



DISTRIBUSI SPASIAL KESESUAIAN KUALITAS AIRTANAH UNTUK IRIGASI PADA TOPOGRAFI DATARAN DAN PERBUKITAN DI DAERAH TROPIS

D M Sopiandi^{1*}, T N Adji¹, A I Mas'ud¹, B Azhar²

¹Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

²Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada

daffamughnisopiandi1921@mail.ugm.ac.id

doi.org/10.24036/geografi/vol12-iss2/3533

ABSTRAK

Airtanah menjadi sumber utama air irigasi ketika kebutuhannya tidak terpenuhi oleh air permukaan terutama pada saat musim kemarau. Kualitas airtanah dan kesesuaiannya untuk keperluan irigasi penting untuk diteliti karena dapat berpengaruh terhadap kualitas lahan pertanian terutama tanah dan kesuburan tanamannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk membedakan kesesuaian kualitas airtanah untuk keperluan irigasi pada topografi dataran dan perbukitan. Sampel airtanah diambil dari 13 sumur yang tersebar di seluruh daerah penelitian yang mencakup bentuklahan dataran dan perbukitan. Pengujian sampel airtanah mencakup berbagai parameter seperti DHL, Cl^- , HCO_3^- , Na^+ , B, K^+ , Mg^{2+} , dan Ca^{2+} . Analisis kualitas airtanah untuk irigasi tersebut menggunakan beberapa metode, yaitu *salinity hazard*, *sodium hazard* (SAR), RSC, *ion toxicity*, *sodium percentage* (%Na), *magnesium hazard* (MHR), *Kelly's ratio*, dan *permeability index*. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar sampel airtanah memiliki nilai yang sangat baik dari setiap metode analisis. Secara spasial, sampel airtanah dari sumur di wilayah dataran memiliki kualitas yang lebih baik daripada sampel airtanah dari sumur di wilayah perbukitan. Meskipun demikian, seluruh airtanah di wilayah dataran maupun perbukitan masih dapat digunakan untuk keperluan irigasi walaupun airtanah dari sumur yang berada di perbukitan memiliki berbagai potensi bahaya atau efek buruk terhadap tanah dan tanaman.

Kata kunci: Kualitas Airtanah; Irigasi; Dataran; Perbukitan

ABSTRACT

*Groundwater is the primary irrigation water source when surface water does not meet its needs, especially during the dry season. Studying groundwater quality and its suitability for irrigation is crucial because it can have an impact on the quality of agricultural land, particularly the fertility of the soil and plants. This study aimed to distinguish the suitability of groundwater quality for irrigation purposes in plain and hilly topography. Groundwater samples were taken from 13 wells scattered throughout the study area, which includes plains and hills. Groundwater sample testing includes various parameters such as DHL, Cl^- , HCO_3^- , Na^+ , B, K^+ , Mg^{2+} , and Ca^{2+} . Analysis of groundwater quality for irrigation uses several methods, namely *salinity hazard*, *sodium hazard* (SAR), RSC, *ion toxicity*, *sodium percentage* (%Na), *magnesium hazard* (MHR), *Kelly's ratio*, and *permeability index*. The analysis results show that most groundwater samples have excellent values for each analysis method. Spatially, groundwater samples from plains areas have better quality than those from wells in hilly areas. Even so, all groundwater in the plains and hills can still be used for irrigation purposes even though groundwater from wells on the hills has various potential hazards or adverse effects on soil and plants.*

Keywords: Groundwater Quality; Irrigation; Plains; Hills

Pendahuluan

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor non-domestik yang membutuhkan airtanah dalam jumlah yang besar untuk keperluan irigasi (Amwele *et al.*, 2021). Peran airtanah sebagai sumber air irigasi sangat penting ketika musim kemarau karena kebutuhan air irigasi tidak dapat dipenuhi oleh air permukaan (Siswoyo & Kurniawan, 2021). Airtanah untuk keperluan irigasi harus memenuhi baku mutunya karena dapat berpengaruh terhadap kualitas lahan pertanian terutama tanah dan kesuburan tanamannya (Siswoyo *et al.*, 2018).

Irigasi merupakan penggunaan dari berbagai sumber air yang dapat dikendalikan secara tepat waktu untuk meningkatkan atau mempertahankan produksi tanaman pertanian secara periodik (Malakar *et al.*, 2019; Sari, 2019). Irigasi mencakup pengairan oleh sistem irigasi selama musim tanam dan juga termasuk air yang dialirkan selama persiapan lahan, pra-irigasi, pengendalian gulma, pemanenan, dan untuk pencucian garam dari zona akar (Dieter, 2018). Air irigasi harus diberikan dalam jumlah, waktu, dan mutu yang tepat supaya tanaman tidak mengalami gangguan pertumbuhan yang akan memengaruhi produksi pertanian (Purwanto & Ikhsan, 2006). Selain itu, sumber air irigasi perlu diketahui kualitasnya agar tidak berbahaya bagi tanaman yang dialiri.

Air irigasi yang tidak memenuhi baku mutu air untuk irigasi akan berdampak buruk pada perubahan struktur fisik dan kimia tanah pada suatu lahan pertanian, yang kemungkinan besar berpengaruh terhadap kualitas tanaman dan juga hasil panen (Mahmoud *et al.*, 2021). Kualitas air irigasi sangat berpengaruh pada kandungan mineral-mineral (garam) yang berasal dari tanah/batuan. Kandungan salinitas pada air

irigasi akan berdampak pada pertumbuhan tanaman, karena setiap tanaman memiliki batas toleransi terhadap kandungan salinitas (Kaloterakis *et al.*, 2021). Pemahaman ini akan membantu memastikan produksi tanaman yang memadai untuk memenuhi peningkatan sehingga kualitas air untuk irigasi menjadi sebuah hal yang harus selalu terjaga (Malakar *et al.*, 2019).

