



Kelayakan Geo-ekowisata Gua berdasarkan *Cave Rock Mass Rating (CRMR)* di Kapanewon Tanjungsari, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Sari Bahagiarti Kusumayudha^{1*}, Bambang Prastistho¹⁾, Muhammad Faizal Zakaria²⁾,
Istiana Rahatmawati³⁾, Tuti Setyaningrum⁴⁾

¹⁾ Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

²⁾ Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

³⁾ Ekonomi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, UPN “Veteran” Yogyakarta

⁴⁾ Agroteknologi, Fakultas Pertanian, UPN “Veteran” Yogyakarta

* email korespondensi: saribk@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Kapanewon Tanjungsari, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, berada di kawasan geopark karst Gunungsewu. Daerah tersebut secara geologis terdiri dari batugamping terumbu dan batugamping berlapis, karakteristik hidrologi ditandai adanya sistem pengeringan bawah permukaan. Sejak kawasan Gunungsewu ditetapkan sebagai *Unesco Global Geopark* pada 2015, sektor pariwisata di daerah ini berkembang pesat. Kapanewon Tanjungsari pun berbenah mengembangkan potensi alamnya untuk pariwisatanya. Terdapat 5 (lima) lokasi berpotensi dikembangkan sebagai wisata gua karst dengan konsep geo-ekowisata, yaitu Gua Bentar, Gua Cabe, Gua Grengseng, Gua Pakubon dan Gua Tritis, yang memiliki keunikan dan daya tarik tersendiri dari aspek eksokarst, endokarst, serta legenda. Pengembangan situs-situs gua tersebut diharapkan mampu meningkatkan keekonomian dan kesejahteraan masyarakat sekitar. Sehubungan dengan hal tersebut di atas, perlu dilakukan kajian berupa penerapan *Cave Rock Mass Rating (CRMR)* guna menentukan kelayakan gua dari aspek geoteknik terhadap risiko runtuh, bila dikembangkan sebagai destinasi geo-eko-wisata. Hasilnya menunjukkan bahwa Gua Grengseng (nilai 47) memiliki risiko runtuh paling besar dibandingkan dengan Gua Bentar (nilai 69), Gua Cabe (nilai 80), Gua, Pakubon (nilai 81), dan Gua Tritis (nilai 79).

Kata Kunci: *cave rock mass rating*; geo-ekowisata; geoteknik; gua; kelayakan

ABSTRACT

Tanjungsari District, Gunungkidul Regency, Yogyakarta Special Region, is situated in the Gunungsewu karst geopark area. The area geologically consists of reef limestone and bedded limestone, hydrologically characterized by a subsurface drainage system. Since the Gunungsewu area was designated as the Unesco Global Geopark in 2015, the tourism sector in the region has grown rapidly. The Tanjungsari District also works on developing its natural potencies for tourism. There are 5 (five) locations that have the potential to be developed as karst cave tourism with the concept of geo-ecotourism, namely Bentar Cave, Cabe Cave, Grengseng Cave, Pakubon Cave and Tritis Cave, which have their own uniqueness and attractiveness in terms of exokarst, endokarst, and legends. The development of these cave sites is expected to be able to improve the economic sector and the welfare of the surrounding community. In connection with the foregoing, it is necessary to conduct a study by applying Cave Rock Mass Rating (CRMR) to determine the feasibility of the caves from geotechnical aspect of failures, if they are developed as geo-eco-tourism destinations. The results show that Grengseng Cave (score 47) exhibits the greatest risk of collapse compared to Bentar Cave (69), Cabe Cave (80), Pakubon Cave (81), and Tritis Cave (79).

Keywords: *cave rock mass rating*; cave; feasibility; geo-ecotourism; geotechnics

I. PENDAHULUAN

Kapanewon Tanjungsari termasuk wilayah Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta (**Gambar 1**), dengan luas wilayah 71,63 kilometer persegi. Bentuk lahan daerah tersebut menunjukkan topografi karst, dengan kemiringan lereng bervariasi dari 5% hingga lebih dari 40%, dan pada ketinggian antara 100 - 300 meter di atas permukaan laut. Bentang alam karst Tanjungsari dicirikan oleh drainase bawah permukaan yang menyebabkan kekurangan air di atas permukaan. Pada tahun 2015 Gunungsewu telah ditetapkan sebagai salah satu kawasan Geopark Global oleh UNESCO (Kusumayudha, 2018). Sejak Gunungsewu menjadi *Unesco Global Geopark* (UGG), sektor pariwisata berkembang pesat dimana-mana. Menyadari kondisi tersebut, Kapanewon Tanjungsari tidak mau ketinggalan, untuk meningkatkan potensi alamnya agar dapat dimanfaatkan secara optimal untuk pengembangan pariwisata (Kusumayudha, et.al, 2020).

Terdapat beberapa gua di Kapanewon Tanjungsari yang diharapkan dapat dikembangkan sebagai tempat kunjungan wisata, yaitu Gua Bentar, Gua Cabe, Gua Grengseng, Gua Pakubon, dan Gua Tritis. Gua-gua ini memiliki ornamen, antara lain stalaktit dan stalagmit yang bentuknya unik, serta legenda yang menarik (Anonim, 2018). Dalam rangka mengembangkan wisata gua yang dapat dijadikan sebagai kawasan andalan dan unggulan suatu daerah, perlu dilakukan eksplorasi dan inventarisasi keunikannya yang berbeda dengan tempat lain, sehingga mampu bersaing dengan obyek wisata gua lain yang sudah berkembang (Puspitasari & Rahatmawati, 2017). Terkait dengan rencana pembangunan kepariwisataan, terdapat konsep baru pariwisata yang disebut *geotourism*, yaitu suatu model kepariwisataan yang menitikberatkan pada geologi dan geomorfologi sebagai dasar pembinaan pembangunan pariwisata yang berkelanjutan (Dowling, 2013). Ini berbeda dengan ekowisata, yaitu tentang menyatukan konservasi, komunitas, dan perjalanan berkelanjutan (Kubalikova, 2013). Artinya, dalam penyelenggaraan kegiatan ekowisata harus memperhatikan beberapa prinsip, yaitu meminimalkan dampak fisik, sosial, perilaku, dan psikologis, serta mengembangkan kesadaran dan penghormatan terhadap lingkungan, budaya (<https://notaclueadventures.com/2015/03/blog/ecotourism-vs-geotourism/>). Geo-ekowisata, tentunya merupakan gabungan dari keduanya (Dowling, 2013). Tanjungsari dianggap berpotensi mengadopsi konsep tersebut dalam mengembangkan pariwisatanya (Rahatmawati, dkk 2020). Namun demikian konsep geo-ekowisata tersebut perlu didukung studi kelayakan secara geologi teknik dalam rangka meminimalkan risiko terjadi bencana gua berupa runtuhnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka perlu dilakukan kajian kelayakan geo-ekowisata gua karst di Kapanewon Tanjungsari menggunakan metode RMR (*Rock Mass Rating*, Bieniawski, 1973 dalam Franklin & Dussault, 1989) yang dimodifikasi agar cocok diterapkan untuk gua, yaitu *Cave Rock Mass Rating* (CRMR).



