BULETIN ILMIAH GEOGRAFI LINGKUNGAN INDONESIA

Edisi 1, Vol. 1, Tahun 2017, 13-25

Nomor DOI 10.17605/OSF.IO/FZRKP

Tautan unduh: <https://osf.io/fzrkp/>

Kelompok Studi Airtanah
Fakultas Geografi UGM

Judul

VARIASI TEMPORAL CURAH HUJAN BULANAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA ATMOSFER PADA PROSES PELARUTAN DI KAWASAN KARST GUNUNGSEWU

Intisari

Kawasan karst memiliki peranan dalam penyerapan karbondioksida atmosfer yang selama ini dituding sebagai gas rumah kaca paling berperan dalam terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim. Penelitian ini dilakukan untuk (1) mengetahui besarnya penyerapan karbondioksida atmosfer pada proses pelarutan batuan gamping di Gua Gilap, Kabupaten Gunungkidul, dan (2) Mengetahui dampak variasi temporal curah hujan terhadap besarnya penyerapan karbondioksida atmosfer pada proses pelarutan batuan gamping. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data curah hujan bulanan dari wilayah penelitian, debit dan intensitas tetesan air pada stalagtit, serta kandungan HCO_3^- dalam tetesan air dari stalagtit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hydrochem-discharge method*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) penyerapan karbondioksida atmosfer oleh proses pelarutan batuan gamping di wilayah kajian adalah sebesar 593,89 Kg/Tahun/ Km^2 , dan (2) kenaikan curah hujan bulanan akan diikuti dengan penurunan penyerapan karbondioksida atmosfer, kondisi tersebut disebabkan karena adanya waktu tunda antara hujan dengan tetesan yang disebabkan karena lambatnya aliran air di dalam zona epikarst.

Variasi Temporal Curah Hujan Bulanan dan Pengaruhnya Terhadap Penyerapan Karbondioksida Atmosfer pada Proses Pelarutan di Kawasan Karst Gunungsewu

Ahmad Cahyadi¹, Bayu Argadyanto Prabawa²

¹Departemen Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

²CV. Systemaptic, Daerah Istimewa Yogyakarta

Email Korespondensi: ahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id

Latar Belakang

Perubahan iklim dalam banyak penelitian geologi dan iklim masa lampau telah terbukti terjadi di masa lampau (Huggett, 1991; Goudie, 1994). Namun demikian, kondisinya berubah sejak abad ke-19 ketika revolusi industri mulai berlangsung (Dragoni dan Sukhija, 2008). Saking banyaknya pengaruh dan dampaknya bagi kehidupan manusia, isu inipun menjadi salah satu agenda dalam sidang Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) pada Tahun 1988 (Murdiyarso, 2005). Beberapa hasil sidang tahun 1988 tersebut adalah amanat bagi *World Meteorological Organization* (WMO) dan *United Nation Environment Programme* (UNEP) untuk membentuk *Inter-governmental Panel on Climate Change* (IPCC). Lembaga ini kemudian diberi tugas untuk menilai besaran, skala, dan masa waktu perubahan iklim, mengukur dampaknya, serta menyusun strategi untuk menghadapinya (Salim, 2010). Hasil sidang ini di antaranya adalah pada Juni 1992 disepakati konvensi perubahan iklim yang dihasilkan dalam Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi di Rio de Janeiro, Brasil.

Perubahan iklim tidak lepas dari banyaknya jumlah gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer (Ratag, 2008). Gas rumah kaca yang dimaksud terdiri dari CO₂, CH₄, CFC, N₂O, dan O₃. Perubahan iklim yang terjadi lebih cepat dari masa sebelumnya di antaranya disebabkan oleh karena semakin banyaknya aktivitas manusia yang mengemisikan gas rumah kaca ke atmosfer pasca revolusi industri. Beberapa kegiatan tersebut antara lain terdiri dari pembakaran bahan bakar fosil untuk industri dan kendaraan bermotor, penebangan hutan, peternakan dan pembakaran lahan pertanian dan atau hutan.

