

## Karakteristik Lorong Vertikal Dan Chambers Gua Karst Kabupaten Malang

Mohammad Ainul Labib<sup>1</sup>, Dwi Fitriani<sup>1</sup>, Agung Suprianto<sup>1,2</sup>, Alfi Sahrina<sup>3</sup>, Syaiful Effendi<sup>1</sup>, Khoirul Hidayat<sup>1</sup>, Prasetyo Adi Irianto<sup>1</sup>, Andika Aulya<sup>1</sup>, Ayu Romadhoni<sup>1</sup>, dan Joko Agus Triyono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MPA Jonggring Salaka, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Pendidikan Geografi Universitas Kanjuruhan Malang, Malang, Indonesia

<sup>3</sup>Jurusan Pendidikan Geografi Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

\*E-mail: Labib@mail.ugm.ac.id

Received: 20 02 2020 / Accepted: 02 06 2020 / Published online: 25 07 2020

### ABSTRAK

Gua merupakan ruang alamiah yang dapat dimasuki oleh manusia. Gua memiliki kenampakan berupa lorong vertikal, horizontal, maupun kedua lorong tersebut. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pola yang terbentuk dari lorong vertikal dan ruangan dari gua-gua karst di Kabupaten Malang. Metode yang digunakan yaitu survei lapangan dan analisis data sekunder. Pengukuran dan dokumentasi digunakan untuk mengetahui gambaran dari gua tersebut dilihat dari peta. Hasil kajian menunjukkan kedalaman lorong vertikal di Kabupaten Malang bervariasi berkisar antara 4,33 - 33,77 m, berupa *singlepits* maupun *multi pits*. Selain itu, lorong vertikal di Kabupaten Malang memiliki beberapa tipe yaitu, *shaft* dengan *single* atau *multi pits*, *chimney*, dan *canyon*. Kondisi lorong vertikal di Kabupaten Malang diakibatkan oleh proses pengangkatan yang terjadi pada masa lampau dan diikuti dengan perubahan muka air tanah yang ada di daerah tersebut. Pada bentukan *chamber* di masing-masing gua, menunjukkan ceruk memiliki persentase *chamber* yang tinggi, mengingat lorong yang terbentuk memiliki panjang lorong yang pendek. Sistem lorong gua yang membentuk volume *chamber* yang besar terlihat adanya runtuh dan pertemuan sungai bawah tanah. Pada kondisi lorong vertikal memiliki nilai volume *chamber* yang kecil. Proses terbentuknya *chamber* pada wilayah kajian berada pada kondisi vadose dan epifreatik, kondisi ini terjadi dari beberapa proses yang terjadi di dalam gua, baik proses struktural, hidrologis, maupun runtuh yang hingga saat ini masih terjadi. Terjadinya runtuh gua mengakibatkan adanya *subsidence* yang menyebabkan tereksposnya lorong gua ke permukaan.

**Kata Kunci:** Gua, Lorong Vertikal, *Chamber*

### ABSTRACT

*The cave is a natural space that can be entered by humans. The cave has an appearance in the form of a vertical, horizontal, and both passage. This study aim to find out the patterns formed from vertical passage and chambers of karst caves in Malang Regency. The method used is the field survey and secondary data analysis. Measurements and documentations are used to find out the description of the cave seen from the map. The results of this study indicate the depth of the vertical passage in Malang Regency varies in the range of 4.33-33.77 m, in the form of single pits and multi pits. Besides, the*

*vertical passage in Malang Regency has several types, namely shafts with single or multi pits, chimneys, and canyons. The condition of the vertical passageways in the Malang Regency was caused by the lifting process that occurred in the past and was followed by changes in groundwater levels in the area. In the formation of chambers in each cave, shows the niche has a high percentage of chambers, considering that the passage formed has a short length of the hall. The cave tunnel system that forms a large volume chamber shows the collapse and confluence of underground rivers. Whereas in the condition of the vertical passage it has a small chamber volume value. The process of chamber formation in the study area is in vadose and epi phreatic conditions, this condition occurs from several processes that occur in the cave, both structural, hydrological, and collapsing processes that still occur today. The collapse of the cave resulted in subsidence which caused the exposure of the cave passage to the surface.*

**Keywords:** Cave, Vertical Passage, Chambers

## PENDAHULUAN

Penelusuran gua dapat dilakukan apabila lorong gua dapat dimasuki oleh manusia (Sweeting, 1972). Hal ini menjadikan gua memiliki batas untuk dapat dilakukannya penelusuran gua. Lorong gua memiliki dimensi yang berbeda-beda untuk dapat ditelusuri oleh seorang penelusur gua (*caver*). Terdapat dimensi lorong yang sempit maupun lebar untuk dimasuki oleh beberapa orang. Lorong gua yang memiliki dimensi besar, lorong tersebut dapat disebut sebagai ruangan (*chambers*) (Monroe, 1970). Keberadaan *chamber* di sini bukan pada seberapa besar lebar ruangan yang terbentuk, umumnya *chamber* yang besar sampai puluhan atau ratusan meter lebar dan tinggi atap guanya. Keberadaan *chamber* yang dimaksud dapat dijadikan penelusur gua untuk beristirahat atau berkumpul saat melakukan kegiatan penelusuran gua. Selain kondisi lorong gua berupa *chamber* pada lorong horizontal, juga terdapat lorong vertikal yang identik dengan bentukan karst, kondisi tersebut bisa saling terkait antar lorong gua. Lorong vertikal membutuhkan alat dan keterampilan khusus dalam menelusurinya.

