

IDENTIFIKASI HUBUNGAN KELURUSAN DAN LORONG GUA KARST DI KECAMATAN SUMBERMANJING WETAN KABUPATEN MALANG

Agung Suprianto^{1,4}, Devy Prasetyono², Aan Seftiyan Hardianto³, Muhammad Ainul Labib⁴, Syaiful Efendi⁴, Khoirul Hidayat⁴, Joko Agus Triyono⁴, Andika Aulia Ahmad⁴

¹Jurusan Pendidikan Geografi Universitas Kanjuruhan Malang

²Mahasiswa Jurusan Pendidikan Geografi Universitas Negeri Malang

³Mahasiswa Pascasarjana Geografi Universitas Gadjah Mada

⁴Unit Kegiatan Mahasiswa MPA Jonggring Salaka Universitas Negeri Malang

Email agung.supriantogeo@gmail.com

ABSTRAK

Kecamatan Sumbermanjing Wetan merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Malang yang berada pada Zona Pegunungan Selatan Jawa bagian timur. Daerah kajian berada pada Formasi Wonosari, yang berumur sekitar Miosen Tengah – Miosen Akhir. Pada daerah ini berkembang kenampakan karst dengan adanya kenampakan endokarst dan eksokarst. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kenampakan kelurusan, kondisi lorong gua, dan hubungan antara kenampakan kelurusan dengan kondisi lorong gua. Pengambilan data lorong gua dengan menggunakan teknik pemetaan gua dan kenampakan kelurusan di permukaan dengan melakukan teknik ekstraksi kelurusan dari citra ASTER. Hasil penelitian menunjukkan kenampakan kelurusan memiliki arah dominan NW – SE. Hasil survei arah lorong gua di dominasi arah NE – SW dan NW – SE yang diikuti dengan perkembangan sistem sungai bawah tanah. Kenampakan kelurusan dan arah lorong gua menunjukkan kesamaan bahwa kenampakan morfologi endokarst dan eksokarst mengarah ke selatan. Selain itu, lorong gua juga menunjukkan perkembangan pola kelurusan yang membentuk lorong gua. Kondisi lorong gua lebih di kontrol dengan proses struktural berupa adanya dominasi bentukan *canyon*.

Kata kunci : Karst, Kelurusan, Lorong Gua

ABSTRACT

Subdistrict Sumbermanjing Wetan is one of the districts in Malang regency located in southern mountains zone of eastern java. Study areas are located in Wonosari Formation, which is aged about middle Miocene – late Miocene. In this area evolve karst appearance proved by eksokarst and endokarst appearance. The purpose of this study to determine the appearance of lineaments, condition of cave passage, and the relationship between the appearance of alignment condition of cave passage. The data retrieval of cave passage using cave mapping techniques and the appearance of lineaments on the surface by performing the extraction technique of lineaments of ASTER image. The research result shows that the appearance of lineaments with dominant direction to NW - SE. The survey results of domination direction of the cave passage headed to NE - SW and NW - SE, followed by the development of an underground river system. The appearance of lineaments and the direction of cave passage shows the similarity that the appearance of morphological eksokarst and endokarst headed to the south. In addition, the cave passage also leads to development a lineaments pattern that formed cave passage. The cave passage condition controlled by the structural process of domination canyon formations.