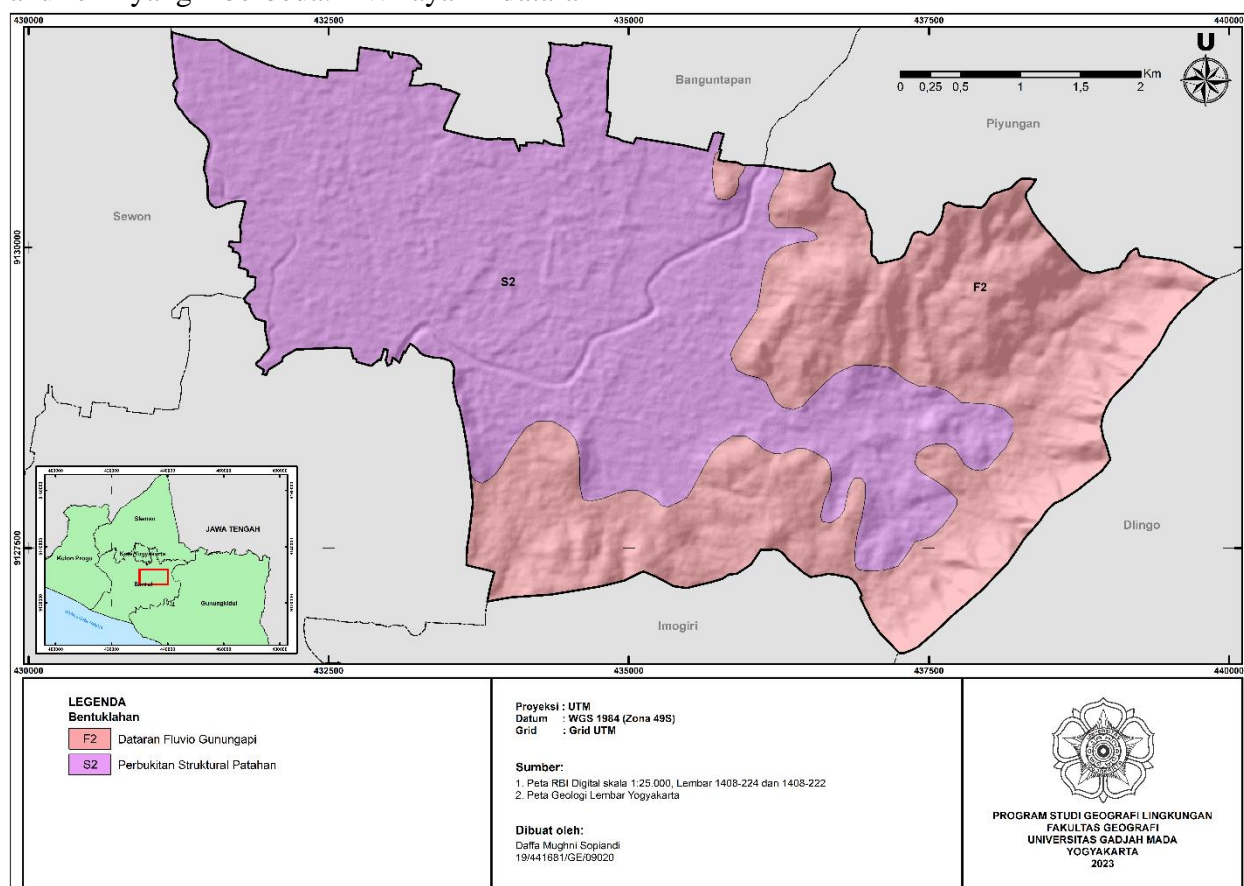
Terdapat empat kriteria dasar untuk mengevaluasi kualitas airtanah untuk keperluan irigasi (Zaman *et al.*, 2018), yaitu bahaya salinitas (*salinity hazard*), bahaya natrium (*sodium hazard*), konsentrasi karbonat dan bikarbonat (*residual sodium carbonat*), dan keracunan ion (*ion toxicity*). Analisis dalam metode tersebut menggunakan beberapa metode seperti *salinity hazard* (DHL; Wilcox, 1955), *sodium absorption ratio* (SAR; Richards, 1954), konsentrasi boron, konsentrasi klorida, *sodium percentage* (%Na; Wilcox, 1955), *residual sodium carbonat* (RSC; Eaton, 1950; Raghunath, 1987), *magnesium hazard ratio* (MHR; Raghunath, 1987), *Kelly's ratio* (KR; Kelley, 1946), dan *permeability index* (PI; Doneen, 1964).

Kapanewon Pleret yang terletak di Kabupaten Bantul, DIY, Indonesia merupakan sebuah kawasan yang sebagian wilayahnya termasuk dataran pada Cekungan Airtanah (CAT) Yogyakarta-Sleman, sedangkan sebagian wilayah lainnya termasuk dalam wilayah dengan topografi perbukitan (Baturagung). Kondisi tersebut membuat Kapanewon Pleret mempunyai dua bentuklahan, yaitu dataran fluvio gunungapi dan perbukitan struktural (Gambar 1) sehingga wilayah tersebut mempunyai keunikan tersendiri, baik secara geografis maupun geologis yang mengontrol kondisi airtanahnya (Anam & Adji, 2018). Secara

luasan, Kapanewon Pleret mempunyai lahan pertanian yang lebih luas (1277 ha) daripada lahan non-pertanian (1020 ha). Pada topografi dataran, lahan pertanian didominasi oleh sawah padi, sedangkan pada topografi perbukitan didominasi oleh tanaman palawija.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membedakan klasifikasi kualitas airtanah untuk keperluan irigasi pada topografi dataran dan perbukitan dengan kondisi akuifer yang berbeda. Wilayah dataran

termasuk dalam sistem akuifer Merapi (endapan vulkanik Gunung Merapi muda dengan produktivitas cukup tinggi dan persebaran luas), sedangkan wilayah perbukitan disusun oleh Formasi Semilir (tuf, breksi batupung dasitan, batupasir tufan, dan serpih dengan produktivitas airtanah rendah). Selain itu, posisi daerah penelitian yang termasuk kawasan tropis yang dicirikan oleh curah hujan dan evapotranspirasi yang tinggi menjadikan riset terkait kualitas air untuk irigasi menjadi menarik.



Gambar 1. Peta Bentuklahan Kapanewon Pleret

Sumber: Pengolahan data (2023)

Metode Penelitian

Daerah penelitian yang memiliki iklim tropis termasuk dalam klasifikasi iklim D menurut klasifikasi iklim metode Schmidt dan Ferguson, yang menunjukkan daerah beriklim tidak terlalu basah dan tidak terlalu kering. Pada periode 2011–2020, daerah

penelitian memiliki curah hujan tahunan yang cukup tinggi (>2000 mm), dengan suhu minimum dan maksimum berkisar antara 19,8 hingga 33,4 °C, serta suhu rata-rata sekitar 25,89 °C.

Secara geomorfologis, daerah penelitian terbagi menjadi dua bentuklahan,

yaitu dataran fluvio Gunungapi Merapi Muda dan perbukitan struktural Baturagung. Dataran fluvio gunungapi tersebut terbentuk akibat proses pengendapan material aluvium dari Gunungapi Merapi dengan kemiringan lereng 0–8% dan mempunyai topografi datar hingga landai (Santosa & Adji, 2014). Elevasi pada wilayah ini berkisar antara 45–62 mdpl yang tersusun atas endapan aluvium seperti tuf, lava, abu, breksi gunungapi, aglomerat, dan batuan andesit yang berumur Kuartar Muda. Sementara itu, perbukitan struktural Baturagung terbentuk akibat proses pengangkatan dan patahan dengan topografi lereng dengan kemiringan 15–30%. Elevasi pada wilayah ini berkisar antara 60 hingga 320 mdpl. Secara geologis, perbukitan struktural Baturagung tersusun oleh batuan koluvium atau material vulkanik tua yang sudah mengalami pelapukan tingkat lanjut (Miosen).

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data tinggi muka airtanah (TMA) serta data kualitas airtanah. Data TMA didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan. Sementara itu, data kualitas airtanah didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan serta uji laboratorium. Alat yang digunakan dalam penelitian ini mencakup *water level meter*, *cooler box*, botol sampel, kertas label, *water quality checker*, *checklist* lapangan, Avenza Maps, Google Earth, dan ArcGIS.

Grid berukuran 400 meter × 400 meter digunakan untuk menentukan lokasi pengukuran TMA. Hasilnya, terdapat sekitar 93 sumur yang mencakup seluruh Kapanewon Pleret, baik di wilayah dataran maupun di perbukitan serta di berbagai penggunaan lahan. Selain pengukuran TMA, dilakukan pula pengukuran berbagai parameter fisik serta kimia airtanah berupa

suhu, warna, bau, rasa, DHL, *total dissolved solid* (TDS), dan pH. Pengukuran DHL airtanah bertujuan untuk menentukan titik sumur yang akan dilakukan pengambilan sampel airtanah. Selanjutnya, sampel airtanah dianalisis di laboratorium untuk mengetahui parameter-parameter yang berkaitan dengan kesesuaian airtanah untuk keperluan irigasi.

