

Analisis Tingkat Pencemaran Nitrat Pada Air Tanah Di Kecamatan Cangkringan, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

Atikah Zahidah^{1*}, Doni Prakasa Eka Putra¹, Wahyu Wilopo¹

¹Fakultas Teknik, Program Studi Magister Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Email : ^{1*}atikahzahidah@mail.ugm.ac.id, ²Putra_dpe@ugm.ac.id, ³wilopo_w@ugm.ac.id

(*: corresponding author)

Abstrak– Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air tanah dan tingkat pencemaran nitrat yang diakibatkan oleh aktivitas antropogenik pada Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sebanyak 17 sampel air tanah yang bersumber dari sumur gali, sumur bor, sumur artesis, dan mata air di analisis untuk mendapatkan informasi kimia air tanah berupa pH, *total dissolved solid* (TDS), daya hantar listrik (DHL), nitrat (NO_3) dan klorida (Cl). Berdasarkan standar kualitas air minum WHO, air tanah di lokasi penelitian masih tergolong aman untuk dikonsumsi. Secara sebaran spasial, konsentrasi TDS dan DHL yang tinggi berasosiasi dengan tutupan lahan, dimana konsentrasi yang tinggi berada pada sekitar lokasi penambangan pasir di bantaran Sungai Gendol. Sedangkan konsentrasi nitrat yang relatif tinggi berada pada kawasan peternakan dan pemukiman. Pada kawasan dengan tutupan lahan berupa hutan memiliki konsentrasi yang sangat rendah. Hal ini membuktikan bahwa aktivitas antropogenik di permukaan sangat mengontrol kandungan kimiawi air tanah. Sumber pencemar air tanah pada kawasan ini teridentifikasi berasal dari limbah dan pupuk pertanian berdasarkan grafik perbandingan Cl (mmol) dan NO_3/Cl (molar ratio). Penelitian berhasil memberikan gambaran awal terkait kualitas air tanah sehingga dapat digunakan sebagai landasan dalam konservasi air tanah yang berkelanjutan

Kata Kunci: Air Tanah, Cangkringan, Kualitas Air Tanah, Pencemaran Nitrat

Abstract– This study aimed to analyze the quality of groundwater and the level of nitrate pollution caused by anthropogenic activities in the Cangkringan District, Sleman Regency, and Yogyakarta Special Region. A total of 17 groundwater samples from dug wells, drilled wells, artesian wells and springs were analyzed to obtain chemical information on groundwater in the form of pH, total dissolved solid (TDS), electrical conductivity (DHL), nitrate (NO_3) and chloride. (Cl). Based on WHO drinking water quality standards, groundwater in the study location is still classified as safe for consumption. In terms of spatial distribution, high concentrations of TDS and DHL were associated with land cover, where the high concentration was around the sand mining site on the banks of the Gendol River. Meanwhile, relatively high concentrations of nitrate were found in livestock and residential areas. In areas with forested land cover, the concentration was very low. This proves that anthropogenic activities on the surface greatly control the chemical content of the groundwater. Groundwater pollutant sources in this area were identified as originating from agricultural waste and fertilizers based on Cl (mmol) and NO_3/Cl (molar ratio) comparison charts. The research succeeded in providing an initial picture regarding groundwater quality so that it can be used as a basis for sustainable groundwater conservation

