



# Pencemaran Besi dan Mangan pada Airtanah di Kota Palu, Sulawesi Tengah

Ammar Dwi Atmaja<sup>a</sup>, Wahyu Wilopo<sup>b</sup>, I Wayan Warmada<sup>c</sup>

<sup>abc</sup>Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\*email: [wilopo\\_w@ugm.ac.id](mailto:wilopo_w@ugm.ac.id)

## ARTICLE INFO

### Sejarah artikel:

Diterima: 20 April 2025

Direvisi: 22 Mei 2025

Diterima: 30 Juni 2025

**Keywords:** *Groundwater contamination, Iron, Manganese, Minerals, Palu*

### How to cite this article:

Atmaja, A. D., Wilopo, W., Warmada, I. W. (2025). Pencemaran Besi dan Mangan pada Airtanah di Kota Palu, Sulawesi Tengah. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 4(1), 89-96. <https://doi.org/10.34312/Jage.v4i1.31239>

## ABSTRACT

Palu City is one of the major cities on Sulawesi Island, experiencing rapid population and economic growth. However, the 2018 earthquake, tsunami, and liquefaction events caused infrastructure and environmental damage, affecting water resources in the area. Therefore, this study aims to determine the pH, temperature, DHL, TDS, and iron and manganese content of groundwater. The study was conducted by directly measuring the physical and chemical properties of groundwater in 25 water sources, including springs, dug wells, and drilled wells. In addition, groundwater and aquifer material samples were taken for laboratory testing using AAS and XRD. The results of the study showed that the groundwater pH ranged from 7.0 - 8.3, temperature 27.4 °C to 36.1°C, TDS ranged from 170mg/L - 4,733 mg/L, DHL ranged from 341µS/Cm - 9,513µS/Cm, iron content 0.1 - 0.26 mg/L and manganese content 0.16 mg/L - 0.38 mg/L. The source of iron and manganese is indicated to come from the aquifer as shown by the XRD results containing Hematite, Magnetite and Pyrolusite minerals not from anthropogenic activities.

## 1. PENGANTAR

Air merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Sumber air yang paling banyak digunakan oleh manusia adalah air tanah (Fetter & Kremer, 2022). Penggunaan air tanah mencapai 70% dari total kebutuhan air bersih penduduk dan 90% dari total kebutuhan air untuk keperluan industri (Pusat Lingkungan Geologi, 2007; Hadian dkk., 2006).

Kebutuhan air tanah dapat didapatkan secara alami melalui mata air, maupun dengan membuat sumur seperti sumur bor dan sumur gali. Alasan air tanah menjadi sumber air utama adalah karena kualitasnya yang lebih baik dibandingkan sumber air lain seperti air hujan, air sungai, maupun air danau (UNESCO, 2022).

