



Website: <http://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/gdk>



**GEODIKA**  
Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi

Terakreditasi S4 – SK No. 36/E/KPT/2019

Penerbit: Program Studi Pendidikan Geografi, FISE, Universitas Hamzanwadi



## KARAKTERISTIK HIDROGEOKIMIA DAN KUALITAS AIR PADA MATAAIR KARST SELONJONO KARST GUNUNGSEWU DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Ahmad Cahyadi<sup>1\*</sup>, Eko Haryono<sup>2</sup>, Tjahyo Nugroho Adji<sup>2</sup>, Margaretha Widyastuti<sup>2</sup>, Indra Agus Riyanto<sup>3</sup>,  
Rasyiida Acintya<sup>2</sup>, Naashiruddin Fikri Qushoyi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Doktor Ilmu Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Lentera Geosains Yogyakarta, Indonesia

\*Email Koresponden: [ahmad.cahyadi@ugm.ac.id](mailto:ahmad.cahyadi@ugm.ac.id)

Diterima: 08-07-2022, Revisi: 18-11-2022, Disetujui: 20-12-2022

©2022 Program Studi Pendidikan Geografi, FISE, Universitas Hamzanwadi

**Abstrak** Mataair Selonjono memiliki keunikan secara geologi berupa mataair kontak antara dua formasi, sekaligus mataair patahan dan merupakan mataair epikarst. Kondisi tersebut menyebabkan mataair ini memiliki karakteristik hidrogeokimia dan kualitas air yang unik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi multi-temporal karakteristik hidrogeokimia dan kualitas air Mataair Selonjono. Sampel air diambil secara temporal mulai februari 2020 sampai dengan Januari 2021. Parameter yang diuji adalah suhu, Daya Hantar Listrik (DHL), *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, dan K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, dan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Pengolahan data hidrogeokimia dilakukan dengan *software Easy Quim v5.0* untuk menganalisis diagram piper segitiga dan diagram Schoeller, sedangkan kualitas air dibandingkan dengan baku mutu air. Mataair Selonjono termasuk dalam klasifikasi airtanah *calcium enrichment*, *calcium/magnesium sulphate pollution*, dan *sulphate enrichment*. Hasil diagram Schoeller menunjukkan pola ion kation dominan adalah Ca<sup>2+</sup> dan anion adalah SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Hasil plotting pada *scatter plot* ion mayor komposisi Mataair Selonjono termasuk dalam klasifikasi *silicat weathering* atau *cation exchange*, pelarutan batuan karbonat yang dominan dan pelarutan dari material sulfat dan halit. Hasil analisis baku mutu air Mataair Selonjono secara temporal menunjukkan bahwa hampir semua sampel termasuk memenuhi baku mutu, hanya parameter Ca<sup>2+</sup> dan pH yang melebihi. Secara umum kualitas air Mataair Selonjono termasuk kategori sangat baik.

**Kata kunci:** Mataair Karst, Hidrogeokimia, Kualitas Air, Epikarst

**Abstract** Selonjono springs are geologically unique in the form of contact springs between the two formations, as well as fault springs and are epikarst springs. This condition certainly causes this spring to have unique hydrogeochemical characteristics and water quality. This study aims to analyze the multi-temporal variation of hydrogeochemical characteristics and water quality of Selonjono Spring. Water samples were taken temporally from February 2020 to January 2021. The parameters tested were temperature, Electrical Conductivity (DHL), Total Dissolved Solid (TDS), pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, and K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Hydrogeochemical data processing was carried out using Easy Quim v5.0 software to analyze the triangle piper diagram and Schoeller diagram, while the water quality was compared with water quality standards. Selonjono springs are included in the groundwater classification of calcium enrichment, calcium/magnesium sulfate pollution, and sulfate enrichment. The results of the Schoeller diagram show that the dominant cation pattern is Ca<sup>2+</sup> and the anion is SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. The results of plotting on the scatter plot of the major ion composition of the Selonjono Spring are included in the classification of silicat weathering or cation exchange, the dominant dissolution of carbonate rocks and the dissolution of sulfate and halite materials. The results of the analysis of the quality standards of the Selonjono Spring water temporally showed that almost all samples met the quality standards, only the Ca<sup>2+</sup> and pH parameters exceeded. In general, the water quality of the Selonjono Spring is in the very good category.

**Keywords:** Karst Spring, Hydrogeochemistry, Water Quality, Epikarst

### PENDAHULUAN

Mataair karst mempunyai peranan penting dalam menyuplai sumber air di kawasan Karst Gunungsewu (Haryono et al., 2022). Mataair karst di Karst Gunungsewu memiliki banyak tipe yaitu

menggantung (Adji & Bachtiar, 2016; Riyanto et al., 2020), Kontak (Adji et al., 2017a; Naufal et al., 2019; Cahyadi et al., 2020a), muncul pada cekungan alamiah (*impounded*), dan *aggraded* (Nurkholis et al., 2019; Riyanto et al., 2020), serta mataair yang muncul di wilayah kepesisiran (Kusumayudha, 2009; Oehler et al., 2017). Masing-masing tipe mataair karst tersebut tersebar pada sistem hidrogeologi Karst Gunungsewu yang terdiri atas enam sub area yaitu Panggang, Bribin-Baron, Ponjong, Sadeng, Pracimantoro-Wuryantoro, Donorejo-Pringkuku (Haryono, 2011).

Kondisi akuifer kawasan karst yang didominasi oleh beberapa karakteristik porositas seperti *diffuse* (rongga antar butir batuan), *fissure* (retakan) dan *conduit* (lorong pelarutan berukuran cukup besar) telah menyebabkan kondisi hidrogeokimia yang unik dan sangat rumit (Yu et al., 2021). Mataair karst memiliki peranan yang sangat penting sebagai titik pengamatan atau pengambilan sampel air untuk mengevaluasi proses hidrogeokimia yang terjadi di dalam sistem hidrogeologi kawasan karst baik proses yang alamiah terjadi ataupun proses yang terjadi akibat dampak aktivitas antropogenik (Liu et al., 2007). Analisis terhadap kondisi hidrogeokimia dari mataair karst juga dapat digunakan untuk menganalisis lebih lanjut terkait dengan fungsi dan struktur dari akuifer karst, waktu tunda airtanah di dalam akuifer, asal dan aliran airtanah, struktur internal dan geometri akuifer karst, serta tingkat perkembangan akuifer karst dan porositas yang dominan menyusun akuifer karst (Li et al., 2010; Zhang et al., 2011).