Cahyono (2009) menyebutkan bahwa Karbondioksida (CO₂) memiliki peranan terbesar dalam menyebabkan pemanasan global (50%). Gas rumah kaca lain berkontribusi lebih sedikit, seperti CFC (20%), CH₄ (15%), O₃ (8%) dan NO_x (7%). Hal tersebut menyebabkan Gas CO₂ digunakan sebagai komparasi terhadap kenaikan temperatur yang terjadi di Bumi (Cahyono, 2009). IPCC (2007) menyebutkan bahwa

dalam kurun waktu 1850 hingga 1995 konsentrasi CO₂ mengalami kenaikan rata-rata pertahunnya sebesar 0,46% atau telah meningkat 31%.

Kawasan karst merupakan salah satu kawasan yang memiliki potensi penyerapan CO₂ atmosfer (Daoxian, 2002; Cahyadi, 2010; Cheng, 2011; dan Cahyadi dan Priadmodjo, 2015; Cahyadi, 2016). Penyerapan CO₂ atmosfer terjadi ketika terjadi proses pelarutan batuan karbonat (Haryono, 2011) (Persamaan 1). Pelarutan 1 ton batu gamping akan diikuti penyerapan karbondioksida sebanyak 0,12 ton CO₂ dari atmosfer (Cahyadi, 2010; Sayekti dkk., 2016). Proses karstifikasi di seluruh dunia diperkirakan berperan menyerap CO₂ atmosfer sekitar $1,5 \times 10^9$ ton per tahun, dan karst di Tiongkok berkontribusi sebesar $9,46 \times 10^8$ ton per tahun (Daoxian, 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui besarnya penyerapan karbondioksida atmosfer pada proses pelarutan batuan gamping di Gua Gilap Kabupaten Gunungkidul, dan (2) mengetahui dampak variasi temporal curah hujan terhadap besarnya penyerapan karbondioksida atmosfer pada proses pelarutan batuan gamping. Penelitian ini bermanfaat dalam pengembangan keilmuan khususnya dalam mempelajari siklus karbon pada kawasan karst. Selain itu, penelitian ini akan menjadi salah satu penelitian yang menjelaskan tentang peranan kawasan karst dalam penyerapan karbondioksida atmosfer khususnya di Indonesia.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Gua Gilap, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1). Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data curah hujan bulanan dari wilayah penelitian, debit dan intensitas tetesan air pada stalagtit, serta kandungan HCO₃⁻ dalam tetesan air dari stalagtit. Data hujan bulanan diperoleh dengan memasang alat penakar hujan manual di permukaan Gua Gilap. Pemasangan dilakukan selama satu tahun selama Juni 2011 sampai dengan Juni 2012.

Konsentrasi HCO₃⁻ dalam tetesan air dari stalagtit diukur langsung di dalam gua menggunakan alat *Alcalinity Titration Test Kits*. Pengukuran dilakukan pada stalagtit dengan tipe sodastraw yang terletak pada kedalaman 143,8 meter dari mulut gua. HCO₃⁻ diukur di lapangan dengan pertimbangan bahwa salah satu komponen HCO₃⁻ adalah CO₂ yang mudah lepas dari larutan. Data debit tetesan dihitung dengan menggunakan metode volumetrik dengan menggunakan *stop watch* dan gelas ukur. Perhitungan debit ini dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel untuk pengukuran kandungan HCO₃⁻. Penentuan nilai CO₂ atmosfer yang terserap dalam tetesan air ornamen gua diestimasikan menggunakan *hydrochem-discharge*

method (Liu, 1999 ; Daoxian, 2002). Persamaan yang digunakan dalam *hydrochem-discharge method* ditunjukkan pada persamaan 2.

$$F = (1/2) \times (HCO_3^-) \times Q \times (M CO_2/M HCO_3) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan: **F** = kadar CO₂ atmosfer yang terserap dalam proses pelarutan, 1/2 = konstanta reaksi kimia pelarutan dalam mg/s/km² (bahwa setengah dari CO₂ dalam pelarutan berasal dari CO₂ atmosfer), **HCO₃⁻** = konsentrasi HCO₃⁻ dalam air tetesan (mg/l), **Q** = intensitas tetesan air (ml/s), **M CO₂** = berat mol CO₂, **M HCO₃** = berat mol HCO₃.

