

KAJIAN SPASIAL EKSOKARST DAN ENDOKARST DI DESA ARGAPURA KECAMATAN CIGUDEG KABUPATEN BOGOR, JAWA BARAT

Fairuz Hasna' Alfiyyah

Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Indonesia
Email: fairuz.alfiyyah@gmail.com

ABSTRAK

Potensi berkembangnya kawasan karst di Indonesia sangat tinggi dikarenakan penyebaran batuan pembentuknya (batuan karbonat) mencapai luas lebih dari 15,4 juta hektar. Namun, banyak kawasan karst di Indonesia yang belum dikenali bahkan terancam kelestariannya. Pengembangan penelitian karst di Indonesia sangat penting sebagai langkah awal pengelolaan karst lebih lanjut. Pengelolaan sumber daya alam karst yang lebih baik dapat mempermudah masyarakat di berbagai daerah untuk saling memenuhi kebutuhannya. Kemudahan pemenuhan kebutuhan di berbagai daerah, dengan masyarakat yang beragam, berperan dalam memperkuat integrasi bangsa. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kondisi morfologi eksokarst di Desa Argapura, menganalisis pengaruh sumber air dan suhu udara gua terhadap kondisi lorong dan ornamen gua, serta menganalisis persamaan dan perbedaan kondisi segmen lorong gua. Desa Argapura dipilih sebagai wilayah penelitian karena memiliki gua bawah tanah sebagai salah satu indikasi kawasan karst. Metode penelitian yang digunakan adalah overlay data geologi dan bentuk medan, sehingga menghasilkan peta wilayah morfologi eksokarst. Selain itu, dilakukan pemetaan gua untuk mengetahui kondisi gua bawah tanah. Pengaruh sumber air dan suhu udara terhadap kondisi gua dianalisis menggunakan analisis statistik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa morfologi eksokarst di Desa Argapura terdiri atas dolina, dataran aluvial karst, bukit-bukit residual terisolasi, lereng dan perbukitan terkikis, serta lapies. Kondisi lorong dan ornamen gua di Desa Argapura dipengaruhi oleh sumber air dan suhu udara. Pengaruh sumber air dan suhu udara tersebut menghasilkan persamaan dan perbedaan yang digambarkan pada 11 tipe segmen lorong gua yang berbeda.

Kata Kunci: Karst, Bentang Alam Karst, Gua Karst, Ornamen Gua

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menurut Ford dan William (1989), karst merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan tipe bentang alam khusus yang berisi gua dan sistem air bawah tanah yang luas, yang berkembang pada batuan yang sangat mudah larut seperti batugamping, marmer, dan gipsum. Menurut Kasri (1999), penyebaran batuan karbonat (khususnya batugamping) di Indonesia memiliki luas lebih dari 15,4 juta hektar. Luas penyebaran tersebut mencapai lebih dari delapan persen dari total luas daratan di Indonesia. Kawasan batugamping merupakan kawasan yang potensial untuk berkembang menjadi kawasan karst. Hal tersebut dikarenakan kandungan senyawa karbonat pada mineral batugamping mencapai lebih dari 90 persen. Menurut Bahagiarti (2004), lahan karst memang hanya dapat dibentuk oleh batuan yang mudah bereaksi dan larut dalam air. Batuan tersebut umumnya mengandung senyawa karbonat (CO_3) lebih dari 50 persen dari total komposisi mineralnya.

Kawasan karst memang memiliki banyak manfaat mulai dari menyediakan bahan tambang/galian, sumber air tanah, menjaga keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekosistem, hingga sektor pariwisata. Namun, sangat disayangkan banyak kawasan karst di Indonesia yang masih belum dikenali, belum dikelola dengan baik, serta terancam kelestariannya. Menurut Kasri (1999),

banyaknya kawasan karst yang belum dikenali dan belum dikelola dengan baik disebabkan oleh minimnya penelitian dan usaha konservasi terhadap kawasan karst. Menurut LIPI (2012), kelestarian kawasan karst juga semakin terancam oleh aktivitas manusia. Pemanfaatan sumber daya alam hayati karst pun banyak di segi sektoral dan ekonomi jangka pendek saja.

Mengingat manfaat dan pentingnya kawasan karst, maka pengembangan penelitian kawasan karst sangat penting dilakukan sebagai langkah awal pengelolaan kawasan karst lebih lanjut. Pengelolaan sumber daya alam karst yang lebih lanjut (secara lebih baik) dapat mempermudah masyarakat di berbagai daerah untuk saling memenuhi kebutuhannya. Kebutuhan masyarakat yang terpenuhi dapat menjadi salah satu upaya peningkatan kondisi ekonomi dan pembangunan di tiap daerah yang karakteristiknya (wilayah dan masyarakatnya) beragam. Strategi inventarisasi dan pengelolaan sumber daya alam di tiap daerah ini pada akhirnya dapat memperkuat integrasi bangsa, sehingga bangsa Indonesia dapat bersatu untuk bersaing di tingkat internasional.

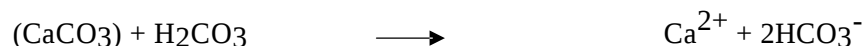
Penelitian sumber daya alam karst pada penelitian ini tidak terbatas pada karst yang berada di permukaan (eksokarst) saja, melainkan juga pada karst yang berada di bawah permukaan (endokarst). Secara morfologi, Bahagiarti (2004) menyatakan bahwa eksokarst memiliki relief permukaan yang khas. Relief permukaan tersebut dapat dikenal sebagai bentang alam karst relief negatif (seperti dolina dan polje) dan bentang alam karst relief positif (seperti dataran aluvial karst dan menara karst). Kemudian, endokarst atau karst di bawah permukaan terdiri atas gua-gua yang dapat ditemui pada kedalaman bervariasi sesuai dengan kedalaman proses karstifikasi itu sendiri. Kawasan karst memang identik dengan keberadaan gua berornamen. Pembentukan ornamen pada lorong gua terjadi karena adanya pelarutan batuan oleh air yang bersifat asam, dimana sifat asam pada air dipengaruhi oleh besarnya suhu udara.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kondisi morfologi eksokarst di Desa Argapura berdasarkan bentang alam relief negatif dan relief positifnya, menganalisis pengaruh sumber air dan suhu udara gua terhadap kondisi lorong dan ornamen gua, serta menganalisis persamaan dan perbedaan kondisi segmen lorong gua. Desa Argapura dipilih sebagai wilayah penelitian karena memiliki gua bawah tanah sebagai salah satu indikasi kawasan karst. Gua-gua bawah tanah yang terdapat di Desa Argapura merupakan gua alami yang dinamakan sebagai Kawasan Gua Gudawang.

