

## Deteksi Dini Polutan: Menggunakan Geokimia untuk Memantau Logam Berat dalam Air Tanah

Haslinda Hasan

Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi dan Bisnis Arung Palakka

Email: [the81indah@gmail.com](mailto:the81indah@gmail.com)

### ABSTRACT:

*This research examines the use of geochemical approaches for early detection of heavy metals in groundwater, a crucial issue in water resources management and environmental protection. Using qualitative research methods with a literature study approach, this research analyzes various secondary data sources to understand the effectiveness, challenges and opportunities for developing geochemical methods in monitoring groundwater quality. The research results show that the geochemical approach has significant advantages in detecting subtle changes in the chemical composition of groundwater, which can be an early indicator of heavy metal contamination. Geochemical parameters such as pH, electrical conductivity, and total dissolved solids (TDS) have proven to be effective as indicators of the presence of heavy metals. Additionally, stable isotope analysis allows identification of pollution sources, opening up opportunities for more targeted mitigation strategies. This research also reveals the importance of integrating geochemical methods with Geographic Information Systems (GIS) for spatial pollution risk mapping. However, gaps were found in the applicability of this method in various geological conditions, indicating the need for the development of more adaptive models. In conclusion, geochemical approaches offer a promising solution for early detection of heavy metals in groundwater, but require further research to overcome implementation challenges, especially in developing countries. This research makes an important contribution to efforts to protect groundwater resources and supports the achievement of sustainable development goals related to clean water and sanitation.*

*Keywords: Geochemistry; Heavy Metals; Ground Water; Early Detection; Pollution.*

### Pendahuluan

Air tanah merupakan sumber daya alam yang vital bagi kehidupan manusia dan ekosistem (Wardani et al., 2021). Namun, seiring dengan pesatnya perkembangan industri dan aktivitas manusia, kualitas air tanah semakin terancam oleh berbagai jenis polutan, terutama logam berat. Logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), nikel (Ni), dan tembaga (Cu) dapat masuk ke dalam sistem air tanah melalui berbagai sumber, termasuk limbah industri, pertanian, dan aktivitas penambangan (Hamzah & Priyadarshini, 2019).

Keberadaan logam berat dalam air tanah menjadi perhatian serius karena sifatnya yang toksik dan kemampuannya untuk terakumulasi dalam organisme hidup. Bahkan dalam konsentrasi rendah, logam berat dapat menimbulkan efek berbahaya jangka panjang pada kesehatan manusia dan lingkungan (Marzuki et al., 2022). Oleh karena itu, deteksi dini dan pemantauan berkelanjutan terhadap keberadaan logam berat dalam air tanah menjadi sangat penting.

Geokimia, sebagai cabang ilmu yang mempelajari distribusi dan pergerakan unsur-unsur kimia di bumi, menawarkan pendekatan yang efektif untuk memantau dan menganalisis keberadaan logam berat dalam air tanah (Hertika & Putra, 2019). Metode

geokimia memungkinkan para peneliti untuk mengidentifikasi sumber polutan, memahami pola persebarannya, dan memprediksi potensi dampaknya terhadap lingkungan (Hasan, 2023).

Salah satu keunggulan pendekatan geokimia adalah kemampuannya untuk mendeteksi perubahan subtle dalam komposisi kimia air tanah, yang dapat menjadi indikator awal kontaminasi. Dengan menganalisis berbagai parameter geokimia, seperti pH, konduktivitas, dan konsentrasi ion-ion tertentu, para ahli dapat mengidentifikasi anomali yang mungkin menunjukkan adanya pencemaran logam berat.

Metode geokimia juga memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang interaksi antara air tanah, batuan, dan tanah (Rompas & Rumampuk, 2014). Hal ini penting karena perilaku logam berat dalam sistem air tanah sangat dipengaruhi oleh karakteristik geologi dan hidrogeologi setempat. Dengan memahami faktor-faktor ini, kita dapat lebih akurat dalam memprediksi pergerakan dan nasib logam berat di lingkungan bawah tanah (Tonggiroh, 2021).

Dalam konteks Indonesia, di mana banyak daerah bergantung pada air tanah sebagai sumber air utama, pentingnya deteksi dini polutan logam berat menjadi semakin krusial (Mardizal & Rizal, 2024). Beberapa studi telah menunjukkan adanya kontaminasi logam berat di berbagai wilayah, terutama di daerah dengan aktivitas industri dan pertambangan yang intensif. Misalnya, penelitian di sekitar area penambangan emas di Kota Sawahlunto menunjukkan adanya potensi pencemaran air tanah oleh logam berat seperti merkuri (Ramadhan Tosepu, 2024).