Salah satu sistem hidrogeologi yang cukup jarang dilakukan kajian hidrogeokimia secara multi-temporal adalah Sub Hidrogeologi Ponjong, terkhusus pada mataair yang tidak terpengaruh aliran sungai alogenik. Pada kajian sebelumnya telah dilakukan kajian hidrogeokimia multi-temporal pada mataair yang terpengaruh sistem alogenik misalnya oleh Cahyadi et al., (2020a; 2020b; 2021a dan 2021b) dan Tastian et al., (2022), selain itu juga dilakukan kajian hidrogeokimia pada sungai bawah tanah dan gua (Adji et al., 2017b). Kajian hidrogeokimia secara temporal musim penghujan dan kemarau juga cukup jarang dilakukan pada mataair yang tidak disuplai oleh sungai alogenik. Salah satu mataair yang tidak disuplai sungai alogenik di kawasan karst ini adalah Mataair Selonjono. Padahal, Mataair Selonjono memiliki peranan penting sebagai penyedia air bersih bagi warga Desa Tambakromo dan sebagian kecil Desa Sawahan Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul. Mataair Selonjono dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan domestik dan irigasi persawahan.

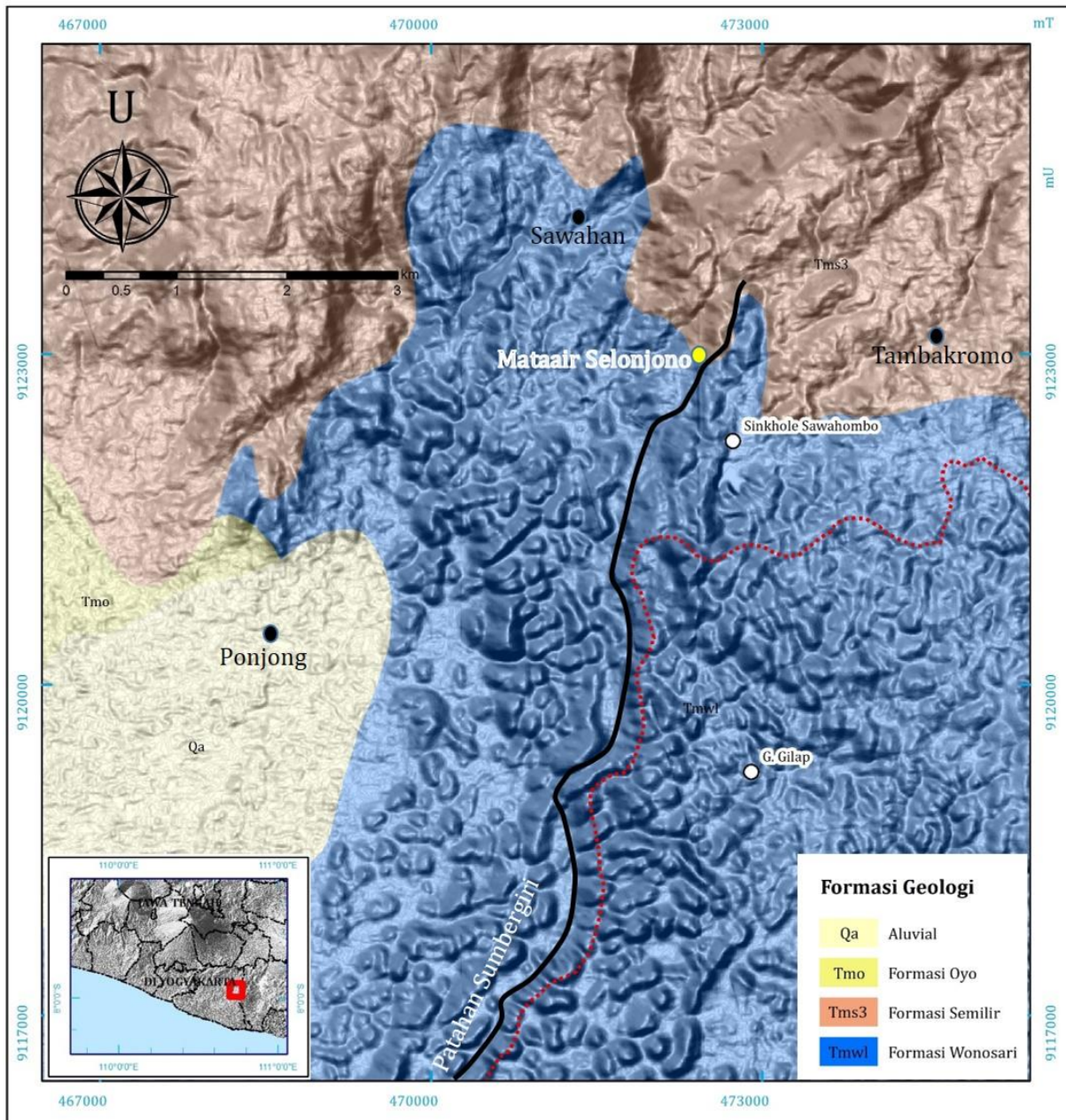
Ditinjau dari sisi geologi dan hidrogeologi, Mataair Selonjono memiliki keunikan karena termasuk mataair karst kontak sekaligus mataair patahan (Cahyadi et al., 2022). Kontak yang terjadi pada batuan gamping Formasi Wonosari dengan batuan beku Formasi Semilir menyebabkan airtanah yang berada pada akuifer gamping keluar sebagai mataair. Selain itu, Mataair Selonjono terdapat pada Gawir Patahan Sumbergiri (Barianto et al., 2017). Mataair selonjono secara hidrogeologi termasuk mataair epikarst yang memiliki ciri debit besar pada musim penghujan dan kecil pada musim kemarau, serta tidak keruh saat terjadi hujan.

Berdasarkan keunikan Mataair Selonjono secara geologi dan hidrogeologi, serta posisi yang penting dalam penyediaan air, maka analisis multi-temporal hidrogeokimia dan kualitas air sangat penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi multi-temporal karakteristik hidrogeokimia dan kualitas air Mataair Selonjono. Kajian ini diharapkan dapat membantu dalam memahami kualitas air yang ada di Mataair Selonjono secara temporal, memahami proses yang terjadi serta potensi pencemaran (Appelo & Postma, 2005) yang ada berdasarkan pada karakteristik hidrogeokimia air pada Mataair Selonjono.

## METODE PENELITIAN

Mataair Selonjono secara administratif terletak pada Desa Tambakromo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, D.I. Yogyakarta (Gambar 1). Mataair Selonjono secara absolut terletak pada koordinat 471987 mT dan 9121909 mU. Mataair Selonjono termasuk dalam Sub Sistem Hidrogeologi Ponjong (Haryono, 2011). Mataair Selonjono terletak pada Formasi Wonosari dengan batuan penyusun berupa Batu Gamping Terumbu (Rahardjo, 1995). Mataair Selonjono terletak pada elevasi berkisar 400-450 mdpl dengan bentuk karst yang termasuk *Residual Cone Karst* (Haryono & Day, 2004). Mataair ini termasuk dalam wilayah akuifer karst yang sangat berkembang dengan baik (Adji et al., 2017a), dengan curah hujan berkisar 2.200-2.300 mm/tahun (Brunsch, 2011). Lokasi di sekitar Mataair Selonjono

memiliki penggunaan lahan dominan berupa tegalan, sawah irigasi dan tadah hujan, kebun campuran dan semak belukar.