Konsentrasi DHL hasil pengukuran akan diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu rendah (<453 mhos/cm), sedang (453–906 mhos/cm), dan tinggi (>906 mhos/cm). Dasar pembagian kelas tersebut berdasarkan konsentrasi DHL tertinggi dikurangi dengan nilai terendah kemudian dibagi dengan jumlah kelasnya. Hasil klasifikasi konsentrasi DHL tersebut kemudian divisualisasikan dengan menggunakan metode interpolasi *Inverse Distance Weighting* (IDW) pada ArcGIS. Selanjutnya, titik sampel airtanah (sumur) ditentukan berdasarkan persebarannya di lokasi penelitian. Dalam hal ini, didapatkan sebanyak 13 sumur yang tersebar di seluruh Kapanewon Pleret dari berbagai kelas konsentrasi DHL.

Sampel airtanah selanjutnya diambil dari sumur yang sudah ditentukan dan dilakukan pengukuran parameter fisik dan kimia yang dapat diukur secara langsung. Sementara itu, dilakukan pula pengujian sampel airtanah di laboratorium untuk mengetahui parameter kimia lainnya yang tidak dapat diukur secara langsung. Parameter kimia tersebut adalah klorida (Cl), bikarbonat (HCO_3), natrium (Na), boron (B), kalium (K), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca).

Hasil pengujian sampel airtanah tersebut selanjutnya dilakukan penilaian kualitas airtanah untuk irigasi. Analisis tersebut menggunakan beberapa metode

seperti *salinity hazard* (DHL), *sodium absorption ratio* (SAR), konsentrasi boron, konsentrasi klorida, *sodium percentage* (%Na), *residual sodium carbonat* (RSC), *magnesium hazard ratio* (MHR), *Kelly's ratio* (KR), dan *permeability index* (PI). Kemudian, ringkasan penentuan klasifikasi kesesuaian airtanah untuk irigasi disajikan pada Tabel 1.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+}+Mg^{2+})/2}} \dots\dots\dots(1)$$

$$RSC = (HCO_3^- + CO_3^{2-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \dots(2)$$

$$\%Na = \frac{Na^+}{(Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^++K^+)} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

$$MHR = \frac{Mg^{2+}}{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

$$KR = \frac{Na^+}{(Ca^{2+}+Mg^{2+})} \dots\dots\dots(5)$$

$$PI = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{(Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+})} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Analisis sampel airtanah dengan metode SAR bertujuan untuk menentukan kesesuaian airtanah untuk irigasi dengan menggunakan proporsi relatif ion Na terhadap Ca dan Mg dalam air yang akan berhubungan langsung dengan tanaman (Richards, 1954; Subramani *et al.*, 2005). Sementara itu, metode RSC dibuat karena lebih bersifat empiris dan telah banyak digunakan untuk memprediksi bahaya natrium yang terkait dengan pengendapan kalsium karbonat (CaCO₃) dan magnesium karbonat (MgCO₃) (Eaton, 1950).

Metode *sodium percentage* digunakan karena air irigasi dengan persentase natrium yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan tanah seperti penurunan permeabilitas dan tekanan osmotik sehingga tanaman akan kekurangan asupan nutrisi dari tanah (Collins & Jenkins, 1996; Saleh *et al.*, 1999; Fipps, 2003; Subramani *et al.*, 2005; Keesari *et al.*, 2016). Selain metode bahaya natrium,

terdapat juga metode bahaya magnesium yang dianalisis dengan MHR. Metode ini cukup penting karena ion Mg akan mengalami pertukaran dengan ion Na⁺ di dalam tanah.

Penilaian bahaya natrium dalam air irigasi selain menggunakan metode SAR dapat juga dilakukan dengan metode *Kelly's Ratio* dan *Permeability Index*. Metode *Kelly's Ratio* akan menunjukkan keseimbangan antara ion Na⁺, Ca²⁺, dan Mg²⁺ dalam air irigasi (Richards, 1954; Kelly, 1963). Sementara itu, metode *Permeability Index* dilakukan karena penggunaan air irigasi dalam jangka yang panjang akan secara langsung memengaruhi permeabilitas tanah (Allan *et al.*, 1995). Hal itu disebabkan karena keberadaan mineral seperti ion Na, Ca, Mg, dan HCO₃ dalam airtanah yang menyebabkan rendahnya permeabilitas tanah dan mengurangi hasil panen (Singh *et al.*, 2015; Rufino *et al.*, 2019).

Analisis dengan menggunakan metode bahaya salinitas hanya menggunakan parameter DHL sebagai acuannya. Salinitas sendiri cukup berbahaya terhadap tanah dan tanaman karena akan meningkatkan tekanan osmotik larutan tanah yang dapat mengakibatkan kondisi kekeringan fisiologis. Sementara itu, Zaman *et al.* (2018) menjelaskan bahwa selain bahaya salinitas dan natrium, tanaman tertentu mungkin peka terhadap keberadaan ion spesifik dengan konsentrasi sedang hingga tinggi di air irigasi yang bersumber dari airtanah. Ion spesifik tersebut dapat berupa boron dan klorida. Boron dan klorida sangat penting untuk pertumbuhan normal semua tanaman. Jika kadarnya melebihi tingkat toleransi tertentu, maka dapat menghambat pertumbuhan bahkan rusak/matinya beberapa jenis

tanaman (Ayers & Westcot, 1985; Kafkafi, 2011).

Tabel 1. Klasifikasi Nilai Kualitas Airtanah untuk Irigasi dalam Berbagai Metode

| Metode/Parameter | Nilai | Klasifikasi |
|-------------------------------------|-----------|---|
| SAR (Richards, 1954) | <10 | <i>Excellent</i> (1) |
| | 10–18 | <i>Good</i> (2) |
| | 18–26 | <i>Doubtful</i> (3) |
| | >26 | <i>Unsuitable</i> (4) |
| RSC (Eaton, 1950) | <1,25 | <i>Safe</i> (1) |
| | 1,25–2,50 | <i>Doubtful</i> (2) |
| | >2,50 | <i>Unsuitable</i> (3) |
| %Na (Wilcox, 1955) | <20 | <i>Excellent</i> (1) |
| | 20–40 | <i>Good</i> (2) |
| | 40–60 | <i>Permissible</i> (3) |
| | 60–80 | <i>Doubtful</i> (4) |
| | >80 | <i>Unsuitable</i> (5) |
| MHR (Raghunath, 1987) | <50 | <i>Safe</i> (1) |
| | >50 | <i>Unsafe</i> (2) |
| KR (Kelley, 1946) | <1 | <i>Suitable</i> (1) |
| | >1 | <i>Unsuitable</i> (2) |
| PI (Doneen, 1964) | >75 | <i>Class I</i> (1) |
| | 25–75 | <i>Class II</i> (2) |
| | <25 | <i>Class III</i> (3) |
| EC (Wilcox, 1955) | <250 | <i>Low</i> (1) |
| | 250–750 | <i>Medium</i> (2) |
| | 750–2250 | <i>High</i> (3) |
| | >2250 | <i>Very High</i> (4) |
| Boron (Bauder <i>et al.</i> , 2011) | <0,5 | <i>Satisfactory for all crops</i> (1) |
| | 0,5–1,0 | <i>Satisfactory for most crops</i> (2) |
| | 1,0–2,0 | <i>Satisfactory for semi-tolerant crops</i> (3) |
| | 2,0–4,0 | <i>Satisfactory for tolerant crops only</i> (4) |
| Cl (Ludwick <i>et al.</i> , 2011) | <70 | <i>Generally safe for all plants</i> (1) |
| | 70–140 | <i>Sensitive plants usually show slight to moderate injury</i> (2) |
| | 140–350 | <i>Moderately tolerant plants usually show slight to substantial injury</i> (3) |
| | >350 | <i>Can cause severe problems</i> (4) |

Hasil dan Pembahasan:

Salinity Hazard

Bahaya salinitas (*salinity hazard*) pada airtanah untuk keperluan irigasi dinilai

berdasarkan kadar DHL. Berdasarkan Tabel 2, terdapat sekitar 76,9% atau 10 sampel

airtanah termasuk dalam klasifikasi *medium*. Sementara itu, 3 sampel airtanah lainnya termasuk dalam *high*. Hasil itu menunjukkan bahwa airtanah di daerah penelitian memiliki kadar DHL sedang hingga tinggi.

