Nomer ID	
Klaster ¹	Sains dan teknik
Tipe Penelitian ²	MIPA

**LAPORAN AKHIR
INSENTIF PENELITIAN KOLABORASI DOSEN DAN MAHASISWA
UNIVERSITAS GADJAH MADA
TAHUN ANGGARAN 2012**

LAJU PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA
DAERAH ALIRAN SUNGAI BAWAH TANAH BRIBIN, KARST GUNUNG SEWU

Tim Peneliti:

Dr. Tjahyo Nugroho Adji, M.Sc. Tech
M. Iqbal T Sunariya
M. Zain Wicaksono

DILAKSANAKAN ATAS BIAYA:
ANGGARAN DANA MASYARAKAT UGM
SESUAI SURAT TUGAS PELAKSANAAN KEGIATAN
INSENTIF PENELITIAN KOLABORASI DOSEN DAN MAHASISWA
NOMOR: LPPM-UGM/3521/BID.II/2012 TANGGAL 14 NOVEMBER 2012

FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
2012

¹ Kesehatan dan kedokteran, Sosial dan Humaniora, Agro, Sain dan Teknik

² Kesehatan, Hukum, Sosial, Pertanian, MIPA, Pendidikan, Rekayasa, Ekonomi, Keolahragaan, Agama, Sastra dan Filsafat, Psikologi, Seni

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR
INSENTIF PENELITIAN KOLABORASI DOSEN DAN MAHASISWA**

1.	Judul Penelitian	: Laju Penyerapan Karbondioksida Daerah Aliran Sungai Bawah Tanah Bribin, Karst Gunung Sewu
2.	Ketua Peneliti	
	a. Nama	: Dr. Tjahyo Nugroho Adji, M.Sc. Tech
	b. Jenis Kelamin	: Laki-Laki
	c. Pangkat/Golongan	: Lektor Kepala/IIID
	d. NIP	: 197201281998031001
	e. Handphone	: +622748122967492
	f. NPWP	: 09.738.391.3-542.000
	g. Jabatan Fungsional	: -
	h. Fakultas/Pusat Studi	: Geografi
	i. Alamat Kantor & Telp./Fax/E-mail	: Sekip Utara, Bulaksumur, Yogyakarta 55281 (0274) 6492332
	j. Alamat Rumah & Telp./Fax/E-mail	: Perum Pondok Gemilang, Sendangadi, Mlati Sleman/adjie@ugm.ac.id /+622748122967492
3.	Perguruan Tinggi	: Universitas Gadjah Mada
4.	Jangka Waktu (Bulan)	: () bulan / hari
5.	Biaya total yang disetujui	
	a. Dana BOPTN UGM	: Rp 6.650.000,-
	b. Instansi lain:	: Rp. 0
6.	Luaran Penelitian (sesuai dalam proposal/kontrak)	: 1. Laporan akhir 2. Laporan keuangan 3. Poster ilmiah ukuran A 4 hard copy 4. Manuskrip publikasi jurnal ilmiah 5. Log book 6. Soft Copy 1 keping CD dalam bentuk "pdf"

Yogyakarta, 10 Desember 2012

Mengetahui,
Dekan Fakultas Geografi

Prof. Dr. R. Rijanta, M.sc.Dr.
NIP. 196201011988031002

Penanggung jawab kegiatan BOPTN
LPPM UGM

Ketua Peneliti

Adjie

Tjahyo Nugroho Adji, M.Sc. Tech
NIP: 197201281998031001

Mengetahui,
Ketua LPPM UGM

Prof. Dr. Ir. Sri Raharjo, M.Sc
NIP. 196307231986031001

Prof. Dr. Suratman, M.Sc.
NIP. 195406061982011001

DAFTAR ISI

KULIT MUKA	i
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR ISTILAH	iv
DAFTAR GAMBAR*	iv
DAFTAR LAMPIRAN	iv
RINGKASAN	I
BAB I PENDAHULUAN	
I. Latar Belakang	2
II. Perumusan Masalah	5
III. Tujuan	5
IV. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
I. Hidrologi Karst	6
II. Mata Air Karst.....	7
III. Karstifikasi.....	8
BAB III METODE PENELITIAN.....	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
I. Goa Ngreneng	
II. Goa Jombrangan.....	18
III. Mata air Bribin	21
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
I. Kesimpulan.....	24
II. Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	

DAFTAR ISTILAH

Gas Rumah Kaca.....	2
Pemanasan global.....	2
Fosil.....	2
Karst.....	2
Karbon.....	2
Hidrologi.....	6
Karstifikasi.....	8

DAFTAR GAMBAR:

Gambar 1. Kenampakan karst Gunungsewu dari citra Landsat ETM.....	4
Gambar 2. Sistem aliran conduit dan sistem aliran diffuse (White, 1988).....	6
Gambar 3.1. Skema proses pelarutan batugamping (Trudgil, 1985).....	9
Gambar 3.2. Hubungan antara konsentrasi CO ₂ dengan daya larut terhadap batu gamping.....	11
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 5. Peta Administrasi Lokasi Penelitian.....	15
Gambar 6. Pengukuran Ca dan HCO ₃ ⁻	16
Gambar 7. Grafik jumlah CO ₂ yang terlarut.....	17
Gambar 8. Grafik Tingkat Pelarutan(denudasi) CaCO ₃ Goa Ngreneng.....	18
Gambar 9. Grafik agresifitas pelarutan CO ₂ Goa Jombrangan.....	19
Gambar 10. Kondisi Goa Jombrangan.....	19
Gambar 11. Pengukuran kadar Cad an HCO ₃ ⁻	20
Gambar 12. Tingkat pelarutan CaCO ₃ Goa Jombrangan.....	20
Gambar 13. Jumlah CO ₂ terlarut dari Mata air Beton.....	21
Gambar 14. Kondisi dan Pengukuran CO ₂ dan HCO ₃ ⁻ di Mata Air Beton.....	22
Gambar 15. Grafik Tingkat Denudasi Mata Air Beton.....	23

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel Hasil Pengukuran lapangan.....	1
Tabel Hasil Perhitungan penyerapan CO ₂ dan Pelarutan CaCO ₃	4
Hasil Uji Laboratorium.....	6
Biodata Peneliti.....	13
Laporan Eksekutife Summary.....	14
Poster ukuran A4.....	16

RINGKASAN

Perubahan cuaca (climate change) dipengaruhi oleh meningkatnya kadar gas CO_2 di udara yang menyebabkan terjadinya pemanasan global. CO_2 adalah gas yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan. Karst adalah suatu sistem alami di alam yang telah diakui sebagai wastafel CO_2 di atmosfer. Karstifikasi dalam prosesnya membutuhkan CO_2 yang terlarut didalam air yang masuk dalam sistem hidrologi karst sehingga proses pelarutan dapat terjadi. Tingkat pelarutan yang terjadi dapat memproyeksikan tingkat penyerapan CO_2 dalam air, dilihat dari konsentrasi HCO_3^- pada outlet dari Daerah Aliran Sungai Bawah Tanah. Perhitungan dimaksudkan untuk membandingkan antara jumlah batuan gamping (kapur) yang terlarutkan dengan jumlah gas CO_2 terlarut yang terserap oleh air, sehingga dapat diketahui tingkat penyerapan CO_2 yang terjadi secara actual.

Setelah dilakukan pengukuran di lapangan didapatkan bahwa tingkat pelarutan pada DAS bawah tanah babin yang diwakili oleh Goa Ngreneng, Goa Jombrangan dan Mata air beton. Menunjukkan hasil bahwa laju penyerapan CO_2 dan Pelarutan CaCO_3 memiliki hubungan berbanding lurus dimana semakin tinggi laju penyerapan CO_2 maka makin tinggi juga pelarutan CaCO_3 . Selain itu peranan debit sangat mempengaruhi keduanya. Nilai laju penyerapan CO_2 rata-rata selama 5 kali pengukuran untuk Goa Ngreneng sebesar 97.13836, Goa Jombrangan sebesar 0.072922256 dan untuk mata air Beton sebesar 78.594164.

Kata Kunci: CO_2 , Karst, Karstifikasi, Penyerapan CO_2 .

