
GEOKIMIA AIRTANAH DI KAWASAN KARST GUNUNGKIDUL, DIY

Nadya Triana Maizar¹, Mega Silvia Hastuti²

¹⁾Universiti Teknologi Malaysia
Johor Bahru, Johor, Malaysia 81310

²⁾Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika 2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281

^{a)} email korespondensi: nadyatriana@gmail.com

ABSTRAK

Gunungkidul memiliki litologi yang didominasi oleh batuan karbonat dan memiliki cukup banyak sungai bawah tanah sebagai hasil dari pelarutan batuan. Kondisi inilah yang menjadikan Gunungkidul tempat berkembangnya karst dengan cukup baik. Bentang alam karst pada umumnya memiliki karakter yang spesifik dan khas, baik secara morfologi maupun hidrogeologi. Mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Sir MacDonald & Partners pada 1984 terhadap geokimia airtanah di Formasi Wonosari, maka penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi geokimia airtanah pada saat ini serta untuk mengetahui sistem akuifer yang berkembang pada daerah penelitian. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan analisis geokimia airtanah yang kemudian dikorelasikan dengan analisis petrografi batuan dan XRD sedimen sungai, sehingga dapat diketahui jenis litologi yang dilewati oleh airtanah. Hasil analisis inilah yang kemudian digunakan untuk menginterpretasikan sistem akuifer yang berkembang di lokasi penelitian. Berdasarkan analisis tersebut dapat diketahui bahwa lokasi penelitian memiliki 3 tipe airtanah, yaitu (1) kalsium bikarbonat, (2) kalsium-magnesium bikarbonat, dan (3) kalsium-magnesium alkali bikarbonat, sedangkan jenis litologi yang dilewati airtanah adalah batugamping dan semakin ke arah *outlet* litologinya berubah menjadi batugamping dolomitan. Lokasi penelitian memiliki 2 sistem aliran airtanah, yaitu sistem aliran airtanah dengan pengayaan magnesium yang mengalir di dalam akuifer batugamping Formasi Wonosari dan sistem air tanah dengan pengayaan magnesium dan alkali yang mengalir di dalam akuifer batugamping Formasi Wonosari dengan kemungkinan aliran airtanah ini mulai mendekati Formasi Sambipitu.

Kata kunci: airtanah, geokimia, gunungkidul, karst

PENDAHULUAN

Daerah karst memiliki sistem hidrologi yang berbeda dengan jenis batuan lainnya. Hal ini dikarenakan kawasan karst pada umumnya didominasi oleh sungai-sungai bawah tanah sebagai hasil dari pelarutan batuan. Air tanah pada kawasan karst bergerak melalui rekahan celahan gua, berbeda dengan kawasan bukan karst yang bergerak pada pori-pori batuan (Ford, 2003).

Airtanah pada kawasan karst di Gunungkidul mengalir pada batugamping Formasi Wonosari (Sir MacDonald, 1984). Akan tetapi dari hasil pemodelan secara konseptual menunjukkan bahwa aliran airtanah pada beberapa lokasi telah mencapai formasi lain (Kusumayudha, 2000). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka terdapat untuk melakukan penelitian ini, yang bertujuan untuk mengetahui perubahan geokimia dan aliran airtanah kawasan karst Gunungkidul. Penelitian ini difokuskan pada analisis geokimia airtanah yang diambil di beberapa titik mata air, *inlet*, dan *outlet* aliran bawah tanah pada kawasan karst Gunungkidul.

Secara geologi daerah penelitian mencakup seluruh Formasi Wonosari yang berada di Kabupaten Gunungkidul (Gambar 1). Secara administratif daerah penelitian mencakup 13 kecamatan, yaitu Kecamatan Playen, Paliyan, Wonosari, Karangmojo, Semanu,

Pojong, Rongkop, Girisubo, Tepus, Tanjungsari, Saptosari, Panggang, dan Purwosari.