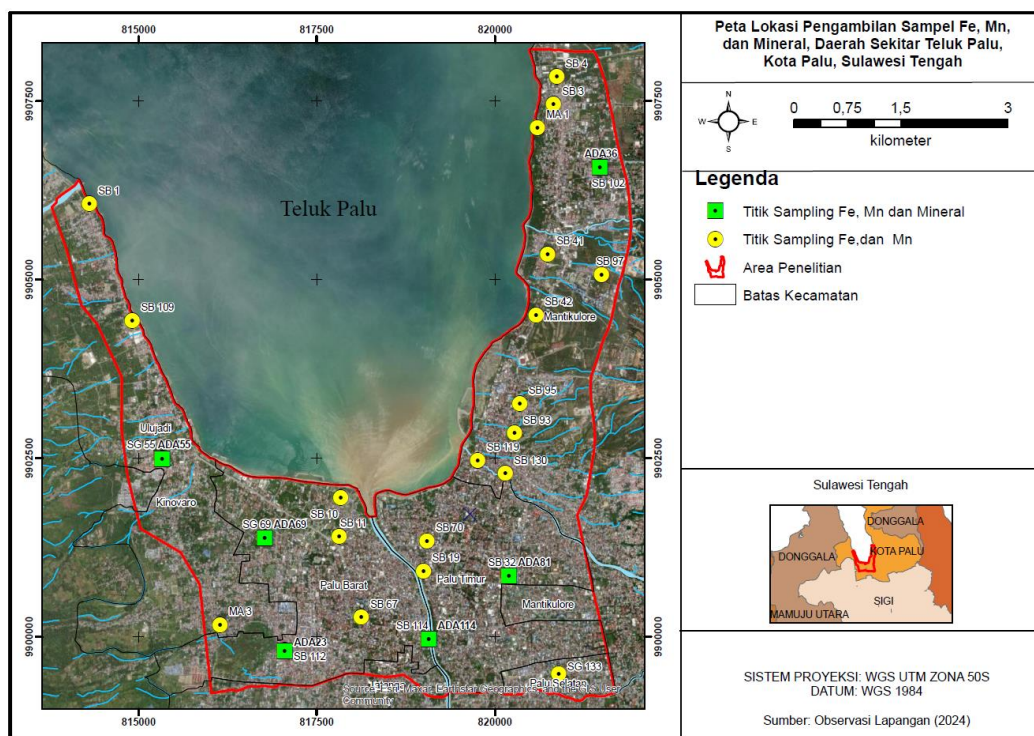
Air tanah terancam oleh degradasi, baik oleh kontaminan maupun pengambilan yang terlampau besar (Wilopo dkk, 2015). Ketersediaan air tanah baik di perkotaan maupun pedesaan mempunyai peran vital tetapi sering kali sedikit dihargai (Foster dkk, 2002). Ancaman utama terhadap kelestarian air tanah muncul dari peningkatan kebutuhan air yang stabil (dari meningkatnya populasi dan penggunaan per kapita, meningkatnya kebutuhan irigasi maupun industri) dan dari peningkatan penggunaan dan pembuangan bahan kimia ke permukaan tanah (Morris, 2003). Kondisi hidrogeologi juga berpengaruh terhadap masuknya kontaminan terlarut ke dalam air tanah seperti faktor kedalaman muka air tanah, imbuhan, jenis akuifer, tekstur tanah, topografi, jenis zona tidak jenuh dan konduktivitas hidraulika (Aller dkk, 1985). Untuk menjaga

ketersediaan air tanah yang berkualitas maka diperlukan upaya menjaga air tanah agar tidak tercemar pada daerah yang memiliki kerentanan pencemaran yang tinggi.

Kota Palu merupakan salah satu kota di Pulau Sulawesi yang mengalami pertumbuhan penduduk dan ekonomi cukup pesat. Namun demikian, kejadian bencana gempa bumi dan tsunami pada tahun 2018 menyebabkan kerusakan sarana dan prasarana yang cukup signifikan. Hal ini mungkin juga akan berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas airtanah selain dari faktor antropogenik. Kandungan loga berat sering kali dijumpai di alam seperti besi (Fe) dan mangan (Mn). Logam besi dan mangan merupakan logam yang banyak di jumpai di kerak bumi. Kandungan logam Fe dan Mn di dalam air secara berlebihan dapat menyebabkan atau menimbulkan efek negatif misalnya logam mangan dapat menimbulkan gangguan pada hati, dan logam besi dapat mengakibatkan kanker hati, terjadinya iritasi pada mata dan kulit dan juga dapat menimbulkan noda pada pakaian yang berwarna putih jika di cuci (Sunarsih dkk, 2018). Oleh karena itu perlu adanya penelitian terkait air tanah, terutama kandungan besi dan mangan serta identifikasi potensi sumbernya.