Tabel 2. Bahaya Salinitas pada Airtanah

| Klasifikasi DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | | Sampel | |
|---|------------------|--------|------|
| | | Jumlah | % |
| <250 | <i>Low</i> | 0 | 0 |
| 250–750 | <i>Medium</i> | 10 | 76,9 |
| 750–2250 | <i>High</i> | 3 | 23,1 |
| >2250 | <i>Very High</i> | 0 | 0 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Bahaya yang ditimbulkan dari kelebihan salinitas pada air irigasi tersebut dapat mengurangi aktivitas osmotik tanaman sehingga penyerapan air dan nutrisi dari tanah akan terganggu (Saleh *et al.*, 1999). Klasifikasi *medium* menunjukkan bahwa airtanah tersebut dapat digunakan sebagai air irigasi namun akan memiliki efek merugikan pada tanaman yang sensitif. Sementara itu, klasifikasi *high* menunjukkan bahwa air tersebut tidak cocok untuk tanah dengan drainase terbatas dan memiliki efek merugikan pada banyak tanaman sehingga membutuhkan pengelolaan air yang tepat.

Kadar DHL yang terukur pada lokasi penelitian berkisar antara 420 hingga 1560 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dengan rata-rata 643 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sampel airtanah yang termasuk dalam klasifikasi *high* mencakup sumur S9, S11, dan S12 yang berada pada wilayah perbukitan. Tingginya kadar DHL tersebut menurut Panneerselvam *et al.* (2021) dapat dipengaruhi oleh berbagai aktivitas seperti antropogenik, interaksi air dengan batuan, serta sifat akuifer yang berpengaruh terhadap kualitas airtanah.

Sodium Hazard (SAR)

Bahaya natrium (*sodium hazard*) pada airtanah untuk keperluan irigasi dapat dinilai berdasarkan SAR. Menurut Cadraku (2021), SAR merupakan metode yang lebih andal untuk menentukan pengaruh konsentrasi kation relatif terhadap akumulasi natrium dalam tanah daripada %Na. Berdasarkan Tabel 3, seluruh sampel airtanah mempunyai

nilai SAR <10 (*excellent*), yang menunjukkan bahwa airtanah tersebut sedikit mengandung natrium dan dapat digunakan sebagai air irigasi yang cocok untuk semua jenis tanah dan tanaman.

Tabel 3. Bahaya Natrium pada Airtanah

| Klasifikasi SAR | | Sampel | |
|-----------------|-------------------|--------|-----|
| | | Jumlah | % |
| <10 | <i>Excellent</i> | 13 | 100 |
| 10–18 | <i>Good</i> | 0 | 0 |
| 18–26 | <i>Doubtful</i> | 0 | 0 |
| >26 | <i>Unsuitable</i> | 0 | 0 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

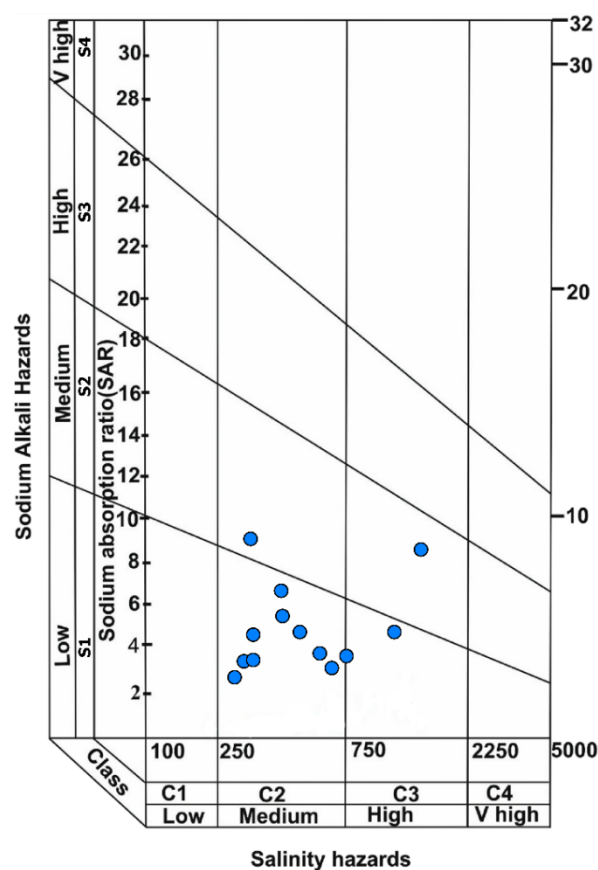
Nilai SAR yang dihitung pada lokasi penelitian berkisar antara 2,71 hingga 9,04 dengan rata-rata 4,91. Menurut Adimalla (2019) apabila nilai SAR melebihi dari 10 maka air irigasi tersebut dapat menyebabkan masalah permeabilitas. Air irigasi yang mengandung kadar natrium yang tinggi akan meningkatkan pertukaran kandungan natrium tanah, memengaruhi permeabilitas tanah, dan teksturnya membuat tanah sulit dibajak dan tidak cocok untuk pertumbuhan bibit (Trivedy & Goel, 1984; Nagarajan *et al.*, 2010). Namun demikian, menurut Fipps (2003) jika terdapat kadar kalsium dan magnesium dalam jumlah yang cukup besar di dalam tanah maka dapat melawan efek natrium dan membantu mempertahankan sifat tanah.

Nilai SAR juga diplot bersama dengan kadar DHL sebagaimana terlihat pada diagram USSL yang disajikan pada Gambar 1. Menurut Todd (1980) dan Richards (1954), airtanah dapat digunakan untuk irigasi pada tingkat salinitas rendah (C1), salinitas sedang (C2), bahaya natrium rendah (S1), dan bahaya natrium sedang (S2). Sementara itu, airtanah memerlukan pengelolaan terlebih dahulu untuk irigasi pada tingkat salinitas tinggi (C3), salinitas

sangat tinggi (C4), bahaya natrium tinggi (S3), dan bahaya natrium sangat tinggi (S4).

Hasil plot tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar sampel airtanah termasuk dalam klasifikasi C2S1 (salinitas sedang dan bahaya natrium rendah). Airtanah dengan klasifikasi C2S1 dapat dimanfaatkan untuk keperluan irigasi karena sedikitnya bahaya yang timbul dari kadar salinitas dan natrium. Terdapat satu sampel airtanah dengan klasifikasi C2S2 (salinitas sedang dan bahaya natrium sedang), yaitu pada sumur S10 yang berada di wilayah perbukitan. Airtanah tersebut masih dapat digunakan untuk irigasi namun akan timbul sedikit bahaya.

Terdapat dua sampel airtanah yang termasuk dalam klasifikasi C3S1 (salinitas tinggi dan bahaya natrium rendah), yaitu pada sumur S9 dan S11 yang terletak di wilayah perbukitan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sampel airtanah mempunyai salinitas tinggi dan bahaya natrium rendah. Airtanah dengan klasifikasi C3S1 dapat dimanfaatkan untuk irigasi di hampir semua jenis tanah dengan sedikit bahaya (Subramani *et al.*, 2005). Sementara itu, satu sampel airtanah lainnya termasuk dalam klasifikasi C3S2 (salinitas tinggi dan bahaya natrium sedang), yaitu pada sumur S12 yang terletak di wilayah perbukitan. Airtanah tersebut masih dapat digunakan untuk irigasi walaupun dengan bahaya yang akan ditimbulkan.