Gambar 1. Peta Lokasi Gua Gilap

Gambar 2. Peta Lokasi Stalagtit Sampel. Gambar A (Atas) Menunjukkan Peta Gua Gilap, dan B (Bawah) Menunjukkan Profil Gua Gilap (Diadopsi dari Mac Donald dan Partners, 1984)

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis terhadap data hujan dan intensitas tetesan menunjukkan bahwa keduanya memiliki hubungan yang positif (Gambar 3). Gambar 3 juga menunjukkan bahwa kenaikan curah hujan diikuti dengan kenaikan intensitas tetesan dari stalagtit. Meskipun demikian, nilai korelasi antara keduanya kecil, yakni 0,510. Gambar 4. menunjukkan bahwa hujan dengan intensitas tertinggi (Desember) tidak diikuti dengan intensitas tetesan air dari stalagtit yang tertinggi. Keduanya memiliki jeda selama satu bulan, di mana intensitas tetesan tertinggi terjadi pada Bulan Januari. Kondisi ini terjadi akibat adanya waktu tunda yang dikontrol oleh lapisan epikarst (Cahyadi dkk., 2013; Cahyadi, 2014). Lapisan epikarst adalah lapisan tipis di bagian permukaan topografi karst (Gambar 5). Lapisan ini memiliki peranan dalam menyimpan air hujan yang meresap secara gravitatif dan mengalirkannya sampai pada stalagtit secara perlahan-lahan.

Kecepatan aliran air yang berada di dalam lapisan epikarst yang sangat lambat menyebabkan terjadinya waktu tunda.

Gambar 3. Grafik Hubungan Curah Hujan Bulanan dengan Intensitas Tetesan Air dari Stalagtit

Gambar 4. Grafik Curah Hujan dan Intensitas Tetesan dari Stalagtit yang Menunjukkan Adanya Waktu Tunda

Gambar 5. Lapisan Epikarst yang Berfungsi Sebagai Penyimpan Air di Kawasan Karst (Haryono, 2004)

Adanya waktu tunda juga terlihat dari grafik pada Gambar 6. Grafik tersebut menggambarkan hubungan antara curah hujan pada bulan sebelumnya dengan intensitas tetesan air dari stalagtit. Misalnya data hujan pada Bulan Maret akan dipasangkan dengan data intensitas hujan pada Bulan April. Hasil analisis tersebut menunjukkan angka korelasi yang sangat tinggi, yaitu 0,997. Kondisi tersebut menunjukkan pengaruh waktu tunda akibat aliran air yang lambat di lapisan epikarst.

Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Curah Hujan Satu Bulan Sebelumnya dengan Intensitas Tetesan Air dari Stalagtit

Analisis hubungan antara curah hujan dengan kandungan HCO_3^- menunjukkan bahwa semakin tinggi curah hujan bulanan, maka kandungan HCO_3^- menjadi lebih sedikit. Hasil korelasi antara hujan bulanan dan kandungan HCO_3^- cukup tinggi yakni 0,652 (Gambar 7), sedangkan analisis korelasi antara curah hujan satu bulan sebelumnya dengan kandungan HCO_3^- memiliki korelasi sebesar 0,856 (Gambar 8). Hal ini dipengaruhi oleh adanya waktu tunda selama satu bulan.

Gambar 7. Grafik Hubungan Curah Hujan Bulanan dengan Kandungan HCO_3^-
Dalam Tetesan Air dari Stalagtit

Hasil perhitungan penyerapan karbondioksida atmosfer oleh pelarutan batuan gamping menunjukkan bahwa total penyerapan selama satu tahun adalah sebesar 593,89 Kg/Tahun/ Km^2 (Tabel 1). Hasil analisis menunjukkan bahwa penyerapan paling banyak terjadi pada Bulan Februari, sedangkan paling sedikit pada Bulan Januari 2012. Besarnya penyerapan karbondioksida atmosfer sangat terkait dengan curah hujan dan intensitas tetesan yang kemudian berpengaruh kepada kandungan bikarbonat dalam intensitas tetesan air pada stalagtit.

Gambar 8. Grafik Hubungan Curah Hujan Satu Bulan Sebelumnya dengan Kandungan HCO₃⁻ Dalam Tetesan Air dari Stalagtit

Tabel 1. Perhitungan Penyerapan karbondioksida Atmosfer dari Proses Pelarutan Batuan Gamping