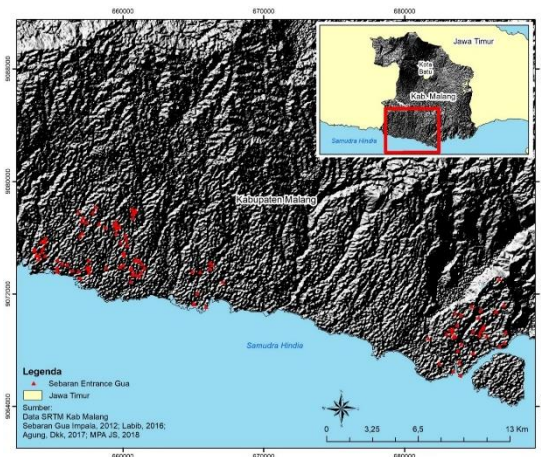
Penggiat alam, pencinta alam, atau komunitas yang berhubungan dengan gua

menggunakan aplikasi khusus berupa pemetaan gua. Pemetaan ini dilakukan dengan beberapa metode dengan disesuaikan kondisi yang ada (Laksamana, 2005; Haryono dan Labib, 2016). Hasil pemetaan itu sendiri menghasilkan nilai-nilai terkait dengan pengukuran di lapangan, yang selanjutnya diinterpretasi pada sebuah gambar atau peta berupa 2 dimensi atau 3 dimensi. Peta yang telah dihasilkan tersebut merekam kondisi gua yang ada pada saat itu, dimana dengan peta tersebut dapat memberikan informasi bagi penggiat alam yang lain dalam melakukan aktivitas di dalam gua tersebut.

Kabupaten Malang memiliki bentangalam karst yang berada di bagian selatan. Dimana telah ditemukan beberapa gua, sejauh ini sebanyak 118 *entrance* gua yang telah di data (Impala 2012, Labib 2016, Fauzi Dkk., 2015, Suprianto Dkk., 2017; MPA Jonggring Salaka, 2018) dan gua telah dipetakan sebanyak 48 peta gua. Gua-gua tersebut memiliki ruangan dan lorong vertikal yang dapat dimasuki oleh manusia. Hasil 48 gua tersebut, diidentifikasi dengan melihat peta *planview* dan *extended* atau profil gua, didapatkan ada sekitar 21 gua yang memiliki lorong vertikal dengan rincian 13 gua berada di Kecamatan Donomulyo

dan 8 gua berada di Kecamatan Sumbermanjing Wetan (Gambar 1).

Keberadaan ruangan dan lorong vertikal tersebut, memiliki kondisi yang berbeda-beda. Mengingat lorong gua yang terbentuk dapat memiliki *chamber* maupun tidak adanya *chamber*, apabila gua yang terbentuk hanya berupa lorong vertikal, lorong yang sempit dengan merayap, ataupun hanya sesuai dengan duduk, maka mekanisme terbentuknya ruangan besar akan sulit terjadi. Namun, kondisi tersebut memiliki fungsi yang sama sebagai penghubung antara aliran permukaan ke sungai bawah tanah. Kajian ini terkait pada pola atau bentuk yang menjadi penciri ruangan dan lorong vertikal di Kabupaten Malang.



Gambar 1. Lokasi Kajian

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan survei lapangan dengan melakukan pengukuran dan dokumentasi di lapangan. Mulut gua yang terdata saat ini sebesar 118 gua. Sampel yang diambil sebesar 48 gua yang telah dipetakan, dan 21 gua berupa lorong vertikal. Penelitian ini dilakukan dari tahun 2015-2018 dan ditambahkan data-data sekunder (Impala, 2012). Pengukuran dilakukan dengan mengambil data kemiringan, panjang lorong, lebar gua, dan tinggi atap gua, sesuai dengan panduan dan *checklist*

pemetaan gua (Laksamana, 2005; Haryono dan Labib, 2016). Pengambilan data menggunakan beberapa peralatan berupa *rollmeter*/laser meter, klinometer, kompas, dan alat tulis. Setelah itu dilakukan penggambaran peta lorong vertikal gua dengan menggunakan *software survex* dan *corel draw*.

