GUNUNG SEWU

Indonesian Cave and Karst Journal

Variasi Temporal Hidrogeokimia Tekanan dari Ornamen Drapery di Dalam Gua Gilap di Kawasan Karst Gunungsewu, Kabupaten Gunungkidul, DIY
Budi Hartono dan Tjetya Nugroho Adi

Perbedaan Pola Perilaku Koleslaw Pedan Jawa (*Mytilus javanicus*) di Kawasan Karst Benomah dan Kawasan Karst Tuban
Tatang Bagus Putra Prakarsa

Inventarisasi dan Pemetaan Gua Untuk Mendukung Kegiatan Pengelolaan Kawasan Karst
Sunu Wijanarka, Dicky J. Muzakki, dan Petrusa Wicana

Nilai Ekonomi Jasa Lingkungan Kawasan Karst Mendo-Pangkep
Rachman Kurniawan, Eriyati, Rukman Sangjilidjo, Alinda FM, Zain
Analisis Evolusi dan Potensi Lanskap Kawasan Karst Pantai Wluata Sungs di Pantai Selatan, Kabupaten Gunungkidul
Suparanta

Pola Penggunaan Ruang Bertetangga Oleh Beberapa Jenis Koleslaw Penghuni Gua Di Taman Nasional Alas Purwo Jawa Timur
Indri Puji Kianti, Yanto Santosa, Arzyana Sunkur

Kajian Potensi Kawasan Karst Kandang Utara Kabupaten Grobogan dan Kabupaten Pati
Petrusa Wicana, Fredy Candra Dicky Muzak, AB Rodiafah, Riky Raiman

Karakteristik Tanah dan Prospek Pengembangan Pertanian Berkelanjutan Kawasan Karst Gunung Sewu, Yogyakarta
Syamsul A. Stradi

Penerapan Metode Very Low Frequency-Vertical Gradient (VLF-EM-VGRAD) Untuk Menemukan Sungai Bawah Tanah di Daerah Karst
Bahr, A.S. Santosa, D. Kadir WGA, Pinedimedja, DO, Tolan RM, dan Samsu FM

Terbit April dan November

Published online: www.jurnalkarst.or.id

Diterbitkan oleh: Himpunan Kegiatan Speleologi Indonesia (HIKESPI)

Bekerjasama dengan: Forum Karst Goenoeng Sewoe - Indonesian Caver Society - Subterra Community

Pemimpin Umum

Cahyo Alkantana

Ketua HIKESPI

Telephone: +62-8123650725

e-mail: alkantana_cahyo@yahoo.com

Editor

Eko Haryono (*Geomorfologi Karst*)

Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta 55281

Telephone: +62-274-902332

Fax.: +62-274-589595

e-mail: e.haryono@geo.ugm.ac.id

Cahyo Rahmadi (*Biospeleologi Karst*)

Bidang Zoologi Puslit Biologi LIPI Cibinong

Telephone: +62-8159948333

e-mail: cahyo.rahmadi@lipi.go.id

J.Susetyo Edi Yuwono (*Arkeologi Karst*)

Fakultas Ilmu Budaya UGM, Yogyakarta 55281

Telephone: +62-81802618328

e-mail: setyoedi@yahoo.com

Pemimpin Redaksi

Tjahyo Nugroho Adji

Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta 55281

Telephone: +62-274-6492332

Fax.: +62-274-589595

e-mail: adji@geo.ugm.ac.id

Sulistama Raharja (*Geologi Karst*)

Indonesian Caver Society

(www.indocaver.org)

Telephone: +62-8157908678

e-mail: srtw@chevron.com

Sunu Widjanarko (*Pemetaan Gua*)

Subterra Community (www.subterra.or.id)

Telephone: +62-8156715299

e-mail: sunu.widjanarko@gmail.com

Bagus Yulianto (*Penelusuran dan Fotografi Gua*)

Acintyacurayata Speleological Club

Telephone: +62-8122819753

Tjahyo Nugroho Adji (*Hidrologi Karst*)

Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta 55281

Telephone: +62-274-6492332

Fax.: +62-274-589595

e-mail: adji@geo.ugm.ac.id

Variasi Temporal Hidrogeokimia Tetesan dari Ornamen <i>Drapery</i> di Dalam Gua Gilap di Kawasan Karst Gunungsewu, Kabupaten Gunungkidul, DIY <i>Badi Hariadi dan Tjahyo Nugroho Adji</i>	1
Perbedaan Pola Perilaku Kelelawar Pedan Jawa (<i>nycteris javanica</i>) di Kawasan Karst Menoreh dan Kawasan Karst Tuban <i>Tatag Bagus Putra Prakarsa</i>	7
Inventarisasi dan Pemetaan Gua Untuk Mendukung Kegiatan Pengelolaan Kawasan Karst <i>Sunu Widjanarko, Dicky J. Mesaskh, dan Petrasa Wacana</i>	14
Valuasi Ekonomi Jasa Lingkungan Kawasan Karst Maros-Pangkep <i>Rachman Kurniawan, Eriyatno, Rukman Sardjadjaja, Alinda F.M. Zain</i>	21
Analisis Evolusi dan Potensi Lansekap Kawasan Karst Pantai Wisata Siung di Pesisir Selatan, Kabupaten Gunungkidul <i>Suparwoko</i>	28
Pola Penggunaan Ruang Bertengger Oleh Beberapa Jenis Kelelawar Penghuni Gua Di Taman Nasional Alas Purwo Jawa Timur <i>Indri Puji Rianti, Yunto Santosa, Arzyana Sunkar</i>	36
Kajian Potensi Kawasan Karst Kendeng Utara Kabupaten Grobogan dan Kabupaten Pati <i>Petrasa Wacana, Fredy Candra Dicky Mesah, AB Rodialfalah, Rikky Raimon</i>	48
Karakteristik Tanah Dan Prospek Pengembangan Pertanian Berkelanjutan Kawasan Karst Gunung Sewu, Yogyakarta <i>Syamsul A Siradz</i>	61
Penerapan Metode Very Low Frequency-Vertical Gradient (VLF-EM-VGRAD) Untuk Memetakan Sungai Bawah Tanah di Daerah Karst <i>Bahri A.S, Santoso .D, Kadir WGA, Puradimedja, DD, Tofan RM, dan Santos FM</i>	70

Variasi Temporal Hidrogeokimia Tetesan dari Ornamen *Drapery* di Dalam Gua Gilap di Kawasan Karst Gunungsewu, Kabupaten Gunungkidul, DIY

Badi Hariadi dan Tjahyo Nugroho Adji

Abstract

The hydrogeochemical research of droplets from drapery conducted from May 2006 until March 2007 is took place within the Gilap Cave as the headwaters of Bribin underground river. The purpose of this study is to determine the effect of the intensity drop of the season, the relationship between the intensity drops with the major chemical composition of droplets and the relationship between the intensity drops with the aggressiveness of the drops. The rainfall data was obtained through a mini rain observation stations installed in several places around the research area. The content of major chemical constituents of water droplets is obtained through laboratory analysis of samples originating from droplets of water that is taken once a month, which is then carried out analysis of the saturation index with respect to calcite mineral aided by Aquachem 4.0 software. Cave drapery ornament in lustrous ornaments chosen is within easy reach. The analysis conducted is a descriptive analysis by making a graph of correlation between variables. The results show that the intensity of water droplets originating from the ornament with the flow system fissure tends to be high during the wet season, the value of TDS, EC, Eh, the content of Ca^{2+} , the content of HCO_3^- and PCO_2 measured too high, while the pH tends to sour and SI calcite tend to be undersaturated. In contrast, during the dry season, relatively low intensity drops, the value of TDS, EC, Eh, the content of Ca^{2+} , HCO_3^- content, and also measured PCO_2 low, whereas alkaline pH and SI calcite tends to be supersaturated. At the time of the aggressiveness of supersaturated droplets, droplets tend to alkaline pH, PCO_2 , EC, and Eh drops low, while HCO_3^- content, content of Ca^{2+} and high-value drops TDS. Conversely, when the aggressiveness undersaturated droplets, droplets tend to be acidic of pH, PCO_2 , DHL, and high drop of Eh, while HCO_3^- content, Ca^{2+} content, and the low value of TDS occurs. The conclusion is that the droplets hidrogeokimia conditions influenced by seasonal conditions or controlled by terinfiltrasi rainfall into the ground. At the time of high rainfall, groundwater flow system into the fissure to be more aggressive to dissolve the mineral calcite, whereas during low rainfall, groundwater became less aggressive because it is saturated to the mineral calcite.

