (*Annals of global health* 80, no. 4, 2014): 269-277. DOI: 10.1016/j.aogh.2014.08.002
22. Forsyth, Jenna E., Syeda Nurunnahar, Sheikh Shariful Islam, Musa Baker, Dalia Yeasmin, M. Saiful Islam, Mahbubur Rahman et al. "Turmeric means "yellow"

- in Bengali: Lead chromate pigments added to turmeric threaten public health across Bangladesh." (*Environmental research* 179, 2019): 108722. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108722
23. Elise Gould. "Childhood Lead Poisoning: Conservative Estimates of the Social and Economic Benefits of Lead Hazard Control." (*Environmental health perspectives* 117, no. 7, 2009): 1162-1167 DOI: 10.1289/ehp.0800408
 24. Kordas K, Ravenscroft J, Cao Y, McLean EV. Lead Exposure in Low and Middle-Income Countries: Perspectives and Lessons on Patterns, Injustices, Economics, and Politics. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(11):2351. Published 2018 Oct 24. doi:10.3390/ijerph15112351
 25. United Nations Environmental Programme.. "Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-Acid Batteries." (Basel Convention, 2003). ISSN : 1020-8364. <http://archive.basel.int/pub/techguid/tech-wasteacid.pdf>
 26. Elise Gould. "Childhood Lead Poisoning: Conservative Estimates of the Social and Economic Benefits of Lead Hazard Control." (*Environmental health perspectives* 117, no. 7, 2009): 1162-1167 DOI: 10.1289/ehp.0800408

1. DAMPAK NEGATIF TIMBAL PADA ANAK-ANAK

1. The World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.CDRT.IN> (Accessed June 23rd, 2020)
Obtained from The Global Burden of Disease dataset for 2019. Institute of Health Metrics and Evaluation, Department of Health Metrics Sciences, University of Washington. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>
Personal communication, Professor Michael Brauer, Institute for Health Metrics and Evaluation, Department of Health Metrics Sciences, University of Washington.
2. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME).. GBD 2017 Results Tool | GHDX. (2018) <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>
Adams, John. *Environmental health in emergencies and disasters: a practical guide.* (World health organization, 2002). https://www.who.int/water_sanitation_health/emergencies/emergencies2002/en/
3. World Health Organization.. "Lead Poisoning and Health." (2019). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
Budtz-Jørgensen, Esben, David Bellinger, Bruce Lanphear, Philippe Grandjean, and International Pooled Lead Study Investigators. "An International Pooled Analysis for Obtaining a Benchmark Dose for Environmental Lead Exposure in Children." (Risk

- Analysis 33, no. 3, 2013): 450-461. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2012.01882.x
- Mielke, Howard W., and Sammy Zahran. "The Urban Rise and Fall of Air Lead (Pb) and the Latent Surge and Retreat of Societal Violence." (*Environment international* 43, 2012): 48-55. DOI: 10.1016/j.envint.2012.03.005
- Nevin, Rick. "Understanding International Crime Trends: the Legacy of Preschool Lead Exposure." (*Environmental research* 104, no. 3, 2007): 315-336. DOI: 10.1016/j.envres.2007.02.008
- Wright, John Paul, Kim N. Dietrich, M. Douglas Ris, Richard W. Hornung, Stephanie D. Wessel, Bruce P. Lanphear, Mona Ho, and Mary N. Rae. "Association of Prenatal and Childhood Blood Lead Concentrations with Criminal Arrests in Early Adulthood." (*PLoS Med* 5, no. 5, 2008): e101. DOI: 10.1371/journal.pmed.0050101
4. Riva, Michele Augusto, Alessandra Lafranconi, Marco Italo D'orso, and Giancarlo Cesana. "Lead poisoning: historical aspects of a paradigmatic "occupational and environmental disease"" Safety and Health at Work 3, no. 1 (2012): 11-16. DOI: 10.5491/SHAW.2012.3.1.11
- Rosner, David, and Gerald Markowitz. "A 'Gift of God'?: The Public Health Controversy over Leaded Gasoline During the 1920s." (*American Journal of Public Health* 75, no. 4, 1985): 344-352. DOI: 10.2105/ajph.75.4.344
5. Abadin H, Ashizawa A, Stevens YW, Llados F, Diamond G, Sage G, Citra M, Quinones A, Bosch SJ, Swarts SG. "Toxicological Profile for Lead." (Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US), 2007) Aug. PMID: 24049859.
USEPA. "Protect Your Family from Exposures to Lead." <https://www.epa.gov/lead/protect-your-family-exposures-lead#products> (Accessed June 23rd, 2020)
6. Tchounwou, Paul B., Clement G. Yedjou, Anita K. Patlolla, and Dwayne J. Sutton. "Heavy Metal Toxicity and the Environment." (*Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 2012).. pp. 133-164. Springer, Basel. DOI: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Flora, Swaran JS, Govinder Flora, and Geetu Saxena. "Environmental Occurrence, Health Effects and Management of Lead Poisoning." (*Lead*, pp. 158-228, 2006). DOI: 10.1016/B978-044452945-9/50004-X
7. Godwin, Hilary Arnold. "The Biological Chemistry of Lead." (*Current Opinion in Chemical Biology* 5, no. 2, 2001): 223-227. DOI: 10.1016/S1367-5931(00)00194-0
8. World Health Organization. "Lead Poisoning and Health." (2019) <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
9. World Health Organization. "Lead Poisoning and Health." (2019) <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
10. World Health Organization. " Childhood Lead Poisoning." (2010). <https://www.who.int/ceh/publications/childhoodpoisoning/en/>

11. US Department of Health and Human Services. "ATSDR Case Studies in Environmental Medicine: Lead Toxicity". (Environmental Health and Medicine Education, 2000). <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=34&po=7>
12. World Health Organization. "Exposure to Lead: A Major Public Health Concern". <https://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>
13. US Environmental Protection Agency. "Child-Specific Exposure Factors Handbook." (2008): 679. <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=55145>
14. World Health Organization. "Exposure to Lead: A Major Public Health Concern." (2010). <https://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>
15. Center on the Developing Child. "Key Concepts: Brain architecture." (Harvard University) <http://developingchild.harvard.edu/science/key-concepts/brain-architecture> (Accessed June 23rd, 2020).
16. World Health Organization.. "Lead Poisoning and Health." (2019). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>. Budtz-Jørgensen, Esben, David Bellinger, Bruce Lanphear, Philippe Grandjean, and International Pooled Lead Study Investigators. "An International Pooled Analysis for Obtaining a Benchmark Dose for Environmental Lead Exposure in Children." (*Risk Analysis* 33, no. 3, 2013): 450-461. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2012.01882.x
Mielke, Howard W., and Sammy Zahran. "The Urban Rise and Fall of Air Lead (Pb) and the Latent Surge and Retreat of Societal Violence." (*Environment international* 43, 2012): 48-55. DOI: 10.1016/j.envint.2012.03.005
Nevin, Rick. "Understanding International Crime Trends: the Legacy of Preschool Lead Exposure." (*Environmental research* 104, no. 3, 2007): 315-336. DOI: 10.1016/j.envres.2007.02.008
Wright, John Paul, Kim N. Dietrich, M. Douglas Ris, Richard W. Hornung, Stephanie D. Wessel, Bruce P. Lanphear, Mona Ho, and Mary N. Rae. "Association of Prenatal and Childhood Blood Lead Concentrations with Criminal Arrests in Early Adulthood." (*PLoS Med* 5, no. 5, 2008): e101. DOI: 10.1371/journal.pmed.0050101
17. Centers for Disease Control and Prevention. "At-Risk Populations." <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/populations.htm> (Accessed June 23rd, 2020).
18. Diana Ceballos and Marcy Franck. "Are You Bringing Toxic Chemicals Home from Work?" (Hoffman Program on Chemicals and Health. Harvard T.H. Chan School of Public Health.) <https://sites.sph.harvard.edu/hoffman-program/2015/12/07/are-you-bringing-toxic-chemicals-home-from-work/> (Accessed June 23rd, 2020).
19. Tara E. Ness and Brianne H. Rowan. "Lead Poisoning: How What We Don't Know Is Hurting America's Children." (*Harvard Public Health Review*, 2016) p11. <http://harvardpublichealthreview.org/lead-poisoning/>
20. Patrick, Lyn. "Lead Toxicity, a Review of the Literature. Part I: Exposure, Evaluation, and Treatment." (*Alternative medicine review* 11, no. 1, 2006). PMID: 16597190
Cunningham, Eleese. "What Role Does Nutrition Play in the Prevention or Treatment of Childhood Lead Poisoning?." (*Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 112, no. 11, 2012): 1916. DOI: 10.1016/j.jand.2012.09.003
Mahaffey KR. "Nutrition and Lead: Strategies for Public Health. (*Environmental Health Perspectives*, 103 (Suppl. 6):191-196, 1995). DOI: 10.1289/ehp.95103s6191
21. ATSDR, "Toxicological profile for lead: Heath Effects." (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Public Health Service, 2007), U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13-c2.pdf>
22. ATSDR, "Toxicological profile for lead: Heath Effects." (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Public Health Service, 2007), U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13-c2.pdf>
Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). "Case Studies in Environmental Medicine - Lead Toxicity." (1992). https://www.atsdr.cdc.gov/csem/lead/docs/CSEM-Lead_toxicity_508.pdf
US Environmental Protection Agency. "National Air Toxics Assessment: 2014 NATA: Assessment Results: Pollutant Specific Results: Lead" (2014). <https://www.epa.gov/national-air-toxics-assessment/2014-nata-assessment-results>
Kaul B, Sandhu RS, Depratt C, Reyes F. "Follow-up Screening of Lead-Poisoned Children Near an Auto Battery Recycling Plant, Haina, Dominican Republic." (*Environment Health Perspective*, 1999);107(11):917-920. DOI: 10.1289/ehp.99107917 Litvak P, Slavkovich V, Liu X, Popovac D, Preteni E, Capuni-Paracka S, Hadzialjevic S, Lekic V, Lolacono N, Kline J, Graziano J. "Hyperproduction of Erythropoietin in Nonanemic Lead-Exposed Children." (*Environment Health Perspective*, 1998). 106(6):361-364. DOI: 10.1289/ehp.98106361
Amodio-Cocchieri R, Arnese A, Prospero E, Roncioni A, Barulfo L, Ulluci R, Romano V. "Lead in Human Blood from Children Living in Campania, Italy." (*J Toxicol Environ Health.* 1996): 47:311-320. DOI: 10.1080/009841096161663
Hertz-Pannier I. "The Evidence that Lead Increases the Risk for Spontaneous Abortion." (*Am J Ind Med*, 2000) ;38:300-309. DOI: 10.1002/1097-0274(200009)38:3<300::AID-AJIM9>3.0.CO;2-C
Apostoli P, Kiss P, Stefano P, Bonde JP, Vanhoorne M. "Male Reproduction Toxicity of Lead in Animals and Humans." (*Occup Environ Med*, 1998): 55:364-374. DOI: 10.1136/oem.55.6.364
23. World Health Organization. "Exposure to Lead: A Major Public Health Concern." (2010) <https://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>