Identifikasi peta gua yang ada mengenai bentukan lorong vertikal (Baron, 2002) yang ada dan melakukan perhitungan kedalaman lorong vertikal tersebut, yang didapat dari hasil pemetaan gua. Selanjutnya memberikan pola yang terbentuk dari lorong vertikal tersebut. Hasil pemetaan gua juga digunakan untuk mengetahui kondisi *chambers* pada gua-gua di daerah kajian (Frumkin and Fischhendler, 2004), dengan menghitung luas gua dengan menggunakan aplikasi *compass* selanjutnya luas gua dibagi dengan panjang lorong gua untuk mendapatkan lebar rata-rata (MW). Untuk mengetahui L/W dengan menghitung panjang lorong gua dibagi dengan lebar rata-rata gua tersebut. Gua yang digunakan dalam analisis ini, semua gua yang telah dipetakan sebelumnya, yang disajikan untuk membuat grafik yang terdiri dari gua dengan kondisi curvilinear, sumuran, linier, dan ceruk dengan panjang lorong gua dari 10 m sampai beberapa meter. Selain itu, untuk mengetahui dimensi luasan dan volume *chamber* diambil beberapa *chamber* pada masing-masing gua untuk mengetahui gua yang memiliki dimensi *chamber* yang besar

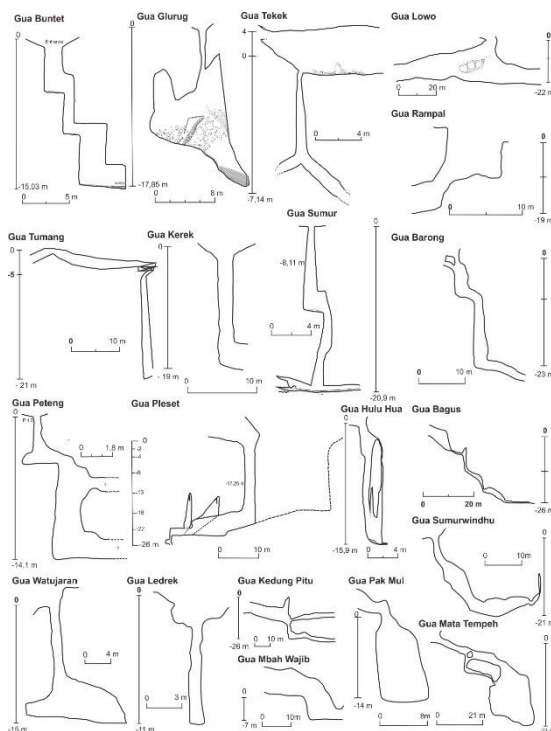
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Morfologi Lorong Vertikal

Penelusuran gua telah banyak dilakukan oleh penggiat alam atau peneliti tentang gua. Hasil dari penelusuran gua dapat berupa deskripsi mengenai gua, dan berupa peta gua. Dalam membuat peta gua, tentunya membutuhkan peralatan, keterampilan, dan waktu untuk

memetakan gua daripada hanya melakukan eksplorasi terhadap gua. Selain itu, dalam membuat peta gua juga masih melalui proses pengolahan data yang membutuhkan waktu dalam penyelesaiannya.

Identifikasi peta gua dapat dilakukan dengan melihat *planview*, *extended/profile* gua (Gambar 2), atau penampang melintang gua. Identifikasi ini melihat keberagaman pola yang membentuk lorong gua hingga saat ini. Salah satu kenampakan yang khas pada gua yaitu adanya lorong vertikal. Pemetaan lorong vertikal tentunya membutuhkan keterampilan khusus untuk melakukan penelusuran gua tersebut.



Gambar 2. Pola Lorong Vertikal di Kabupaten Malang

Lorong vertikal banyak terdapat di gua-gua Kabupaten Malang. Pada Gambar 3 merupakan lorong vertikal yang berada di Kabupaten Malang. Lorong-lorong tersebut, memiliki kedalaman yang berbeda-beda dan memiliki karakteristik masing-masing.

Dari peta yang dihasilkan tersebut, dapat diidentifikasi berupa:

1. Lorong vertikal terbentuk pada satu lorong tunggal seperti sumuran yang tidak terhubung dengan lorong yang lainnya, dimana lorong vertikal tersebut berupa *entrance* (Gambar 3b dan 3f). Hal ini seperti di Gua Buntet, Gua Glurug, Gua Sumur, Gua Sumuran, Gua Ledrek, Gua Watujaran, dan Gua Sumurwindhu.
2. Lorong vertikal berada pada sepanjang lorong gua, di mana lorong ini tidak berkembang pada *entrance* gua (Gambar 3c dan 3e). Untuk itu perlu untuk berhati-hati dalam menelusuri lorong gua tersebut. Kondisi seperti ini terjadi di Gua Tumang, Gua Kedung Pitu, dan Gua Mata Tempeh.
3. Lorong vertikal banyak berasosiasi dengan adanya runtuh atap dan dinding batuan. Kondisi ini terjadi karena lorong gua tersebut berada pada kondisi vadose yang perkembangan lorongnya lebih dominan proses runtuh. Kondisi ini banyak terdapat di gua-gua karst Kabupaten Malang yang berasosiasi dengan *chamber* seperti di Gua Glurug, Gua Mata Tempeh, Gua Pak Mul, Gua Batu Jaran, dan Gua Lowo.
4. Lorong vertikal menjadi penghubung dengan sungai bawah tanah, hal ini menandakan adanya keterhubungan lorong gua dengan sistem utama dari sistem perguaan. Kondisi ini terjadi di sistem Gua Bagus-Jebrot dan Gua Kirek.
5. Lorong vertikal membentuk beberapa *pits*/tingkat, di mana terdapat lorong horizontal pada ujung lorong vertikal pertama, dan kembali terhubung dengan lorong vertikal pada *pits* yang kedua. Hal ini menandakan adanya tingkatan dan dimungkinkan ada

proses pengangkatan yang berbeda sehingga membentuk beberapa *pits*. Lorong horizontal tersebut dapat sebagai pembatas dari tingkatan gua tersebut. Pada kondisi yang terjadi di karst Kabupaten Malang, lorong horizontal terbentuk hanya beberapa meter saja, dan tidak memiliki lorong yang panjang. Kondisi ini terdapat di Gua Buntet, Gua Barong, Gua Mata Tempeh, Gua Sumur, dan Gua Peteng.