Keywords: karst aggressiveness, fissure flow, hidrogeokimia, drip

Intisari

Penelitian hidrogeokimia tetesan ornamen *drapery* yang dilakukan dari bulan Mei 2006 hingga bulan Maret 2007 ini mengambil lokasi di Gua Gilap sebagai daerah hulu dari sungai bawah tanah Bribin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh musim terhadap intensitas tetesan, hubungan antara intensitas tetesan dengan komposisi kimia mayor tetesan dan hubungan antara intensitas tetesan dengan agresivitas tetesan. Data curah hujan diperoleh melalui pengamatan pada stasiun hujan mini yang dipasang di beberapa tempat di sekitar daerah lokasi penelitian. Kandungan unsur kimia mayor air tetesan diperoleh melalui analisis laboratorium yang berasal dari sampel air tetesan yang diambil sekali tiap bulannya, yang kemudian dilakukan analisis indeks kejenuhannya terhadap mineral kalsit dengan *software* Aquachem 4.0. Ornamen *drapery* di dalam Gua Gilap yang dipilih merupakan ornamen yang mudah dijangkau. Analisis yang dilakukan adalah analisis deskriptif dengan cara membuat grafik korelasi antar variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas air tetesan yang berasal dari ornamen dengan sistem aliran *fissure* cenderung tinggi saat bulan-bulan basah, nilai TDS, DHL, Eh, kandungan Ca^{2+} , kandungan HCO_3^- , dan PCO_2 terukur juga tinggi, sedangkan pH cenderung asam dan SI kalsit cenderung *undersaturated*. Sebaliknya, saat bulan-bulan kering, intensitas tetesan relatif rendah, nilai TDS, DHL, Eh, kandungan Ca^{2+} , kandungan HCO_3^- , dan pCO_2 terukur juga rendah, sedangkan pH cenderung basa dan SI kalsit cenderung *supersaturated*. Pada saat agresivitas tetesan *supersaturated*, pH tetesan cenderung basa; pCO_2 , DHL, dan Eh tetesan rendah; sedangkan kandungan HCO_3^- , kandungan Ca^{2+} , dan nilai TDS tetesan tinggi. Sebaliknya, pada saat agresivitas tetesan *undersaturated*, pH tetesan cenderung asam; PCO_2 , DHL, dan Eh tetesan tinggi; sedangkan kandungan HCO_3^- , kandungan Ca^{2+} , dan nilai TDS tetesan rendah. Kesimpulan yang diperoleh adalah bahwa kondisi hidrogeokimia tetesan dipengaruhi oleh kondisi musim atau dikontrol oleh curah hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah. Pada saat curah hujan tinggi, airtanah yang memasuki sistem aliran *fissure* menjadi lebih agresif untuk melarutkan mineral kalsit, sedangkan pada saat curah hujannya rendah, airtanah menjadi tidak agresif karena sudah jenuh terhadap mineral kalsit.

Kata kunci : agresivitas karst, aliran *fissure*, hidrogeokimia, tetesan

Badi Hariadi ; Tjahyo Nugroho Adji

Kelompok Studi Karst, Fakultas Geografi
UGM, Yogyakarta, 55281
Telp : 62-8122967492
Email : adji@geo.ugm.ac.id
bedi_email05@yahoo.com

Pendahuluan

Tetesan pada atap gua merupakan hasil perkolasi air hujan yang terjadi di

permukaan tanah yang mengalir melalui pori-pori (*diffuse*) maupun percelah-retakan (*fissure*) pada batuan karbonat. Air yang menetes tersebut, sebelumnya telah melarutkan batuan karbonat di atasnya karena banyak mengandung CO₂ yang diperolehnya dari tanah maupun dari atmosfer dan dalam kondisi jenuh dapat membentuk ornamen-ornamen gua. Dekomposisi mineral kalsit di dalam larutan tersebut hanya dapat terjadi pada kondisi tertentu, salah satunya adalah pada saat tingginya tingkat penguapan akibat kelembaban udara yang rendah, serta kondisi agresivitas airtanah. Hal ini dapat terjadi pada daerah dengan kondisi iklim yang kering seperti di Indonesia dengan iklim tropis dan memiliki curah hujan yang tinggi. Selain itu, air tetesan merupakan sumber dari *baseflow* atau aliran dasar di waktu musim kemarau pada sungai bawah tanah di daerah karst (Hariadi, 2008).