Keywords: Groundwater, Cangkringan, Groundwater Quality, Nitrate Contamination

1. PENDAHULUAN

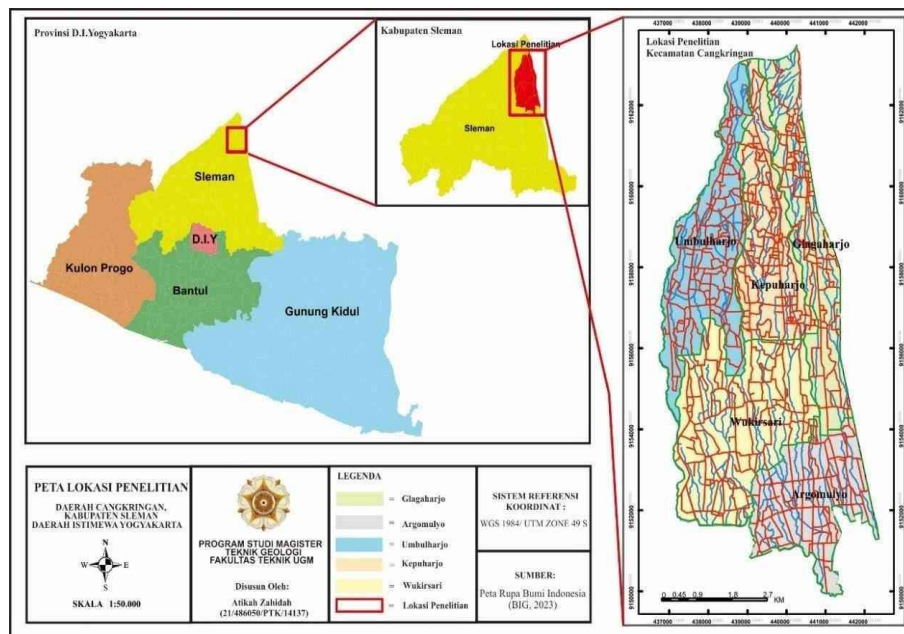
Air tanah merupakan sumber daya air utama yang digunakan masyarakat di Indonesia, termasuk pada kawasan di Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Namun sering dengan pertumbuhan penduduk dan urbanisasi yang tinggi, permasalahan terkait dengan kualitas air tanah sering menjadi permasalahan di tengah masyarakat (Manny et al., 2017; Wilopo et al., 2021). Secara hidrogeologi kawasan Cangkringan termasuk kedalam cekungan Yogyakarta-Sleman. Berdasarkan peta Cekungan Air tanah Yogyakarta-Sleman (Hendrayana, 2011) menyatakan bahwa CAT Yogyakarta-Sleman terdiri dari 2 akuifer yaitu kelompok akuifer 1 (*upper aquifer*) dan kelompok akuifer 2 (*lower aquifer*). Kedua akuifer tersebut memiliki potensi kontaminasi yang dapat berasal dari berbagai sumber, baik permukaan, maupun bawah permukaan. *Upper aquifer* akan memiliki potensi terkontaminasi oleh aktivitas antropogen yang berada di permukaan dan dekat permukaan, karena antar keduanya terjadi kontak langsung yang dapat menyebabkan pertukaran zat kimia. Sedangkan *Lower aquifer* yang secara posisi lebih dekat dengan batuan dasar, maka akan cenderung dipengaruhi oleh faktor geogen seperti kandungan kimia yang berasal dari litologi sekitar yang merupakan batuan vulkanik (Hendrayana, 2011).