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penentuan geokimia airtanah ini adalah plastik dan botol sampel serta *water test kit*. Pengambilan sampel airtanah dilakukan pada 14 titik *inlet* dan *outlet* sungai bawah permukaan serta mata air untuk keperluan analisis geokimia airtanah kemudian diplotkan ke dalam diagram analisis (Gambar 1). Dalam penelitian ini menggunakan diagram Trilinier Piper. Diagram Trilinier Piper memiliki dua fungsi utama yaitu menggambarkan grafik kimia air untuk klasifikasi air, serta untuk menentukan apakah komposisi air menunjukkan adanya pencampuran. Selain itu dilakukan pengambilan sampel batuan dan sedimen sungai untuk keperluan analisis mineralogi secara petrografi dan dengan metode XRD sebagai data pendukung.

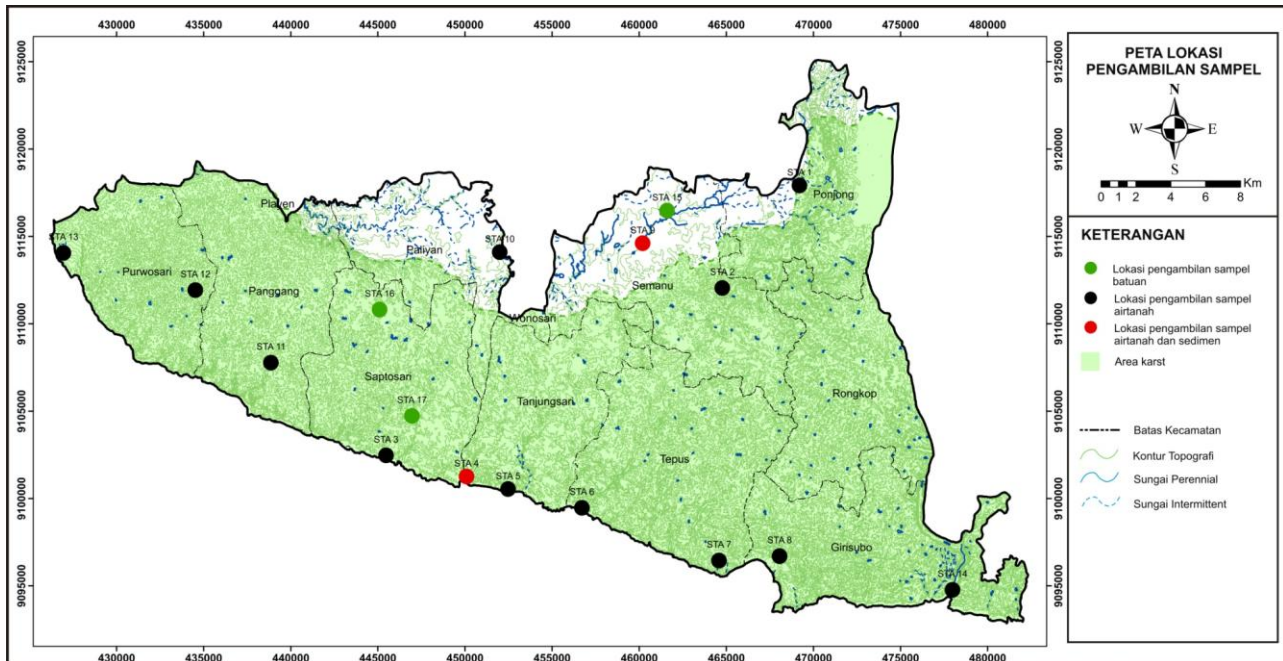
HIDROGEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Menurut Sir MacDonald & Partners (1984) hidrogeologi regional daerah penelitian termasuk dalam sistem akuifer Formasi Wonosari. Konsep akuifer di Formasi Wonosari dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sistem *allogenic* yang disebut dengan Sistem Plato Wonosari dan sistem *authigenic* yang disebut

dengan Sistem Karst Gunung Sewu (Sir MacDonald & Partners, 1984 dalam Sunarto, 1999).