6. Lorong vertikal berasosiasi dengan *chamber* (ruangan) (Gambar 3a), kondisi *chamber* teridentifikasi dengan adanya ruangan yang dapat diisi oleh beberapa orang, atau memiliki perbendaan yang tinggi, dengan lorong yang lain pada gua tersebut. Kondisi ini seperti ini, terjadi di Gua Mata Tempeh, Gua Pak Mul, Gua Mbah Wajib, Gua Kedung Pitu, Gua Watu Jaran, Gua Pleset, Gua Glurug, Gua Rampal, dan Gua Lowo.
7. Lorong vertikal memiliki dimensi yang kecil, sehingga lorong vertikal ini sulit untuk dilewati. Hal ini terjadi di Gua Bagus, di mana untuk masuk ke lorong tersebut harus merayap terlebih dahulu, dan bertemu lorong vertikal, selanjutnya merayap kembali, untuk bertemu dengan sungai bawah tanahnya.
8. Lorong vertikal merupakan sebuah *avent*, dimana lorong vertikal ini membentuk sebuah *entrance*. Hal ini terjadi di Gua Lowo, keberadaan *avent* ini berada pada pertengahan lorong Gua Lowo, dan berasosiasi dengan *chamber* dan runtunan atap dan dinding batuan. Di Kabupaten Malang sendiri juga ada kondisi seperti ini, yaitu di Gua Coban Kecamatan Gedengan (Gambar 3d)



Gambar 3. Beberapa Lorong Vertikal di Karst Kabupaten Malang

Lorong vertikal juga identik dengan adanya kontrol struktural yang berkembang pada lorong gua. Kontrol ini mempengaruhi lorong yang membentuk lorong gua. Bentuk yang terjadi berupa adanya *canyon* (Gambar 4a). Bentuk ini terdapat di Gua Harta, keberadaan bentuk ini diawali dengan adanya *keyhole* (Gambar 4d) pada pertemuan lorong horizontal, setelah itu lorong gua semakin turun dan memiliki perbedaan elevasi dengan lorong di tingkat atasnya kurang lebih 8 meter. Kondisi ini juga terlihat di Gua Kedung Pitu dengan kondisi tingkat pertama didominasi dengan *chamber* dan runtunan pada tingkat kedua banyak terdapat *canyon* yang terhubung dengan sungai bawah tanah.

*Chimney* merupakan lorong yang lebih sempit dari *canyon*, umumnya penelusur gua bila memasuki lorong tersebut menggunakan teknik *chimney*, dimana lorong tersebut dimasuki dengan badan menyamping atau kaki dan tangan menyentuh pada dinding gua. Kondisi lorong seperti ini berada di Gua Harta dan Gua Pak Basnawi. Kontrol struktural dan perubahan muka air tanah memiliki peran penting dalam perkembangan lorong tersebut.

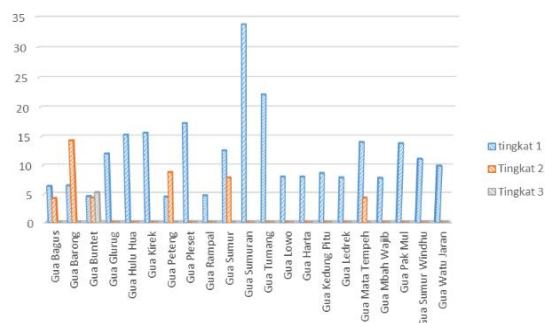
Kondisi lorong vertikal banyak berasosiasi dengan adanya runtunan batuan (Gambar 2) yang berkembang pada *chamber* gua, ataupun endapan sedimen berupa tanah liat dari permukaan (Gambar 2). Umumnya

lorong vertikal tersebut sebagai *entrance*. Selain itu, adanya aliran pada lorong vertikal akan membentuk sedimentasi berupa adanya *flowstone*.



Gambar 4. Kenampakan Lorong Pada Beberapa Gua

Gambar 2 dan 3 merupakan representasi dari kondisi lorong vertikal yang ada di Kabupaten Malang. Kondisi lorong vertikal yang beragam, diperlukan kehati-hatian dalam melakukan penelusuran gua. Selain itu, keberagaman lorong vertikal juga dapat dilihat dari nilai kedalaman lorong vertikal tersebut. Hasil pengukuran didapatkan bahwa terdapat lorong yang *single pits* ataupun *multipits*. Kedalaman lorong vertikal *single pits* yang paling dalam terdapat di Gua Sumuran dengan kedalaman kurang lebih 33,77 m dan *single pits* yang paling pendek terdapat di Gua Mbah Wajib 7,78 m. Kondisi lorong vertikal yang ada, terlihat ada beberapa tingkat (Gambar 5) dimana Gua Buntet terdapat 3 tingkat dengan lorong vertikal yang paling pendek sebesar 4,33 m.



