

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Timbal Pada Air Depo Sumber Air Minum Di Komunitas

Tika Dhefiana^{*}, Rima Andriani, Heri Surianto , Blego Sedionoto

Program Studi Magister Kesehatan masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Mulawarman, Jln Sambaliung, Gunung Kelua, Kota Samarinda, Indonesia

*Corresponding author: dhefianatika@gmail.com



©2026. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Info Artikel:Diterima 21 Juni 2025 ; Direvisi 27 Desember 2025 ; Disetujui 7 Januari 2026
Tersedia online : 23 Januari 2026 ; Diterbitkan secara teratur : Februari 2026



Cara sitasi: Dhefiana T, Andriani R, Surianto H, Sedionoto B. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Timbal Pada Air Depo Sumber Air Minum Di Komunitas. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2026 Feb;25(1):64-69. <https://doi.org/10.14710/jkli.74806>.

ABSTRAK

Latar belakang : Senyawa Pb yang tertelan oleh manusia dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan keracunan. Data Riset Kesehatan Dasar (Risksadas) tentang proporsi sumber air minum rumah tangga menunjukkan bahwa air minum isi ulang merupakan sumber air minum yang paling banyak digunakan oleh masyarakat untuk dikonsumsi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi kejadian akibat adanya kandungan logam berat timbal (Pb) pada air minum yang berasal dari depo air minum isi ulang di Kecamatan Tangen Kabupaten Sragen.

Metode: Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian observasional dengan teknik analisa risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Analisa dilakukan dengan menentukan *intake* (I) masing-masing sampel, yang kemudian di hitung tingkat risiko bagi kesehatan (RQ). Selanjutnya disimulasikan dengan variasi lama pajanan. **Hasil:** Berdasarkan ketiga sampel yang diambil pada masing-masing lokasi, didapatkan hasil kandungan Pb yang melebihi ambang batas ketentuan yaitu kadar Pb sebanyak 0,35 mg/L pada lokasi pertama, kadar logam berat Pb 0,17 mg/L pada sampel air yang di ambil di lokasi kedua dan kadar Pb sebesar 0,05 mg/L pada lokasi ketiga. Hasil analisis didapatkan nilai RQ >1 adalah pada sampel air minum di lokasi pertama dan kedua dengan nilai RQ 2,57 dan 1,14. Kedua sampel yang beresiko tersebut disimulasikan dengan variasi lama pajanan dan didapatkan hasil RQ lokasi pertama adalah 1,1 dengan lama pajanan 15 tahun.

Simpulan: Nilai RQ pada lokasi 1 dan lokasi 2 pada pajanan Pb yang terkandung dalam air minum isi ulang diperoleh nilai RQ > 1 yang artinya bahwa pajanan *lifetime* beresiko menimbulkan efek kesehatan. Nilai pajanan real time yang beresiko terpajan logam berat Pb adalah selama 15 tahun di air minum yang diambil pada depo air minum dilokasi pertama. Disarankan adanya pemeriksaan kualitas air minum di depo air minum isi ulang di Desa tangen Kabupaten Sragen dilakukan secara rutin dan berkala.

Kata kunci: Timbal/Pb; Sumber Air Minum; Risiko Kesehatan

ABSTRACT

Title: Environmental Health Risk Analysis Of Lead Exposure In Drinking Water In The Community

Background: Heavy metals are one of the known hazardous environmental issues that are difficult to deal with. Pb compounds ingested by humans in high concentrations can cause poisoning. Along with the increasingly busy society, the provision of drinking water needs in the community has also changed. People prefer to fulfill their drinking water needs with cheap, practical, and easy to obtain. Basic Health Research (Risksadas) data on the proportion of household drinking water sources shows that

refill drinking water is the source of drinking water most widely used by the community for consumption. This has led to the need to monitor the content of heavy metals in drinking water from refill drinking water depots. The purpose of this study was to predict the incidence of heavy metal lead (Pb) in drinking water from refill drinking water depots in Tangen Sub-district, Sragen Regency.