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG MASALAH

CO₂ adalah salah satu gas rumah kaca yang berkontribusi penting pada pemanasan global. Dalam beberapa dekade terakhir, emisi CO₂ terus meningkat Gt / tahun (Dawson dan Spannagle, 2009; Mackenzie, 2004; Parry et.al., 2007) .. Peningkatan ini terutama disebabkan oleh bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan. Secara global emisi CO₂ fosil meningkat dari rata-rata $6,4 \pm 0,4$ GtC / tahun pada 1990-an menjadi $7,2 \pm 0,3$ GtC / tahun pada periode 2000 hingga 2005. Perkiraan emisi CO₂ yang terkait dengan perubahan penggunaan lahan, atau setara dengan 1990-an, adalah 0,5-2,7 GtC / tahun, dengan rata-rata sebesar 1,6 Gt / tahun (Parry et al, 2007).

Potensi penyerapan karbon didaratan dan dilautan diperlukan untuk menyeimbangkan peningkatan emisi CO₂ hal ini dikarenakan ekosistem karst merupakan salah satu potensi wastafel carbon. Sistem bentuklahan karst, terutama terdiri dari batu kapur dan dolomit yang menutupi sekitar 12% permukaan tanah di bumi, serta hasil pelapukan batuan ini di lautan telah diakui sebagai wastafel untuk CO₂ atmosfer. (Ford dan Williams, 2007; Gornitz, 2008). Ini berperan penting tidak hanya karena menyimpan batuan karbon mengikat tetapi juga karena karstification sendiri adalah proses penyerapan karbon.

Karst adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan sebuah kondisi khusus dari lanskap yang memiliki gua-gua dan luas sistem air bawah tanah yang dikembangkan di bebatuan terutama larut. (Ford dan Williams, 2007). Adanya batuan larut adalah prasyarat pertama untuk pengembangan karst. Ini termasuk batu kapur, dolomit, marmer, garam karang, dan gipsum (Ford dan William, 2007; Palmer, 2007; Putih 2008). Namun dalam kasus Indonesia, porsi terbesar dari batu kapur larut dan hanya sebagian kecil adalah dolomit.

Karena daerah karst berkembang di bawah lingkungan batuan larut, proses denudasional utama di daerah tersebut adalah pelarutan. Pelarutan sangat penting dalam karst berkembang dibandingkan dengan peran yang relatif kecil dalam satuan batuan lainnya. Pelarutan ini dicirikan oleh penyerapan karbon dioksida atmosfer. Atmosfer CO_2 bersama dengan hujan memasuki sistem karst bertindak sebagai agen larut dan menghasilkan proses Denudasional. Karbon dioksida adalah yang paling larut dari gas-gas atmosfer standar, misalnya 64 kali lebih larut dari N_2 .

Proses Karst merupakan bagian dari siklus karbon dunia, air dan kalsium yang terjadi pada antarmuka antara litosfer, atmosfer hidrosfer, dan biosfer. Reaksi $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O-CaCO}_3$ adalah sistem dinamis karst yang berguna dalam menjelaskan pentingnya karst dalam siklus karbon (Daoxian, 1999; Grove, 2001 Liu dan Zhao, 2000). Setelah studi karst memiliki peran penting dalam memahami siklus karbon global, dan dengan demikian dapat memberikan kontribusi lebih untuk memahami perubahan iklim global.

Yang penting dari proses denudasional karst dalam hal perubahan iklim terletak pada kemampuan ekosistem karst dalam mengatur karbon atmosfer. Proses denudasional Karst mengkonsumsi CO_2 baik dari atmosfer dan tanah. Berbeda dengan ekosistem lain di mana respirasi CO_2 melalui vegetasi dan dekomposisi organik dipancarkan, ekosistem karst mampu menyerap semua CO_2 yang dihasilkan dari respirasi. Hanya sebagian kecil dari CO_2 yang dilepaskan melalui presipitasi melalui suasana kalsit atau aragonit selama pembentukan speleothems. Sebagian besar CO_2 dibawa ke laut dalam bentuk ion bikarbonat.

Karst Gunung Sewu terletak di tiga propinsi, yaitu Yogyakarta, Jawa Tengah, dan Propinsi Jawa Timur, membentang 85 km sebelah barat-timur dari Pantai Parangtritis dari Daerah Istimewa Yogyakarta untuk Pantai Teleng Ria Pacitan-Jawa Timur. Utara-selatan lebarnya bervariasi antara 10 dan 29 km dengan luas perkiraan 1.300 km^2 . Gunung Sewu karst berbatasan dengan Samudera Hindia di sebelah selatan

pusat pantai Jawa (Gambar 1). Kondisi elevasi antara nol dan 512,5 m di atas permukaan laut, dan bagian tertinggi terletak di pusat sekitar 25 km dari garis rata-rata muka air laut.

Gambar 1. Kenampakan karst Gunungsewu dari citra Landsat ETM

Kondisi iklim kontemporer di karst Gunung Sewu sangat dipengaruhi angin musim barat Laut dan tenggara timur, yang menghasilkan musim hujan dari Oktober sampai april, dan musim kemarau yang sangat Kering antara bulan mei dan september. Curah hujan tahunan, dicatat di 14 stasiun pengukur hujan lokal antara 1960 dan tahun 1997 bervariasi antara 1500 mm 2986 mm per Tahun. Berarti suhu tahunan adalah sekitar 27 ° C (Haryono Dan Hari, 2004). Karst Gunung Sewu terbentuk saat neogene (miosen tengah dan awal Pliosen) batu gamping yang terbentuk disebut formasi Wonosari-Punung. Batuan gamping ini terdiri dari batu gamping karang pejal di selatan dan batu gamping bantalan di utara (Balazs 1968; van Bemmelen 1970; Waltham et al 1983;.. Surono et al 1992; .. Rahadjo et al, 1995). Ketebalan batu gamping melebihi 650 m, batu gamping yang terbentuk dari terumbu karang secara litologi sangat bervariasi, tetapi didominasi oleh batuan rudstones,

packstones, framestones. Terdapat struktur biohermal dan lensa abu vulkanik yang terdapat diantara karbonat (Waltham et al. 1983). Batu gamping pejal lebih menonjol ke arah timur laut utara dan dataran tinggi Wonosari mendominasi.

I.2. PERUMUSAN MASALAH

Karst adalah suatu sistem bentuklahan yang unik, yang memiliki sistem yang berbeda dengan bentuklahan yang lain. Proses pembentukan karst atau karsifikasi dalam prosesnya memerlukan gas CO_2 yang terlarut dalam air, sehingga laju penyerapan karbondioksida dalam proses ini sangat berpengaruh pada tingkat kondisi CO_2 di udara.

I.3. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat pelarutan batu gamping di DAS Bribin.
2. Mengetahui Hubungan antara tingkat pelarutan dengan jumlah CO_2 yang terlarutkan.
3. Mengetahui tingkat pelarutan CO_2 secara aktual.

I.4. KEGUNAAN PENELITIAN

Kegunaan Penelitian ini adalah melihat hubungan antara tingkat pelarutan karst dengan jumlah CO_2 yang terlarut, sehingga dapat diperkirakan dengan terlarutnya batu gamping dalam jumlah tertentu juga mampu mengurangi kadar CO_2 di udara yang berkaitannya dengan pengurangan emisi karbon.

BAB II

STUDI PUSTAKA

II. 1. Hidrologi Karst

Hidrologi , menurut Linsley et. al. (1975) adalah cabang dari ilmu geografi fisik yang berurusan dengan air dimuka bumi dengan sorotan khusus pada sifat, fenomena dan distribusi air di daratan. Hidrologi dikategorikan secara khusus mempelajari kejadian air di daratan/bumi, deskripsi pengaruh sifat daratan terhadap air, pengaruh fisik air terhadap daratan dan mempelajari hubungan air dengan kehidupan. Pada sisi yang lain, karst dikenal sebagai suatu kawasan yang unik dan dicirikan oleh topografi eksokarst seperti lembah karst, doline, uvala, polje, karren, kerucut karst dan berkembangnya sistem drainase bawah permukaan yang jauh lebih dominan dibandingkan dengan sistem aliran permukaannya (Adji dkk, 1999).

Fokus dari Hidrologi karst adalah bukan pada air permukaan tetapi pada air yang tersimpan di bawah tanah pada sistem-sistem drainase bawah permukaan karst. Sehingga sistem hidrologi karst dimulai dari presipitasi yang menjenuhkan zona epikarst akan kandungan air, kemudian input air melalui doline ataupun lembah membentuk lorong-lorong *conduit* dan berpeluang terus berkembang menjadi saluran terbuka *vadose*. Pada karst yang berkembang baik aliran *diffuse* sudah menjadi satu sistem dengan aliran *conduit* dengan peran sebagai pemasuk aliran air.

