



IDENTIFIKASI KENAMPAKAN MORFOLOGI GUA BANYU DAN SEKITARNYA DI KECAMATAN DONOMULYO KABUPATEN MALANG

Mohammad Ainul Labib^{1*}, Eko Haryono², Agung Suprianto³, Khoirul Hidayat⁴,
Prasetyo Adi Irianto⁵, Iis Dwi Masrurroh⁶, Devi Prasetyo⁷

^{1,3,4,5,6,7}MPA Jonggring Salaka Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

²Departemen Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*Email Koresponden: labib@mail.ugm.ac.id

Diterima: 17-04-2021, Revisi: 15-05-2021, Disetujui: 01-10-2021

©2021 Program Studi Pendidikan Geografi, FISE, Universitas Hamzanwadi

Abstrak keberadaan gua dengan berbagai fungsinya perlu dipelajari terutama terkait dengan karakteristik gua. Kenampakan morfologi dan tingkatan lorong gua dapat digunakan untuk memahami karakteristik gua tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi morfologi dan tingkatan lorong Gua Banyu dan sekitarnya di Kecamatan Donomulyo, Kabupaten Malang. Penentuan kenampakan morfologi dilakukan dengan mengidentifikasi penampang melintang dan perhitungan kuantitatif. Sementara tingkatan lorong gua diukur dengan analisis frekuensi panjang lorong gua. Hasil penelitian menunjukkan morfologi yang terdapat di Gua Banyu dan sekitarnya didominasi perkembangan *semicircular*, yang diikuti perkembangan runtuh maupun *canyon*. Sedangkan tingkatan lorong gua memiliki empat tingkatan. Tingkatan pertama terdapat di *chamber* Gua Sio dan sungai bawah tanah Gua Sio. Tingkat kedua ditandai munculnya mulut gua yang lain (Gua Kirek, Gua Maron, dan Gua Megarsari). Tingkatan ketiga terdiri dari lorong Gua Kirek, Gua Maron, Gua Megarsari, dan Gua Banyu yang telah berkembang. Sedangkan mulut Gua Banyu terlihat pada tingkatan keempat.

Kata kunci: Morfologi Gua, Tingkatan Lorong Gua, Karst

Abstract The existence of a cave with its various functions needs to be studied, especially related to the characteristics of the cave. Morphological appearances and levels of cave passages can be used to understand the characteristics of the cave. This study aims to identify the morphology and level of the Banyu Cave tunnel and its surroundings in Donomulyo District, Malang Regency. Determination of morphological appearance is done by identifying the cross section and quantitative calculations. While the level of the cave passage is measured by frequency analysis of the length of the cave passage. The results showed that the morphology in Banyu Cave and its surroundings was dominated by *semicircular* development, which was followed by the development of ruins and canyons. While the level of the cave passage has four levels. The first level is in the chamber of Gua Sio and the underground river of Gua Sio. The second level is marked by the emergence of other cave mouths (Kirek Cave, Maron Cave, and Megarsari Cave). The third level consists of the alleys of Kirek Cave, Maron Cave, Megarsari Cave, and Banyu Cave which have developed. While the mouth of the Banyu Cave is visible on the fourth level.

Keywords: Cave Morphology, Cave Level, Karst,

PENDAHULUAN

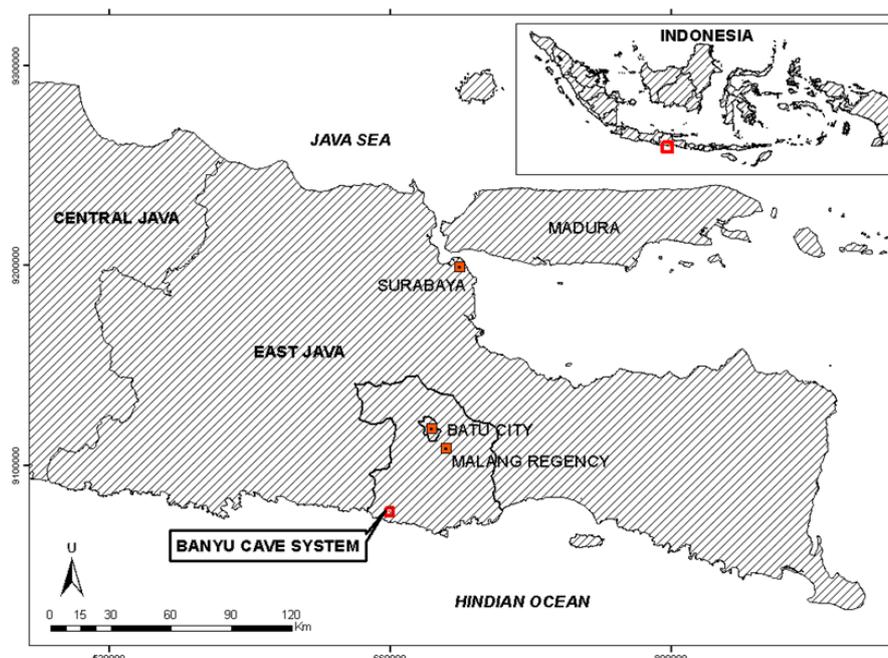
Karst merupakan bentang alam hasil proses pelarutan yang telah mengalami karstifikasi. Bentang alam tersebut memiliki kenampakan eksokarst dan endokarst. Eksokarst berupa bentukan positif (tower) dan bentukan negatif (*doline*, *uvala*, *polje*) (Haryono & Adji, 2004). Sedangkan endokarst berupa adanya sistem sungai bawah tanah maupun perguaan. Gua adalah lorong di bawah tanah yang terbentuk dari retakan-retakan sebagai akibat pelarutan batu gamping (Samodra, 2001). Keberadaan gua umumnya dimanfaatkan masyarakat sebagai tempat wisata seperti di Gua Batu Cermin (Indayani & Dewi, 2018). Selain itu gua juga bermanfaat sebagai penyerap karbondioksida, sumber air, habitat fauna

gua berupa kelelawar yang bermanfaat sebagai pengendali hama, penyebar biji, dan menghasilkan kotoran (guano) yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk (Mijiarto, Basuni, & Sunarminto, 2014).