Method: The research method used is observational research with environmental health risk analysis techniques (EHRA). The analysis was carried out by determining the intake (I) of each sample, which then calculated the level of risk to health (RQ). Furthermore, it is simulated with variations in exposure duration

Result: Based on the three samples taken at each location, the results obtained Pb content that exceeds the threshold provisions are Pb levels of 0.35 mg/L in the first location, Pb heavy metal levels of 0.17 mg/L in water samples taken in the second location and Pb levels of 0.05 mg/L in the third location. The results of the analysis obtained the RQ value > 1 is in drinking water samples in the first and second locations with RQ values of 2.57 and 1.14. The two risky samples were simulated with variations in exposure duration and the first location RQ result was 1.1 with an exposure duration of 15 years. **Conclusion:** The RQ value at location 1 and location 2 on exposure to Pb contained in refill drinking water obtained $RQ > 1$, which means that lifetime exposure is at risk of causing health effects. The real time exposure value at risk of exposure to heavy metal Pb is for 15 years in drinking water taken at the drinking water depot in the first location. It is recommended that drinking water quality checks at refill drinking water depots in Tangen Village, Sragen Regency be carried out routinely and periodically. (1 spasi, 10 pt)

Keywords: Lead; Drinking Water; Health Risk

PENDAHULUAN

Logam berat adalah salah satu isu lingkungan berbahaya yang sudah diketahui tapi sulit untuk di tangani.¹ Logam berat dapat tertumpuk di tanah dan air yang dapat mengkontaminasi air dan makanan yang banyak dikonsumsi oleh manusia.² Logam berat dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial merupakan logam berat yang dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam jumlah tertentu. Logam berat ini berfungsi untuk membantu tubuh ber metabolisme. Yang termasuk dalam logam berat esensial adalah Tembaga (Cu), Besi (Fe), Selenium (Se), dan Zink (Zn). Selain itu juga ada logam berat non esensial yang keberadaannya justru berbahaya bagi manusia dan dapat menyebabkan keracunan meski dalam jumlah yang sangat sedikit. Contoh dari logam berat non esensial yaitu Merkuri (Hg), Arsenik (As), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd).³

Salah satu jenis logam berat yang berbahaya bagi manusia yakni timbal (Pb) yang keberadaannya tersebar luas di lingkungan. Logam berat timbal (pb) dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui berbagai cara, yaitu melalui pernapasan (inhalasi), melalui pencernaan (ingesti), melalui absorpsi kulit (dermal), dan melalui paparan endogen.⁴ Melalui pernapasan, timbal dapat masuk melalui partikel Pb yang terhirup di lingkungan seperti lingkungan peleburan, daur ulang aki, atau pembakaran cat yang mengandung timbal, dan ini merupakan jalur paparan yang utama. Selain itu, timbal masuk ke manusia juga melalui debu, tanah, air atau makanan yang terkontaminasi dan tertelan.⁵ Jalur masuknya logam berat Pb melalui kulit biasanya terjadi pada pekerja industri atau pengguna kosmetik tradisional yang mengandung timbal.⁶

Timbal (Pb) yang terakumulasi di tubuh manusia akan menyebabkan gangguan kesehatan bagi manusia itu sendiri.⁷ Senyawa Pb yang tertelan oleh manusia dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan keracunan. Pb dalam air minum dapat bersumber dari berbagai hal, dapat dari peralatan rumah, keran rumah, sumber pipa terbuat dari Pb, dan pola konsumsi antara individu.⁸ Jutaan pipa timbal (Pb) masih banyak digunakan di banyak belahan dunia. Amerika Serikat terus memberikan perhatian khusus pada manusia yang terpapar Pb yang berasal dari air minum.⁹ Penelitian yang telah dilakukan oleh Marianti A, dkk pada tahun 2013 menyebutkan bahwa timbal (Pb) telah ditemukan dalam air yang banyak dikonsumsi penduduk setempat mencapai 6,324 ppm.¹⁰ Timbal (Pb) banyak digunakan untuk melapisi logam agar terhindar dari karat.¹¹ Salah satunya adalah untuk melapisi pipa pengaliran air minum agar tidak timbul karat, dan juga untuk solder penyambungan pipa air minum tersebut.¹² Keadaan ini yang memungkinkan terjadinya kontaminasi Pb pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) bisa terjadi.¹³