Gambar 2. Sistem aliran conduit dan sistem aliran diffuse (White, 1988)

II.2. Mata Air Karst

Secara umum, mataair adalah pemunculan airtanah ke permukaan bumi karena suatu sebab. Sebab munculnya mataair dapat berupa topografi, gravitasi, struktur geologi, dll. Sementara itu, mata air karst menurut White (1988) adalah air yang keluar dari akuifer karst terutama pada cavities hasil pelarutan di permukaan atau bawah permukaan bumi.

Beberapa keunikan yang dijumpai pada mataair karst adalah mataair dengan debit yang sama besar, bersuhu sama, mempunyai kesadahan yang sama dapat pula dijumpai pada mataair karst di tempat lain. Selain itu, debit mataair karst biasanya mempunyai debit yang besar, dan di negara2 Eropa disebut-sebut mampu menggerakkan kincir angin di daerah pertanian, walaupun tidak sedikit mataair karst yang mempunyai debit aliran kecil.

Klasifikasi atas dasar periode pengalirannya

- a. Perennial springs : mataair karst yang mempunyai debit yang konsisten sepanjang tahun.
- b. Periodic springs : mataair karst yang mengalir pada saat ada hujan saja.
- c. Intermitten springs : mataair karst yang mengalir pada waktu musim hujan.
- d. Episodically flowing springs : mataair karst yang mengalir pada saat-saat tertentu saja dan tidak berhubungan dengan musim atau hujan.

Klasifikasi atas dasar struktur geologi:

- a. Bedding springs, contact springs : mataair karst yang muncul pada bidang perselingan formasi batuan atau perubahan jenis batuan, misal jika akuifer gamping terletak diatas formasi breksi vulkanik.
- b. Fracture springs : mataair karst yang keluar dari bukaan suatu joint atau kekar atau retakan di batuan karbonat.
- c. Descending springs : mataair karst yang keluar jika ada lorong conduit dengan arah aliran menuju ke bawah.

d. Acending springs : matair karst yang keluar jika ada lorong conduit dengan arah maliran menuju ke atas. Jika debitnya besar sering disebut sebagai vaclusian spring.

Klasifikasi atas dasar asal airtanah karst

- a. Emergence springs : mataair karst yang mempunyai debit besar tetapi tidak cukup bukti mengenai daerah tangkapannya
- b. Resurgence springs : mataair karst yang berasal dari sungai yang masuk kedalam tanah dan muncul lagi di permukaan
- c. Exsurgence springs : mataair karst dengan debit kecil dan lebih berupa rembesan-rembesan (seepages)

Selain klasifikasi mataair karst yang disebutkan diatas, masih terdapat beberapa jenis mataair karst yaitu mataair karst yang muncul di bawah permukaan laut (submarine karst springs) dan mataair di goa (cave springs).

II.3. Kartisifikasi

Karstifikasi atau proses pembentukan bentuk-lahan karst didominasi oleh proses pelarutan. Proses pelarutan batugamping diawali oleh larutnya CO_2 di dalam air membentuk H_2CO_3 . Larutan H_2CO_3 tidak stabil terurai menjadi H^+ dan HCO_3^{2-} . Ion H^+ inilah yang selanjutnya menguraikan CaCO_3 menjadi Ca^{2+} dan HCO_3^{2-} . Secara ringkas proses pelarutan dirumuskan dengan reaksi sebagai berikut:

Karstifikasi dipengaruhi oleh dua kelompok faktor, faktor pengontrol dan factor pendorong. Faktor pengontrol menentukan dapat tidaknya proses karstifikasi berlangsung, sedangkan faktor pendorong menentukan kecepatan dan kesempurnaan proses karstifikasi.

Dalam Proses kartisifikasi terdapat factor pengontrol dan factor pendorong dalam prosesnya yaitu:

Faktor Pengontrol

1. Batuan mudah larut, kompak, tebal, dan mempunyai banyak rekahan

2. Curah hujan yang cukup (>250 mm/tahun)
3. Batuan terekspos di ketinggian yang memungkinkan perkembangan sirkulasi air/drainase secara vertikal.

Faktor pendorong

1. Temperatur
2. Penutupan hutan

Gambar 3.1. Skema proses pelarutan batugamping (Trudgil, 1985)

Batuan yang mengandung CaCO_3 tinggi akan mudah larut. Semakin tinggi kandungan CaCO_3 , semakin berkembang bentuklahan karst. Kekompakan batuan menentukan kestabilan morfologi karst setelah mengalami pelarutan. Apabila batuan

lunak, maka setiap kenampakan karst yang terbentuk seperti kelen dan bukit akan cepat hilang karena proses pelarutan itu sendiri maupun proses erosi dan gerak massa batuan, sehingga kenampakan karst tidak dapat berkembang baik. Ketebalan menentukan terbentuknya sirkulasi air secara vertikal lebih. Tanpa adanya lapisan yang tebal, sirkulasi air secara vertikal yang merupakan syarat karstifikasi tidak dapat berlangsung. Tanpa adanya sirkulasi vertikal, proses yang terjadi adalah aliran lateral seperti pada sungai-sungai permukaan dan cekungan-cekungan tertutup tidak dapat terbentuk. Retakan batuan merupakan jalan masuknya air membentuk drainase vertikal dan berkembangnya sungai bawah tanah serta pelarutan yang terkonsentrasi.

Curah hujan merupakan media pelarut utama dalam proses karstifikasi. Semakin besar curah hujan, semakin besar media pelarut, sehingga tingkat pelarutan yang terjadi di batuan karbonat juga semakin besar. Ketinggian batugamping terekspos di permukaan menentukan sirkulasi/drainase secara vertikal. Walaupun batugamping mempunyai lapisan tebal tetapi hanya terekspos beberapa meter di atas muka laut, karstifikasi tidak akan terjadi.

Drainase vertikal akan terjadi apabila julat/jarak antara permukaan batugamping dengan muka air tanah atau batuan dasar dari batugamping semakin besar. Semakin tinggi permukaan batugamping terekspos, semakin besar julat antara permukaan batugamping dengan muka air tanah dan semakin baik sirkulasi air secara vertikal, serta semakin intensif proses karstifikasi.

Temperatur mendorong proses karstifikasi terutama dalam kaitannya dengan aktivitas organisme. Daerah dengan temperatur hangat seperti di daerah tropis merupakan tempat yang ideal bagi perkembangan organisme yang selanjutnya menghasilkan CO₂ dalam tanah yang melimpah. Temperatur juga menentukan evaporasi, semakin tinggi temperatur semakin besar evaporasi yang pada akhirnya akan menyebabkan rekristalisasi larutan karbonat di permukaan dan dekat permukaan tanah. Adanya rekristalisasi ini akan membuat pengerasan permukaan (case

hardening) sehingga bentuklah karst yang telah terbentuk dapat dipertahankan dari proses denudasi yang lain (erosi dan gerak masa batuan).

Kecepatan reaksi sebenarnya lebih besar di daerah temperatur rendah, karena konsentrasi CO_2 lebih besar pada temperatur rendah. Namun demikian tingkat pelarutan di daerah tropis lebih tinggi karena ketersediaan air hujan yang melimpah dan aktivitas organisme yang lebih besar.

Penutupan hutan juga merupakan factor pendorong perkembangan karena hutan yang lebat akan mempunyai kandungan CO_2 dalam tanah yang melimpah akibat dari hasil perombakan sisa-sisa organik (dahan, ranting, daun, bangkai binatang) oleh mikro organisme. Semakin besar konsentrasi CO_2 dalam air semakin tinggi tingkat daya larut air terhadap batugamping. CO_2 di atmosfer tidaklah bervariasi secara signifikan, sehingga variasi proses karstifikasi sangat ditentukan oleh CO_2 dari aktivitas organisme. Hubungan antara konsentrasi CO_2 dengan daya larut terhadap batu gamping ditunjukkan pada Gambar 2.2.