Salah satu indikator polutan yang kerap ditemukan pada daerah pertanian yang dapat berdampak pada kesehatan manusia adalah nitrat (NO_3) (Putra, 2015; Ratri et al., 2022). Sebagian besar sumber pencemaran nitrat pada aquifer dangkal dipengaruhi oleh aktivitas pertanian, limbah domestik dan sistem sanitasi yang tidak baik (Nugraha & Putra, 2019). Konsentrasi nitrat yang tinggi pada air minum dapat menyebabkan berbagai resiko kesehatan seperti *baby blue*, kanker dan cacat bawaan (Fathmawati et al., 2017). Oleh karena itu, dalam penggunaan potensi air tanah pada daerah Cangkringan perlu diiringi dengan penelitian lebih lanjut terhadap potensi pencemaran nitrat pada air tanah. Namun penelitian terkait dengan konsentrasi nitrat pada air tanah di sebagian besar kawasan CAT Yogyakarta-Sleman masih berfokus pada kawasan urban dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi (Kampfner et al., 2021; Listyani, 2016). Hal ini menyebabkan kualitas air tanah pada kawasan dengan intensifitas pertanian yang tinggi, seperti Cangkringan ini sangat jarang dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat konsentrasi nitrat pada air tanah pada kelompok *upper aquifer* dan *lower aquifer*, mengkarakterisasi pencemaran nitrat secara spasial, serta membandingkan kadar nitrat sesuai dengan batas maksimum yang diperbolehkan sebagai sumber air minum.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Sleman pada Kecamatan Cangkringan yang secara administratif, wilayah Cangkringan terletak di kabupaten Sleman yang mempunyai 5 desa yaitu desa Argomulyo, Wukirsari, Glagaharjo, Kepuharjo dan Umbulharjo dimana tiap desa mempunyai sumber air tanah yang sama dan juga berbeda jenisnya. Pada Desa Umbulharjo sumber air tanah berupa mata air, Desa Glagaharjo sumber air tanah dari mata air dan sumur gali, Desa Kepuharjo sumber air tanah berupa sumur bor, sedangkan Desa Wukirsari mempunyai sumber air tanah yang berasal dari sumur gali. Pada Desa Argomulyo sumber air tanah berupa sumur gali, sumur bor, dan sumur artesis. Dari beberapa jenis sumber air tanah di kecamatan Cangkringan tersebut perlu dilakukan penelitian terkait sumber dari air tanah di wilayah tersebut dikarenakan tiap desa memiliki perbedaan sumber air tanahnya. Setelah mengetahui asal muasal sumber air tanah di daerah penelitian nantinya dapat menjelaskan bagaimana keterkaitan hidrolika air yang berasal dari mata air, sumur gali, sumur bor dan sumur artesis. Lokasi penelitian memiliki koordinat 437000; 9162000 sampai 442000 ; 915000.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta

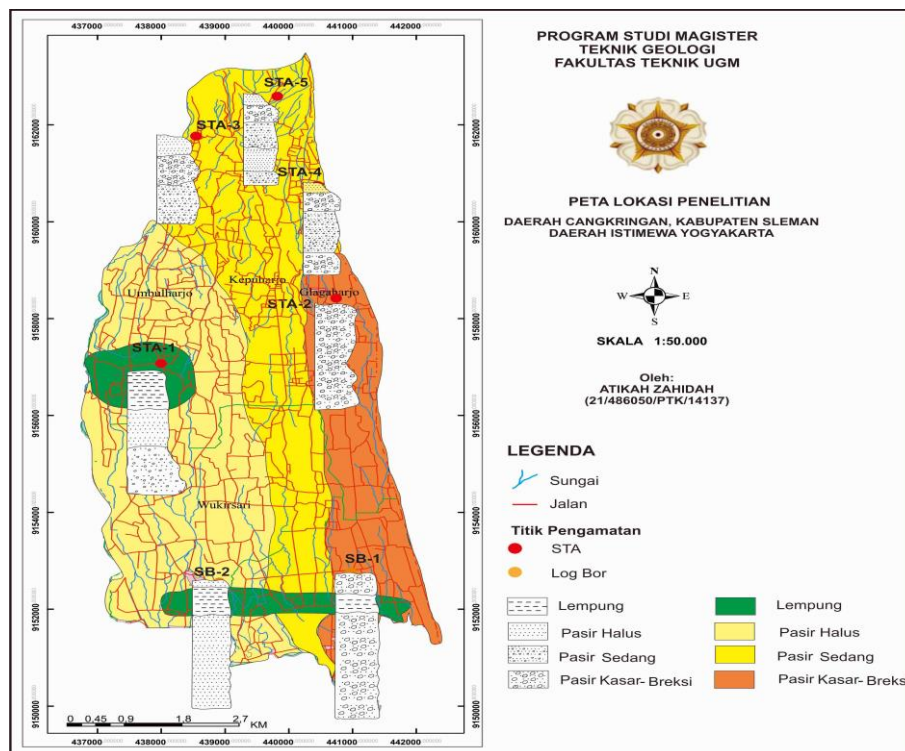
2.2 Tahapan Pengambilan dan Analisis Data