Keywords: Karst, Lineaments, Cave Passage

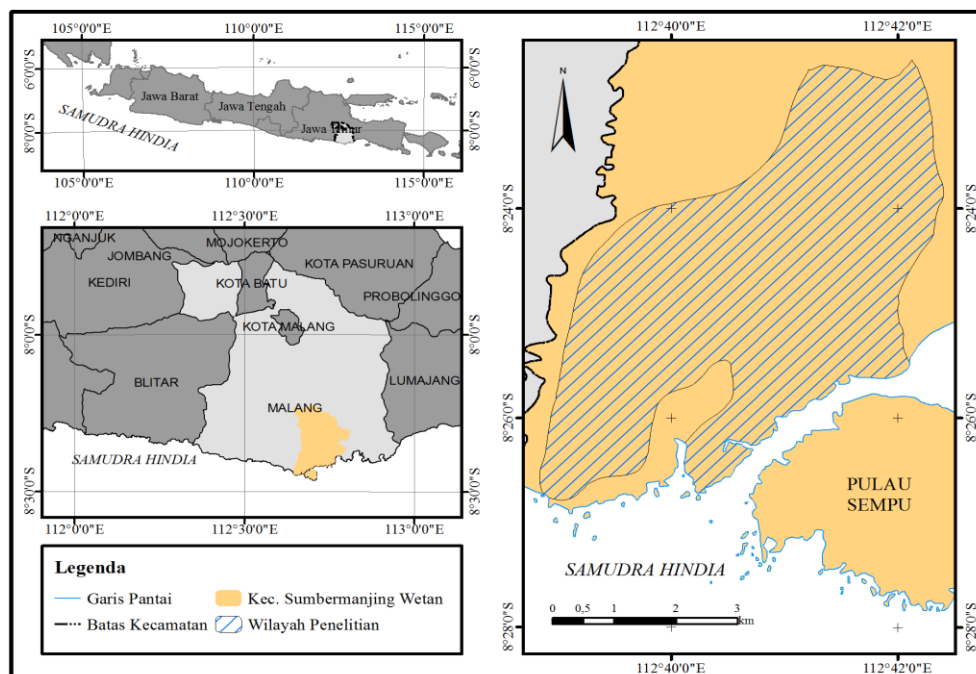
PENDAHULUAN

Kabupaten Malang berada pada Pegunungan Selatan Jawa yang membujur mulai dari wilayah Yogyakarta di bagian barat hingga daerah Blambangan di ujung timur Jawa Timur. Kenampakan bentukan plato sebagai hasil proses pengangkatan (*uplifted penepplain*) pada Kala Miosen. Zona pegunungan selatan Jawa bagian Timur membentang dari Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Malang selatan, dan Jember [1].

Kecamatan Sumbermanjing Wetan memiliki kenampakan karst yang berada di Kabupaten Malang. Kenampakan ini berada pada formasi Wonosari. Formasi ini tersingkap ke permukaan berkisar 80 dan 200 mdpl [2]. Pengangkatan dan pelipatan mungkin terjadi lagi pada Plio-Pliotosen, disusul dengan proses denudasi. Kegiatan tektonik ini hanya berakibat memiringkan Formasi Wonosari ke arah selatan dengan sudut kemiringan 10° [3] [4]. Sebagai akibat proses pengangkatan, endapan batugamping yang diselengi batuan vulkanik di dalam laut terangkat menjadi pegunungan. Pegunungan

selatan Jawa di dominasi oleh batugamping, sehingga batugamping yang mengalami karstifikasi berkembang menjadi topografi karst .

Kenampakan bentang alam karst berupa kenampakan morfologi endokarst dan eksokarst. Kenampakan di bentang alam karst banyak terkontrol oleh proses struktural yang membentuk pola-pola kelurusan [5]. Kenampakan tersebut cenderung terdeteksi lewat ketinggian tempat dan citra satelit [6]. Kelurusan merupakan fenomena yang bersifat linear pada suatu objek permukaan bumi yang di interpretasi melalui teknologi penginderaan jauh atau foto udara [7]. Fenomena kelurusan merupakan refleksi bidang ketidakmenerusan pada batuan, seperti rekahan, kekar, dan sesar yang secara morfologis merupakan bagian dari lembah-lembah perbukitan yang berkembang. Kenampakan permukaan pada data citra yang menghasilkan kelurusan-kelurusan merupakan gambaran dari gejala geomorfologi (disebabkan oleh relief permukaan) seperti alur sungai atau lembah karst [5].



Gambar 1. Peta Daerah Penelitian

Kajian-kajian mengenai kelurusan berupa identifikasi zona kelurusan berdasarkan citra SRTM digunakan untuk potensi resapan mata air [8] [9], analisis sistem hidrogeologi karst [5]. Kenampakan kelurusan berdasarkan landsat dengan adanya pengaruh gua juga diteliti oleh [10] [11]. Kajian kelurusan dari ekstraksi landsat dilakukan oleh beberapa ahli dengan proses ekstraksi menggunakan *line PCI geomatica* [12] [13] [14].

Kajian mengenai kenampakan kelurusan di karst Kabupaten Malang masih jarang dilakukan, sehingga tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi kenampakan kelurusan yang ada di karst Malang bagian selatan khususnya di Kecamatan Sumbermanjing Wetan. Selanjutnya dilakukan identifikasi kenampakan kelurusan pada gua-gua di kawasan tersebut. Hasil kajian kenampakan tersebut akan dilihat hubungan antara kenampakan kelurusan di morfologi eksokarst dan endokarst.

METODE

Tahap awal dari penelitian ini adalah ekstraksi informasi kelurusan (*lineament*) dari citra satelit. Citra yang digunakan dalam kajian ini berupa citra ASTER yang telah terkoreksi geometrik dan radiometrik. Citra ASTER yang digunakan adalah citra saluran 3 (NIR) atau saluran inframerah dekat dengan panjang saluran 0,75 – 0,90 μm .

Metode ekstraksi yang digunakan adalah metode *auto processing tool* bernama *LINE* dari *software PCI Geomatica 2015*. *Tool* ini digunakan untuk ekstraksi *feature linear* dari sebuah data raster (citra) dan menyimpannya dalam data vektor berupa garis. *Tool* ini sebenarnya didesain untuk ekstraksi *lineament* ataupun garis lengkung hingga lurus dari citra radar, namun dapat pula untuk ekstraksi dari data cita optikal.