Kondisi lorong gua merupakan hasil dari beberapa proses yang membentuk konfigurasi bentukan di lorong gua. Menurut Ko (1997), gua merupakan hasil perekaman pada masa lampau yang memiliki lembaran-lembaran proses yang terjadi di dalamnya, baik geologi-bioekologi-arkeologi. Hal ini dapat dimengerti mengingat kondisi lorong gua masih jarang dijajah manusia sehingga perubahan yang terjadi di lorong gua diakibatkan oleh kondisi alam. Hasil bentukan gua menunjukkan perkembangan pada masa lampau yang telah mengalami beberapa proses berupa pelarutan, pengikisan, gravitasi, banjir, tektonik yang terekam di dalam gua (Bogli, 1980; Ford & Williams, 2007; Ballesteros et al., 2011). Perubahan lorong gua baik horizontal maupun vertikal yang menyebabkan lorong gua bertingkat menandakan adanya proses yang terjadi berupa proses tektonik. Bentuk lorong berupa *ellips* maupun *canyon* merupakan hasil dari proses struktural maupun hidrolik yang terjadi pada masa lampau.

Beberapa kegiatan eksplorasi gua misalnya yang dilakukan di Kecamatan Donomulyo (Impala, 2013), Karst Sendang Biru (Salaka, 2018) di Kabupaten Malang. Kegiatan tersebut untuk identifikasi awal mengenai sebaran gua. Identifikasi lebih lanjut dilakukan dengan pemetaan gua, seperti terlihat pada kajian di Gua Kedung Pitu dan sekitarnya (Suprianto et al., 2017) Tentunya setelah adanya peta gua, akan dilakukan analisis mengenai kondisi lorong gua. Pendekatan morfometri dilakukan untuk melihat secara matematis seperti kajian di Kabupaten Malang (Labib et al., 2020). Dibandingkan dengan beberapa kajian sebelumnya, kajian mengenai morfologi Gua Banyu dan sekitarnya memiliki perbedaan dan kondisi yang kompleks. Terdapat lorong vertikal dan horizontal, kondisi lorong gua juga bervariasi baik berair, kering maupun campuran. Selain itu, kajian ini dilakukan dalam kompleks atau gua-gua yang saling berdekatan, sehingga dirasakan perlu untuk dilakukan kajian lebih lanjut.

Gua Banyu terdapat di Desa Kedungsalam Kecamatan Donomulyo (Gambar 1), yang berdasarkan data dari Impala (2013) bahwa gua yang terdapat di sekitar Gua Banyu sebanyak 7 gua. Dari hasil kelurusan lorong ke tujuh gua tersebut menunjukkan arah yang sama dengan arah lorong gua yang menuju Gua Banyu (Labib, 2016). Hal ini menandakan bahwa gua tersebut memiliki keterkaitan dengan gua yang berada di sekitar Gua Banyu. Perkembangan sistem Gua Banyu dan sekitarnya tersebut memiliki lorong vertikal dan horizontal serta kondisi lorong yang berbeda-beda. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kenampakan morfologi dan tingkatan lorong gua yang terdapat di sistem Gua Banyu.



Gambar 1. Lokasi Gua Banyu dan Sekitarnya
Sumber: Peneliti, 2021.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan survei lapangan dan pengukuran. Kegiatan dilakukan dengan menelusuri lorong Gua Banyu dan sekitarnya. Data yang dikumpulkan terkait dengan segmen lorong gua seperti panjang lorong gua, kemiringan lorong gua, arah lorong, lebar dan tinggi lorong gua. Segmen lorong gua dapat berupa sketsa penampang melintang gua maupun foto segmen gua. Pengumpulan data dengan membagi tim sesuai tugas masing-masing, seperti sebagai *stasioner*, *shooter*, dan deskripsi, setelah itu data dicatat dalam lembar pemetaan gua. *Shooter* dan *stasioner* berfungsi melakukan penentuan lorong gua yang akan diukur dimensinya, sedangkan tim yang lain membantu dalam pengecekan data dan identifikasi segmen lorong gua.

Identifikasi bentukan lorong gua dilakukan dengan melihat beberapa segmen lorong gua hasil dari pemetaan gua di lapangan. Analisis penampang melintang gua digunakan untuk mengidentifikasi bentukan pada lorong gua. Bentukan ini dapat diakibatkan oleh struktural, hidraulik, maupun akibat gaya gravitasi. Analisis morfologi lorong pada bentukan gua digunakan untuk menentukan kondisi dalam perkembangan lorong gua. Aspek kuantitatif yang diukur berupa arah lorong, tipe lorong, dan *sinusitas*. Penentuan arah lorong menggunakan diagram mawar untuk mengetahui kecenderungan arah perkembangan yang terjadi di gua. Tipe lorong gua dianalisis dengan menggunakan perbandingan antara lebar lorong dan tinggi atap lorong dengan klasifikasi bentuk ngarai (*canyon*) ($R < 1$), bentuk lingkaran ($R = 1$), dan bentuk setengah lingkaran ($R > 1$) (Iguzquiza et al., 2011). *Sinusitas* menunjukkan kelengkungan lorong gua yang didapatkan dari perbandingan panjang gua dengan panjang lorong gua, dengan klasifikasi 1-1,4 lurus, 1,5-3 bermeander > 3 arah lorong gua berkelok-kelok

Analisis frekuensi digunakan untuk menghubungkan parameter kuantitatif dengan kondisi lorong gua yang telah terbentuk untuk mengetahui level gua (Piccini, 2011). Hubungan ketinggian dengan panjang gua dilakukan dengan menganalisis data ketinggian segmen lorong gua dan panjang segmen gua yang diambil dari data lapangan yang sebelumnya telah diolah menggunakan *Software ArcGis*. Selanjutnya akan diketahui distribusi panjang dari setiap ketinggian segmen gua, sehingga akan membentuk pola lorong gua yang menggambarkan perkembangan lorong gua.

