

# Potensi Batu Kapur Bukit Pecatu Sebagai Instrumen Pemanen Dan Penampung Air Hujan

I Gede Putu Eka Suryana, Ni Wayan Eka Wijayanti

Masuk: 19 01 2020 / Diterima: 29 06 2020 / Dipublikasi: 30 06 2020  
© 2020 Fakultas Hukum dan Ilmu Sosial UNDIKSHA dan IGI

**Abstract** *Bukit Pecatu has regional characteristics in the form of karst hills (limestone). Karst has enormous potential, so limestone is mined and creates deep niches. Also, the problem of water availability becomes the main thing because of the characteristics of karst rocks that are easily absorbed, dissolve, and pass water. Some people choose to use rainwater by building wells and rainwater harvesting fields. The condition of the existence of a former mining niche which is considered to be ignorant of conservative values and the difficulty of water are two different problems but, here the author tries to provide a solution by combining these problems into a solution by making experiments that can make limestone from Pecatu Hill can hold water in the long run. A long time in the form of miniature models. This miniature model is used to test the breakthrough of water that is assumed to be rainwater. The results of these tests are that clay can withstand the rate of decrease in rainwater shrinkage compared to husk charcoal and without treatment.*

**Key words:** *Limestone; Rainwater; Rainwater Harvesting; Rainwater Collection*

**Abstrak** Bukit Pecatu memiliki karakteristik wilayah berupa bukit karst (batu gamping/kapur). Karst memiliki potensi yang sangat besar, maka dari itu batu kapur ditambang dan menimbulkan ceruk-ceruk yang dalam. Selain itu permasalahan ketersediaan air menjadi hal utama karena karakteristik batuan karst yang mudah meresap, melarutkan serta meloloskan air. Beberapa masyarakat memilih memanfaatkan air hujan dengan membangun sumur serta lapangan pemanen air hujan. Kondisi adanya ceruk bekas penambangan yang dinilai tidak mengindahkan nilai konservatif serta sulitnya air merupakan dua permasalahan yang berbeda namun, disini penulis mencoba memberikan solusi dengan menggabungkan permasalahan tersebut menjadi sebuah tujuan dengan membuat eksperimen yang mampu membuat batu kapur dari Bukit Pecatu memiliki kemampuan menahan air dalam jangka waktu yang lama dalam bentuk model miniatur. Model miniature ini untuk menguji kelolosan air yang diasumsikan genangan air hujan. Hasil dari pengujian tersebut adalah tanah liat memiliki kemampuan menahan laju penurunan penyusutan air hujan dibandingkan arang sekam dan tanpa perlakuan. Kesimpulannya pengujian kapur tanpa perlakuan tidak mampu menahan air. Tanah liat mampu menghambat laju resapan air pada batu kapur.

**Kata kunci:** Batu kapur; Air hujan; Pemanenan air hujan; Penampungan air hujan

## 1. Pendahuluan

Daerah bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali merupakan daerah yang memiliki panorama

yang indah sebagai kawasan destinasi pariwisata Bali. Banyak hotel bertaraf internasional dan vila-vila megah yang berdiri, yang membuat pendapatan dari sektor pariwisata daerah Pecatusangat besar. Namun disisi lain banyak

---

I Gede Putu Eka Suryana, Ni Wayan Eka Wijayanti  
STMIK STIKOM, Indonesia

[yudi.antara7@gmail.com](mailto:yudi.antara7@gmail.com)

daerah-daerah pemukiman bawah bukit Pecatu yang sangat kering dan warga pemukiman tersebut kesulitan mendapatkan air.

Kebutuhan air bersih pada umumnya dipenuhi oleh PDAM. Namun hingga saat ini, tidak seluruh masyarakat memperoleh air bersih dari PDAM. Sehingga untuk mendapatkan air bersih di peroleh dari air tanah (Agniy & Cahyadi, 2015; Cahyadi & Hidayat, 2017) Pemanfaatan air tanah untuk kebutuhan sehari-hari bagi keperluan rumah tangga merupakan hal yang wajar dan aman karena air tanah akan terisi kembali pada saat musim hujan. Untuk mendapatkan sumber air tanah di daerah bukit jimbaran, warga harus melakukan pengeboran tanah dengan ke dalaman  $\pm$  80 meter. Pengeboran tanah untuk sumur, tentu memerlukan biaya yang sangat tinggi. Tiap meter pengeboran tanah, memerlukan biaya Rp 1.000.000, jadi perlu sekitar Rp 80.000.000 untuk mendapat air tanah. Dan hal ini mengakibatkan warga yang berada di daerah bukit jimbaran, terutama masyarakat yang kurang mampu tidak sanggup melakukan pengeboran tanah, untuk mendapatkan sumber air.