Seiring dengan kesibukan masyarakat yang semakin tinggi, maka pengadaan kebutuhan air minum di masyarakat juga mengalami perubahan. Masyarakat lebih memilih memenuhi kebutuhan air minum mereka dengan yang murah, praktis, dan mudah di dapatkan.¹⁴ Data Riset Kesehatan Dasar (Riskesadas) tentang proporsi sumber air minum rumah tangga menunjukkan bahwa air minum isi ulang merupakan sumber air minum yang paling banyak digunakan oleh masyarakat untuk dikonsumsi.¹⁵ Hal ini yang menyebabkan perlunya dilakukan pengawasan terhadap kandungan logam berat pada air minum yang berasal dari depo air minum isi ulang.

Penyataan tersebut terbukti dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rizkia Dita (2021) tentang Analisis Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) Pada Air Minum Dalam Kemasan Dan Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukarame Bandar Lampung (2021) didapatkan bahwa lima dari dua belas sampel air minum isi ulang yang di teliti memiliki konsentrasi Pb melebihi standar maksimal 0,01 mg/L.¹⁶ Kontaminasi Pb juga ditemukan pada sumber minum lainnya, penelitian yang dilakukan pada air sumur di Kawasan pertanian di Kanagarian Simpang Tanjung Nan IV Kabupaten Solok di dapatkan konsentrasi Pb pada air sebesar 6,735 mg/L - 53,492 mg/L, dimana telah melebihi NAB yang di tetapkan.¹⁷ Penelitian lain yang dilakukan di Denpasar Selatan oleh Handriyani juga mendapatkan bahwa didapatkan adanya kontaminasi logam berat meskipun masih di bawah batas baku mutu yang ditetapkan.¹⁸ Penelitian pada air sumur juga dilakukan di sekitar tempat pembuangan akhir Kalipancur, Kabupaten Purbalingga yang menyebutkan bahwa adanya kontaminasi logam berat yang perlu mendapat perhatian dikarenakan keberadaannya dalam sumber air minum di masyarakat Kalipancur.¹⁹

Pencemaran akibat logam berat timbal (Pb) dimungkinkan dapat terus bertambah setiap tahunnya. Semakin banyak air minum terkontaminasi yang dikonsumsi oleh masyarakat maka akan semakin banyak tertumpuk di dalam tubuh dan hal ini akan dapat menyebabkan gangguan kesehatan ke depannya. Untuk mengetahui jumlah paparan Pb dalam tubuh, perlu dilakukan pemeriksaan kualitas kimia air yang kemudian di bandingkan dengan standar baku mutunya. Metode pengujian parameter kimia tersebut dapat dilakukan secara portabel maupun berbasis laboratorium (20). Setelah itu diperlukan adanya penilaian risiko terhadap dampak kesehatan yang dapat merugikan masyarakat. Salah satu nya adalah dengan melakukan pengukuran risiko kesehatan. Metode kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan disebut juga dengan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).²¹ Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi kejadian akibat adanya kandungan logam berat timbal (Pb) pada air minum yang berasal dari depo air minum isi ulang di Kecamatan Tangen Kabupaten Sragen. Sehingga penting untuk meneliti tentang tingkat risiko kesehatan akibat pajanan timbal yang masuk melalui air minum dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