Frekuensi grafik yang pendek menggambarkan distribusi vertikal lorong gua yang membedakan tahapan yang berbeda dalam perkembangannya. Selanjutnya, analisis distribusi ketinggian dari lorong freatik dan lorong vadose yang terdapat di lorong gua digunakan untuk mengetahui kondisi dari lorong gua. Dilakukan perhitungan mengenai distribusi ketinggian dan panjang tiap ketinggian lorong gua tersebut. Selanjutnya tiap ketinggian dihitung dengan rumus (Piccini, 2011):

$$\text{Elevasi} = (\text{panjang pada ketinggian persegmen}) / (\text{Panjang keseluruhan sistem}) \times 100\% \dots\dots (1)$$

Pada lorong epifreatik menggunakan perhitungan:

$$\text{Elevasi} = (\text{panjang lorong epifreatik persegmen}) / (\text{Panjang keseluruhan sistem}) \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Hubungan tingkatan lorong gua dengan bentukan gua ditunjukkan dengan adanya perubahan lorong gua pada kondisi *freatik/epifreatik* menjadi *vadose*, perubahan ketinggian lorong yang terdapat pada lorong vertikal. Perubahan tingkatan akan membentuk perubahan pada kondisi lorong gua.

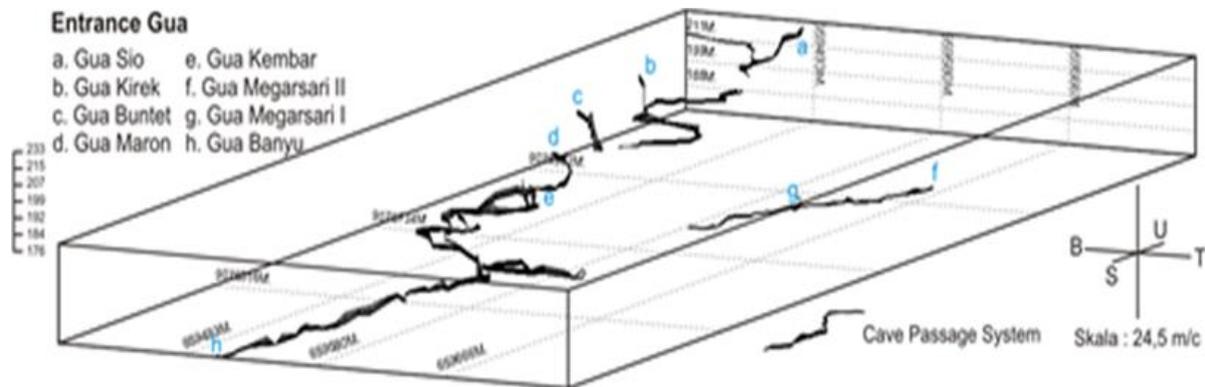
TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Temuan dan pembahasan akan difokuskan pada kenampakan morfologi gua dan dimensi lorong gua. Untuk lebih jelasnya akan diuraikan satu persatu sebagai berikut:

Morfologi Gua

Sistem aliran yang terdapat pada Gua Banyu merupakan bagian hilir dari sistem tersebut, di mana lorong-lorong gua yang berada di bagian hulu (Gua Sio, Gua Kirek, Gua Buntet, Gua Maron, Gua Kembar, dan Gua Megarsari) mengarah pada aliran yang terdapat di Gua Banyu (Gambar 3). Mulut gua yang berada pada sistem Gua Banyu terletak pada lembahan yang mengarah ke Gua Banyu. Dilihat dari *planview* lorong gua memiliki pola menyiku dan berkelok-kelok pada Gua Sio, Gua Kirek, dan Gua Banyu. Pola berkelok terdapat di Gua Maron, Gua Kembar, Gua Megarsari, sedangkan pola lurus

terdapat di Gua Buntet. Kondisi lorong gua didapatkan berupa runtunan dan aliran bawah tanah. Pada Gua Sio, Gua Kirek, dan Gua Kembar didominasi adanya sistem aliran bawah tanah, dengan terdapatnya endapan lumpur yang menutupi atap dan dinding lorong gua, sedangkan Gua Megarsari, Gua Buntet, dan Gua Maron didominasi adanya runtunan batuan. Namun, saat terjadi hujan aliran permukaan akan masuk ke dalam lorong gua.

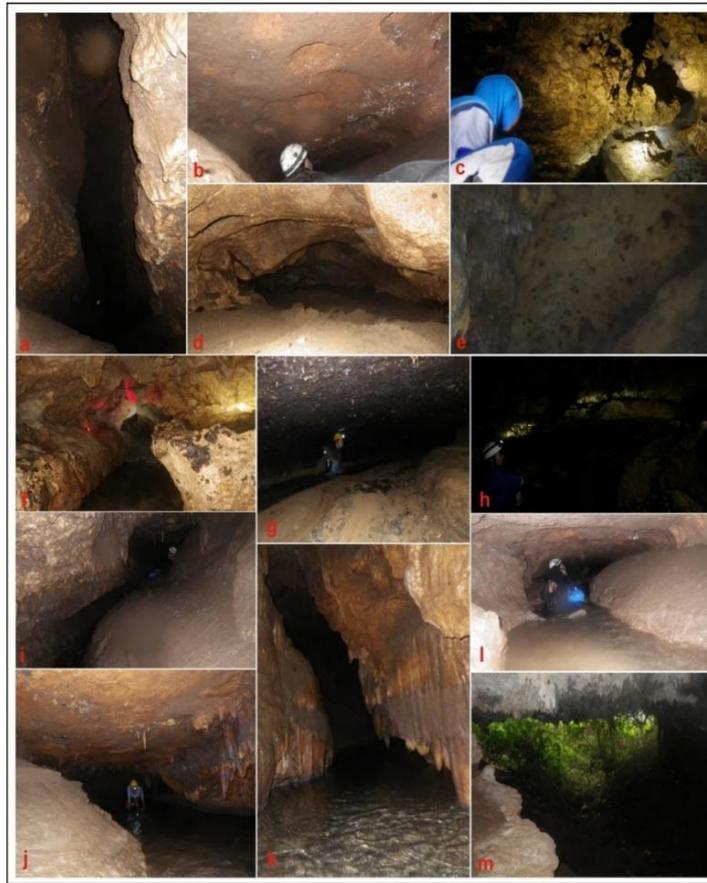


Gambar 3. Lokasi Gua Banyu dan Sekitarnya
(Sumber: Labib, 2016)

Karakteristik gua yang terdapat pada sistem ini yaitu terdapatnya *solution pocket* yang terdapat di Gua Sio (Gambar 4b), Gua Megarsari (Gambar 4d), dan Gua Banyu (Gambar 4e). Bentuk ini merupakan hasil dari proses sedimentasi lumpur dan adanya aliran bawah tanah yang menggerus atap gua. Bentuk akibat aliran bawah tanah yaitu *sollution notch* (Gambar 4a) pada Gua Sio yang menandakan adanya perubahan muka air tanah sehingga aliran bawah tanah tersebut mengalami penurunan dan menggerus dinding gua. Bentuk *meandering* (Gambar 4c) merupakan hasil sedimentasi dan adanya kekar yang menggerus atapa gua di Gua Megarsari.