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian
 (Sumber: www.mapsofworld.com/indonesia/provinces/jawa-tengah.html)

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menerapkan metode penyelidikan analitik, deskriptif dan survei geologi teknik. Dalam penyelidikan geologi telah dilakukan kegiatan-kegiatan yang meliputi pemetaan geomorfologi, identifikasi litologi,

stratigrafi, dan analisis struktur geologi. Investigasi pelacakan gua dilakukan untuk memetakan sebaran lorong-lorong gua, dan menginventarisasi keunikan gua, termasuk *sphelothemnya* untuk mendukung pengembangan geo-ekowisata.

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder meliputi berbagai informasi dari hasil penelitian dan kajian yang ada. Data primer diperoleh melalui survei, investigasi, dan pemetaan lapangan. Pengambilan sampel batuan juga dilakukan secara representatif, termasuk di masing-masing lokasi gua, untuk analisis petrologi - petrografi, serta untuk pengujian sifat fisik batuan. Metode yang digunakan untuk menentukan kekuatan batuan adalah kuat tekan tak terbatas atau *unconfined compression strength* (UCS).

Studi ini dilengkapi dengan penilaian geomekanis untuk batuan gamping penyusun gua, yaitu RMR (*Rock Mass Rating*), ketebalan atap, dan sumber getaran. Dalam hal ini, gua diasumsikan sebagai sebuah terowongan. Di antara semua gua yang dinilai, perlu diketahui daya dukungnya untuk pengembangan pariwisata. Sebagaimana dikenal di bidang geoteknik, RMR dikembangkan oleh Bieniawski pada tahun 1973 (Franklin & Dussault, 1989), menggunakan enam parameter massa batuan berikut: 1) Kuat tekan uniaksial (UCS) dari material batuan utuh (*intack rock*); 2) Penunjukan kualitas batuan (RQD = *Rock Quality Dessignation*); 3) Jarak diskontinuitas; 4) Kondisi diskontinuitas, diberikan sebagai 4a Panjang, persistensi 4b Pemisahan 4c Kehalusan 4d Pengisian 4e Perubahan / pelapukan; 5) Kondisi air tanah (**Tabel 1**). Untuk klasifikasi RQD digunakan **Tabel 2**. Setelah dilakukan penilaian berdasarkan **Tabel 2**, selanjutnya ditentukan klasifikasi kualitas massa batuan menggunakan **Tabel 3**.

Tabel 1. Parameter dan Penilaian dalam Rock Mass Rating

Parameter		Range of Values						
Compressive strength (Mpa)	Values	>250	100-250	50-100	25-50	10-25	3-10	<3
	Rating	15	12	7	4	2	1	0
RQD (%)	Values	90 – 100	75 – 90	50 - 75	25 - 50	<25		
	Rating	20	17	13	8	3		
Joint Dencity	Values	>2	0,6 – 2	0,2 – 0,6	0,06 – 0,2	<0,006		
	Rating	20	15	10	8	5		
Joint Condition	Values	Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathere d wall rock	Slightly rough surfaces Separation <1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation <1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge <5 mm thick, or Separation 1 – 5 mm Continuous	Soft gough >5 mm thick, or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating	30	25	20	10	0		
Ground-water Condition	Values	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating	15	10	7	4	0		

Sumber : Bieniawski, 1973 dalam Franklin & Dussault, 1989

Tabel 2. Klasifikasi Batuan berdasarkan RQD

RQD	Rock Mass Classification
<25%	Very poor
25-50%	Poor
51-75%	Fair
76-90%	Good

Tabel 3. Klasifikasi Geomekanika Massa Batuan

Class	Discription of Rock Mass	RMR
		Sum of Rating Increments
I	Very Good Rock	81 – 100
II	Good Rock	61 – 80
III	Fair Rock	41 – 60
IV	Poor Rock	21 - 40
V	Very Poor Rock	>20

Sumber : Bieniawski, 1973 dalam Franklin & Dussault, 1989

Dalam kajian ini metode RMR Bieniawski dimodifikasi dengan menambahkan 2 parameter lainnya, yaitu 1) Ketebalan atap gua, dan 2) Sumber getaran/guncangan. Metode ini selanjutnya digunakan untuk mengkaji kelayakan gua khususnya dikaitkan dengan daya dukung gua bila dikembangkan sebagai kujungan wisata, dan risiko keruntuhan gua, dari aspek geoteknik. Adapun pemberian nilai bagi kedua parameter tambahan adalah sebagai berikut (**Tabel 4**):

Tabel 4. Parameter Tambahan dan Kisaran Nilai yang Diberikan

Parameter	Range of Values					
Tebal Atap Gua (m)	Values	<1	1 - 5	5-10	10-20	>20
	Rating	0	5	10	15	20
Jarak terhadap Sumber Getaran (m)	Values	< 50	50-100	100-200	200-500	> 500
	Rating	0	5	10	15	20

Dengan demikian, setelah dimodifikasi, penilaian terhadap CRMR menjadi sebagai berikut (**Tabel 5**):

Tabel 5. Klasifikasi Kelayakan Geoteknik Gua untuk Wisata

Class	Discription of Rock Mass	CRMR	Geotechnical Feassibility
		Sum of Rating Increments	
I	Very Good Rock	81 – 100 (91-120)	Very Good (Sangat Baik)
II	Good Rock	61 – 80 (71-90)	Good (Baik)
III	Fair Rock	41 – 60 (51-70)	Fair (Rasional)
IV	Poor Rock	21 - 40 (31-50)	Poor (Buruk)
V	Very Poor Rock	<20 (<30)	Very Poor (Sangat Buruk)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