24. World Health Organization. "Exposure to Lead: A Major Public Health Concern." (2010) <https://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>
25. World Health Organization. "Exposure to Lead: A Major Public Health Concern." (2010) <https://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>
26. American Association of Pediatrics. "Lead Exposure in Children." <https://www.aap.org/en-us/advocacy-and-policy/aap-health-initiatives/lead-exposure/Pages/Lead-Exposure-in-Children.aspx> (Accessed June 19th, 2020).
27. Centers for Disease Control and Prevention. "Lead FAQs." <https://www.cdc.gov/nceh/lead/faqs/lead-faqs.htm> (Accessed June 23rd, 2020)
28. World Health Organization. "Exposure to Lead: A Major Public Health Concern." (2010). <https://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>
29. Centers for Disease Control and Prevention. "Lead FAQs." <https://www.cdc.gov/nceh/lead/faqs/lead-faqs.htm> (Accessed June 23rd, 2020)
30. World Health Organization. "Lead Poisoning and Health." <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
31. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare - Data Visualizations. (2019). <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>.
32. Stanaway, Jeffrey D., Ashkan Afshin, Emmanuela Gakidou, Stephen S. Lim, Degu Abate, Kalkidan Hassen Abate, Cristiana Abbafati et al. "Global, Regional, and National Comparative Risk Assessment of 84 Behavioural, Environmental and Occupational, and Metabolic Risks or Clusters of Risks for 195 Countries and Territories, 1990–2017: a Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017." (*The Lancet* 392, no. 10159, 2018): 1923-1994. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32225-6
33. Stanaway, Jeffrey D., Ashkan Afshin, Emmanuela Gakidou, Stephen S. Lim, Degu Abate, Kalkidan Hassen Abate, Cristiana Abbafati et al. "Global, Regional, and National Comparative Risk Assessment of 84 Behavioural, Environmental and Occupational, and Metabolic Risks or Clusters of Risks for 195 Countries and Territories, 1990–2017: a Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017." (*The Lancet* 392, no. 10159, 2018): 1923-1994. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32225-6
34. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare - Data Visualizations. (2018). <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>.
35. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare - Data Visualizations. (2018). <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>.
36. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare - Data Visualizations. (2018). <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>.
37. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare - Data Visualizations. (2018). <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>.
38. World Health Organization. "Exposure to Lead: A Major Public Health Concern." (2010). <https://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>
39. Landrigan, Philip J., Richard Fuller, Nereus JR Acosta, Olusoji Adeyi, Robert Arnold, Abdoulaye Bibi Baldé, Roberto Bertollini et al. "The Lancet Commission on Pollution and Health." (*The Lancet* 391, no. 10119, 2018): 462-512, p. 17, #37]. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32345-0
40. Lanphear BP, Dietrich K, Auinger P, Cox C. "Cognitive Deficits Associated with Blood Lead Concentrations <10 microg/dL in US Children and Adolescents. (*Public Health Rep.* 2000). 115(6):521-529. doi:10.1093/phr/115.6.521
- Lanphear B, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger D, Canfield R, Dietrich K, Bornschein R, Greene T, Rothenberg S, Needleman H, Schnaas L, Wasserman G, Graziano J, Roberts R. "Low-Level Environmental Lead Exposure and Children's Intellectual Function: An International Pooled Analysis." (*Environmental Health Perspectives*, 2005). 113:7 CID: <https://doi.org/10.1289/ehp.7688>
41. Ericson, Bret, Russell Dowling, Subhojit Dey, Jack Caravanos, Navya Mishra, Samantha Fisher, Myla Ramirez et al. "A Meta-Analysis of Blood Lead Levels in India and the Attributable Burden of Disease." (*Environment international* 12,1 2018): 461-470. DOI: 10.1016/j.envint.2018.08.047
42. Ericson, Bret, Russell Dowling, Subhojit Dey, Jack Caravanos, Navya Mishra, Samantha Fisher, Myla Ramirez et al. "A Meta-Analysis of Blood Lead Levels in India and the Attributable Burden of Disease." (*Environment international* 12,1 2018): 461-470. DOI: 10.1016/j.envint.2018.08.047
43. World Health Organization. "Childhood Lead Poisoning." (2010). https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/136571/9789241500333_eng.pdf?sequence=1
44. World Health Organization. "Childhood Lead Poisoning." (2010). https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/136571/9789241500333_eng.pdf?sequence=1 Lanphear B, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger D, Canfield R, Dietrich K, Bornschein R, Greene T, Rothenberg S, Needleman H, Schnaas L, Wasserman G, Graziano J, Roberts R. "Low-Level Environmental Lead Exposure and Children's Intellectual Function: An International Pooled Analysis." (*Environmental Health Perspectives*, 2005). 113:7. DOI: 10.1289/ehp.7688
45. Rossi, Enrico. "Low level environmental lead exposure—a continuing challenge." The Clinical biochemist. Reviews no. 29,2 (2008): 63-70. PMC2533151. PMID: 18787644
46. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare - Data Visualizations. (2018). <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>.
47. Needleman, Herbert L., Alan Schell, David Bellinger, Alan Leviton, and Elizabeth N. Allred. "The Long-Term Effects of Exposure to Low Doses of Lead in Childhood: An

- 11-year Follow-Up Report." (*New England journal of medicine* 322, no. 2, 1990): 83-88. DOI: 10.1056/NEJM199001113220203.
- Bellinger, David C., Karen M. Stiles, and Herbert L. Needleman. "Low-Level Lead Exposure, Intelligence and Academic Achievement: A Long-term." (*Pediatrics* 90, no. 6, 1992): 855.
48. Rogan, Walter J., Kim N. Dietrich, James H. Ware, Douglas W. Dockery, Mikhail Salganik, Jerilynn Radcliffe, Robert L. Jones, N. Beth Ragan, J. Julian Chisolm Jr, and George G. Rhoads. "The Effect of Chelation Therapy with Succimer on Neuropsychological Development in Children Exposed to Lead." (*New England Journal of Medicine* 344, no. 19, 2001): 1421-1426.
- World Health Organization. "Exposure to Lead: A Major Public Health Concern." (2010). <https://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>
- Rogan WJ, Dietrich KN, Ware JH, Dockery DW, Salganik M, Radcliffe J, Jones RL, Ragan NB, Chisolm JJ Jr, Rhoads GG; Treatment of Lead-Exposed Children Trial Group. The effect of chelation therapy with succimer on neuropsychological development in children exposed to lead. *N Engl J Med.* 2001 May 10;344(19):1421-6. doi: 10.1056/NEJM200105103441902. PMID: 11346806.
49. American Association of Pediatrics. "Lead Exposure in Children." <https://www.aap.org/en-us/advocacy-and-policy/aap-health-initiatives/lead-exposure/Pages/Lead-Exposure-in-Children.aspx> (Accessed June 23, 2020).
50. IARC (2006). *Summaries & evaluations: Inorganic and organic lead compounds*. Lyon, International Agency for Research on Cancer (IARC Monographs for the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 87; <http://www.inchem.org/documents/iarcl/vol87/volume87.pdf>
51. Forelock TE, Lanphear BP, Auinger P et al. The association of tobacco and lead exposure with attention-deficit/hyperactivity disorder in a national sample of US children. *Pediatrics* 2009; 124 (6):e1054-e1063. DOI: 10.1542/peds.2009-0738
52. Byers RK. "Lead poisoning: review of the literature and report on 45 cases." (*Pediatrics* 23, no.3, 1959):585–603. DOI: 10.1542/peds.2009-0738
- Needleman, Herbert L., Christine McFarland, Roberta B. Ness, Stephen E. Fienberg, and Michael J. Tobin. "Bone Lead Levels in Adjudicated Delinquents: a Case Control Study." (*Neurotoxicology and teratology* 24, no. 6 , 2002): 711-717. DOI: 10.1016/s0892-0362(02)00269-6
53. Colborn, Theo, Dianne Dumanoski, and John Peterson Myers. "Our Stolen Future: Are We Threatening Our Fertility, Intelligence and Survival?—a Scientific Detective Story." (1996). ISBN-10: 0452274141
54. The World Health Organization and the Lead Paint Alliance. "Health Hazards of Lead." (Originally presented at the Global Alliance to Eliminate Lead Paint Workshop on Establishing Legal Limits on Lead in Paint, 22 – 23, September 2014, New Delhi, India. Updated and expanded for inclusion in the Lead Paint Alliance "Toolkit" for Governments. April 2015) <https://web.unep.org/sites/all/themes/noleadpaint/docs/Module%20Bi%20Health%20Impacts%20FINAL.pdf>
55. World Health Organization. Recycling used lead-acid batteries: Health considerations. (2017). <https://www.who.int/ipcs/publications/ulab/en/>
- Stretesky, Paul B., and Michael J. Lynch. "The Relationship Between Lead and Crime." (*Journal of Health and Social Behavior* 45, no. 2, 2004): 214-229. DOI: 10.1177/002214650404500207
- Nevin, Rick. "Understanding International Crime Trends: the Legacy of Preschool Lead Exposure." (*Environmental research* 104, no. 3, 2007): 315-336. DOI: 10.1016/j.envres.2007.02.008
- Marcus, David K., Jessica J. Fulton, and Erin J. Clarke. "Lead and Conduct Problems: a Meta-Analysis." (*Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology* 39, no. 2, 2010): 234-241. DOI: 10.1080/15374411003591455
- Wright, John Paul, Kim N. Dietrich, M. Douglas Ris, Richard W. Hornung, Stephanie D. Wessel, Bruce P. Lanphear, Mona Ho, and Mary N. Rae. "Association of Prenatal and Childhood Blood Lead Concentrations with Criminal Arrests in early Adulthood." (*PLoS medicine* 5, no. 5, 2008). DOI: 10.1371/journal.pmed.0050101
56. DBeckley, A. L., Caspi, A., Broadbent, J., Harrington, H., Houts, R. M., Poulton, R., Ramrakha, S., Reuben, A., & Moffitt, T. E.. "Association of Childhood Blood Lead Levels With Criminal Offending." (*JAMA pediatrics*, 172, no 2, 2018) 166–173. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.4005> doi:10.1001/jamapediatrics.2017.4005
57. Mielke, Howard W., and Sammy Zahran. "The Urban Rise and Fall of Air Lead (Pb) and the Latent Surge and Retreat of Societal Violence." (*Environment international* 43, 2012): 48-55. DOI: 10.1016/j.envint.2012.03.005
- Nevin, Rick. "Understanding International Crime Trends: the Legacy of Preschool Lead Exposure." (*Environmental research* 104, no. 3, 2007): 315-336. DOI: 10.1016/j.envres.2007.02.008
58. Aizer, Anna, and Janet Currie. "Lead and Juvenile Delinquency: New evidence from Linked Birth, School, and Juvenile Detention Records." (*Review of Economics and Statistics* 101, no. 4, 2019): 575-587. DOI: 10.1162/rest_a_00814
59. Needleman, Herbert L., Julie A. Riess, Michael J. Tobin, Gretchen E. Biesecker, and Joel B. Greenhouse. "Bone Lead Levels and Delinquent Behavior." (*JAMA* 275, no. 5, 1996): 363-369. PMID: 8569015
60. Nevin, Rick. "Trends in Preschool Lead Exposure, Mental Retardation, and Scholastic