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kota Palu seperti pada Gambar 1. Pengambilan data lapangan dilakukan pada bulan April – Mei, 2024. Data hidrogeologi diambil dari 25 sumur baik mata air (MA), sumur gali (SG) maupun sumur bor (SB). Data lapangan yang diambil meliputi data elevasi muka air tanah, temperatur air tanah, nilai pH, nilai *Total Dissolved Solid* (TDS), dan nilai Daya Hantar Listrik (DHL) dengan menggunakan GPS, meteran dan ph-meter. Selain itu juga diambil sampel airtanah sebanyak 500 ml dan diasamkan sesuai dengan SNI 8995:2021 tentang metode pengambilan contoh uji air untuk pengujian fisika dan kimia (BSN, 2021), pada 25 lokasi untuk analisis konsentrasi Fe dan Mn menggunakan analisis *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Selain sampel airtanah, sampel material akuifer sebanyak 500gram dari zona jenuh air pada akuifer bebas pada 6 lokasi juga di ambil untuk analisis komposisi mineral dengan *X-Ray Diffraction* (XRD). Semua analisis laboratorium dilakukan di Laboratroum Pusat, Teknik Geologi UGM.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Kota Palu merupakan salah satu kota besar di Pulau Sulawesi yang sebagian besar wilayahnya berada di daerah pesisir Teluk Palu. Kota Palu terus mengalami perkembangan dan pembangunan dimana pada tahun 2023, penduduk Kota Palu mencapai 387,49 ribu jiwa dengan tingkat pertumbuhan penduduk mencapai 1,35 persen (BPS Kota Palu, 2024). Perkembangan dan pembangunan Kota Palu ini juga meningkatkan kebutuhan akan air tanah baik untuk kebutuhan domestik maupun industri. Adanya pemanfaatan airtanah yang berkembang pesat disekitar Teluk Palu telah menyebabkan terjadinya intrusi air laut pada beberapa tempat (Nilawardani dkk, 2025). Akuifer CAT Palu dibagi menjadi 4 jenis. Akuifer bebas Formasi Aluvium dan Endapan Pantai (Qa), Akuitar bagian atas yang merupakan Formasi Molasa Celebes Sarasin & Sarasin (QTms), Akuifer semi tertekan berupa Formasi Molasa Celebes Sarasin & Sarasin (QTms), dan Akuitar bagian bawah ini terdiri dari Granit dan Granodiorit (Tmpi), Formasi Tinombo (Tts), Kompleks Batuan Metamorf (Km), Formasi Latimojong (Kls) (Santosa dkk, 2021).

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan, pH airtanah menunjukkan nilai berkisar antara 7,0 sampai 8,3 seperti pada Tabel 1. Nilai pH tinggi dijumpai pada daerah Mantikulore yang berasal dari sampel airtanah dalam SB-4. Suhu airtanah berkisar antara 27,4 °C sampai 36,1°C. Suhu airtanah tertinggi dijumpai pada daerah Mantikulore yang berasal dari airtanah dangkal dari sumur SB-119. Sedangkan nilai TDS berkisar antara 170 mg/L - 4.733 mg/L. Nilai TDS tertinggi dijumpai pada airtanah dangkal daerah dari sumur SB-41. Untuk nilai DHL berkisar antara 341  $\mu\text{S}/\text{Cm}$  - 9.513 $\mu\text{S}/\text{Cm}$  dengan sebaran sama dengan nilai TDS.

Menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023, nilai kandungan besi (Fe) maksimum yang diperbolehkan untuk keperluan sanitasi dan higiene sebesar 0,2 mg/L, sedangkan nilai kandungan mangan (Mn) yang diperbolehkan maksimum sebesar 0,1 mg/L. Dari hasil pengujian AAS seperti Tabel 1, diketahui bahwa terdapat nilai kandungan Fe dari satu sumur dangkal yang melampaui ambang batas yaitu SB-112 yang berada di Kecamatan Palu Barat dengan nilai kandungan Fe mencapai 0,28 mg/L. Persebaran konsentrasi Fe pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Sedangkan nilai konsentrasi mangan (Mn) berkisar antara 0,16 mg/L - 0,38 mg/L pada airtanah dangkal. Titik dengan kandungan Mn paling tinggi (0,38 mg/L) terdapat di sumur pengamatan 112 yang mana merupakan titik pengamatan yang juga memiliki nilai kandungan Fe paling tinggi. Pada air tanah dari akuifer dalam rata-rata yang memiliki nilai kandungan Mn mencapai lebih dari 0,1 mg/L yang terletak di daerah Palu Barat dan Palu Timur.