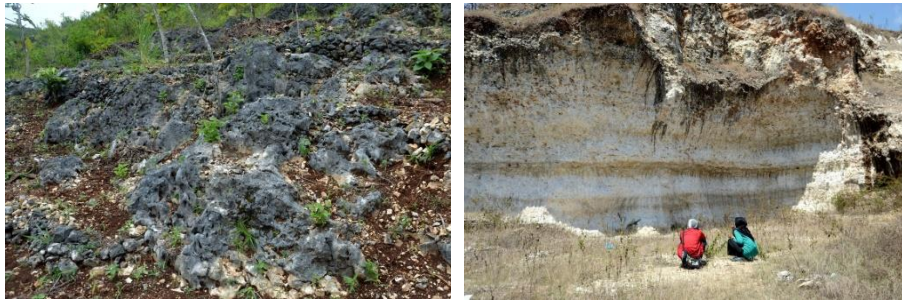
3.1. Geologi

Secara geomorfologi daerah penelitian berupa topografi karst berbukit, dengan elevasi antara 100 m – 300 m dari permukaan laut, perbedaan ketinggian 10 m - 30 m, dan diameter perbukitan berkisar antara 50 m - 200 m. Dijumpai karst makro berupa bukit berbentuk kerucut, kubah, dan punggung, dolina, uvala, polje, dan lokva. Di samping itu, karst mikro dan lapies yang tergolong exokarst juga ditemukan di wilayah studi.

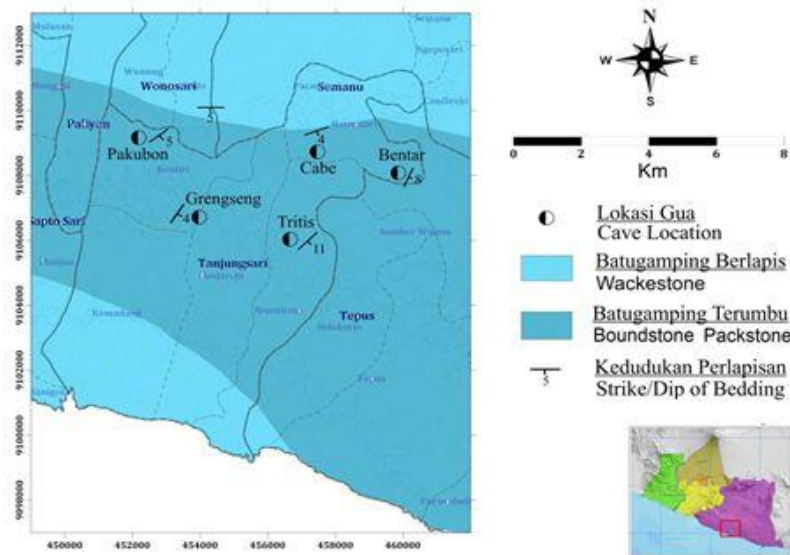
Daerah Kapanewon Tanjungsari secara geologi disusun oleh batugamping terumbu dan batugamping bioklastik berlapis, termasuk ke dalam Formasi Wonosari. Batugamping Formasi Wonosari umumnya mengalami karstifikasi, dan di beberapa tempat menunjukkan kalisisifikasi (Kusumayudha, 2002). Di bagian bawah Formasi Wonosari terdapat beberapa satuan litologi, dari yang tertua sampai yang termuda adalah batupasir tufan Formasi Semilir, batuan vulkanik yang terdiri dari breksi vulkanik Formasi Nglanggran, napal Formasi Sambipitu, dan batugamping tufan Formasi Oyo. Batugamping Formasi Wonosari diendapkan pada Miosen Tengah hingga Miosen Akhir (Suyoto, 1994).

Litologi yang tersingkap di daerah penelitian termasuk Formasi Wonosari, yang secara geologis diendapkan dari zaman Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Berdasarkan asesmen petrologi mengacu pada klasifikasi Moore (1989), terdapat dua (2) litofasies batugamping yang termasuk dalam batugamping terumbu, yaitu *boundstone* dan *packstone*, serta batugamping berlapis berupa *wackestone* (**Gambar 2**). Batugamping tersebut telah mengalami karstifikasi, memasuki

stadium dewasa (Esteban, 1996) yang ditandai dengan proses pelarutan karbonat yang intensif, menghasilkan gua dengan variasi ornamen seperti stalaktit, stalagmit, *cinter flag*, dan *flowstones*. Persebaran litofasies relatif mengikuti pola Baratlaut - Tenggara, dengan struktur geologi menunjukkan homoklinik dengan kemiringan kurang dari 15°, ke arah Baratdaya dan Selatan (**Gambar 3**).



Gambar 2. Batugamping Terumbu (Kiri) , Batugamping Berlapis (Kanan)



Gambar 3. Peta Sebaran Litofasies Daerah Tangjungsari dan Sekitarnya (Kusumayudha, dkk, 2020)

3.2. Gua, Hidrogeologi, dan Aliran Bawah Permukaan

Di kawasan Gunungsewu, sekitar 460 gua karst teridentifikasi, banyak di antaranya dialiri oleh sungai bawah tanah, sebagai penering utama. Pengeringan bawah permukaan di Gunungsewu diinterpretasikan membentuk pola sub-rectangular-dendritik (Kusumayudha & Santoso, 1998), dan pada umumnya bermuara ke Samudera Hindia. Arah aliran saluran bawah tanah dipengaruhi oleh pola struktur retakan, dan kemiringan lapisan batugamping. Terdapat 4 (empat) DAS (Daerah Aliran Sungai) bawah permukaan di Gunungsewu, yaitu DAS Bribin, DAS Suci, DAS Serpeng, dan DAS Tegoan (Kusumayudha, 2002).

Aliran bawah permukaan Sungai Bribin terletak di bagian Utara daerah penelitian, dengan debit aliran mencapai 900 liter / detik (Kusumayudha, 2002, 2005). Daerah tangkapan air Sungai Bribin berada di Kapanewon Ponjong serta Kapanewon Bedoyo dan sekitarnya. Aliran sungai yang semula berada di permukaan selanjutnya masuk ke bawah tanah melalui Gua Songgilap (Kusumayudha, 2002, 2005). Aliran Bribin mengalir ke Teluk Baron melalui mata air karst dengan debit aliran mencapai 20.000 liter / detik pada puncak musim penghujan (Kusumayudha, 2005).