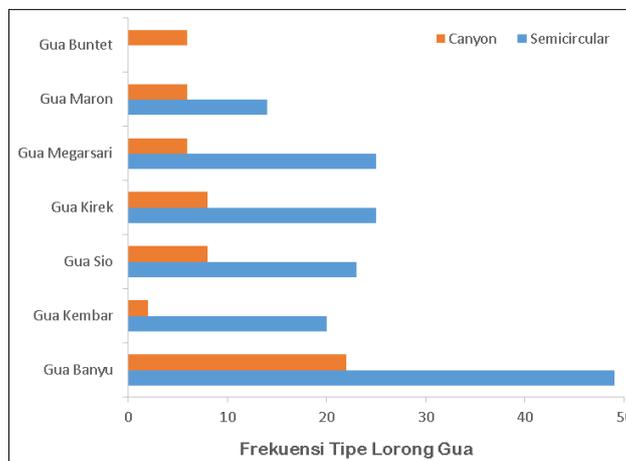
Bentukan makro yang terdapat di Gua Sio berupa *asymmetric elliptical* (Gambar 4l), *keyhole* (Gambar 4i), dan *canyon* (Gambar 4a). Bentuk *canyon* juga terdapat di Gua Kirek (Gambar 4k), Bentuk ini diakibatkan oleh proses struktural dengan adanya kekar, sedangkan bentuk *keyhole* juga terdapat di Gua Megarsari (Gambar 4f), bentuk ini diakibatkan adanya perubahan muka air tanah, sehingga aliran dalam gua mengalir secara vertikal. Bentuk *elliptical* terjadi pula di Gua Banyu (Gambar 4g), bentuk ini merupakan hasil dari adanya aliran bawah tanah yang menggerus dinding dan atap gua. Bentuk yang berasosiasi dengan runtunan berupa *rectangular*, bentuk ini berada di setiap sistem Gua Banyu. Bentuk ini terjadi karena adanya bidang perlapisan yang membentuk lorong gua. Pada Gambar 4 terlihat bentuk *rectangular* yang terdapat di Gua Kembar (Gambar 4m) dan Gua Megarsari (Gambar 4h) berasosiasi dengan adanya runtunan, sedangkan di Gua Kirek (Gambar 4j) terdapat lumpur dan aliran bawah tanah. Hal ini menandakan adanya perkembangan lorong gua yang diakibatkan oleh terjadinya kondisi fosil pada bidang perlapisan ataupun terdapatnya aliran bawah tanah.

Perkembangan gua di sistem Gua Banyu memiliki ruangan (*chambers*) yang memiliki lebar dan tinggi dibandingkan dengan lorong yang lain. Ruang yang memiliki dimensi besar terdapat di Gua Kembar, Gua Sio, dan Gua Maron. Perkembangan gua juga terkait dengan adanya lorong vertikal (*shaft*) yang terdapat pada Gua Buntet, Gua Megarsari, dan Gua Kirek. Pada Gua Buntet, lorong vertikal berkembang dalam 2 tingkatan, pada Gua Megarsari lorong vertikal berupa runtunan, sedangkan pada Gua Kirek terdapat pengaruh kekar yang memanjang pada lembahan. Hal ini menandakan keberadaan lorong vertikal tersebut akibat adanya proses struktural dan pengangkatan pada batu gamping.



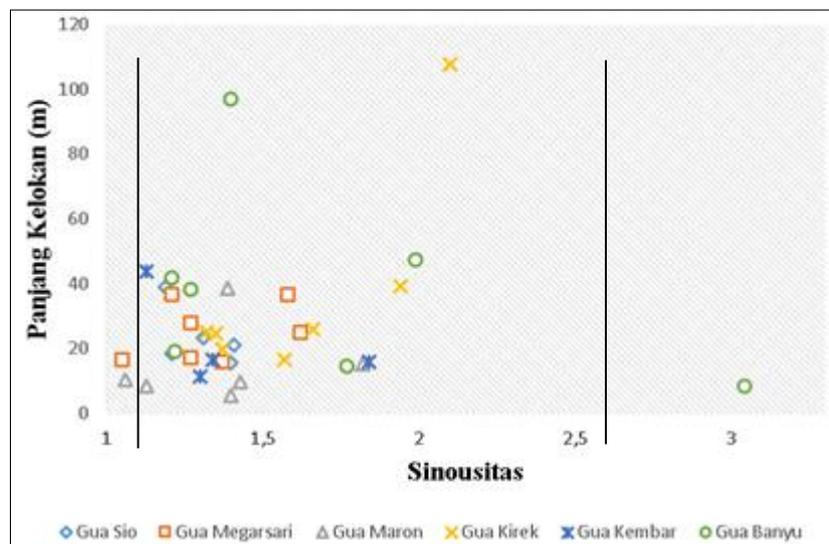
Gambar 4. Bentuk Mikro dan Makro Sistem Gua Banyu di Desa Kedungsalam
(Sumber: Dokumen Peneliti, 2021)

Aspek kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini antara lain tipe lorong, arah lorong, dan *sinousitas*. Tipe lorong gua diketahui dari data lapangan, dengan melakukan pengambilan data gua dari lebar (kanan dan kiri) dan atap gua, dan selanjutnya dilakukan pembagian antara kedua parameter tersebut. Dari perhitungan sebaran gua yang terdapat di sistem Gua Banyu, menunjukkan perkembangan lorong *semicircular* (Gambar 5). Adanya lorong *semicircular* menunjukkan lorong berkembang pada bidang perlapisan. Pola bentuk ini terdapat pada setiap lorong gua, kecuali di Gua Buntet, sedangkan bentuk *canyon* juga terdapat di lorong gua yang lainnya, namun tidak mendominasi. Bentuk *canyon* yang dominan berada di Gua Buntet, dengan adanya beberapa tingkatan lorong yang diakibatkan oleh proses pengangkatan.