Pengolahan data dalam *PCI Geomatica 2015* memiliki beberapa parameter dalam melakukan ekstraksi kelurusan, berupa *Radius of filter* (RADI), *Threshold for edge gradient* (GTHR), *Threshold for curve length* (LTHR), *Threshold for line fitting error* (FTHR), *Threshold for angular difference* (ATHR), dan *Threshold for linking distance* (DTHR). Nilai parameter di penelitian ini berupa RADI sebesar 10, GTHR sebesar 30, LTHR

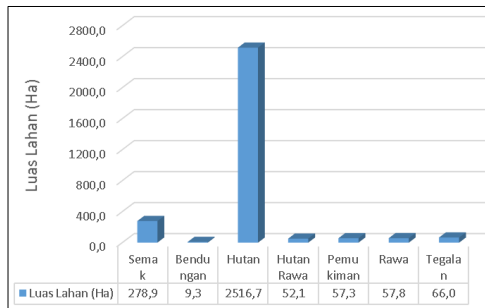
sebesar 30, FTHR sebesar 9, ATHR sebesar 30, dan DTHR sebesar 20 [14].

Pengambilan data peta gua dengan melakukan pemetaan terhadap lorong gua. dengan peralatan pemetaan berupa kompas tandem, GPS, laserdisto, dan worksheet pemetaan gua. hasil pemetaan gua berupa nilai kuantitatif berupa panjang lorong, lebar lorong, dan tinggi atap. Selain itu, kenampakan lorong gua juga dijelaskan dan digambarkan berupa sketsa irisan gua. pengolahan data pemetaan gua menggunakan *software survex* dan *compass*. *software survex* untuk membuat *centerline* peta tampak atas dan samping sedangkan *software compass* digunakan untuk membuat nilai-nilai kuantitatif yang ada dalam gua. selanjutnya, dari hasil *centerline* gua dilakukan digitasi dengan menggunakan *coreldraw*.

Untuk mengetahui arah lorong gua dan arah kecenderungan kelurusan dengan menggunakan *software rockwork*, dengan membuat diagram mawar. Untuk mengetahui faktor dominan di dalam gua dengan menggunakan sketsa penampang lorong gua dan kenampakan yang mendukung dalam perkembangan lorong gua. selanjutnya analisis kenampakan peta gua dengan adanya kenampakan kelurusan yang berkembang di dalam gua.

HASIL

Keberadaan gua-gua yang terdapat di wilayah penelitian berada pada area hutan, area ini mendominasi penggunaan lahan yang ada di daerah penelitian (Gambar 2) dengan memiliki ketinggian mulut gua yang berbeda – beda . Penggunaan lahan yang ada masih jarang digunakan oleh masyarakat di wilayah kajian, selain didominasi dengan hutan (2.516,7 Ha) juga didominasi adanya semak (278,9 Ha). Penggunaan lahan yang ada, di sekitar area gua umumnya dimanfaatkan untuk berladang tanaman palawija, tanaman perkebunan, peternakan, dan kegiatan perikanan [16]



Gambar 2. Penggunaan Lahan di Formasi Wonosari Kecamatan Sumbermanjing Wetan (Sumber: Analisis Data)

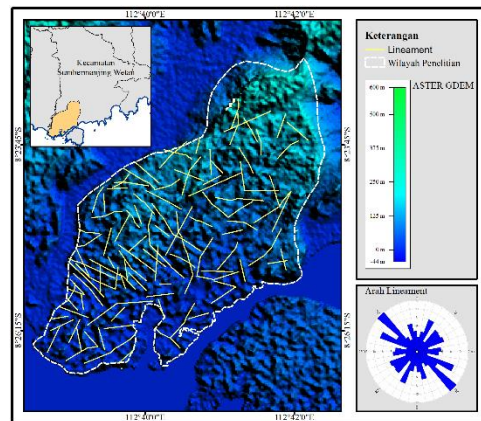
Kenampakan pada permukaan Bumi dapat diidentifikasi dengan citra satelit. Kenampakan pada citra satelit tersebut, akan membentuk pola pola kenampakan yang pada berbagai jenis bentuk lahan. Pada kawasan karst, pola tersebut dapat berupa pola kelurusan. Kenampakan pola ini dapat dilihat pada morfologi bentukan endokarst dan eksokarst di Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang.

a. Ekstraksi Pola Kelurusan

Kenampakan morfologi karst merupakan hasil proses pelarutan batugamping. Proses pelarutan tersebut berada pada batuan yang mudah larut akibat adanya retakan batuan. retakan tersebut membntuk pola pola alamiah. Hasil dari ekstraksi kenampakan morfologi karst dengan citra ASTER menunjukkan bahwa morfologi karst dapat membentuk pola kelurusan. Kenampakan morfologi eksokarst yang membentuk pola kelurusan yang terdapat di Kecamatan Sumbermanjing Wetan berupa adanya doline, polje, lembah karst (Gambar 3).