Gambar 5. Kedalaman Lorong Vertikal di Kabupaten Malang

### Morfologi Chamber

Gua merupakan ruang alamiah yang dapat dimasuki oleh manusia. Ruang sebagai dimensi mempunyai peran untuk manusia dapat menelusuri lorong-lorong gua. Ruang dengan dimensi yang besar disebut dengan *chamber*. Bentuk dari *chamber* sendiri di wilayah kajian berupa memanjang dan melingkar tidak beraturan. Pada bentukan memanjang, *chamber* ini berada pada lorong utama yang memiliki dimensi yang lebih besar dari yang lainnya. Pada *chamber* yang melingkar tidak beraturan bentukan terjadi pada pertemuan antar lorong gua. Bentukan ruangan yang terjadi di daerah kajian, dapat terjadi, dengan melihat:

1. Peta *planview* gua yang membentuk pola ruangan, keberadaan ruang terlihat karena adanya pertemuan antara beberapa lorong gua yang membentuk ruang.
2. Suatu bagian lorong gua besar yang terdapat dalam suatu sistem penguasaan atau lorong gua yang terdiri atas banyak lorong sempit, kondisi ini banyak terdapat di daerah penelitian. Terjadi proses runtuh akibat adanya sirkulasi aktif dari air tanah. Proses ini membentuk kubah pada lorong gua serta membentuk mulut gua yang terhubung dengan permukaan apabila atap gua runtuh.
3. Pertemuan lorong vertikal dengan lorong horizontal. Adanya lorong vertikal akan membentuk ruang yang dapat di tempati oleh beberapa orang. Terjadi pelebaran pada dinding gua akibat adanya proses struktural yang membentuk lorong vertikal.
4. *Chamber* terbentuk pada *shaft* tunggal dimana tidak terdapat pertemuan dengan lorong horizontal.

Keberadaan *chamber* yang ada di karst Kabupaten Malang juga banyak dijumpai adanya runtuh atap atau dinding gua, adanya endapan lumpur,

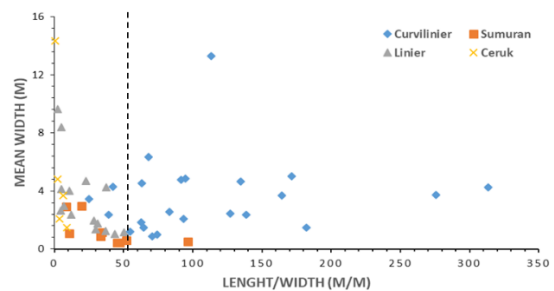
atau sungai bawah tanah (Gambar 6). Hal ini banyak dijumpai pada gua-gua yang berada kondisi tidak tertekan (*Unconfined*). Dimana keberadaan *chamber* banyak terdapat di daerah *vadose*, dengan kenampakan runtuh batuan dan endapan lumpur, sedangkan pada daerah epifreatik banyak terdapat pada kenampakan sungai bawah tanah, yang menyebabkan perubahan lebar lorong gua.



Gambar 6. Kenampakan *Chambers* di Karst Kabupaten Malang

Selain pengambilan kenampakan pada *chambers*, pemetaan juga dilakukan pada lorong-lorong kajian. Hasil peta yang disajikan memberikan kondisi yang ada di gua tersebut. Terdapat 4 kondisi yang diketahui yaitu, *curvilinear*, sumuran, linier, dan ceruk. Selanjutnya, dilakukan perhitungan terkait dengan rata-rata lebar gua, Gambar 7 menunjukkan adanya rata-rata lebar gua, dimana pola ceruk dan linier saling mengelompok dan nilai pada kondisi sumuran memiliki nilai di bawah rata-rata daripada kondisi yang lain. Terdapat nilai rata-rata lebar yang tinggi yang berada pada Gua *Noname 1*, dan pada kondisi linier terdapat gua Kulon Kuburan dan Gua Emas yang