**Gambar 1.** Lokasi Mataair Selonjono  
(Sumber: Citra SRTM, Raharjo et al., 1995 dan Survei Lapangan)

Pengambilan sampel air Mataair Selonjono dilakukan secara temporal dari bulan Februari 2020 – Januari 2021 sebanyak 25 kali pengambilan sampel dengan interval dua mingguan. Pengambilan sampel dilakukan baik saat musim kemarau dan penghujan. Alat yang digunakan untuk pengukuran langsung di lapangan adalah *water quality test kit* dan *alkalinity test kit*. *Water test kit* digunakan untuk mengukur suhu, Daya Hantar Listrik (DHL), *Total Dissolved Solid (TDS)*, dan pH. *Alkalinity test kit* digunakan untuk melakukan titrasi dan menghasilkan nilai kandungan  $\text{HCO}_3^-$  (bikarbonat) di dalam air. Penggunaan *Alkalinity test kit* adalah karena bikarbonat memiliki sifat ikatan lemah yang menyebabkan harus segera dianalisis di lapangan. Selain itu, alat yang digunakan berupa botol sampel 1 liter untuk mengambil sampel air yang akan diuji di laboratorium. Parameter yang diuji di laboratorium berupa unsur mayor

yang terdiri atas kalsium ( $Ca^{2+}$ ), magnesium ( $Mg^{2+}$ ), Natrium ( $Na^+$ ), Kalium ( $K^+$ ), Sulfat ( $SO_4^{2-}$ ) dan Klorida ( $Cl^-$ ).

Pengolahan data hidrogeokimia dilakukan dengan menggunakan *software Easy Quim v5.0* untuk menganalisis posisi sampel pada diagram piper segitiga dan diagram Schoeller. Diagram piper segitiga memberikan informasi tipe airtanah berdasarkan pola dalam segitiga, sedangkan diagram Schoeller informasi tipe airtanah berdasarkan ion dominan berdasarkan pola garis. Analisis menggunakan *scatter plots diagram* dengan *Microsoft Excel* untuk mengetahui korelasi anion dan kation (dengan *scatter plot diagram*) pada proses hidrogeokimia dengan parameter  $Na^+$  vs  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-} + HCO_3^-$  vs  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  vs  $HCO_3^-$ , dan  $Na^+$  vs  $Cl^- + SO_4^{2-}$  (Hoaghia et al., 2021). Selain itu dilakukan analisis diagram Gibbs dengan *Microsoft Excel* berdasarkan parameter TDS,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$  (Hoaghia et al., 2021). Secara ringkas klasifikasi hasil analisis hidrogeokimia disajikan dalam Tabel 1. Kualitas air Mataair Selonjono secara temporal juga dibandingkan dengan dibandingkan dengan baku mutu air menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 90 Tahun 2002 dan standar yang ditetapkan oleh ahli (Todd & Mays, 2005). Analisis mendetail dilakukan dengan menjelaskan pola kualitas air dan hidrogeokimia air Mataair Selonjono saat musim penghujan dan kemarau.

**Tabel 1.** Klasifikasi Hasil Analisis Hidrogeokimia dengan *Scatter Plot Diagram*

Parameter	Nilai < dari 1:1	Nilai = 1:1 atau di sekitarnya	Nilai > 1:1
$Na^+$ versus $Cl^-$	Input polutan dari antropogenik	Pelarutan Halit	Pelapukan silika atau pertukaran kation
$Ca^{2+} + Mg^{2+}$ versus $HCO_3^- + SO_4^{2-}$	Pelarutan Karbonat (Kalsium dan Dolomit) bukan sumber utama unsur mayor	Pelarutan Karbonat (Kalsium dan Dolomit)	Pelarutan Karbonat (Kalsium dan Dolomit) bukan sumber utama unsur mayor
$HCO_3^-$ versus $Na^+$	Pelarutan Silikat bukan sumber utama unsur mayor	Pelarutan Silikat	Pelarutan Silikat bukan sumber utama unsur mayor
$Cl^- - SO_4^{2-}$ versus $Na^+$	Pelarutan sodium/natrium sulfat dan halit bukan sumber utama unsur mayor	Pelarutan sodium/natrium sulfat dan halit	Pelarutan sodium/natrium sulfat dan halit bukan sumber utama unsur mayor

Sumber: Diringkas dari Hoaghia et al., (2021)