Bulan	Curah Hujan (mm/Bulan)	Intensitas Tetesan dari Stalagtit per Menit	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Penyerapan CO ₂ (mg/s/km ²)	Penyerapan CO ₂ (Kg/Bulan/km ²)
Juli 2011	0	76	3,66	0,023	61,07
Agustus 2011	0	74	3,81	0,023	61,90
September 2011	0	73	3,87	0,023	60,02
Oktober 2011	0	68	3,88	0,022	57,92
November 2011	31,3	67	3,88	0,021	55,23
Desember 2011	765,7	83	1,79	0,012	32,62
Januari 2012	461,2	270	0,09	0,002	5,33
Februari 2012	551,8	190	1,82	0,028	68,57
Maret 2012	257,4	221	1,02	0,018	49,49
April 2012	103,8	138	1,42	0,016	41,63
Mei 2012	0	110	2,32	0,021	56,03
Juni 2012	0	78	2,66	0,017	44,08
Jumlah Penyerapan Selama Satu tahun					593,89

Sumber: Hasil Perhitungan

Gambar 9 menunjukkan bahwa curah hujan bulanan dan penyerapan karbondioksida atmosfer memiliki hubungan saling berkebalikan (hubungan negatif). Kenaikan curah hujan bulanan akan diikuti dengan penurunan penyerapan karbondioksida. Meskipun demikian, korelasi antara kedua sangat kecil, yakni 0,407. Kondisi ini disebabkan karena adanya waktu tunda yang ada dikawasan karst. Hal ini nampak dari Gambar 10 yang menunjukkan curah hujan bulanan maksimum (Bulan Desember) diikuti dengan penyerapan karbondioksida minimum pada satu bulan berikutnya (Bulan Januari).

Kenaikan curah hujan akan berdampak pada intensitas tetesan pada stalagtit, meskipun dengan waktu tunda tertentu. Penambahan air seringkali menyebabkan terjadinya pengenceran. Selain itu, air yang meresap ke dalam lapisan epikarst seringkali bersifat miskin karbondioksida, sehingga air berada dalam kondisi jenuh (saturated). Hal tersebut kemudian menyebabkan pelarutan batuan karbonat tidak dapat terjadi.

Gambar 9. Grafik Hubungan Curah Hujan Bulanan dengan Penyerapan Karbondioksida

Gambar 10. Grafik Hubungan Curah Hujan Bulanan dengan Penyerapan Karbondioksida yang Menunjukkan Adanya Waktu Tunda

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini:

1. Penyerapan karbondioksida atmosfer oleh proses pelarutan batuan gamping di wilayah kajian penelitian adalah sebesar 593,89 Kg/Tahun/Km², dan
2. Kenaikan curah hujan bulanan akan diikuti dengan penurunan penyerapan karbondioksida atmosfer, kondisi tersebut disebabkan karena adanya waktu tunda antara hujan dengan tetesan yang disebabkan karena lambatnya aliran air di dalam zona epikarst.

Saran

Penelitian ini dilakukan pada tipe aliran *fissure*, oleh karena itu hasil yang ditunjukkan akan sangat berbeda dengan hasil pengukuran pada tipe aliran *diffuse* dan konduit. Oleh karena itu, maka dimasa mendatang diperlukan kajian lebih lanjut pada tipe aliran yang lain sehingga diperoleh gambaran yang lengkap terkait dengan fenomena *Karst Dynamic System* (KDS) di kawasan karst, khususnya di kawasan tropis seperti di Indonesia.