Gambar 3. Kenampakan kelurusan pada perbukitan dan lembah di karst



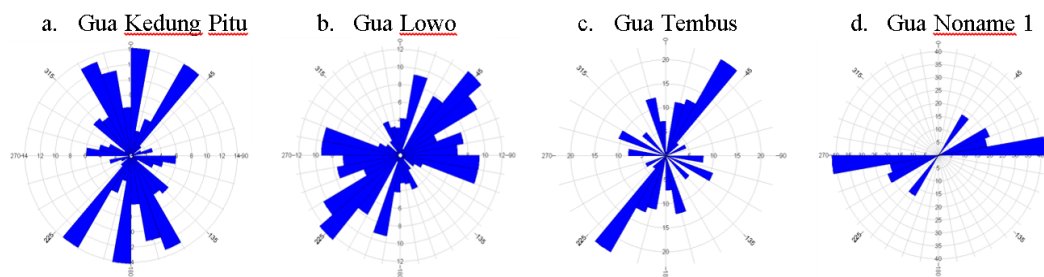
Gambar 4. Pola dan Arah Kelurusan

Pola kelurusan yang membentuk morfologi karst di Kecamatan Sumbermanjing Wetan memiliki arah dominan NW-SE (Gambar 4). Selain itu, perkembangan morfologi karst juga di dominasi arah NE-SW.

Perkembangan morfologi karst pada bagian hulu berkembang dataran dengan perbukitan yang tidak dominan, ini terlihat dengan sedikitnya pola kelurusan dibandingkan di bagian hilir. Sedangkan pada bagian hilir yang berdekatan dengan pantai, membentuk doline, dome, polje, dan mata air.

b. Karakteristik lorong gua

Karakteristik lorong gua dilakukan pada Gua Kedung Pitu, Gua Lowo, dan Gua Tembus, dan Gua Noname 1. Lorong gua yang ada di Kecamatan Sumbermanjing Wetan memiliki arah perkembangan lorong. (Gambar 5). Arah lorong gua Kedung Pitu, menunjukkan arah dominan NE-SW dan N-S.



Gambar 5. Arah Lorong Gua

Arah Lorong NE-SW menunjukkan perkembangan lorong gua saat terdapat di mulut gua, arah N-S dominan saat terjadi belokan pertama pada lorong gua. dominasi arah lorong gua yang mengarah NE-SW juga terdapat di Gua Lowo dan Gua Tembus. Arah lorong Gua tembus mendominasi pada perkembangan lorong gua, sedangkan pada lorong Gua Lowo arah lorong berkembang pada lorong lorong yang lurus. Selain itu pada lorong gua lowo mengarah W-E, yang terdapat pada perubahan arah lorong gua. arah W-E juga berkembang pada Gua Noname 1, namun keberadaan gua ini memiliki panjang lorong yang pendek.

Kenampakan bentukan lorong gua di Sumbermanjing Wetan memiliki karakteristik dengan adanya sistem aliran bawahtanah, seperti yang terdapat di Gua Kedung Pitu, Lowo, Tembus, dan Gua Noname1. Pada Gua Lowo dan Gua Kedung Pitu, sungai bawahtanah berada pada tingkatan ke dua lorong gua. pada tingkatan pertama lorong gua menunjukkan kondisi lorong gua yang berupa *chambers* (Gambar 6a dan 6b) yang berada pada zona vadose. Perkembangan lorong gua berupa lorong runtuh. Lorong membentuk rectangular passage (Gambar 6c) dengan pengaruh kontrol bidang perlapisan. Perkembangan lorong pada zona vadose membentuk lorong *canyon* pada pertemuan dengan sungai bawahtanah (Gambar 6 d dan f) yang berasosiasi dengan runtuh gua. kondisi tersebut dilanjutkan saat bertemu dengan sungai bawahtanah, lorong didominasi *canyon* namun runtuh atap gua tidak dominan (Gambar 6 e dan g) lorong gua ini terkontrol oleh bidang struktural yang mengarah NE-SW. Perkembangan lorong Gua Kedung Pitu membentuk

kenampakan *keyhole* (Gambar 6g). Terjadi penurunan muka airtanah yang lama kelamaan menggerus alur lantai gua, lorong ini berkembang setelah lorong *shaft* yang berada di Gua Kedung Pitu.

Gua Tembus dan Gua noname1 memiliki panjang lorong gua yang pendek. Kondisi lorong gua di Gua Tembus memiliki 3 mulut gua yang saling berkaitan. Pada mulut gua ini terbentuk karena adanya runtuh atap gua dan kedua mulut gua lainnya merupakan lembah kering. Sedangkan pada Gua Noname1 berupa lembah buta yang aliran sungai bawahtanah dari permukaan masuk ke dalam gua, dan menghilang pada kondisi lorong gua yang tidak dapat dilakukan penelusuran lagi. Kedua gua ini memiliki satu tingkatan lorong gua dan aliran air bawahtanah memasuki lorong yang sulit dimasuki oleh manusia. Kenampakan lorong gua berupa adanya *solutions notch* pada Gua Tembus, yang diakibatkan perubahan muka airtanah (Gambar 6h). Pada gua ini juga membentuk arah lorong yang linier (Gambar 6i)