## TEMUAN DAN PEMBAHASAN

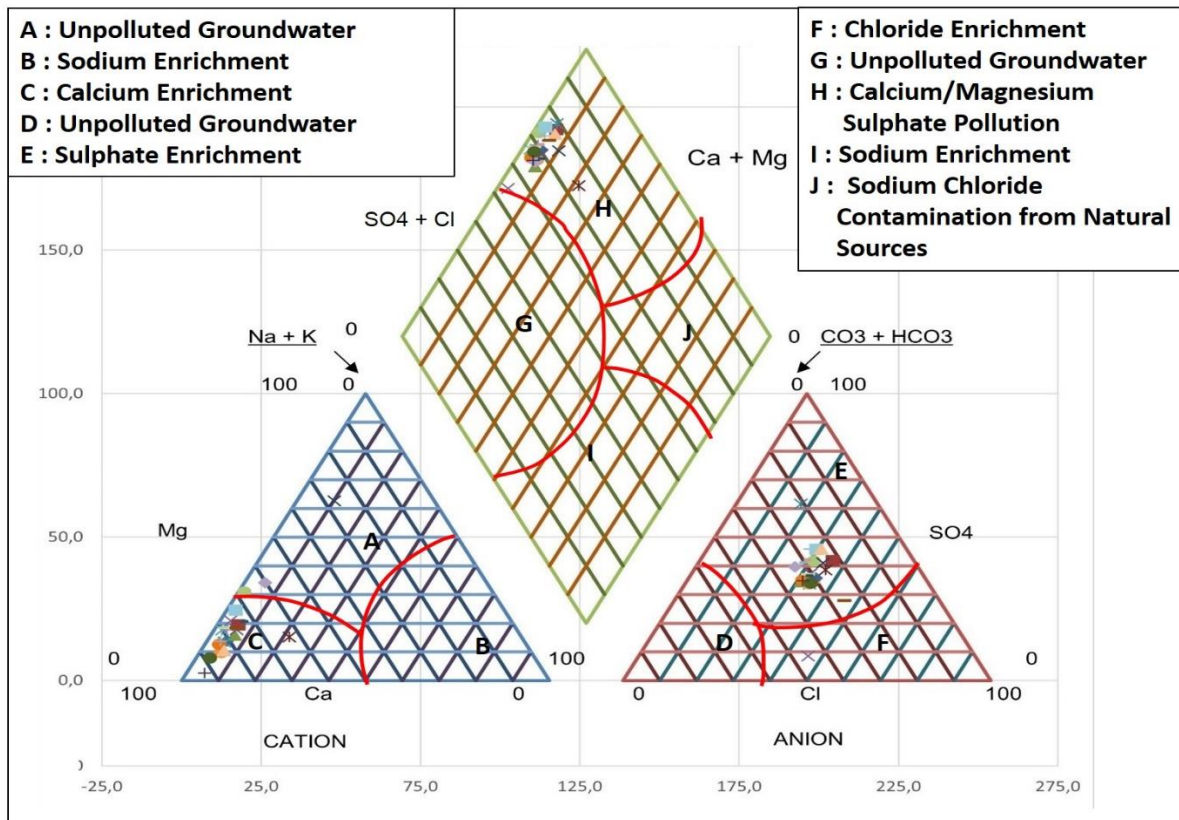
Hasil analisis dengan menggunakan piper segitiga Mata Air Selonjono secara temporal menunjukkan bahwa sampel air dari Mataair Selonjono mengelompok pada beberapa klasifikasi (Gambar 2). Tipe segitiga kiri bawah diperoleh dominasi sampel air tipe kalsium dengan karakteristik *calcium enrichment* atau pengayaan kalsium (Tipe C), terkecuali sampel nomor 20 yang termasuk Tipe Magnesium atau disebut juga tipe *Unpolluted Groundwater* atau airtanah tidak terpolusi (Tipe A). Sampel nomor 20 memiliki nilai magnesium tertinggi sebesar 62% berbeda dari keseluruhan sampel disebabkan karena terjadi kenaikan debit pada tanggal 7 November 2020. Hal tersebut menyebabkan terlarutnya Mg yang kemungkinan berasal dari batuan. Hasil klasifikasi lainnya pada bagian tengah atas digram piper menunjukkan bahwa sampel dari Mataair Selonjono mengelompok pada satu klasifikasi yaitu *Calcium/Magnesium Sulphate Pollution* (Tipe H). Kondisi ini kemungkinan karena akuifer penyimpanannya berupa batuan gamping yang banyak mengandung kalsium. Tipe segitiga kanan bawah diperoleh dominasi sampel termasuk dalam *sulphate enrichment* (Tipe E), terkecuali sampel nomor 1 yang termasuk *chloride enrichment* (Tipe F). Baik Tipe E ataupun Tipe F menunjukkan adanya pengaruh dari aktivitas antropogenik (Qiong et al., 2015; Hoaghia et al., 2021). Sampel nomor 1 memiliki nilai klorida tertinggi 45,99% pada tanggal 15 Februari 2020 karena terjadi kenaikan debit pada tanggal 15 Februari 2020. Hal ini sebenarnya mengindikasikan kemungkinan terjadinya pencemaran dari aktivitas manusia, karena unsur klorida sangat jarang ditemukan dalam batuan kecuali yang merupakan batuan sedimen yang terendapkan di lingkungan laut.

Hasil perbandingan Diagram Piper Mataair Selonjono dibandingkan dengan mataair yang disuplai oleh sungai alogenik yaitu Mataair Beton dan Gremeng (yang telah diteliti sebelumnya) pada Blok Sub Hidrogeologi Ponjong memiliki pola temporal yang berbeda. Mataair Gremeng memiliki nilai



persentase  $Ca^{2+}$  di bawah 90% pada segitiga kiri bawah (Tipe C) (Cahyadi et al., 2021b), sedangkan Mataair Selonjono memiliki  $Ca^{2+}$  di atas 90%. Bagian tengah atas diagram piper dari Mataair Gremeng memiliki nilai  $Cl+SO_4^{2-}$  di bawah 26% (Tipe G), sedangkan Mataair Selonjono memiliki  $Cl+SO_4^{2-}$  di atas 50%. Segitiga kanan bawah Mataair Gremeng memiliki nilai  $CO_3^-+HCO_3^-$  di atas 90% (Tipe D), sedangkan Mataair Selonjono memiliki nilai  $CO_3^-+HCO_3^-$  di bawah 45%.