Gambar 5. Pola lorong Gua
(Sumber: Hasil olahan data primer, 2021)

Selain pola bentuk lorong, aspek kuantitatif yang lain berupa kelengkungan. Tipe kelengkungan dapat dilihat dari peta *planview*. Dari peta tersebut, terlihat tipe yang dominan yaitu tipe lurus dan *meander* (Gambar. 6). Tipe lurus yang dominan terdapat Gua Buntet. Tipe *meander* dapat dilihat di Gua Kirek, Gua Maron, Gua Kembar, Gua Banyu, Gua Megarsari, dan Gua Sio. Perkembangan kelengkungan ini dapat terjadi pada setiap lorong gua, seperti yang terlihat di Gua Banyu yang memiliki 3 tipe, yaitu lurus, *meander*, dan sangat *meander*. Hal ini menandakan bahwa lorong Gua Banyu terbentuk dengan kompleks. Tipe lurus cenderung diakibatkan oleh adanya kekar, sedangkan *meander* mengikuti bidang perlapisan yang kontak dengan muka air tanah.

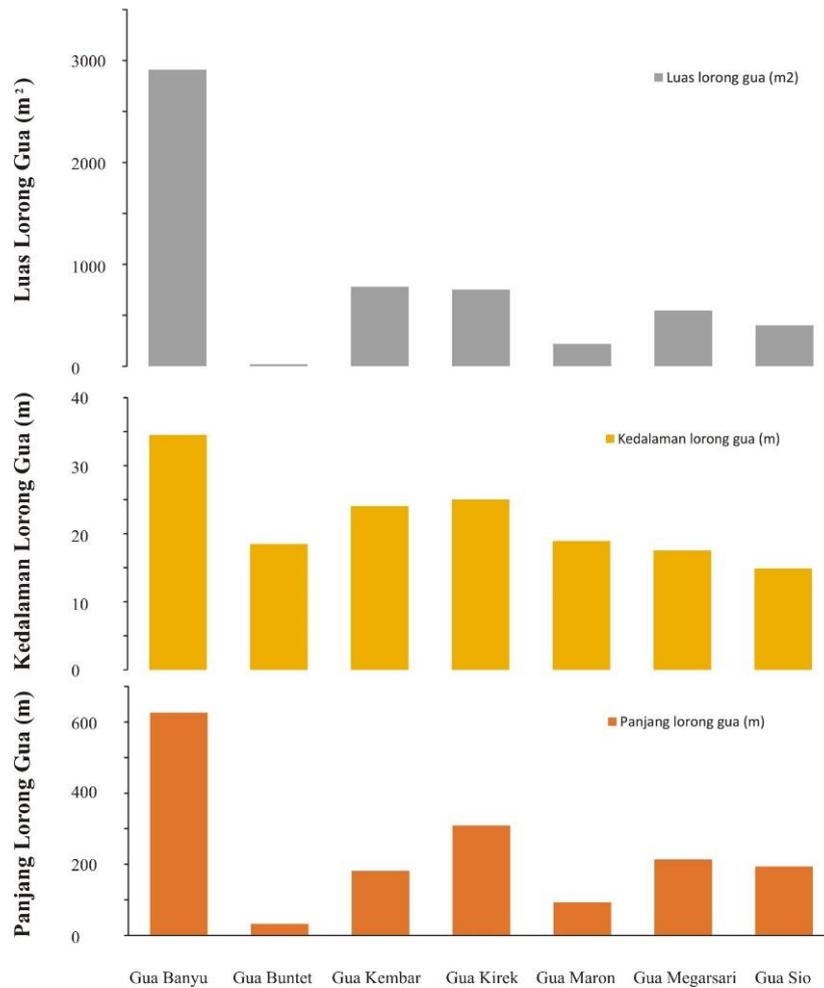


Gambar 6. Tipe Kelengkungan Gua
(Sumber: Hasil olahan data primer, 2021)

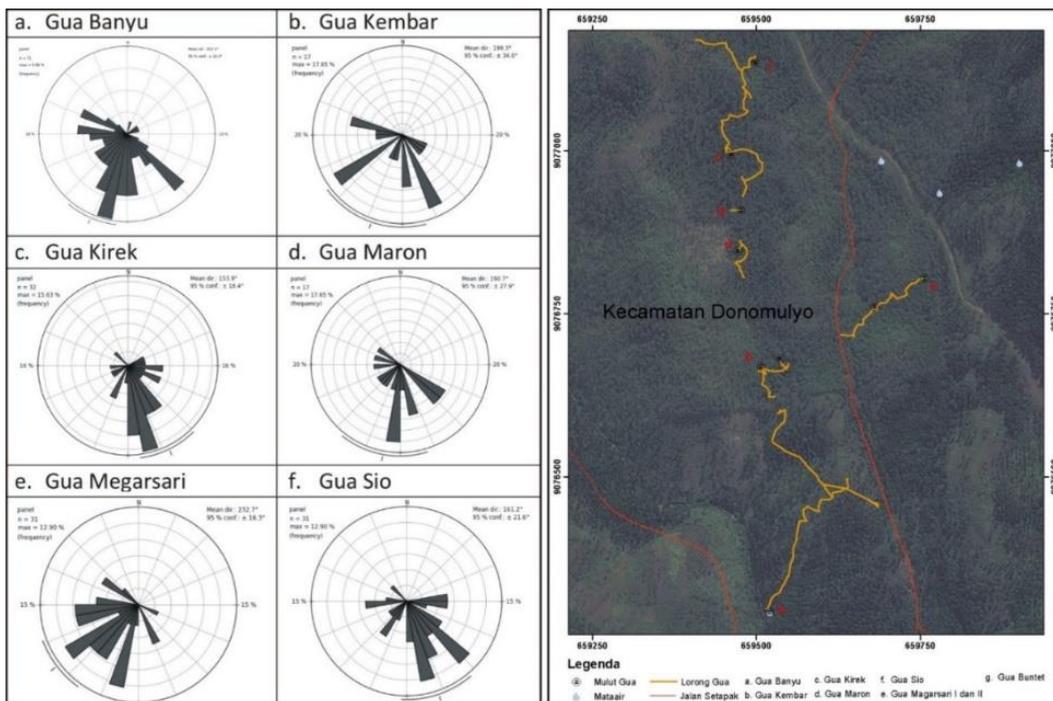
Aspek kuantitatif ditunjukkan dengan kecenderungan arah lorong gua. Data diambil dari arah lorong gua saat melakukan pemetaan gua. Hasilnya menunjukkan arah lorong gua mengarah ke Gua Banyu. Gua Kembar mengarah ke Gua Megarsari (barat daya – timur laut) dan Gua Banyu (barat laut – tenggara). Gua Kirek dan Gua Sio menunjukkan arah dominan yang sama yaitu arah barat laut – tenggara, Gua Maron menunjukkan arah perkembangan lorong ke utara – selatan menuju Gua Kembar, sedangkan Gua Megarsari menunjukkan arah barat daya – timur laut. Kenampakan arah tersebut juga sesuai dengan arah yang ditunjukkan di Gua Banyu yang didominasi arah barat daya - timur laut dan barat laut – tenggara. Hal ini menunjukkan, aliran yang terdapat pada masing-masing gua akan mengarah ke sistem Gua Banyu (Gambar 7).