- Achievement: Association or Causation?" (*Environmental Research* 109, no. 3, 2009): 301-310. DOI: 10.1016/j.envres.2008.12.003
61. Nevin, Rick. "Understanding International Crime Trends: The Legacy of Preschool Lead Exposure." (*Environmental Research* 104, no. 3, 2007): 315-336. DOI: 10.1016/j.envres.2008.12.003
 62. Aizer, Anna, and Janet Currie. "Lead and Juvenile Delinquency: New Evidence from Linked Birth, School, and Juvenile Detention Records." (*Review of Economics and Statistics* 101, no. 4, 2019): 575-587. DOI: 10.1162/rest_a_00814
 63. Brain Injury Association of America. "Chronic Lead Exposure: A Non-Traumatic Brain Injury." (2017). <https://www.biausa.org/public-affairs/public-awareness/news/chronic-lead-exposure-a-non-traumatic-brain-injury>

Patrick, Lyn. "Lead Toxicity, a Review of the Literature. Part I: Exposure, Evaluation, and Treatment." (*Alternative medicine review* 11, no. 1, 2006). PMID: 16597190

Cunningham, Eleese. "What Role Does Nutrition Play in the Prevention or Treatment of Childhood Lead Poisoning?." (*Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 112, no. 11, 2012): 1916. DOI: 10.1016/j.jand.2012.09.003

 64. Lidsky, T. I., and J. S. Schneider. "Adverse Effects of Childhood Lead Poisoning: The Clinical Neuropsychological Perspective." (*Environmental research* 100, no. 2, 2006): 284-293. DOI: 10.1016/j.envres.2005.03.002
 65. World Health Organization. "Recycling used lead-acid batteries: Health considerations." (2017). <https://www.who.int/ipcs/publications/ulab/en/>

World Health Organization. "Childhood lead poisoning." (2010). https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/136571/9789241500333_eng.pdf?sequence=1

 66. U.S. Centers for Disease Control and Prevention. "Childhood Lead Poisoning Prevention: Blood Lead Levels in Children" https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/blood-lead-levels.htm?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fnceh%2Flead%2Facclpp%2Fblood_lead_levels.htm (Accessed June 23rd, 2020)
 67. Centers for Disease Control and Prevention. "Low Level Lead Exposure Harms Children: a Renewed Call for Primary Prevention." (US Department of Health & Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention, 2012) https://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/final_document_030712.pdf
 68. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). "Toxicological Profile for Lead." (Public Health Service. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, 1999).
 69. Goldstein, Gary William. "Evidence that Lead Acts as a Calcium Substitute in Second Messenger Metabolism." (*Neurotoxicology* 14, no. 2-3, 1993): 97-101. PMID: 8247416
 70. Simons, T. J. "Lead-Calcium Interactions in Cellular Lead Toxicity." (*Neurotoxicology* 14, no. 2-3, 1993): 77-85. PMID: 8247414

Rudolph, A. M.; Rudolph, C. D.; Hostetter, M. K.; et al. "Lead". (*Rudolph's Pediatrics* (21st ed.). McGraw-Hill Professional, 2003). p. 369. ISBN 978-0-8385-8285-5. ISBN-10: 1259588599

Tchounwou, Paul B., Clement G. Yedjou, Anita K. Patlolla, and Dwayne J. Sutton. "Heavy Metal Toxicity and the Environment." (*In Molecular, clinical and environmental toxicology*, 2012) pp. 133-164. Springer, Basel. doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6

Vijverberg HPM, Oortgiesen M, Leinders T, van Kleef RGDM. "Metal Interactions with Voltage- and Receptor-Activated Ion Channels." (*Environ Health Perspect*, 1994);102(3):153–158. DOI: 10.1289/ehp.94102s3153

Goldstein, Gary William. "Evidence that Lead Acts as a Calcium Substitute in Second Messenger Metabolism." (*Neurotoxicology* 14, no. 2-3, 1993): 97-101. PMID: 8247416

Schanne FA, Long GJ, Rosen JF. "Lead Induced Rise in Intracellular Free Calcium is Mediated through Activation of Protein Kinase C in Osteoblastic Bone Cells." (*Biochim Biophys Acta*, 1997) 1360(3):247–254. DOI: 10.1016/s0925-4439(97)00006-9

 71. Centers for Disease Control and Prevention CDC. "Managing Elevated Blood Lead Levels Among Young Children: Recommendations From the Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention." (2001)

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). "Toxicological Profile for Lead." (Public Health Service. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, 1999).

 72. American Association of Pediatrics. "Lead Exposure in Children." <https://www.aap.org/en-us/advocacy-and-policy/aap-health-initiatives/lead-exposure/Pages/Lead-Exposure-in-Children.aspx> (Accessed June 23rd, 2020)
 73. Pure Earth. Angela Bernhardt on-site interviews. November 2019.
 74. Pure Earth. Angela Bernhardt on-site interviews. November 2019. With video and transcript.
 75. Andrew McCarter. "Project Completion Report: Reducing Lead Poisoning Among Children in Kathgora, Bangladesh." (PureEarth, 2019) https://www.pureearth.org/wp-content/uploads/2019/10/PCR-Report_Kathgora.pdf
 76. Pure Earth. Angela Bernhardt on-site interviews. November 2019.
 77. Pure Earth. Angela Bernhardt on-site interviews. November 2019.
 78. Pure Earth. Angela Bernhardt on-site interviews. November 2019.
 79. Pure Earth. "Children's Lead Levels Fall 42% Following Cleanup in Kathgora, Bangladesh." (2019). <https://www.pureearth.org/blog/childrens-lead-levels-fall-in->

- kathgora-bangladesh/
80. Pure Earth. "Children's Lead Levels Fall 42% Following Cleanup in Kathgora, Bangladesh." (2019). <https://www.pureearth.org/blog/childrens-lead-levels-fall-in-kathgora-bangladesh/>
 81. Angela Bernhardt interview for parents' comments and BLLs. November 2019.
 82. Pure Earth. Angela Bernhardt on-site interviews. November 2019.
 83. Pure Earth. "Children's Lead Levels Fall 42% Following Cleanup in Kathgora, Bangladesh." (2019). <https://www.pureearth.org/blog/childrens-lead-levels-fall-in-kathgora-bangladesh/>
 84. Pure Earth. "Children's Lead Levels Fall 42% Following Cleanup in Kathgora, Bangladesh." (2019). <https://www.pureearth.org/blog/childrens-lead-levels-fall-in-kathgora-bangladesh/>
 85. Angela Bernhardt interview for parents' comments and BLLs. November 2019.
 86. The World Bank. "Enhancing Opportunities for Clean and Resilient Growth in Urban Bangladesh, Country Environmental Analysis." (2018). <http://documents.worldbank.org/curated/en/585301536851966118/Enhancing-Opportunities-for-Clean-and-Resilient-Growth-in-Urban-Bangladesh-Country-Environmental-Analysis-2018>
 87. Andrew McCartor. "Toxic Sites Identification Program in Bangladesh. Summary of Sites Assessed." (PureEarth, 2018). <https://www.pureearth.org/wp-content/uploads/2018/12/Bangladesh-TSIP-Report-UNIDO.pdf>
 88. The World Bank. "Enhancing Opportunities for Clean and Resilient Growth in Urban Bangladesh, Country Environmental Analysis." (2018). <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2018/09/16/clean-and-resilient-growth-in-bangladesh>
to download full report: <http://documents.worldbank.org/curated/en/585301536851966118/Enhancing-Opportunities-for-Clean-and-Resilient-Growth-in-Urban-Bangladesh-Country-Environmental-Analysis-2018>
 89. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare. Seattle, WA: IHME, University of Washington, 2017. <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>. (Accessed June 23rd, 2020)
 90. NYU Langone. "Economic Costs of Childhood Lead Exposure in Low- & Middle-Income Countries" <https://med.nyu.edu/departments-institutes/pediatrics/divisions/environmental-pediatrics/research/policy-initiatives/economic-costs-childhood-lead-exposure-low-middle-income-countries>. (Accessed June 23rd, 2020)
 91. Mahaffey KR. "Nutrition and Lead: Strategies for Public Health." (*Environmental Health Perspectives*, 103(Suppl. 6):191–196, 1995). doi: 10.1289/ehp.95103s6191
 92. World Health Organization. "Childhood Lead Poisoning." (2010) <https://www.who.int/ceh/publications/leadguidance.pdf> (Accessed July 8, 2020)
 93. Rogan, Walter J., Kim N. Dietrich, James H. Ware, Douglas W. Dockery, Mikhail Salganik, Jerilynn Radcliffe, Robert L. Jones, N. Beth Ragan, J. Julian Chisolm Jr, and George G. Rhoads. "The Effect of Chelation Therapy with Succimer on Neuropsychological Development in Children exposed to lead." *New England Journal of Medicine* 344, no. 19 (2001): 1421-1426. doi: 10.1056/NEJM200105103441902
 94. Centers for Disease Control and Prevention. "5 Things you Can do to Help Lower your Child's Lead Levels." <https://www.cdc.gov/nceh/lead/tools/5things.pdf>. (Accessed June 23rd, 2020)
 95. Centers for Disease Control and Prevention. "Educational Interventions for Children Affected by Lead." (2015). https://www.cdc.gov/nceh/lead/publications/educational_interventions_children_affected_by_lead.pdf