B. Tinjauan Pustaka

Ford and Williams (1989), karst merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan tipe bentang alam khusus yang berisi gua dan sistem air bawah tanah yang luas, yang berkembang pada batuan yang sangat mudah larut seperti batugamping, marmer, dan gipsum.

Menurut Kasri (1999), pembentukan karst ditentukan oleh proses pelarutan batuan, sehingga ditentukan oleh derajat kelarutan dari batugamping yang ada (jenis batugamping), iklim (curah hujan), dan umur batugamping atau lamanya proses pelarutan. Proses pelarutan batugamping yang merupakan proses terpenting pembentukan karst bisa dijelaskan menurut reaksi kimia batugamping dengan air dan kandungan gas CO₂ terlarut sebagai berikut :

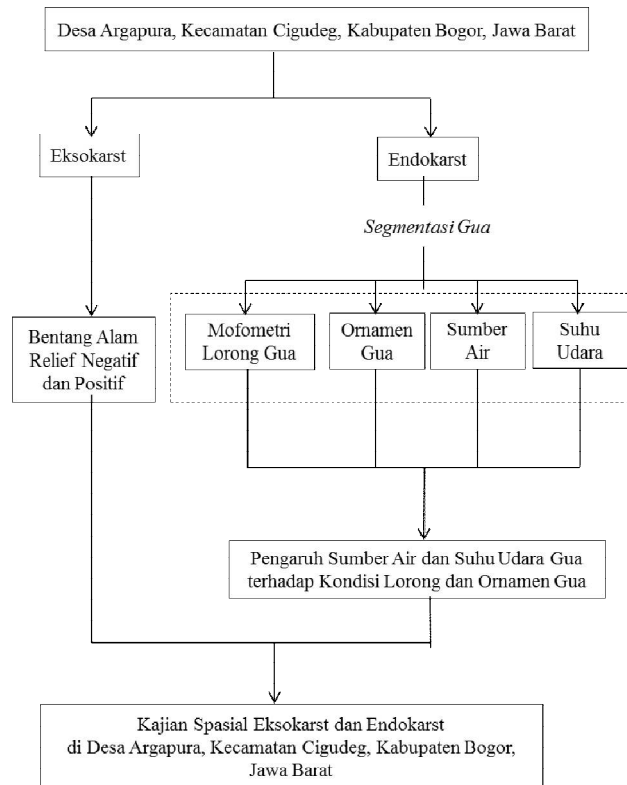


Kandungan gas CO₂ terlarut yang mempengaruhi proses pelarutan batugamping tersebut terutama bersumber dari CO₂ di atmosfer yang diperkaya oleh faktor biologis, dan kegiatan gunung api. Selanjutnya variasi faktor jenis batugamping, struktur geologi, faktor biologi (vegetasi), suhu udara, angin, curah hujan, menghasilkan berbagai variasi bentang alam karst di alam. Menurut Bahagiarti (2004), pada dasarnya kelarutan kalsium karbonat sangat dipengaruhi oleh pH lingkungannya. Di alam, proses pelarutan CaCO₃ cukup kompleks, karena melibatkan asam. Asam yang terlibat di dalam proses reaksi tersebut, pada umumnya merupakan

asam lemah, bukan asam kuat. Asam tersebut terjadi oleh reaksi air permukaan atau air hujan dengan udara (dalam hal ini CO_2), membentuk H_2CO_3 (asam karbonat).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki alur pikir sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan terdiri dari bentang alam relief negatif dan positif, morfometri lorong gua, ornamen gua, sumber air, dan suhu udara gua. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data sekunder dan data primer. Data sekunder didapatkan dari instansi/lembaga/konsultan, dimana data yang dikumpulkan berkaitan dengan gambaran wilayah penelitian. Data yang dikumpulkan dapat berupa data *hardcopy* (seperti peta cetak) ataupun data digital (seperti peta digital dan *.shp*). Kemudian, data primer didapatkan dengan melakukan survei lapangan, dimana survei yang dilakukan dalam penelitian ini berbentuk pemetaan gua. Penelitian ini memetakan gua-gua yang berada di Kawasan Gua Gudawang, Desa Argapura, terutama tiga gua utamanya (Masigit, Simenteng, dan Sipahang).

Pengolahan data penelitian ini terbagi atas pengolahan data karst permukaan (eksokarst) dan karst di bawah permukaan (endokarst). Pengolahan data karst permukaan terkait dengan pembuatan peta-peta yang terkait wilayah penelitian, termasuk peta pembagian wilayah morfologi eksokarst di Desa Argapura. Peta pembagian wilayah morfologi eksokarst tersebut didapatkan dengan cara melakukan deliniasi dari hasil *overlay* data geologi dan bentuk medan Desa Argapura. Lalu, pengolahan data karst di bawah permukaan terkait dengan tabulasi data-data yang didapatkan dari pemetaan gua. Hasil tabulasi data tersebut dapat diolah kembali untuk pembuatan peta gua 3 dimensi dan juga penghitungan statistik endokarst. Setelah itu, dilakukan juga pembagian segmen lorong gua beserta

klasifikasi tipe segmen lorongnya. Pembagian segmen lorong dan penentuan tipe segmen lorong ditentukan berdasarkan karakteristik tertentu.