Tahapan akuisisi data meliputi observasi geologi serta pengambilan sampel air tanah pada daerah penelitian. Akuisisi data dilakukan pada bulan Februari 2023, yang termasuk pada musim hujan. Jumlah sampel diambil di daerah penelitian berjumlah sebanyak 17 sampel yang terdiri dari sumber air tanah berupa sumur gali 9 sampel, sumur bor 3 sampel, sumur artesis 2 sampel dan mata air 3 sampel. Parameter fisik-kimia air tanah seperti pH, *Total Dissolved Solid* (TDS), dan daya hantar listrik (DHL) dilakukan secara in-situ dengan menggunakan alat Hannameter, sedangkan analisis nitrat dan klorida dilakukan pada Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta. Sedangkan analisis sebaran spasial data sifat fisik-kimia air tanah dilakukan dengan metode interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) pada software ArcGIS. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kondisi lingkungan airtanah pada daerah penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Geologi Kawasan Cangkringan

Berdasarkan peta geologi cekungan air tanah Yogyakarta-Sleman, Indonesia (dimodifikasi dari Rahardjo et al, (2012) dalam Wilopo et al., (2021), Cekungan air tanah Yogyakarta-Sleman tersusun dari endapan Kuarter Gunung Merapi. Endapan Merapi Kuarter tersusun atas campuran endapan lahar dan endapan sungai yang merupakan endapan fluvial-vulkanik. Daerah penelitian tersusun atas Formasi Yogyakarta yang merupakan *upper aquifer* dan Formasi Sleman yang merupakan *lower aquifer* dikarenakan lokasi penelitian berada di zona tersebut jika dilihat dari konsep sistem akuifer pada Yogyakarta, (MacDonald & Partners, 1984), memiliki kriteria akuifer mayor yang memiliki ketebalan 38-80 m untuk Formasi Sleman dan ± 45 m untuk Formasi Yogyakarta, dan kedua formasi merupakan sebuah akuifer yang multilayer. Pada gambar 2 Terdapat peta geologi penelitian dimana pada bagian utara merupakan pasir sedang, bagian timur lokasi penelitian merupakan pasir kasar hingga breksi dan bagian barat merupakan pasir halus dengan sedikit lempungan pada bagian barat dan selatan.



Gambar 2. Peta Geologi Kawasan Cangkringan

3.2 Karakteristik Fisika-Kimia Air Tanah

TDS merupakan salah satu parameter kimia air tanah yang menggambarkan tingkat kandungan ion-ion terlarut dalam air tanah. Pada kawasan Cangkringan, nilai TDS berkisar antara 60 – 150 mg/l. Nilai TDS pada air tanah merefleksikan proses interaksi antara air dan batuan, dimana air tanah yang bersumber langsung dari imbuhan air hujan akan memiliki nilai TDS yang lebih rendah, dibandingkan dengan air tanah yang mengalir pada sistem aliran regional, namun faktor antropogenik juga turut mempengaruhi nilai TDS.