Dimensi Lorong Gua

Lorong gua merupakan sebuah ruang alamiah yang dapat dimasuki oleh manusia. Dimensi lorong gua terkait dengan ukuran panjang, lebar, luas dan lainnya. Dimensi lorong gua merupakan aspek kuantitatif yang terdapat pada lorong gua. Hasil pemetaan gua merupakan nilai-nilai yang dapat dijadikan sebagai informasi terkait dimensi lorong gua. Dimensi panjang lorong gua memiliki lorong yang paling panjang berada di Gua Banyu dengan panjang lorong 625,85 m, Gua Kirek (309,04 m), dan Gua Sio (193,71 m). Ketiga lorong tersebut memiliki kesamaan adanya sungai bawah tanah, sedangkan Gua Maron (92,87 m) dan Gua Buntet (32 m) memiliki panjang lorong yang kecil. Pada dimensi kedalaman gua memiliki nilai yang hampir sama pada rentang 14-25 m, akan tetapi Gua Banyu memiliki perbedaan ketinggian antara titik paling rendah dan atas sebesar 34,52 m. Gua Banyu memiliki dimensi luasan lorong gua yang tinggi daripada gua yang lain dengan luasan sebesar 2.908,5 m dan Gua Buntet memiliki dimensi luas lorong yang rendah. Gambar 2 menunjukkan dimensi panjang, kedalaman, dan luas lorong gua.



Gambar 2. Dimensi Lorong Gua Banyu dan Sekitarnya
Sumber: Peneliti, 2021

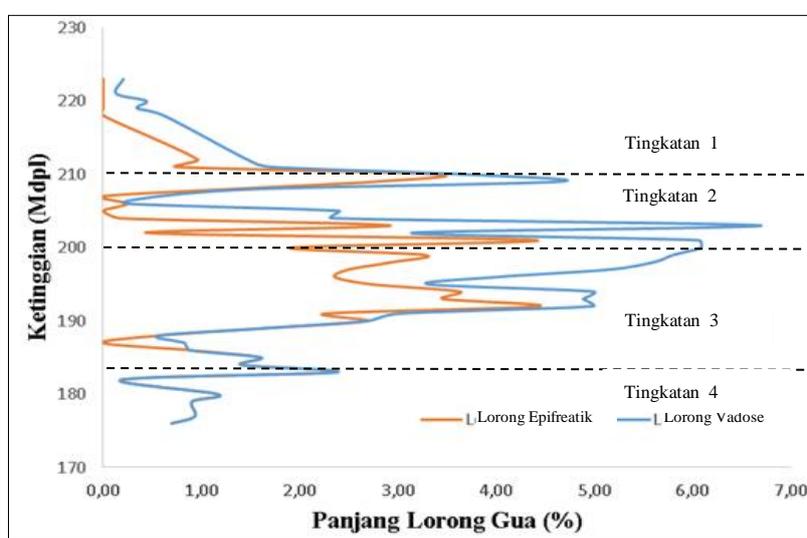


Gambar 7. Arah Lorong Gua
(Sumber: Hasil olahan data primer, 2021)

Gua Banyu dan sekitarnya membentuk sebuah sistem sungai bawah tanah dengan adanya keberadaan aliran bawah tanah dan hasil dari proses hidrologis berupa bentukan *sollutions pocket*, *sollutions notch*, dan *meander*. Dengan melihat pola gua yang ada pada Gambar 6 menunjukkan gua berkembang dengan pola *curvilinear branchwork* yang ditandai dengan perkembangan *doline* pada area permukaan gua, sebagai input dari sungai bawahtanah, serta lorong gua berkembang dikontrol oleh bidang perlapisan (Palmer, 1991; Palmer, 2003). Adanya input air dari *doline* saat hujan dan sungai bawahtanah menyebabkan gua tersebut berada pada kondisi epifreatik yang memiliki fluktuasi muka airtanah yang naik saat air tinggi dan turun saat kondisi kering (Audra & Palmer, 2013).

Tingkatan Lorong Gua

Gua memiliki bentuk lorong vertikal dan horizontal. Bentuk ini diakibatkan oleh beberapa proses yang membentuk lorong gua. Pada sistem perguaan, bentukan ini akan memiliki pola dalam proses pembentukannya. Pola tersebut dapat diketahui dari distribusi ketinggian dan distribusi panjang gua. Gambar 8 menunjukkan perkembangan lorong gua dilihat dari distribusi ketinggian dan panjang gua.



Gambar 8. Hubungan Ketinggian dan Panjang Gua
(Sumber: Hasil olahan data primer, 2021)

Hasil distribusi ketinggian dan panjang gua memiliki pola yang memanjang dan pola yang pendek. Pola yang memanjang merupakan akumulasi dari beberapa panjang lorong gua yang berkembang pada ketinggian yang sama, sedangkan pola yang pendek menunjukkan terjadi perubahan ketinggian pada keseluruhan lorong gua, sehingga tidak banyak panjang gua yang berada pada ketinggian tersebut. Kenampakan semacam ini dapat diidentifikasi dari lorong horizontal dan lorong vertikal. Lorong horizontal mewakili pola yang memanjang, sedangkan pola yang pendek diwakili oleh lorong vertikal yang terdapat di Gua Buntet dan Gua Banyu.