c. Hubungan Pola Kelurusan dengan kondisi lorong gua

Kenampakan morfologi kawasan karst terkontrol oleh beberapa faktor berupa curah hujan, batuan, dan adanya rekahan [15]. Adanya rekahan (kekar, sesar) akan mendorong aliran air hujan masuk ke dalam zona rekahan, yang akan melarutkan batuan, kenampakan hasil pelautan pada zona rekahan akan membentuk morfologi karst yang memiliki pola-pola kelurusan yang berkembang pada zona rekahan. Adanya pola tersebut terlihat teridentifikasi dengan

citra satelit. Di Kecamatan Sumbermanjing Wetan memiliki kenampakan dengan adanya lembah karst, doline, dan polje. Perkembangan kelurusan terjadi pada bentukan lembah kering maupun yang terdapat pada aliran permukaan. Lembah kering pada doline juga membentuk pola kelurusan yang mengarahkan aliran air ke dalam ponor ataupun ke gua. Kenampakan polje membentuk kelurusan pada bagian sisi dari doline.

Dominasi arah kelurusan yang terdapat pada morfologi karst menunjukkan perkembangan ke arah NW-SE, yang berakibat arah pelarutan batuan akan terfokus pada dominasi tersebut. Aliran air permukaan akan mengalir pada zona rekahan tersebut, dan akan mengalirkan air

gua yang berkembang, akan terisi oleh aliran permukaan yang masuk ke dalam lorong gua, melalui zona rekahan batuan. Sungai bawah tanah yang berada dalam gua akan membentuk kenampakan morfologi gua berupa *solutions notch* yang terdapat pada Gua Tembus. Kenampakan kelurusan di permukaan yang mengarah ke NW-SE ditunjukkan pada lorong Gua Kedung Pitu pada tingkatan yang ke dua, yang mengarah ke arah yang sama (Gambar 7).

Perkembangan kelurusan pada permukaan juga mengarah ke NE-SW, hal ini terlihat juga pada pola kelurusan di Gua Lowo, Gua Kedung Pitu, dan Gua Tembus, dengan arah dominan NE-SW. Perkembangan lorong gua ini membentuk lorong-lorong linear yang berkembang pada tingkatan satu dan dua. Pada Gua Tembus kenampakan lorong kelurusan terlihat pada



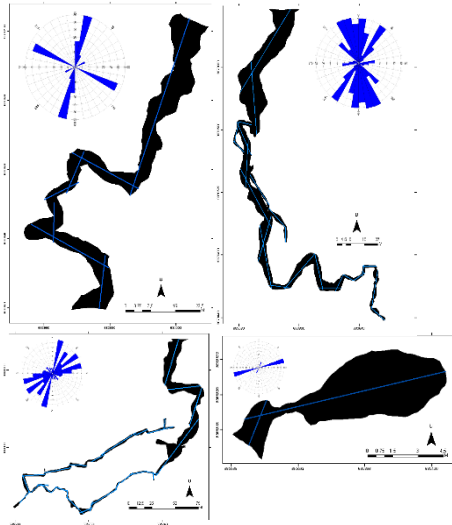
Gambar 6. Kondisi Lorong Gua di Kecamatan Sumbermanjing Wetan

permukaan ke sungai bawah tanah.

Sungai bawah tanah di daerah karst terdapat pada pelorongan gua. lorong-lorong

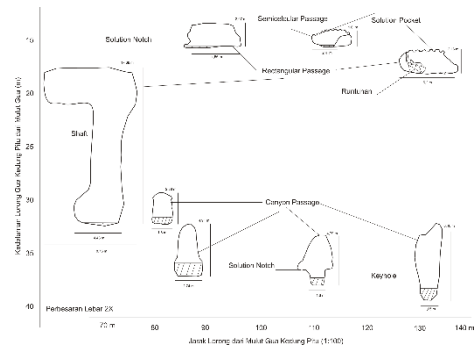
tingkatan pertama lorong. Pada Gua Kedung Pitu arah lorong berkembang pada tingkatan satu yang menunjukkan perkembangan

chambers dan berada pada vadose yang banyak terdapat runtuh atap gua.



Gambar 7. Kenampakan Pola Kelurusan Di Gua

Terdapatnya pola-pola kelurusan dalam gua, berakibat dengan adanya bentukan morfologi lorong gua. mengingat perkembangan lorong gua juga dapat diakibatkan oleh adanya struktur geologi dengan adanya rekahan batuan. kenampakan lorong gua tersebut terlihat pada kenampakan morfologi pada Gambar 8. Hasil kajian mengenai hubungan ketinggian dengan lorong gua di Gua Kedung Pitu menunjukkan perkembangan yang berbeda. Pada tingkatan pertama lorong gua didominasi *chambers* dengan bentukan *rectangular passage*, pada bentukan dinding gua juga terdapat *solutions notch* dan *solutions pocket* pada atap gua. perkembangan ini diakibatkan adanya sistem aliran bawahtanah pada masa lampau yang berakibat pada perkembangan bentukan tersebut, adanya sistem aliran tersebut, berakibat pula dengan adanya bentukan *semicircular passage* pada lorong gua di Kedung Pitu. Perkembangan sungai bawahtanah yang tidak lagi berkembang pada tingkatan pertama ini kemudian dilanjutkan dengan pengendapan lumpur dan runtuh atap batuan pada kondisi vadose. pada tingkatan pertama ini pola kelurusan berkembang ke arah NE-SW.