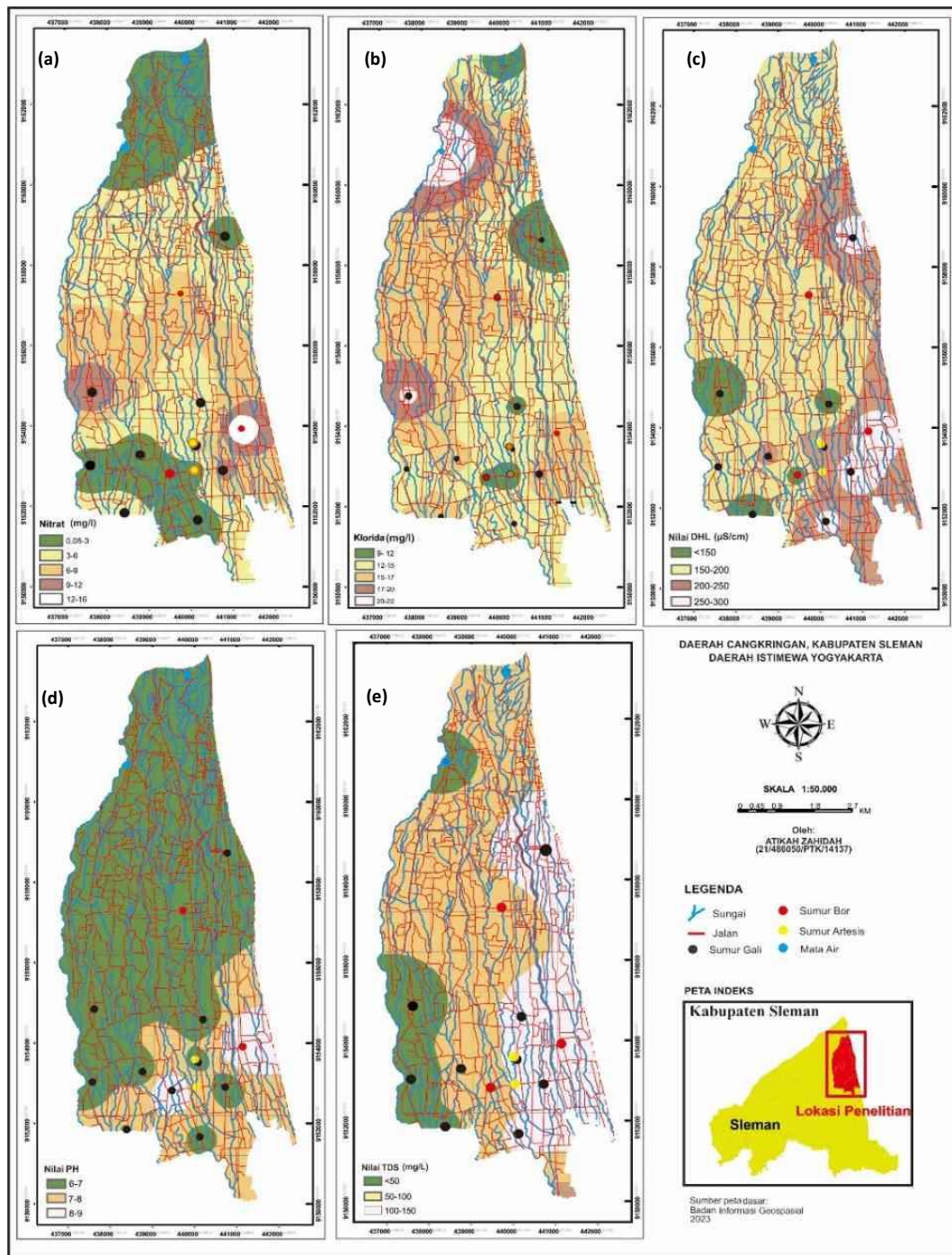
Berdasarkan Gambar 3.x, persebaran TDS yang tinggi terdapat pada bagian timur kawasan penelitian yang merupakan bagian dari bantaran Sungai Gendol. Dari pengamatan lapangan, kawasan bantaran Sungai Gendol terdapat beberapa lokasi penambangan pasir sehingga mempengaruhi kualitas air tanah pada akuifer di sekitar lokasi tersebut. Terdapat pula sampel air tanah yang memiliki warna keruh dan berbau logam yaitu pada sumur observasi SB-1 dengan kedalaman 45 m. Sehingga nilai TDS dapat memberikan informasi awal terkait dengan tingkat pencemaran dari aktivitas pertambangan. Sedangkan pada kawasan barat dengan tutupan lahan yang didominasi oleh pertanian dan perumahan memiliki TDS yang rendah, yaitu < 50 mg/l.

Nilai DHL pada kawasan penelitian berkisar antara 140 – 280 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Secara spasial, persebaran nilai DHL mengikuti pola yang hampir serupa dengan TDS, dimana pada kawasan sebelah timur memiliki DHL yang lebih besar daripada barat (Gambar 3.x). Sedangkan nilai pH berkisar antara 6,5 – 8,5.

Nilai pH yang relatif lebih rendah (6 – 7) mendominasi sekitar 75% kawasan Cangkringan, sedangkan kawasan dengan konsentrasi pH yang tinggi didapati pada beberapa sumur pengamatan di sebelah selatan. Hal ini menandakan bahwa pada kawasan hulu dengan curah hujan tinggi, kemudian air hujan infiltrasi ke dalam akuifer sehingga menghasilkan air tanah dangkal yang bersifat lebih asam. Sedangkan pada sistem aliran air tanah yang lebih panjang menuju ke arah selatan memiliki pH yang lebih tinggi (7 – 8,5).