Hasil analisis XRD dari beberapa sampel menunjukkan bahwa mineral yang menyusun akuifer terdiri dari kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ), albit ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), k-feldspar ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), illite ( $(\text{K},\text{H}_3\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2\cdot(\text{H}_2\text{O})]$ ), kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), plagioklas ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), pirolusit ( $\text{MnO}_2$ ), hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan magnetite ( $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_3+2\text{O}_4$ ) seperti pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Pencemaran Fe terjadi hanya di akuifer bebas, yaitu di Kecamatan Palu Barat teramati pada sampel air dari SB-112. Identifikasi sumber pencemaran dari sumber alami dilakukan dengan melihat hasil analisis XRD. Pada titik tersebut diketahui litologi akuifer terdiri dari mineral yang mengandung Fe berupa magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Dengan adanya keberadaan mineral pembawa Fe, dan lingkungan daerah penelitian yang berupa daerah pesisir yang memiliki tingkat reduksi yang tinggi (Lenstra dkk, 2022), menyebabkan terjadinya pelarutan Fe ke dalam air tanah menjadi semakin mudah dan menyebabkan terjadinya pencemaran Fe di daerah tersebut.

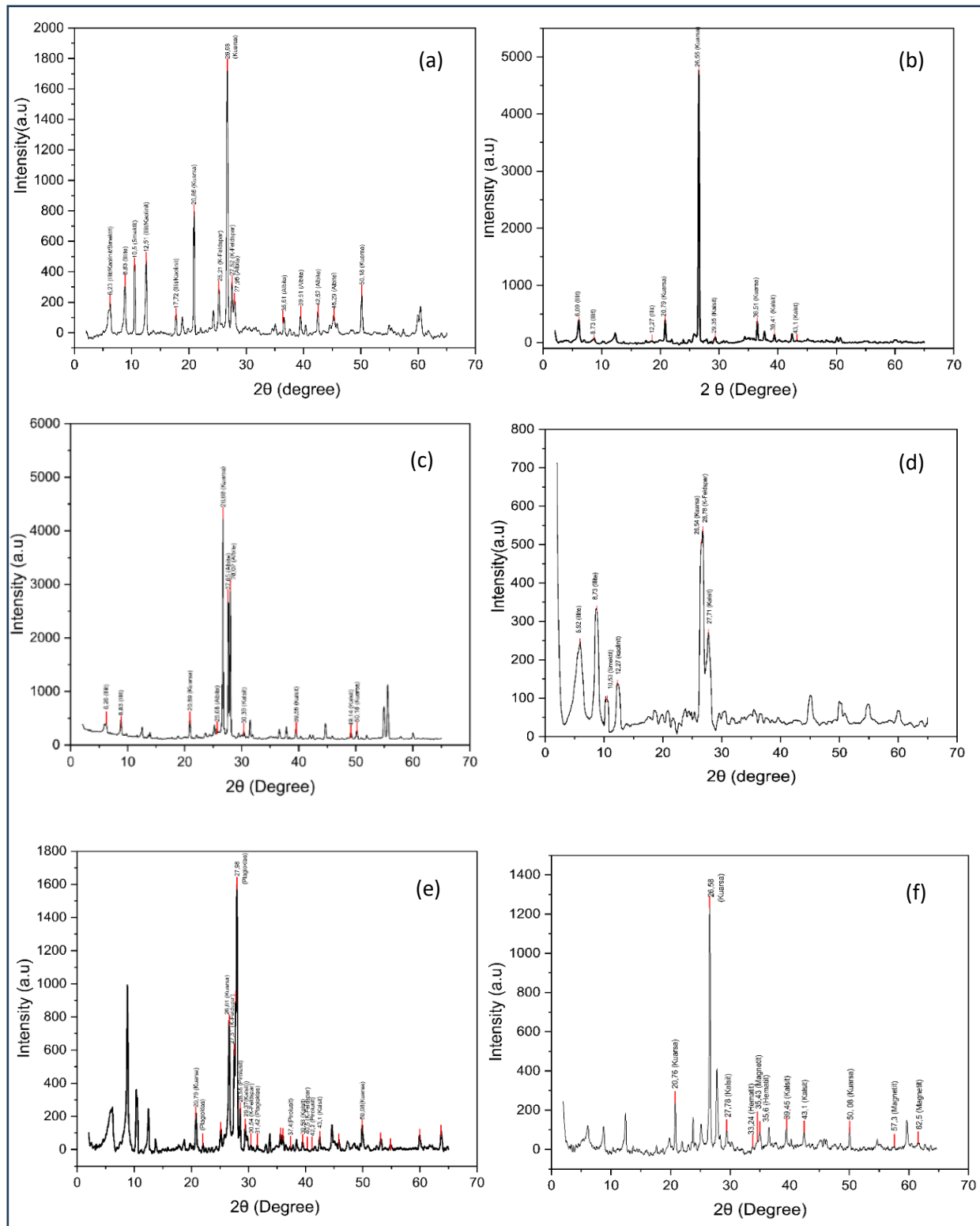
Di lain sisi, untuk melihat kemungkinan sumber pencemaran dari sumber aktivitas manusia, dilakukan analisis melalui tata guna lahan di daerah tersebut. Dari hasil pengamatan, daerah

