

## **KUALITAS AIR TETESAN ATAP MULUT GUA KARST DI GUA GILAP KENTENG PONJONG GUNUNGKIDUL\***

**Nugroho Hari Purnomo**

Jurusan Pendidikan Geografi Universitas Negeri Surabaya,  
Kampus Ketintang Surabaya

### **Abstrak**

Pendekatan kualitas fisik kimia air yang mengalir pada zone akifer karst dapat dipertimbangkan untuk memahami karakteristik akifer karst. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hubungan kualitas fisik dengan kimia air tetesan dari atap mulut gua yang berkembang di bentuklahan karst. Analisis dilakukan secara deskriptif berdasarkan pada indikator kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik hubungan kualitas fisik dengan kimia air tetesan adalah adanya persamaan pola antara kesadahan, kalsium, dan magnesium air dalam merespon suhu, DHL, dan TDS. Pada sisi lain unsur kebasahan polanya berbalikan dengan kesadahan, kalsium, dan magnesium air dalam merespon suhu, DHL, dan TDS.

**Kata kunci** : kualitas, air, rembesan, karst

### **PENDAHULUAN**

Dari waktu ke waktu persoalan pemenuhan kebutuhan air bagi kehidupan manusia akan semakin menjadi permasalahan. Salah satu hal yang dapat ditempuh dalam memecahkan permasalahan air adalah pengelolaan sumberdaya airtanah yang baik dan benar, karena pengendalian terhadap siklus hidrologi merupakan hal yang sulit dan mahal. Beberapa pemikiran pengelolaan sumberdaya airtanah berdasarkan akifer merupakan alternatif yang mulai banyak dipertimbangkan. Selama ini sistem pengelolaan air tanah di masyarakat masih menggunakan pendekatan konvensional berdasarkan pengelolaan sumur produksi dan mata air. Pendekatan konvensional tersebut memiliki beberapa kelemahan yang mendasar (Puradimaja, 2006). Pertama tidak diketahuinya potensi nyata setiap akifer yang dieksploitasi. Kedua tidak dapat mengoptimalkan eksploitasi airtanah setiap akifer. Ketiga tidak dapat melakukan pengendalian kualitas airtanah pada sumur produksi. Serta keempat tidak dapat mengendalikan perubahan lingkungan bawah permukaan misalnya pencemaran airtanah, amblesan tanah, dan eksploitasi airtanah yang berlebih.

Menjadi perdebatan adalah pada bentuklahan karst apakah juga berkembang sistem akuifer air tanah. Ford dan Williams (1992) menyatakan

\*Artikel dipresentasikan pada Seminar Nasional dalam rangka Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Geograf Indonesia ke XVI pada 2 – 3 November 2013 di Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin

bahwa pada bentuklahan karst juga terdapat akifer karena formasi batuan di bentuklahan karst mampu menyimpan dan mengalirkan airtanah dalam jumlah yang cukup. Batugamping yang memiliki sifat porositas dan permeabilitas yang tinggi dan membentuk jaringan sungai bawah tanah merupakan sistem akifer produktif di wilayah karst akibat proses tektonik dan pelarutan batuan. Sistem akuifer pada bentuklahan karst memiliki sifat anisotropis, yaitu karakteristik porositas yang tidak sama menyebar ke segala arah akibat persebaran rekahan dan pelorongan batuan. Hal tersebut menjadikan sulitnya untuk memahami sistem akifer di bentuklahan karst.