Sistem hidrogeologi wilayah Gunungsewu dibedakan menjadi 3 sub sistem, yaitu Sub-sistem Panggang di sebelah Barat, Sub-sistem Wonosari-Baron di tengah, dan Sub-sistem Sadeng di bagian Timur (Kusumayudha 2002). Daerah penelitian termasuk dalam Sub-sistem Wonosari - Baron. Sub-sistem Wonosari-Baron dicirikan oleh aliran permukaan yang berubah menjadi aliran bawah permukaan, adanya akuifer bebas dan akuifer bertengger dengan ketebalan 100 - 400 m. Pada Sub-sistem Wonosari-Baron terdapat perbedaan tinggi muka airtanah sangat mencolok antara kawasan di Utara yang ditempati batugamping bioklastik (*wackestone*) dan kawasan di selatan yang tersusun oleh batugamping terumbu (*boundstone*, *packstone* dan *wackestone*). Di bagian Utara, airtanah ditemukan pada kedalaman 5 - 10 m, sedangkan di bagian selatan kedalaman airtanah mencapai 150 m atau lebih (Kusumayudha, dkk, 2020).

Lima (5) gua di daerah penelitian diharapkan berasosiasi dengan aliran bawah tanah. Pola aliran sungai bawah tanah di daerah penelitian diperkirakan daerah penelitian memiliki arah yang relatif umum yaitu Timurlaut-Baratdaya, dan Utara-

Selatan (Zakaria, dkk, 2020). Keberadaan aliran bawah tanah di ke-lima gua ini diharapkan dapat menunjang kebutuhan air pada saat gua-gua tersebut telah berkembang menjadi destinasi geo-ekowisata gua.

3.4. Kondisi Lingkungan Fisik Gua

Berdasarkan kajian, pengujian, dan analisis lingkungan fisik terhadap 5 gua di Kapanewon Tanjungsari, maka diskripsi gua-gua tersebut dapat diuraikan sebagaib berikut.

3.4.1. Gua Bentar

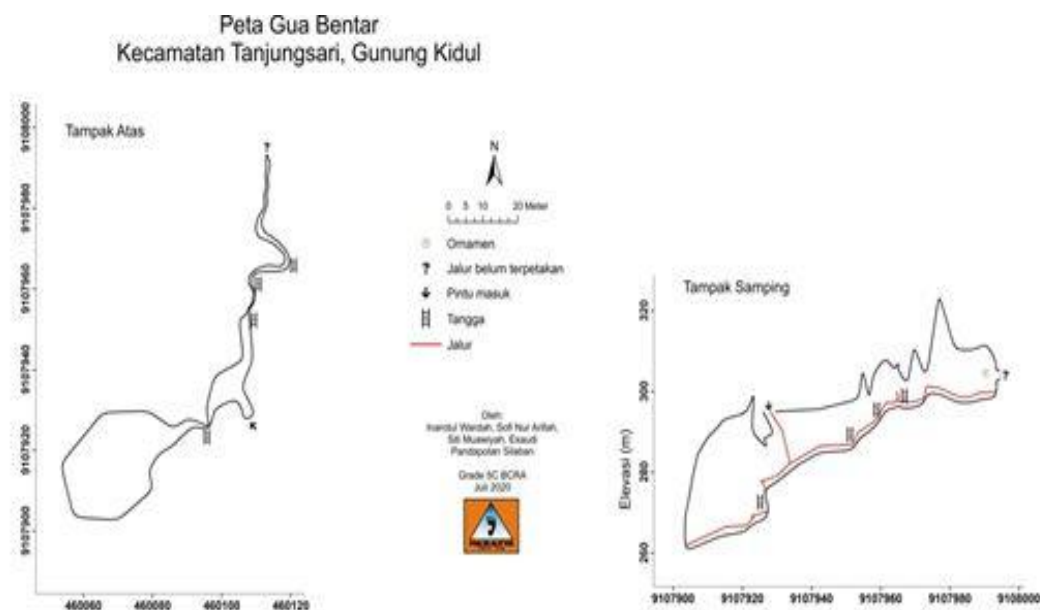
Gua Bentar terletak di dusun Jarakah, desa Hargosari. Ia memiliki pesona yang luar biasa indah. Morfologinya dapat diklasifikasikan sebagai gua vertikal (**Gambar 4**). Kehadiran gua ini dikontrol oleh adanya rekahan-rekahan terdapat pada batugamping, yang kemudian berinteraksi dengan air meteorik untuk membentuk lubang vertikal. Di dalam gua terdapat jendela alami, merupakan lubang di bagian atap gua sehingga menyebabkan cahaya dari luar dapat menembus ke dalam gua. Tempat ini sangat menarik dijadikan sebagai *spot* fotografi untuk menampilkan gambar terobosan cahaya yang menarik (**Gambar 4**)



Gambar 4. Rekahan Vertikal (Kiri), dan Jendela-Jendela Alami di Bagian Dalam Gua Bentar (Kanan)

Meskipun belum dibuka secara resmi sebagai tempat wisata, Gua Bentar telah sering dikunjungi pelancong. Gua ini menarik dan menantang terutama bagi wisatawan yang menyukai petualangan, karena lorong-lorong vertikal (Rahatmawati, dkk, 2020). Namun bagi wisatawan umum perlu difasilitasi dengan tangga buatan, agar terbantu saat hendak masuk dan menjelajahi ruang-ruang yang terdapat di Gua Bentar.

Dari aspek geologi teknik, Gua Bentar memiliki kelayakan yang cukup *fair* (rasional), dikarenakan ketebalan atap gua yang cukup tebal, kedalaman gua mencapai > 10 m dari permukaan, jarak terhadap ruas jalan pada umumnya cukup jauh. Pada atap dan dinding gua dijumpai kekar-kekar terbuka dengan lebar bukaan 2 cm – 10 cm, tersemen oleh kalsit, dan ditumbuhi *sphelothems* gua. Dengan demikian resiko keruntuhannya diperkirakan kecil. Dalam rangka mendukung pengembangan Gua Bentar sebagai tempat kunjungan wisata, untuk menginventarisasi lorong-lorong dan ruang-ruang yang ada, kegiatan penelusuran gua telah dilakukan, dan hasilnya sebagaimana **Gambar 5**.