Secara kualitas, kandungan kimia airtanah kawasan karst Gunungkidul menurut data dari Sir McDonald &

Partners (1984) berdasarkan sampel airtanah dari lubang bor dan mata air memiliki dominasi kation berupa kalsium serta dominasi anion berupa bikarbonat dengan tipe airtanah Kalsium Bikarbonat.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan pengambilan sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Tipe Airtanah

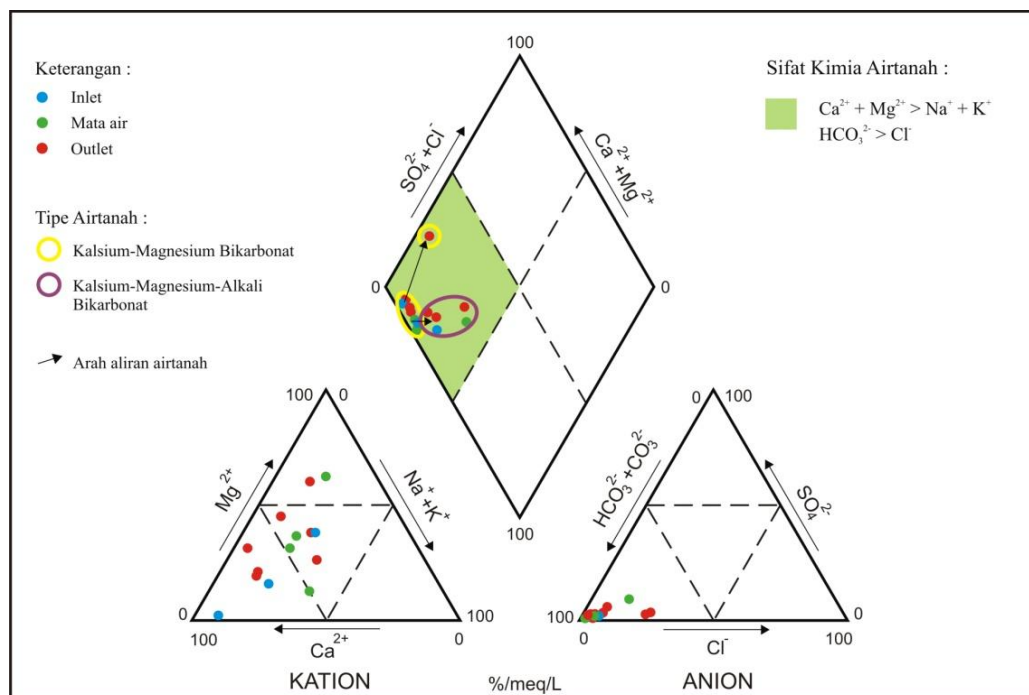
Tipe airtanah dari 14 sampel yang diambil di daerah penelitian ditentukan dengan analisis sifat kimia airtanah berdasarkan kandungan ion. Untuk mengetahui tipe airtanah berdasarkan kandungan ion, digunakan data geokimia airtanah yang telah dikonversi dari satuan mg/L menjadi meq/L (Tabel 1). Klasifikasi tipe airtanah berdasarkan kandungan ion dilakukan dengan menggunakan metode analisis diagram *Trilinier Piper*.

Berdasarkan hasil pengeplotan dengan diagram *Trilinier Piper* (Gambar 2), tipe airtanah daerah daerah penelitian terbagi menjadi 2 tipe yaitu:

1. Kalsium-Magnesium Bikarbonat (Ca^{2+} - Mg^{2+} - HCO_3^-) meliputi IL 1, IL 2, MA 1, MA 2, MA 4, OL 2, OL 5, OL 6, OL 7.
2. Kalsium-Magnesium-Alkali Bikarbonat (Ca^{2+} - Mg^{2+} - Na^+ + K^+ - HCO_3^-) meliputi OL 1, OL 3, OL 4, MA 3, IL 3.