Gambar 1. Grafik Salinity Hazard dan Sodium Hazard

Sumber: Pengolahan data (2023)

Residual Sodium Carbonate (RSC)

Nilai RSC yang tinggi dalam air dapat menyebabkan peningkatan adsorpsi natrium sehingga tanah menjadi tidak subur (Eaton, 1950). Lebih lanjut, nilai RSC menunjukkan alkalinitas logam tanah yang dapat berbahaya. Berdasarkan Tabel 4, seluruh sampel airtanah memiliki nilai RSC <1,25 meq/l sehingga sangat cocok untuk irigasi.

Tabel 4. Nilai RSC pada Airtanah

| Klasifikasi RSC (meq/l) | | Sampel | |
|-------------------------|-------------------|--------|-----|
| | | Jumlah | % |
| <1,25 | <i>Safe</i> | 13 | 100 |
| 1,25–2,50 | <i>Doubtful</i> | 0 | 0 |
| >2,50 | <i>Unsuitable</i> | 0 | 0 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Nilai RSC berkisar antara -1,39 hingga 0,16 meq/l dengan rata-rata -0,36 meq/l. Sebagian besar sampel airtanah memiliki nilai RSC yang negatif. yang menurut Adimalla (2019) menunjukkan kadar kalsium dan magnesium yang lebih tinggi daripada karbonat dan bikarbonat.

Ion Toxicity (Boron)

Boron dapat berbahaya bagi tanaman pada kadar yang tinggi. Mengacu pada klasifikasi efek boron terhadap tanaman menurut Bauder *et al.* (2011), seluruh sampel airtanah seperti yang disajikan Tabel 5 termasuk dalam klasifikasi *satisfactory for all crops*.

Tabel 5. Efek Boron pada Airtanah

| Klasifikasi Boron (ppm) | | Sampel | |
|-------------------------|---|--------|-----|
| | | Jumlah | % |
| <0,5 | <i>Satisfactory for all crops</i> | 13 | 100 |
| 0,5–1,0 | <i>Satisfactory for most crops</i> | 0 | 0 |
| 1,0–2,0 | <i>Satisfactory for semi-tolerant crops</i> | | |
| >2,0 | <i>Satisfactory for tolerant crops only</i> | 0 | 0 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Kadar boron pada sampel airtanah yang dihitung berkisar antara 0,01 hingga 0,07 ppm dengan rata-rata 0,04 ppm. Kadar tersebut termasuk sangat rendah sehingga potensi airtanah untuk meracuni tanaman sangat kecil. Efek boron terhadap tanaman tersebut mencakup semua jenis tanaman, baik tanaman sensitif maupun tanaman yang tidak sensitif.

Keracunan tanaman juga dapat disebabkan oleh kadar klorida yang berlebih dalam air. Mengacu pada klasifikasi efek klorida terhadap tanaman menurut Ludwick *et al.* (1990), sekitar 85% sampel airtanah (Tabel 6) termasuk dalam klasifikasi *generally safe for all plants* atau aman untuk

seluruh jenis tanaman karena mempunyai kadar klorida <70 ppm.

Tabel 6. Efek Klorida pada Airtanah

| Klasifikasi Klorida (ppm) | | Sampel | |
|---------------------------|---|--------|------|
| | | Jumlah | % |
| <70 | <i>Generally safe for all plants</i> | 11 | 84,6 |
| 70–140 | <i>Sensitive plants usually show slight to moderate injury</i> | 1 | 7,7 |
| 140–350 | <i>Moderately tolerant plants usually show slight to substantial injury</i> | 0 | 0 |
| >350 | <i>Can cause severe problems</i> | 1 | 7,7 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Kadar klorida pada sampel airtanah yang dihitung berkisar antara 6,00 hingga 674,80 ppm dengan rata-rata 79,29 ppm. Terdapat satu sampel airtanah yang termasuk klasifikasi *sensitive plants usually show slight to moderate injury* atau menyebabkan efek ringan hingga sedang pada tanaman yang sensitif, yaitu pada sumur S11 yang terletak di perbukitan. Sementara itu, sumur S12 yang berada di wilayah perbukitan termasuk klasifikasi *can cause severe problems* yang berarti air tersebut dapat menyebabkan efek yang berat bagi seluruh tanaman.

Klorida diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, meskipun dalam konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan dapat sangat beracun terhadap beberapa spesies tanaman (Kafkafi, 2011). Klorida bersifat mudah larut dalam air sehingga tingginya kadar klorida dalam airtanah dapat disebabkan karena pembuangan berbagai limbah serta kotoran manusia dan hewan berupa urine (Sutrisno & Eni, 2004).

Menurut Ramesh & Elango (2011), kadar klorida dalam air irigasi akan

meningkat sejalan dengan kadar DHL. Hal tersebut ditunjukkan pada sampel airtanah sumur S11 dan S12 yang masing-masing mempunyai kadar klorida sebesar 115 dan 674,8 ppm. Sementara itu, kadar DHL pada kedua sumur tersebut sumur adalah sebesar 1200 dan 1560 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Oleh karena itu, airtanah dari kedua sumur yang terletak di wilayah perbukitan tersebut tidak cocok untuk keperluan irigasi karena berpotensi meracuni tanaman.

Sodium Percentage (%Na)

Menurut Wilcox (1955), kesesuaian airtanah untuk tujuan pertanian dapat dinilai dengan persentase natrium. Mengacu pada klasifikasi %Na menurut Wilcox (1955), sekitar 69% sampel airtanah pada Tabel 7. termasuk dalam klasifikasi *good* sehingga airtanah tersebut cocok untuk irigasi. Sebanyak tiga sampel airtanah termasuk dalam klasifikasi *excellent* sehingga airtanahnya sangat cocok untuk irigasi. Sementara itu, 8% sampel airtanah memiliki nilai %Na sebesar 40–60% atau termasuk klasifikasi *permissible* sehingga airtanahnya masih diizinkan untuk air irigasi.

Tabel 7. Nilai %Na pada Airtanah

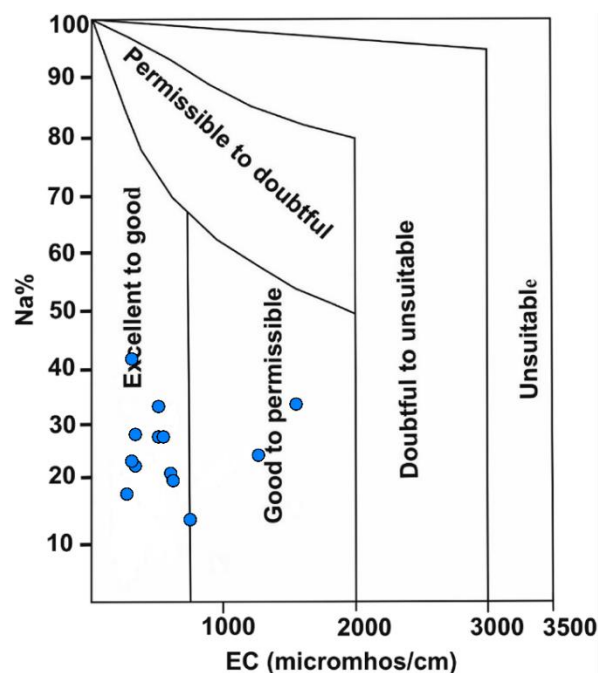
| Klasifikasi %Na (%) | | Sampel | |
|---------------------|--------------------|--------|------|
| | | Jumlah | % |
| <20 | <i>Excellent</i> | 3 | 23,1 |
| 20–40 | <i>Good</i> | 9 | 69,2 |
| 40–60 | <i>Permissible</i> | 1 | 7,7 |
| 60–80 | <i>Doubtful</i> | 0 | 0 |
| >80 | <i>Unsuitable</i> | 0 | 0 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Nilai %Na yang dihitung pada lokasi penelitian berkisar antara 13,12 hingga 42,28% dengan rata-rata 25,96%. Airtanah dengan persentase natrium yang tinggi dapat

menyebabkan dampak buruk terhadap tanah dan tanaman. Tingginya nilai %Na atau kadar garam dapat memengaruhi tekanan osmotik larutan tanah serta memengaruhi kemampuan akar tanaman untuk menyerap air (Glover, 1996).