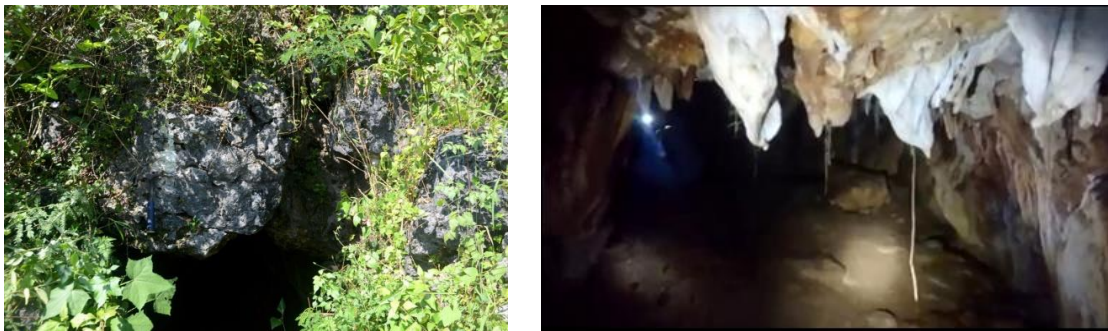
Gambar 5. Peta Situasi Gua Bentar (Kusumayudha, et.al, 2020)

3.4.2. Gua Cabe

Gua Cabe terletak di desa Ngestirejo. Gua tersebut termasuk dalam Cagar Budaya, karena di dalam gua ini ditemukan petilasan sejarah yang disebut Prasasti Nganjatan I dan Prasasti Nganjatan II. Petilasan sejarah tersebut berupa prasasti perunggu dengan panjang 48 cm, lebar 18 cm dan tebal 0,2 cm, bertuliskan aksara Jawa Kuno yang terdiri dari 12 baris tulisan.

Di dalam Gua Cabe terdapat ornamen berupa stalaktit yang memiliki bentuk unik, yakni seperti lampu kristal, berbeda dengan bentuk stalaktit pada umumnya (**Gambar 6**). Di sisi lain, di dalam gua tidak didapatkan stalagmit. Hal ini menandakan bahwa dasar gua sering dialiri air, sehingga endapan kristal kalsit di dasar gua terlarut dan terkikis oleh aliran air.

Terhadap Gua cabe belum dapat dilakukan pemetaan susur gua, dikarenakan ijin untuk memasuki gua sangat terbatas, mengingat gua ini oleh warga masih dikeramatkan. Secara geologi teknik, Gua cabe diperkirakan aman untuk kunjungan wisata, karena bagian dinding maupun atap gua tidak banyak dijumpai retakan/rekahan, ketebalan atap guapun cukup tebal.



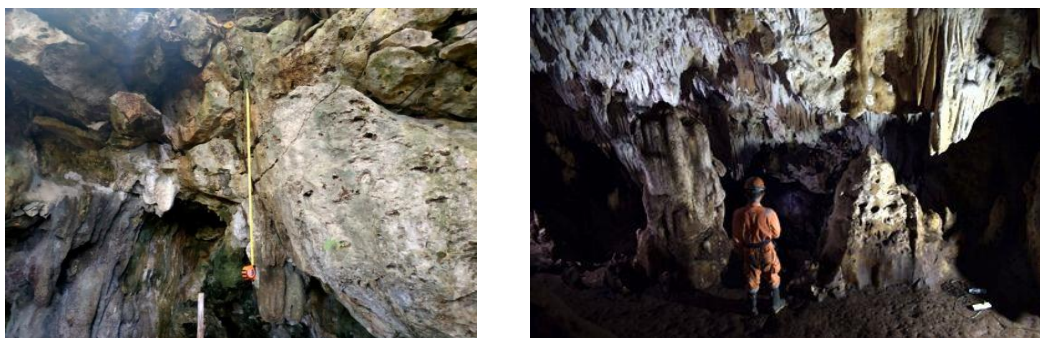
Gambar 6. Kondisi Batuan Penyusun Gua Cabe (Kiri), Bagian Dalam Gua, dan Stalaktit-Stalaktit (Kanan)

Aksesibilitas Gua Cabe hingga saat ini masih belum memadai, untuk mencapainya, pengunjung harus berjalan sedikit mendaki, jalan setapak berbatu-batu, lebih dari 500 m. Meskipun demikian, dari aspek kelayakan secara geologi teknik, diperkirakan gua ini memiliki risiko runtuh kecil, dikarenakan atap gua yang cukup tebal.

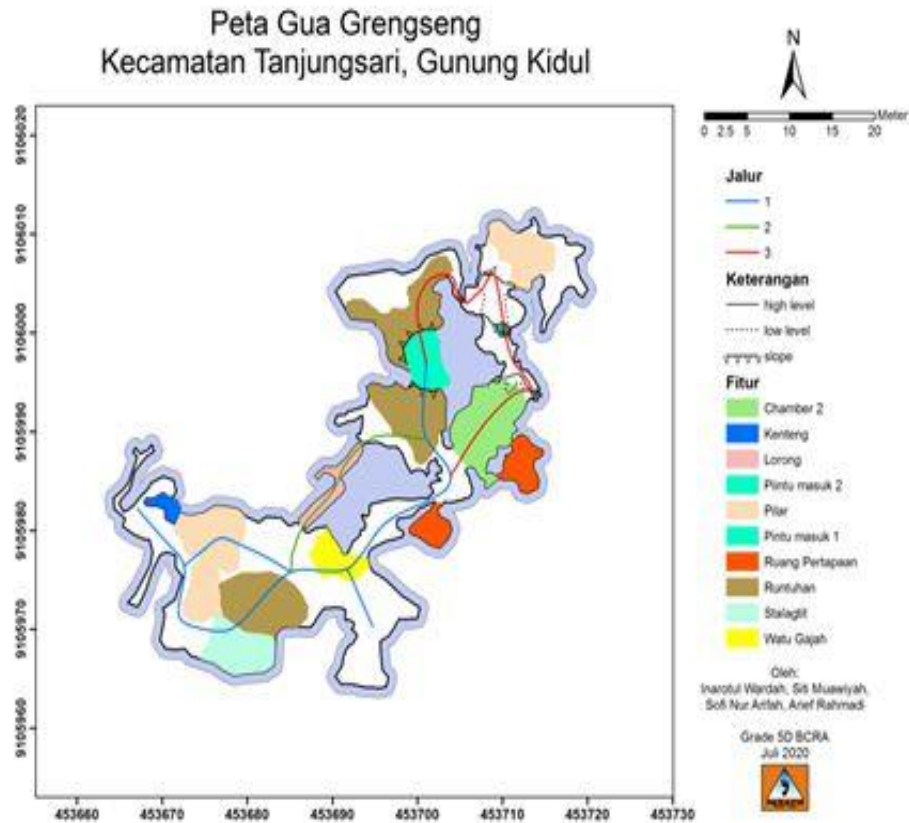
3.4.3. Gua Grengseng

Gua Grengseng terletak di dusun Kelor Lor, desa Kemadang. Pintu masuk gua dekat dengan sebuah Sekolah Dasar, kawasan pemukiman, dan sangat dekat dengan jalan antar desa. Pada bagian dalam gua yang lebar terdapat ornamen berupa stalaktit, stalagmit, *flowstone*, *cinterflag*, dan pilar-pilar (**Gambar 7**). Ketika stalaktit dan stalagmit bertemu satu sama lain, mereka akan membentuk pilar karst. Menurut warga di sekitar gua ini, jalan masuk gua dapat menembus hingga ke pemukiman warga. Peta situasi Gua Grengseng dengan bilik-bilik yang terdapat di dalamnya, berdasarkan hasil penelusuran gua dapat dilihat pada **Gambar 8**.