Selain terdapatnya lorong horizontal dan vertikal, variasi distribusi panjang lorong juga dapat digunakan untuk mengetahui kondisi lorong gua berupa *freatik*, *vadose*, dan *epifreatik*. Lorong *vadose* menunjukkan lorong yang berkembang pada lorong gua. Hal ini dikarenakan lorong gua di sepanjang sistem Gua Banyu sudah mengalami perubahan tipe lorong gua menjadi kondisi *vadose*, dengan adanya lorong fosil. Kondisi *freatik* ditunjukkan dengan adanya sistem aliran bawah tanah. Hal ini menandakan adanya perkembangan muka airtanah pada masa lampau, sedangkan lorong epifreatik merupakan lorong antara kondisi *vadose* dan *freatik*.

Pada Gambar 7 ditunjukkan distribusi lorong gua yang menyangkut kondisi *freatik*, *vadose*, dan *epifreatik*. Distribusi panjang lorong merupakan kondisi *vadose*, sedangkan distribusi kondisi *freatik* diambil pada sistem aliran bawah tanah. Pada distribusi itu terlihat bahwa terdapat perbedaan distribusi antara kondisi *vadose* dan *freatik*, dimana tidak semua gua yang berada pada ketinggian yang sama

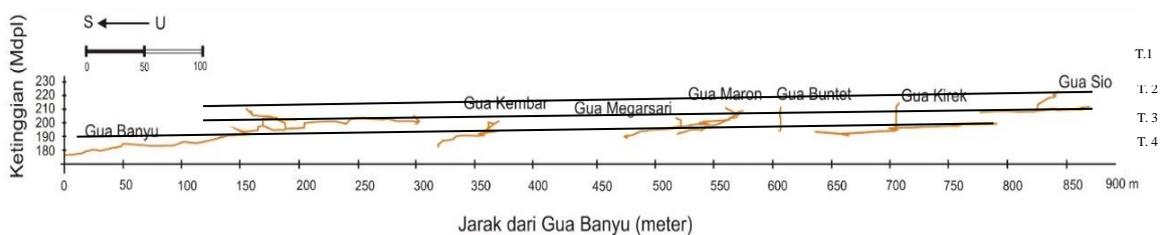
memiliki aliran bawah tanah, sedangkan kondisi *epifreatik* ditunjukkan dengan perubahan ketinggian muka airtanah saat terjadi hujan. Dengan demikian, kondisi *epifreatik* berada pada sepanjang kondisi *freatik*.

Perkembangan lorong gua juga ditunjukkan dengan adanya tingkatan lorong gua. Tingkatan ini dilihat dari distribusi panjang lorong horizontal yang menandakan adanya tingkatan gua yang sama. Tingkatan pertama terletak di Gua Sio dengan ditandai adanya lorong horizontal di Gua Sio. Selanjutnya, terdapat *shaft* yang terbentuk di Gua Buntet dan Gua Kirek yang mengakibatkan perubahan tingkatan lorong gua. Tingkatan kedua berada di Gua Kirek, Gua Buntet, Gua Maron, Gua Kembar, dan Gua Megarsari. Gua-Gua ini tidak mengalami perubahan ketinggian yang signifikan, sehingga distribusi lorong horizontal tidak memiliki selisih ketinggian yang besar. Tingkatan yang ketiga terletak di Gua Banyu dengan adanya lorong gua yang memiliki perbedaan ketinggian, namun perbedaan ini tidak terlalu besar.

Hubungan Tingkatan Lorong dengan Bentuk Gua

Perkembangan tingkatan lorong di sistem Gua Banyu memiliki pola yang sama dengan adanya proses pengangkatan. Proses yang menyebabkan adanya tingkatan ini akan membentuk bentuk gua dengan bentuk yang memiliki pola sama baik *canyon* atau *semicircular*, lurus atau *meander*, dan arah bentuk yang sama. Selain itu, bentuk pada tiap lorong dapat memiliki bentuk yang sama. Dari hasil Peta *Planview* menunjukkan setiap tingkatan gua (1, 2, 3, dan 4) memiliki perkembangan *meander*. Hal ini menjelaskan bahwa, tingkatan gua tersebut berada pada muka air tanah pada tiap-tiap tingkatan, sehingga pengikisan batuan terjadi secara lateral, mengikuti bidang perlapisan batuan. Selain itu, pada masing-masing tingkatan ditandai dengan adanya kekar dengan adanya lorong lurus. Arah perkembangan lorong gua juga menunjukkan perkembangan ke arah selatan. Hal ini sesuai dengan apa yang dinyatakan Sjarifudin & Hamidi (1992) yang menyatakan perkembangan Formasi Wonosari mengarah ke selatan (Gambar 9) akibat dari proses tektonik dengan kemiringan sudut 10° .

Pada perkembangannya, tingkatan lorong gua memberikan karakteristik bentuk gua. Karakteristik tersebut terlihat dengan adanya bentuk *sollutions pocket* yang terdapat pada masing-masing tingkatan. Tingkatan 1 terdapat di Gua Sio, tingkatan 2 terletak di sungai bawah tanah Gua Sio dan munculnya mulut gua yang lain, tingkatan 3 terletak pada perkembangan lorong gua yang lain, dan tingkatan 4 terlihat pada tersingkapnya Gua Banyu ke permukaan. Karakteristik yang lainnya yaitu terdapatnya bentuk *meandering* pada Gua Megarsari pada tingkatan 3 dan *sollutions notch* di Gua Sio pada tingkatan 2. Adanya jejak bentuk tersebut merupakan hasil dari perubahan muka airtanah yang melarutkan batuan gamping, baik pada atap maupun dinding gua.