Agresivitas airtanah merupakan sifat yang menunjukkan mudah atau tidaknya air untuk melarutkan mineral batuan. Klasifikasi agresivitas tersebut menggunakan klasifikasi berdasarkan indeks kejenuhan atau *Saturation Indices (SI)*. Klasifikasi tersebut dapat digunakan untuk mengetahui proses hidrogeokimia yang terjadi pada mineral kalsit (CaCO₃) mengenai kemampuan airtanah untuk

melarutkan mineral kalsit. Proses hidrogeokimia yang terjadi adalah kondisi airtanah yang masih mampu untuk melarutkan kalsit, ataukah kondisi airtanah dalam keadaan setimbang (*equilibrium*), ataukah kondisi airtanah dalam kondisi jenuh terhadap mineral kalsit sehingga memungkinkan untuk terbentuknya padatan berupa ornamen.

Suhartono & Subanar (2005), menyatakan bahwa analisis secara temporal merupakan analisis yang dilakukan untuk mengidentifikasi fenomena alami yang terbentuk sebagai akibat rangkaian pengamatan dan juga untuk memprediksikan kejadian atau fenomena yang akan terjadi di masa yang akan datang. Analisis secara temporal didasarkan pada anggapan bahwa urutan nilai-nilai yang diperoleh merupakan hasil dari pengukuran yang dilakukan secara temporal. Studi variasi temporal yang dilakukan adalah untuk memperoleh gambaran mengenai variasi kandungan hidrokimia selama waktu pengamatan (White, 1988).

Indonesia memiliki dua macam musim berdasarkan kondisi curah hujan, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Pada waktu musim hujan, simpanan airtanah pada kawasan karst akan semakin banyak, dan sebaliknya, apabila lama tidak terjadi hujan (musim

kemarau), maka simpanan airtanah akan semakin berkurang. Variasi kondisi musim mengakibatkan terjadinya variasi hidrogeokimia airtanah yang terjadi pada daerah karst. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai variasi hidrogeokimia airtanah pada daerah karst untuk mengetahui perbedaan kondisi hidrogeokimia airtanah pada daerah karst tersebut pada saat musim kemarau dan musim hujan.

Dari penjelasan di atas, maka dapat dirumuskan pertanyaan: (1)apakah ada keterkaitan antara musim (curah hujan) dengan variasi intensitas tetesan pada ornamen *drapery* di dalam Gua Gilap? (2)apakah ada keterkaitan antara intensitas tetesan dengan variasi komposisi kimia mayor air tetesan pada ornamen *drapery* di dalam Gua Gilap? (3)bagaimana hubungan antara intensitas tetesan dengan agresivitas tetesan pada ornamen *drapery* di dalam Gua Gilap?

Kondisi Gua Gilap dan sekitarnya

Gua Gilap terletak di Dusun Klumpit, Desa Kenteng, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Geomorfologi daerah penelitian secara umum mempunyai bentuklahan asal proses solusional, pada satuan geomorfologi perbukitan kerucut karst

Gunungsewu. Kawasan karst Gunungsewu ini merupakan salah satu karst tropis dunia yang berkembang secara baik dan termasuk dalam tipe *Holokarst*. *Holokarst* merupakan tipe karst yang mempunyai bentanglahan lengkap yang terbentuk dari pelarutan batuan karbonat yang sangat mudah larut (Haryono dan Adji, 2005). Karst Gunungsewu membentang luas di bagian selatan Daerah Istimewa Yogyakarta, dari ujung barat yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, memanjang ke timur hingga Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Daerah penelitian terdapat pada Formasi Wonosari dengan batuan penyusun berupa batugamping terumbu. Batugamping penyusun batuan daerah penelitian adalah batugamping karstik yang memperlihatkan topografi kasar, *karren*, *lapies*, dan dicirikan oleh jaringan porositas sekunder berupa pembuluh, rongga, serta saluran-saluran hasil pelarutan. Batuan dasar yang menjadi alas sistem akuifer di daerah Gunungsewu merupakan batuan vulkanik tua. Sebagian batuan vulkanik tersebut bersifat keras dan pejal yang berasal dari lava dan breksi. Ketebalan maksimum batugamping pada Kawasan Karst Gunungsewu ini diperkirakan mencapai 650 meter.