Gua grengseng memiliki ornamen yang masih hidup dan bertumbuh. Di bagian dinding serta atap gua dijumpai kekar-kekar terbuka yang senantiasa basah dan meneteskan air. Kekar-kekar tersebut terisi oleh kalsit sebagai hasil proses rekristalisasi. Ketebalan atap gua tergolong tipis, secara umum kurang dari 5 meter. Hal ini menimbulkan kekhawatiran berupa potensi keruntuhan, apalagi lokasi gua juga sangat dekat dengan jalan antar desas yang sering dilalui keknadaran bermotor.



Gambar 7. Kondisi Batuan Penyusun Gua (Kiri), Bagian Dalam Gua Grengseng (Kanan)



Gambar 8. Peta Situasi Grengseng Cave (Kusumayudha, et.al, 2020)

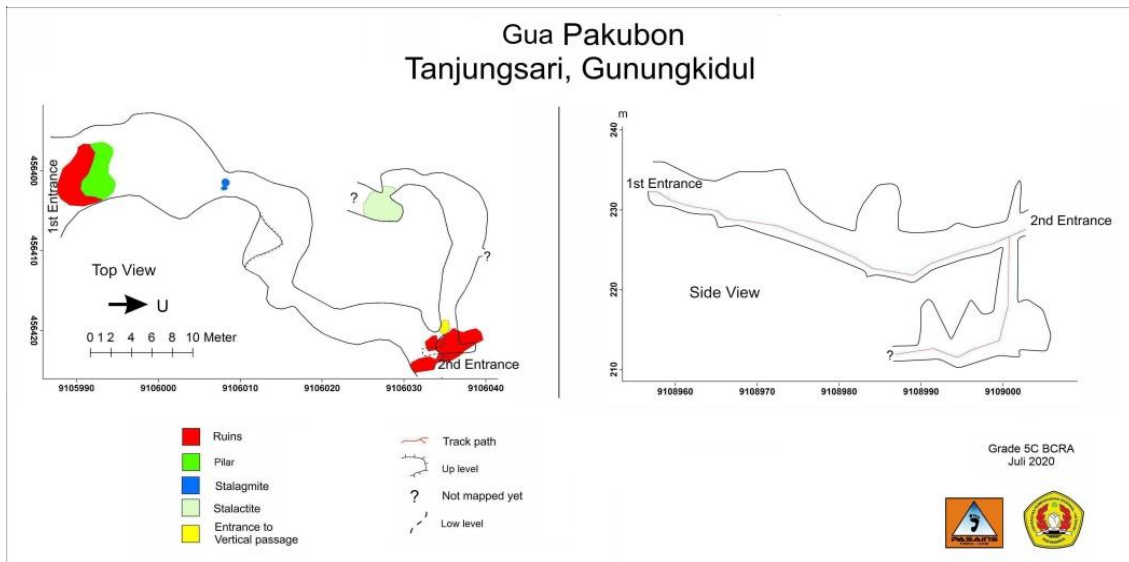
3.4.4. Gua Pakubon

Gua Pakubon terletak di dusun Ngasem, desa Kemiri. Akses menuju gua sangat mudah, dengan lebar jalan yang cukup memadai. dekat dengan Pantai Baron, berjarak sekitar 1 km. Meski aksesibilitas cukup baik, dan dimaksudkan untuk dibuka sebagai destinasi wisata baru, namun fasilitas di sekitar gua masih minim, termasuk area parkir, serta cara untuk masuk dan keluar gua. Di depan gua terdapat area *camping ground* atau *out bond*.

Di dalam Gua Pakubon terdapat sebuah bilik yang cukup lebar dengan diameter 10 - 12 m. Tempat ini suatu saat dapat dikembangkan sebagai ruang pertemuan atau kafetaria yang sensasional, dilengkapi dengan sistem pencahayaan yang menarik tanpa mengurangi suasana alam gua. Di bagian atap ruangan ini terdapat stalaktit yang beberapa di antaranya berbentuk unik, seperti lampu kristal (**Gambar 9**). Tidak dijumpai adanya stalagmit. Hal ini menandakan bahwa Gua Pakubon sering dilalui oleh aliran air. Situasi lorong, relung, dan ruangan gua terpetakan dari hasil penelusuran, sebagaimana pada **Gambar 10**.



Gambar 9. Kondisi Mulut Gua (Kiri), Bagian Dalam Gua, dan Stalaktit Seperti Lampu Kristal (Kanan)



Gambar 10. Peta Situasi Gua Pakubon
 Sumber : Kusumayudha, et.al, 2020

3.4.5. Gua Tritis

Gua Tritis terletak di dusun Jaten, desa Ngestirejo. Gua Tritis hingga saat ini diketahui hanya merupakan sebuah relung besar, bukan suatu lorong (**Gambar 11**), oleh karena itu tidak dilakukan pemetaan susur gua. Di dalam gua terdapat stalagmit dan stalaktit. Gua ini juga sering digunakan untuk tempat ritual atau meditasi. Ada sebuah danau (telaga = lokva) di depan gua (**Gambar 12**). Bagian dasar dari telaga tersebut berada oleh sedimen dengan komposisi lempung di bagian atas, abu vulkanik dan lanau, serta lanau berpasir di bagian bawah.

Berdasarkan informasi warga, sedimen di dasar telaga pernah dikeruk, dimaksudkan agar daya tampung telaga semakin besar, dan airnya akan bertambah. Namun, pengerukan sedimen di dasar telaga mengakibatkan lokva tersebut bocor. Berdasarkan pengujian infiltasi menggunakan infiltrometer cincin ganda, indeks infiltrasi sedimen yang sebagian besar terdiri dari endapan lumpur di danau berkisar 10 cm/jam – 13 cm/jam. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan yang relatif tahan air telah hilang akibat pengerukan, menyisakan lapisan yang relatif cukup permeabel. Keunikan lain dari Gua Tritis adalah ditemukannya lapisan endapan abu vulkanik di dekat mulut gua (**Gambar 12**).