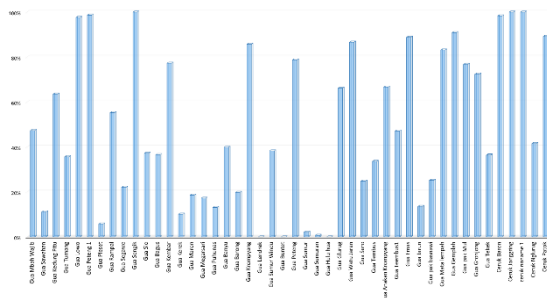
memiliki nilai tinggi. Nilai tinggi tersebut karena memiliki lebar *entrance* yang lebar daripada yang lain, selain itu lorong gua relatif pendek. Pada kondisi *curvilinear* juga terdapat lebar rata-rata yang tinggi yang terdapat di Gua Sengik. Gua ini memang memiliki dimensi lebar yang tinggi pada sebagian besar lorong gua tersebut. Perhitungan rasio panjang dan lebar rata-rata juga dilakukan untuk mengetahui pola *chamber* yang ada di karst Kabupaten Malang. Gambar 7 menunjukkan adanya pola-pola ceruk yang nilai *chamber*nya sangat kecil dari yang lain. Sedangkan, nilai kondisi linier dan sumuran memiliki nilai *chamber* yang hampir sama kurang lebih 50 m. Namun terdapat nilai yang lebih yaitu di Gua Sumuran dimana terdapat *chamber* sebagian lorong, serta Gua Buntet, dan Gua Suro yang berada pada nilai 50. Kondisi *curvilinear* juga terdapat nilai yang di bawah 50 yaitu Gua Peteng 1, Gua Kembar, dan Gua Maron. Gua Peteng 1 terkait dengan kondisi lorong yang terdapat vertikal, pada Gua Kembar dan Gua Maron memiliki *chamber* di dekat *entrance* gua, namun setelah itu lorong menyempit.



Gambar 7. Rata-Rata Lebar Ruang Lorong Gua di Kabupaten Malang

Secara keseluruhan, gua terbentuk dari ruang-ruang yang memiliki dimensi tersendiri, hal ini terlihat pada Gambar 8 yang menunjukkan dimensi *chamber* pada masing-masing gua. Keberadaan pada masing-masing gua dipisahkan dengan lorong yang lain, dan dihitung volume *chamber* tersebut. Selanjutnya volume

*chamber* dibagi dengan volume gua keseluruhan untuk mengetahui persentase dari *chamber* tersebut. Hasil yang didapatkan menunjukkan pada ceruk didominasi oleh *chamber* dengan persentase yang tinggi. Lorong gua yang memiliki sistem yang panjang dan banyak ditemui adanya runturan sungai bawah tanah memiliki banyak *chamber* dan volume *chamber* yang besar. Sedangkan pada kondisi lorong vertikal memiliki nilai volume *chamber* yang kecil.



Gambar 8. Persentase *Chamber* pada Masing-Masing Gua di Kabupaten Malang

### Karakteristik Lorong Vertikal dan Chamber

Bentangalam karst memiliki kondisi yang unik dengan adanya gua-gua yang berkembang sebagai penghubung antara permukaan dan sungai bawah tanah di bawah permukaan. Aliran air permukaan melalui rekahan ataupun gua yang akan masuk ke dalam gua dan bertemu dengan sistem utama berupa sungai bawahan. Pada kondisi lorong vertikal, aliran air akan masuk dengan cepat, dan dapat membentuk terjunan. Pada kondisi dimana aliran tenang dan berasal dari tetesan rekahan pada atap atau dinding gua akan membentuk ornament atau *flowstone* pada dinding lorong vertikal tersebut.

Secara keseluruhan di Kabupaten Malang bagian selatan di dominasi oleh batu gamping, dimana batuan tersebut berasal dari proses pengangkatan pada masa lampau (Suyanto Dkk, 1992) yang terjadi dalam beberapa kali periode

pengangkatan. Kondisi ini menjadikan Kabupaten Malang berpotensi dengan adanya gua-gua yang memiliki perbedaan elevasi karena adanya proses pengangkatan yang berbeda-beda.

Lorong gua horizontal pada satuan elevasi yang sama manandakan adanya tingkatan yang sama dimana sungai bawah tanah berkembang pada bidang perlapisan tersebut. Begitu pula dengan terbentuknya lorong vertikal, dapat terjadi karena adanya perubahan muka air tanah akibat pengangkatan batu gamping pada wilayah tersebut. Hal ini dengan ditandai adanya endapan-endapan berupa ornament gua berupa *flowstone*.

Hasil identifikasi dari 21 gua yang didapat dan memiliki lorong vertikal, dapat dikarakteristikan menjadi beberapa tipe yaitu:

1. *Shaft* umumnya disebut sebagai lorong vertikal yang memiliki kemiringan hampir 90°. *Shaft* dapat terbentuk sebagai *entrance* akibat adanya *collapse*, karena adanya pelarutan yang intensif pada lorong gua akibat pengangkatan. Selain itu *shaft* juga berasosiasi dengan lorong horizontal. Adapun di Kabupaten Malang ada 2 tipe *shaft* yaitu *Shaft* tunggal dan *Shaft* multipits. *Shaft* tunggal berupa lorong vertikal tunggal dapat terjadi sebagai *entrance* gua ataupun pada perubahan dari lorong horizontal ke lorong vertikal. *Shaft multipits* ditandai dengan adanya sisipan dari lorong horizontal yang dapat diakibatkan karena adanya pengangkatan yang masif sehingga lorong horizontal hanya terbentuk beberapa meter saja atau adanya diselingi adanya lorong horizontal yang panjang pada bidang perlapisan dan selanjutnya terjadi lorong vertikal kembali pada ujung lorong horizontal tersebut, begitu seterusnya.
2. *Chimney* merupakan kondisi lorong yang sulit untuk ditelusuri mengingat



dimensi lorong vertikal yang sangat sempit. Kondisi lorong berkembang pada bidang rekahan yang dapat berkembang sampai beberapa meter, dan selanjutnya akan bertemu pada lorong yang lebih besar.