MATERI DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian observasional dengan teknik analisa risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Dilakukan penilaian sejauh mana risiko pajanan (RQ) Pb pada air minum di Depo Air Minum (DAM) di Kecamatan Tangen Kabupaten Sragen. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* dimana dilakukan pada lokasi yang mudah diakses dan didapatkan pada 3 titik, titik pertama diambil di Depo Air Minum di Desa Ngrombo, lokasi kedua diambil di Depo Air Minum di desa Gupakwarak, dan yang terakhir di lokasi ketiga diambil di Depo Air Minum isi ulang di Desa Ngeprungan yang berasa di Kecamatan Tangen, Kabupaten Sragen. Sampel kemudian dilakukan pemeriksaan kandungan logam berat Pb di Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang Surakarta. Data yang digunakan dari penelitian ini merupakan data sekunder yang telah dilakukan di air minum isi ulang Desa Tangen, Kabupaten Sragen yang dilaksanakan pada bulan November sampai dengan bulan Desember tahun 2020.²² Metode pemeriksaan yang digunakan untuk mengetahui kandungan logam berat Pb pada air minum isi ulang depot air minum ini yakni menggunakan spektroskopi serapan atom. Spektroskopi Serapan Atom (SSA) atau Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) adalah metode analisis kimia untuk mengukur konsentrasi unsur logam dan metaloid dengan prinsip atom-atom bebas menyerap radiasi pada panjang gelombang spesifik untuk tereksitasi, di mana intensitas penyerapan berbanding lurus dengan konsentrasi unsur dalam sampel, yang umum digunakan untuk analisis logam berat di air, tanah, atau sampel biologis.²³

Metode yang dilakukan selanjutnya adalah dengan melakukan analisis pemparan untuk menentukan risk agent timbal (Pb) yang diterima oleh individu sebagai asupan atau intake.²⁴ Pajanan Pb yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat menyebabkan resiko non karsinogenik, maka digunakan data sekunder dosis respon referensi (Rfd) yang ditetapkan oleh IRIS dari US-EPA 92006) yaitu sebesar 0,0035 mg/kg/hari. Berikut ini adalah rumus perhitungan intake untuk jalur pajanan :

$$I_{\sim} = \frac{C \times R \times fe \times Dt}{Wb \times t \text{ avg}}$$

Intake (I) dalam mg/kg x hari tidak ada nilai default sebanding dengan Kosentrasi (C) mg/l tidak ada nilai default , laju asupan (R) liter/hari nilai default untuk dewasa pada daerah pemukiman 2 liter/hari, frekuensi pajanan (fe) hari/tahun dengan nilai default 365 hari/tahun , dan durasi pajanan (Dt) nilai default 30 tahun namun berbanding terbalik dengan berat badan (Wb) nilai default 70 Kg pada orang dewasa Indonesia dan periode rata-rata waktu (tavg) dimana nilai default tavg (30 tahun x 365 hari/tahun= 10950 hari). Untuk melihat karakteristik resiko atau Risk Quation, perhitungan karakteristik resiko pada jalur pajanan dan efek non karsinogenik dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$RQ = \frac{\text{Intake}}{Rfd}$$

Karakteristik resiko (RQ) berbanding lurus dengan Intake dan berbanding terbalik dengan dosis respon (Rfd), dimana nilai Rfd pajanan Pb pada air depo air minum isi ulang menurut EPA (2006) yaitu 0,0035.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Air minum yang berasal dari depo air minum isi ulang hendaknya harus memenuhi standar baku mutu air minum yang telah ditetapkan. Batas kadar Pb dalam air minum konsumsi yang ditetapkan oleh Permenkes No. 492/Menkes/PER/IV/2010 adalah 0,01 mg/L. Berdasarkan hasil pengukuran lapangan Pb air minum yang telah dilakukan pada depo air minum isi ulang di Desa Tangen Kabupaten Sragen menunjukkan bahwa air minum isi ulang di depo air minum tersebut mengandung kadar Pb yang melebihi batas baku mutu yang telah ditentukan oleh Permenkes No. 492/Menkes/PER/IV/2010, seperti ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil pemeriksaan laboratorium kandungan Pb dalam air minum di depo air minum isi ulang di Desa Tangen Kabupaten Sragen beserta kadar maksimum