dengan indikasi pencemaran merupakan daerah pemukiman dengan kepadatan sedang. Walaupun begitu, tidak dijumpai aktivitas manusia yang memungkinkan sebagai sumber pencemaran seperti keberadaan tempat pembuangan umum, industri, maupun pertambangan, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa pencemaran Fe pada air tanah di daerah tersebut bersumber dari sumber alami yaitu keberadaan mineral pembawa Fe dalam akuifer.

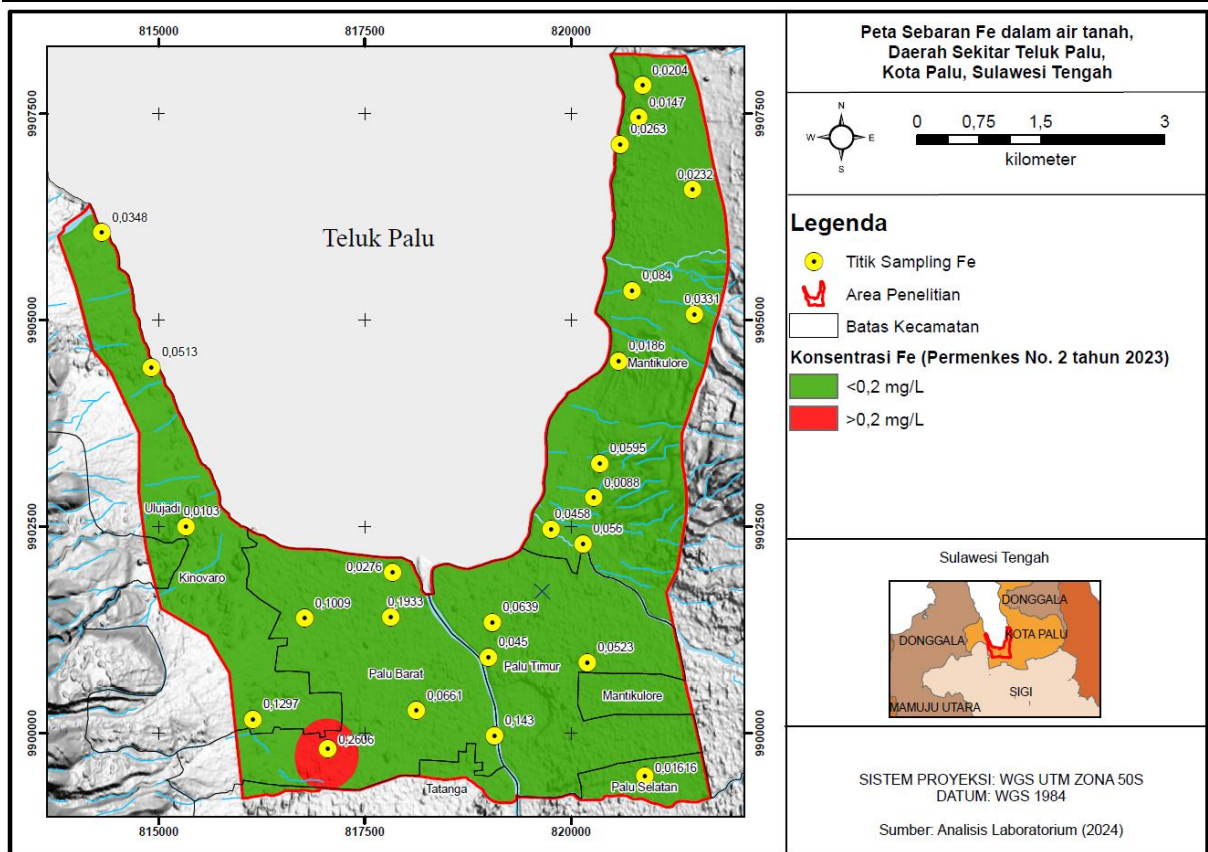
**Tabel 1.** Hasil pengukuran lapangan dan pengujian laboratorium