2. KORBAN YANG BERJATUHAN

1. World Health Organization. "Childhood Lead Poisoning." (2010). <https://www.who.int/ceh/publications/leadguidance.pdf>
2. Andreas Manhart, Tadesse Amera, Gilbert Kuepouo, Diana Mathai, Silvani Mng'anya, Tobias Schleicher. "The Deadly Business: Findings from the Lead Recycling Africa Project." (Oeko-Institut e.V, 2016) <https://www.oeko.de/oekodoc/2549/2016-076-de.pdf>.
3. The Global Burden of Disease dataset for 2019. Institute of Health Metrics and Evaluation, Department of Health Metrics Sciences, University of Washington. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>
Personal communication, Professor Michael Brauer, Institute for Health Metrics and Evaluation, Department of Health Metrics Sciences, University of Washington.
4. Ericson B, Hu H, Nash E, Ferraro G, Sinitsky J, Taylor MP. "Blood Lead Level Estimates for Low- and Middle-Income Countries." Accepted for presentation at the August, 2020 Annual Meeting of the International Society for Environmental Epidemiology; abstract in press in *Environmental Health Perspectives*; manuscript under review in *Lancet Global Planetary Health*.
5. The Global Burden of Disease dataset for 2019. Institute of Health Metrics and Evaluation, Department of Health Metrics Sciences, University of Washington. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>
Personal communication, Professor Michael Brauer, Institute for Health Metrics and Evaluation, Department of Health Metrics Sciences, University of Washington.
6. The Global Burden of Disease dataset for 2019. Institute of Health Metrics and Evaluation, Department of Health Metrics Sciences, University of Washington. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>

[ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool](http://hdl.handle.net/10625/136571)

7. Perry Gottesfeld. "The Environmental And Health Impacts Of Lead Battery Recycling." (*Occupational Knowledge International*, 2016).
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/13943/1_ECOWAS%20lead%20background%202016.pdf

3. SUMBER PAPARAN TIMBAL

1. World Health Organization. "Childhood Lead Poisoning." (2010) https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10625/136571/9789241500333_eng.pdf?sequence=1
2. Alloway, Brian J. "Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils." (*Heavy metals in soils*, 2013). pp. 11-50. Springer, Dordrecht. DOI: 10.5402/2011/402647
Smith, David B. Cannon, William F. Woodruff, Laurel G. Solano, Federico Ellefson, and J. Karl. "Geochemical and Mineralogical Maps for Soils of the Conterminous United States." (US Geological Survey, 2014). DOI: 10.3133/ofr20141082. <https://mrdata.usgs.gov/metadata/ofr-2014-1082.html>
Canadian Council of Ministers of the Environment. "Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health - Lead." (Hull, QC, 1999). <http://cegg-rcae.ccmc.ca/download/en/269>
US Environmental Protection Agency (USEPA). "40 CFR Part 745. Lead: Identification of Dangerous Levels of Lead." (Fed. Regist. 4, no. 66, 2001): 1206-1240. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1998-06-03/pdf/98-14736.pdf>
3. Flegal, Russell, and Donald Smith. "Lead Levels in Preindustrial Humans." (*The New England Journal of Medicine* 326, no. 19, 1992): 1293-1294. DOI: 10.1056/NEJM199205073261916
4. World Health Organization. "Childhood Lead Poisoning." (2010). <https://www.who.int/ceh/publications/leadguidance.pdf>
5. International Lead Association. "Lead Recycling." <https://www.ila-lead.org/lead-facts/lead-recycling> (Accessed July 8th, 2020).
6. World Health Organization. (2017). "Recycling Used Lead-Acid Batteries: Health Considerations." <https://www.who.int/ipcs/publications/ulab/en/>
7. World Health Organization. (2017). "Recycling Used Lead-Acid Batteries: Health Considerations." <https://www.who.int/ipcs/publications/ulab/en/>
8. International Monetary Fund. "IMF DATA: Access to Macroeconomic & Financial Data. Primary Commodity Price System." <https://data.imf.org/?sk=471DDDF8-D8A7-499A-81BA-5B332C01F8B9> (Accessed June 23rd, 2020)
9. Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. "Vehicles in use" (OICA, 2016). <http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>
10. Matthew Smith. "The Number of Cars Worldwide is set to Double by 2040." (World Economic Forum, 2016). <https://www.weforum.org/agenda/2016/04/the-number-of-cars-worldwide-is-set-to-double-by-2040>
11. Burghoff H-G, Richter G. "Reliability of Lead-Calcium Automotive Batteries in Practical Operations." (*J Power Sources*, 1995); 53: 343-50. DOI: 10.1016/0378-7753(94)01998-B
Hoover, John H., and David P. Boden. "Failure Mechanisms of Lead/Acid Automotive Batteries in Service in the USA." (*Journal of power sources* 33, no. 1-4, 1991): 257-273. DOI: 10.1016/0378-7753(91)85064-4v
12. United Nations Environment Programme. "Alternatives to Lead-Acid Batteries." (2019). <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27402/ALAB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
13. United Nations Environment Programme. "Alternatives to Lead-Acid Batteries." (2019). <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27402/ALAB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
14. International Lead Association. "Lead Recycling: Sustainability in Action" (*Lead Action* 21, 2014). https://www.ila-lead.org/UserFiles/File/ILA9927%20FS_Recycling_V06.pdf
15. International Lead Association. "Lead Recycling: Sustainability in Action" (*Lead Action* 21, 2014). https://www.ila-lead.org/UserFiles/File/ILA9927%20FS_Recycling_V06.pdf
16. International Lead Association. "Lead Recycling: Sustainability in Action" (*Lead Action* 21, 2014). https://www.ila-lead.org/UserFiles/File/ILA9927%20FS_Recycling_V06.pdf
17. World Health Organization. "Recycling used lead-acid batteries: Health considerations." (2017). <https://www.who.int/ipcs/publications/ulab/en/>
18. World Health Organization. "Recycling used lead-acid batteries: Health considerations." (2017). <https://www.who.int/ipcs/publications/ulab/en/>
19. Daniell, Henry, Stephen J. Streatfield, and Edward P. Rybicki. "Advances in Molecular Farming: Key Technologies, Scaled up Production and Lead Targets." (*Plant biotechnology journal* 13, no. 8, 2015): 1011. DOI: 10.1111/pbi.12478
20. World Health Organization. "Recycling used lead-acid batteries: Health considerations." (2017). <https://www.who.int/ipcs/publications/ulab/en/>
21. Perry Gottesfeld & Amod K. Pokhrel. "Review: Lead Exposure in Battery Manufacturing and Recycling in Developing Countries and Among Children in Nearby Communities." (*Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2011). 8:9, 520-532, DOI: 10.1080/15459624.2011.601710]
22. Ericson, Bret, Phillip Landigan, Mark Patrick Taylor, Joseph Frostad, Jack Caravanos, John Keith, and Richard Fuller. "The Global Burden of Lead Toxicity Attributable to Informal Used Lead-Acid Battery Sites." (*Annals of Global Health* 82, no. 5, 2016): 686-