Nitrat dan klorida merupakan indikator yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menilai kualitas air tanah. Berdasarkan peta hasil interpolasi dengan metode IDW (Gambar 3.x) persebaran nitrat di kawasan Cangkringan bervariasi secara spasial, dimana kawasan hulu yang didominasi oleh hutan dengan tingkat aktivitas antropogenik yang rendah memiliki konsentrasi nitrat 0.03 – 5 mg/l. Konsentrasi nitrat cenderung bertambah pada kawasan tengah lokasi penelitian yang didominasi oleh pemukiman penduduk dengan konsentrasi nitrat berkisar antara 3 – 12 mg/l, namun anomali konsentrasi nitrat terlihat pada sumur SB-1 dengan nilai 15,6 mg/l. Secara tata guna lahan, kawasan ini terdapat peternakan warga, sehingga dapat diasumsikan bahwa nilai nitrat yang tinggi bersumber dari pengaruh kotoran ternak. Sedangkan konsentrasi klorida pada air tanah berkisar antara 9,295 – 21,649 mg/l.

Kandungan klorida sangat erat kaitannya dengan interaksi antara air dan batuan, dimana air dengan *residence time* yang lama pada akuifer memiliki konsentrasi klorida yang lebih tinggi. Sebaliknya untuk air tanah dengan *residence time* lebih singkat, memiliki konsentrasi klorida yang lebih rendah (Ansari et al., 2019). Jika dilihat sebaran spasial (Gambar 3.x) sumur gali dengan kedalaman dibawah 15 m memiliki konsentrasi klorida rendah, namun pada kawasan yang memiliki sumur bor dan artesis (kedalaman >30 m) konsentrasi klorida didapatkan lebih tinggi. Maka dalam menginterpretasikan karakteristik kimiawi air tanah, selain mempertimbangkan aspek spasial, namun juga harus melihat kondisi akuifer dan geologi setempat (Hendrayana et al., 2021).



Gambar 3. Peta (a) Peta nitrat, (b) Peta klorida, (c) Peta DHL, (d) Peta PH dan Peta TDS

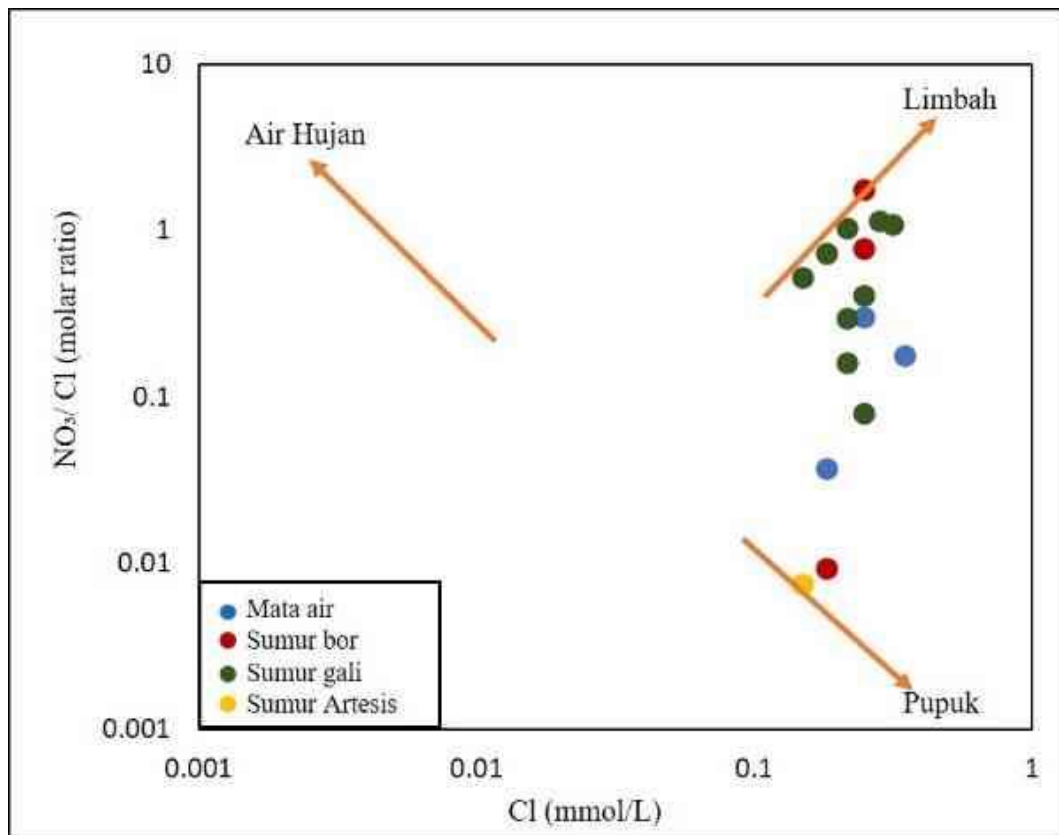
3.3 Analisis Tingkat Pencemaran Air Tanah