Guna memahami sistem akifer karst diduga dapat menggunakan pendekatan kualitas fisik kimia air yang mengalir pada zone akifer karst. Secara prinsip para ahli karst membagi sifat aliran pada akuifer karst menjadi tiga komponen yaitu aliran saluran/lorong (*conduit*), celah (*fissure*), dan rembesan (*diffuse*). Terbentuknya tipe sifat aliran pada akifer karst tersebut tidak bisa lepas dari peristiwa karstifikasi. Karstifikasi terjadi karena adanya kegiatan air yang agak masam pada batuan karbonat yang mudah larut. Dengan demikian untuk memahami sistem akifer karst yang bersifat anisotropis tersebut, ada kemungkinan dapat menggunakan pendekatan kualitas air yang mengalir pada zone akifer karst. Tempat yang memungkinkan untuk memahami fenomena tersebut adalah lokasi yang ketebalan batumannya dapat diketahui. Salah satu lokasi yang lapisan batunnya diketahui adalah pada atap mulut gua.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kualitas fisik dan kimia air tetesan dari atap mulut gua. Karakteristik yang akan dikaji adalah hubungan antara kualitas fisik dengan kualitas kimia air tetesan atap gua. Atap mulut gua ini merupakan sistem akifer pada suatu lapisan batuan dengan batasan dari permukaan tanah sampai atap mulut gua. Air tetesan dari atap gua ini diasumsikan merupakan air tanah yang berasal dari akifer karst khususnya tipe rembesan. Dengan diketahuinya kualitas kimia air tetesan dari atap mulut gua ini diharapkan dapat memberikan sumbangan dalam memahami akifer karst.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan di mulut Gua Gilap Dusun Klumprit Desa Kenteng Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunungkidul. Berdasarkan metode

utamanya, penelitian ini merupakan penelitian survei, yaitu mengumpulkan data terhadap sejumlah sampel air yang dianggap representatif mewakili populasinya untuk memperoleh sejumlah nilai atas variabel yang dipilih. Objek yang dikaji adalah kualitas air tetesan dari langit-langit atap mulut gua.

Pengambilan sampel air dilakukan selama tujuh sampai delapan hari pada Bulan September saat puncak musim kemarau 2013. Ada dua titik lokasi sampel penampungan tetesan air tersebut dengan sebagai ulangan. Air tetesan di tampung dalam suatu wadah, kemudian diuji nilai suhu, daya hantar listrik (DHL), padatan terlarut (TDS), kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ ), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg), serta kebasaan ( $\text{HCO}_3$ ) dengan menggunakan alat *elektronik conductivity meter* dan dianalisis di laboratorium kualitas air.

Analisis dilakukan secara deskriptif, yaitu memberi uraian mengenai gejala yang dikaji berdasarkan pada indikator yang dijadikan dasar. Indikator yang dijadikan dasar adalah karakteristik kualitas air pada tetesan atap gua yang berkembang di bentuklahan karst. Penyajian data dengan gambar dan tabel merupakan bentuk dalam analisis deskriptif ini.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu rerata berkisar antara  $20,90^\circ\text{C}$  –  $22,55^\circ\text{C}$ . Daya hantar listrik (DHL) rerata berkisar antara 103,25 – 182,75 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). TDS atau total padatan terlarut rerata berkisar antara 566 mg/l - 959 mg/l. Untuk kesadahan menunjukkan rerata kisaran antara 106 mg/l – 144 mg/l, rerata kalsium berkisar antara 41 mg/l – 52 mg/l, rerata magnesium berkisar antara 14,5 mg/l – 22 mg/l, dan rerata kebasaan berkisar antara 342,7 – 601,9 mg/l. Hasil analisis air tetesan langit-langit atap mulut gua Gilap disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitas Fisik dan Kimia Air Tetesan Langit-Langit Atap Mulut Gua Gilap

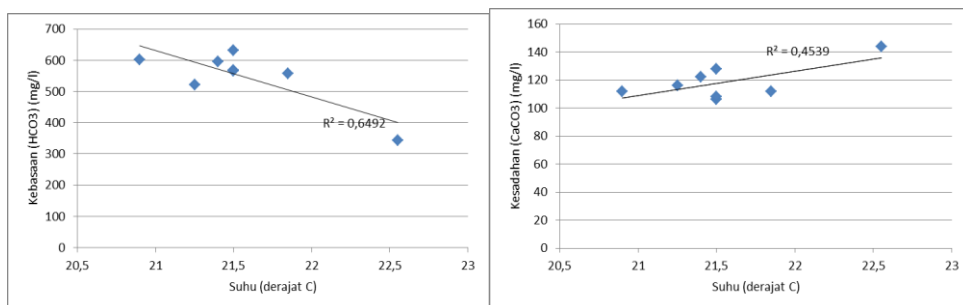
Variabel	Lokasi sampel	September 2013							
Suhu ( $^\circ\text{C}$ )	1	20,3	21,4	20,9	20,3	22,0	21,5	21,5	21,5
	2	24,8	21,4	21,6	21,5	21,7	21,5	21,5	21,5
	rerata	22,55	21,40	21,25	20,90	21,85	21,50	21,50	21,50
Daya hantar listrik (DHL) ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1	85,0	107,0	113,9	167,4	187,6	164,8	174,3	174,5
	2	146,4	99,5	109,0	198,1	172,7	172,2	170,2	155,0
	rerata	115,7	103,25	111,45	182,75	180,15	168,5	172,25	164,75
Padatan terlarut (TDS) (mg/l)	1	525	542	576	879	1051	838	895	869
	2	734	811	556	882	867	870	859	779
	rerata	629,5	676,5	566	880,5	959	854	877	824