Selain itu, perkembangan teknologi analisis, seperti *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), telah meningkatkan akurasi dan sensitivitas dalam mendeteksi konsentrasi logam berat, bahkan pada level yang sangat rendah. Hal ini memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi pencemaran sebelum mencapai tingkat yang membahayakan.

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Sumber
1	Patanduk dkk.	Analisis Kerentanan Air Tanah Dengan Metode DRASTIC	Wilayah selatan Limboto memiliki kerentanan tinggi terhadap pencemaran, sedangkan wilayah utara memiliki kerentanan rendah hingga sedang	<a href="https://geologi.ugm.ac.id/analisis-kerentanan-air-tanah-dengan-metode-drastic/">https://geologi.ugm.ac.id/analisis-kerentanan-air-tanah-dengan-metode-drastic/</a>
2	Siringoringo	Analisis Geokimia dan Status Mutu Air Tanah Area Perkotaan	Ditemukan peningkatan kandungan natrium dan kalium yang berasal dari penggunaan pupuk pada aktivitas pertanian	<a href="https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/40879/18513096.pdf?sequence=1">https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/40879/18513096.pdf?sequence=1</a>
3	Diana	Cemaran Logam	Aktivitas manusia	<a href="https://repository.u">https://repository.u</a>

Berat di Lingkungan	seperti industri, rumah tangga, pertanian, dan penambangan merupakan sumber utama keberadaan logam di perairan	<a href="http://nja.ac.id/57150/5/Bab%20I%20M.Fa%20AInemeri%20(M1D119012).pdf">nja.ac.id/57150/5/Bab%20I%20M.Fa%20AInemeri%20(M1D119012).pdf</a>
---------------------	--	--

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk mengembangkan metode deteksi dini yang lebih efisien dan terintegrasi dalam memantau logam berat di air tanah. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung berfokus pada analisis di lokasi spesifik, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pendekatan geokimia yang dapat diterapkan secara luas di berbagai kondisi geologi dan hidrogeologi. Selain itu, integrasi metode geokimia dengan teknologi pemodelan dan sistem informasi geografis (SIG) dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang dinamika pencemaran logam berat dalam skala regional.

Pemantauan logam berat dalam air tanah menggunakan pendekatan geokimia bukan hanya penting untuk perlindungan lingkungan dan kesehatan masyarakat, tetapi juga memiliki implikasi signifikan terhadap kebijakan pengelolaan sumber daya air. Dengan deteksi dini, langkah-langkah pencegahan dan mitigasi dapat diambil sebelum kontaminasi mencapai tingkat yang sulit ditangani. Hal ini pada gilirannya dapat menghemat biaya remediasi yang seringkali sangat mahal dan memakan waktu lama.

## Materi dan Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan pendekatan studi literatur (Sholihah, 2020). Metode ini dipilih karena sesuai untuk menggali informasi mendalam mengenai isu deteksi dini polutan logam berat dalam air tanah melalui pendekatan geokimia, berdasarkan data dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk memahami fenomena secara holistik melalui analisis sumber data sekunder yang relevan.

### 1. Desain Penelitian

Penelitian ini dirancang sebagai studi literatur kualitatif, yang berfokus pada pengumpulan, analisis, dan interpretasi data dari berbagai sumber sekunder. Studi literatur dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menggali informasi dari penelitian terdahulu, laporan ilmiah, artikel jurnal, buku, dan dokumen lain yang relevan dengan topik penelitian.

### 2. Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data yang telah dikumpulkan dan dipublikasikan oleh pihak lain. Sumber data sekunder yang digunakan meliputi: Artikel jurnal ilmiah terkait geokimia dan logam berat dalam air tanah, Buku teks yang membahas metode pemantauan kualitas air tanah dan Sumber daring terpercaya seperti repositori universitas, perpustakaan digital, dan situs web resmi lembaga penelitian.