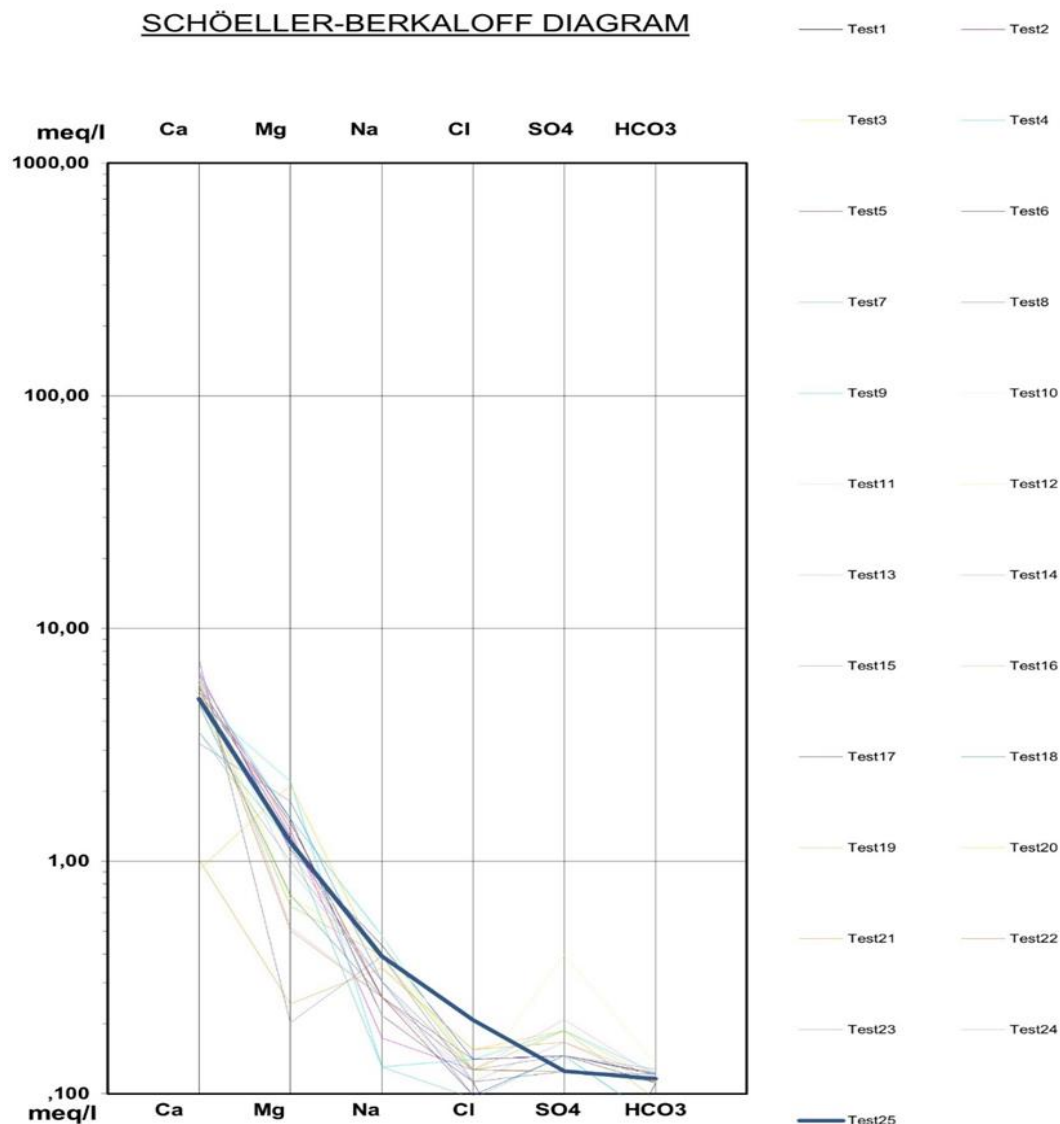
Perbandingan Mataair Beton pada segitiga bagian kiri bawah diperoleh memiliki nilai  $Mg^{2+}$  di atas 35% (Cahyadi et al., 2021a, Ramadhan et al., 2021) yang lebih tinggi dibandingkan Mataair Selonjono dengan nilai  $Mg^{2+} > 30\%$  dan Nilai  $Ca^{2+} < 85\%$  lebih rendah dibandingkan Mataair Selonjono dengan nilai  $Ca^{2+} > 90\%$  (Tipe C). Perbandingan Mataair Beton pada bagian tengah atas diagram piper diperoleh memiliki nilai  $Cl+SO_4$  di bawah 20% (Tipe G) yang lebih rendah dibandingkan Mataair Selonjono dengan nilai  $Cl+SO_4^{2-} > 50\%$ . Perbandingan Mataair Beton pada segitiga bagian kanan bawah diperoleh memiliki nilai  $CO_3^-+HCO_3^-$  di atas 90% (Tipe D) yang lebih rendah dibandingkan Mataair Selonjono dengan nilai  $CO_3^-+HCO_3^- < 45\%$ .



Gambar 2. Diagram Piper Segitiga Mataair Selonjono (Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

Hasil perbandingan Mataair Selonjono (Blok Sub Hidrogeologi Ponjong) dengan Mataair Guntur (Blok Sub Hidrogeologi Panggang) yang juga merupakan mataair epikarst menunjukkan karakteristik hidrogeokimia yang hampir sama meskipun memiliki variasi temporal yang berbeda (Ramadhan, 2019). Mataair Guntur memiliki nilai persentase  $Ca^{2+}$  di atas 90% pada segitiga kiri bawah (Tipe C). Bagian tengah atas diagram piper Mataair Guntur memiliki nilai  $Cl+SO_4^{2-}$  di bawah 20% (Tipe G), sedangkan Mataair Selonjono memiliki  $Cl+SO_4^{2-}$  di atas 50%. Segitiga kanan bawah Mataair Guntur memiliki nilai  $CO_3^-+HCO_3^-$  di atas 90% (Tipe D), sedangkan Mataair Selonjono memiliki nilai  $CO_3^-+HCO_3^-$  di bawah 45%. Perbedaan yang terjadi di antara dua mataair tersebut kemungkinan terjadi karena tingkat perkembangan Mataair Guntur yang relatif lebih tinggi. Kondisi ini dicirikan dengan hasil *tracer test* yang menunjukkan perkembangan lorong konduit di Mataair Guntur yang diikuti dengan masuknya *internal runoff* saat hujan dan menyebabkan aliran sedikit keruh. Kondisi tersebut tidak ditemui di Mataair Selonjono yang tetap jernih meskipun setelah terjadi hujan.

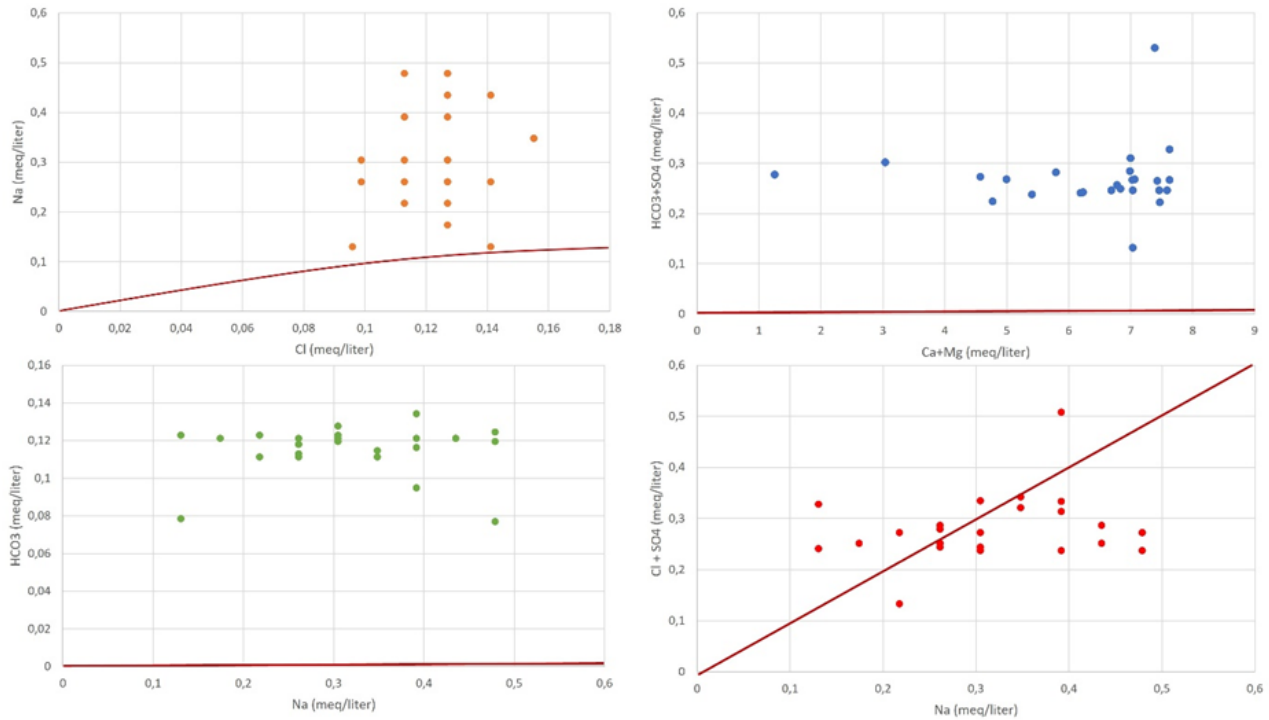
Hasil diagram Schoeller menunjukkan keseluruhan sampel memiliki pola yang sama dari pola garis yang dibentuk. Hasil klasifikasi metode Schoeller diperoleh Mataair Selonjono memiliki kation tertinggi adalah  $\text{Ca}^{2+}$  dan anion tertinggi adalah  $\text{SO}_4^{2-}$  (**Gambar 3**). Hasil metode Schoeller sesuai dan memperkuat hasil klasifikasi piper diagram yang menunjukkan Mataair Selonjono termasuk dominan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Hasil diagram Schoeller Baik Mataair Beton dan Gremeng diperoleh pola yang berbeda dengan Mataair Selonjono yaitu didominasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^-$  (Cahyadi et al., 2020; 2020b; 2021a; 2021b; Ramadhan et al., 2021). Selain itu, Mataair Guntur memiliki hasil diagram Schoeller yang berbeda juga dengan Mataair Selonjono yaitu bertipe ion dominan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^-$  (Ramadhan et al., 2021) yang disebabkan akuifer karst pada wilayah tersebut sudah cukup berkembang.