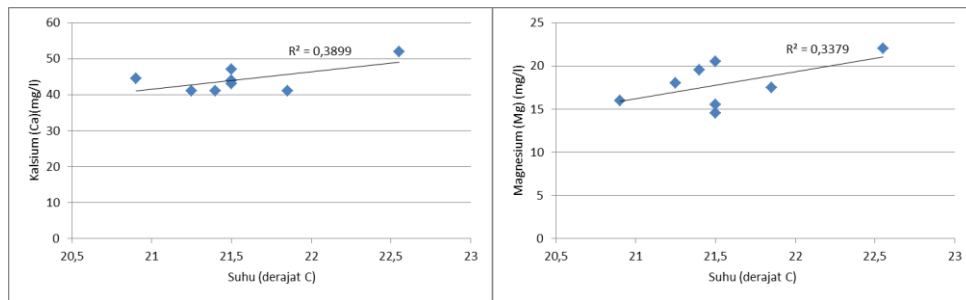
Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> ) (mg/l)	1	-	104	116	112	108	100	104	112
	2	144	140	116	112	116	156	108	104
	rerata	144	122	116	112	112	128	106	108
Kalsium (Ca) (mg/l)	1	-	42	42	54	40	42	50	46
	2	52	40	40	35	42	44	44	42
	rerata	52	41	41	44,5	41	43	47	44
Magnesium (Mg) (mg/l)	1	-	15	18	14	17	14	13	16
	2	22	24	18	18	18	27	16	15
	rerata	22	19,5	18	16	17,5	20,5	14,5	15,5
Kebasaan (HCO <sub>3</sub> ) (mg/l)	1	178,0	204,0	217,0	223,7	228,2	232,0	242,2	265,0
	2	164,7	390,4	305,0	378,2	329,4	335,5	323,3	366,0
	rerata	171,3	297,2	261	300,9	278,8	283,7	282,7	315,5

Sumber : kerja lapangan dan analisis laboratorium (2013)

Kebasaan (HCO<sub>3</sub>) meruakan unsur alkalinitas yang dapat menggambarkan pelapukan batuan. Kesadahan (CaCO<sub>3</sub>) air merupakan kandungan mineral tertentu umumnya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) di dalam air. Kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) merupakan dua unsur mineral yang melimpah di batuan karbonat. Kesadahan < 50 mg/l menunjukkan tingkat kesadahan rendah, 50 – 150 mg/l kesadahan menengah, 150 – 300 mg/l kesadahan tinggi, dan > 300 mg/l kesadahan sangat tinggi (Sukardjo dan Cahyono, 1978). Di lokasi penelitian keadaan air tetesan atap gua masuk dalam kelompok kesadahan menengah. Pada batuan karbonat kalsium berkisar antara 30 – 100 mg/l (Sudarmadji, *et al.*, 2012).

Hubungan antara suhu dengan kualitas kimia air menunjukkan bahwa setiap terjadi peningkatan suhu akan terjadi peningkatan kesadahan, kalsium, maknesium, sebaliknya terjadi penurunan kebasaan. Untuk kesadahan, setiap kenaikan suhu terjadi kenaikan 45% kesadahan. Untuk kalsium terjadi peningkatan 38% setiap kenaikan suhu dan untuk magnesium terjadi peningkatan 33% setiap kenaikan suhu. Sebaliknya untuk kebasaan terjadi penurunan 64% setiap kenaikan suhu. Gambar 1 menunjukkan hubungan tersebut.