Haryono (2011) mengemukakan teknik pemanenan air hujan atau disebut dengan *rain water harvesting* didefinisikan sebagai suatu cara pengumpulan atau penampungan air hujan untuk selanjutnya digunakan pada waktu curah hujan rendah. Berdasarkan ruang lingkup implementasinya, teknik pemanenan air hujan dapat di golongkan menjadi dua kategori yaitu: (1) teknik pemanenan air

hujan dengan atap bangunan (roof top rain water harvesting), dan (2) teknik pemanenan air hujan (dan aliran permukaan) dengan bangunan reservoir, seperti dalam parit, embung, kolam, waduk, bedungan dan sebagainya (E. Haryono, 2001, 2016; Haryono dkk, 2014; Laksamana, 2015). Penelitian pemanenan dan penampungan air hujan sudah cukup banyak dilakukan. Namun, pada penelitian ini menggunakan lahan batu kapur yang terdapat di daerah bukit Pecatu sebagai tempat pemanenan dan penampungan air hujan.

Di sisi geologi, bukit Pecatu memiliki hamparan nan luas batu kapur yang menutupi sebagian besar permukaan tanahnya, namun kegiatan pertambangan telah meninggalkan banyak ceruk-ceruk yang sampai saat ini tidak dilakukan kegiatan konservasi secara berkelanjutan. Dengan kondisi tersebut dan kekurangan yang dimiliki oleh batu kapur yakni bersifat melarutkan dan meloloskan air, maka penulis mencoba menawarkan solusi dengan mengenali kembali potensi batu kapur sehingga menjadikan dirinya sebagai solusi atas masalah kekeringan yang terjadi di Bukit Jimbaran. Batu kapur adalah batuan padat yang mengandung banyak kalsium karbonat (Widiarso et al., 2017) yang merupakan material metastabil karena dalam waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit (Sucipto, et al., 2007).

Batu kapur (limestone) adalah jenis batuan karbonat yang terjadi di alam, disebut juga batu gamping. Mineral utama batu kapur adalah kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), mineral lainnya

merupakan mineral pengotor, biasanya terdiri dari kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ), karbonat yang berasosiasi dengan mineral besi dan mineral lempung, serta bahan organik sisa tumbuhan. Mineral kalsit terbentuk melalui proses sedimentasi sehingga batu kapur disebut pula batuan sedimen. Mineral kalsit berstruktur kristal sistem heksagonal. Selain kalsit di alam ditemukan pula mineral karbonat lainnya yaitu aragonit ( $\text{CaCO}_3$ ) yang mempunyai komposisi kimia sama dengan kalsit namun struktur kristalnya berbeda yaitu sistem ortorombik. Aragonit ditemukan pada kulit kerang (oyster shells) dan keong (oolites). Aragonit bersifat metastabil, dalam waktu lama akan berubah menjadi kalsit. Mineral karbonat lain yang berasosiasi dengan kalsit adalah siderite ( $\text{FeCO}_3$ ), ankerit ( $\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$ ), dan magnesit ( $\text{MgCO}_3$ ), mineral-mineral tersebut umumnya ditemukan dalam jumlah kecil.

Penelitian sebelumnya mengemukakan konsep pemanenan air hujan, Air hujan terbentuk dari hasil penguapan air di bumi yang terkondensasi menjadi butiran-butiran air dalam awan (Hamonangan, 2011). Proses penguapan terjadi bersamaan dengan proses transportasi. Menurut Waluyo (2005) dan E. Haryono et al., (2009) Uap air yang terkumpul akan melarutkan oksigen, nitrogen, karbondioksida, debu, dan senyawa lainnya pada proses transportasi. Air hujan yang turun biasanya mengandung debu, bakteri, serta berbagai senyawa yang terdapat dalam udara, hal ini dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. Menurut Asdak

(2007) cara pemanenan hujan dapat dibagi kedalam dua cara, yakni dengan mengumpulkan air hujan di atas atap bangunan (*roof catchment*) dan dilakukan dengan di atas permukaan tanah (*ground catchment*).