Gambar 8. Perbandingan kenampakan lorong dengan ketinggian lorong di Gua Kedung Pitu

Pada tingkatan kedua mengalami perubahan bentukan lorong, tingkatan kedua ini ditandai dengan adanya bentukan *shaft*. Perubahan muka air tanah berada pada tingkatan ini, aliran air bawahtanah mengarah pada lorong ini. Runtuh dan endapan lumpur gua berkurang daripada tingkatan pertama. Lorong gua didominasi bentukan *canyon passage*. Pada beberapa lorong dapat diidentifikasi mengenai perubahan muka airtanah dengan adanya *solutions notch*. Banyak terdapat *potholes* dengan kedalaman lubang yang dalam. bentukan *keyhole* berkembang pada tingkatan ini. Adanya bentukan tersebut mengindikasikan perubahan muka air tanah yang mengikis batuan dengan cepat. Pola-pola kelurusan pada tingkatan ini mengarah ke NW-SE. Arah ini juga mendominasi kelurusan pada permukaan morfologi karst.

Dari kajian ini menunjukkan perkembangan morfologi karst kecamatan sumbermanjing wetan lebih di dominasi perkembangan kenampakan morfologi ke arah selatan-utara, pada kondisi lorong gua juga menunjukkan hal yang serupa dengan lorong gua yang mengarah ke selatan dengan adanya lorong lorong gua yang mengalami belokan, namun arah lorong gua menunjukkan arah ke selatan. Begitu juga dengan sungai bawahtanah yang mengarah ke selatan. Hal ini sejalan dengan bentukan Formasi Wonosari yang mengarah ke selatan yang diakibatkan oleh kegiatan tektonik [3] [4].

KESIMPULAN

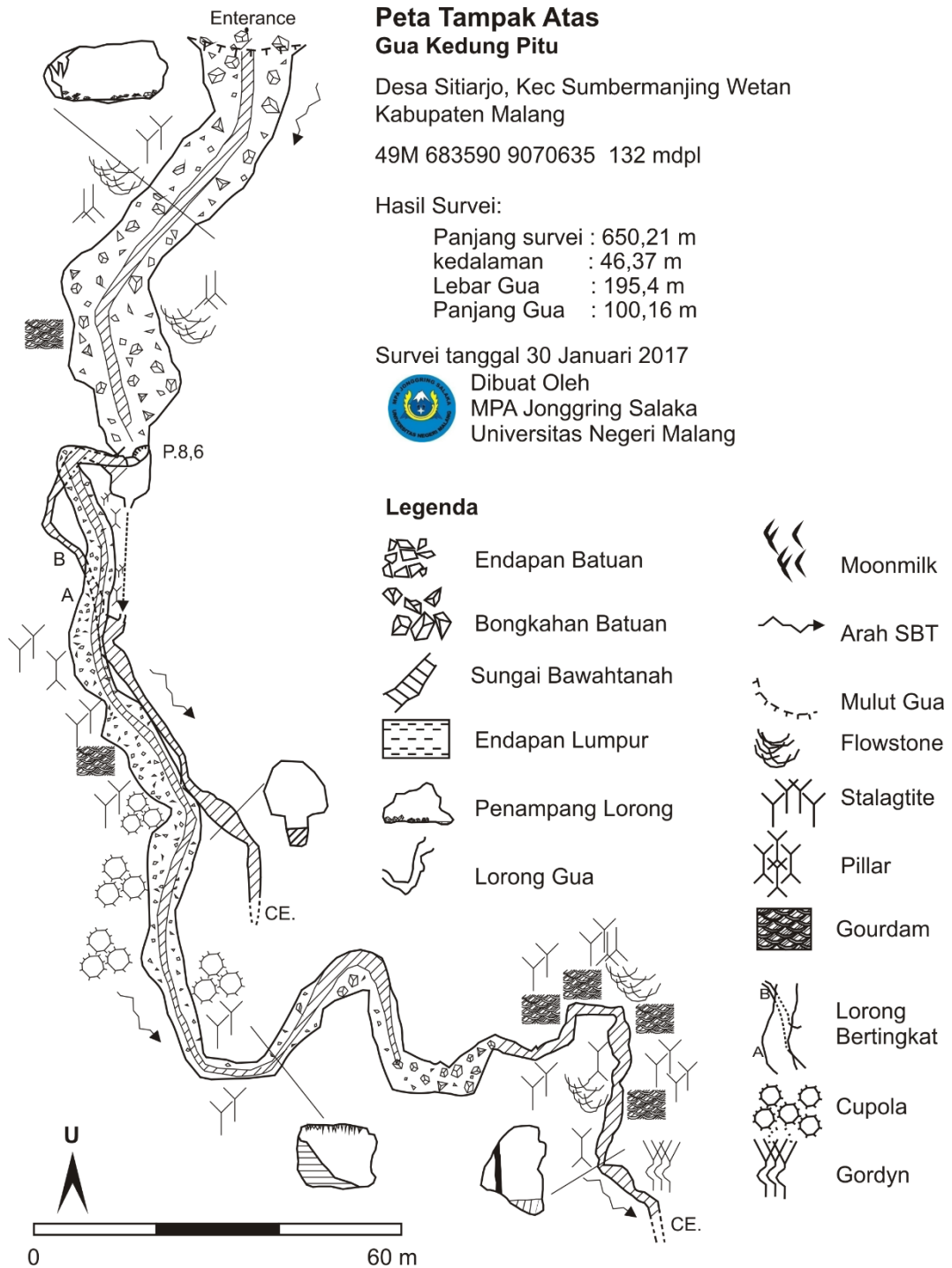
Pola kenampakan kelurusan memiliki arah dominan NW – SE. Hasil survei arah lorong gua di dominasi arah NE – SW dan