Tabel 1. Data geokimia airtanah daerah penelitian

No	Kode Sampel	Lokasi	Konsentrasi Ion Mayor (meq/L)								Kation	Anion	TDI (Total Dissolved Ion)	RE (%)
			K^+	Na^{2+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	HCO_3^-				
1	MA 1	STA 1	0.03	0.43	0.78	0.94	0.02	0.1	0.1	5.15	2.18	5.37	7.55	42.09
2	IL 1	STA 2	0.03	0.43	0.06	4.34	0.04	0.04	0.1	5.2	4.86	5.38	10.24	5.02
3	OL 1	STA 3	0.05	0.57	0.9	1.39	0.06	0.18	0.17	2.03	2.91	2.44	5.35	8.59
4	OL 2	STA 4	0.05	0.61	0.84	3.02	0.04	0.17	0.17	5.25	4.52	5.63	10.15	10.97
5	OL 3	STA 5	0.08	2.13	1.69	2.65	0.15	0.18	1.67	5.35	6.55	7.35	13.9	5.69
6	OL 4	STA 6	0.08	1.52	2.35	2.29	0.29	0.35	0.45	5.05	6.24	6.14	12.38	0.83
7	OL 5	STA 7	0.03	0.65	2.83	1.25	0.04	0.09	0.21	5.45	4.76	5.79	10.55	9.74
8	MA 2	STA 8	0.03	0.57	0.86	2.75	0.02	0.09	0.23	4.46	4.21	4.8	9.01	6.47
9	IL 2	STA 9	0.05	0.87	0.67	2.81	0.06	0.09	0.08	4.06	4.4	4.29	8.69	1.18
10	IL 3	STA 10	0.13	1.26	1.89	1.74	0.13	0.18	0.38	5	5.02	5.69	10.71	6.25
11	MA 3	STA 11	0.2	1.57	0.56	2.35	0.25	0.41	0.42	2.28	4.68	3.36	8.04	16.54
12	MA 4	STA 12	0.05	0.65	2.31	0.72	0.04	0.08	0.25	6.58	3.73	6.95	10.68	30.07
13	OL 6	STA 13	0.03	0.43	1.91	1.89	0.04	0.07	0.18	3.63	4.26	3.92	8.18	4.11
14	OL 7	STA 14	0.05	0.48	3.06	6.43	0.18	0	1.69	4.93	10.02	6.8	16.82	19.1



Gambar 2. Analisis geokimia airtanah daerah penelitian dengan diagram *Trilinear Piper*

Interpretasi Genesis Kimia Airtanah

Interpretasi jenis batuan yang dilewati airtanah berdasarkan hasil analisis kandungan ion dengan menggunakan diagram *Trilinear Piper* disajikan dalam Tabel 2. Dari kedua tipe airtanah berdasarkan diagram *Trilinear Piper* diketahui bahwa Ca^{2+} dan Mg^{2+} merupakan ion yang paling dominan yang dapat diinterpretasikan bahwa airtanah mengalir melewati litologi batugamping dengan komposisi berupa kalsit sebagai sumber ion Ca^{2+} dan dolomit sebagai sumber ion Mg^{2+} . Pengayaan unsur magnesium pada bagian mata air dan *outlet* menunjukkan bahwa litologi yang dilewati airtanah semakin ke arah *outlet* berubah menjadi batugamping dolomit dimana peningkatan konsentrasi Mg^{2+} terjadi akibat semakin banyak mineral dolomit yang dilarutkan oleh airtanah.

Sedangkan pengayaan unsur $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ pada bagian *outlet* dan mata air kemungkinan berasal dari hasil pelarutan mineral plagioklas dan K-feldspar. Berdasarkan hasil pengamatan petrografi, mineral plagioklas dan K-feldspar dijumpai dalam batupasir anggota Formasi Sambipitu. Selain itu dari hasil analisis XRD sedimen pada bagian *outlet* dijumpai kehadiran mineral plagioklas, kuarsa, dan hornblende yang merupakan mineral-mineral penyusun batupasir Formasi Sambipitu. Hasil analisis XRD tersebut mendukung interpretasi bahwa aliran airtanah telah mencapai batas antara Formasi Wonosari dan Formasi Sambipitu.