Kode Sta	Koordinate		Elevasi (mdpl)	Kedalaman MAT (m)	Pengukuran Lapangan				Konsentrasi (mg/L)		Komposisi Mineral Akuifer
	X	Y			pH	Suhu (°C)	TDS (mg/L)	DHL ( $\mu$ S/Cm)	Fe	Mn	
MA-1	820591	9907123	11.8	0	8.1	29.0	1432	2870	0.03	0.02	
MA-3	816141	9900163	48.0	0	7.6	29.7	278	558	0.13	0.17	
SB-4	820864	9907837	19.4	60	8.3	31.0	538	1081	0.02	0.11	
SB-10	817832	9901945	7.0	80	7.8	31.9	347	697	0.03	0.06	
SB-11	817811	9901401	8.5	4	7.2	31.7	780	1563	0.19	0.16	
SB-32	820194	9900851	30.7	9	7.5	30.2	451	906	0.05	0.18	Kuarsa, Albit, K-Feldspar, Illit
SB-41	820735	9905348	12.7	12	7.1	31.9	4733	9513	0.08	0.01	
SB-42	820570	9904496	17.3	50	7.6	33.3	611	1228	0.02	0.01	
SB-67	818123	9900269	14.0	12	7.4	32.1	665	1354	0.07	0.23	
SB-93	820270	9902843	13.8	9	7.4	31.3	1585	3350	0.01	0.16	
SB-119	819755	9902468	9.7	8	8.1	36.1	540	1089	0.05	0.06	
SG-69	816765	9901386	10.9	0.49	7.4	28.0	808	1620	0.10	0.28	Kuarsa, Kalsit, Illit
SG-133	820888	9899482	36.1	0.23	7.6	30.6	403	808	0.02	0.10	
SG-55	815329	9902495	24.7	0.61	7.5	30.8	940	1889	0.01	0.16	Kuarsa, Albit, Kalsit, Illit
SB-1	814309	9906056	9.5	12	7.2	27.4	170	341	0.03	0.00	
SB-3	820817	9907449	16.4	60	7.2	31.0	465	934	0.01	0.00	
SB-19	818992	9900916	6.8	60	7.0	32.0	310	649	0.05	0.04	
SB-70	819042	9901340	11.3	9	7.2	34.1	970	1941	0.06	0.14	
SB-95	820343	9903258	23.1	50	7.4	31.7	2198	4417	0.06	0.01	
SB-97	821489	9905066	39.4	60	8.1	32.3	613	1236	0.03	0.00	
SB-102	821470	9906574	41.0	48	7.5	32.4	1036	2036	0.02	0.00	Kuarsa, Kalsit, K-Feldspar, Illit
SB-109	814911	9904420	13.1	9	7.3	31.2	393	789	0.05	0.01	
SB-114	819068	9899966	8.0	6	7.2	34.8	426	862	0.14	0.18	Kuarsa, Plagioklas, Pirokalsit, K-Feldspar, Kalsit,
SB-112	817048	9899806	21.6	9	7.5	30.5	367	737	0.26	0.38	Hematit, Magnetit, Kuarsa, Kalsit
SB-130	820140	9902285	50.5	9	8.2	32.6	285	574	0.06	0.07	