3. *Canyon* memiliki dimensi lebar yang lebih besar dari *chimney*, dimana lorong tersebut dapat dilalui dengan mudah. Kondisi ini dipengaruhi oleh perubahan muka air tanah, sehingga terjadi perubahan konsentrasi pelarutan batuan dari bidang datar ke bidang vertikal sehingga lorong-lorong yang terbentuk akan memiliki tinggi atap yang lebih besar dari lebarnya.

Ruang atau lorong di dalam gua memiliki proses dan interaksi yang panjang, dalam membentuk lorong gua. Interaksi yang terbentuk bisa terjadi akibat proses struktural, runtuh, maupun hidrologis. Adanya lorong vertikal dapat dihipotesiskan adanya kontrol struktural, disamping harus pemetaan geologi dan *fracture* di sekitar area gua (Ballesteros Dkk, 2011). Proses struktural berpengaruh pada bentuk lorong gua yang diakibatkan adanya bidang perlapisan. Lorong gua membentuk ruang dalam bidang perlapisan tersebut, semakin lama ruangan yang ada dalam gua akan melebar akibat dari hidrologis maupun runtuh.

Proses pengeringan dan pembasahan di daerah karst akan berpengaruh pada kestabilan batuan yang dapat mengakibatkan runtuh (Xu Dkk, 2017). Hal ini terlihat pada gua-gua yang mengalami runtuh akibat proses tersebut. Pelebaran lorong gua juga terjadi pada zona epifreatik pada periode banjir, dimana lorong akan membentuk setengah lingkaran (Audra and Palmer, 2013) yang dapat terjadi pada atap dan dinding gua. Saat muka air tanah mengalami

penurunan, proses runtuh akan berkembang (Klimchouk and Andrejchuk, 2003) pada zona *vadose*. Runtuh pada zona ini bersifat aktif dan berkelanjutan, terjadi pada lorong yang tidak terbatas berdiameter besar maupun atap gua (Osborne, 2002). Selain itu, perubahan muka air tanah di dalam gua akan mengakibatkan erosi vertikal, yang dapat membentuk *canyon* atau *shaft* (Audra and Palmer, 2013). Ketiga proses tersebut, saling terkait pada kenampakan lorong karst di Kabupaten Malang.

Keberadaan ruangan yang besar, di Karst kabupaten Malang terbentuk pada kondisi *vadose*. Kondisi ini berada pada tingkatan pertama pada lorong gua. Kondisi *vadose* merupakan kondisi dimana aliran sungai bawah tanah sudah tidak dijumpai lagi, yang ada yaitu aliran cepat yang terjadi saat terjadi hujan dan tetesan air pada ornamen gua. Sehingga runtuh menjadi dominan pada kondisi ini, yang mengakibatkan terbentuknya *chamber* yang besar pada tingkatan pertama gua. Selain itu, runtuh dapat pada *collapse doline* yang dapat berasosiasi dengan *shaft* akibat dari proses struktural (Osborne, 2002).

Pada kondisi epifreatik terjadi pelebaran lorong gua. Hal ini terlihat pada bentuk *sollutions notch* seperti terdapat di Gua Sengik, serta diiringi dengan proses paragenetik sehingga atap gua semakin tinggi. Selain itu, adanya runtuh pada masing-masing dinding dan atap gua yang membuat lorong menjadi lebih tinggi. Namun, terdapat kondisi epifreatik yang membentuk *notch* tapi memiliki lebar yang kecil, tidak sampai membentuk ruangan yang besar.

Keberadaan *chamber* di Karst Kabupaten Malang terkait dengan di dominasi oleh adanya runtuh pada atap dan dinding gua. Selain itu, pertemuan antara lorong gua pada lorong horizontal dan vertikal ataupun horizontal dan horizontal juga membantu terbentuknya

*chamber*. Pertemuan pada lorong horizontal baik sebagai sungai bawah tanah ataupun percabangan lorong *vadose* lebih banyak ditemukan di karst Kabupaten Malang daripada lorong horizontal dan lorong vertikal. Mengingat, perkembangan lorong gua di Kabupaten Malang lebih di dominasi adanya lorong horizontal dan arah lorong mengikuti bidang perlapisan batuan (Labib, 2016).

Keberadaan *chamber* dengan adanya runtuh atap dan dinding gua juga mempunyai bahaya pada lorong gua, Klimchouk and Andrejchuk (2003) menjelaskan proses *subsidence* pada gua *gypsum*. Ada beberapa tahapan terjadinya *subsidence* di dalam gua, salah satu tahapan pertama yaitu adanya runtuh pada bidang perlapisan, hal ini banyak dijumpai pada wilayah kajian pada *chamber* yang besar. Tahapan kedua ditandai dengan adanya runtuh, yang mengakibatkan terbentuknya kubah pada atap gua dengan runtuh berupa lempeng batuan. Tahapan ketiga adanya sedimen berpasir atau kerikil, sedangkan tahapan ke empat yaitu adanya keseimbangan semu berupa endapan lempung, dan tahapan ke lima keadaan tidak seimbang yang mengakibatkan *subsidence* pada *chamber* tunggal. Selain itu, Klimchouk and Andrejchuk (2003) memberikan penjelasan mengenai kontrol speleogenetik dalam pembentukan runtuh dengan adanya kenampakan *outlet* berupa *cupola*, *dome*, atau *domepit* yang akan menyebabkan tereksposnya gua dengan permukaan. kondisi ini terlihat di Gua Glurug, Gua Sumur Windhu, dan Gua Watu Jaran.