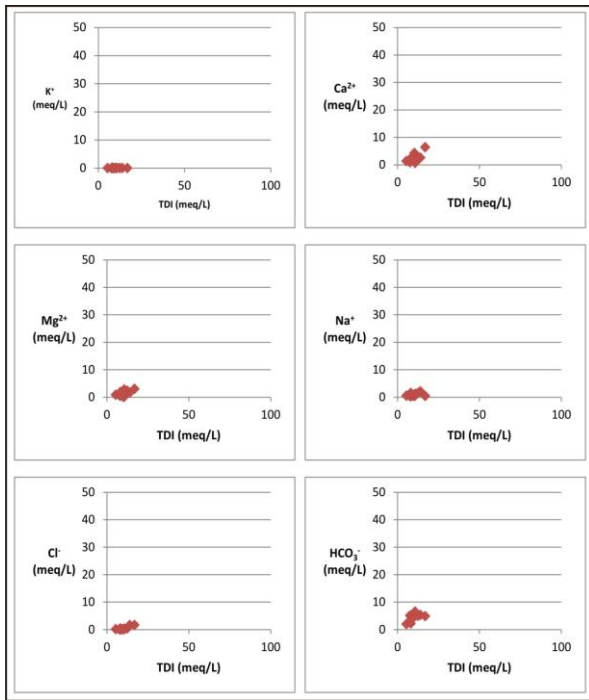
Interpretasi Perkembangan Sistem Akuifer Karst Daerah Penelitian

Interpretasi perkembangan sistem akuifer karst dilakukan dengan menggunakan diagram komposisi yang kemudian dikorelasikan dengan hasil klasifikasi tipe airtanah dan genesis kimia airtanah.

Tabel 2. Klasifikasi tipe airtanah daerah penelitian dan kaitannya dengan genesa kimia airtanah

No	STA	Kode Sampel	Tipe Airtanah	Litologi
1	2	IL 1	$\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$	Batugamping
2	9	IL 2	HCO_3^-	
3	20	IL 3	$\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ $- \text{Na}^+ + \text{K}^+$ HCO_3^-	Napal (F.Kepek)
4	1	MA 1	$\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$	Batugamping dolomit
5	8	MA 2	HCO_3^-	
6	11	MA 3	$\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ $- \text{Na}^+ + \text{K}^+$ HCO_3^-	Batupasir (F.Sambipitu)
7	12	MA 4	$\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ HCO_3^-	Batugamping dolomit
8	3	OL 1	$\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ $- \text{Na}^+ + \text{K}^+$ HCO_3^-	
9	4	OL 2	$\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ HCO_3^-	
10	5	OL 3	$\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ $- \text{Na}^+ + \text{K}^+$ HCO_3^-	Batupasir (F.Sambipitu)
11	6	OL 4	HCO_3^-	
12	7	OL 5	$\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ HCO_3^-	Batugamping dolomit
13	13	OL 6		
14	14	OL 7		

Berdasarkan analisis kandungan ion dengan diagram komposisi (Gambar 3), data hasil *plotting* mengelompok membentuk pola satu klaster pada semua parameter ion. Pola satu klaster tersebut menunjukkan bahwa airtanah pada semua lokasi pengambilan sampel baik di bagian *inlet*, *outlet*, maupun mata air berasal dari sumber yang sama yaitu berasal dari fasies batuan karbonat dan mengalir dalam satu akuifer yang sama yaitu akuifer karst batugamping.