Logam Berat	Hasil (mg/L)			Kadar Maksimum
	Lokasi I	Lokasi II	Lokasi III	
Pb	0,35	0,17	0,05	0,01

Permenkes No. 492/Menkes/PER/IV/2010 menyebutkan bahwa baku mutu kandungan logam berat Pb pada air minum adalah sebesar 0,01 mg/L. Berdasarkan ketiga sampel yang diambil pada masing-masing lokasi, didapatkan hasil kandungan Pb yang melebihi ambang batas ketentuan permenkes No. 492/Menkes/PER/IV/2010 yaitu kadar Pb sebanyak 0,35 mg/L pada lokasi pertama, kadar logam berat Pb 0,17 mg/L pada sampel air yang di ambil di lokasi kedua dan kadar Pb sebesar 0,05 mg/L pada lokasi ketiga.

Selanjutnya dilakukan perhitungan risiko kesehatan lingkungan dan di dapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil perhitungan risiko kesehatan lingkungan kandungan Pb dalam air minum di depo air minum isi ulang di Desa Tangen Kabupaten Sragen

Logam Berat	Hasil ARKL		
	RQ 1	RQ 2	RQ 3
Pb	2,57	1,14	0,28

Blego Sedionoto dalam bukunya mengatakan risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika $RQ > 1$. Jika $RQ < 1$ maka risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak melebihi 1.²⁴ Tabel diatas menunjukkan hasil perhitungan risiko kesehatan lingkungan yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa RQ di lokasi pertama sebesar 2,75, RQ di lokasi kedua sebesar 1,14 dan RQ di lokasi ketiga adalah 0,28. Dikatakan beresiko jika nilai RQ lebih besar dari 1. Selanjutnya dari kedua lokasi yang beresiko tersebut dilakukan simulasi lama pajanan selama 5 tahun, 10 tahun, dan 15 tahun.

Tabel 3. Simulasi analisis risiko kesehatan lingkungan berdasarkan lama pajanan

Lama Pajanan	RQ 1	RQ 2
5 tahun	0,28	0,20
10 tahun	0,85	0,85
15 tahun	1,1	0,65

Berdasarkan tabel 3 diatas, didapatkan hasil bahwa RQ di lokasi pertama jika terpajan selama 5 tahun sebesar 0,28, jika terpajan selama 10 tahun RQ sebesar 0,85 dan jika terpajan selama 15 tahun maka nilai RQ sebesar 1,1 dimana dapat dikategorikan beresiko. Pada sampel air di lokasi kedua, jika terpajan selama 5 tahun didapatkan hasil RQ sebesar 0,20 , jika terpajan selama 10 tahun maka nilai RQ adalah 0,85 dan nilai RQ sebesar 0,65 jika terpajan selama 15 tahun. Nilai Risk Quotient (RQ) pada lokasi pertama menunjukkan adanya peningkatan seiring bertambahnya durasi pajanan. Pada pajanan selama 5 tahun, nilai RQ sebesar 0,28, yang masih berada di bawah ambang batas risiko ($RQ<1$), sehingga dapat dikategorikan tidak berisiko terhadap kesehatan. Selanjutnya, pada pajanan selama 10 tahun, nilai RQ meningkat menjadi 0,85, yang meskipun masih berada di bawah nilai ambang, namun menunjukkan kecenderungan mendekati kondisi berisiko. Pada pajanan selama 15 tahun, nilai RQ mencapai 1,1, yang melebihi nilai ambang batas ($RQ>1$), sehingga dapat dikategorikan berisiko terhadap kesehatan, terutama bagi individu yang terpapar secara terus-menerus dalam jangka waktu panjang.