Gambar 11. Kondisi Batuan Penyusun Gua (Kiri), Bagian Depan Gua Tritis (Kanan)



Gambar 12. Telaga Kering Di Depan Gua (Kiri), Endapan Abu Vulkanik Di Dekat Mulut Gua Tritis (Kanan)

3.5. Kelayakan Gua secara Geoteknik berdasarkan *Cave Rock Mass Rating* (CRMR)

Dalam kerangka mendukung keinginan warga Kapanewon Tanjungsari untuk mengembangkan ke-5 gua sebagai geo-eko-wisata, maka perlu dilakukan studi kelayakan. Karena letak dan keadaannya yang sangat dekat dengan pemukiman manusia dan jalan raya desa, dalam studi ini dilakukan *Rock Mass Rating* (RMR) untuk memperoleh informasi dan indikator tentang daya dukung dan keamanan gua jika dikembangkan untuk kunjungan wisatawan. Komponen-komponen yang digunakan dalam melakukan RMR didasarkan pada nilai RQD (*Rock Quality Designation*), kekuatan batuan, jarak diskontinuitas, kondisi kekar, dan kondisi airtanah di sekitar gua. Penerapan RMR dimodifikasi dengan menambahkan parameter ketebalan atap gua dan jarak lokasi gua terhadap sumber getaran/guncangan. Dengan demikian istilah RMR dilengkapi menjadi CRMR (*Cave Rock Mass Rating*). Hasilnya adalah sebagai berikut (Tabel 7.)

Tabel 7. Hasil Penilaian Gua Berdasarkan CRMR

Nama Gua	Parameter	Diskripsi	Rating	Total Skor
Bentar	UCS (Mpa)	36	3	68
	RQD (%)	60 - 70	13	
	Kerapatan Kekar	0,5	10	
	Kondisi Kekar	Permukaan kasar, aperture lebih dari 10 mm, <i>hard wall rock</i>	15	
	Kondisi Airtanah	Basah	7	
	Ketebalan Atap Gua	10 m – 20 m	15	
	Sumber Getaran	Jarak gua ke jalan utama 50 - 100 m	5	
		<i>Cave Rock Mass Classification</i>	Fair (Rasional)	
Cabe	UCS (Mpa)	60,27	5	75
	RQD (%)	70 - 90	13	
	Kerapatan Kekar	0,6	10	
	Kondisi Kekar	Permukaan kasar, bukaan apertur lebih dari 10 mm, sebagian kekar terisi kalsit, <i>hard wall rock</i>	15	
	Kondisi Airtanah	Basah	7	
	Ketebalan Atap Gua	5 m – 10 m	10	
	Sumber Getaran	Jarak gua ke jalan utama 200 – 500 m	15	
		<i>Cave Rock Mass Classification</i>	Good (Baik)	
Grengseng	UCS (Mpa)	37,68	3	47
	RQD (%)	40, 52, 62, 94	13	
	Kerapatan Kekar	0,28 – 0,57	7	
	Kondisi Kekar	Kekar terbuka, terisi tanah 5 mm - 100 mm	15	
	Kondisi Airtanah	Basah, dan menetes	4	
	Ketebalan Atap Gua	3 - 5 m	5	
	Sumber Getaran	Jarak gua dan jalan utama < 50 m	0	
		<i>Cave Rock Mass Classification</i>	Poor (Buruk)	
Pakubon	UCS (Mpa)	46,76	4	81
	RQD (%)	80 - 85	17	
	Kerapatan Kekar	0,8	13	
	Kondisi Kekar	Permukaan kasar, bukaan aperture lebih dari 10 mm, di antaranya terisi kalsit, <i>hard wall rock</i>	15	
	Kondisi Airtanah	Basah	7	
	Ketebalan Atap Gua	5 m – 10 m	10	
	Sumber Getaran	Jarak gua ke jalan utama 200 – 500 m	15	
		<i>Cave Rock Mass Classification</i>	Good (Baik)	
Tritis	UCS (Mpa)	36,11	3	79
	RQD (%)	70 - 80	16	
	Kerapatan Kekar	0,55 – 0,56	10	
	Kondisi Kekar	Kekar terbuka, terisi kalsit setebal 10 mm - 100 mm	15	
	Kondisi Airtanah	Lembab	10	
	Ketebalan Atap Gua	5 m – 10 m	10	
	Sumber Getaran	Jarak gua ke jalan utama 200 – 500 m	15	
		<i>Cave Rock Mass Classification</i>	Good (Baik)	

Berdasarkan hasil penilaian terhadap massa batuan penyusun ke-lima gua, menggunakan CRMR, maka diperoleh total skor Gua Bentar = 68 termasuk klas *fair* atau rasional, Gua Cabe = 75, termasuk *Good* (baik), Gua Grengseng = 47 tergolong *Poor* atau buruk, Gua Pakubon = 81 termasuk *Good* (baik), dan Gua Tritis = 79 kategori *Good* (baik) pula.

Dengan demikian secara geoteknik, kelayakan Gua Bentar dapat dikategorikan sebagai memadai, Gua Grengseng tidak layak, sementara Gua Cabe, Gua Pakubon, dan Gua Tritis layak untuk dikembangkan sebagai obyek wisata.

Gua Grengseng dengan nilai CRMR = 47 jika akan dikembangkan sebagai obyek wisata, maka terhadapnya perlu dilakukan *supporting*, karena atap gua yang terlalu tipis dengan kondisi perkekar cukup rapat memiliki risiko runtuh. Apalagi gua tersebut sangat dekat dengan jalan antar desa yang sering dilalui kendaraan bermotor, menghasilkan getaran. Dengan risiko tersebut, maka apabila Gua Grengseng akan dijadikan objek wisata, perlu dilakukan pengamanan gua agar dapat mengurangi risiko runtuh yaitu dengan memasang penyangga, dilakukan *grouting* terhadap kekar-kekar yang dipandang berisiko. Namun demikian, atas pertimbangan speleologi untuk kepentingan aspek keilmuan, dalam melakukan *grouting* perlu dipilih retakan yang tidak secara signifikan mempengaruhi pembentukan dan pertumbuhan *sphleothem*.