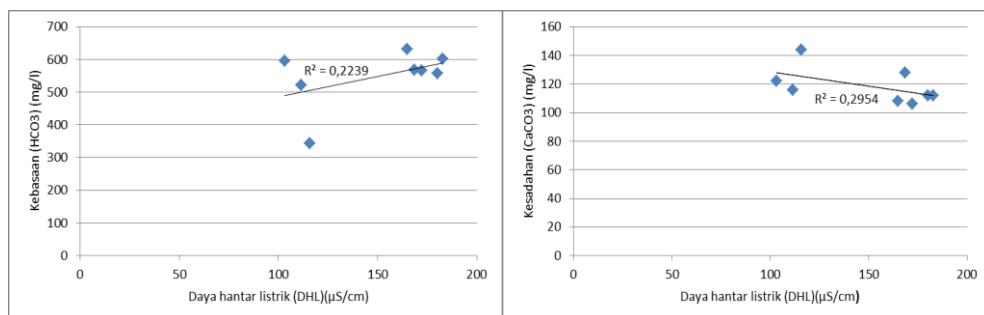
Gambar 1. Hubungan antara suhu dengan kebasaaan, kesadahan, kalsium, dan magnesium

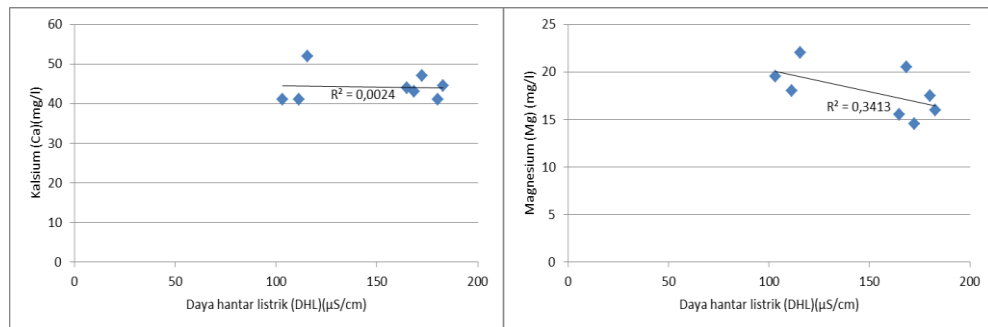
Suhu air berperan dalam reaksi kimia yang berlangsung di dalam air.

Secara konseptual suhu air yang tinggi menyebabkan rendahnya larutan gas seperti oksigen dan karbondioksida dalam air (Sudarmadji, *et al.*, 2012). Korelasi negatif tersebut dapat dibuktikan dengan kandungan kebasaaan yang tinggi pada suhu rendah. Gabungan antara air ( $H_2O$ ) dengan karbondioksida ( $CO_2$ ) memicu pelapukan batuan karbonat menjadi bikarbonat ( $HCO_3$ ).

Keadaan tersebut berbalikan dengan kandungan mineral kesadahan, kalsium, dan magnesium yang justru meningkat seiring kenaikan suhu. Secara konseptual suhu ditentukan oleh kedudukan asal atau lingkungan keberadaan air tersebut, bukan oleh jenis litologinya. Nilai kelarutan mineral-mineral tersebut juga relatif cukup tinggi. Peningkatan suhu air diduga dapat mengakibatkan pelepasan mineral pada media batuan yang dilewati, meskipun fluktuasi suhu air tidak dipengaruhi oleh media yang dilewati.

Hubungan antara DHL dengan kualitas kimia air menunjukkan bahwa setiap kenaikan DHL akan terjadi penurunan 29% kesadahan, penurunan 0,02% kalsium, dan penurunan 34% magnesium. Sebaliknya terjadi peningkatan kebasaaan sebesar 22% setiap kenaikan DHL. Gambar 2 menunjukkan hubungan tersebut.