Sementara itu, pada sampel air di lokasi kedua, nilai RQ pada pajanan selama 5 tahun sebesar 0,20, yang menunjukkan kondisi tidak berisiko. Pada pajanan selama 10 tahun, nilai RQ meningkat menjadi 0,85, yang mendekati nilai ambang batas risiko. Namun, berbeda dengan lokasi pertama, pada pajanan selama 15 tahun nilai RQ justru menurun menjadi 0,65, yang masih berada di bawah ambang batas risiko. Hal ini mengindikasikan

bahwa meskipun terjadi pajanan dalam jangka waktu panjang, tingkat risiko kesehatan di lokasi kedua relatif lebih rendah dibandingkan lokasi pertama, yang dapat dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi pencemar, karakteristik lingkungan, maupun faktor paparan lainnya.

Hasil pemeriksaan air minum depo air isi ulang yang telah diperiksa menunjukkan bahwa nilai RQ pada masing-masing depo air minum isi ulang di Desa Tangen Kabupaten Sragen memperoleh nilai $RQ > 1$ untuk lokasi 1 dan lokasi 2, dimana ini berarti bahwa pada pajanan *lifetime* beresiko menimbulkan efek kesehatan akibat pajanan timbal (Pb). Sedangkan untuk lokasi ketiga memiliki $RQ < 1$ yang artinya bahwa pada pajanan *lifetime* belum beresiko menimbulkan efek pajanan logam berat timbal (Pb).²⁵ Berdasarkan perkiraan risiko di atas, Pb yang terdapat dalam air depo air minum di lokasi pertama dan lokasi kedua sangat berisiko bagi individu dengan berat badan 70 kg bila air minum tersebut diminum sebanyak 2 L/hari selama 350 hari/tahun dalam jangka waktu 30 tahun karena RQ jauh di atas 1. Estimasi tersebut dihitung untuk durasi untuk default sepanjang hayat (*lifetime*) sehingga efek-efek toksitas Pb mungkin baru dirasakan 30 tahun kemudian. Untuk pembuktian secara epidemiologis, 30 tahun bukanlah jangka waktu yang normal sehingga perlu dilakukan estimasi risiko untuk durasi pajanan real time yang dialami penduduk.²⁴ Dapat disimulasikan durasi pajanan dikelompokkan menjadi 5 tahun, 10 tahun, dan 15 tahun.

Hasil simulasi analisis risiko lingkungan durasi pajanan 5 tahun, 10 tahun, dan 15 tahun didapatkan bahwa hasil RQ yang melebihi nilai 1 adalah pada RQ 1 dengan lama pajanan 15 tahun. Dapat diartikan bahwa Ketika Masyarakat mengkonsumsi air minum depo air minum dari lokasi pertama selama 15 tahun, maka masyarakat sudah beresiko terpajan logam berat Pb. Hal ini dikarenakan adanya cemaran logam berat pada sumber air yang digunakan. Kandungan logam berat ini selain berasal dari pengolahan air minum isi ulang yang buruk juga ada beberapa faktor lain yang mempengaruhinya antara lain jenis, waktu penggantian, dan kepatuhan depo air minum dalam melakukan penggantian filter.²⁶ Kontaminasi Pb pada air minum menjadi berbahaya dikarenakan dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan. Seperti yang kita ketahui bersama bahwa timbal (Pb) biasa digunakan dalam pembuatan produk kimia, amunisi, solder, pelapis kabel, dan juga pipa. Air isi ulang menggunakan pipa sebagai salah satu bahan dalam melakukan pengolahan air minum tersebut dengan cara mengalirkan air dari satu tabung ke tabung lainnya. Hal ini yang dapat menyebabkan air minum terkontaminasi Pb dikarenakan dalam proses pengolahannya menggunakan pipa yang berbahan timbal (Pb).²⁷ Paparan Pb akut dan kronis dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal, otak, organ reproduksi, serta sistem saraf pusat dan tepi. Efek toksik juga berkaitan dengan akumulasi logam dalam jaringan tubuh.²⁸ Pb dipercaya dapat mempengaruhi berbagai sistem organ seperti hematopoietik, ginjal, reproduksi, dan sistem saraf melalui peningkatan stres oksidatif.²⁹