NW – SE yang diikuti dengan perkembangan sistem sungai bawah tanah. Kenampakan kelurusan dan arah lorong gua menunjukan kesamaan bahwa kenampakan morfologi endokarst dan eksokarst mengarah ke selatan. Selain itu, lorong gua juga menunjukan perkembangan pola kelurusan yang membentuk lorong gua. Kondisi lorong gua lebih di kontrol proses struktural berupa dengan adanya dominasi bentukan *canyon*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. J. Pannekoek, *Garis-garis Besar Geomorfologi Pulau Jawa*, Jakarta: Terjemahan Budio Basri, 1949.
- [2] M. Z. Sjarifudin dan S. Hamidi, *Geologi Lembar Blitar, Jawa, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, 1992.
- [3] R. W. Bemmelen, *The Geology of Indonesia (2nd Vol)*, The Hague: Gtv Print Office, 1949.
- [4] Suyanto, R. Hadisantono, Kusnama, R. Chaniago dan R. Bahruddin, *Geologi Lembar Turen, Jawa, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, 1992.
- [5] T. Setiawan, B. Brahmantyo dan D. E. Irawan, "Analisis Kelurusan Morfologi Untuk Interpretasi Sistem Hidrogeologi Kars Cijulang, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat," *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI*, vol. 37, 2008.
- [6] D. Ford dan P. William, *Karst Hydrogeology and Geomorphology*, England: British library, 2007.
- [7] B. B. S. Singhal dan R. P. Gupta, *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks*, Netherlands: Kluwer Academic Publisher, 1999.
- [8] T. Setiawan, "Delineasi Kelurusan Morfologi Sebagai Dasar Untuk Menentukan Zona Potensi Resapan Mata Air Kars Di Daerah Luwuk, Sulawesi Tengah," *Buletin Geologi Tata Lingkungan (Bulletin of Environmental Geology)*, vol. 21, no. 02, pp. 105 -116, 2011.
- [9] M. A. Massinai dan R. S. Syamsuddin, "Struktur Geologi Sulawesi Barat Ditinjau dari Kelurusan Geomorfologi Regional," *Prosiding Seminar Nasional Geofisika*, 2014.
- [10] L. Q. Hung, O. Batelaan, V. T. Tam dan D. Lagrou, "Remote Sensing and GIS-based Analysis of Cave Development in the Suoimuoi Catchment (Son La - NW Vietnam)," *Journal of Cave and Karst Studies*, vol. 64, no. 1, pp. 23 - 33, 2002.
- [11] S. Kassa, B. Pierson, W. S. Chow and J. B. Talib, "Identifying the Link Between Lineament and Cave Passage Trends to Comprehend Fractures Continuity and Influence on the Kinta Valley Karst System," *International Journal of Speleology*, vol. 41, no. 1, pp. 59 - 73, 2012.
- [12] L. Q. Hung, O. Batelaan dan F. D. Smedt, "Lineament Extraction And Analysis, Comparison of LANDSAT ETM and ASTER imagery. Case study: Suoimuoi Tropical Karst Catchment, Vietnam," *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 2005.
- [13] A. A. S. Nassr dan A. Ghaleeb, "Landsat ETM-7 for Lineament Mapping using Automatic Extraction Technique in the SW part of Taiz area, Yemen," *Global Journal Of Human Social Science Geography, Geo-Sciences, Environmental & Disaster Management*, 2013.
- [14] B. Shankar, L. L. Tornabene, G. R. Osinski, M. Roffey, J. M. Bailey dan D. Smith, "Automated lineament extraction technique for the sudbury impact structure using remote sensing datasets - an update," *Lunar and Planetary Science Conference*, vol. 47, 2016.
- [15] E. Haryono dan T. N. Adjie, *Geomorfologi dan Hidrologi Karst*, Yogyakarta: Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi UGM, 2004.
- [16] Badan Pusat Statistik, *Kecamatan Sumbermanjing Dalam Angka 2016*, Malang: BPS Kabupaten Malang, 2016.