Setelah semua data selesai diolah, dilakukan analisis data menggunakan analisis keruangan dan analisis statistik inferensial. Analisis keruangan dilakukan di permukaan untuk mengetahui bagaimana kondisi bentang alam relief negatif dan positif yang berada di kawasan karst Desa Argapura. Analisis keruangan juga dilakukan di bawah permukaan untuk mengetahui karakteristik fisik gua (persamaan dan perbedaan antar segmen lorong gua) di Kawasan Gua Gudawang, Desa Argapura. Kemudian, dilakukan juga analisis statistik inferensial untuk mengetahui pengaruh atau korelasi antara 'sumber air dan suhu udara gua' terhadap 'volume lorong gua dan volume ornamen gua'.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Eksokarst di Desa Argapura, Cigudeg, Bogor, Jawa Barat

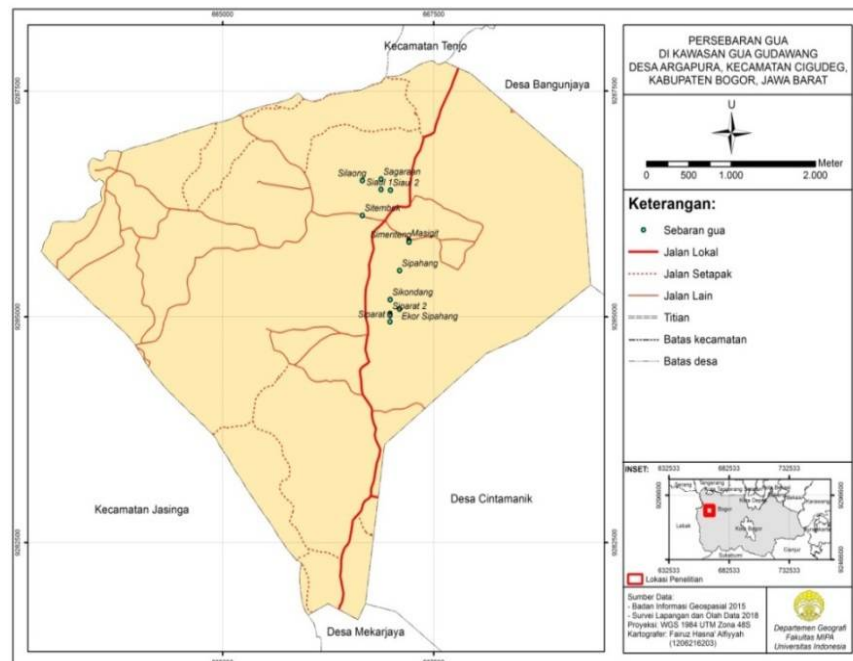
1. Persebaran Gua di Kawasan Gua Gudawang, Desa Argapura

Gua yang disurvei dalam penelitian ini terdiri atas 13 titik, dimana terdiri atas 11 pintu masuk (mulut gua) gua dan 2 pintu keluar gua. Terdapat tiga gua utama yang telah dikelola untuk keperluan wisata, yaitu, Gua Masigit, Simenteng, dan Sipahang. Gua yang telah disurvei di Kawasan Gua Gudawang terdiri atas:

Tabel 1. Daftar Gua di Kawasan Gua Gudawang, Desa Argapura

No	Nama Gua	Koordinat X	Koordinat Y	Kemiringan Mulut Gua (°)
1	Masigit	667206	9285842	-11
2	Simenteng	667206	9285827	-33
3	Sipahang	667094	9285511	-18
4	Ekor Sipahang	667093	9285086	-16
5	Sikondang	666983	9285189	-16
6	Siparat 1	666982	9284944	-9
7	Siparat 2	666982	9285037	-24
8	Ekor Siparat 1	666982	9285013	-13
9	Sitembok	666654	9286121	-18
10	Sagaraan	666876	9286523	-24
11	Silaong	666655	9286506	-30
12	Siaul 1	666876	9286407	-18
13	Siaul 2	666986	9286401	-18

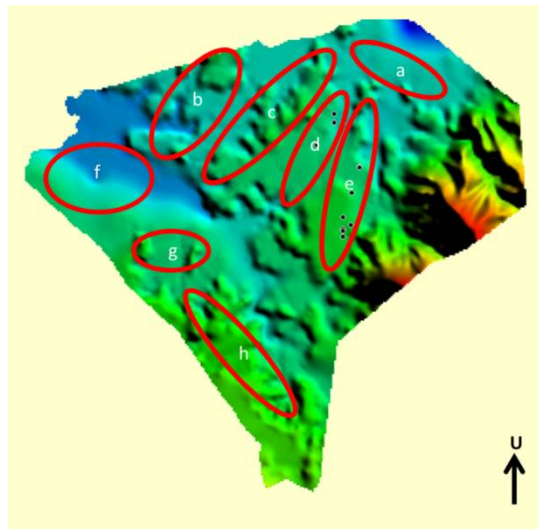
(Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2018)



Gambar 2. Persebaran Gua di Kawasan Gua Gudawang, Desa Argapura

2. Bentang Alam Karst Relief Negatif dan Positif di Desa Argapura

Bentang alam karst relief negatif dan positif di Desa Argapura ditentukan berdasarkan kondisi bentuk medan dan geologinya. Bentuk medan Desa Argapura dibagi ke dalam wilayah tertentu, dimana pembagiannya dilakukan hanya pada formasi geologi Bojongmanik dan Rengganis. Dua formasi ini memiliki batu yang berpotensi untuk terbentuk menjadi karst, yaitu batugamping, batupasir, dan batulempung. Pembagian wilayah morfologi eksokarst di Desa Argapura terdiri atas:

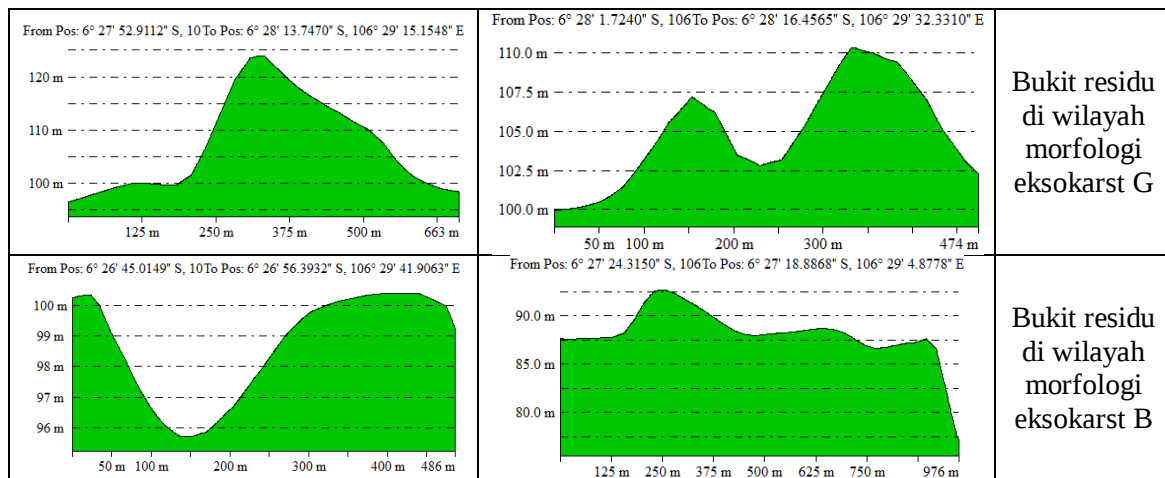


Gambar 3. Morfologi Eksokarst di Desa Argapura
(Sumber: Pengolahan Data, 2018)

a. Bukit-bukit Residual Terisolasi (Karst Relief Positif)

Bukit-bukit residual terisolasi berada pada wilayah morfologi eksokarst B dan G. Bukit-bukit residual terisolasi di Desa Argapura memiliki kemiringan lereng yang agak curam. Bentuk bukit residu yang berada di wilayah morfologi eksokarst G adalah kerucut, dengan ketinggian bukitnya mencapai 10 – 20 meter. Kondisi berbeda ditemukan pada bukit residu

yang berada di wilayah morfologi eksokarst B. Bukit residu wilayah morfologi eksokarst B cenderung memiliki bukit berbentuk kubah dengan puncak yang lebih datar. Ketinggiannya bukitnya pun lebih kecil, yaitu 5 - 10 meter.



Gambar 4. Penampang Melintang Bukit Residual Terisolasi di Desa Argapura
(Sumber: Pengolahan Data, 2018)

b. Dataran Aluvial Karst (Karst Relief Positif)

Dataran aluvial karst Desa Argapura berada pada wilayah morfologi eksokarst A dan F. Dataran aluvial ini memiliki ciri bentuk medan yang datar dan dipisahkan oleh perbukitan. Batuan penyusunnya didominasi oleh batulempung dan proses pembentukannya terjadi karena pelarutan dan erosi. Bentang alam relief positif ini dapat terbentuk karena didukung oleh adanya erosi dari sungai yang mengalir di wilayah tersebut. Dataran aluvial tersebut berada pada ketinggian rata-rata 75 mdpl dengan kemiringan lereng yang sangat landai hingga datar.

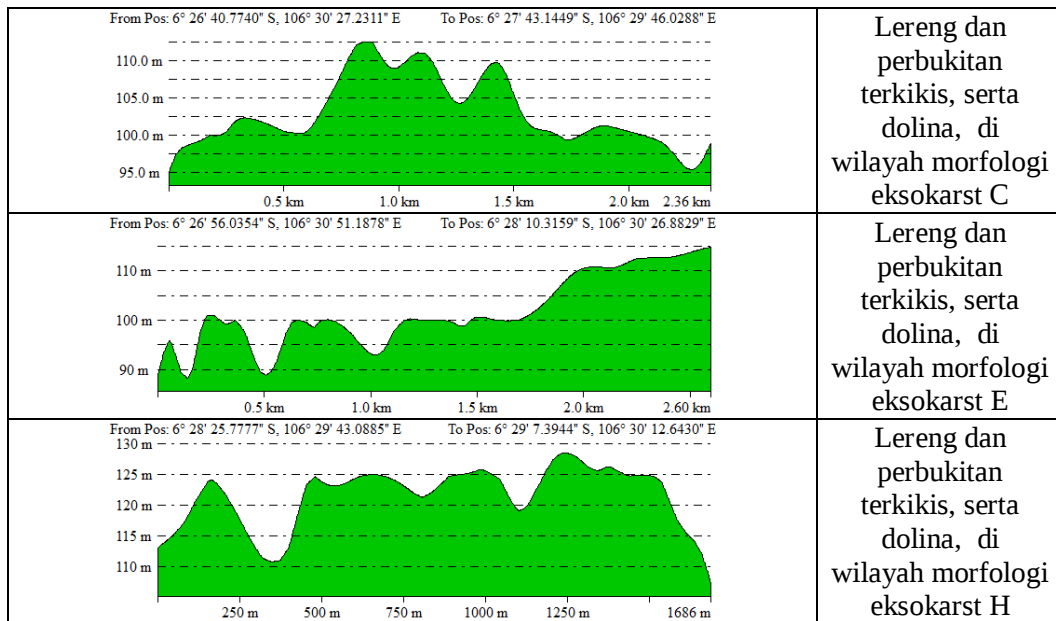
c. Dolina antara Dua Jajaran Perbukitan Terkikis (Karst Relief Negatif)

Dolina Desa Argapura berada pada wilayah morfologi eksokarst D. Dolina ini sangat luas dan lebih curam dibandingkan dolina lainnya yang ada di Desa Argapura. Hal tersebut dikarenakan dolina ini berada pada dua jajaran perbukitan yang panjang. Dolina ini tidak memiliki aliran permukaan, dimana aliran hujan hanya mengalir sementara dan sebagian lagi langsung meresap ke bawah permukaan.

d. Lereng dan Perbukitan Terkikis (Karst Relief Positif), serta Dolina (Karst Relief Negatif)

Lereng dan perbukitan terkikis Desa Argapura berada pada wilayah morfologi eksokarst C, E, dan H. Kemiringan lereng dan perbukitan terkikis di Desa Argapura rata-rata agak curam. Bentuk perbukitan terkikis yang berada di wilayah morfologi eksokarst C adalah kerucut, dengan ketinggian bukitnya mencapai 10 – 15 meter dari dataran di sekitarnya. Selanjutnya, bentuk perbukitan yang berada di wilayah morfologi eksokarst E adalah kerucut, dengan ketinggian bukitnya mencapai 10 meter. Perbukitan di wilayah morfologi eksokarst E lebih homogen ketinggiannya dibandingkan dengan perbukitan di wilayah morfologi eksokarst C. Terakhir, bentuk perbukitan yang berada di wilayah morfologi eksokarst H adalah kerucut dengan puncak yang sempit hingga agak datar. Ketinggian perbukitan di wilayah ini paling tinggi jika dibandingkan perbukitan terkikis di dua wilayah morfologi eksokarst lainnya.