Gambar 3.2. Hubungan antara konsentrasi CO_2 dengan daya larut terhadap batu gamping

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1. Pemilihan Lokasi Penelitian

Pemilihan Lokasi Sampel penelitian ini dilakukan dengan metode *purposive sampling* dimana sampel diambil berdasarkan pada tujuan tertentu ataupun dengan kondisi tertentu. Pemilihan areal sampel dilakukan pada mata air yang termasuk mataair luaran dari Daerah Aliran Sungai Bawah Tanah Bribin serta kemudahan dalam mencapai dan pengambilan sampel.

III.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan ini:

1. Botol Sampel.
2. GPS.
3. Data pengukuran debit.
4. Perangkat Komputer untuk Pengolahan Data.
5. Software pendukung : ArcGis, IP2Win, Excel.

III.3. Cara Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan sampel dari areal kajian yang telah ditentukan sebelumnya berupa mata air, yang kemudian diuji kandungannya. Titik pengambilan sampel diploting dengan GPS untuk menentukan posisinya di dalam peta RBI sehingga dapat diketahui posisi dari lokasi sampel.

III.4. Cara Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menghitung kondisi pelarutan yang didapatkan dari pengujian sampel di laboratorium kemudian dihitung kadar CO₂ yang ada untuk melihat tingkat penyerapan CO₂ yang terjadi sekarang. Selain itu data sekunder hasil penelitian sebelumnya digunakan untuk melihat tingkat penyerapan

CO₂ di areal kajian secara spasial dan temporal sehingga dapat melihat variasi di tiap titik pengamatan terhadap kemampuan atau kondisi penyerapan CO₂.

Metode yang digunakan carbonate rock table method dengan menggunakan perhitungan:

$$F = \frac{1}{2} \times [\text{HCO}_3] \times Q \times \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{HCO}_3}}$$

Keterangan:

F	= jumlah CO ₂ (g/a)
[HCO ₃]	= konsentrasi HCO ₃ dalam air (g/L)
Q	= debit (L/s)
M _{CO₂}	= berat molekul (Mr) CO ₂
M _{HCO₃}	= berat molekul (Mr) HCO ₃

$$V = \frac{E \times T}{100}$$

(Liu, Z. & Zhao J., 2000)

Dimana:

V : Tingkat Denudasi/pelarutan (m³/year/km²)

E : *Run off* (Precipitation – Evaporation) (L/s)

T : Konsentrasi CaCO₃ (mg/l)

Perhitungan V digunakan untuk melihat tingkat laju denudasi yang terjadi sehingga dengan melihat kondisi ini maka kita dapat membandingkan dengan laju denudasi yang terjadi dengan tingkat kandungan CO₂ yang berhasil diserap selama proses kartifikasi. Sehingga dengan adanya laju pelarutan dan kadar CO₂ yang terserap maka dengan perhitungan data yang secara aktual terukur serta berdasarkan perhitungan dari data-data pengukuran sebelumnya maka dapat dihasilkan tingkat

penyerapan CO₂ yang terjadi pada Daerah Aliran Sungai Bawah Tanah Bribin secara aktual

III.5. Diagram Penelitian

Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Hasil Pengukuran

1. Hasil Pengukuran debit, Alkanlinitas dilapangan (Terlampir)
2. Tabel Hasil Perhitungan kadar CO_2 terlarut dan jumlah denudasi (Terlampir)
3. Hasil Uji Laboratorium Sampel Air (Terlampir)

II. Laju Penyerapan karbondioksida

Pengukuran laju penyerapan karbondioksida dan tingkat pelarutan CaCO_3 di Daerah aliran sungai bawah tanah Bribin dilakukan di 3 titik yaitu Goa Jomblangan, Goa Ngreneng dan Mata Air Beton dimana Goa Jomblangan dan Goa Ngreneng merupakan salah satu inputan dari sungai bawah tanah Bribin, sedangkan Mata air beton merupakan salah satu output dari sungai bawah tanah Bribin.

Gambar 5. Peta Administrasi Lokasi Penelitian

1. Goa Ngrengeng

Goa Ngrengeng terletak pada koordinat 49 M 0463590 9112961, yang secara administrasi terletak pada desa Ngeposari Kecamatan Smanu. Goa Ngrengeng merupakan salah satu input dari sungai bawah tanah bribin dimana goa ini memiliki debit yang tinggi yaitu sebesar 661,9 Liter/detik. Goa ini dimanfaatkan masyarakat sebagai sumber air utama apabila memasuki musim kemarau dikarenakan debit air yang terus konstan sepanjang tahun. Kondisi ini dikarenakan goa ngreng merupakan aliran *fissure* yang mengalir sepanjang tahun.

Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa selama 5 hari pengukuran tidak terjadi perubahan yang signifikan dalam Ph, DHL dan suhu di aliran goa Ngrengeng ini. Hal ini menyebabkan kadar HCO_3^- yang merupakan indikator dari pelarutan CO_2 tidak terlalu mengalami perubahan yang signifikan hal ini terlihat dari hasil uji HCO_3^- menunjukan hasil 5,1-5,7 miliMol/liter dari 5 kali pengukuran. Ph dari air di goa ngrengeng yang bernilai 8,29-8,38 menunjukan bahwa air di goa ngrengeng memiliki nilai agresivitas yang tinggi hal ini dikarenakan semakin banyak CaCO_3 yang terlarut menyebabkan air menjadi semakin basa.

Berdasarkan hasil uji laboratorium unsur Mg, Na dan K dari mata air ngrengeng dimana nilai Mg berkisar antara 32-50 mg/liter, nilai Na berkisar antara 8-178 mg/liter, sedangkan K memiliki nilai antara 7-45 mg/liter.

Gambar 6. Pengukuran Ca dan HCO_3^-

Agresivitas pelarutan CaCO_3 pada aliran goa ngreneng menunjukkan nilai yang cukup tinggi yaitu berkisar antara nilai 88-118 gram/s dimana pada hari ke dua pengukuran nilai tertinggi didapatkan. Kondisi agresivitas pelarutan dipengaruhi utamanya oleh aliran debit, sehingga pada hari kedua pengukuran dimana debit aliran tinggi yaitu 942 liter/s menyebabkan konsentrasi HCO_3^- yang terlarut tinggi yang disertai dengan jumlah CO_2 terlarut juga tinggi yaitu sebesar 118, 1268 gram/s. kondisi tersebut ditampilkan dalam gambar .

Gambar 7. Grafik jumlah CO_2 yang terlarut

Dengan nilai pelarutan HCO_3^- dan Ca kita dapat menghitung tingkat pelarutan batuan CaCO_3 dalam per tahunnya dilihat dari tiap kali pengukuran, sehingga dapat dilihat bahwa tingkat pelarutan atau denudasi dari goa ngreneng memiliki nilai bekisar antara 98402-130384 $\text{m}^3/\text{year}/\text{Km}^2$. Tingkat pelarutan ini juga berhubungan dengan kapasitas debit dimana debit aliran berhubungan dengan tingkat pelarutan yang terjadi. Walaupun kadar CaCO_3 tinggi namun debitnya rendah maka tingkat denudasinya pun rendah. Hal ini terlihat pada hasil pengukuran hari pertama yang

memiliki kadar CaCO_3 terlarut yang lebih tinggi dibandingkan hari ke tiga dan hari terakhir, memiliki tingkat denudasi yang rendah diakibatkan debit aliran yang lebih rendah dibandingkan dengan hari ke tiga dan hari ke lima.

Gambar 8. Grafik Tingkat Pelarutan(denudasi) CaCO_3 Goa Ngreneng

2. Goa Jombrangan

Goa Jombrangan terletak pada koordinat 49 M 0472076 9122244, yang secara administrasi terletak pada desa Tambakromo kecamatan Ponjong. Goa ini memiliki aliran yang telah dibendung sehingga aliran air yang keluar berupa aliran yang kecil apabila musim kemarau dan aliran yang deras dimusim penghujan. Goa jombrangan memiliki debit yang cukup rendah yaitu bekisar antara 0,4-0,8 liter/s hal ini disebabkan karena aliran yang terbung. Pada goa jombrangan ini kadar HCO_3^- memiliki nilai bekisar antara 0,34-0,36 gram/liter, sehingga dengan nilai kadar HCO_3^-

dan debit yang rendah menyebabkan agresivitas pelarutan CO_2 pun rendah terlihat dari angka yang ada yaitu berkisar antara 0,05-0,1 gram/s.