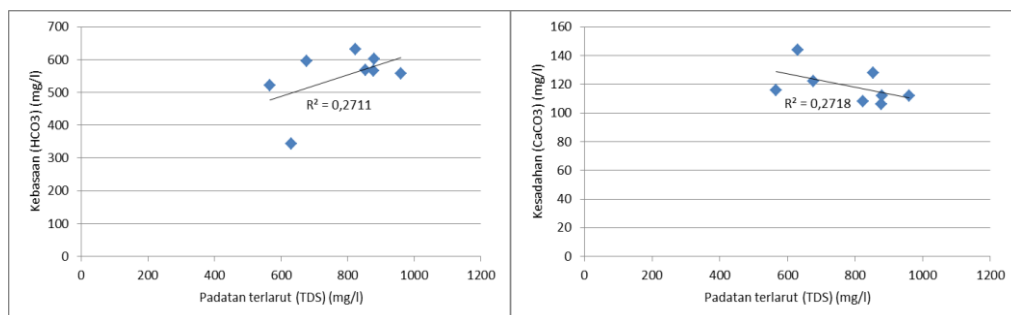
Gambar 2. Hubungan antara DHL dengan kebasaaan, kesadahan, kalsium, dan magnesium

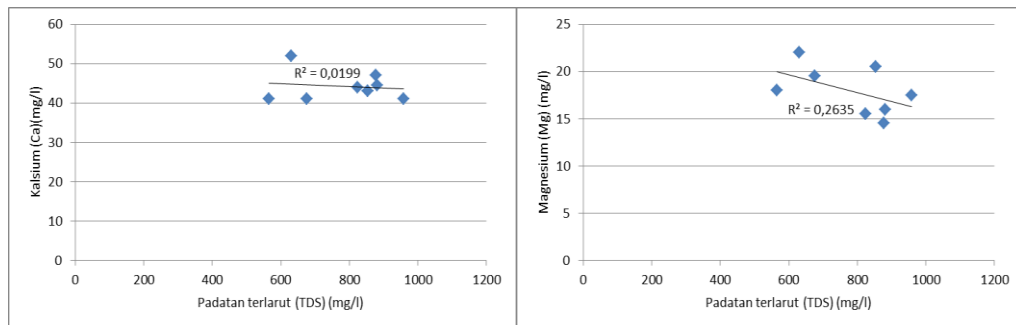
DHL menunjukkan kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. DHL ini berperan dalam identifikasi awal konsentrasi ion terlarut. Secara konseptual nilai DHL pada perairan alami berkisar antara 20 – 1500 µS/cm (Sudarmadji, *et al.*, 2012).

Hasil yang menunjukkan penurunan kesadahan, kalsium, dan magnesium memberikan gambaran bahwa konsentrasi ion mineral-mineral tersebut semakin menurun bila DHL meningkat. Penurunan ion kalsium jauh lebih kecil dibandingkan ion kesadahan dan magnesium. Hal ini dapat diartikan bahwa air karbonat tetesan dari atap mulut gua memiliki konsentrasi kalsium yang lebih tinggi dibandingkan kesadahan dan magnesium. Kalsium sebagai media bagi pelarutan air, memiliki peran yang besar sebagai penghantar listrik dibandingkan dengan kesadahan dan magnesium.

Akan tetapi untuk variabel kebasaaan justru berkorelasi positif. Setiap kenaikan kebasaaan akan menaikkan daya hantar listrik. Kebasaaan merupakan penyusun utama alkalinitas yang didukung oleh interaksi air dan karbondioksida.

Hubungan TDS dengan kualitas kimia air menunjukkan hal yang sama dengan DHL. Adakorelasi positif pada variabel kebasaaan dan korelasi negatif untuk variabel lainnya. Hubungan tersebut ditunjukkan oleh Gambar 3.





Gambar 3. Hubungan antara TDS dengan kebasaaan, kesadahan, kalsium, dan magnesium

Untuk kebasaaan terjadi peningkatan 27% setiap kenaikan TDS. Untuk kesadahan, setiap kenaikan TDS terjadi penurunan 27% kesadahan. Untuk kalsium setiap peningkatan TDS terjadi penurunan 0,19% kalsium, dan untuk magnesium terjadi penurunan 26% setiap kenaikan TDS.