Dolina Desa Argapura yang berada pada wilayah morfologi eksokarst C, E, dan H merupakan dolina yang berukuran kecil. Dolina pada perbukitan ini terletak pada bagian sinklin. Dolina di wilayah morfologi eksokarst C cenderung curam pada beberapa bagian dan terletak pada ketinggian yang tinggi. Dolina di wilayah morfologi eksokarst E sama curamnya tapi terletak di ketinggian yang lebih rendah dibandingkan di wilayah morfologi eksokarst C. Dolina di wilayah morfologi eksokarst H memiliki kecuraman dan letak ketinggian paling besar dibandingkan dua wilayah morfologi eksokarst lainnya.



Gambar 5. Penampang Melintang Lereng & Perbukitan Terkikis, serta Dolina di Desa Argapura (Sumber: Pengolahan Data, 2018)

e. *Microkarst* (Kasrt Relief Negatif)

Microkarst yang berada di kawasan karst Desa Argapura adalah *lapies* atau *karen*. *Lapies* ini ditemukan dekat dengan Gua Masigit dan Gua Simenteng. Lokasi tersebut masuk dalam pembagian wilayah morfologi eksokarst E. *Lapies* memiliki relief yang berongga-rongga dan kasar.

B. Endokarst di Desa Argapura, Cigudeg, Bogor, Jawa Barat

1. Morfometri Lorong Gua di Desa Argapura

Morfometri lorong gua di Desa Argapura diamati berdasarkan panjang lorong, lebar lorong, tinggi lorong, kemiringan lorong, dan volume lorong. Pemetaan gua dilakukan pada tiga gua wisata di Kawasan Gua Gudawang, untuk dapat mengetahui morfometri lorong gua Desa Argapura. Gua Masigit dan Simenteng memiliki lorong gua yang bercabang, sedangkan Gua Sipahang hanya memiliki satu lorong utama. Namun, Gua Masigit dan Simenteng memiliki panjang lorong yang relatif lebih pendek dibandingkan Gua Sipahang. Lorong Gua Sipahang yang disurvei dalam penelitian ini hanya setengah dari total panjang lorong. Hal tersebut dikarenakan pertimbangan cuaca dan kenaikan air sungai bawah tanah saat melakukan survei.

Gua Masigit memiliki lebar rata-rata lorong yang lebih sempit dibandingkan lebar rata-rata lorong Gua Simenteng dan Sipahang. Gua Sipahang memiliki lorong dengan lebar rata-rata paling besar, tapi ketinggian rata-rata lorongnya justru paling kecil dibandingkan dua gua lainnya. Kemiringan rata-rata lorong Gua Masigit dan Sipahang cenderung datar dengan arah kemiringannya yang positif (menanjak). Kondisi tersebut berbeda dengan kondisi kemiringan

rata-rata lorong di Gua Simenteng, dimana gua tersebut kemiringan rata-rata lorongnya cenderung lebih besar dan memiliki dua arah kemiringan (menanjak dan menurun). Volume rata-rata lorong yang paling kecil terdapat di Gua Masigit, dimana volumenya berkisar $<100 \text{ m}^3$. Lorong 1 Gua Simenteng dan lorong Gua Sipahang memiliki volume rata-rata yang hampir sama. Dua lorong tersebut memiliki volume lorong rata-rata dua kali lebih besar dibandingkan Gua Masigit. Lorong 2 Gua Simenteng memiliki volume rata-rata lorong yang paling besar dibandingkan lorong lainnya. Profil morfometri lorong gua di Kawasan Gua Gudawang, Desa Argapura, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Profil Morfometri Lorong Gua di Desa Argapura

Nama Gua	Lorong	Panjang Gua (m)	Rata-rata			
			Lebar Lorong (m)	Tinggi Lorong (m)	Kemiringan Lorong ($^{\circ}$)	Volume Lorong (m^3)
Masigit	Lorong 1	22,10	4,10	3,68	0,25	95,393
	Lorong 2	14,60	1,90	4,20	4,00	62,076
Simenteng	Lorong 1	207,68	4,49	3,73	-8,56	221,141
	Lorong 2	116,90	5,05	4,35	7,33	388,073
Sipahang	Lorong 1	326,20	4,89	3,27	0,52	261,356

(Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2018)

2. Ornamen Gua di Desa Argapura

Ornamen gua di Desa Argapura diamati berdasarkan jenis ornamen dan volume ornamennya. Ornamen gua disurvei pada tiga gua utama yang ada di Kawasan Gua Gudawang, yaitu Gua Masigit, Simenteng, dan Sipahang. Berdasarkan hasil survei, *form* ornamen yang ditemukan di lapangan hanya *form dripstone* dan *flowstone*. Profil ornamen gua di Kawasan Gua Gudawang, Desa Argapura, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Profil Ornamen Gua di Desa Argapura

Nama Gua	Jenis Ornamen	Rata-rata		
		Panjang (m)	Diameter (m)	Volume (m^3)
Masigit	<i>Stalactite</i>	1,47	1,08	0,52
	<i>Stalagmite</i>	0,77	1,06	0,40
	<i>Coloumn</i>			
	<i>Draperies</i>	0,90	0,80	26,10
	<i>Dripstone</i>	1,43	0,55	20,75
	<i>Flowstone</i>			
Simenteng	<i>Stalactite</i>	0,97	0,64	0,22
	<i>Stalagmite</i>	1,00	1,10	0,62
	<i>Coloumn</i>	2,50	1,30	190,17
	<i>Draperies</i>			
	<i>Dripstone</i>			
	<i>Flowstone</i>	1,93	1,97	100,65

Nama Gua	Jenis Ornamen	Rata-rata		
		Panjang (m)	Diameter (m)	Volume (m ³)
Sipahang	<i>Stalactite</i>	0,51	0,35	0,08
	<i>Stalagmite</i>	0,55	0,55	0,04
	<i>Coloumn</i>	1,70	0,40	12,60
	<i>Draperies</i>	2,30	1,45	173,97
	<i>Dripstone</i>			
	<i>Flowstone</i>	1,43	2,43	721,01

(Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2018)

3. Pengaruh Sumber Air dan Suhu Udara terhadap Kondisi Lorong dan Ornamen Gua di Desa Argapura

Gua Simenteng dan Sipahang memiliki keberadaan sumber air yang sama, berupa sungai bawah tanah. Tiga gua tersebut juga memiliki tipe jatuh air yang sama, berupa tetesan dan aliran. Suhu udara rata-rata yang paling tinggi terdapat di Gua Simenteng dan yang paling rendah terdapat di Gua Masigit. Tingginya suhu udara rata-rata di Gua Simenteng kemungkinan besar dipengaruhi oleh kondisi penerangan gua yang sudah dimodifikasi. Beberapa segmen lorong Gua Masigit telah dipasang lampu listrik, sehingga turut mempengaruhi besar suhu udara di dalam gua.

Tabel 4. Hasil Analisis Korelasi – Pengaruh Sumber Air dan Suhu Udara terhadap Volume Ornamen Gua

Correlations

		Volume_ornamen	Suhu_udara	KSA_D1	TJA_D2
Volume_ornamen	Pearson Correlation	1	-,053	,543**	-,464*
	Sig. (2-tailed)		,784	,002	,011
	N	29	29	29	29
Suhu_udara	Pearson Correlation	-,053	1	,342	-,363
	Sig. (2-tailed)	,784		,069	,053
	N	29	29	29	29
KSA_D1	Pearson Correlation	,543**	,342	1	-,794**
	Sig. (2-tailed)	,002	,069		,000
	N	29	29	29	29
TJA_D2	Pearson Correlation	-,464*	-,363	-,794**	1
	Sig. (2-tailed)	,011	,053	,000	
	N	29	29	29	29

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

(Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2018)

Berdasarkan tabel 4, suhu udara memiliki korelasi yang lemah karena nilainya mendekati 0. Nilai signifikansinya pun tidak signifikan karena jauh di atas taraf kepercayaan. Kemudian, keberadaan sumber air (KSA_D1) memiliki korelasi yang kuat dengan nilai 0,543. Korelasinya pun signifikan baik pada taraf kepercayaan 0,01 maupun 0,05. Terakhir, tipe jatuhnya air (TJA_D2) memiliki korelasi cukup kuat dengan nilai -0,464. Namun, korelasinya hanya signifikan pada taraf kepercayaan 0,05 saja.

Tabel 5. Hasil Analisis Korelasi – Pengaruh Sumber Air dan Suhu Udara terhadap Volume Lorong Gua

Correlations

		Volume_lorong	Suhu_udara	KSA_D1	TJA_D2
Volume_lorong	Pearson Correlation	1	,130	-,424**	,131
	Sig. (2-tailed)		,362	,002	,358
	N	51	51	51	51
Suhu_udara	Pearson Correlation	,130	1	-,059	-,257
	Sig. (2-tailed)	,362		,680	,068
	N	51	51	51	51
KSA_D1	Pearson Correlation	-,424**	-,059	1	-,018
	Sig. (2-tailed)	,002	,680		,898
	N	51	51	51	51
TJA_D2	Pearson Correlation	,131	-,257	-,018	1
	Sig. (2-tailed)	,358	,068	,898	
	N	51	51	51	51

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2018)

Berdasarkan tabel 5, suhu udara memiliki korelasi yang lemah karena nilainya mendekati 0. Nilai signifikansinya pun tidak signifikan karena jauh di atas taraf kepercayaan. Kemudian, keberadaan sumber air (KSA_D1) memiliki korelasi yang cukup kuat dengan nilai -0,424. Korelasinya signifikan hanya pada taraf kepercayaan 0,01. Terakhir, tipe jatuhnya air (TJA_D2) memiliki korelasi yang lemah dengan nilai 0,131. Nilai signifikansinya pun jauh di atas taraf kepercayaan.

4. Klasifikasi Tipe Segmen Lorong Gua di Desa Argapura

Segmen lorong gua di Desa Argapura terbagi berdasarkan 11 tipe dengan karakteristik sebagai berikut:

Tabel 6. Tipe Segmen Lorong Gua di Desa Argapura

No	Tipe Segmen	Satuan Geologi	Keberadaan Sumber Air	Tipe Jatuhnya Air	Suhu Udara (°C)	Kemiringan Lorong (°)	Volume Lorong (m ³)
1	Tmb - Sw2da	Formasi Bojongmanik	Sungai bawah tanah	Tetes	Rendah	Datar	Kecil
2	Tmb - Sw2do	Formasi Bojongmanik	Sungai bawah tanah	Tetes	Rendah	Datar	Sedang
3	Tmb - Sw2bo	Formasi Bojongmanik	Sungai bawah tanah	Tetes	Rendah	Bergelombang	Sedang
4	Tmb - Sx2da	Formasi Bojongmanik	Sungai bawah tanah	Aliran	Rendah	Datar	Kecil
5	Tmb - Sx2do	Formasi Bojongmanik	Sungai bawah tanah	Aliran	Rendah	Datar	Sedang
6	Tmb - Sy1da	Formasi Bojongmanik	Sungai bawah tanah	Tetes dan aliran	Tinggi	Datar	Kecil
7	Tmb - Sz2da	Formasi Bojongmanik	Sungai bawah tanah	-	Rendah	Datar	Kecil
8	Tmb - Tw1da	Formasi Bojongmanik	-	Tetes	Tinggi	Datar	Kecil

No	Tipe Segmen	Satuan Geologi	Keberadaan Sumber Air	Tipe Jatuhnya Air	Suhu Udara (°C)	Kemiringan Lorong (°)	Volume Lorong (m ³)
9	Tmb - Tw2da	Formasi Bojongmanik	-	Tetes	Rendah	Datar	Kecil
10	Tmb - Ty2da	Formasi Bojongmanik	-	Tetes dan aliran	Rendah	Datar	Kecil
11	Tmb - Tz1ca	Formasi Bojongmanik	-	-	Tinggi	Curam	Kecil

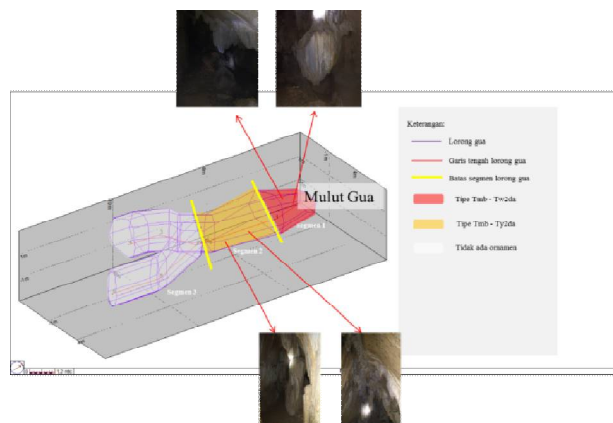
(Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2018)

5. Kondisi Segmen Lorong Gua di Desa Argapura

a. Gua Masigit

Mulut Gua Masigit terletak pada koordinat 667206 dan 9285842. Mulut gua ini memiliki kemiringan lereng -11 derajat, dengan lebar 2,9 meter dan tinggi 2,1 meter. Kemiringan lerengnya yang menurun sesuai dengan kondisi bentuk medan di lapangan, yaitu bergelombang pada mulut gua dan berubah menjadi datar pada segmen-segmen selanjutnya. Suhu udara mulut guanya mencapai 29,6°C, dan tidak terdapat sumber air dekat mulut gua. Gua Masigit memiliki dua percabangan lorong dan panjang lorong utamanya paling kecil dibandingkan dua gua lainnya.

Jika dikaitkan dengan klasifikasi tipe segmen lorong gua di Desa Argapura, segmen 2 Gua Masigit tergolong ke dalam tipe Tmb - Ty2da dan segmen 3 tergolong ke dalam tipe Tmb - Tw2da. Dua tipe segmen lorong tersebut memiliki perbedaan pada tipe jatuhnya air. Hasil klasifikasi tipe segmen lorong Gua Masigit dapat dilihat pada peta berikut:

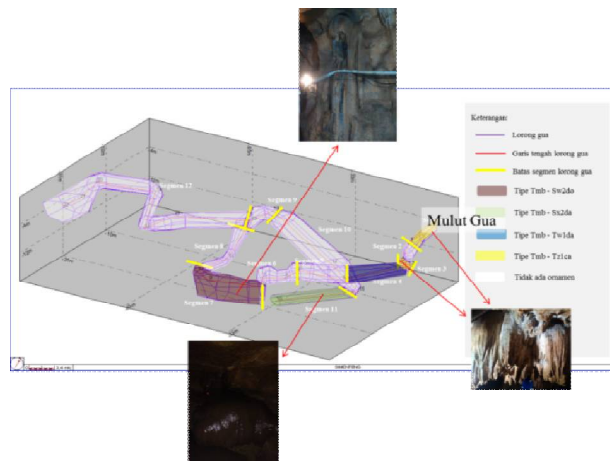


Gambar 6. Klasifikasi Tipe Segmen Lorong dan Pemetaan Ornamen Gua Masigit
(Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2018)

b. Gua Simenteng

Mulut Gua Simenteng terletak pada koordinat 667206 dan 9285827. Mulut gua ini memiliki kemiringan lereng -33 derajat, dengan lebar 3,7 meter dan tinggi 2,61 meter. Suhu udara di mulut guanya mencapai 31°C dan tidak terdapat sumber air dekat mulut gua. Gua ini telah dimodifikasi dengan adanya tangga semen dan lampu listrik pada beberapa segmen lorong gua. Gua Simenteng memiliki dua cabang lorong yang terbagi dalam dua belas segmen lorong gua. Terdapat beberapa segmen lorong gua yang dialiri sungai bawah tanah, yaitu segmen 7, 9, 10, 11, dan 12. Segmen-segmen tersebut dialiri sungai bawah tanah karena pada segmen tersebut jalur guanya telah berpindah dari punggung ke lembah.

Jika dikaitkan dengan klasifikasi tipe segmen lorong gua di Desa Argapura, Gua Simenteng memiliki empat tipe segmen yang berbeda, yaitu tipe Tmb - Tz1ca, Tmb - Tw1da, Tmb - Sw2do, dan Tmb - Sx2da. Tipe Tmb - Tz1ca terdapat pada segmen 1 dan 3 Gua Simenteng, tipe Tmb - Tw1da terdapat pada segmen 4, tipe Tmb - Sw2do terdapat pada segmen 7, dan tipe Tmb - Sx2da terdapat pada segmen 11. Segmen 1 dan segmen 3 mempunyai tipe segmen lorong yang sama dikarenakan lokasi segmennya yang saling berdekatan. Tipe segmen Tmb - Tz1ca merupakan tipe yang paling berbeda dibandingkan tipe segmen lorong lainnya. Tipe segmen ini merupakan satu-satunya yang tidak memiliki sumber air dan memiliki kemiringan lorong yang curam. Jika dilihat dari morfometrinya, segmen 1 – segmen 3 Gua Masigit memang memiliki kemiringan lorong dan azimuth yang paling mencolok dibandingkan segmen lorong lainnya. Tipe Tmb - Tw1da memiliki ciri yang hampir sama dengan tipe segmen 2 Gua Masigit, namun terdapat perbedaan pada suhu udara rata-ratanya. Segmen 7 dan 11 memiliki tipe segmen lorong yang hampir sama. Perbedaannya terletak hanya pada tipe jatuh airnya dan volume lorongnya. Hasil klasifikasi tipe segmen lorong Gua Simenteng dapat dilihat pada peta berikut:

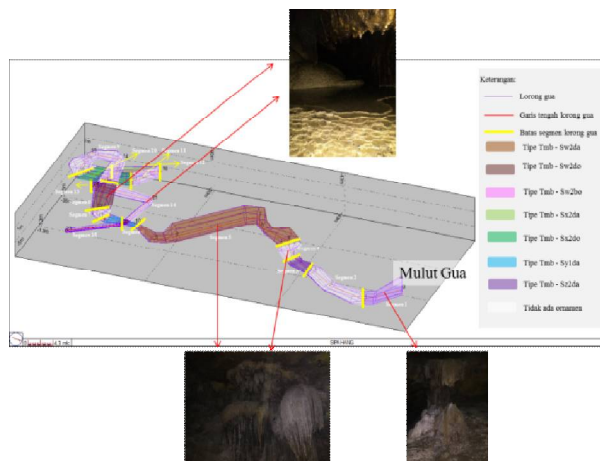


Gambar 7. Klasifikasi Tipe Segmen Lorong dan Pemetaan Ornamen Gua Simenteng
(Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2018)

c. Gua Sipahang

Mulut Gua Sipahang terletak pada koordinat 667084 dan 9285511. Mulut gua ini memiliki kemiringan lereng -18 derajat, dengan lebar 4,84 meter dan tinggi 6,6 meter. Mulut Gua Sipahang memiliki lebar dan tinggi paling besar dibandingkan Gua Masigit dan Simenteng. Suhu udara di mulut guanya tergolong paling rendah dibandingkan suhu di dua mulut gua lainnya, yaitu hanya sebesar 27,3°C dan terdapat sungai bawah tanah saat memasuki mulut gua. Tidak seperti dua gua lainnya yang bercabang, Gua Sipahang hanya memiliki satu lorong utama. Terdapat total 15 segmen dari panjang lorong yang telah survei di Gua Sipahang, dimana seluruh lorong tersebut dialiri sungai bawah tanah. Keberadaan sungai bawah tanah tersebut dikarenakan letak Gua Sipahang yang berada di lembah.

Jika dikaitkan dengan klasifikasi tipe segmen lorong gua di Desa Argapura, Gua Sipahang memiliki tujuh tipe segmen gua yang dua di antaranya memiliki ciri yang sama dengan tipe segmen di Gua Simenteng. Gua Sipahang memiliki tipe segmen lorong gua berupa tipe Tmb - Sw2bo, Tmb - Sz2da, Tmb - Sw2da, Tmb - Sy1da, Tmb - Sw2do, Tmb - Sz2do, serta Tmb - Sx2da. Tipe Tmb - Sw2bo terdapat pada segmen 1, Tmb - Sz2da terdapat pada segmen 3, Tmb - Sw2da terdapat pada segmen 5 dan 14, tipe Tmb - Sy1da terdapat pada segmen 6, tipe Tmb - Sw2do terdapat pada segmen 8, Tmb - Sx2do terdapat pada segmen 10, dan tipe Tmb - Sx2da terdapat pada segmen 12. Hasil klasifikasi tipe segmen lorong Gua Sipahang dapat dilihat pada peta berikut:



Gambar 8. Klasifikasi Tipe Segmen Lorong dan Pemetaan Ornamen Gua Sipahang
(Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2018)

KESIMPULAN

Pertama, eksokarst Desa Argapura berada pada Formasi Bojongmanik dan Formasi Rengganis, dimana formasi tersebut memiliki jenis batuan yang berpotensi untuk terbentuk menjadi karst. Batu-batu tersebut adalah batugamping, batupasir, dan batulempung. Bentang alam relief positif lebih mendominasi di Desa Argapura, terutama dibagian tengah dan selatan wilayah penelitian. Bentang alam relief positif tersebut terdiri dari dataran aluvial karst, bukit-bukit residual terisolasi, serta lereng dan perbukitan yang terkikis. Bentang alam relief negatif yang terdapat di Desa Argapura terdiri atas dolina dan *lapies* (*microkarst*).

Kedua, sumber air dan suhu udara gua memiliki korelasi yang berbeda terhadap kondisi volume lorong dan ornamen gua. Sumber air memiliki korelasi yang cukup kuat hingga kuat. Sumber air berupa keberadaan sumber air mempengaruhi kondisi volume lorong maupun ornamen gua. Namun, sumber air berupa tipe jatuhnya air hanya mempengaruhi kondisi volume ornamen gua. Kemudian, suhu udara gua ternyata memiliki korelasi yang lemah terhadap kondisi volume lorong dan ornamen gua.

Ketiga, Desa Argapura memiliki 11 tipe segmen lorong gua yang berbeda. Persamaan tipe segmen gua ditemukan pada segmen 7 Simenteng dan segmen 8 Sipahang dengan tipe segmen Tmb - Sw2do (berada pada Formasi Bojongmanik, memiliki sungai bawah tanah, tipe jatuh airnya berupa tetesan, suhu udara rendah, kemiringan lereng datar, dan volume lorong sedang), segmen 11 Simenteng dan segmen 12 Sipahang dengan tipe segmen Tmb - Sx2da (berada pada Formasi Bojongmanik, memiliki sungai bawah tanah, tipe jatuh airnya berupa aliran, suhu udara rendah, kemiringan lorong datar, dan volume lorong kecil), serta segmen 5 dan segmen 14 Gua Sipahang dengan tipe segmen Tmb - Sw2da (berada pada Formasi Bojongmanik, memiliki sungai bawah tanah, suhu udara rendah, kemiringan lereng datar, dan volume lorong kecil).

DAFTAR PUSTAKA

- Bahagiarti, Sari. (2004). *Mengenal Hidrogeologi Karst*. Yogyakarta: Pusat Studi Karst, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Ford, D., dan William, P. (1989). *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Unwin Hyman Ltd.
- Kasri, N. (1999). *Kawasan Karst di Indonesia: Potensi dan Pengelolaan Lingkungannya*. Jakarta: Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- LIPI. (2012). Potensi Karst Indonesia Perlu Dikelola. Diakses di <http://lipi.go.id/berita/single/Potensi-Karst-Indonesia-Perlu-Dikelola/7434> pada Desember 2016