#### KESIMPULAN.

Perkembangan lorong vertikal dan *chambers* gua di Kabupaten Malang terkait dengan adanya proses hidrologis, struktural, dan runtuh yang terjadi pada masa lampau. Proses tersebut membentuk tipe lorong vertikal dengan adanya *shaft*, *chimney*, dan *canyon*.

Sedangkan *chambers* memiliki asosiasi dengan adanya sungai bawah tanah, lorong vertikal dan runtuh yang terjadi pada kondisi *vadose* dan epifreatik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kajian ini berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan sebelumnya, oleh Anggota MPA Jonggring Salaka Universitas Negeri Malang dan Impala Universitas Brawijaya dari tahun 2012 sampai 2018. Tentunya kami mengucapkan terima kasih untuk kesempatannya, sehingga kajian ini dapat terlaksana.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Audra, P and Palmer AN. 2013. The Vertical Dimension of Karst: Controls of Vertical Cave Pattern. In: Shroder, J. (Editor in chief), Frumkin, A. (Ed.), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, vol. 6, Karst Geomorphology, pp. 186–206.
- Ballesteros D. Sa'nchez, M J. Sansegundo, J G. Giralt, S. 2011. Geological methods applied to speleogenetical research in vertical caves: the example of Torca Teyera shaft (Picos de Europa, northern Spain). *Carbonates Evaporites* (2011) 26:29–40.
- Baron. 2002. Speleogenesis Along Sub-Vertical Joints: A Model of Karst Plateau Development: A case study Dolny Vrch Plateau (Slovak Republic). *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers* 1 (2) Journal, Czech Republic. Edisi April 2003. Hal.1-8.
- Ford D and Williams P. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. England: British library.
- Frumkin, A. and Fischhendler, I. 2004. Morphometry and Distribution of Isolated Caves as a Guide for

- Phreatic and Confined Paleohydrological Conditions. *Elsevier. Geomorphology* 67 (2005) 457–471.
- Haryono, E dan labib, M A. 2016. Identifikasi Morfologi Lorong Gua di Kawasan Karst. Dalam Haryono, E. 2016. *Pedoman Praktis Survei Terintegrasi Kawasan Karst*. Yogyakarta: Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPFGE).
- Impala UB. 2012. 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. *Laporan Akhir*. Malang: Universitas Brawijaya .
- Fauzi, I. Baihaqi, M R. Mar'a D, Eko, A. Laporan Pendataan Gua, Mata Air dan Telaga di Karst Malang Selatan Desa Bandung Rejo dan Desa Sumber Bening Kecamatan Bantur Kabupaten Malang. *Laporan Akhir*. 19-20 September 2015.
- Klimchouk, A dan Andrejchuk, V. 2003. Karst Breakdown Mechanisms from Observations in the Gypsum Caves of the Western Ukraine: Implications for Subsidence Hazard Assessment. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers* .
- Labib M, A. 2016. Speleogeomorfologi Karst di Kecamatan Donomulyo Kabupaten Malang. *Thesis tidak diterbitkan*. Yogyakarta: Program Pascasarjana Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Labib M, A, Haryono E, and Sunarto. 2019. The Development of Cave Passage in Donomulyo, Malang-Indonesia. *E3S Web of Conferences*.
- Laksamana, E.E, 2005. *Stasiun Nol: Teknik-Teknik Pemetaan Dan Survey Hidrologi Gua*. Yogyakarta: Megalith Books dan Acintyacunyata Speleogenesis Club.
- MPA Jonggring Salaka. 2018. *Eksplorasi Kawasan Karst Sendang Biru Kabupaten Malang*. Malang: CV Kosmojoyo Press.
- Monroe, W, H. 1970. *A Glossary of Karst Terminology*. Washington: Geological Survey.
- Osborne, R.A.L. 2002. Cave Breakdown By Vadose Weathering. *Int. J. Speleol.* , 31 (1/4) 37-53.
- Suprianto S, Prasetyono D, Hardianto A S, Labib M A, Efendi S, Hidayat K, Triyono J A, Ahmad A A. 2017. Identifikasi Hubungan Kelurusan dan Pola Lorong Gua Karst di Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang. *Prosiding Seminar Geotik*.
- Suyanto,. Hadisantono, R,. Kusnama,. Chaniago, R,. dan Bahruddin, R. 1992. *Geologi Lembar Turen, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sweeting, M.M. 1972. *Karst Landforms*. London: Macmilland.
- Xu, J. Tang, Y. and Zhou, J. 2017. Effect of drying-wetting cycles on aggregate breakdown for yellow–brown earths in karst areas. *Geoenvironmental Disasters*.