699. DOI: 10.1016/j.aogh.2016.10.015
23. Oeko-Institut e.V. "The deadly business: Findings from the Lead Recycling Africa Project." <https://www.oeko.de/en/research-consultancy/issues/resources-and-recycling/a-deadly-business-lead-recycling-in-africa/> (Accessed June 23rd, 2020).
 24. Oeko-Institut e.V. "The deadly business: Findings from the Lead Recycling Africa Project." <https://www.oeko.de/en/research-consultancy/issues/resources-and-recycling/a-deadly-business-lead-recycling-in-africa/> (Accessed June 23rd, 2020).
 25. Oeko-Institut e.V. "The deadly business: Findings from the Lead Recycling Africa Project." <https://www.oeko.de/en/research-consultancy/issues/resources-and-recycling/a-deadly-business-lead-recycling-in-africa/> (Accessed June 23rd, 2020).
 26. Perry Gottesfeld. "The Environmental and Health Impacts of Lead Battery Recycling." (*Occupational Knowledge International*, 2016) https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/13943/1_ECOWAS%20lead%20background%202016.pdf
 27. Qiu J, Wang K, Wu X, Xiao Z, Lu X, Zhu Y, Zuo C, Yang Y, Wang Y. "Blood Lead Levels in Children Aged 0-6 Years Old in Hunan Province, China from 2009-2013." (PLoS One., 2015) Apr 1;10(4):e0122710. doi: 10.1371/journal.pone.0122710.
 28. United Nations Environmental Programme.. "Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-Acid Batteries." (Basel Convention, 2003). ISSN : 1020-8364. <http://archive.basel.int/pub/techguid/tech-wasteacid.pdf>
 29. United Nations Environmental Programme.. "Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-Acid Batteries." (Basel Convention, 2003). ISSN : 1020-8364. <http://archive.basel.int/pub/techguid/tech-wasteacid.pdf>
 30. Ericson, Bret, Jack Caravanos, Kevin Chatham-Stephens, Philip Landrigan, and Richard Fuller. "Approaches to Systematic Assessment of Environmental Exposures Posed at Hazardous Waste Sites in the Developing World: The Toxic Sites Identification Program." (*Environmental monitoring and assessment* 185, no. 2, 2013): 1755-1766. DOI: 10.1007/s10661-012-2665-2
 31. Clean Label Project. Oct 25, 2017. "CLP Infant Formula & Baby Food Test." Available at <https://www.cleanlabelproject.org/clp-infant-formula-baby-food-test/>
 32. Hore, Paromita; Alex-Oni, Kolapo; Sedlar, Slavenka; Nagin, Deborah. "A Spoonful of Lead: A 10-Year Look at Spices as a Potential Source of Lead Exposure." (*Journal of Public Health Management and Practice*, vol 25, 2019) p S63-S70 doi: 10.1097/PHH.0000000000000876
 33. Angelon-Gaetz, Kim A., Christen Klaus, Ezan A. Chaudhry, and Deidre K. Bean. "Lead in Spices, Herbal Remedies, and Ceremonial Powders Sampled from Home Investigations for Children with Elevated Blood Lead Levels—North Carolina, 2011–2018." (*Morbidity and Mortality Weekly Report* 67, no. 46, 2018): 1290. DOI: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6746a2>. <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/67/wr/mm6746a2.htm>
 34. US Food and Drug Administration (FDA). "Lead in Food, Foodwares, and Dietary Supplements." (Accessed June 23rd, 2020).
 35. Pure Earth, GAHP (2019) 'Pollution Knows No Borders. How the pollution crisis in low- and middle-income countries affects everyone's health, and what we can do to address it.' January 2019. Access: <https://www.pureearth.org/pollution-knows-no-borders/>
 36. UNICEF. "Survey on Lead Prevalence in Children's Blood in Georgia: Prevalence on a Country Level." (2019). <https://www.unicef.org/georgia/press-releases/lead-prevalence-childrens-blood-georgia-results-national-survey-unveiled>. (Accessed June 23rd, 2020)
 37. Forsyth, Jenna E., Syeda Nurunnahar, Sheikh Shariful Islam, Musa Baker, Dalia Yeasmin, M. Saiful Islam, Mahbubur Rahman et al. "Turmeric Means 'Yellow' in Bengali: Lead Chromate Pigments Added to Turmeric Threaten Public Health Across Bangladesh." (*Environmental research* 179, 2019): 108722. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108722
 38. Hore, Paromita, Kolapo Alex-Oni, Slavenka Sedlar, and Deborah Nagin. "A Spoonful of Lead: A 10-Year Look at Spices as a Potential Source of Lead Exposure." (*Journal of Public Health Management and Practice* 25, 2019): S63-S70. DOI: 10.1097/PHH.0000000000000876
 39. Hardy, A. D., R. Vaishnav, S. S. Z. Al-Kharusi, H. H. Sutherland, and M. A. Worthing. "Composition of Eye Cosmetics (Kohls) Used in Oman." (*Journal of Ethnopharmacology* 60, no. 3, 1998). p223-234. DOI: 10.1016/s0378-8741(97)00156-6
 40. US Food & Drug Administration. (2018). Kohl, Kajal, Al-Kahal, Surma, Tiro, Tozali, or Kwalli: By Any Name, Beware of Lead Poisoning. Retrieved from <https://www.fda.gov/cosmetics/productsingredients/products/ucm137250.htm>
 41. USEPA. "Protect Your Family from Exposures to Lead." <https://www.epa.gov/lead/protect-your-family-exposures-lead#products>. (Accessed June 23rd, 2020)
 42. Lin, Cristiane Gurgel, Laurel Anne Schaider, Daniel Joseph Brabander, and Alan David Woolf. "Pediatric Lead Exposure from Imported Indian Spices and Cultural Powders." (*Pediatrics* 125, no. 4, 2010): e828-e835. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2009-1396>
 43. US Food and Drug Administration. "Lead in Food, Foodwares, and Dietary Supplements." <https://www.fda.gov/food/metals-and-your-food/lead-food-foodwares-and-dietary-supplements#:~:text=The%20FDA%20has%20issued%20>

- recommended,in%20juice%20to%2050%20ppb. (Accessed June 23rd, 2020).
44. US Food and Drug Administration. "Lead in Food, Foodwares, and Dietary Supplements." <https://www.fda.gov/food/metals-and-your-food/lead-food-foodwares-and-dietary-supplements> (Accessed July 14, 2020).
 45. Centers for Disease Control and Prevention. "How You or Your Child May be Exposed." <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/sources/foods-cosmetics-medicines.htm> (Accessed June 23rd, 2020).
 46. Centers for Disease Control and Prevention. "CDC National Childhood Blood Lead Surveillance Data." <https://www.cdc.gov/nceh/lead/data/national.htm> (Accessed June 23rd, 2020).
 47. World Health Organization. "Human Biomonitoring: Facts and Figures." (2015). <https://www.euro.who.int/en/media-centre/events/events/2015/04/ehp-mid-term-review/publications/human-biomonitoring-facts-and-figures>
 48. Caravanos, Jack, Russell Dowling, Martha María Téllez-Rojo, Alejandra Cantoral, Roni Kobrosly, Daniel Estrada, Manuela Orjuela et al. "Blood Lead Levels in Mexico and Pediatric Burden of Disease Implications." (*Annals of global health* 80, no. 4, 2014): 269-277. DOI: 10.1016/j.aogh.2014.08.002
 49. Feldman, N., C. Lamp, and A. Craigmill. "Lead Leaching in Ceramics Difficult to Predict." (*California Agriculture* 53, no. 5,1999): 20-23. DOI: 10.3733/ca.v053n05p20
 50. "Survey of the Global Sources and Impacts of Lead Contamination", UNEP, forthcoming
 51. Caravanos, Jack, Russell Dowling, Martha María Téllez-Rojo, Alejandra Cantoral, Roni Kobrosly, Daniel Estrada, Manuela Orjuela et al. "Blood Lead Levels in Mexico and Pediatric Burden of Disease Implications." (*Annals of global health* 80, no. 4, 2014): 269-277. DOI: 10.1016/j.aogh.2014.08.002
 52. Caravanos, Jack, Russell Dowling, Martha María Téllez-Rojo, Alejandra Cantoral, Roni Kobrosly, Daniel Estrada, Manuela Orjuela et al. "Blood Lead Levels in Mexico and Pediatric Burden of Disease Implications." (*Annals of global health* 80, no. 4, 2014): 269-277. DOI: 10.1016/j.aogh.2014.08.002
 53. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. "Lead Toxicity. What Are U.S. Standards for Lead Levels?". (2017). <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=34&po=8>
 54. Téllez-Rojo, Martha María, Luis F. Bautista-Arredondo, Belem Trejo-Valdivia, Alejandra Cantoral, Daniel Estrada-Sánchez, Rubén Kraiem, Ivan Pantic et al. "Reporte Nacional de Niveles de Plomo en Sangre y Uso de Barro Vidriado en Población Infantil Vulnerable." (*Salud Pública de México* 61, no. 6, nov-dic, 2019): 787-797. DOI: <http://dx.doi.org/10.21149/10555>
 55. Andreas Manhart, Tadesse Amera, Gilbert Kuepouo, Diana Mathai, Silvani Mng'anya, Tobias Schleicher. "The Deadly Business: Findings from the Lead Recycling Africa Project." (Oeko-Institut e.V. 2016) <https://www.oeko.de/okodoc/2549/2016-076-de.pdf>
 56. Pantic, Ivan, Marcela Tamayo-Ortiz, Antonio Rosa-Parra, Luis Bautista-Arredondo, Robert O. Wright, Karen E. Peterson, Lourdes Schnaas, Stephen J. Rothenberg, Howard Hu, and Martha María Téllez-Rojo. "Children's Blood Lead Concentrations from 1988 to 2015 in Mexico City: The Contribution of Lead in Air and Traditional Lead-Glazed Ceramics." (*International Journal of Environmental Research and Public Health* 15, no. 10, 2018): 2153. doi: 10.3390/ijerph15102153
 57. Téllez-Rojo, Martha María, Luis F. Bautista-Arredondo, Belem Trejo-Valdivia, Alejandra Cantoral, Daniel Estrada-Sánchez, Rubén Kraiem, Ivan Pantic et al. "Reporte Nacional de Niveles de Plomo en Sangre y Uso de Barro Vidriado en Población Infantil Vulnerable." (*Salud Pública de México* 61, no. 6, nov-dic, 2019): 787-797. DOI: <http://dx.doi.org/10.21149/10555>
 58. Farías, Paulina, Urinda Álamo-Hernández, Leonardo Mancilla-Sánchez, José Luis Texcalac-Sangrador, Leticia Carrizales-Yáez, and Horacio Riojas-Rodríguez. "Lead in School Children from Morelos, Mexico: Levels, Sources and Feasible Interventions." (*International journal of environmental research and public health* 11, no. 12, 2014): 12668-12682. DOI: 10.3390/ijerph111212668
 59. Flores-Ramirez, Rogelio, Edna Rico-Escobar, Jorge E. Nunez-Monreal, Edelmira Garcia-Nieto, Leticia Carrizales, Cesar Ilizaliturri-Hernandez, and Fernando Diaz-Barriga. "Children Exposure to Lead in Contaminated Sites." (*Salud publica de Mexico* 54, no. 4, 2012): 383-392. DOI: 10.1590/s0036-36342012000400008
 60. Téllez-Rojo MM, Bautista-Arredondo LF, Richardson V, et al. "Intoxicación por plomo y nivel de marginación en recién nacidos de Morelos, México" [Lead poisoning and marginalization in newborns of Morelos, Mexico]. (*Salud Publica Mex.*, 2017) p59(3):218-226. doi:10.21149/8045
 61. The World Bank. "Mexico: Alternative Approaches to Estimate the Cost of Ambient Air Pollution. Washington, D.C." (Forthcoming).
 62. The World Bank. "Mexico: Alternative Approaches to Estimate the Cost of Ambient Air Pollution. Washington, D.C." (Forthcoming).
 63. Estrada-Sánchez, D., Ericson, B., Juarez-Perez, C.A., Aguilar-Madrid, G., Hernandez, L., Gualtero, S., Caravanos, J. "Intelligence Quotient Loss in the Children of Mexican Ceramicists." (*Revista Medica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 2017) 55 (3),