## Hasil

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan pendekatan geokimia dalam mendeteksi dini keberadaan logam berat di air tanah merupakan metode yang efektif dan relevan untuk mengidentifikasi potensi pencemaran. Berdasarkan analisis literatur, logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), dan kromium (Cr) merupakan kontaminan utama yang sering ditemukan dalam air tanah di berbagai wilayah, terutama di daerah dengan aktivitas industri, pertambangan, dan pertanian intensif. Studi-studi sebelumnya juga menegaskan bahwa keberadaan logam berat ini sering kali sulit terdeteksi pada tahap awal karena konsentrasinya yang rendah, sehingga diperlukan metode yang sensitif seperti geokimia untuk mendeteksi perubahan komposisi kimia air tanah secara dini.

Penelitian ini juga menemukan bahwa parameter geokimia seperti pH, konduktivitas listrik, total *dissolved solids* (TDS), dan konsentrasi ion-ion tertentu dapat digunakan sebagai indikator awal adanya pencemaran logam berat. Misalnya, penurunan pH yang signifikan sering dikaitkan dengan mobilisasi logam berat dari sedimen ke dalam air tanah. Selain itu, peningkatan konduktivitas listrik dapat mengindikasikan adanya ion-ion logam terlarut dalam jumlah yang lebih tinggi. Data ini menunjukkan bahwa analisis parameter geokimia tidak hanya membantu mendeteksi keberadaan logam berat tetapi juga memberikan informasi tentang mekanisme transportasi dan distribusi polutan di lingkungan bawah tanah.

Kajian literatur juga menunjukkan bahwa pendekatan geokimia memiliki keunggulan dalam mengidentifikasi sumber pencemaran. Sebagai contoh, isotop stabil tertentu dapat digunakan untuk melacak asal-usul logam berat, apakah berasal dari aktivitas antropogenik seperti industri atau dari sumber alami seperti pelapukan batuan. Hal ini penting untuk merancang strategi mitigasi yang tepat sasaran. Beberapa penelitian juga mencatat bahwa kombinasi metode geokimia dengan teknologi pemodelan hidrogeologi dapat memberikan hasil yang lebih akurat dalam memprediksi pergerakan logam berat dalam sistem air tanah.

Namun, hasil penelitian ini juga mengungkapkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) terkait penerapan metode geokimia secara luas di berbagai kondisi geologi dan hidrogeologi. Sebagian besar penelitian cenderung berfokus pada lokasi spesifik dengan karakteristik geologi tertentu, sehingga hasilnya sulit untuk digeneralisasi ke wilayah lain. Selain itu, meskipun teknologi analisis modern seperti *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS) telah meningkatkan sensitivitas deteksi logam berat, biaya penggunaannya masih menjadi kendala bagi banyak negara berkembang, termasuk Indonesia.

Penelitian ini juga menyoroti pentingnya integrasi metode geokimia dengan sistem informasi geografis (SIG) untuk pemetaan risiko pencemaran air tanah secara spasial. Dengan menggunakan SIG, data geokimia dapat divisualisasikan dalam bentuk peta risiko yang memudahkan pengambil kebijakan untuk menentukan prioritas area yang memerlukan tindakan mitigasi segera. Beberapa studi literatur menunjukkan bahwa pendekatan ini telah berhasil diterapkan di negara-negara maju untuk mengelola kualitas air tanah secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan urgensi pengembangan metode deteksi dini yang lebih efisien dan terintegrasi dalam memantau logam berat di air tanah. Pendekatan geokimia tidak hanya relevan untuk mendeteksi pencemaran

tetapi juga memberikan wawasan penting tentang dinamika lingkungan bawah tanah. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengatasi keterbatasan saat ini, terutama dalam hal penerapan metode ini di berbagai kondisi lokal serta pengembangan teknologi yang lebih terjangkau dan mudah diakses oleh negara-negara berkembang.

### **Pembahasan**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan geokimia memiliki potensi besar dalam deteksi dini logam berat di air tanah. Efektivitas metode ini terletak pada kemampuannya untuk mengidentifikasi perubahan subtle dalam komposisi kimia air, yang dapat menjadi indikator awal kontaminasi sebelum mencapai level yang membahayakan. Pentingnya pemantauan geokimia untuk mendeteksi pencemaran logam berat di lingkungan.

Penggunaan parameter geokimia seperti pH, konduktivitas listrik, dan TDS sebagai indikator awal pencemaran logam berat merupakan temuan penting. Kemampuan untuk mengaitkan perubahan parameter ini dengan keberadaan logam berat membuka peluang untuk pengembangan sistem peringatan dini yang lebih efisien dan ekonomis. Namun, perlu dicatat bahwa interpretasi data geokimia harus dilakukan dengan hati-hati, mengingat kompleksitas interaksi antara air tanah, batuan, dan polutan.