**Gambar 3.** Grafik Metode Schoeller Mataair Selonjono  
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

Analisis *scatterplot* antara  $\text{Na}^{2+}$  vs  $\text{Cl}^-$  menunjukkan bahwa secara temporal keseluruhan sampel dari Mataair Selonjono memiliki nilai lebih besar dari 1:1 (di atas garis) (**Gambar 4** kiri atas), sehingga termasuk dalam klasifikasi *silicate weathering* atau *cation exchange*. Analisis *scatterplot* antara  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  vs  $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$  (**Gambar 4** kanan atas) menunjukkan bahwa nilai dari keseluruhan sampel lebih besar dari garis 1:1, yang menunjukkan terjadinya proses pelarutan batuan karbonat yang dominan. Hasil plotingan  $\text{Na}^{2+}$  vs  $\text{HCO}_3^-$  (**Gambar 4** kiri bawah) diperoleh pola Mataair Selonjono secara temporal diperoleh keseluruhan sampel lebih besar dari garis 1:1 sehingga termasuk dalam klasifikasi pelarutan

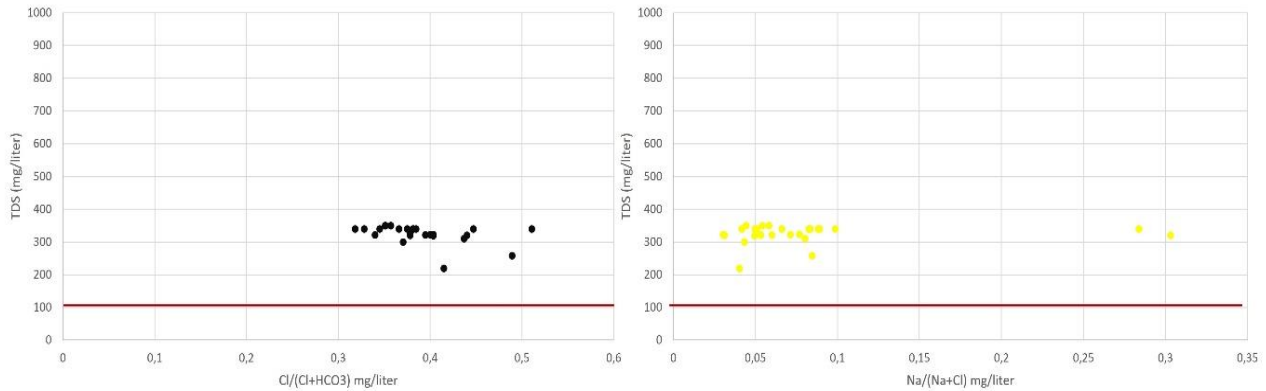
silikat bukan sumber utama kation. Hasil plotting  $\text{Na}^{2+}$  vs  $\text{Cl}+\text{SO}_4^{2-}$  (**Gambar 4** kanan bawah) diperoleh pola Mataair Selonjono secara temporal diperoleh sebagian sampel lebih besar dari garis 1:1 dan sebagian di bawah, sehingga termasuk dalam klasifikasi pelarutan dari material sulfat dan halit. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh dari aktivitas antropogenik, khususnya yang ditunjukkan dari nilai parameter Sulfat.



**Gambar 4.** Grafik *Scatterplot* Ion Dominan Mataair Selonjono  
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

Diagram Gibbs yang digunakan dalam penelitian ini adalah Diagram Gibbs yang telah disederhanakan oleh Barica (1972), Palmer and Cherry (1984) serta Marandi & Shand (2018). Hasil analisis Diagram Gibbs menunjukkan nilai dari TDS di semua sampel cukup tinggi, yakni lebih dari 100 mg/liter (**Gambar 5**). Di sisi yang lain nilai  $\text{Na}^{2+}/\text{Na}^{2+}+\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Cl}/\text{Cl}+\text{HCO}_3^-$  termasuk dalam klasifikasi rendah. Kondisi di atas menunjukkan bahwa sampel air dari Mataair Selonjono ion dominannya berasal dari proses pelarutan batuan (Marandi & Shand, 2018; Hoaghia et al., 2021).

Hasil analisis baku mutu air secara temporal Mataair Selonjono diperoleh hasil secara umum dominasi memenuhi baku mutu, terkecuali pada parameter Kalsium dan pH (**Tabel 2**). Parameter kalsium yang melebihi baku mutu ( $>100$  mg/liter) terdapat 17 sampel dengan nilai tertinggi 145,46 mg/liter dan terendah 103,2 mg/liter. Nilai  $\text{Ca}^{2+}$  yang melebihi baku mutu secara temporal baik musim kemarau dan penghujan pada Mataair Selonjono dikarenakan terdapat proses *calcium enrichment* dari proses pelarutan gamping. Hasil tersebut sesuai dengan analisis diagram piper dan diagram Gibbs. Hasil parameter pH yang di bawah baku mutu terdapat pada dua sampel pada musim penghujan dengan nilai 6,41 pada tanggal 7 November 2021 dan 5,84 pada tanggal 21 Desember 2021. Nilai pH menjadi di bawah baku mutu dikarenakan saat musim penghujan debit Mataair Selonjono naik karena curah hujan yang tinggi dan yang menyebabkan terjadinya proses pengenceran pada aliran. Hasil parameter lainnya yaitu  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , DHL, TDS, dan suhu diperoleh nilai sesuai dengan nilai baku mutu.