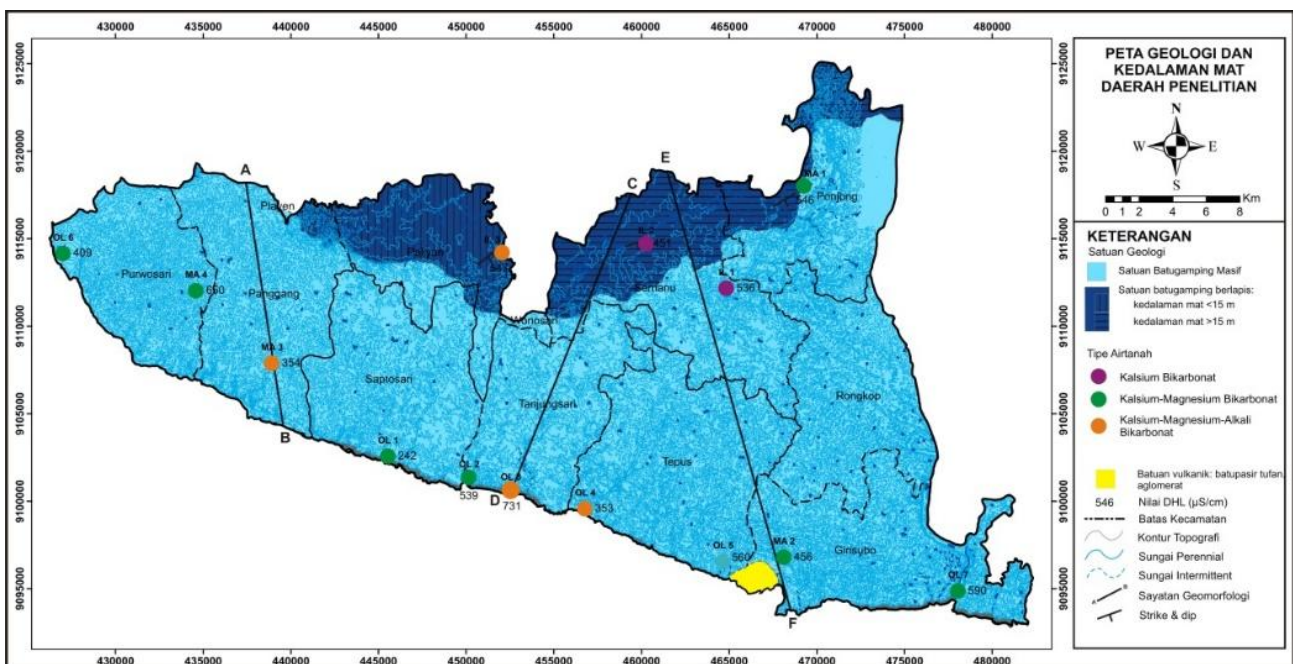
Gambar 3. Analisis geokimia airtanah daerah penelitian dengan diagram komposisi

Namun dalam sistem akuifer tersebut terdapat perubahan kandungan ion dalam airtanah, yaitu terjadi pengayaan konsentrasi Mg^{2+} dan pada beberapa outlet dijumpai adanya pengayaan ion magnesium yang disertai dengan peningkatan konsentrasi $Na^{2+}+K^{+}$. Dengan demikian, dapat diinterpretasikan bahwa dalam sistem akuifer daerah penelitian terdapat 2 sistem aliran airtanah yaitu (1) sistem aliran airtanah dengan pengayaan Mg^{2+} ; dan (2) sistem aliran airtanah dengan pengayaan $Mg^{2+} - Na^{2+}+K^{+}$.