- 292-299. https://www.researchgate.net/publication/323614326_Intelligence_quotient_loss_in_Mexican_pottery_artisan's_children
64. Téllez-Rojo, Martha María, Luis F. Bautista-Arredondo, Belem Trejo-Valdivia, Alejandra Cantoral, Daniel Estrada-Sánchez, Rubén Kraiem, Ivan Pantic et al. "Reporte Nacional de Niveles de Plomo en Sangre y Uso de Barro Vidriado en Población Infantil Vulnerable." (Salud Pública de México 61, no. 6, nov-dic, 2019): 787-797. DOI: <http://dx.doi.org/10.21149/10555>
65. Pure Earth. "Lead Poisoning in Newborns: The Story of Baby X." (2019). <https://www.pureearth.org/blog/lead-poisoning-in-newborns-the-story-of-baby-x-in-mexico/>
66. Pure Earth. "Lead Poisoning in Newborns: The Story of Baby X." (2019). <https://www.pureearth.org/blog/lead-poisoning-in-newborns-the-story-of-baby-x-in-mexico/>
67. UNEP. "2019 Update on the Global Status of Legal Limits on Lead in Paint." (2019). https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30110/2019_Global_Update.pdf?sequence=1&isAllowed=y
68. Markowitz, Gerald, and David Rosner. "Cater to the Children": The Role of the Lead Industry in a Public Health Tragedy, 1900-1955." (*American Journal of Public Health* 90, no. 1, 2000): p36. DOI: 10.2105/ajph.90.1.36
69. Rabinowitz, Michael, Alan Leviton, and David Bellinger. "Home Refinishing, Lead paint, and Infant Blood Lead Levels." (*American journal of public health* 75, no. 4, 1985): 403-404. doi: 10.2105/ajph.75.4.403
- US Environmental Protection Agency. "Sources of Lead at Home." <https://www.epa.gov/lead/protect-your-family-exposures-lead#:~:text=If%20your%20home%20was%20built,common%20causes%20of%20lead%20poisoning>. (Accessed June 23rd, 2020).
70. Stanley Schaffer. "Lead Poisoning: Is Your Child At Risk?" (University of Rochester Medical Center, 2018). <https://www.urmc.rochester.edu/patients-families/health-matters/january-2018/lead-poising-is-your-child-at-risk.aspx#:~:text=Lead%20paint%20has%20a%20sweet,that%20may%20contain%20lead%20paint>.
71. David Rosner, Gerald Markowitz. "Why It Took Decades of Blaming Parents Before We Banned Lead Paint." (*The Atlantic*, 2013). <https://www.theatlantic.com/health/archive/2013/04/why-it-took-decades-of-blaming-parents-before-we-banned-lead-paint/275169/>
72. UN Environmental Programme. "Global Report on the Status of Legal Limits on Lead in Paint." (2016). <https://europa.eu/capacity4dev/unep/documents/global-report-status-legal-limits-lead-paint>
73. Rainhorn, Judith, and Lars Bluma. "History of the Workplace: Environment and Health at Stake." (*Routledge*, 2016). ISBN: 1317626109, 9781317626107
74. UN Environment. "Global Report on the Status of Legal Limits on Lead in Paint." (2016). <https://europa.eu/capacity4dev/unep/documents/global-report-status-legal-limits-lead-paint>
75. UN Environment. "Global Report on the Status of Legal Limits on Lead in Paint." (2016). <https://europa.eu/capacity4dev/unep/documents/global-report-status-legal-limits-lead-paint>
76. Gottesfeld, Perry. "Time to Ban Lead in Industrial Paints and Coatings." (*Frontiers in public health* 3, 2015): 144. doi: 10.3389/fpubh.2015.00144
77. European Commission, Environment. https://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_en.htm
78. UNEP Lead paint law status interactive map, (<https://chemicalswithoutconcern.org/content/lead-paint-law-map>); WHO Public Health and Environment Database on Regulations and controls on lead paint (https://www.who.int/gho/phe/chemical_safety/lead_paint_regulations/en/)
79. Gottesfeld, Perry. "Time to Ban Lead in Industrial Paints and Coatings." (*Frontiers in public health* 3, 2015): 144. doi: 10.3389/fpubh.2015.00144
80. Cox, David C., Gary Dewalt, Robert O'Haver, and Brendon Salatino. "American Healthy Homes Survey: Lead and Arsenic Findings." (US Department of Housing and Urban Development, Office of Healthy Homes and Lead Hazard Control, 2006). https://www.hud.gov/sites/documents/AHHS_REPORT.PDF
81. Centers for Disease Control and Prevention. "Lead in Paint." <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/sources/paint.htm>. (Accessed June 23rd, 2020)
82. Richard C. Paddock. "The Toxic Toll of Indonesia's Battery Recyclers." (*National Geographic*, 2016). <https://www.nationalgeographic.com/news/2016/05/indonesia-s-toxic-toll/#close>
- Angela Bernhardt. "Breaking the Cycle of Extreme Lead Poisoning in Pesarean, Indonesia." (PureEarth, 2016) <http://www.pureearth.org/blog/lead-pollution-pesarean-indonesia/>
83. Richard C. Paddock. "The Toxic Toll of Indonesia's Battery Recyclers." (*National Geographic*, 2016). <https://www.nationalgeographic.com/news/2016/05/indonesia-s-toxic-toll/#close>
- Angela Bernhardt. "Breaking the Cycle of Extreme Lead Poisoning in Pesarean, Indonesia." (PureEarth, 2016) <http://www.pureearth.org/blog/lead-pollution-pesarean-indonesia/>
84. Angela Bernhardt. "Breaking the Cycle of Extreme Lead Poisoning in Pesarean, Indonesia." (PureEarth, 2016) <http://www.pureearth.org/blog/lead-pollution-pesarean-indonesia/>

85. PureEarth. "Strategic Redevelopment Planning: Indonesia: Chapter 4." https://www.pureearth.org/wp-content/uploads/2016/12/Chapter_4_Indonesia.pdf. (Accessed June 23rd, 2020)
86. Pure Earth Blacksmith Institute. "Technical Assistance Consultant's Report : Mitigation of Hazardous Waste Contamination in Urban Areas: Supporting Inclusive Growth" (Asian Development Bank, 2016). https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/47144/47144-001-tacr-en_7.pdf
87. Pure Earth Blacksmith Institute. "Technical Assistance Consultant's Report : Mitigation of Hazardous Waste Contamination in Urban Areas: Supporting Inclusive Growth" (Asian Development Bank, 2016). https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/47144/47144-001-tacr-en_7.pdf
88. Haryanto, Budi. "Lead exposure from battery recycling in Indonesia." (*Reviews on environmental health* 31, no. 1, 2016): 13-16. DOI: 10.1515/reveh-2015-0036
89. PureEarth. "Strategic Redevelopment Planning: Indonesia: Chapter 4." https://www.pureearth.org/wp-content/uploads/2016/12/Chapter_4_Indonesia.pdf. (Accessed June 23rd, 2020)
90. Pure Earth. "Indonesia (Pesarean Village, Tegal) – Developing Remediation Designs for Lead Contamination." (2020). <https://www.pureearth.org/project/indonesia-developing-remediation-designs-lead-contamination-pesarean-village-tegal/>
91. Rosner, David, and Gerald Markowitz. "A 'Gift of God'? The Public Health Controversy over Leaded Gasoline During the 1920s." (*American Journal of Public Health* 75, no. 4, 1985): 344-352. DOI: 10.2105/ajph.75.4.344
92. Dignam, Timothy, Rachel B. Kaufmann, Lauren LeStourgeon, and Mary Jean Brown. "Control of Lead Sources in the United States, 1970-2017: Public Health Progress and Current Challenges to Eliminating Lead Exposure." (*Journal of Public Health Management and Practice: JPHMP* 25, no. Suppl 1 LEAD POISONING PREVENTION, 2019): S13. DOI: 10.1097/PHH.0000000000000889
93. United Nations Environmental Programme. "The Lead Campaign." <https://www.unenvironment.org/explore-topics/transport/what-we-do/partnership-clean-fuels-and-vehicles/lead-campaign> (Accessed June 23rd, 2020).
94. Centers for Disease Control and Prevention. "How Your Child May Be Exposed." (Lead in Soil). <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/sources/soil.htm> (Accessed June 23rd, 2020).
95. PennState Extension. "Lead in Residential Soils: Sources, Testing, and Reducing Exposure." (2010). <https://extension.psu.edu/lead-in-residential-soils-sources-testing-and-reducing-exposure>.
96. Tulane University. "Lead's Urban Legacy: Lead in Soil." http://lead.tulane.edu/lead_soil.html. (Accessed June 23, 2020).
97. Shi, Taoran, Jin Ma, Yunyun Zhang, Chengshuai Liu, Yanbin Hu, Yiwei Gong, Xiao Wu, Tienan Ju, Hong Hou, and Long Zhao. "Status of lead accumulation in agricultural soils across China (1979–2016)." *Environment international* 129 (2019): 35-41. DOI: 10.1016/j.envint.2019.05.025
98. PennState Extension. "Lead in Residential Soils: Sources, Testing, and Reducing Exposure." (2010). <https://extension.psu.edu/lead-in-residential-soils-sources-testing-and-reducing-exposure>.
99. PennState Extension. "Lead in Residential Soils: Sources, Testing, and Reducing Exposure." (2010). <https://extension.psu.edu/lead-in-residential-soils-sources-testing-and-reducing-exposure>.
100. Centers for Disease Control and Prevention. "How Your Child May Be Exposed." (Lead in Soil). <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/sources/soil.htm> (Accessed June 23rd, 2020).
101. Freeman K. S. "Remediating Soil Lead with Fish Bones. (*Environmental health perspectives*, 2012). p120(1), A20-A21. <https://doi.org/10.1289/ehp.120-a20>
- Fleming, M., Tai, Y., Zhuang, P., & McBride, M. B. "Extractability and Bioavailability of Pb and As in Historically Contaminated Orchard Soil: Effects of Compost Amendments." (*Environmental pollution*, 2013), 177, 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.013>
- Tangahu, Bieby Vojant, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Hassan Basri, Mushrifah Idris, Nurina Anuar, and Muhammad Mukhlisin. "A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants Through Phytoremediation." (*International Journal of Chemical Engineering*, 2011). <https://doi.org/10.1155/2011/939161>
- Earth Repair. "Lead Remediation." <https://earthrepair.ca/resources/scenarios/lead-remediation/> (Accessed June 23rd, 2020)
102. Rabin, Richard. "The lead industry and lead water pipes 'A Modest Campaign'." (*American journal of public health* 98, no. 9, 2008): 1584-1592. doi: 10.2105/AJPH.2007.113555
103. Brown, Mary Jean, and Stephen Margolis. "Lead in drinking water and human blood lead levels in the United States." (Centers for Disease Control and Prevention, Morbidity and Mortality Weekly Report, 2012). <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/su6104a1.htm>
104. Cornwell, David A., Richard A. Brown, and Steve H. Via. "National Survey of Lead Service Line Occurrence." (*Journa-American Water Works Association* 108, no. 4, 2016): E182-E191. DOI: 10.5942/jawwa.2016.108.0086
105. World Health Organization. "Guidelines for Drinking-Water Quality." (*Fourth Edition Incorporating the First Addendum*, 2017). <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1>