Gambar 9. Grafik agresivitas pelarutan CO_2 Goa Jombrangan

Kondisi tingkat agresivitas ini juga terlihat dari uji laboratorium dimana kadar Mg, Na, dan K dari sampel air yang diambil dari goa jombrangan memiliki nilai yang rendah yaitu berkisar antara 26-33 mg/L untuk Mg, 10-50 mg/L untuk Na dan 8-44 mg/L. hal ini menunjukkan bahwa tingkat agresivitas dari goa jombrangan rendah hal ini dikarenakan kadar unsur yang ada pada batuan karbonat yaitu Ca, Mg, Na dan K sangatlah rendah.

Gambar 10. Kondisi Goa Jombrangan

Gambar 11. Pengukuran kadar Ca^{2+} dan HCO_3^-

Tingkat denudasi pada goa jombrangan memiliki nilai yang juga kecil hal ini dikarenakan debit aliran yang ada di goa jombrangan sangatlah kecil. Tingkat denudasi pada goa jombrangan memiliki nilai antara $59\text{--}115 \text{ m}^3/\text{year}/\text{Km}^2$. Ini menunjukkan bahwa tingkat pelarutan CaCO_3 di goa jombrangan sangatlah rendah. Peran dari debit aliran terhadap tingkat pelarutan terlihat dari grafik bahwa pada hari ke empat dan ke lima memiliki tingkat pelarutan yang lebih tinggi dibandingkan hari sebelumnya walaupun memiliki kadar CaCO_3 yang terendah tetapi pada kedua hari itu nilai debit yang terukur lebih tinggi dibandingkan hari-hari sebelumnya menyebabkan tingkat pelarutannya pun menjadi tinggi.

Gambar 12. Tingkat pelarutan CaCO_3 Goa Jombrangan.

3. Mata Air Beton

Mata Air Beton terletak pada koordinat 49 M 0469979 9121252, yang secara administrasi berada di desa Sumber Giri kecamatan Ponjong. Mata air ini mengalir sepanjang tahun yang oleh masyarakat dijadikan sebagai sumber mata air, serta sebagai inputan untuk doline buatan yang terdapat disebelah mata air beton. Mata air beton merupakan salah satu output dari sungai bawah tanah bribin.

Gambar 13. Jumlah CO₂ terlarut dari Mata air Beton.

Tingkat pelarutan CO₂ mata air beton memiliki nilai yang berkisar antara 61-107 gram/s. dengan kadar HCO₃⁻ bernilai antara 0,33-0,66 gram/liter. Pada mata air beton ini pengaruh debit sangat tinggi dimana debit dimata air beton memiliki debit yang bekisar antara 462-829 liter/s. dimana pada hari pertama memiliki debit tertinggi yaitu 829 liter sehingga nilai agresivitasnya pun tinggi yaitu 107 gram/s.

Berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan bahwa kadar Mg, Na, dan K dari mata air beton memiliki nilai yang tidak lebih tinggi dibandingkan kadar HCO₃⁻ yang terukur dimana kadar Mg bekisar antara 24-61 mg/L, kadar Na berkisar antara

9-39 mg/liter, sedangkan kadar K bekisar antara 8-40 mg/liter. Kadar unsur ini terpengaruh akibat jumlah debit yang mengalir karena hal ini berhubungan dengan jumlah unsur yang terlarut.

Gambar 14. Kondisi dan Pengukuran CO_2 dan HCO_3^- di Mata Air Beton

Tingkat denudasi di mata air beton, memiliki nilai antara 69736 – 115764 $m^3/year/Km^2$, dimana tingkat denudasi tertinggi terjadi pada debit tertinggi yaitu pada hari pertama dan hari ke lima yang memiliki nilai debit tertinggi pertama dan yang kedua. Dengan ini diketahui bahwa tingkat pelarutan $CaCO_3$ tinggi sehingga dapat diketahui bahwa tingkat penyerapan CO_2 juga tinggi hal ini dikarenakan pelarutan $CaCO_3$ berbanding lurus dengan penyerapan CO_2 .

Gambar 15. Grafik Tingkat Denudasi Mata Air Beton

Dari 3 titik yang di amati maka pada mata Air Ngreneng memiliki tingkat penyerapan CO_2 dan Pelarutan CaCO_3 tertinggi dengan rata-rata penyerapan $107939.0136 \text{ m}^3/\text{year}/\text{Km}^2$, sedangkan goa jombrangan sebesar $81.33704543 \text{ m}^3/\text{year}/\text{Km}^2$.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

I. Kesimpulan

1. Tingkat Agresivitas pelarutan CO_2 dan tingkat pelarutan CaCO_3 tertinggi ada di Goa Ngreneng dan yang terendah di Goa Jombrangan.
2. Agresivitas pelarutan CO_2 dan tingkat pelarutan CaCO_3 dipengaruhi oleh debit aliran semakin besar debit aliran maka makin besar pelarutan CO_2 dan tingkat pelarutan CaCO_3 .
3. Nilai pelarutan CO_2 , untuk pelarutan di Goa Ngreneng secara actual sebesar 97.13836 gram/s, Goa Jomblangan sebesar 0.072922256, dan Mata Air Beton sebesar 78.594164.

II. Saran

Sebaiknya pengukuran laju penyerapan karbondioksida dilakukan dengan pengukuran aktual yang mempertimbangkan dua musim yaitu musim hujan dan kemarau sehingga variasi data dan nilai laju penyerapan karbondioksida bisa mencerminkan kondisi variabilitas secara ekstrim terlihat dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Balazs D., 1968, *Karst Regions in Indonesia: Karszt-Es Barlangkutatas*, Volume V. Budapest.
- Dawson B. and Spannagle M., 2009, *The Complete Guide to Complete Changes*, Routledge, London.
- Daoxian, Yuang and Zhang cheng.2002.Karst Prosesess and The Carbon Cycle-Final Report of IGCP139.UNESCO/IUGS.
- Ford D. and Williams P.W., 2007, *Karst Hydrogeology and Geomorphology*, John Willey and Sons, Chicester.
- Gornitz V., 2008, *Ensyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environment*, Springer, the Netherlands
- Groves C, and Meiman J., 2001, Inorganic carbonflux and aquifer evolution in the south central Kentucky karst, U.S. Geological Survey Karst Interest Group *Proceedings, Water-Resources Investigations Report*, 01-4011, pp. 99-105
- Haryono, Eko dan Adji, Tjahyo Nugroho. 2004. *Pengantar Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Yogyakarta: Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Haryono E., Day M., 2004, Landform differentiation within the Gunung Kidul Kegelkarst, Java, Indonesia. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 66, no. 2, pp. 62-69.
- Liu, Z. & Zhao J., 2000, Contribution of carbonate rock weathering to the atmospheric CO₂ sink. *Environmental Geology*. 39, pp. 1053-1058.
- Mackenzie F.T., Lerman A., and Andersson A.J. 2004, Past and present of sediment and carbon biogeochemical cycling models, *Biogeosciences*, 1, pp. 11–32.
- Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P. and Co-authors 2007: Technical Summary. Climate Change 2007: Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, M.L. (Eds.), *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of*

Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 23-78.

Rahardjo W, Sukandarrumidi, Rosidi H.M.D, 1995, *Geological Map of The Yogyakarta Sheet, Java*, Geological Research and Development Centre, Bandung.

Surono, BT, Sudarno I and Wiryosujono S, 1992, *Geology of the Surakarta-Giritontro Quadrangles, Java*. Geological Research and Development Center, Bandung.

Van Bemmelen RW, 1970, *The Geology of Indonesia, Volume 1A, General Geology*: The Hague, Martinus Nijhoff.

Waltham AC, Smart PL, Friederich, H, Eavis, A.J & Atkinson TC, 1983, *The caves of Gunung Sewu, Java*., Cave Science, 10(2), pp. 55–96.