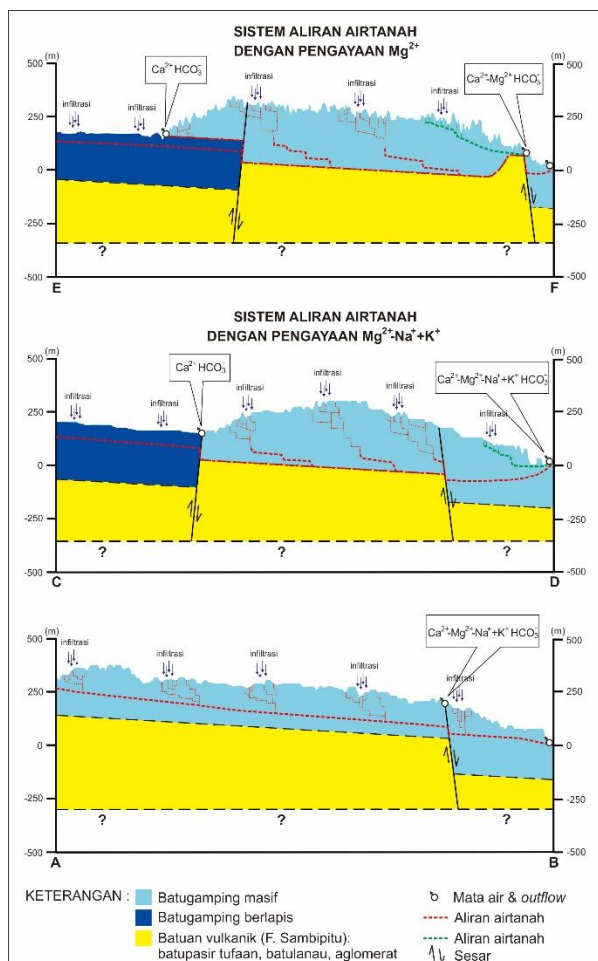
Pembagian sistem aliran airtanah tersebut didasarkan pada perbedaan jenis kation yang mengalami pengayaan. Masing-masing sistem aliran airtanah memiliki perbedaan karakteristik yaitu dicirikan oleh kation dominan yang berbeda, dan mengalir melewati litologi dengan jenis yang tidak sama. Interpretasi jenis litologi yang dilewati oleh airtanah untuk membagi sistem aliran airtanah berdasarkan pada kedalaman airtanah di daerah penelitian yang digambarkan dalam peta kedalaman airtanah pada Gambar 4.

Sistem aliran airtanah dengan pengayaan Mg^{2+} merupakan sistem dimana airtanah yang mengalir ke arah outlet mengalami peningkatan konsentrasi ion magnesium. Sistem aliran airtanah ini meliputi aliran airtanah yang menuju outlet OL 1, OL 5, OL 6, OL 7, serta mata air MA 4. Pengayaan konsentrasi magnesium merupakan hasil dari proses pelarutan mineral dolomit oleh airtanah yang mengalir melewati batugamping dolomitan. Airtanah pada sistem ini mengalir melewati litologi batugamping yang kemudian semakin mendekati bagian outlet litologi berubah menjadi batugamping dolomitan. Sistem aliran airtanah ini diwakili dengan gambaran konseptual sayatan E-F pada Gambar 5.

Sistem aliran airtanah dengan pengayaan $Mg^{2+} - Na^{2+}+K^{+}$ merupakan sistem dimana airtanah yang mengalir ke arah outlet mengalami peningkatan konsentrasi ion magnesium dan alkali. Sistem aliran airtanah ini meliputi aliran airtanah yang menuju outlet OL 3, OL 4, serta mata air MA 3. Pengayaan konsentrasi magnesium merupakan hasil dari proses pelarutan mineral dolomit oleh airtanah yang mengalir melewati batugamping dolomitan.



Gambar 4. Peta geologi dan kedalaman muka airtanah daerah penelitian (skala tidak sebenarnya)



Gambar 5. Gambaran konseptual sistem akuifer karst daerah penelitian per sayatan yang ditunjukkan pada Gambar 4 (tanpa skala)