SIMPULAN

Nilai RQ pada lokasi 1 dan lokasi 2 pada pajanan Pb yang terkandung dalam air minum isi ulang diperoleh nilai $RQ > 1$ yang artinya bahwa pajanan *lifetime* beresiko menimbulkan efek kesehatan. Nilai pajanan real time yang beresiko terpajan logam berat Pb adalah selama 15 tahun di air minum yang diambil pada depo air minum di lokasi pertama. Disarankan adanya pemeriksaan kualitas air minum di depo air minum isi ulang di Desa Tangen Kabupaten Sragen dilakukan secara rutin dan berkala.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arifiyana D, Devianti VA, Wardani RK. Edukasi Bahaya Logam Berat dalam Tubuh dan Sumber Kontaminannya. J Abdi Masy Kita. 2023;3(1):40–52. <https://doi.org/10.33759/asta.v3i1.306>
2. Arunakumara, Buddhi Charana Walpola MHY. Banana Peel: A Green Solution for Metal Removal from Contaminated Waters. Korean J Environ Agric [Internet]. 2013;Vol.32. No:pp.108-116. Available from: https://korseaj.org/selectArticleInfo.do?ano=HGNHB8_2013_v32n2_108
3. Adhani, R. H. Logam Berat Sekitar Manusia. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press; 2017.
4. Bhasin T, Lamture Y, Kumar M, Dhamecha R. Unveiling the Health Ramifications of Lead Poisoning: A Narrative Review. Cureus. 2023;15(10):1–7.
5. WHO. WHO guideline for clinical management of exposure to lead [Internet]. 2021. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>
6. Niemeier RT, Maier A, Reichard JF. Rapid Review of Dermal Penetration and Absorption of Inorganic Lead Compounds for Occupational Risk Assessment. Ann Work Expo Heal. 2022;66(3):291–311.
7. Febriwani FW, Elliyanti A, Reza M. Analisis Kadar Timbal (Pb) Air Minum Isi Ulang pada Depot Air Minum (DAM) di Kecamatan Padang Timur Kota Padang Tahun 2017. J Kesehat Andalas. 2019;8(3):668. <https://doi.org/10.25077/jka.v8i3.1056>
8. Triantafyllidou S, Burkhardt J, Tully J, Cahalan K, DeSantis M, Lytle D, et al. Variability and sampling of lead (Pb) in drinking water: Assessing potential human exposure depends on the sampling protocol. Environ Int. 2021;146:1–33.
9. A GDK, B BFS, C DAC b, C NEM, D SMR, B JCJB. High-precision Pb isotopes of drinking water lead pipes: Implications for human exposure to industrial Pb in the United States. Sci Total Environ [Internet]. 2023;871. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723006836?via%3Dihub>