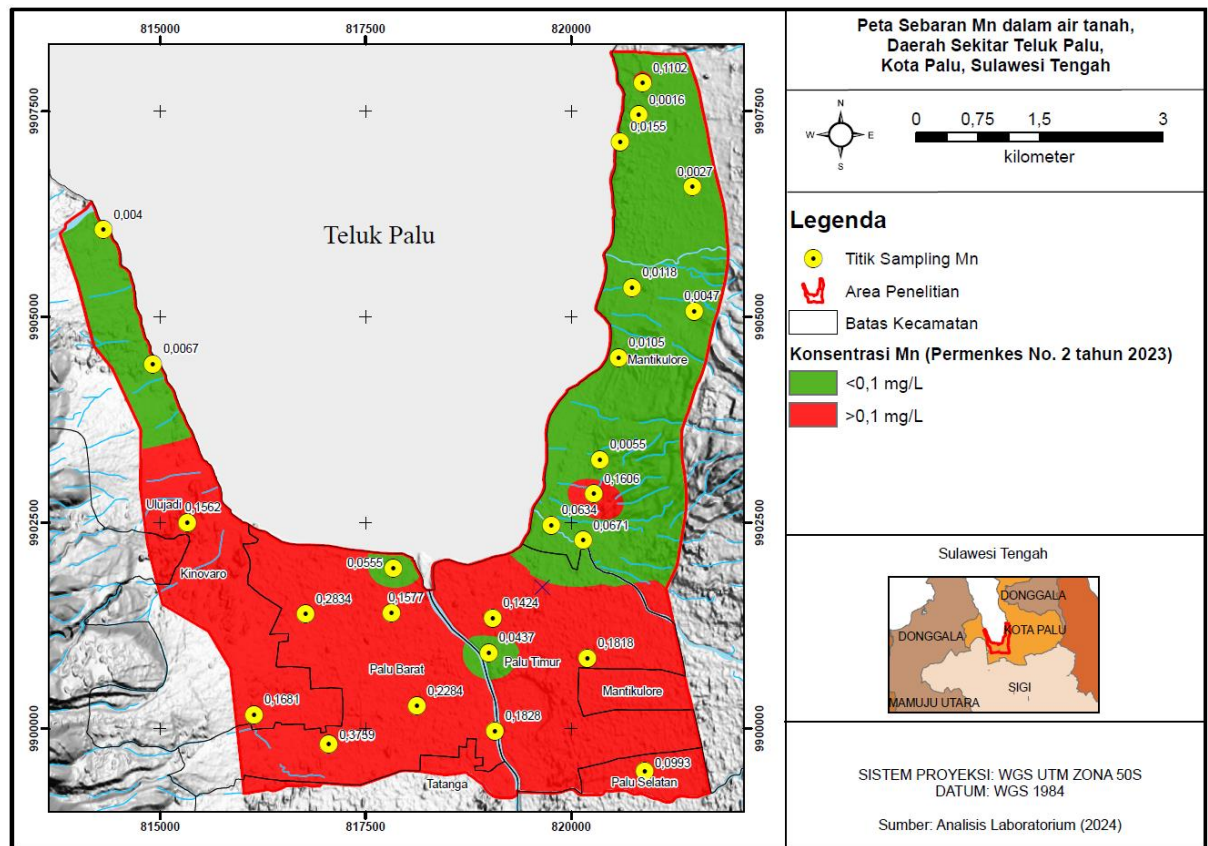
Pencemaran Mn terjadi di bagian selatan teluk pada akuifer bebas dan untuk akuifer yang lebih dalam, teramati pada titik SB-4 dan SB-119. Identifikasi sumber pencemaran dari sumber alami berdasarkan hasil analisis XRD pada litologi jenuh air menunjukkan keterdapatannya mineral pembawa Mn yaitu pirolusit ( $MnO_2$ ). Mn diketahui memiliki sifat yang sama seperti Fe, yaitu mudah mengalami pelarutan pada lingkungan dengan reduksi yang tinggi, yang mana umum dijumpai di daerah pesisir seperti pada daerah penelitian.



**Gambar 2.** Grafik hasil analisa XRD dari sampel material akuifer a.SB-32; b. SG-69; c. SG-55; d. SB-102; e. SB-114 dan f. SB-112