Pada prinsipnya semua gua yang terdapat di Kapanewon Tanjungsari dapat dikembangkan sebagai destinasi geotourism, asalkan dilakukan upaya pengurangan risiko bagi gua yang secara geoteknik mempunyai total nilai buruk/*poor*, yaitu Gua Grengseng. Meskipun demikian, karena Gua Grengseng memiliki keunikan dan nilai keilmuan yang cukup baik, maka gua ini pun dapat dibangun dengan perlakuan atau *supporting* sesuai ketentuan.

IV. KESIMPULAN

Didasarkan atas diskusi dan pembahasan di dalam artikel ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kawasan Tanjungsari secara geomorfologis merupakan topografi karst bagian dari Gunungsewu UGG, Litologi penyusun kawasan tersebut terdiri dari batugamping terumbu (*boundstone* dan *packstone*) serta batugamping berlapis (*packstone*), dengan struktur geologi homoklinal kemiringan kurang dari 15° relatif ke Selatan dan Tenggara.
2. Di daerah ini terdapat 5 (lima) gua dengan keunikan ornamen dan sejarahnya, yang diidentifikasi dapat dikembangkan sebagai geotourism, yaitu Gua Bentar, Gua Cabe, Gua Grengseng, Gua Pakubon, dan Gua Tritis. Berdasarkan penerapan CRMR, Gua Bentar mempunyai total skor 68 (*Fair/Rasional*), Gua Cabe = 75 (*Good/Baik*), Gua Grengseng = 47 (*Poor/Buruk*), Gua Pakubon = 81 (*Good/Baik*), Gua Tritis = 79 (*Good/Baik*). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Gua Cabe, Gua Pakubon, dan Gua Tritis secara geoteknik layak dijadikan obyek wisata gua, Gua Bentar cukup layak, sedangkan Gua Grengseng tidak layak, karena berisiko mengalami keruntuhan atap gua. Hal ini dikarenakan kerapatan kekar yang tinggi, atap gua tipis, dan dekat dengan sumber getaran (jalan).
3. Apabila Gua Grengseng akan dikembangkan sebagai obyek wisata, maka perlu dilakukan perlakuan secara geoteknik, menerapkan metode penyangga (*supporting*), misalnya dengan *grouting*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendanaan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Sehubungan dengan itu, penulis menyampaikan apresiasi yang tinggi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak institusi atas dukungannya dalam operasional penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2018), *Gunungkidul dalam Angka*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Gunungkidul
- Cahyadi A. (2013), Tingkat Pengetahuan Masyarakat terhadap Keberadaan dan Penyebab Kerusakan Sumberdaya Air Sungai Bawah Tanah di Kawasan Karst Gunungsewu, *Geomedia*, Vol 11, No. 2: 253 -260
- Cahyadi, A. (2017), Sumberdaya Lahan Kawasan Karst Gunungsewu, [https://www.researchgate.net/publication/326114734 Sumberdaya Lahan Kawasan Karst Gunungsewu](https://www.researchgate.net/publication/326114734_Sumberdaya_Lahan_Kawasan_Karst_Gunungsewu)
- Dowling, RK. (2013), Global Geotourism – An Emerging Form of Sustainable Tourism. *Czech Journal of Tourism*, 2(2), 59-79. DOI: 10.2478/cjot-2013-0004.
- Franklin, J.A & Dusseault, M.B. (1989), *Rock Engineering*, McGraw Hill Publishing Company, New York.
- Kubalikova, L. (2013). Geomorphosite assessment for geotourism purposes. *Czech Journal of Tourism*, 2(2), 80-104. DOI: 10.2478/cjot-2013-0005.
- Kusumayudha, S. B., Zakaria, M.F., Prastistho, B., Rahatmawati, I., Setyaningrum, T. (2020), The Potencies of Cave Geo-Ecotourism Development in Tanjungsari District, Gunungkidul Regency, Yogyakarta Special Region, *LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta Conference Series Proceeding on Political and Social Science (PSS) Volume*

- 1Number 1 (2020): 309-322, <http://proceeding.researchsynergypress.com/index.php/pss/article/view/208>
- Kusumayudha, SB. (2018), *Mengenal Hidrogeologi Karst*, penerbit Pohon Cahaya, Yogyakarta
- Kusumayudha, SB. (2005), *Hidrogeologi Karst dan Geometri Fraktal di Daerah Gunungsewu*, Adicita Publisher, Yogyakarta
- Kusumayudha, SB (2002), Sistem Hidrogeologi Gunungsewu, *Buku: Sumberdaya Geologi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah*, IAGI, Pengda DIY-Jateng, pp 128 – 139
- Kusumayudha SB. & A. Santoso, (1998), Daerah Aliran Sungai Bawah Tanah di Gunungsewu Berdasarkan Peta Anomali Gravitasi dan Pola Struktur Geologi, *Pros PIT HAGI XXIII*: 66- 72
- Rahatmawati, I., Kusumayudha, S.B., Prastistho, B., Setyaningrum, T., Zakaria, M.F., Priyandhita, N. (2020), The Intention to Repeat Visit Tourist Visits on The Geotourism Object of Cave Bentar, Tanjungsari, Gunungkidul, Yogyakarta, Indonesia, *Journal of Environmental Management and Tourism*, Vol 11 No 8, pp 1931-1937, doi: [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.8\(48\).00](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.8(48).00)
- Puspitasari, P., Rahatmawati, I. (2017), Mapping Potensi Wisata dalam Upaya Tata Kelola Green Ecotourism di Kabupaten Kaimana, Provinsi Papua Barat, Indonesia, *Pros. Seminar Nasional & Call for Paper dalam rangka 59 Tahun Fakultas Ekonomi dan Bisnis*, UPN “Veteran” Yogyakarta
- Suyoto, (1994), Sekuen Stratigrafi Karbonat Gunungsewu, *Pros PIT IAGI XXIII*, Vol I: 67-76
- Zakaria, M.F., Kusumayudha, S.B., Prastistho, B., Rahatmawati, I., Setyaningrum, T. (2020), Subsurface Identification as Preliminary Survey of Geo-Ecotourism Cave Development using Electrical Tomography Resistivity (ERT) Method in Tritis Cave and its Surrounding, Tanjungsari District, Gunungkidul Regency, Yogyakarta Special Territory, Indonesia, *Pros. International Conference on Earth Science, Mineral, and Energy*, Fakultas Teknologi Mineral.
- <https://notaclueadventures.com/2015/03/blog/ecotourism-vs-geotourism>