KESIMPULAN

1. Tipe airtanah yang berkembang di daerah penelitian berdasarkan diagram *Trilinier Piper* terdiri dari 2 tipe yaitu Kalsium-Magnesium Bikarbonat dan Kalsium-Magnesium-Alkali Bikarbonat.
2. Jenis litologi yang dilewati oleh airtanah pada daerah penelitian adalah batugamping, dan semakin ke arah *outlet* berubah menjadi batugamping dolomitan yang ditunjukkan oleh peningkatan konsentrasi ion magnesium dalam airtanah dari beberapa *outlet*.
3. Airtanah pada sistem karst daerah penelitian mengalir dalam sistem akuifer karst batugamping yang memiliki 2 sistem aliran airtanah, yaitu (1) sistem aliran airtanah dengan pengayaan magnesium yang mengalir dalam akuifer karst batugamping Formasi Wonosari; dan (2) sistem aliran airtanah dengan pengayaan magnesium dan alkali yang aliran airtanahnya telah mencapai bagian batas antara Formasi Wonosari dan Formasi Sambipitu.

SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian geokimia airtanah kawasan karst di Gunungkidul ini, maka diperlukan penelitian lebih lanjut dengan data dan metode lain untuk mengembangkan penelitian.

Oleh karena itu, berikut beberapa saran untuk penelitian selanjutnya.

1. Perlunya penambahan uji sampel geokimia airtanah untuk mendapatkan gambaran lebih jelas mengenai perkembangan sistem akuifer karst daerah penelitian.
2. Perlunya penambahan analisis geokimia sumber air yang berasal dari sumur bor untuk melengkapi data geokimia airtanah.
3. Untuk penelitian lebih lanjut perlu digunakan metode geofisika untuk memperoleh informasi karakteristik akuifer karst daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Tugas Akhir penyusun di Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada. Penyusun mengucapkan terimakasih kepada Dr.rer.nat Doni Prakasa Eka Putra atas bimbingan serta masukan dan saran yang telah diberikan dalam menyempurnakan penyusunan paper.

REFERENSI

- Eby, G.N. 2004. *Principles of Environmental Geochemistry*. Mexico: Thomson Learning, Inc.
- Ford, D., dan Williams, P. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. New York: John Wiley & Sons.
- Ford, D.C. 2003. *Perspectives in Karst Hydrogeology and Cavern Genesis*. West Virginia: The Karst Waters Institute.
- Han, G., dan Liu, C.Q. 2003. *Water Geochemistry Controlled by Carbonate Dissolution*. China: Chinese Academy of Science.
- Holting, Bernward dan Coldewey, W. G. 2005. *Hydrogeologie, Einfuhrung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie*. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag ist ein Imprint der Elsevier GmbH.
- Kusumayudha, S. B. 2000. *Hidrogeologi Karst dan Geometri Fraktal di Daerah Gunung Sewu*. Yogyakarta: Adicita Karya Nusa.
- MacDonald, S.M. & Partners. 1984. *Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study*. London: Overseas Development Administration.
- Mazor, E. 1997. *Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Nana, R. dan Samodra, H. 2003. *Stratigrafi dan Lingkungan Pengendapan Batuan Karbonat, Gunung Sewu di Daerah Wonosari dan Sekitarnya*. Publikasi Khusus Geologi Pegunungan Selatan Bagian Timur.
- Sanghal, B.B.S., dan Gupta, R.P. 2010. *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks*. London: Springer.
- Suharyadi. 1984. *Diktat Kuliah Geohidrologi*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi FT UGM.
- Sumarso dan Ismoyowati, T. 1975. *A Contribution to The Stratigraphy of The Jiwo Hills And Their Southern Surroundings*. Jakarta: Proceedings of 4th Annual Convention of Indonesian Petroleum Association.

- Sunarto. 1997. *Paleogeomorfologi dalam Analisis Perubahan Lingkungan Kompleks Gua Karst Maros*. Majalah Geografi Indonesia.
- Surono. 2009. *Litostatigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah*. Publikasi Khusus Geologi Pegunungan Selatan Bagian Timur.
- Surono, Toha.B., dan Sudarno. 1992. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta*.
- Todd, D. K. 1995. *Groundwater Hydrology*. New York: John Wiley & Sons.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol.1A. Amsterdam: Government Printing Office