Nilai %Na juga diplot bersama dengan kadar DHL (EC) dalam diagram seperti yang disajikan pada Gambar 2. Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian besar sampel airtanah termasuk dalam klasifikasi *excellent to good* atau sangat baik hingga baik. Sementara itu, tiga sampel airtanah lainnya pada sumur S9, S11, dan S12 yang terletak di wilayah perbukitan termasuk klasifikasi *good to permissible* atau baik hingga diizinkan. Oleh karena itu, seluruh sampel airtanah di lokasi penelitian dapat dimanfaatkan untuk keperluan irigasi.



Gambar 2. Grafik Salinity Hazard dan Sodium Percentage

Sumber: Pengolahan data (2023)

Magnesium Hazard (MHR)

Kalsium dan magnesium yang terkandung dalam air berfungsi untuk

menjaga air agar tetap dalam keadaan seimbang (Ali *et al.*, 2022). Apabila kadar magnesium lebih tinggi maka struktur tanah akan terdampak dan akan mempengaruhi hasil panen (Thorne, 1954). Oleh karena itu, bahaya magnesium di daerah penelitian diklasifikasikan dengan MHR sebagaimana yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai MHR pada Airtanah

| Klasifikasi MHR (%) | | Sampel | |
|---------------------|---------------|--------|-----|
| | | Jumlah | % |
| <50 | <i>Safe</i> | 13 | 100 |
| >50 | <i>Unsafe</i> | 0 | 0 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Berdasarkan klasifikasi MHR menurut Raghunath (1987), seluruh sampel airtanah mempunyai nilai MHR <50% sehingga termasuk dalam klasifikasi *safe*. Klasifikasi tersebut menunjukkan bahwa airtanah cocok dan aman digunakan sebagai air irigasi. Nilai MHR yang dihitung pada lokasi penelitian berkisar antara 7,99% hingga 45,21% dengan rata-rata 27,17%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kadar magnesium seluruh sampel airtanah kurang dari 50% sehingga masih aman bagi tanah dan tanaman.

Kelly's Ratio (KR)

Mengacu pada klasifikasi nilai KR menurut Kelley (1946), seluruh sampel airtanah di daerah penelitian (Tabel 9) termasuk dalam klasifikasi *suitable*. Klasifikasi tersebut menunjukkan bahwa airtanah layak digunakan sebagai air irigasi. Nilai KR yang kurang dari satu juga menunjukkan bahwa air tersebut mempunyai kadar natrium lebih sedikit.

Tabel 9. Nilai KR pada Airtanah

| Klasifikasi KR | | Sampel | |
|----------------|-------------------|--------|-----|
| | | Jumlah | % |
| <1 | <i>Suitable</i> | 13 | 100 |
| >1 | <i>Unsuitable</i> | 0 | 0 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Nilai KR sampel airtanah yang dihitung pada lokasi penelitian berkisar antara 0,25 hingga 0,77 dengan rata-rata sebesar 0,43. Hasil itu menunjukkan bahwa kadar natrium dalam airtanah lebih kecil daripada kadar magnesium dengan kalsium. Dengan demikian, proses filtrasi pada tanaman akan lebih mudah karena kadar natrium yang tidak terlalu tinggi di lokasi penelitian (Shammi *et al.*, 2016).

Permeability Index (PI)

Penggunaan mineral yang tinggi secara terus menerus seperti ion kalsium, magnesium, natrium, dan bikarbonat dalam airtanah akan menyebabkan rendahnya permeabilitas tanah dan mengurangi hasil panen (Rufino *et al.*, 2019). *Permeability Index* (PI) digunakan untuk mengevaluasi kualitas air irigasi dalam hubungannya dengan tanah untuk perbaikan lahan pertanian (Thilagavathi *et al.*, 2012; Thivya *et al.*, 2013). Nilai PI sampel airtanah di daerah penelitian disajikan pada Tabel 10.

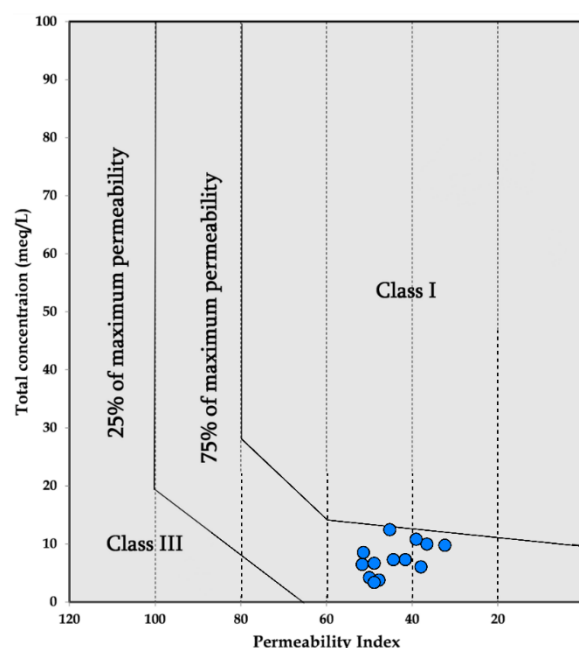
Tabel 10. Nilai PI pada Airtanah

| Klasifikasi PI (%) | | Sampel | |
|--------------------|------------------|--------|-----|
| | | Jumlah | % |
| >75 | <i>Class I</i> | 0 | 0 |
| 25–75 | <i>Class II</i> | 13 | 100 |
| <25 | <i>Class III</i> | 0 | 0 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Nilai PI sampel airtanah yang dihitung pada lokasi penelitian berkisar antara 36,83% hingga 56,44% dengan rata-rata sebesar 45,91%. Mengacu pada klasifikasi nilai PI menurut Doneen (1964), seluruh sampel airtanah di lokasi penelitian termasuk dalam klasifikasi *Class II*. Klasifikasi tersebut menunjukkan bahwa airtanah cukup sesuai digunakan sebagai air irigasi karena tanah akan mempunyai permeabilitas sebesar 25

hingga 75%. Nilai PI juga diplot bersama dengan total konsentrasi ion dalam diagram seperti pada Gambar 3. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh sampel airtanah termasuk dalam klasifikasi *Class II*. Airtanah pada klasifikasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk keperluan irigasi dengan indeks permeabilitas maksimum 75%.