Tingkat pencemaran air tanah pada penelitian ini mengacu pada drinking water standard dari WHO sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 1. Batas aman untuk TDS dan DHL masing-masing adalah 60 -150 mg/l, dan 140 – 280 µs/cm. Berdasarkan range tersebut, maka 100% air tanah pada kawasan Cangkringan dinyatakan masih dalam ambang batas aman untuk dikonsumsi sebagai air minum. Sedangkan standar batas aman pH untuk air minum berkisar antara 6,5 – 8,5. Terdapat dua sampel air tanah yang melebihi batas aman tersebut yaitu pada SB-1 dan SB-3 dengan nilai pH

masing-masing 8,8 dan 8,6. Ambang batas nitrat yang diperkenankan sebagai air minum adalah 44 mg/l. Pada kawasan penelitian konsentrasi nitrat pada air tanah yaitu 0,04 – 15,6 mg/l sehingga dapat dinyatakan bahwa keseluruhan sampel air tanah masih berada di bawah ambang batas. Sedangkan untuk klorida ambang batas yang diperkenankan sebagai air minum adalah di bawah 250 mg/l. Keseluruhan sampel air tanah masih tergolong aman jika ditinjau dari konsentrasi klorida yang terlarut.

Tabel 1. Ambang Batas Kualitas Air Tanah

No	Parameter	Range	Batas Aman	Sampel Memenuhi Batas Aman
1	TDS	60 – 150 (mg/l)	500 mg/l	17 (100 %)
2	DHL	140 – 280 (μ S/cm)	300 μ s/cm	17 (100 %)
3	PH	6,4 – 8,8	6,5 – 8,5	15 (88 %)
4	NO ₃	0,04 – 15,6 (mg/l)	44 mg/l	17 (100 %)
5	Cl	9,295 – 21,649 (mg/l)	250 mg/l	17 (100 %)



Gambar 4. Grafik Cl (mmol/L) vs. NO₃/Cl (molar ratio)

Asal-usul pencemaran nitrat dapat diungkap dari grafik antara Cl (mmol/L) vs. NO₃/Cl (molar ratio). Apabila sampel air tanah yang diplot cenderung berada pada kanan atas, maka dapat diidentifikasi bahwa sumber pencemar berasal dari limbah (limbah domestik dan pertanian). Sedangkan sampel air tanah yang berada pada kanan bawah, maka dapat diidentifikasi bahwa sumber pencemar berasal dari pupuk. Sampel air tanah yang berada pada bagian kiri atas dapat diidentifikasi sebagai air tanah yang tidak tercemar atau berasal dari air hujan. Berdasarkan Gambar 4. Sumber polutan utama pada sistem air tanah di kawasan Cangkringan berasal dari limbah (15 sampel), sedangkan sisanya dipengaruhi oleh kontaminasi dari pupuk pertanian (2 sampel).