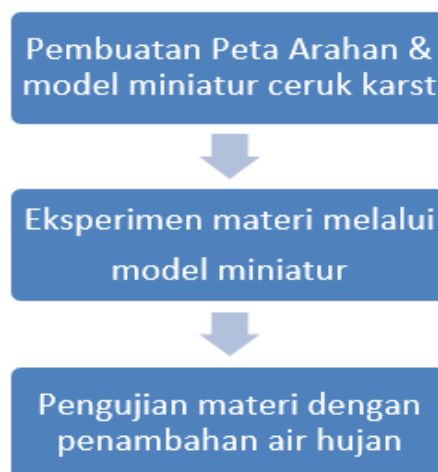
Batu kapur ialah bahan alam yang banyak terdapat di Indonesia. Batu kapur adalah jenis batuan sedimen yang mengandung senyawa karbonat Pada umumnya batu kapur yang banyak terdapat adalah batu kapur yang mengandung kalsit. Batu kapur memiliki warna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam. Pembentukan warna ini tergantung dari campuran yang ada dalam batu kapur tersebut, misalnya : lempung, kwarts, oksida besi, mangan dan unsur organik. Batu kapur terbentuk dari sisa-sisa kerang di laut maupun dari proses presipitasi kimia. Berat jenis batu kapur berkisar 2,6 – 2,8  $\text{gr/cm}^3$ , dalam keadaan murni dengan bentuk kristal kalsit.

Urgensi dari penelitian adalah dengan dilakukannya penelitian ini maka, akan memberikan harapan dibangunnya embung atau bendungan pada ceruk-ceruk penambangan batu kapur yang ditinggalkan untuk mendukung sektor pertanian dan peternakan. Pada dasarnya adalah memberikan waktu untuk air hujan yang jatuh untuk dapat dimanfaatkan di musim kemarau, hingga musim hujan tiba kembali. Tujuan penelitian yang dirumuskan adalah untuk mengetahui potensi yang terkandung dalam batu kapur yang terdistribusi di Desa Pecatu Jimbaran sebagai sarana untuk pemanen dan penampung hujan.

## 2. Metode

Penelitian yang dilaksanakan bersifat kualitatif yang disajikan dalam tabulasi bermaksud mencoba mencari solusi dari masalah-masalah yang terjadi pada daerah karst khususnya di Desa Pecatu. Masalah yang urgen disana adalah terkait kelangkaan air serta ceruk sisa hasil penambangan yang tidak dilakukan proses konservasi. Untuk memecahkan masalah tersebut akan dilakukan pemodelan ke dalam bentuk miniatur agar dapat dilakukan eksperimen pada ketahanan batu kapur untuk meloloskan air. Eksperimen dilakukan dengan

memberikan perlakuan pada batu kapur yang diambil secara sampling di wilayah Desa Pecatu. Makin lama menahan air maka makin baik karena material akan digunakan untuk pemanen dan penampungan air baik itu berupa embung/waduk. Pengujian dilakukan dengan menambahkan air hujan dengan volume/debit yang sama pada masing-masing miniatur berbahan dasar batu kapur yang diberikan perlakuan. Kemudian dilakukan pengukuran waktu tahan dari masing-masing miniatur yang telah diberi perlakuan.



Gambar 1. Bagan Tahapan Penelitian

Kedua bak model yang dibuat dengan material kapur Pecatu akan diberikan perlakuan. Model 1 tanpa pemberian bahan penyumbat pori sedangkan model 2 diuji dengan alternative bahan penyumbat pori 1. Arang sekam 2. Tanah liat. Pengujian akan dibagi berdasarkan pemberian debit 0,5 liter pada masing-masing bak model kemudian ketahanan akan dihitung berdasarkan waktu hambat. Sesi 1

akan diberikan waktu 12 jam. Setelah itu 24 Jam pada sesi berikutnya. Setiap sesi akan diulang dengan melakukan pengukuran. Adapun hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk grafik pada masing-masing model untuk melihat penyusutan debit air yang ditambahkan persatuan waktu.