Gambar 3. Grafik *Permeability Index* dan Total Konsentrasi Ion
Sumber: Pengolahan data (2023)

Tabel 11. Kualitas Airtanah pada setiap Metode

| Sumur | Bentuk lahan | Metode/Parameter | | | | | | | | |
|-------|--------------|------------------|------|-------|------|--------|-------|-------|------|-------|
| | | DHL | SAR | RSC | B | Cl | %Na | MHR | KR | PI |
| S1 | Dataran | 380 | 3,44 | 0,01 | 0,05 | 16,00 | 23,42 | 26,54 | 0,38 | 49,35 |
| S2 | | 380 | 4,51 | -0,36 | 0,07 | 13,00 | 28,62 | 33,35 | 0,50 | 51,98 |
| S3 | | 560 | 6,71 | -0,06 | 0,07 | 27,00 | 33,09 | 32,31 | 0,68 | 56,44 |
| S4 | | 340 | 3,40 | -0,24 | 0,07 | 11,00 | 23,86 | 24,72 | 0,38 | 48,32 |
| S5 | | 560 | 5,41 | -0,29 | 0,06 | 22,50 | 27,83 | 31,16 | 0,50 | 49,17 |
| S6 | | 670 | 3,81 | -0,95 | 0,04 | 22,50 | 20,93 | 30,15 | 0,29 | 36,83 |
| S7 | | 320 | 2,71 | -0,55 | 0,04 | 8,50 | 18,65 | 11,01 | 0,28 | 39,68 |
| S8 | | 680 | 3,14 | 0,06 | 0,02 | 6,00 | 19,62 | 45,21 | 0,25 | 38,35 |
| S9 | Perbukitan | 750 | 3,61 | -0,57 | 0,04 | 35,50 | 13,12 | 29,95 | 0,33 | 41,44 |
| S10 | | 370 | 9,04 | -0,32 | 0,01 | 58,00 | 42,28 | 22,24 | 0,77 | 55,52 |
| S11 | | 1200 | 4,88 | -0,12 | 0,04 | 115,00 | 24,10 | 28,26 | 0,34 | 39,48 |
| S12 | | 1560 | 8,52 | -1,39 | 0,02 | 674,80 | 34,28 | 30,34 | 0,55 | 45,44 |
| S13 | | 590 | 4,68 | 0,16 | 0,03 | 21,00 | 27,72 | 7,99 | 0,41 | 44,80 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Berdasarkan Tabel 11 dan Tabel 12 dapat dilihat perbandingan setiap metode dari seluruh sampel airtanah. Secara keseluruhan, airtanah di Kapanewon Pleret tergolong masih dapat dimanfaatkan untuk keperluan irigasi. Sampel airtanah dari sumur S1 hingga S8 serta S10 dan S13 menunjukkan nilai yang baik dari seluruh metode yang digunakan untuk menganalisis kualitas airtanah. Sementara itu, sampel airtanah dari sumur S9, S10, S11, dan S12 menunjukkan beberapa nilai yang cukup buruk.

Sampel airtanah pada sumur S9, S11, dan S12 termasuk klasifikasi *high* pada *sodium hazard* sehingga berpotensi menimbulkan bahaya bagi tanah dan tanaman. Sampel airtanah sumur S10

memiliki nilai %Na yang cukup tinggi tetapi masih dapat digunakan untuk irigasi. Sementara itu, sampel airtanah sumur S12 memiliki kadar Cl sangat tinggi sehingga tidak cocok untuk keperluan irigasi.

Sampel airtanah dari sumur yang terletak di dataran cenderung memiliki kualitas yang lebih baik daripada sampel airtanah dari sumur yang terletak di perbukitan. Hal tersebut disebabkan oleh berbagai faktor seperti kondisi akuifer, material penyusun, serta aktivitas antropogenik. Sampel airtanah dari wilayah perbukitan tersebut masih dapat digunakan untuk keperluan irigasi walaupun dengan berbagai potensi bahaya atau efek buruk terhadap tanah dan tanaman.

Tabel 12. Kesesuaian Kualitas Airtanah setiap Metode

| Sumur | Bentuk lahan | Metode/Parameter | | | | | | | | |
|-------|--------------|------------------|-----|-----|---|----|-----|-----|----|----|
| | | DHL | SAR | RSC | B | Cl | %Na | MHR | KR | PI |
| S1 | Dataran | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| S2 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| S3 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| S4 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| S5 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| S6 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| S7 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| S8 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| S9 | Perbukitan | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| S10 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| S11 | | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| S12 | | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| S13 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |

Sumber: Pengolahan data (2023)

Simpulan:

Kualitas airtanah dan kesesuaiannya untuk keperluan irigasi di Kapanewon Pleret sangat penting untuk diteliti. Hal tersebut karena airtanah menjadi sumber utama kebutuhan air irigasi ketika tidak terpenuhi oleh air permukaan terutama pada saat musim kemarau. Penelitian ini menggunakan 13 sampel airtanah yang diambil dari sumur

yang tersebar di wilayah pada topografi dataran dan perbukitan.

Analisis kesesuaian airtanah untuk irigasi menggunakan berbagai metode seperti *salinity hazard*, *sodium hazard* (SAR), RSC, *ion toxicity*, *sodium percentage* (%Na), *magnesium hazard* (MHR), *Kelly's ratio*, dan *permeability index*. Sebagian besar sampel airtanah menunjukkan nilai yang sangat baik

berdasarkan analisis dari setiap metode yang digunakan. Akan tetapi, masih terdapat beberapa sampel airtanah yang menunjukkan nilai cukup buruk.

Sampel airtanah dari sumur S9, S11, dan S12 tergolong tidak begitu baik untuk air irigasi. Ketiga sumur tersebut terletak di wilayah perbukitan. Nilai DHL dari ketiga sumur tersebut termasuk dalam klasifikasi *high* sehingga dapat menimbulkan bahaya cukup tinggi terhadap tanah dan tanaman. Sementara itu, sampel airtanah dari sumur S12 memiliki kadar klorida yang sangat tinggi sehingga termasuk dalam klasifikasi *can cause severe problems*, sehingga efeknya cukup berbahaya bagi tanah dan tanaman.

Secara spasial, sampel airtanah dari sumur yang berada di wilayah dataran fluvio gunungapi memiliki kualitas airtanah yang lebih baik daripada sampel airtanah dari sumur yang berada di wilayah perbukitan

struktural. Hal tersebut dapat disebabkan karena berbagai faktor, salah satunya adalah kondisi akuifer. Pada wilayah dataran di daerah penelitian cenderung memiliki akuifer yang sangat baik karena termasuk dalam CAT Yogyakarta-Sleman atau sistem akuifer Merapi. Sementara itu, wilayah perbukitan di daerah penelitian memiliki kondisi akuifer yang cukup buruk dengan produktivitas akuifer yang kecil dan termasuk daerah airtanah yang langka.

Penggunaan airtanah cenderung semakin meningkat sehingga membutuhkan berbagai upaya agar tetap terjaga kuantitas, kualitas, serta keberlanjutannya. Airtanah yang digunakan untuk keperluan irigasi tentunya perlu dijaga agar air tersebut tidak tercemar dari berbagai polusi atau limbah. Hal tersebut bertujuan agar tidak timbul bahaya atau efek buruk dari air tersebut sehingga tanah dan tanaman yang dialiri tetap terjaga dengan baik.

Daftar Rujukan:

- Adimalla, N. (2019). Groundwater quality for drinking and irrigation purposes and potential health risks assessment: a case study from semi-arid region of South India. *Exposure and health*, 11(2), 109–123.
- Ali, S. A., Sarhat, A. R., Muhammed, A. H., & Qamber, V. A. (2022). Representative map analysis and assessment of groundwater quality for agricultural uses in Northwest of Khanaqeen, Diyala, Iraq. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1120(1), 012021.
- Allan, J. D., Castillo, M. M., & Capps, K. A. (2021). *Stream ecology: structure and function of running waters*. Springer Nature.
- Amwele, H. R., Kgabi, N. A., & Kandjibi, L. I. (2021). Sustainability of Groundwater for Irrigation Purposes in Semi-arid Parts of Namibia. *Frontiers in Water*, 3, 767496.
- Anam, N. K., & Adji, T. N. (2018). Karakteristik Akuifer Bebas Pada Sebagian Cekungan Air Tanah (CAT) Yogyakarta-Sleman Di Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(2), 260721.
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture* (Vol. 29, p. 174). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Bauder, T. A., Waskom, R. M., Sutherland, P. L., Davis, J. G., Follett, R. H., & Soltanpour, P. N. (2011). Irrigation water quality criteria. *Extension soils specialist and professor, soil and crop sciences*, 0.506.
- Çadraku, H. S. (2021). Groundwater quality assessment for irrigation: case study in the Blinaja river basin, Kosovo. *Civil Engineering Journal*, 7(9), 1515–1528.