Lampiran 1. Peta Gua Kedung Pitu



Lampiran 2. Peta Gua Lowo

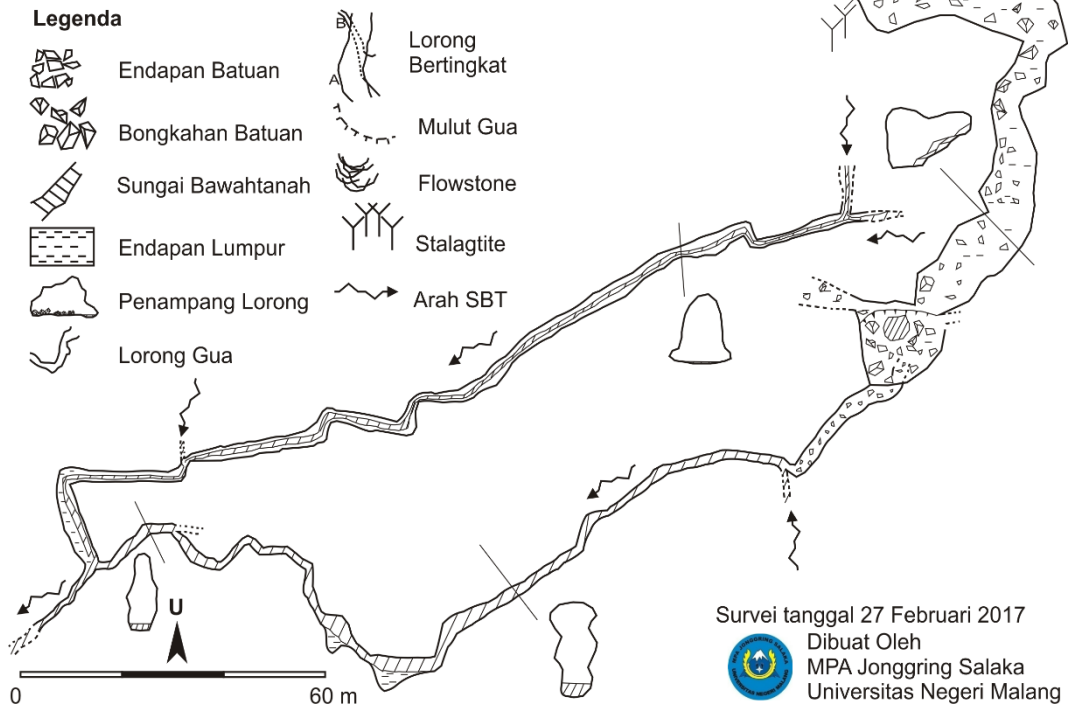
Peta Tampak Atas Gua Lowo

Desa Tambakrejo, Kec Sumbermanjing Wetan
Kabupaten Malang

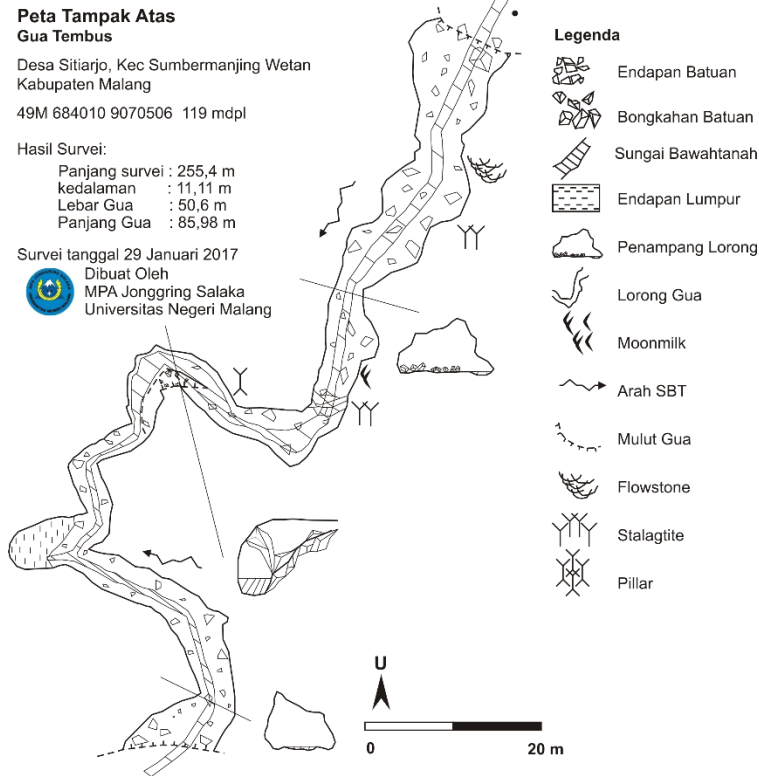
49M 685851 9068995 46 mdpl

Hasil Survei:

Panjang survei : 661,7 m
kedalaman : 33,1 m
Lebar Gua : 201,19 m
Panjang Gua : 178,22 m



Lampiran 3. Peta Gua Tembus



Lampiran 4. Peta Gua Noname1