106. Government of Canada. " Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document – Lead." <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-lead.html> (Accessed June 23, 2020).
107. US Environmental Protection Agency. "Basic Information about Lead in Drinking Water." <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/basic-information-about-lead-drinking-water#regs> (Accessed June 23rd, 2020).
108. USEPA (US Environmental Protection Agency). "Optimal Corrosion Control Treatment Evaluation Technical Recommendations for Primacy Agencies and Public Water Systems. EPA 816-B-16-003. USEPA Office of Water (4606M)." (2016). <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/occtmarch2016.pdf>
109. USEPA (US Environmental Protection Agency). "Optimal Corrosion Control Treatment Evaluation Technical Recommendations for Primacy Agencies and Public Water Systems. EPA 816-B-16-003. USEPA Office of Water (4606M)." (2016). <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/occtmarch2016.pdf>
110. US Environmental Protection Agency. " Protect Your Family from Exposures to Lead." <https://www.epa.gov/lead/protect-your-family-exposures-lead> (Accessed June 23rd, 2020).
111. CNN Editorial Research. "Flint Water Crisis Fast Facts." (CNN, 2019). <https://www.cnn.com/2016/03/04/us/flint-water-crisis-fast-facts/index.html>
112. Zahran S, McElmurry SP, Sadler RC. Four phases of the Flint Water Crisis: Evidence from blood lead levels in children. Environ Res. 2017 Aug;157:160-172. doi: 10.1016/j.envres.2017.05.028. PMID: 28570960; PMCID: PMC5538017.
113. Hanna-Attisha, Mona, Jenny LaChance, Richard Casey Sadler, and Allison Champney Schnepp. "Elevated Blood Lead Levels in Children Associated with the Flint Drinking Water Crisis: a Spatial Analysis of Risk and Public Health Response." (*American journal of public health* 106, no. 2, 2016): 283-290. DOI: 10.2105/AJPH.2015.303003
114. M.B. Pell and Joshua Schneyer. "The Thousands of U.S. Locales Where Lead Poisoning is Worse than in Flint." (Reuters, 2016). <https://www.reuters.com/investigates/special-report/usa-lead-testing/>
115. M.B. Pell and Joshua Schneyer. "The Thousands of U.S. Locales Where Lead Poisoning is Worse than in Flint." (Reuters, 2016). <https://www.reuters.com/investigates/special-report/usa-lead-testing/>
116. M.B. Pell and Joshua Schneyer. "The Thousands of U.S. Locales Where Lead Poisoning is Worse than in Flint." (Reuters, 2016). <https://www.reuters.com/investigates/special-report/usa-lead-testing/>
- Map Source: Mapzen, OpenStreetMap, and others
Graphic: Charlie Szymanski, Christine Chan, Matt Weber, M.B. Pell
- Data Sources: State agencies or CDC. Some states did not include data for census tracts and zip codes if the testing numbers were small, usually below five, to protect patient privacy.
[https://www.mapzen.com/rights/](https://www.mapzen.com/rights;); <https://openstreetmap.org/copyright>.
117. UNEP, PACE, ILO ITU, and UNU UNIDO. "A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot." (2019). http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
118. UNEP, PACE, ILO ITU, and UNU UNIDO. "A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot." (2019). http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
119. UNEP, PACE, ILO ITU, and UNU UNIDO. "A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot." (2019). http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
120. UNEP, PACE, ILO ITU, and UNU UNIDO. "A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot." (2019). http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
121. Lundgren, Karin. The global impact of e-waste: addressing the challenge. (International Labour Organization, 2012). https://www.ilo.org/sector/Resources/publications/WCMS_196105/lang--en/index.htm
122. Burger, M., and D. Pose. "Contaminación por plomo en Uruguay." (*Plomo Salud y Ambiente. Experiencia en Uruguay Universidad de la República, Montevideo, Uruguay: Organización Panamericana de la Salud*, 2010). https://www.paho.org/uru/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-salud-y-ambiente&alias=31-plomo-salud-y-ambiente-experiencia-en-uruguay&Itemid=307
123. Laborde, Amalia, Fernando Tomasina, Fabrizio Bianchi, Marie-Noel Bruné, Irena Buka, Pietro Comba, Lilian Corra et al. "Children's health in Latin America: the Influence of Environmental Exposures." (*Environmental health perspectives* 123, no. 3, 2015): 201-209. DOI:10.1289/ehp.1408292
124. UNEP, PACE, ILO ITU, and UNU UNIDO. "A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot." (2019). http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
125. UNEP, PACE, ILO ITU, and UNU UNIDO. "A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot." (2019). http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
126. Ciftci, Mesut, and Bugra Cicek. "E-waste: A Review of CRT (Cathode Ray Tube) Recycling." (*Res. Rev., J. Mater. Sci.* 5, no. 2, 2017): 1-17. DOI: 10.4172/2321-6212.1000170

127. UNEP, PACE, ILO ITU, and UNU UNIDO. "A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot." (2019). http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
128. UNEP, PACE, ILO ITU, and UNU UNIDO. "A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot." (2019). http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
129. UNEP, PACE, ILO ITU, and UNU UNIDO. "A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot." (2019). http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
130. Kevin McElvaney. . "Agbogbloshie: The world's largest e-waste dump - in pictures." (*The Guardian*, 2014). <https://www.theguardian.com/environment/gallery/2014/feb/27/agbogbloshie-worlds-largest-e-waste-dump-in-pictures>
131. PureEarth. "Project Completion Report: Making Electronic Waste Recycling in Ghana Safer Through Alternative Technology, Accra Ghana." (2015). <https://www.pureearth.org/wp-content/uploads/2014/01/Ghana-Pilot-PCR-2015.pdf>
132. PureEarth. "Project Completion Report: Making Electronic Waste Recycling in Ghana Safer Through Alternative Technology, Accra Ghana." (2015). <https://www.pureearth.org/wp-content/uploads/2014/01/Ghana-Pilot-PCR-2015.pdf>
133. Aboh, Innocent Joy Kwame, Manukure Atiemo Sampson, Leticia Abra-Kom Nyaab, Jack Caravanos, Francis Gorman Oforu, and Harriet Kuranchie-Mensah. "Assessing Levels of Lead Contamination in Soil and Predicting Pediatric Blood Lead Levels in Tema, Ghana." (*Journal of Health and Pollution* 3, no. 5, 2013): 7-12. DOI: 10.5696/2156-9614-3.5.7
134. PureEarth. "Project Completion Report: Making Electronic Waste Recycling in Ghana Safer Through Alternative Technology, Accra Ghana." (2015). <https://www.pureearth.org/wp-content/uploads/2014/01/Ghana-Pilot-PCR-2015.pdf>
135. Caravanos, Jack, Edith Clark, Richard Fuller, and Calah Lambertson. "Assessing Worker and Environmental Chemical Exposure Risks at an E-Waste Recycling and Disposal Site in Accra, Ghana." (*Journal of health and pollution* 1, no. 1, 2011): 16-25. DOI: 10.5696/2156-9614-3.5.7
136. Otsuka, Masanari, Takaaki Itai, Kwadwo Ansor Asante, Mamoru Muto, and Shinsuke Tanabe. "Trace Element Contamination Around the E-Waste Recycling Site at Agbogbloshie, Accra City, Ghana." (*Interdiscip Stud Environ Chem Environ Pollut Ecotoxicol* 6, no. 6, 2012): 161-167. <https://www.semanticscholar.org/paper/Trace-Element-Contamination-around-the-E-waste-Site-Masanari-Otsuka/>
- [eb4639456a8b917b5c64a5d2543a1d12efd26f32](#)
137. Needleman, Herbert L. "History of Lead Poisoning in the World." (*International Conference on Lead Poisoning Prevention and Treatment*, Bangalore, 1999). https://www.biologicaldiversity.org/campaigns/get_the_lead_out/pdfs/health/Needleman_1999.pdf
- Riva, Michele Augusto, Alessandra Lafranconi, Marco Italo D'orso, and Giancarlo Cesana. "Lead Poisoning: Historical Aspects of a Paradigmatic "Occupational and Environmental Disease." (*Safety and Health at Work* 3, no. 1, 2012): 11-16. doi: 10.5491/SASHAW.2012.3.1.11
- Nriagu, Jerome O. "Occupational Exposure to Lead in Ancient Times." (*Science of the Total Environment* 31, no. 2, 1983): 105-116. DOI: 10.1016/0048-9697(83)90063-3
138. Grecia R. Matos, Lisa D. Miller, James J. Barry. " National Minerals Information Center: Historical Global Statistics for Mineral and Material Commodities." (US Geological Survey). <https://www.usgs.gov/centers/nmic/historical-global-statistics-mineral-and-material-commodities> (Accessed June 23rd, 2020).
139. "Centers for Disease Control and Prevention. "Lead in Jobs, Hobbies, or Other Activities." <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/sources/jobs-hobbies-activities.htm> (Accessed June 23rd, 2020)