- Collins, R., & Jenkins, A. (1996). The impact of agricultural land use on stream chemistry in the middle hills of the Himalayas, Nepal. *Journal of Hydrology*, 185(1–4), 71–86.
- Dieter, C. A. (2018). *Water availability and use science program: Estimated use of water in the United States in 2015*. Reston: U.S. Geological Survey.
- Doneen, L. D. (1964). Notes on water quality in agriculture. *Water science and engineering paper*, 4001.
- Eaton, F. M. (1950). Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil science*, 69(2), 123–134.
- Fipps, G. (2003). Standards and salinity management and salinity management water analysis. *Agrilife extension, Texas A&M System*.
- Glover, C. R. (1996). Irrigation Water Classification Systems, Guide A-116, New Mexico State University. *NMSU and the US Department of Agriculture*.
- Kafkafi, U. (2011). Effects of chlorides in effluents used for irrigation on the irrigated crops. *Israel Journal of Plant Sciences*, 59(2–4), 139–146.
- Kaloterakis, N., van Delden, S. H., Hartley, S., & De Deyn, G. B. (2021). Silicon application and plant growth promoting rhizobacteria consisting of six pure *Bacillus* species alleviate salinity stress in cucumber (*Cucumis sativus* L). *Scientia Horticulturae*, 288, 110383.
- Keesari, T., Ramakumar, K. L., Chidambaram, S., Pethperumal, S., & Thilagavathi, R. (2016). Understanding the hydrochemical behavior of groundwater and its suitability for drinking and agricultural purposes in Pondicherry area, South India—a step towards sustainable development. *Groundwater for Sustainable Development*, 2, 143–153.
- Kelley, W. P. (1946). Permissible composition and concentration of irrigation waters. In: *Proceeding American Society of Civil Engineering*.
- Kelley, W. P. (1963). Use of saline irrigation water. *Soil science*, 95(6), 385–391.
- Ludwick, A. E., Campbell, K. B., Johnson, R. D., McClain, L. J., Millaway, R. M., Purcell, S. L., Phillips, I. L., Rush, D. W., & Waters, J. A. 1990. Water and plant growth. *Western Fertilizer Handbook—horticulture Edition, Interstate Publishers Inc, Illinois*, 15–43.
- Mahmoud, E. M., El Din, M. M. N., & Riad, P. (2021). The effect of irrigation and drainage management on crop yield in the Egyptian Delta: Case of El-Baradi area. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 119–134.
- Malakar, A., Snow, D. D., & Ray, C. (2019). Irrigation water quality—A contemporary perspective. *Water*, 11(7), 1482.
- Nagarajan, R., Rajmohan, N., Mahendran, U., & Senthamilkumar, S. (2010). Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Thanjavur city, Tamil Nadu, India. *Environmental monitoring and assessment*, 171, 289–308.
- Panneerselvam, B., Muniraj, K., Thomas, M., Ravichandran, N., & Bidorn, B. (2021). Identifying influencing groundwater parameter on human health associate with irrigation indices using the Automatic Linear Model (ALM) in a semi-arid region in India. *Environmental Research*, 202, 111778.
- Purwanto, P., & Ikhsan, J. (2006). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Bendung Mrican1. *Semesta Teknika*, 9(1), 83–93.
- Raghunath, H. M. (1987). *Ground water: hydrogeology, ground water survey and pumping tests, rural water supply and irrigation systems*. Delhi: New Age International.
- Ramesh, K., & Elango, L. (2012). Groundwater quality and its suitability for domestic and agricultural use in Tondiar river basin, Tamil Nadu, India. *Environmental monitoring and assessment*, 184, 3887–3899.
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (No. 60). Washington: US Government Printing Office.
- Rufino, F., Busico, G., Cuoco, E., Darrah, T. H., & Tedesco, D. (2019). Evaluating the suitability of urban groundwater resources for drinking water and irrigation purposes: an integrated

- approach in the Agro-Aversano area of Southern Italy. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 1–17.
- Saleh, A., Al-Ruwaih, F., & Shehata, M. (1999). Hydrogeochemical processes operating within the main aquifers of Kuwait. *Journal of Arid Environments*, 42(3), 195–209.
- Santosa, L.W. & Adji, T.N. 2014. *Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sari, A. K. (2019). Analisis Kebutuhan Air Irigasi untuk Lahan Persawahan Dusun To'pongo Desa Awo Gading Kecamatan Lamasi. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik*, 4(1), 47–51.
- Shammi, M., Rahman, R., Rahman, M. M., Moniruzzaman, M., Bodrud-Doza, M., Karmakar, B., & Uddin, M. K. (2016). Assessment of salinity hazard in existing water resources for irrigation and potentiality of conjunctive uses: a case report from Gopalganj District, Bangladesh. *Sustainable Water Resources Management*, 2, 369–378.
- Singh, N., Singh, R. P., Kamal, V., Sen, R., & Mukherjee, S. (2015). Assessment of hydrogeochemistry and the quality of groundwater in 24-Parganas districts, West Bengal. *Environmental Earth Sciences*, 73, 375–386.
- Siswoyo, H., & Kurniawan, J. (2021). Penilaian Kualitas Air Tanah di Kecamatan Jenu Kabupaten Tuban Berdasarkan Indeks Kualitas Air Irigasi. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 21(2), 879–884.
- Siswoyo, H., Juwono, P.T., & Taufiq, M. (2018). Potensi Bahaya Salinitas dan Bahaya Alkalinitas Sumber Daya Air Tanah untuk Irigasi di Kabupaten Mojokerto. *Prosiding SNITT POLTEKBA*. Balikpapan: Politeknik Negeri Balikpapan.
- Subramani, T., Elango, L., & Damodarasamy, S. R. (2005). Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin, Tamil Nadu, India. *Environmental Geology*, 47, 1099–1110.
- Sutrisno, C. T., & Eni, S. (2004). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Thilagavathi, R., Chidambaram, S., Prasanna, M. V., Thivya, C., & Singaraja, C. (2012). A study on groundwater geochemistry and water quality in layered aquifers system of Pondicherry region, southeast India. *Applied water science*, 2, 253–269.
- Thivya, C., Chidambaram, S., Singaraja, C., Thilagavathi, R., Prasanna, M. V., Anandhan, P., & Jainab, I. (2013). A study on the significance of lithology in groundwater quality of Madurai district, Tamil Nadu (India). *Environment, development and sustainability*, 15, 1365–1387.
- Thorne, D. W. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils: US Salinity Laboratory Staff USDA Agricultural Handbook 60*. Washington: Government Printing Office.
- Todd, D. K. (1980) *Groundwater hydrology*. New York: Wiley.
- Trivedy, R. K., & Goel, P. K. (1984). *Chemical and biological methods for water pollution studies*. Environmental publications.
- Wilcox, L. V. (1955). *Classification and Use of Irrigation Waters*. New York: US Department of Agriculture.
- Zaman, M., Shahid, S. A., & Heng, L. (2018). *Irrigation Water Quality. In: Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Cham: Springer Nature.