10. Biologi BI. Rambut Sebagai Bioindikator Pencemaran Timbal Pada Penduduk Di Kecamatan Semarang Utara. Biosaintifika J Biol Biol Educ. 2013;5(1):10–5.
11. Sunarya Y. Kimia dasar berdasarkan prinsip-prinsip kimia terkini. Revisi. Bandung: Angkasa; 2007.
12. WHO. Lead in drinking water. USA: WHO; 2011; Available from: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/lead.pdf
13. Putri RZ. Hubungan Konsentrasi Timbal dalam Air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dengan Kejadian Hipertensi di Desa Sijantang Koto Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto (Skripsi). Fak Kedokt Univ Andalas [Internet]. 2017; Available from: <http://scholar.unand.ac.id/23618/>
14. Nuraini IS. Analisis Logam Berat Dalam Air Minum Isi Ulang (Amiu) Dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Gravitasi. 2015;
15. Tim Riskesdas 2018. Laporan Provinsi Kalimantan Timur Riskesdas 2018. Lemb Penerbit Badan Litbang Kesehat. 2019;472.
16. Rizkia Dita Farenda. Analisis perbandingan kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air minum dalam kemasan dan air minum isi ulang di kecamatan Sukarame Bandar Lampung. Progr Stud Biol Univ Islam Negeri Raden Intan Lampung. 2021;(Cd):22.
17. Arlinda S, Mukhlis M, Suksmerri S, Lindawati L. Analisis Risiko Kandungan Timbal (Pb) pada Air Sumur Kawasan Pertanian di Kenagarian Simpang Tanjung Nan IV Kabupaten Solok. J Sehat Mandiri. 2023;18(2):94–106. <https://doi.org/10.33761/jsm.v18i2.1031>
18. Handriyani KATS, Habibah N, DhyanaPutri IGAS. Analisis Kadar Timbal (Pb) Pada Air Sumur Gali Di Kawasan Tempat Pembuangan Akhir Sampah Banjar Suwung Batan Kendal Denpasar Selatan. JST (Jurnal Sains dan Teknol. 2020;9(1):68–75. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v9i1.17842>
19. Heny DKN, Dhanti KR, Wardani DPK. Analisi Kandungan Timbal (Pb) Pada Air Sumur Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Kalipancur Kabupaten Purbalingga. J Anal Med Biosains. 2022;9(1):01. <https://doi.org/10.32807/jambs.v9i1.224>
20. Syamsir, Blego Sedionoto. Analisis Kualitas Lingkungan (Kajian Kesehatan Lingkungan dan Kualitas Lingkungan Air). Sleman: Deepublish Publisher; 2023.
21. Utami SS. Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan Krom (VI) pada Air Sumur di Sekitar Industri Batik UD Bintang Timur (Studi Kasus di Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember). Repos Univ Negeri Jember [Internet]. 2017;1–102. Available from: <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/83371%0Ahttps://repository.unej.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/83371/Siti Safarina Utami - 112110101010.pdf?sequence=1&isAllowed=>
22. Hidayah QN, Mahardika MP, Permatasari DAI. Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Dan Hg Pada Air Minum Isi Ulang Depot Air Minum (DAM) Di Kecamatan Tangen Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom. Duta Pharma J. 2021;1(1):57–67. <https://doi.org/10.47701/djp.v1i1.1193>
23. Syah I, Satria D, Nur M, Rahmawati M. Article Review : Evaluation of the Effectiveness of Sample Preparation Comparison in Atomic Absorption Spectrophotometry (SSA) Instrument for Analyzing Lead Metal. 2025;1961–9.
24. Blego Sedionoto, Syamsir. Analisa Risiko Kesehatan Lingkungan Kegiatan Pertambangan dan Industri di Kawasan Deforestrasi Tropika Lembab. Sleman: Deepublish Publisher; 2023.
25. Kementerian Kesehatan. Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. 2012.
26. Amelia F, Rahmi R. Analisa Logam Berat Pada Air Minum Dalam Kemasan (Amdk) Yang Diproduksi Di Kota Batam. J Dimens. 2017;6(3):434–41. <https://doi.org/10.33373/dms.v6i3.1077>
27. Darise M, Isa I, Paputungan M, Ischak NI, Mohamad E. Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), dan Merkuri (Hg) pada Sayuran Selada (*Lactuca Sativa L.*) yang Beredar di Pasar Sentral Kota Gorontalo. 2025;
28. Collin MS, Kumar S, Vijayakumar N, Kanimozi V, Arbaaz SM, Stacey RGS, et al. Journal of Hazardous Materials Advances Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human : A review. J Hazard Mater Adv [Internet]. 2022;7(May):100094. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100094> <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100094>
29. Flora G, Gupta D, Tiwari A. Toxicity of lead : A review with recent updates. 2012;5(2):47–58.