Daftar Pustaka

- Cahyadi, A. 2010. Pengelolaan Kawasan Karst dan Peranannya dalam Siklus Karbon di Indonesia. *Makalah dalam Seminar Nasional Perubahan Iklim di Indonesia*. Sekolah Pasca Sarjana UGM Yogyakarta, 13 Oktober 2010.
- Cahyadi, A.; Pratiwi, E.S.; Fatchurohman, H. 2013. Metode-metode Identifikasi Karakteristik Daerah Tangkapan Air Sungai Bawah Tanah dan Mata Air Kawasan Karst: Suatu Tinjauan. dalam Marfai, M.A. dan Widyastuti, M. 2013. *Pengelolaan Lingkungan Zamrud Khatulistiwa*. Yogyakarta: Pital.
- Cahyadi, A. 2014. Keunikan Hidrologi Kawasan Karst. dalam Cahyadi, A.; Prabawa, B.A.; Tivianton, T.A.; Nugraha, H. (eds). 2014. *Ekologi Lingkungan Kawasan Karst Indonesia: Menjaga Asa Kelestarian Kawasan Karst Indonesia Edisi 2*. Yogyakarta: Deepublish.
- Cahyadi, A. dan Priadmodjo, A. 2015. Pengaruh Penambangan Gamping terhadap Fungsi Penyerapan Karbondioksida (CO₂) Atmosfer di Kawasan Karst Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul. *Prosiding Seminar Nasional Geospasial Day*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Cahyadi, A. 2016. Isu-isu Riset Ilmu Kebumihan Terkini di Kawasan Karst. dalam Suprayogi, S.; Purnama, S.; Cahyadi, A.; Fatchurohman, H. 2016. *Hidrologi dan Kepariwisata Kawasan karst Goa Pindul Kabupaten Gunungkidul*. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPGF) Universitas Gadjah Mada.
- Cahyono, E.W. 2009. Telah Terjadi Dampak Pemanasan Global Terhadap Ekosistem. *Media Dirgantara Vol. 4 : 2*. Hal: 14-17.
- Cheng, Z. 2011. Carbonate Rock Dissolutional Rates in Different Landuses and Their Carbon Sink Effect. *Makalah dalam Asian Trans-Disciplinary Karst Conference 2011*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 7-10 Januari 2011.
- Daoxian, Y. 2002. *The Carbon Cycle in Karst*. Diakses dari <http://www.karst.edu.cn/carbon/car-cyc.htm>
- Dragon, W. dan Sukhija, B.S. 2008. Climate Change and Groundwater: A Short Review. dalam Dragon, W. dan Sukhija, B.S. 2008. *Climate Change and Groundwater*. London: Geological Society.
- Haryono, E. 2004. *Hidup Bersahabat dengan Kawasan Karst*. Yogyakarta: Forum Karst Goenoeng Sewoe.
- Haryono, E. 2011. Atmospheric Carbon Dioxide Sequestration Trough Karst Denudation Processes: Estimated from Indonesian Karst Region. *Makalah dalam Asian Trans-Disciplinary Karst Conference 2011*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 7-10 Januari 2011.
- Huggett, R.J. 1991. *Climate, Earth Proseses and Earth History*. Springer Verlag.
- International Panel for Climate Change (IPCC). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mac Donald dan Partners. 1984. *Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study Vol. 3rd Groundwater Goverment of The Republic Indonesia*, Ministry of Public Works, Directorate General of Water Resources Development. Groundwater Development Project.
- Murdiyarso, D. 2005. *Sepuluh Tahun Perjalanan Negosiasi Konvensi Perubahan Iklim*, Edisi Kedua. Jakarta: Kompas.
- Ratag, M.A. 2008. *Perubahan Iklim: Isu-Isu Ilmiah*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Salim, E. 2010. *Ratusan Bangsa Merusak Satu Bumi*. Jakarta: Penerbit Kompas.
- Sayekti, R.R.; Suprayogi, S.; Cahyadi, A. 2016. Estimasi Potensi Penyerapan Karbondioksida Atmosfer di Daerah Tangkapan Air Sistem Sungai Bawah Tanah Goa Pindul sebagai Upaya untuk Menekan

Pemanasan Global. dalam Suprayogi, S.; Purnama, S.; Cahyadi, A.; Fatchurohman, H. 2016. *Hidrologi dan Kepariwisata Kawasan karst Goa Pindul Kabupaten Gunungkidul*. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPFG) Universitas Gadjah Mada.

Redaksi menerima tulisan yang membahas tentang fenomena atau kajian Geografi Lingkungan. Makalah tidak dibatasi halaman, dan dikirimkan melalui email kepada redaksi dengan format .doc atau .docx. Makalah akan direview oleh tim dari Buletin Geografi Lingkungan dan akan diterbitkan online langsung setelah melalui proses review. Makalah akan dijadikan satu dalam bentuk Buletin lengkap pada periode enam bulanan. Buletin terbit setahun dua kali, yakni pada Bulan Juni dan Desember. Penerbitan buletin ini sepenuhnya ingin menyebarkan gagasan positif dan keilmuan Geografi Lingkungan secara terbuka dan *non-profit* tanpa mengabaikan kaidah ilmiah dari paper atau makalah yang diterbitkan. Hak cipta tulisan sepenuhnya kami serahkan kepada penulis makalah.

Redaksi:

Ahmad Cahyadi (ahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id)

Diterbitkan Oleh:

Karst Student Forum (KSF) dan Adopsi Airtanah (Kelompok Studi Airtanah) Fakultas Geografi UGM