Keunggulan pendekatan geokimia dalam mengidentifikasi sumber pencemaran, terutama melalui analisis isotop stabil, membuka peluang baru dalam manajemen lingkungan. Hal ini dapat membantu pembuat kebijakan dalam mengalokasikan sumber daya secara efisien untuk mengatasi sumber pencemaran yang paling signifikan.

Pengembangan model geokimia yang dapat diadaptasi untuk berbagai kondisi geologi menjadi tantangan sekaligus peluang untuk penelitian masa depan. Integrasi metode geokimia dengan SIG untuk pemetaan risiko pencemaran air tanah merupakan langkah maju dalam pengelolaan sumber daya air. Hal ini dapat menjembatani kesenjangan antara penelitian ilmiah dan implementasi kebijakan, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih informasi dan efektif dalam perlindungan sumber daya air tanah.

Urgensi pengembangan metode deteksi dini yang lebih efisien dan terintegrasi, seperti yang diungkapkan dalam hasil penelitian, mencerminkan kebutuhan global akan pengelolaan air tanah yang berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) PBB, khususnya SDG 6 tentang air bersih dan sanitasi. Pendekatan geokimia, dengan kemampuannya untuk memberikan wawasan mendalam tentang dinamika lingkungan bawah tanah, memiliki potensi besar untuk mendukung pencapaian tujuan ini. Namun, tantangan dalam hal aksesibilitas teknologi dan biaya implementasi, terutama di negara berkembang, menunjukkan perlunya kolaborasi internasional dan transfer teknologi untuk menjembatani kesenjangan ini.

### **Kesimpulan**

Pendekatan geokimia sangat efektif dalam mendeteksi dini logam berat di udara tanah. Metode ini dapat mengidentifikasi perubahan halus pada komposisi kimia tanah, yang menjadi indikator awal kontaminasi sebelum mencapai tingkat yang membahayakan. Parameter geokimia seperti pH, konduktivitas listrik, dan total padatan terlarut (TDS) terbukti dapat diandalkan sebagai indikator keberadaan logam berat.

Selain itu, analisis isotop stabil membantu mengidentifikasi sumber pencemaran, memberikan nilai tambah dalam upaya mitigasi lingkungan.

Meskipun demikian, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi. Keterbatasan dalam generalisasi hasil penelitian antar lokasi menunjukkan perlunya pengembangan model geokimia yang lebih adaptif. Integrasi metode geokimia dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat meningkatkan akurasi deteksi dan prediksi pencemaran, serta memudahkan pengambilan keputusan berbasis data. Pengembangan metode deteksi yang lebih efisien dan terjangkau, terutama untuk negara berkembang, memerlukan kolaborasi internasional dan transfer teknologi untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Hamzah, A., & Priyadarshini, R. (2019). *Remediasi tanah tercemar logam berat*. Unitri Press.
- [2] Hasan, H. (2023). Peran kimia lingkungan dalam konservasi sumber daya alam. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Amsir*, 2(1), 243-248.
- [3] Hertika, A. M. S., & Putra, R. B. D. S. (2019). *Ekotoksikologi untuk Lingkungan Perairan*. Universitas Brawijaya Press.
- [4] Mardizal, J., & Rizal, F. (2024). *Manajemen Kualitas Air*. Eureka Madia Utama.
- [5] Marzuki, I., Syahrir, M., Ramli, M., Harimuswarah, M. R., Artawan, I. P., & Iqbal, M. (2022). *Operasi dan Remediasi Lingkungan* (Vol. 1). TOHAR MEDIA
- [6] Ramadhan Tosepu, S. K. M. (2024). *ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- [7] Rompas, R. M., & Rumampuk, N. D. C. (2014). *Geokimia Laut*. UNSRAT PRESS
- [8] Sholihah, Q. (2020). *Pengantar Metodologi Penelitian*. Universitas Brawijaya Press.
- [9] Tonggiroh, A. (2021). *Dasar-Dasar Geokimia Eksplorasi*. CV. Social Politic Genius (SIGn).
- [10] Wardani, A. M., Pratama, B., Herlianna, C. D., Pratama, D. O., Janah, H. N. M., Tamara, L. A., Soliha, M., & Faizah, U. N. (2021). Konservasi Sumber Daya Air Guna Terjaganya Kualitas Serta Entitas Air Baku. *PISCES: Proceeding of Integrative Science Education Seminar*, 1(1), 117-126.