Metode Penelitian

Sampel tetesan yang berasal dari ornamen *drapery* di dalam Gua Gilap diambil sebanyak 7 kali selama satu tahun. Pengukuran intensitas tetesan, pH, Eh, temperatur, dan konduktivitas dilakukan secara langsung di lapangan. Sampel tetesan tersebut kemudian dianalisis di laboratorium untuk diketahui kandungan kimia mayor yang terkandung di dalamnya. Unsur kimia mayor yang dianalisis antara lain adalah Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , dan SO_4^{2-} . Setelah diketahui besar kandungan unsur-unsur tersebut (dalam satuan epm), kemudian dilakukan analisis indeks kejenuhannya terhadap mineral kalsit (*SI calcite*) menggunakan *software* Aquachem 4.0. Selain itu, dianalisis pula besar kandungan gas CO_2 yang terlarut ($\log \text{PCO}_2$). Selanjutnya, dari besaran nilai hidrogeokimia tetesan yang diperoleh tersebut dilakukan analisis regresi linear menggunakan *software* Microsoft Office Excel 2007, antara musim (diwakili oleh kondisi curah hujan

bulanan selama waktu penelitian) dengan kondisi hidrogeokimia tetesan tersebut untuk memperoleh gambaran mengenai variasi hidrogeokimia selama satu tahun pengamatan.

Hasil dan Pembahasan

Dari Tabel 1.1, tampak bahwa pengamatan dilakukan sebanyak 7 kali pada bulan Mei 2006, Juli 2006, Agustus 2006, September 2006, November 2006, Desember 2006, dan Maret 2007. Intensitas semakin berkurang seiring dengan berkurangnya curah hujan, dan akan meningkat searah dengan peningkatan curah hujan (Gambar 1.1). Hal tersebut menunjukkan bahwa curah hujan berpengaruh terhadap besaran intensitas tetesan. Respon peningkatan intensitas tetesan terjadi cukup cepat, yang kemungkinan disebabkan oleh sifat imbuhan akuifer yang terletak di atas Gua Gilap. Tipe pelorongan yang dominan adalah *fissure* yaitu berupa retakan dengan ukuran menengah. Kondisi tersebut terlihat pada batuan di sekitar permukaan di sekitar atap Gua

Tabel 1 Hidrogeokimia Tetesan dari Ornamen Drapery di Dalam Gua Gilap

Tanggal	Intensitas tetesan	pH	DHL	Temp	Eh	TDS	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}	$\log \text{P CO}_2$	SI calcite
05/23/2006 12.50	198	7,22	436	25,3	-14	284,9	2,87	0,18	0,09	0,77	3,06	0,07	-1,94	-0,17
07/20/2006 11.00	50	8,29	463	26,2	-70	278,5	2,78	0,35	0,35	0,31	3,00	0,13	-3,03	0,86
08/23/2006 13.30	12	8,33	361	26	-74	184,2	1,97	0,35	0,32	0,15	1,82	0,13	-3,28	0,56
09/21/2006 13.45	8,6	8,57	380	25,9	-101	290,0	3,99	0,08	0,10	0,26	3,00	0,13	-3,31	1,25
11/16/2006 13.00	8	6,67	433	27,1	16	286,8	3,12	0,25	0,10	0,21	3,29	0,09	-1,37	-0,63
12/21/2006 13.00	5,6	7,1	438	26,1	-7	175,0	0,60	1,47	0,13	0,22	2,05	0,09	-2,00	-1,10
03/22/2007 13.00	540	7,14	436	26,3	-28	324,3	3,25	0,26	0,07	0,09	4,06	0,02	-1,75	-0,07

Gilap yang menunjukkan banyak terdapatnya rongga-rongga (*lapies*) pada singkapan batuan.

Gambar 1 Grafik intensitas tetesan (atas) dan curah hujan (bawah) selama satu tahun

Selanjutnya, dari Gambar 1.2, terlihat bahwa intensitas tetesan pada Gua Gilap mempunyai hubungan dan berkorelasi positif dengan TDS, DHL, Eh, kandungan ion HCO_3^- , dan Ca^{2+} , tekanan parsial gas CO_2 ; serta berkorelasi negatif dengan pH dan SI kalsit. Pada saat musim penghujan, intensitas tetesan pada Gua Gilap cenderung tinggi, nilai TDS, DHL, Eh, kandungan Ca^{2+} , kandungan HCO_3^- , dan PCO_2 terukur juga tinggi; sedangkan pH cenderung asam dan SI kalsit cenderung *undersaturated*. Sebaliknya, pada saat musim kemarau, intensitas tetesan pada Gua Gilap relatif rendah, nilai TDS, DHL, Eh, kandungan Ca^{2+} , kandungan HCO_3^- , dan pCO_2 terukur juga rendah; sedangkan pH cenderung basa dan SI kalsit cenderung *supersaturated*.

Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi musim menyebabkan terjadinya variasi intensitas tetesan, dimana pada saat musim hujan, intensitas tetesan pada ornamen *drapery* di dalam Gua Gilap menjadi meningkat, dan sebaliknya, pada saat musim kemarau intensitas tetesan berkurang. Variasi intensitas tetesan tersebut kemudian berpengaruh pula terhadap kondisi hidrogeokimia tetesan yang terjadi. Selain itu, kondisi agresivitas tetesan juga terpengaruh oleh kondisi curah hujan dan besarnya intensitas tetesan. Pada saat musim hujan, dimana intensitas tetesan meningkat, kondisi air tetesan dari ornamen *drapery* pada Gua Gilap tersebut menunjukkan agresivitas yang tinggi atau masih mampu untuk melarutkan mineral kalsit. Sementara itu, pada saat musim kemarau, kondisi air tetesan cenderung jenuh terhadap mineral kalsit atau agresivitasnya berkurang.

Faktor lain yang mempengaruhi kondisi agresivitas tetesan adalah waktu kontak airtanah terhadap mineral kalsit dan jenis akuifer yang berperan. Pada saat musim penghujan, pada ornamen *drapery* yang dominan dipengaruhi oleh akuifer *fissure*, waktu kontak airtanah

Gambar 1.2 Grafik Hidrogeokimia Tetesan dan Analisis Korelasi antara Intensitas dengan Hidrogeokimia Tetesan

terhadap batuan yang dilaluinya relatif singkat karena alirannya mengalir melalui celah dan retakan. Sebaliknya, pada saat musim kemarau, waktu kontak airtanah terhadap batuan yang dilaluinya relatif lama sehingga airtanah menjadi jenuh terhadap mineral kalsit dan mengurangi tingkat agresivitas airtanah tersebut terhadap mineral kalsit.

Selain itu, kandungan gas CO₂ juga menjadi penyebab terjadinya variasi agresivitas airtanah terhadap mineral kalsit. Semakin tinggi tekanan parsial gas CO₂ di atmosfer, maka semakin besar agresivitas airtanah terhadap mineral kalsit, dan begitu juga sebaliknya.

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penjelasan di atas adalah kondisi musim mempengaruhi kondisi intensitas, hidrogeokimia, dan agresivitas tetesan yang terjadi pada ornamen *drapery* di dalam Gua Gilap. Selain itu, kondisi hidrogeokimia tetesan dipengaruhi pula oleh faktor jenis akuifer dan tekanan parsial gas CO₂ yang terdapat di atmosfer. Di dalam penelitian mengenai hidrogeokimia airtanah pada daerah karst, perlu diperhatikan mengenai besarnya curah hujan, kondisi batuan atau jenis akuifer yang berperan, dan kondisi tekanan parsial gas CO₂ yang terdapat di atmosfer maupun yang terdapat di dalam tanah, atau dengan kata lain, perlu diperhatikan interaksi antara air, batuan, dan gas.

Daftar Pustaka

Hariadi, B. 2008. Studi Variasi Temporal Kandungan Geokimia Air Tetesan Gua di Kawasan Karst Gunungsewu, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta: Kasus pada

- Ornamen Drapery di dalam Gua Gilap
dan Ornamen Stalaktit di dalam Gua.
Skripsi Sarjana, Fakultas Geografi
UGM, tidak diterbitkan
- Haryono, E., & Adji, T. N. 2004. *Pengantar
Geomorfologi dan Hidrologi Karst*.
Fakultas Geografi Universitas Gadjah
Mada, Yogyakarta
- Liu, Z.; Yuan, D.; Maiman, J.; Jiang, G.; and He,
S. 2003. *Wet Season Hydrochemistry of
the Southwest China Peak Cluster
Karst*. University of Memphis
Conference Center: Fogelman
Executive Center 308, USA
- Suhartono, S. G., Subanar. 2005. A
Comparative Study of Forecasting
Models for Trend and Seasonal Time
Series: Does Complex Model Always
Yield Better Forecast Than Simple
Models?. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 7,
No. 1, Juni 2005:22-30
- White, W. B. 1988. *Geomorphology and
Hydrology of Karst Terrains*. Oxford
University Press, New York
-