**Gambar 5.** Grafik Gibbs Mataair Selonjono  
(Sumber: Hasil Analisis Data, 2022)

**Tabel 2.** Parameter Hidrogeokimia dan Kualitas Air pada Mataair Selonjono

No	Tanggal	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	EC	TD S	Suhu
1	15/02/2020	110,64	18,38	5	1	4,0	1	6,8	7,41	590	300	26,0
2	07/03/2020	124,80	16,52	4	1	4,5	6	7,4	7,05	650	320	26,7
3	14/03/2020	120,20	8,36	10	1	4,5	6	7,4	7,09	648	324	26,2
4	28/03/2020	96,32	26,6	3	1	5,0	9	7,5	7,07	646	323	26,2
5	10/04/2020	115,20	15,55	6	1	5,0	7	7,4	7,72	638	319	27,0
6	25/04/2020	106,66	17,66	6	1	3,5	7	6,8	7,56	648	322	25,9
7	09/05/2020	93,93	8,7	6	1	4,5	6	6,9	7,09	643	322	25,7
8	23/05/2020	130,54	13,54	10	1	5,0	7	7,4	7,01	647	323	26,5
9	06/06/2020	119,20	18,46	11	1	4,5	7	4,7	8,03	650	258	28,0
10	20/06/2020	113,83	14,03	11	1	4,0	6	7,6	7,25	640	340	26,2
11	04/07/2020	120,80	17,01	11	1	4,5	7	7,3	6,85	630	340	25,9
12	19/07/2020	127,20	12,64	9	1	4,0	19	8,2	7,10	640	340	26,3
13	01/08/2020	122,58	11,12	7	1	4,0	6	7,4	6,95	640	350	24,4
14	13/08/2020	131,05	13,19	7	1	4,5	10	7,3	6,86	630	340	27,9
15	29/08/2020	129,60	6,32	6	1	4,0	8	7,2	7,33	640	350	26,4
16	18/09/2020	114,97	16,12	5	1	4,5	7	7,5	6,47	640	340	25,5
17	26/09/2020	64,00	21,87	7	1	3,5	7	7,5	7,21	640	340	25,7
18	10/10/2020	71,64	14,51	3	1	3,4	7	4,8	7,01	410	220	26,0
19	25/10/2020	103,20	7,78	9	1	4,5	9	5,8	7,26	570	310	26,0
20	07/11/2020	18,40	25,76	8	1	5,5	9	7,0	6,41	600	320	26,9
21	24/11/2020	20,20	2,95	8	1	5,5	8	6,8	7,21	630	340	25,7
22	07/12/2020	114,72	6,11	6	1	4,5	6	7,2	7,46	640	340	25,9
23	21/12/2020	145,46	2,45	9	0,6	4,0	6	7,4	5,84	650	350	26,1
24	02/01/2021	71,64	12,09	7	1	4,5	7	7,8	7,44	630	340	25,9
25	17/01/2021	100,00	14,58	9	4	7,4	6	7,1	7,17	620	340	25,7
Baku Mutu		100	50	200	50	250	250	500	6,5-8,5	1000	500	Deviasi 3

Sumber: Hasil pengukuran lapangan dan analisis data laboratorium (2022)

Keterangan: kolom warna merah menunjukkan parameter melebihi baku mutu



## SIMPULAN

Karakteristik hidrogeokimia Mataair Selonjono sangat dikontrol oleh sifat dari mataair epikarst yang belum berkembang pelorongannya. Tidak adanya imbuhan alogenik yang berasal dari kawasan non-karst, serta belum berkembangnya pelorongan menyebabkannya memiliki sifat yang jauh berbeda dengan mataair yang dikontrol oleh aliran alogenik (Mataair Beton dan Mataair Gremeng) dan mataair autogenik yang sudah berkembang (Mataair Guntur). Nampak dari hasil analisis bahwa pengayaan kalsium (*calcium enrichment*) telah mempengaruhi karakteristik hidrogeokimia di Mataair Selonjono bahkan menyebabkan parameter kalsium melebihi baku mutu. Proses utama yang menyebabkan terjadinya pengayaan kalsium adalah interaksi antara air dan batuan (*water-rock interaction*) yang menyebabkan terjadinya proses pelarutan gamping. Hasil analisis secara temporal kecenderungan beberapa ion memiliki pola naik saat musim penghujan karena proses pengenceran air hujan dan sebagian lainnya naik saat musim kemarau. Secara temporal, hampir semua sampel termasuk memenuhi baku mutu kecuali dua parameter yakni  $Ca^{2+}$  dan pH. Namun demikian, secara umum karakteristik hidrogeokimia dan kualitas air pada Mataair Selonjono termasuk kategori sangat baik.

## PENGAKUAN

Penelitian ini merupakan bagian dari disertasi penulis pertama dan dibiayai melalui hibah penelitian mandiri dosen Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada 2022. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pimpinan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adji, T. N., Haryono, E., Fatchurohman, H., & Oktama, R. (2017). Spatial and temporal hydrochemistry variations of karst water in Gunung Sewu, Java, Indonesia. *Environmental earth sciences*, 76(20), 1-16.
- Adji, T.N., Haryono, E., Mujib, A., Fatchurohman, H., and Bahtiar, I.Y. (2017a). Assessment of aquifer karstification degree in some karst sites on Java Island, Indonesia. *Carbonates Evaporites*, 34(1):53–66.
- Appelo, C.A.J and Postma, D. (2005). *Geochemistry, Groundwater and Pollution (2<sup>nd</sup> ed.)*. A.A. Balkema Publisher.
- Barianto, D.H., Margono, U., Husein, S., Novian, M.I. dan Permana, A.K. 2017. *Peta Geologi Lembar Wonosari (1408-31), Jawa*. Bandung: Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Barica, J. (1972) Salinization of Groundwaters in Arid Zones. *Water Res.*, 6, 925 – 933.
- Brunsch, A., Adji, T.N., Stoffe, D., Ikhwan, M., Oberle, P. and Nestmann, F. (2011) Hydrological assessment of a karst area in southern Java with respect to climate phenomena. *Proceeding of Asian Trans-Disciplinary Karst Conference 2011*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Cahyadi, A., Adji, T. N., Haryono, E., Widyastuti, M., Kusuma Aji, A.P., Naufal, M., and Riyanto, I.A. (2020a). Temporal Variation of Tropical Karst Groundwater Suitability for Irrigation in Gremeng Resurgence, Gunungsewu Karst Area, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 202(May 2021).
- Cahyadi, A., Adji, T.N., Haryono, E., Widyastuti, M. and Agniy, R.F. (2022). Tracing Flow Directions of the Pentung Allogenic in Gunungsewu Karst Area, Gunungkidul, using Artificial Tracer Test. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1098, 012048.
- Cahyadi, A., Haryono, E., Adji, T. N., Widyastuti, M., Agus Riyanto, I., Aji, A. P. K., Fatchurohman, H., Tastian, N. F., and Muhammad, D. T. N. (2020b). Temporal variation of water suitability for paddy irrigation needs at karst springs influenced by allogenic recharge in Gunungsewu Karst Area, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 200 (October).