White, W.B., 1988. *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrain*. Oxford University Press, New York

Titik 1 Goa Ngreneng

Parameter	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5
Waktu	13.00-13.40	14.37-15.00	07.45	14.36	13.10
DHL	497 micros/cm	497 micros/cm	498 micros/cm	497 micros/cm	429 micros/cm
Suhu	27,2 C	27,2 C	27,2 C	27,2 C	27,3 C
PH	8,30	8,38	8,29	8,34	8,38
EH	142	-	-	-	142
Alkalinity	5,5 mm/L	5,7 mm/L	5,3 mm/L	5,5 mm/L	5,1 mm/L
Ca	100 mg/L	108 mg/L	106 mg/L	106 mg/L	108 mg/L
Debit	<p>Koefisienpelampung: 19/24 Segmen: Panjang 4 meter Segmenawal : Kedalaman 1: 80 cm Kedalaman 2: 78 cm Lebar : 240 cm Segmenakhir: Kedalaman 1: 40 cm Kedalaman 2: 42 cm Lebar: 220 cm</p> <p>Kecepatanpelampung: 1. 4,73 s 2. 5,00 s 3. 5,13 s 4. 5,13 s 5. 5,10 s</p> <p>V= $4/5,018 = 0,797$ m/s K= 0,686 A=0,9335 Q=0,744 m³/s</p>	<p>Koefisienpelampung: 19/24 Segmen: Panjang 4 meter Segmenawal : Kedalaman1: 81 cm Kedalaman 2: 78 cm Lebar : 240 cm Segmenakhir: Kedalaman1: 43 cm Kedalaman2: 46 cm Lebar: 220 cm</p> <p>Kecepatanpelampung: 1. 4,08 s 2. 4.11 s 3. 4.15 s 4.3.98 s 5. 4.10 s</p> <p>V= $4/4,084 = 0,979$ m/s K=0,686 A=0,9622 Q=0,942 m³/s</p>	<p>Koefisienpelampung: 9/17 Segmen: Panjang 4 meter Segmenawal : Kedalaman 1: 80 cm Kedalaman2: 76 cm Lebar : 240 cm Segmenakhir: Kedalaman1: 47 cm Kedalaman2: 43 cm Lebar: 220 cm</p> <p>Kecepatanpelampung: 1. 4,53 s 2. 4,53 s 3. 4,40 s 4. 4,47 s 5. 4,78 s</p> <p>V= $4/4,542 = 0,898$ m/s K=0,774 A=0,8938 Q=0,8026 m³/s</p>	<p>Koefisienpelampung: 9/17 Segmen: Panjang 4 meter Segmenawal : Kedalaman 1: 70 cm Kedalaman2: 69 cm Lebar : 240 cm Segmenakhir: Kedalaman1: 47 cm Kedalaman2: 40 cm Lebar: 220 cm</p> <p>Kecepatanpelampung: 1. 4,41 s 2. 4,69 s 3. 4,64 s 4. 4,45 s 5. 4,67 s</p> <p>V= $4/4,572 = 0,874$ m/s K=0,737 A=0,9038 Q=0,7899 m³/s</p>	<p>Koefisienpelampung: 9/17 Segmen: Panjang 4 meter Segmenawal : Kedalaman 1: 79 cm Kedalaman 2: 75 cm Lebar : 240 cm Segmenakhir: Kedalaman 1: 43 cm Kedalaman 2: 40 cm Lebar: 220 cm</p> <p>Kecepatanpelampung: 1. 4,94 s 2. 4,94 s 3. 4,60 s 4. 4,35 s 5. 4,52 s</p> <p>V= $4/4,67 = 0,856$ m/s K= 0,774 A=0,9202 Q=0,7877 m³/s</p>

TITIK 2 GOA Jombrangan

Parameter	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5
Waktu	15.30-15-55	15.50-16-20	10.55	16.00	10.47
DHL	521 micros/cm	519 micros/cm	519 micros/cm	521 micros/cm	521 micros/cm
Suhu	25,9 C	25,9 C	25,9 C	25,9 C	25,9 C
PH	8,53	8,53	8,53	8,53	8,53
EH	126	130	86	68	126
Alkalinity	5,6 mm/L	6 mm/L	5,9 mm/L	5,6 mm/L	5,6 mm/L
Ca	120 mg/L	108 mg/L	110 mg/L	106 mg/L	120 mg/L
Debit	<p>Volume ember: 1 galon(1,5liter)</p> <p>Kecepatanaliran:</p> <p>1. 3,58 s</p> <p>2. 3,28 s</p> <p>3. 3,52 s</p> <p>4. 3,72 s</p> <p>5. 3,62 s</p> <p>V=3,544 s</p> <p>Q= 0,423 liter/s</p>	<p>Volume ember: 1 liter</p> <p>Kecepatanaliran:</p> <p>1. 2,28 s</p> <p>2. 2,34 s</p> <p>3. 2,07 s</p> <p>4. 2,17 s</p> <p>5. 2,43 s</p> <p>V=2,258 s</p> <p>Q= 0,442 liter/s</p>	<p>Volume ember: 1 liter</p> <p>Kecepatanaliran:</p> <p>1. 1,35 s</p> <p>2. 1,60 s</p> <p>3. 1,40 s</p> <p>4. 1,69 s</p> <p>5. 1,56 s</p> <p>6. 1,53 s</p> <p>V=1,826 s</p> <p>Q= 0,5476 liter/s</p>	<p>Volume ember: 1 liter</p> <p>Kecepatanaliran:</p> <p>1. 1,30 s</p> <p>2. 1,27 s</p> <p>3. 1,15 s</p> <p>4. 1,32 s</p> <p>5. 1,31 s</p> <p>6. 1,21 s</p> <p>V=1,512 s</p> <p>Q= 0,661 liter/s</p>	<p>Volume ember: 1 liter</p> <p>Kecepatanaliran:</p> <p>1. 1,30 s</p> <p>2. 1,40 s</p> <p>3. 1,14 s</p> <p>4. 1,04 s</p> <p>5. 1,18 s</p> <p>V=1,212 s</p> <p>Q= 0,825 liter/s</p>

MATA AIR BETON

Parameter	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5
Waktu	16.42-17.03	16.45-17.00	9.30	14.36	11,30
DHL	546 micros/cm	543 micros/cm	542 micros/cm	544 micros/cm	543 micros/cm
Suhu	24,6 C	26,6 C	26,6 C	27,8 C	26.6 C
PH	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69
EH	112	27	134	66	112
Alkalinity	5,9 mm/L	6 mm/L	5,9 mm/L	6 mm/L	5,5 mm/L
Ca	118 mg/L	130 mg/L	134 mg/L	116 mg/L	112 mg/L
Debit	Larutangaram: 15,48 m/cm Volume: 3 liter Pembacaan 5 detik: 1. 545 21. 2. 545 22. 3. 545 4. 545 5. 545 6. 546 7. 563 8. 605 9. 582 10. 589 11. 562 12. 556 13. 558 14. 552 15. 549 16. 547 17. 547 18. 546 19. 546 20. 546 Q=0,829 m ³ /s	Larutangaram: 30,6 m/cm Volume: 1 liter Pembacaan 5 detik: 1. 544 21. 545 2. 544 22. 545 3. 544 23. 545 4. 544 24. 545 5. 544 6. 544 7. 544 8. 551 9. 556 10. 572 11. 575 12. 559 13. 553 14. 558 15. 549 16. 549 17. 548 18. 546 19. 545 20. 546 Q=0,4627 m ³ /s	Larutangaram: 38,2 m/cm Volume: 1 liter Pembacaan 5 detik: 1. 542 21. 547 2. 542 22. 545 3. 542 23. 545 4. 542 24. 544 5. 542 25. 544 6. 542 26. 543 7. 542 27. 543 8. 542 28. 543 9. 543 10. 549 11. 555 12. 566 13. 565 14. 565 15. 560 16. 560 17. 556 18. 552 19. 549 20. 548 Q=0,4979 m ³ /s	Larutangaram: 43,7 m/cm Volume: 1 liter Pembacaan 5 detik: 1. 545 21. 551 2. 545 22. 549 3. 545 23. 548 4. 545 24. 548 5. 545 25. 547 6. 545 26. 546 7. 545 27. 546 8. 545 28. 546 9. 547 29. 546 10. 554 30. 11. 563 12. 565 13. 567 14. 564 15. 564 16. 562 17. 557 18. 556 19. 554 20. 551 Q=0,5459 m ³ /s	Larutangaram: 40,5 m/cm Volume: 1 liter Pembacaan 5 detik: 1. 544 21. 2. 543 22. 3. 543 4. 543 5. 543 6. 543 7. 543 8. 555 9. 5587 10. 583 11. 596 12. 581 13. 572 14. 562 15. 556 16. 556 17. 548 18. 545 19. 545 20. 545 Q=0,724 m ³ /s

Tabel Hasil Perhitungan Kadar CO₂ terlarut dan Tingkat Denudasi

RUMUS PERHITUNGAN

$$F = \frac{1}{2} \times [\text{HCO}_3] \times Q \times \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{HCO}_3}}$$