Gambar 9. Hubungan Ketinggian Penampang Lorong Gua
(Sumber: Hasil olahan data primer, 2021)

Selain bentuk mikro, perkembangan tingkatan lorong gua, ditunjukkan dengan terdapatnya bentuk *makro* dengan adanya bentuk *elliptical* pada Gua Sio pada tingkatan 2 dan Gua Banyu pada tingkatan 4, yang merupakan hasil bentuk aliran bawah tanah, sedangkan pada tingkatan 3 berkembang lorong gua akibat pengangkatan yaitu Gua Buntet dan Gua Kirek, serta adanya proses struktural berupa adanya kekar yang membentuk lorong *canyon* dan *shaft*. Pada tingkatan 3 ini pula terdapat banyak runtuh batuan akibat proses tersebut. Keberadaan tingkatan lorong gua ini dapat dijadikan sebagai indikasi pengangkatan masa lampau. Tingkatan tersebut harus diidentifikasi secara keseluruhan dengan kondisi permukaan. Seperti halnya kenampakan teras marin di Karst Gunung Sewu yang memiliki tiga tingkatan teras marin utama yang mudah dikenali dari citra satelit (Haryono & Suratman, 2010) dan pada sisi timur Teluk Pacitan yang memiliki 5 teras marin utama (Tjje, 2013),

selain itu di Semenanjung Blambangan memiliki 3 teras dengan melihat kondisi morfologi daerah tersebut (Haryono, 2013)

SIMPULAN

Kenampakan morfologi Gua Banyu dan sekitarnya didominasi perkembangan *semicircular*, yang diikuti perkembangan runtuh maupun *canyon*. Sedangkan perkembangan tingkatan lorong gua yang Gua Banyu memiliki empat tingkatan yang terdapat di *chamber* Gua Sio (tingkatan pertama). Keberadaan sungai bawah tanah Gua Sio, munculnya mulut gua yang lain (Gua Kirek, Gua Maron, dan Gua Megarsari) berada pada tingkatan kedua. Pada tingkatan ketiga lorong gua Gua Kirek, Gua Maron, Gua Megarsari, dan Gua Banyu telah berkembang, sedangkan mulut Gua Banyu terlihat pada tingkatan keempat. Indikasi adanya keberadaan tingkatan tersebut yaitu terdapatnya *sollutions pocket* pada Gua Sio, Gua Megarsari, dan Gua Banyu. Adanya *sollutions notch* pada Gua Sio dan bentukan *meandering* pada Gua Megarsari menandakan terjadi pelarutan pada batuan gamping. Perkembangan lorong juga ditandai dengan adanya *meander* akibat adanya kontak dengan muka air tanah yang menandakan lorong di Gua Sio, Kirek, dan Banyu pernah berada dalam kondisi *freatik* dan *epifreatik*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada IMPALA Universitas Brawijaya dan MPA Jonggring Salaka Universitas Negeri Malang untuk sumber data berupa pemetaan gua dan pengumpulan data saat di lapangan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Audra, P., & Palmer, A. (2013). The Vertical Dimension of Karst: Controls of Vertical Cave Pattern. In J. Shroder, & A. Frumkin, *Treatise on Geomorphology* (pp. Vol. 6, Karst Geomorphology, pp. 186–206). San Diego, CA: Academic Press.
- Ballesteros, D., Garcí'a-Sansegundo, M. J., & Giralt, S. (2011). Geological Methods Applied To Speleogenetical Research In Vertical Caves: The Example of Torca Teyera Shaft (Picos De Europa, Northern Spain). *Springer-Verlag*.
- Bogli, A. (1980). Karst Hidrology and Phycical Speleology. Berlin Heidelberg New York. *Springer-Verlag*.
- Ford, D., & Williams, P. (2007). *Karst Hydrogeology and Geomophology*. England: British library.
- Haryono, E. (2013). Uplift Evidence From karst Morphology: Preliminary Evidence from Blambangan Peninsula Karst, Indonesia.
- Haryono, E., & Adji, T. N. (2004). *Geomorfologi dan Hidrologi Karst: Bahan Ajar*. Yogyakarta: Kelompok Studi Karst, Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada.
- Haryono, E., & Suratman. (2010). Significant features of Gunung Sewu Karst as Geopark Site. *4th International UNESCO Conference on Geopark*.
- Iguzquiza, E. P., Valsero, J. J., & Galiano, V. R. (2011). Morphometric Analysis of Three-Dimensional Networks of Karst Conduits. *Geomorphology*, 132(1-2) 17-28.
- Impala. (2013). Studi Potensi Kawasan Karst Inventarisasi dan Pendataan Ponor, Mata Air, dan Telaga/Danau Karst Serta Pemetaan Fauna Gua dan Studi Masyarakat di Desa Kedungsalam, Kecamatan Donomulyo, Kabupaten Malang. Malang: Universitas Brawijaya.
- Indayani, N., & Dewi, S. (2018). Strategi Pengembangan Objek Wisata Gua Batu Cermin Ditinjau dari Aspek Lingkungan Geografis di Kecamatan Komodo Kabupaten Manggarai Barat. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 2(1), 22-28.
- Ko, R. K. (1997). *Introduksi Karstologi dan Speleologi*. Himpunan Kegiatan Speleologi Indonesia (HIKESPI) Tidak diterbitkan.

- Labib, M. A. (2016). *Speleogeomorfologi Karst di Kecamatan Donomulyo Kabupaten Malang*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Labib, M. A., Suprianto, A., Fitriani, D., Sahrina, A., Hidayat, K., & Irianto, P. A. (2020). Morfometri dan Tipologi Lorong Gua di Kabupaten Malang. *Media Komunikasi Geografi*, 21(1), 52-62.
- Mijiarto, J., Basuni, S., & Sunarminto, T. (2014). Nilai ekonomi jasa lingkungan Kawasan Karst Gua Gudawang. *Media Konservasi*, 19(3).
- Palmer, A. N. (1991). Origin and Morphology of Limestone Caves. *Geological Society of America Bulletin*, v.103 p 1-21.
- Palmer, A. N. (2003). Speleogenesis in Carbonate Rocks. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*.
- Piccini, L. (2011). Recent Developments on Morphometric Analysis of Karst Caves. *Acta Carsologica*, 40/1, 43–52.
- Salaka, M. J. (2018). *Eksplorasi Kawasan Karst Sendang Biru*. Yogyakarta: CV Kosmojoyo Press.
- Samodra, H. (2001). *Nilai Strategis Kawasan Karst di Indonesia*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Sjarifudin, M. Z., & Hamidi, S. (1992). *Geologi Lembar Blitar, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Suprianto, A., Prasetyono, D., Hardianto, A., Labib, M. A., Efendi, S., Hidayat, K., . . . Ahmad, A. A. (2017). Identifikasi Hubungan Kelurusan dan Pola Lorong Gua Karst di Kecamatan Sumbermanjing Weta Kabupaten Malang. *Prosiding Seminar Prosiding Seminar*.
- Tjia, H. D. (2013). Morphostructural Development of Gunungsewu Karst, Jawa Island. *Indonesian Journal of Geology*, Vol. 8 No. 2 .