- Cahyadi, A., Riyanto, I. A., Adji, T. N., Haryono, E., Widyastuti, M., and Aji, A. P. K. (2021a). Temporal variations in the water quality of beton spring, Gunungsewu karst area, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 896(1).
- Cahyadi, A., Riyanto, I. A., Naufal, M., Haryono, E., Adji, T. N., Widyastuti, M., Muhammad, D.T.N., and Adji, A.P.K. (2021b). Multitemporal Water Quality Analysis of Karst Spring Affected by Allogenic Recharge. *Proceeding of 6th International Conference on Energy, Environment, Epidemiology, and Information System*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Haryono, E. (2011) *Introduction to Gunungsewu karst field guide of Asian trans-disciplinary karst conference*. Yogyakarta: Karst Research Group, Universitas Gadjah Mada.
- Haryono, E., Adji, T.N., Cahyadi, A., Widyastuti, M., Listyaningsih, U. and Sulistyowati, E. 2022. Groundwater and Livelihood in Gunungsewu Karst Area, Indonesia. In Re, V., Manzione, R.L., Abiye, T.A., Mukherji, A. and MacDonald, A. (Eds). *Groundwater, Sustainable Livelihoods and Equitable Growth*. CRC Press, New York, pp 1-23.
- Haryono, E., and Day, M. (2004). Landform differentiation within the Gunung Kidul Kegelkarst, Java, Indonesia. *Journal of Cave and Karst Studies*, 66(2), 62–69.
- Hoaghia, M. A., Moldovan, A., Kovacs, E., Mirea, I.C., Kenesz, M., Brad, T., Cadar, O., Micle, V., Levei, E.A., and Moldovan, O.T. (2021). Water quality and hydrogeochemical characteristics of some karst water sources in apuseni mountains, romania. *Water (Switzerland)*, 13(6).
- Kusumayudha, S.B. (2009). Detecting Springs in the Coastal Area of the Gunungsewu Karst Terrain, Yogyakarta Special Province, Indonesia, Analysis using Fractal Geometry. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, 20(4).
- Li, Q., Sun, H. and Wang, J. (2010). Hydrochemical response of epikarst spring to rainfall: implications of nutrition element loss and groundwater pollution. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19(2), 441-448.
- Liu, Z., Li, Q., Sun, H. and Wang, J. (2007). Seasonal, diurnal and strom-scale hydrochemical variation of typical epikarst spring in subtropical karst areas of SW China: Soil CO<sub>2</sub> and dilution effects. *Journal of Hydrology*, 337, 207-223.
- Marandi, A. and Shand, P. (2018) Groundwater Chemistry and the Gibbs Diagram. *Applied Geochemistry*, 97, 209-212.
- Naufal, M., Widyastuti, M., Cahyadi, A., Ramadhan, F., Riyanto, I.A., An-Nisa, K.S.A. and Adji, T.N. (2019) Temporal variations of baseflow contribution to epikarst spring discharge in Gunungsewu karst area, Indonesia. *E3S Web of Conference* 125, 01014.
- Nurkholis, A., Adji, T.N., Haryono, E., Cahyadi, A. and Suprayogi, S. (2019). Time series analysis application for karst aquifer characterisation in pindul cave Karst system, Indonesia. *Acta Carsologica*, 48(1), 69-84.
- Oehler, T., Elisabeth, E., Putra, D.P.E., Adyasari, D., Hennig, H., Mallast, U., Moosdorf, N. (2017). Timming of Land-Ocean Groundwater Nutrient Fluxes Froam a Tropical Karstic Region (Southern Java, Indonesia). *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 20(4), 1-18.
- Palmer, D.C. and Cherry, J.A. (1984) Geochemical Evolution of Groundwater in Sequences of Sedimentary Rocks. *Journal of Hydrology*, 75, 27-65.
- Qiong, X., Licheng, S. and Kunyu, W. (2015). Hydrochemical variations of the spring of Jinfo Mountain, Chongqing, China. *Acta Carsologica*, 44(1), 59-69.
- Rahardjo W., Sukandarrumidi and Rosidi H.M.D. (1995). *Geological map of the Yogyakarta sheet, Java*. Bandung: Geological Research and Development Centre.

- Ramadhan, F. 2019. Hubungan Karakteristik Aliran Dengan Hidrogeokimia Mataair Guntur DI Kawasan Karst Gunungsewu. *Skripsi*. Yogyakarta: UGM.
- Ramadhan, F., Riyanto, I. A., Cahyadi, A., Naufal, M., Widyastuti, M., and Adji, T. N. (2021). Dampak Siklon Tropis Savannah Terhadap Karakteristik Hidrogeokimia Aliran pada Mata Air Guntur, Kawasan Karst Gunungsewu. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 18(2), 90-96.
- Riyanto, I.A., Pratama, A.R., Bachtiar, H., Fauzi, N.A., Widyastuti, M., Widiyastuti, A.N. and Rahmawati, N. (2020). Local Wisdom and Karst Spring Management in Playen District, Gunungkidul Regency, Indonesia. *Geographica: Science and Education Journal*, 1(2): 63-70.
- Riyanto, I.A., Widyastuti, M., Cahyadi, A., Agniy, R.F. and Adji, T.N. (2020). Groundwater Management Based on Vulnerability to Contamination in the Tropical Karst Region of Guntur Spring, Gunungsewu Karst, Java Island, Indonesia. *Environmental Processes*, 7(4), 1277–1302.
- Tastian, N.F., Adji, T.N. and Cahyadi, A. (2022). The Effect of Allogenic Recharge on Multi-Temporal Water Quality Variations in the Pindul Cave Underground River, Gunungkidul. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1098, 012049.
- Todd, D.K and Mays, L. (2005). *Groundwater Hydrology*. New York: John Wiley and Sons, Ltd.
- Yu, S., Chae, G., Oh, J., Kim, S., Kim., D. and Yun, S. (2021). Hydrochemical and isotopic difference of spring water depending on flow type in a stratigraphically complex karst area of South Korea. *Frontiers in Earth Science*, 9: 712865.
- Zhang, C., Yan, J., Pei, J. and Jiang, Y. 2011. Hydrochemical variations of epikarst springs in vertical climate zones: a case study in Jinfo Mountain National Nature Reserve of China. *Environmental Earth Sciences*, 63, 375-381.