Gambar 2. Peta Sebaran Konsentrasi Besi di Airtanah Kota Palu



Gambar 3. Peta Sebaran Konsentrasi Mangan di Airtanah Kota Palu

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian di Kota Palu menunjukkan bahwa pH airtanah berkisar antara 7,0 - 8,3, suhu 27,4 °C - 36,1°C, TDS berkisar antara 170 mg/L - 4.733 mg/L, DHL berkisar antara 341 µS/Cm - 9513 µS/Cm, kandungan besi 0,1 – 0,26 mg/L serta kandungan mangan 0,16 mg/L – 0,38 mg/L. Dari data tersebut terlihat ada beberapa parameter seperti TDS maupun DHL serta kandungan besi dan mangan sudah melebihi ambang batas baku mutu air untuk keperluan sanitasi dan hygiene. Kandungan besi yang melebihi baku mutu hanya ditemukan pada satu sampel di Palu Barat, sedangkan mangan yang melebihi baku mutu banyak ditemukan pada sampel airtanah baik di Palu Barat maupun Palu Timur. Tingginya konsentrasi besi dan mangan ini kemungkinan besar bukan berasal dari aktifitas antropogenik tetapi berasal dari media akuifer yang tersusun oleh mineral magnetite, hematite maupun pyrolusite yang teridentifikasi dari analisa XRD. Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan airtanah seperti aerasi untuk menghilangkan/mengurangi konsentrasi besi dan mangan pada airtanah.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geologi UGM yang telah memberikan dukungan pada penelitian.

#### 6. REFERENSI

- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H. and Petty, R.J., 1985, DRASTIC: Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. US EPA, Oklahoma.609p.
- Badan Pusat Statistik Kota Palu, 2024, Statistik Daerah Kota Palu 2023/2024: Palu, Badan Pusat Statistik.
- Badan Standarisasi Nasional, 2021, SNI 8995:2021 tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Air Untuk Pengujian Fisika Dan Kimia.
- Fetter, N. and Kremer, D., 2022, Applied Hydrogeology Fifth Edition: Essex, Pearson Education Limited, Inc. 625p.
- Hadian, M.S.D, Mardiana, IJ., dan Abdurahman, O., 2006, Sebaran Akuifer dan Pola Aliran Airtanah di Kecamatan Batuceper dan Kecamatan Benda Kota Tangerang, Provinsi Banten. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(3): 115-128.
- Lenstra, W. K., van Helmond, N. A. G. M., Zygadłowska, O. M., van Zummeren, R., Witbaard, R., and Slomp, C. P. (2022). [Sediments as a Source of Iron, Manganese, Cobalt and Nickel to Continental Shelf Waters \(Louisiana, Gulf of Mexico\)](#), *Front. Mar. Sci.* 9:811953. doi: [10.3389/fmars.2022.811953](#)
- Morris, B.L.; Lawrence, A.R.L.; Chilton, P.J.C.; Adams, B.; Calow, R.C.; Klinck, B.A., 2003, Groundwater and Its Susceptibility to Degradation : a Global Assessment of the Problem and Options for Management. United Nations Environment Programme, 126pp.
- Nilawardani, C., Wilopo, W., Baskoro, W.A., 2025, Seawater Intrusion Assessment in Palu Bay, Central Sulawesi, Indonesia *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1451 012014. doi:10.1088/1755-1315/1451/1/012014.
- Pusat Lingkungan Geologi, 2007, Kumpulan Panduan Teknis Pengelolaan Airtanah: Pusat Lingkungan Geologi.
- Santosa, D. P. P., Hadian, M. S. D., dan Zakaria, Z., 2021, Hidrostratigrafi Dan Geometri Akuifer Cekungan Air Tanah Palu, Provinsi Sulawesi Tengah Pasca Gempa Bumi. *Jurnal Sumber Daya Air*, 17(1): 25-38. doi: [10.32679/jsda.v17i1.695](#).
- Sunarsih, E., Faisya, A.F., Windusari, Y., Trisnaini, I., Septiawati, D., Ardila, Y., Purba, I.G., Garmini, R., 2018, Analisis Paparan Kadmium, Besi, Dan Mangan Pada Air Terhadap Gangguan Kulit Pada Masyarakat Desa Ibul Besar Kecamatan Indralaya Selatan Kabupaten Ogan Ilir, *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(2): 68-73. DOI: 10.14710/jkli.17.2.68-73.

- UNESCO, 2022, Groundwater Making the Invisible Visible, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France, 225p.
- Wilopo, W., Haryono, S., Eka Putra, D., Warmada, I., & Hirajima, T., 2015, Copper ( $\text{Cu}^{2+}$ ) Removal from Water Using Natural Zeolite from Gedangsari, Gunungkidul, Yogyakarta. *Journal of Applied Geology*, 2(2): 117-120. [doi:10.22146/jag.7253](https://doi.org/10.22146/jag.7253).