Keterangan:

F = jumlah CO₂ (g/a)
 [HCO₃] = konsentrasi HCO₃ dalam air (g/L)
 Q = debit (L/s)
 MCO₂ = berat molekul (Mr) CO₂
 MHCO₃ = berat molekul (Mr) HCO₃

$$V = \frac{E \times T}{100}$$

(Liu, Z. & Zhao J., 2000)

Dimana:

V : Tingkat Denudasi/pelarutan (m³/year/km²)

E : *Run off* (Precipitation – Evaporation) (L/s)

T : Konsentrasi CaCO₃ (mg/l)

1. Goa Ngreneng

Tabel . Kadar CO₂ Terlarut

Hari	Konsentrasi HCO ₃ ⁻ (g/l)	Q (l/s)	Mr CO ₂	Mr HCO ₃ ⁻	F (jumlah CO ₂ terlarut)
1	0.3355	744	44	61	90.024
2	0.3477	942	44	61	118.1268
3	0.3233	802.6	44	61	93.58316
4	0.3355	789.9	44	61	95.5779
5	0.3111	787.7	44	61	88.37994

Tabel. Tingkat Denudasi CaCO_3

Nilai Ca	Nilai CO_3	Nilai CaCO_3	Q (m^3/s)	V (tingkat denudasi ($\text{m}^3/\text{year}/\text{KM}^2$
0.1	0.33	0.43	0.744	98402.27328
0.108	0.342	0.45	0.942	130384.8576
0.106	0.318	0.424	0.8026	104671.5734
0.106	0.33	0.436	0.7899	105930.8223
0.108	0.306	0.414	0.7877	100305.5416

2. Goa Jomblangan

Tabel . Kadar CO_2 Terlarut

Hari	Konsentrasi HCO_3^- (g/l)	Q (l/s)	Mr CO_2	Mr HCO_3^-	F (jumlah CO_2 terlarut)
1	0.3416	0.423	44	61	0.0521136
2	0.366	0.442	44	61	0.058344
3	0.3599	0.5476	44	61	0.07107848
4	0.3416	0.661	44	61	0.0814352
5	0.3416	0.825	44	61	0.10164

Tabel. Tingkat Denudasi CaCO_3

Nilai Ca	Nilai CO_3	Nilai CaCO_3	Q (m^3/s)	V (tingkat denudasi ($\text{m}^3/\text{year}/\text{KM}^2$
0.12	0.336	0.456	0.000423	59.32926259
0.108	0.36	0.468	0.000442	63.6255959
0.11	0.354	0.464	0.0005476	78.15291126
0.106	0.336	0.442	0.000661	89.86435661
0.12	0.336	0.456	0.000825	115.7131008

3. Mata Air Beton

Tabel . Kadar CO_2 Terlarut

Hari	Konsentrasi HCO_3^- (g/l)	Q (l/s)	Mr CO_2	Mr HCO_3^-	F (jumlah CO_2 terlarut)
1	0.3599	829	44	61	107.6042
2	0.366	462.7	44	61	61.0764
3	0.3599	497.9	44	61	64.62742
4	0.366	545.9	44	61	72.0588
5	0.3355	724	44	61	87.604

Tabel. Tingkat Denudasi CaCO_3

Nilai Ca	Nilai CO_3	Nilai CaCO_3	Q (m^3/s)	V (tingkat denudasi ($\text{m}^3/\text{year}/\text{KM}^2$
0.118	0.336	0.454	0.829	115764.1597
0.13	0.36	0.49	0.4627	69736.36723
0.134	0.354	0.488	0.4979	74735.28392
0.116	0.336	0.452	0.5459	75895.36773
0.112	0.336	0.448	0.724	99765.48557

LABORATORIUM HIDROLOGI DAN KUALITAS AIR
FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Alamat: Kampus UGM, Bulaksumur, Yogyakarta 55281
Telp/Faks (0274) 548632, 589595; email: labhidrologi@geo.ugm.ac.id

Nomor/Number : 253/FG/GE/XI/12
Hal./page : 1 dari 6

SERTIFIKAT PENGUJIAN
TEST CERTIFICATE

Nama Customer : Dr. Tjahyo Nugroho Adji, S.Si., M.Sc.Tech.

Alamat Customer : Fakultas Geografi UGM

Customer address

Jenis>Nama Sampel : Mata air

Type/name of sample

Asal sampel : Gunung Kidul

Origin of sample

Jumlah sampel : 15

Amount of sample

Kode Sampel : 253/C/XI/12

Parameter
Parameters

: Natrium, kalium, klorida, sulfat, magnesium, pH

Tanggal Pengambilan
Sample taken on

: -

Tanggal Penerimaan
Sample received on

: 6 November 2012

Tanggal Pengujian
Sample

: 7 November 2012

HASIL PENGUJIAN
TEST RESULT

Nomor/Number : 253/FGEXI/12
Hal./page : 2 dari 6

Nomor Urut	1	2	3	Baku Mutu Air Permenkes 416/MENKES/KES/LX/1990	Metode Uji
Nomor Pengirim	Hari 1 Goa Ngreng	Hari 1 Goa Jombangan	Hari 1 Belon		
Nomor Urut Laboratorium	1589/LH/12	1590/LH/12	1591/LH/12		
PARAMETER	Satuan				
KIMIA					
pH	-	7.31	7.33	7.28	6.5 – 8.5
Magnesium (Mg)	mg/L	34	31	39	-
Natrium (Na)	mg/L	22.4174	10.2084	31.4295	-
Kalium (K)	mg/L	28.2165	8.7904	40.2009	-
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	≤0.01	≤0.01	≤0.01	400
Klorida (Cl ⁻)	mg/L	12	12	10	600
					SNI 06-6989.11-2004
					SNI 06-6989.12-2004
					Flame Fotometrik
					Flame Fotometrik
					SNI 06-6989.20-2009
					SNI 06-6989.19-2009

FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Alamat: Kampus UGM, Bulaksumur, Yogyakarta 55281
Telepon/Faks (0274) 546632, 589595; email: labhidrologi@geo.ugm.ac.id

Form-9.10.1/Sert.Uji

HASIL PENGUJIAN TEST RESULT

Nomor/Number : 253/FG/IX/12
Hal./page : 3 dari 6

Nomor Urut	4	5	6	Baku Mutu Air Permenkes 416/MENKES/KES/IX/1990	Metode Uji
Nomor Pengirim	Hari 2 Goa Ngreng	Hari 2 Goa Jombangan	Hari 2 Beton		
Nomor Urut Laboratorium	1592/LH/12	1593/LH/12	1594/LH/12		
PARAMETER	Satuan				
KIMIA					
pH	-	7.38	7.36	7.55	SNI 06-6989.11-2004
Magnesium (Mg)	mg/L	32	31	24	SNI 06-6989.12-2004
Natrium (Na)	mg/L	42.5047	23.5959	10.1876	Flame Fotometrik
Kalium (K)	mg/L	45.3365	21.9122	9.2826	Flame Fotometrik
Sulfat (SO_4^{2-})	mg/L	≤ 0.01	4.1	4.1	SNI 06-6989.20-2009
Klorida (Cl^-)	mg/L	8	12	12	600 SNI 06-6989.19-2009

**HASIL PENGUJIAN
TEST RESULT**

Nomor/Number : 253/FGEX/1/12
Hal./page : 4 dari 6

Nomor Urut		7	8	9	Baku Mutu Air Permenkes 416/MENKES/KES/IX/1990	Metode Uji
Nomor Pengirim		Hari 3 Goa Ngreng	Hari 3 Goa Jombangan	Hari 3 Belon		
Nomor Urut Laboratorium		1595/LH/12	1596/LH/12	1597/LH/12		
PARAMETER	Satuan					
KIMIA						
pH	-	7.36	7.35	7.47	6.5 – 8.5	SNI 06-6989.11-2004
Magnesium (Mg)	mg/L	37	32	31	-	SNI 06-6989.12-2004
Natrium (Na)	mg/L	178.134	15.9463	9.1368	-	Flame Fotometrik
Kalium (K)	mg/L	36.6969	8.6312	8.5977	-	Flame Fotometrik
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	4.1	4.7	3.4	400	SNI 06-6989.20-2009
Klorida (Cl ⁻)	mg/L	8	12	14	600	SNI 06-6989.19-2009