4. IMPLIKASI EKONOMI LEBIH LUAS

1. Larsen, B. and Skjelvik, JM. 2014. "An Economic Assessment of Environmental Health Risks in Argentina." Consultant report prepared for the World Bank (unpublished)
2. Larsen, B. 2016. " Environmental Health in Bolivia: An Economic Assessment of Health Effects and their Costs. Consultant report prepared for the World Bank (unpublished)
3. The World Bank. (Forthcoming). Environmental Challenges for Green Growth and Poverty Reduction in the Lao People's Democratic Republic. Washington, D.C.: The World Bank.
4. The World Bank (Forthcoming). Alternative Approaches to Estimate the Cost of Ambient Air Pollution in Mexico. Washington, D.C.: The World Bank.
5. Larsen, B. 2014. "An Economic Assessment of Environmental Health Risks in Apurimac, Peru." Consultant report prepared for the World Bank (unpublished)
6. Sánchez-Triana, Ernesto; Santiago Enriquez; Bjorn Larsen; Peter Webster; and Javaid Afzal. 2015. Sustainability and Poverty Alleviation: Confronting Environmental Threats in Sindh, Pakistan. Directions in Development. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-0452-6. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO

- Larsen, B. and Skjelvik, JM. 2014. "Environmental Health in Hidalgo State of Mexico: An Economic Assessment of Health Effects and Their Costs." Consultant report prepared for the World Bank (unpublished) (unpublished).
- Sánchez-Triana, Ernesto; Jack Ruitenbeek, Santiago Enriquez, and Katharina Siegmann (eds.). 2020.. Opportunities for Environmentally Healthy, Inclusive, and Resilient Growth in Mexico's Yucatan Peninsula, 2nd Edition. International Development in Focus. Washington, D.C.: The World Bank.
3. Attina, Teresa M., and Leonardo Trasande. "Biaya Paparan Timbal pada Masa Kanak-Kanak di Negara Berpenghasilan Rendah dan Menengah." (*Environmental health perspectives* 121, no. 9, 2013): 1097-1102. DOI: 10.1289/ehp.1206424
 4. Elise Gould. "Childhood Lead Poisoning: Conservative Estimates of the Social and Economic Benefits of Lead Hazard Control." (*Environmental Health Perspectives* 117, no. 7, 2009): 1162-1167. doi: 10.1289/ehp.0800408
 5. Grosse, Scott D., Thomas D. Matte, Joel Schwartz, and Richard J. Jackson. "Economic Gains Resulting from the Reduction in Children's Exposure to Lead in the United States." (*Environmental Health Perspectives* 110, no. 6, 2002): 563-569. doi: 10.1289/ehp.02110563
 6. Trusts, Pew Charitable. 2017 "10 Policies to Prevent and Respond to Childhood Lead Exposure." (2017). https://www.pewtrusts.org/~/media/assets/2017/08/hip_childhood_lead_poisoning_report.pdf
 7. Nussbaumer-Streit B, Yeoh B, Griebler U, et al. Household interventions for preventing domestic lead exposure in children. Cochrane Database Syst Rev. 2016;10:CD006047.

5. SOLUSI UNTUK MENGATASI PAPARAN TIMBAL PADA ANAK

1. United Nations Environment Programme. "Lead Acid Batteries." <https://www.unenvironment.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/emerging-issues/lead-acid-batteries>. (Accessed June 23rd, 2020).
2. Patrick, Lyn. "Lead Toxicity, a Review of the Literature. Part I: Exposure, Evaluation, and Treatment." (*Alternative Medicine Review* 11, no. 1, 2006). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16597190/>
- Cunningham, Eleese. "What Role Does Nutrition Play in the Prevention or Treatment of Childhood Lead Poisoning?" (*Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 112, no. 11, 2012): 1916. DOI: 10.1016/j.jand.2012.09.003
- Mahaffey K. R. "Nutrition and Lead: Strategies for Public Health. (*Environmental Health Perspectives*, 103 (Suppl. 6):191–196, 1995). doi: 10.1289/ehp.95103s6191
3. Ettinger, A.S. and Wengrovitz, A.M., "Guidelines For the Identification and Management of Lead Exposure in Pregnant and Lactating Women."(US Centers for Disease for Disease Control, National Center for Environmental Health/Agency for Toxic Substances and Disease Registry, November 2010), <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/11854> (July 8, 2020)
4. Hackley, B. and Katz-Jacobson, A., "Lead poisoning in pregnancy: a case study with implications for midwives." (*Journal of Midwifery & Women's Health*, 48(1), 2003). pp.30-38. DOI: 10.1016/S1526-9523(02)00366-5
5. Jones, Donald E., Mario Covarrubias Pérez, Bret Ericson, Daniel Estrada Sánchez, Sandra Gualtero, Andrea Smith-Jones, and Jack Caravano. "Childhood Blood Lead Reductions Following Removal of Leaded Ceramic Glazes in Artisanal Pottery Production: A Success Story." (*Journal of Health and Pollution* 3, no. 4, 2013): 23-29. DOI: doi.org/10.5696/2156-9614-3.4.23
6. Bret Ericson. "Lead (Pb) Contamination in Low- and Middle-Income Countries: Exposures, Outcomes and Mitigation." (Presented for Degree in Doctor of Philosophy, Macquarie University, 2019).
7. Lanphear, Bruce P. "The Impact of Toxins on the Developing Brain." (*Annual Review of Public Health* 36, 2015). DOI: 10.1146/annurev-publhealth-031912-114413
- Goodlad, James K., David K. Marcus, and Jessica J. Fulton. "Lead and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) symptoms: a meta-analysis." (*Clinical Psychology Review* 33, no. 3 (2013): 417-425. DOI: 10.1016/j.cpr.2013.01.009
8. U.S. Environmental Protection Agency. "Superfund Engineering Issue: Treatment of Lead-Contaminated Soils." (1991) https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/leadcontam_sites.pdf
9. U.S. Environmental Protection Agency. "Steps to Lead Safe Renovation, Repair and Painting." (2011). <https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/steps.pdf>
10. United Nations Environment Programme, International Lead Association. "The Environmentally Sound Management of Used Lead Acid Batteries and the Use and Application of the Benchmarking Assessment Tool Workshop." (2018).
11. World Health Organization. "Childhood Lead Poisoning." (2010). <https://www.who.int/ceh/publications/leadguidance.pdf>
12. Bret Ericson. "Lead (Pb) Contamination in Low- and Middle-Income Countries: Exposures, Outcomes and Mitigation." (Presented for Degree in Doctor of Philosophy, Macquarie University, 2019) p45.
13. Bret Ericson. "Lead (Pb) Contamination in Low- and Middle-Income Countries: Exposures, Outcomes and Mitigation." (Presented for Degree in Doctor of Philosophy, Macquarie University, 2019) p45.

14. UNICEF. "Convention on the Rights of the Child text."
15. United Nations Sustainable Development. "United Nations Conference on Environment & Development, Rio de Janerio, Brazil, 3 to 14 June 1992" <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf> (Accessed July 16th, 2020)
16. G7 Environment Ministers' Meetings. "1997 Declaration of the Environment Leaders of the Eight on Children's Environmental Health" <http://www.g8.utoronto.ca/environment/1997miami/children.html> (Accessed July 7th, 2020)
17. World Health Organization. "The Bangkok Statement." (International Conference on Environmental Threats to the Health of Children: Hazards and Vulnerability, Bangkok, 3-7 March 2002). <https://www.who.int/ceh/capacity/bangkok-statement/en/>
18. Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development (Accessed on 16 July 2020: https://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/WSSD_PlanImpl.pdf)
19. Landrigan, Philip, Monica Nordberg, Roberto Lucchini, Gunnar Nordberg, Philippe Grandjean, Anders Iregren, and Lorenzo Alessio. "The Declaration of Brescia on Prevention of the Neurotoxicity of Metals." (*American journal of industrial medicine* 50, no. 10, 2007): 709. DOI: 10.1002/ajim.20404
20. World Health Organization. "Global Plan of Action for Children's Health and the Environment." (2010). https://www.who.int/ceh/cehplanaction_10_15.pdf
21. Inter-Organizational Programme for The Sound Management of Chemicals. "Chemicals and Waste Management: Essential to Achieving the Sustainable Development Goals (SDGs)." https://www.who.int/iomc/ChemicalsandSDGs_interactive_Feb2018_new.pdf (Accessed June 23rd, 2020)
22. United Nations Information on Multilateral Environmental Agreements: UNEA 3. <https://www.informeia.org/en/event/third-meeting-un-environment-assembly-unea-3>
23. IOMC. "Chemicals and Waste Management: Essential to Achieving the Sustainable Development Goals". (2018). https://www.who.int/iomc/ChemicalsandSDGs_interactive_Feb2018_new.pdf. (Accessed June 23rd, 2020)



UNICEF
3 United Nations Plaza
New York, NY 10017, USA
www.unicef.org/



Pure Earth
475 Riverside Drive
Suite 860
New York, NY 10115, USA
www.pureearth.org

ISBN: 978-92-806-5140-9