Pengumpulan data dilakukan dengan studi literatur dan observasi pada objek penelitian. Langkah awal

yang dilakukan dalam penelitian adalah dengan melakukan observasi lapangan, baik melalui hasil rekam satelit maupun langsung ke lapangan (Nurjannah, 2013). Adapun rekam satelit yang digunakan adalah LANDSAT dengan

akurasi skala menengah. Setelah itu turun ke lapangan memastikan secara eksisting keberadaan ceruk yang dimaksud menghasilkan beberapa tampilan dokumen pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Observasi Ceruk Batu Kapur

Berdasarkan wawancara dengan salah satu tokoh masyarakat Desa Pecatu Bapak Dr. I Kadek Budi Sandika menyatakan bahwa ceruk yang ada menjadi tempat parkir air sementara saat hujan, namun tak bertahan lama. Waktu air bertahan kisaran seminggu/2 minggu paling lama. Tempat yang berupa ceruk yang dihasilkan dari hasil penambangan batu gamping tersebut sementara digunakan sebagai bagian pengelolaan sampah terpadu Desa Pecatu.

Pustaka yang digunakan adalah terkait dengan pustaka kegeografian khususnya

bentanglahan karst untuk memahami karakteristik karst. Pustaka kimia dan geokimia yang berasal dari artikel untuk memberikan gambaran perlakuan yang digunakan untuk membentuk materi yang dapat menahan air dalam jangka waktu yang lama. Yang berikutnya adalah pustaka untuk model penampungan air yang digunakan untuk memodelkan desain pemanen dan pemanen air yang memungkinkan diaplikasikan di lapangan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada Gambar 3 merupakan gambar implementasi yang coba

dilakukan. Dengan menggunakan rancangan di atas, maka diterapkan pada Batu Kapur yang diambil di

menggunakan air hujan secara bertahap 0,5 liter pertama dan kedua.



Desa Pecatu Jimbaran Badung. Kemudian diberikan perlakuan

Gambar 3. Gambar uji ketahanan tampungan air hujan

Berdasarkan gambar tersebut maka, secara teoritis pada kedalaman tertentu terdapat kondisi karst yang memiliki sifat jenuh air dan mampu menampung air hujan dan mengeluarkannya melalui *outlet* yang dapat digunakan oleh masyarakat sekitar untuk kepentingan pertanian, pariwisata maupun air bersih (Febrianto et al., 2015; Negara et al., 2010).

Air hujan yang jatuh di daerah karst sebagian besar akan mengalami perkolasi ke dalam tanah melalui rongga-rongga atau diaklas yang banyak terdapat di daerah karst, sehingga sistem sungai yang berkembang adalah sistem sungai bawah tanah. Air permukaan hanya dijumpai pada telaga (embung) yang ada di daerah karst, yang semula adalah lembah dolina yang bagian dasarnya tertutup oleh lapisan tanah

terrarosa yang kedap air sehingga mampu menampung air hujan dalam jumlah tertentu. Hasil penelitian akan dijabarkan dalam table-tabel berikut.

Tabel 1. Perbandingan karakteristik Batu Kapur Nusa Penida dengan Jimbaran

No.	Karakteristik	Batu Kapur	
		Nusa Penida	Jimbaran
1	Berat jenis <i>apparent</i>	2,60	2,63
2	Absorpsi	1,77	1,78
3	Abrasi	27,28	27,56
4	<i>Soundness</i>	5,90%	7,48%
5	Kadar Lempung	0,37%	0,52%
6	Kelekatan terhadap aspal	97,65	95

Tabel 2. Pengujian Tanpa Perlakuan

No	Debit Air	Perlakuan	Laju penyusutan	Keterangan
1	0,5 l	tanpa	0,5 l/menit	-
2	0,5 l	tanpa	0,5 l/menit	-
3	0,5 l	tanpa	0,5 l/menit	-
4	0,5 l	tanpa	0,5 l/menit	-

Tabel 3. Pengujian Arang Sekam

No	Debit Air	Perlakuan	Laju penyusutan	Keterangan
1	0,5 l	Arang sekam	0,5 l/menit	-
2	0,5 l	Arang sekam	0,1 l/menit	-
3	0,5 l	Arang sekam	0,1 l/menit	-
4	0,5 l	Arang sekam	0,1 l/menit	-

Tabel 4. Pengujian tanah liat

No	Debit Air	Perlakuan	Laju penyusutan	Keterangan
1	0,5 l	Tanah liat	0,05/menit	-
2	0,5 l	Tanah liat	0,05 l/menit	-
3	0,5 l	Tanah liat	0,05 l/menit	-
4	0,5 l	Tanah liat	0,05 l/menit	-

Berdasarkan hasil uji maka menggunakan *suspense* tanah liat paling tahan untuk menahan air di antaranya. Secara teori juga mendukung bahwa kapur yang berada di permukaan karena terkena pengaruh cuaca dan iklim maka akan mengalami pelapukan (Heruman, 2011; Wijayanti et al., 2010).