Form-9.10.1/Set Uji

HASIL PENGUJIAN
TEST RESULT

Nomor/Number : 253/FG/IX/12
Hal./page : 5 dari 6

Nomor Urut	10	11	12	Baku Mutu Air Permenkes 416/MENKES/KES/IX/1990	Metode Uji
	Hari 4 Goa Ngreneng	Hari 4 Goa Jombangan	Hari 4 Belon		
Nomor Urut Laboratorium	1598/LH/12	1599/LH/12	1600/LH/12		
PARAMETER	Satuan				
KIMIA					
pH	-	7.36	7.37	7.34	SNI 06-6989.11-2004
Magnesium (Mg)	mg/L	50	33	40	SNI 06-6989.12-2004
Natrium (Na)	mg/L	8.3680	33.7805	36.9834	Flame Fotometrik
Kalium (K)	mg/L	7.6866	44.1113	40.9654	Flame Fotometrik
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	6.0	29.5	18.7	SNI 06-6989.20-2009
Klorida (Cl ⁻)	mg/L	14	12	8	SNI 06-6989.19-2009

**FAKULTAS GEOGRAFI
UNIVERSITAS GADJAH MADA**

Alamat: Kampus UGM, Bulaksumur, Yogyakarta 55281
Telepon/Faks (0274) 548632, 589595; email: labhidrologi@geo.ugm.ac.id

Form-9.10.1/Sert.Uji

Nomor/Number : 253/FG/GE/XI/12
Hal./page : 6 dari 6

**HASIL PENGUJIAN
TEST RESULT**

Nomor Urut	13	14	15	Baku Mutu Air Pemerkes 416/MENKES/KES/IX/1990	Metode Uji
Nomor Pengirim	Hari 5 Goa Ngreng	Hari 5 Goa Jomblangan	Hari 5 Beton		
Nomor Urut Laboratorium	1601/LH/12	1602/LH/12	1603/LH/12		
PARAMETER	Satuan				
KIMIA					
pH	-	7.34	7.39	7.38	6.5 - 8.5 SNI 06-6989.11-2004
Magnesium (Mg)	mg/L	39	26	61	- SNI 06-6989.12-2004
Natrium (Na)	mg/L	69.995	50.7687	10.4191	- Flame Fotometrik
Kalium (K)	mg/L	17.0719	16.9567	8.5181	- Flame Fotometrik
Sulfat (SO_4^{2-})	mg/L	17.4	91.7	37.1	400 SNI 06-6989.20-2009
Klorida (Cl^-)	mg/L	14	10	12	600 SNI 06-6989.19-2009

Mengetahui,
Manager Puncak
Prof. Dr. R. Rijanta, M.Sc.

Manager Teknik,
Hafitio, S.T., M.Si.

Yogyakarta, 20 November 2012

Catatan:

- 1) Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji. These test result are only valid for the tested samples.
- 2) Sertifikat ini tidak boleh dipertanyakan tanpa ijin dari Manager Teknik. The certificate shall not be reproduced (copied) without the written permission of the laboratory Technical Manager.
- 3) Hasil uji yang dicetak tidak termasuk dalam lingkup akreditasi KAN. The italic numbers are not the object of accreditation.
- 4) Hasil Uji Parameter Kalsium (Ca) dan Karbonat (HCO_3^-) diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan.

1. Biodata Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Dr. Tjahyo Nugroho Adji, M.Sc. Tech
- b. Tempat/Tgl Lahir : Magelang, 28 January 1972
- c. N I P : 197201281998031001
- d. Jenis Kelamin : Laki-Laki
- e. Pangkat, Golongan : IIID
- f. Fakultas/Progam Studi : Geografi dan Ilmu Lingkungan
- g. Perguruan Tinggi : Universitas Gadjah Mada
- h. Jabatan : Lektor Kepala
- i. Alamat Kantor / Telepon : Sekip Utara, Bulaksumur, Yogyakarta 55281 (0274) 6492332
- j. Alamat Rumah/ Telepon : Perum Pondok Gemilang, Sendangadi, Mlati
Sleman, Yogyakarta /+622748122967492
- k. Alamat e-mail : adji@geo.ugm.ac.id

2. Biodata Anggota 1

- a. Nama Lengkap : M. Iqbal T Sunariya
- b. NIM : 09/288718/GE/6750
- c. Tempat Tanggal lahir : Kota Gajah, 9 Juni 1992
- d. Alamat/ Telepon : Deresan II No. 20 Depok Sleman, Yogyakarta/085769697009
- e. Alamat Email : iqbal.silent@gmail.com
- f. Fakultas/Progam Studi : Geografi/Geografi dan Ilmu Lingkungan

3. Biodata Anggota 2

- a. Nama Lengkap : Muhammad Zain Wicaksono
- b. NIM : 09/285059/GE/6661
- c. Tempat Tanggal lahir : Jakarta, 17 Februari 1991
- d. Alamat/ Telepon : Jl. Jamblang I No. 04 RT. 05/04 Kav. Rawa Bugel,
Bekasi Utara, Kota Bekasi, Jawa Barat/085729596090
- e. Alamat Email : zain.wicaksono@gmail.com
- f. Fakultas/Progam Studi : Geografi/Geografi dan Ilmu Lingkungan

**LAJU PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA
DAERAH ALIRAN SUNGAI BAWAH TANAH BRIBIN, KARST GUNUNG SEWU**

Oleh
Dr. Tjahyo Nugroho Adji, M.Sc. Tech
M. Iqbal T Sunariya
M. Zain Wicaksono

I. PERMASALAHAN

Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimanakah Tingkat pelarutan batu gamping di DAS Bribin?
2. Bagaimanakah Hubungan antara tingkat pelarutan dengan jumlah CO₂ yang terlarutkan?
3. Bagaimanakah tingkat pelarutan CO₂ secara actual?

Tujuan dari Penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui tingkat pelarutan batu gamping di DAS Bribin.
2. Mengetahui Hubungan antara tingkat pelarutan dengan jumlah CO₂ yang terlarutkan.
3. Mengetahui tingkat pelarutan CO₂ secara actual.

II. INOVASI IPTEK

Penelitian ini berisi tentang hal yang berhubungan dengan pengendalian gas rumah kaca secara alami dimana dengan memanfaatkan proses karstifikasi pada bentuk lahan karst, dimana prosesnya membutuhkan CO₂ sebagai unsur dalam melarutkan batuan gamping (CaCO₃). Dengan mengetahui tingkat pelarutan yang dapat dilakukan dari suatu bentuk lahan karst maka kita dapat memperkirakan berapa banyak gas CO₂ di udara yang dapat dibersihkan secara alami dengan adanya proses karstifikasi yang secara terus menerus terjadi di dalam bentuk lahan karst.

III. KONTRIBUSI TERHADAP PEMBANGUNAN

Kontribusi dari penelitian ini terhadap pembangunan dikawasan karst adalah dengan terjaga bentuk lahan karst dari penambangan batu gamping, sehingga daerah *recharge* yang berada pada perbukitan tetap terjaga dan cadangan air pada tempat itupun terjaga. Selain itu dengan mengetahui peran dari bentuk lahan karst terhadap pengurangan gas CO₂ di udara maka dapat menjadikan banyak manfaat bagi masyarakat sekitar karena daerah mereka menjadi daerah yang asri dan akan mendapatkan keuntungan dengan adanya pembangunan pada kawasan karst yang ramah akan lingkungan, jadi kondisi lingkungan disekitar masyarakat pun tetap terjaga.

IV. MANFAAT BAGI INTITUSI

Manfaat yang didapatkan dari kegiatan ini adalah:

1. Membantu aktivis lingkungan untuk menyadarkan masyarakat bahwa betapa pentingnya menjaga lingkungan.
2. Manfaat penelitian ini bagi institusi lain di perguruan tinggi dalam pengidentifikasian kualitas air, penelitian ini menggunakan jasa dari laboratorium Kualitas Air yang ada di Fakultas Geografi, dalam pengukuran lapangan juga menggunakan peralatan yang ada di Fakultas Geografi.
3. Keterlibatan mahasiswa disini adalah untuk menjadi pengalaman penelitian agar dapat menerapkan ilmu yang didapat sehingga dapat diterapkan kedalam masyarakat.

V. PUBLIKASI ILMIAH

Terlampir.