4. KESIMPULAN

Karakteristik fisik-kimia air tanah merupakan elemen penting yang harus dikontrol secara rutin untuk memastikan kualitas air tanah yang digunakan untuk kebutuhan domestik masyarakat. Penelitian ini berhasil mengungkap bagaimana kualitas air tanah pada sistem akuifer dangkal dan dalam di kawasan Cangkringan. Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa air tanah pada kawasan ini memiliki kualitas yang bagus, dibuktikan dengan data kimia yang masih tergolong dalam batas aman air minum sesuai dengan standar WHO. Secara sebaran spasial, konsentrasi TDS dan DHL yang tinggi berasosiasi dengan tutupan lahan, dimana konsentrasi yang tinggi berada pada sekitar lokasi penambangan pasir di bantaran Sungai Gendol. Konsentrasi nitrat yang relatif tinggi berada pada kawasan peternakan dan pemukiman, sedangkan pada kawasan dengan tutupan lahan berupa hutan memiliki konsentrasi yang sangat rendah. Hal ini membuktikan bahwa aktivitas antropogenik di permukaan sangat mengontrol kandungan kimiawi air tanah. Sumber pencemar air tanah pada kawasan ini berasal dari limbah dan pupuk pertanian. Penelitian berhasil memberikan gambaran awal terkait kualitas air tanah sehingga dapat digunakan sebagai landasan dalam konservasi air tanah yang berkelanjutan.

REFERENCES

- Ansari, A., Deodhar, A., & Kumar, U. S. (2019). Modeling of geochemical processes and multivariate statistical analysis for hydrochemical assessment of spring water of the Outer. *Environmental Earth Sciences*, 78(24), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8682-5>
- Fathmawati, Fachiroh, J., Gravitiyani, E., Sarto, & Husodo, A. H. (2017). Nitrate in drinking water and risk of colorectal cancer in Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, 80(2), 120–128. <https://doi.org/10.1080/15287394.2016.1260508>
- Hendrayana, H. (2011). *Penetapan Program Pengelolaan Airtanah* (Issue May). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1303.6969>
- Hendrayana, H., Nuha, A., Riyanto, I. A., & Aprimanto, B. (2021). Kajian Perubahan Muka Airtanah di Cekungan Airtanah Yogyakarta-Sleman. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(1), 30–44. <https://doi.org/10.22146/mgi.62396>
- Kampfner, L., Rude, T. R., & Putra, D. P. E. (2021). Characterization of shallow groundwater chemistry in the Yogyakarta basin, Central Java. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/851/1/012015>
- Listyani, T. (2016). *Hydrochemistry of Groundwater in Yogyakarta Graben, Area of Code Sub Drainage, Yogyakarta, Indonesia*. May. https://doi.org/10.5176/2251-3353_geos16.13
- MacDonald, & Partners. (1984). Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study. *Directorate General of Water Resources Groundwater Development Project (P2AT), Ministry of Public Works, Government of The Republic of Indonesia*.
- Manny, L., Atmaja, R. R. S., & Eka Putra, D. P. (2017). Groundwater Level Changes in Shallow Aquifer of Yogyakarta City, Indonesia: Distribution and Causes. *Journal of Applied Geology*, 1(2), 89. <https://doi.org/10.22146/jag.27584>
- Nugraha, R. S., & Putra, D. P. E. (2019). Hidrokimia dan Indikasi Kontaminasi pada Air Tanah di Lereng Selatan Gunung Merapi, Mlati dan Sekitarnya, Sleman, D.I.Yogyakarta. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 29(2), 215–226. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2019.v29.1027>
- Putra, D. P. E. (2015). Evolution of groundwater chemistry on shallow aquifer of Yogyakarta City urban area. *Journal of Applied Geology*, 3(2), 116–124. <https://doi.org/10.22146/jag.7188>
- Ratri, D., Putra, D. P. E., & Wilopo, W. (2022). Groundwater geochemistry and hydrogeochemical processes assessment in Bantul, Yogyakarta, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 958(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/958/1/012013>
- Wilopo, W., Putra, D. P. E., & Hendrayana, H. (2021). Impacts of precipitation, land use change and urban wastewater on groundwater level fluctuation in the Yogyakarta-Sleman Groundwater Basin, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(2). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08863-z>