Secara teori terdapat dua jenis pelapukan, yaitu pelapukan fisis, organis dan kimiawi. Pelapukan fisis adalah pelapukan yang disebabkan oleh perubahan suhu dan air. Pelapukan jenis ini akan mengakibatkan batuan rusak secara fisik, dari batuan yang besar menjadi kecil dan dari batuan kecil menjadi halus. Proses pelapukan fisis hanya merubah ukuran dan bentuk batuan tanpa mengubah susunan kimia batuan tersebut. Pelapukan fisis disebut juga pelapukan mekanis karena prosesnya yang berlangsung secara mekanik. Pelapukan fisis dapat terjadi karena hal-hal berikut. Pertama, adanya perbedaan temperatur (suhu) yang besar. Peristiwa ini sering terjadi di daerah beriklim kontinental (iklim benua) atau beriklim gurun. Di daerah gurun, temperatur pada siang hari dapat mencapai hingga 45 C. Kondisi ini menyebabkan batuan mengembang. Sedangkan pada malam hari suhu dapat mencapai -4 C yang menyebabkan batuan mengalami pengerutan. Hal ini terjadi secara terus menerus, sehingga batu menjadi retak-retak atau pecah. Kedua, pembekuan air di dalam pori-pori batuan. Saat air membeku, air akan mengalami pemuaiannya pada volumenya dan menimbulkan tekanan pada lapisan batuan. Karena tekanan tersebut,

batuan menjadi retak. Di daerah beriklim sedang, pembekuan terjadi dengan hebat karena temperatur udaranya yang sangat rendah. Ketiga, mengkristalnya air garam. Jika suatu air mengandung garam dan mengalami penguapan, maka garam akan tertinggal dalam bentuk kristal. Kristal-kristal garam ini berbentuk tajam dan dapat merusak lapisan batuan disekitarnya.

Sementara pelapukan organis adalah pelapukan yang disebabkan oleh aktivitas organisme seperti jamur, bakteri, hewan, tumbuhan atau manusia. Adapun hewan yang dapat menyebabkan pelapukan antara lain cacing tanah, serangga, dan tikus. Pelapukan yang disebabkan oleh tumbuhan dapat bersifat mekanis dan kimiawi. Pelapukan mekanis tumbuhan berupa penjarangan akar tumbuhan di dalam tanah yang dapat merusak batuan disekitarnya. Pelapukan kimiawi tumbuhan berupa perusakan batuan oleh asam-asam yang dikeluarkan oleh akar saat mengisap garam mineral.

Terakhir, pelapukan kimiawi adalah proses pelapukan batuan oleh proses-proses kimiawi. Pada pelapukan kimiawi, batuan tidak hanya mengalami perubahan bentuk dan ukuran, tapi juga mengalami perubahan susunan kimia batuan tersebut. Pelapukan kimiawi umumnya berupa pelarutan. Pelapukan kimiawi dapat dengan jelas kita saksikan di daerah pegunungan kapur (karst). Pelapukan di daerah ini terjadi akibat pengaruh air dan didorong oleh temperatur yang tinggi. Air yang banyak mengandung CO<sub>2</sub> (zat asam arang/karbon dioksida) akan dengan mudah melarutkan bata kapur (CaCO<sub>3</sub>) yang banyak terdapat di daerah karst.



Peristiwa pelarutan batuan kapur ini akan menimbulkan gejala-gejala karst.

Pelapukan tersebut menghasilkan materi yang lebih halus/berupa tanah. Tanah liat/lempung memiliki tekstur yang sangat halus yang secara perlahan mampu menutup pori kapur sehingga menghambat laju resapan air. Menurut Harsoyo (2015) yang menekankan pada upaya pemanenan air hujan di lingkungan perkotaan memang sejalan dengan penelitian ini serta penelitian Febrianto, 2015 terkait simulasi dan pemanfaatan air yang ditampung adalah terkait irigasi juga mendukung kelangkaan air saat musim kering yang dialami Desa Pecatu. Namun dalam penelitian ini lebih menekankan pada upaya mensolusikan tempat tampungan yang alami dari karst itu sendiri sehingga efisiensi dapat dilakukan.

#### 4. Penutup

Berdasarkan hasil pengujian kapur tanpa perlakuan tidak mampu menahan air. Tanah liat mampu menghambat laju resapan air pada batu kapur. Secara teoritis bukit kapur Pecatu dapat diteliti untuk rancangan tendon raksasa melalui jalur alami air pada Karst. Dengan demikian maka kebutuhan masyarakat pecatu dan sekitarnya akan air baik untuk pertanian dan konsumsi dapat terpenuhi. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan pengujian kimia kompleks struktur batu kapur serta pemetaan sebaran celah kapur di lapangan dan pengujian langsung di lapangan agar hasil lebih akurat.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada STMIK STIKOM Indonesia terutama pihak LPPM dan

rekan-rekan yang telah memberikan dukungan materi dan non materi untuk terwujudnya karya ini.

#### Daftar Pustaka

- Agniy, R. F., & Cahyadi, A. (2015). Analisis Evolusi Hidrogeokimia Airtanah di Sebagian Mataair Karst Kabupaten Rembang Bagian Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Innovation in Environmental Management*.
- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM Press.
- Cahyadi, A., & Hidayat, W. (2017). Analisis Karakteristik Hidrogeokimia Air Tanah di PulauKoral Panggang, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Geografi*, 9(2), 99–108.
- Febrianto, F., Triyono, S., & Rosadi, R. (2015). Simulasi pemanenan air hujan untuk mencukupi kebutuhan air irigasi pada budidaya tanaman jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(1), 9–18.
- Hamonangan, T. (2011). *Analisis pemanenan hujan dari atap bangunan (studi kasus (gedung-gedung di kampus IPB Dramaga Bogor)*. Institut Pertanian Bogor.
- Haryono, B. (2011). Teknik pemanenan air hujan (rain water harvesting) sebagai alternatif upaya penyelamatan sumber daya air di wilayah dki jakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 11(2), 29–39.
- Haryono, E. (2001). Nilai hidrologis bukit karst. *Prosiding Dalam Seminar Nasional Eko-Hidrolik*.
- Haryono, E. (2016). *Pedoman Praktis Survei Terintegrasi Kawasan Karst*. Badan Penerbit Fakultas Geografi UGM.
- Haryono, E., Adji, T. N., Widyastuti, M., & Trijuni, S. (2009). Atmospheric carbon dioxide sequestration trough karst denudation process:

- preliminary estimation from Gunung Sewu Karst. *Seminar on Achieving Resilience Agriculture to Climate Change through the Development of Climate Based Management*.
- Haryono, E. dkk. (2014). *Speleogenesis Gua Pindul dan sekitarnya*.
- Heruman, Hj. (2011). Perspektif kebijakan terkait perubahan iklim dan dampaknya terhadap ekonomi. *Jurnal Ekonomi Lingkungan XIII*.
- Laksamana, E. E. (2015). *Stasiun Nol: Teknik-Teknik Pemetaan Dan Survey Hidrologi Gua*. Megalith Books dan Acintyacunyata Speleogenesis Club.
- Negara, W., Nyoman, I., & Putra, S. (2010). Potensi Batu Kapur Nusa Penida sebagai Agregat Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknik Sipil, 14(1)*.
- Nurjannah. (2013). Permodelan Estimasi Potensi Tambang Batu Kapur Dari Hasil Analisa Data Citra Satelit Landsat 7 Etm+ (Studi Kasus : Tambang Batu Kapur Pt. Semen Gresik Persero Tbk. Pabrik Tuban). *Journal of Geodesy and Geomatics, 9(1)*.
- Waluyo, L. (2005). *Mikrobiologi Lingkungan*. UMM Press.
- Widiarso, D. A., Kusuma, I. A., & F, A. P. (2017). Penentuan Potensi Sumberdaya Batu Gamping Sebagai Bahan Baku Semen Daerah Gandu Dan Sekitarnya, Kecamatan Bogorejo, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. *Jurnal Teknik, 38(2)*, 92–98.
- Wijayanti, F., Solihin, D., Alikodra, H., & Maryanto, I. (2010). Pengaruh fisik gua terhadap struktur komunitas kelelawar pada beberapa Gua Karst di Gombong Kabupaten Kebumen Jawa Tengah. *Jurnal Biologi Lingkungan IV, 2*.