TDS adalah jumlah padatan berukuran lebih kecil dari  $10^{-3}$  mm yang terkandung dalam air. Parameter padatan terlarut erat kaitannya dengan parameter kesadahan, alkalinitas, dan daya hantar listrik, yang keseluruhannya menguji keberadaan kation dan anion dalam air. Konsentrasi padatan terlarut sangat beragam bergantung pada iklim, kondisi geologis, dan waktu.

Hasil penelitian juga menunjukkan penurunan kesadahan, kalsium, dan magnesium bila TDS meningkat. Akan tetapi padatan terlarut kalsium jauh lebih kecil dibandingkan padatan terlarut kesadahan dan magnesium. Padahal secara konseptual pelarutan kalsium lebih cepat dibandingkan dengan pelarutan magnesium (Dreybodt, 1981; Zhang, 2007 dalam Hariyono, 2008).

Sementara peningkatan kebasaaan yang berkorelasi positif dengan TDS menggambarkan proses karstifikasi yaitu larutnya batuan karbonat. Menurut Adji (2009) cepat atau lambatnya proses pelarutan batuan gamping salah satunya tergantung dari besar kecilnya konsentrasi gas karbondioksida pada aliran airtanah karst.

Secara umum penelitian ini mengungkapkan bahwa karakteristik kualitas air tetesan pada mulut gua Gilap menunjukkan adanya pola hubungan yang sama antara kesadahan, kalsium, dan magnesium dalam merespon suhu, DHL, dan TDS. Hal ini cukup wajar karena ketiganya menggambarkan kondisi kation logam pada air dimana kesadahan ditentukan oleh jumlah magnesium dan kalsium. Akan tetapi unsur kalsium menunjukkan adanya nilai lorelasi yang kecil pada hubungannya dengan DHL dan TDS.

Sementara kebasaan yang merupakan anion alkalisitas menunjukkan korelasi berlawanan dengan kesadahan, kalsium, dan magnesium. Hubungan anion dan kation inilah yang berperan dalam proses karstifikasi pada akifer rembesan (*diffuse*) batuan karbonat di zona epikarst. Secara sederhana hubungan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Korelasi Antara Kualitas Air Secara Kimia dengan Fisik

	suhu	DHL	TDS
kebasaan	-	+	+
kesadahan	+	-	-
kalsium	+	-+	-+
magnesium	+	-	-

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik hubungan kualitas fisik dengan kimia air tetesan dari atap mulut gua yang berkembang di bentuklahan karst adalah adanya persamaan pola antara kesadahan, kalsium, dan magnesium air dalam merespon suhu, DHL, dan TDS. Pada sisi lain unsur kebasaan polanya berbalikan dengan kesadahan, kalsium, dan magnesium air dalam merespon suhu, DHL, dan TDS dengan seiring dengan peningkatan suhu. Penelitian ini menyarankan untuk lebih mendalami proses yang berlangsung sehingga membentuk pola karakteristik tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adji, T., N., 2009. Variasi Spasial-Temporal Hidrogeokimia dan Sifat Aliran untuk Karakterisasi Sistem Karst Dinamis (SKD) pada Sungai Bawah Tanah (SBT) Bribin, Kabupaten Gunung Kidul, DIY. *Disertasi*. Tidak dipublikasikan. Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Alaerts, G.; Santika, G.G., 1987. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya
- Ford dan Williams, 2007. *Karst Geomorphology and Hydrology*. Chapman and Hall, London
- Haryono, E., 2008. Model Perkembangan Karst Berdasarkan Morfometri Jaringan Lembah di Karangbolong, Gunungsewu, Blambangan, dan



Rangel. *Disertasi*. Tidak dipublikasikan. Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Puradimaja, D.J. 2006. Hidrogeologi Kawasan Gunungapi dan Karst di Indonesia. *Pidato Ilmiah Gurubesar*. Institut Teknologi Bandung, Bandung

Sudarmadji,; Suprayogi,; S., Setiadi,. 2012. *Konservasi Mataair Berbasis Masyarakat di Kabupaten Gunungkidul*. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Sukardjo, K. M.; Cahyono, J., 1978. *Penentuan Kualitas Air*, Laboratorium Hidrologi, NUFFIC-Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta