



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERSEBARAN GUA DAN MORFOMETRI ENDOKARST DI
KAWASAN KARST TAJUR-KLAPANUNGGAL, KABUPATEN
BOGOR, JAWA BARAT**

SKRIPSI

**IRA MEGAWATI GUNAWAN PUTRI
0606071563**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERSEBARAN GUA DAN MORFOMETRI ENDOKARST DI
KAWASAN KARST TAJUR-KLAPANUNGGAL,
KABUPATEN BOGOR, JAWA BARAT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

**IRA MEGAWATI GUNAWAN PUTRI
0606071563**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
JULI 201**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ira Megawati Gunawan Putri

NPM : 0606071563

Tanda Tangan : 

Tanggal : 14 Juli 2010

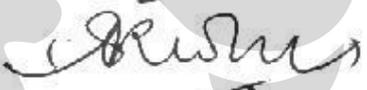
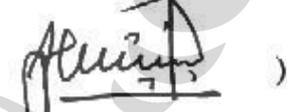
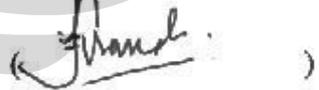
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Ira Megawati Gunawan Putri
NPM : 0606071563
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : Persebaran Gua dan Morfometri Endokarst di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang : Drs. Hari Kartono, MS ()
Pembimbing I : Dra. Astrid Damayanti, M.Si ()
Pembimbing II : Drs. Supriatna, MT ()
Penguji I : Dr. rer. nat. Eko Kusratmoko, MS ()
Penguji II : Drs. Frans Sitanala, MS ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 14 Juli 2010

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Geografi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dra. Astrid Damayanti, M.Si dan Drs. Supriatna, MT, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Ayahku tersayang (R.Wawan Gunawan), Ibuku tercinta (Siti Kulsum) dan seluruh keluargaku serta Ade Saptari yang telah memberikan doa, cinta, bantuan, dukungan, material dan moral;
- (3) Ajeng, Dian, Febriana, Kimi, Niar, Ria, Rida, Shierly, Tina, Wirda, Rizki Fitrahadi, Restu D.Hartono, M.Isma, Malysa Restu, Rina Mardiana, Nirmala, Sinta Devi, Maryati, Siti Komariah, Riza Amelia, Ida S.S serta sahabat lain Mapala UI dan mahasiswa geografi angkatan 2004, 2005, 2006, 2007 dan 2008 yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
- (4) Ahmad Malyan, Mas Sunu Widjanarko, Mas Setyo Rahmadi, Mas Cahyo Nugroho, Mas Cahyo Rahmadi, Mas Pindi, Mas Ario Birowo, dr. R.K.T. Ko dan Mas Edo (Pengelola Linggih Alam) yang telah membantu saya dalam dalam usaha memperoleh data.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Penulis

2010

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ira Megawati Gunawan Putri
NPM : 0606071563
Program Studi : Geografi
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Persebaran Gua dan Morfometri Endokarst di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 14 Juli 2010
Yang menyatakan



(Ira Megawati Gunawan Putri)

ABSTRAK

Nama : Ira Megawati Gunawan Putri
Program Studi : Geografi
Judul : Persebaran Gua dan Morfometri Endokarst di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

Penelitian ini mengkaji mengenai persebaran gua dan morfometri endokarst, dilihat dari geologi dan bentuk medan serta kondisi fisik lorong gua, di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persebaran gua dan morfometri endokarst di kawasan tersebut. Gua yang dijadikan sampel di kawasan tersebut, yaitu Gua Cikenceng dan Gua Cikarae dengan ornamen gua (*speleothem*), yaitu *stalactite*, *stalagmite*, *column*, *draperies* dan *flowstone*. Penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan analisis deskriptif. Hasil penelitian ini menggambarkan bahwa sebaran gua lebih banyak terdapat di formasi Klapanunggal dan bentuk medan dataran bergelombang. Pada kawasan tersebut memiliki 5 (lima) tipe kondisi fisik lorong dan pada setiap kondisi fisik lorong gua tersebut memiliki morfometri ornamen gua (*speleothem*) yang berbeda-beda. Gua Cikarae memiliki jenis dan volume ornamen yang lebih bervariasi dibandingkan Gua Cikarae.

Kata kunci : *column*, *draperies*, endokarst, *flowstone*, gua, morfometri, ornamen gua (*speleothem*), *stalactite*, *stalagmite*.

xii+67 halaman ; 26 gambar; 16 tabel; 9 peta; 3 persamaan
Daftar Pustaka : 21 (1939 – 2010)

ABSTRACT

Name : Ira Megawati Gunawan Putri
Program Study : Geography
Title : The Distribution of Cave and Endokarst Morphometry in Karst Region of Tajur-Klapanunggal, Bogor, West Java

This script discusses about distribution of the cave and endokarst morphometry, which are viewed from geology and landform and physical condition of caves shaft in Karst Region of Tajur-Klapanunggal, Bogor, West Java. This study aims to find out the distribution of cave and endokarst morphometry in karst region. The precedent caves in such area are Cikenceng and Cikarae Cave with *speleothem*, are *stalactite*, *stalagmite*, *column*, *draperies* and *flowstone*. This research is qualitative and having descriptive analysis. The result of research describes the distribution of cave formations are more numerous in Klapanunggal Formation. In this areas has 5 (five) types of shaft physical conditions and in every shaft physical condition has different morphometry of *speleothem*. Cikarae Cave have the type and volume of the *speleothem* that are more variable than Cikenceng Cave.

Keyword : cave, *column*, *draperies*, endokarst, *flowstone*, morphometry, *speleothem*, *stalactite*, *stalagmite*.

xii+67 pages ; 26 pictures; 16 tables; 9 maps; 3 formulas

Bibliography : 21 (1939-2010)

DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| HALAMAN JUDUL..... | |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH..... | iv |
| ABSTRAK..... | v |
| ABSTRACT..... | vi |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR PERSAMAAN..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xi |
| DAFTAR PETA..... | xii |
| 1. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Masalah Penelitian..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Batasan Penelitian..... | 3 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Geologi..... | 5 |
| 2.2 Geomorfologi..... | 6 |
| 2.2.1 Bentuk Medan..... | 6 |
| 2.3 Karst..... | 7 |
| 2.3.1 Pengertian Karst..... | 7 |
| 2.3.2 Pembentukan Karst..... | 7 |
| 2.4 Pengertian Gua..... | 8 |
| 2.4.1 Pengertian Gua..... | 8 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.2 Pemetaan Gua..... | 9 |
| 2.5 Ornamen Gua (<i>Speleothem</i>)..... | 12 |
| 2.5.1 Pengertian Ornamen Gua (<i>Speleothem</i>)..... | 12 |
| 2.5.2 Pembentukan Ornamen Gua..... | 13 |
| 2.5.3 <i>Stalactite</i> | 13 |
| 2.5.4 <i>Stalagmite</i> | 14 |
| 2.5.5 <i>Column</i> | 15 |
| 2.5.6 <i>Draperies</i> | 15 |
| 2.5.7 <i>Flowstone</i> | 16 |
| 2.6 Penelitian Sebelumnya..... | 16 |
| 3. METODOLOGI PENELITIAN..... | 18 |
| 3.1 Alur Pikir Penelitian..... | 18 |
| 3.2 Variabel Penelitian..... | 19 |
| 3.3 Jenis Data..... | 19 |
| 3.3.1 Data Primer..... | 19 |
| 3.3.2 Data Sekunder..... | 20 |
| 3.4 Peralatan..... | 20 |
| 3.4.1 Peralatan Pemetaan dan Pengukuran Ornamen..... | 20 |
| 3.4.2 Peralatan Eksplorasi Gua..... | 21 |
| 3.4.3 Peralatan Pengujian Kalsium Karbonat..... | 21 |
| 3.5 Pengumpulan Data..... | 22 |
| 3.5.1 Data Primer..... | 22 |
| 3.6 Pengolahan Data..... | 23 |
| 3.7 Klasifikasi Kondisi Fisik Lorong Gua di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 25 |
| 3.8 Analisis Data..... | 26 |
| 4. GAMBARAN UMUM..... | 27 |
| 4.1 Letak Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 27 |
| 4.2 Fisiografi Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3 Kondisi Iklim Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 28 |
| 4.4 Geologi Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 28 |
| 4.4.1 Jenis Batuan..... | 28 |
| 4.4.2 Stratigrafi Batuan..... | 29 |
| 4.4.3 Struktur Geologi..... | 29 |
| 4.5 Morfologi Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 29 |
| 4.5.1 Wilayah Ketinggian..... | 29 |
| 4.5.2 Wilayah Kelerengan..... | 30 |
| 5. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 32 |
| 5.1 Hasil..... | 32 |
| 5.1.1 Persebaran Gua Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 32 |
| 5.1.2 Kondisi Fisik Lorong di Gua Cikenceng dan Cikarae..... | 34 |
| 5.1.3 Kondisi Fisik Lorong Gua di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 36 |
| 5.1.4 Morfometri Ornamen Gua (<i>Speleothem</i>)..... | 40 |
| 5.2 Pembahasan..... | 43 |
| 5.2.1 Persebaran Gua Berdasarkan Geologi..... | 43 |
| 5.2.2 Persebaran Gua Berdasarkan Bentuk Medan..... | 44 |
| 5.2.3 Segmen Lorong Gua Cikenceng..... | 46 |
| 5.2.4 Segmen Lorong Gua Cikarae..... | 52 |
| 5.2.5 Region Kondisi Fisik Lorong Gua dengan morfometri Ornamen Gua (<i>Speleothem</i>) di Kawasan Tajur-Klapanunggal..... | 58 |
| 5.2.6 Perbedaan dan persamaan Gua Cikenceng dan Cikarae..... | 64 |
| 6. KESIMPULAN..... | 65 |
| DAFTAR REFERENSI..... | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1. | Evolusi <i>stalactite</i> | 14 |
| Gambar 2.2. | <i>Stalactite</i> dan <i>Stalagmite</i> | 15 |
| Gambar 2.3. | <i>Column</i> | 15 |
| Gambar 2.4. | <i>Draperies</i> | 16 |
| Gambar 2.5. | <i>Flowstone</i> | 16 |
| Gambar 3.1. | Alur pikir penelitian | 18 |
| Gambar 3.2. | Contoh pengukuran pada ornamen | 22 |
| Gambar 5.3. | Sketsa penampang melintang lorong..... | 38 |
| Gambar 5.4. | Sketsa tipe lorong | 39 |
| Gambar 5.5 | Kandungan kalsium karbonat ornamen Gua Cikenceng..... | 40 |
| Gambar 5.6 | Kandungan kalsium karbonat ornamen Gua Cikarae..... | 42 |
| Gambar 5.7 | Kondisi mulut Gua Cikenceng..... | 46 |
| Gambar 5.8 | Kondisi lorong segmen 1 Gua Cikenceng | 46 |
| Gambar 5.9 | Kondisi lorong segmen 2 Gua Cikenceng | 48 |
| Gambar 5.10 | Kondisi lorong segmen 3 Gua Cikenceng | 49 |
| Gambar 5.11 | Kondisi lorong segmen 4 Gua Cikenceng | 51 |
| Gambar 5.12 | Kondisi lorong segmen 5 Gua Cikenceng | 52 |
| Gambar 5.13 | Kondisi mulut Gua Cikarae..... | 53 |
| Gambar 5.14 | Kondisi lorong segmen 1 Gua Cikarae..... | 53 |
| Gambar 5.15 | Kondisi lorong segmen 2 Gua Cikarae | 55 |
| Gambar 5.16 | Kondisi lorong segmen 3 Gua Cikarae | 55 |
| Gambar 5.17 | Kondisi lorong segmen 4 Gua Cikarae | 58 |
| Gambar 5.18 | Region kondisi fisik lorong Gua Cikenceng | 59 |
| Gambar 5.19 | Region kondisi fisik lorong Gua Cikarae | 60 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Pemetaan..... | 10 |
| Tabel 3.1 Contoh tabulasi pengukuran ornamen..... | 23 |
| Tabel 3.2 Contoh tabulasi kondisi fisik lorong gua(pemetaan)..... | 23 |
| Table 3.3 Contoh tabulasi penggambaran sketsa lorong gua..... | 23 |
| Tabel 4.1 Klasifikasi wilayah ketinggian | 29 |
| Tabel 4.2 Klasifikasi wilayah lereng | 30 |
| Tabel 5.1 Klasifikasi bentuk medan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 33 |
| Tabel 5.2 Daftar gua di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal..... | 34 |
| Tabel 5.3 Profil gua di Kawasan Tajur-Klapanunggal..... | 35 |
| Tabel 5.4 Kondisi fisik lorong Gua Cikenceng..... | 35 |
| Tabel 5.5 Kondisi fisik lorong Gua Cikarae | 36 |
| Tabel 5.6 Kondisi fisik lorong gua di Kawasan Tajur-Klapanunggal..... | 38 |
| Tabel 5.7 Morfometri ornamen Gua Cikenceng | 40 |
| Tabel 5.8 Morfometri ornamen Gua Cikarae..... | 41 |
| Tabel 5.9 Morfometri ornamen gua (<i>speleothem</i>) | 61 |
| Tabel 5.10 Perbedaan dan persamaan Gua Cikenceng dan Cikarae | 64 |

DAFTAR PERSAMAAN

| | |
|---|----|
| Persamaan 3.1 Menghitung volume <i>stalactite</i> dan <i>stalagmite</i> | 23 |
| Persamaan 3.2 Menghitung volume <i>draperies</i> , <i>column</i> dan <i>flowstone</i> | 23 |
| Persamaan 3.3 Menghitung ukuran rata-rata ornamen..... | 24 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|--|
| Lampiran 1 Hasil Pengolahan Data Pemetaan Gua Cikenceng | |
| Lampiran 2 Hasil Pengolahan Data Pemetaan Gua Cikarae | |
| Lampiran 3 Contoh perhitungan kandungan kalsium karbonat | |
| Lampiran 4 Gambar 5.1. Pembagian segmen lorong Gua Cikenceng | |
| Lampiran 5 Gambar 5.2. Pembagian segmen lorong Gua Cikarae | |

DAFTAR PETA

Peta 1 Geologi

Peta 2 Wilayah Ketinggian

Peta 3 Wilayah Kelerengan

Peta4 Persebaran Gua

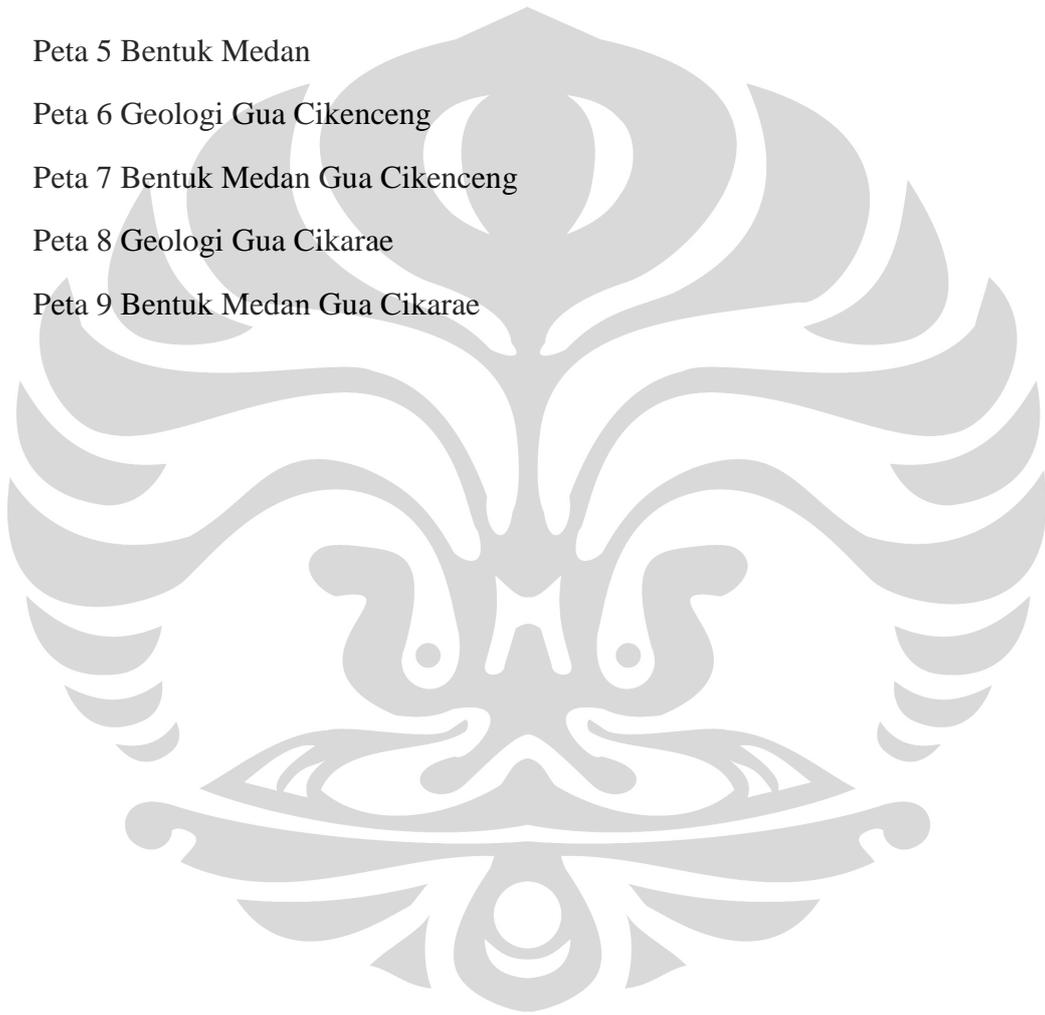
Peta 5 Bentuk Medan

Peta 6 Geologi Gua Cikenceng

Peta 7 Bentuk Medan Gua Cikenceng

Peta 8 Geologi Gua Cikarae

Peta 9 Bentuk Medan Gua Cikarae



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Karst dapat diartikan sebagai bentang alam khas yang berkembang di suatu kawasan batuan karbonat (batugamping dan dolomit) atau batuan lain yang mudah larut yang telah mengalami proses karstifikasi atau pelarutan sampai tingkat tertentu (Kasri et.al, 1999, hlm.2). Topografi karst banyak dijumpai di semua benua yang ada di dunia, antara lain terdapat di Amerika Utara, Amerika Selatan, Eropa, Afrika dan Asia. Karst menunjukkan ciri-ciri morfologi yang khas tergantung di daerah mana karst tersebut terbentuk.

Secara geologi, lahan karst hanya dapat dibentuk oleh batuan yang mudah bereaksi dan larut dalam air, terlebih apabila air itu bersifat asam. Karst paling ideal terbentuk di batugamping, yaitu batuan yang komposisinya lebih dari 90% terdiri atas kalsium karbonat (Bahagiarti, 2004, hlm.2). Dalam hal ini tidak semua batugamping membentuk bentang alam karst, tetapi terjadi juga di batuan lain yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder (terjadi setelah pembentukan batuan) seperti batu gypsum dan batu garam.

Secara morfologi, karst terbagi menjadi dua yaitu eksokarst dan endokarst. Eksokarst merupakan morfologi di dalam topografi karst yang berada di permukaan, sedangkan endokarst merupakan morfologi atau bentukan relief karst yang berada di bawah permukaan. Endokarst memiliki kedalaman bervariasi sesuai dengan kedalaman proses karstifikasi itu sendiri. Gua merupakan salah satu contoh dari morfologi endokarst. Di dalam lorong gua dapat dijumpai morfologi dan ornamen khas, karena bentuknya yang bermacam-macam dan unik. Ornamen gua merupakan karakteristik dari morfologi endokarst.

Gua karst adalah sisa pelarutan zona lemah batuan kapur yang berupa lorong, dikontrol oleh jenis batuan dan dijumpai ornamen gua serta sungai bawah tanah (Bloom, 1977, hlm.155). Ornamen gua (*Speleothem*) memiliki karakteristik

yang berbeda di setiap gua. Hal ini terlihat dari perbedaan ukuran, bentuk dan jenis ornamen.

Kawasan Karst di Indonesia pada dasarnya memiliki potensi yang sangat besar yaitu, memiliki sumber daya air dan bahan galian yang dapat dimanfaatkan serta memiliki keindahan gua-gua yang terdapat di kawasan karst tersebut. Oleh karena itu, kawasan karst perlu diperhatikan dan dijaga kelestariannya. Dalam hal ini, tidak hanya pelestarian terhadap lingkungan kawasan karst saja tetapi juga lingkungan (ekosistem) di dalam gua.

Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal yang terletak di Kecamatan Klapanunggal dan Citeureup, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal merupakan bentang alam karst yang memiliki tipe *Bare* Karst (terbuka) karena bersifat kering dan vegetasinya masih jarang. Kawasan karst tersebut merupakan kawasan karst yang menarik untuk diteliti karena belum banyak penelitian di kawasan tersebut mengenai persebaran gua (morfologi endokarst) terkait dengan geologi dan bentuk medan serta morfometri dari endokarst dengan karakteristik ornamen (*speleothem*) dilihat dari kondisi fisik lorong gua. Kondisi fisik lorong gua tidaklah sama meskipun berada di gua yang sama, sehingga dalam sebuah gua dapat memiliki beberapa jenis kondisi fisik lorong (Istika, 2008, hlm.2).

1.2 Masalah penelitian

1. Bagaimana persebaran gua berdasarkan bentuk medan dan geologi di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat ?
2. Bagaimana morfometri endokarst dengan karakteristik ornamen gua (*speleothem*) dilihat dari kondisi fisik lorong gua Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat ?

1.3 Tujuan penelitian

1. Mengetahui persebaran gua berdasarkan bentuk medan dan geologi di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Oleh

karena itu, terlihat sebaran gua terkait dengan kondisi geologi dan bentuk medan di kawasan tersebut.

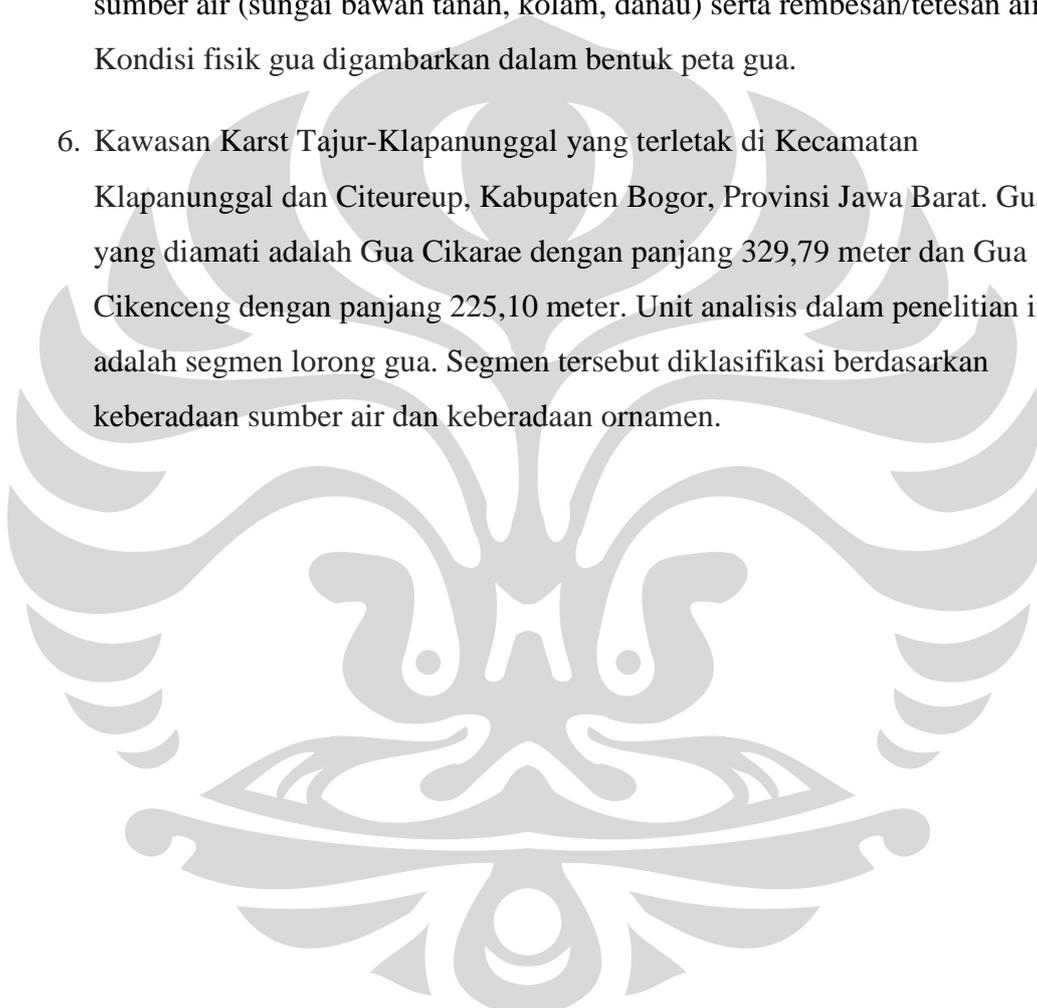
2. Mengetahui morfometri endokarst dengan karakteristik ornamen gua (*speleothem*) di setiap kondisi fisik lorong gua Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat sehingga terlihat bentukan di dalam gua. Hal tersebut berkaitan dengan pelestarian terhadap lingkungan (ekosistem) di dalam gua dan terhadap lingkungan kawasan karst.

1.4 Batasan penelitian

1. Gua merupakan suatu bentukan alami yang terjadi karena pelarutan batuan oleh gerakan air dan gerakan air tersebut mampu menjaga keseimbangannya dengan melarutkan zona lemah batuan sampai di bawah muka air tanah (Bloom, 1977, hlm.157). Dalam penelitian ini yang akan diamati adalah jenis gua karst dengan mulut gua (*entrance*) datar (*horizontal*) yaitu yang memiliki kemiringan sudut 0-45°.
2. Persebaran gua dalam penelitian ini dilihat berdasarkan kondisi geologi dan bentuk medan. Kondisi geologi dalam penelitian ini adalah dengan melihat formasi batuan di wilayah penelitian. Selain itu, bentuk medan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan *overlay* antara ketinggian dengan lereng di wilayah penelitian.
3. Ornamen gua (*speleothem*) adalah suatu bentukan dasar yang terbentuk akibat pertumbuhan mineral hasil pelarutan batugamping di atap, dinding ataupun lantai gua (Gillieson, 1995, hlm.97). Dalam penelitian ini ornamen gua yang diteliti merupakan ornamen dengan klasifikasi bentuk *dripstone* dan *flowstone*, yaitu : *stalactite*, *stalagmite*, *column*, *draperies* dan *flowstone*.
4. Morfometri secara umum adalah mencakup dimensi-dimensi ukuran matematis atau kuantitas dan kualitas dari setiap bentuk muka bumi yang dipetakan. Dalam penelitian ini, morfometri endokarst dengan karakteristik ornamen gua merupakan kajian morfologi karst untuk memberikan deskripsi obyektif tentang bentuk dari ornamen gua yang dinyatakan secara kuantitatif

melalui pengukuran (Istika, 2008, hlm.3). Dalam penelitian ini morfometri yang dimaksud adalah morfometri endokarst dengan karakteristik ornamen gua, mengaji volume ornamen, jumlah setiap jenis ornamen, serta kandungan kalsium karbonat di masing-masing jenis ornamen.

5. Kondisi fisik gua adalah gambaran morfologi gua yang khas mencakup, lebar lorong gua, tinggi lorong gua, kedalaman gua, bentuk lorong, keberadaan sumber air (sungai bawah tanah, kolam, danau) serta rembesan/tetes air. Kondisi fisik gua digambarkan dalam bentuk peta gua.
6. Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal yang terletak di Kecamatan Klapanunggal dan Citeureup, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Gua yang diamati adalah Gua Cikarae dengan panjang 329,79 meter dan Gua Cikenceng dengan panjang 225,10 meter. Unit analisis dalam penelitian ini adalah segmen lorong gua. Segmen tersebut diklasifikasi berdasarkan keberadaan sumber air dan keberadaan ornamen.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi

Geologi merupakan ilmu yang mempelajari lapisan-lapisan yang ada dalam kerak bumi. Selain itu, geologi mempelajari susunan zat serta mempelajari sejarah perkembangan dari bumi serta makhluk-makhluk yang pernah hidup di dalam dan di atas bumi (Katili, hlm.5). Geologi mencakup jenis batuan, stratigrafi batuan dan struktur geologi.

Menurut Katili (hlm.66) bahwa geologi berdasarkan jenis batuan menurut genesanya terbagi menjadi tiga: batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf. Batuan beku merupakan batuan yang terbentuk dari beberapa mineral dan terbentuk akibat pembekuan dari magma. Batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk akibat proses pembatuan atau litifikasi dari hasil proses pelapukan dan erosi yang tertransportasi kemudian terendapkan, contohnya adalah batupasir, batu garam, batugamping, dll. Batuan metamorf adalah batuan yang terbentuk karena proses perubahan temperatur dan tekanan dari batuan yang telah ada sebelumnya. Akibat bertambahnya temperatur dan tekanan, batuan sebelumnya akan berubah tekstur dan struktur yang baru pula.

Geologi berdasarkan stratigrafi merupakan kajian geologi mengenai sejarah, komposisi dan umur relatif serta distribusi perlapisan batuan dan interpretasi lapisan-lapisan batuan untuk menjelaskan sejarah bumi (Katili, hlm.347). Stratigrafi juga dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang aturan, hubungan dan kejadian (geneses) macam-macam batuan di alam dalam kaitan ruang dan waktu. Stratigrafi juga dikenal sebagai kunci untuk memahami hampir semua fenomena yang terjadi di bumi, karena analisis stratigrafi menyediakan informasi tentang peristiwa-peristiwa sepanjang sejarah bumi.

Geologi berdasarkan struktur geologi merupakan kajian geologi mengenai suatu struktur atau kondisi geologi yang ada di suatu daerah sebagai akibat dari

terjadinya perubahan-perubahan di batuan oleh proses tektonik atau proses lainnya. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses suatu pembentukan struktur geologi dari batuan: Sifat elastisitas batuan; *resistivitas*; *plastisitas*; dan *viskositas*. Selain itu, struktur geologi dapat terbentuk akibat suatu gaya, seperti gaya tekan (*kompresi*) dan gaya tarik (*tensi*). Gaya tekan dapat menghasilkan struktur geologi berupa lipatan, sesar, dan penunjaman, sedangkan gaya tarik menghasilkan struktur geologi berupa patahan.

2.2 Geomorfologi

Geomorfologi merupakan ilmu yang mempelajari bentuk-bentuk permukaan bumi yang terjadi karena kekuatan yang bekerja di atas dan di dalam bumi (Katili, hlm.6). Secara geomorfologi bentukan-bentukan khusus yang ada di Indonesia dapat dibedakan menjadi 8 bentukan asal : bentukan asal vulkanik; bentukan asal structural; bentukan asal denudasional; bentukan asal karst/ karstik; bentukan asal *glacial*; bentukan asal angin; bentukan asal fluvial; bentukan asal marin.

Bentukan asal karst tersusun atas batuan kapur yang sifatnya mudah larut oleh air, baik oleh aliran permukaan, aliran vertikal atau aliran bawah permukaan.

Satuan geomorfologi dari bentukan ini ada 4 macam: topografi karst; dataran tinggi karst; perbukitan karst terkikis; dan dataran aluvial karst. Karst terbagi menjadi dua, yaitu eksokarst dan endokarst. Eksokarst merupakan morfologi karst yang terbentuk di atas permukaan sedangkan endokarst merupakan morfologi karst yang terbentuk di bawah permukaan.

2.2.1 Bentuk medan

Bentuk medan merupakan hasil dari berbagai proses geomorfologi yang terjadi di berbagai tipe batuan dalam periode waktu yang bervariasi. Bentuk medan merupakan hasil penggabungan dua aspek morfometri yaitu ketinggian dan lereng. Dalam klasifikasi Desautette (1977, hlm.6) lereng dan perbedaan ketinggian merupakan faktor pembeda utama.

2.3 Karst

2.3.1 Pengertian karst

Karst merupakan istilah dalam bahasa Jerman yang diturunkan dari bahasa Slovenia (*kras*) yang berarti lahan gersang berbatu. Istilah ini di negara asalnya sebenarnya tidak berkaitan dengan batugamping dan proses pelarutan, namun saat ini istilah *kras* telah diadopsi untuk istilah bentuk lahan hasil proses pelarutan. Menurut Jennings (1985, hlm.1) Karst adalah medan dengan bentuk muka bumi dan pola aliran khas yang terbentuk di batugamping akibat proses pelarutan oleh air.

Karst bersifat khas bisa dibedakan antara fenomena di atas permukaan tanah (eksokarst) dan fenomena di bawah permukaan tanah (endokarst). Eksokarst antara lain ditunjukkan oleh adanya bukit-bukit karst berbentuk kerucut, kubah, dan lembah dolina, sedangkan endokarst ditunjukkan oleh gua-gua dengan keberadaan ornamen di dalamnya.

2.3.2 Pembentukan karst

Secara geologi, karst hanya dapat dibentuk oleh batuan yang mudah bereaksi dan larut dalam air, terlebih apabila air tersebut bersifat asam. Batuan semacam ini pada umumnya mengandung senyawa karbonat (CO_3) lebih dari 50% dari total komposisi mineral yang ada di batuan tersebut (Bahagiarti, 2004, hlm.1).

Kasri et.al (1999) menjelaskan bagaimana suatu kawasan batugamping terbentuk menjadi kawasan karst. 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 CO_2 terlarut sebagai berikut :



Kandungan gas CO_2 terlarut yang mempengaruhi proses pelarutan batugamping tersebut terutama bersumber dari CO_2 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.

2.4 Gua

2.4.1 Pengertian gua

Gua merupakan sebuah bentukan alami berupa ruangan karst yang terbentuk di medan batugamping di bawah tanah baik yang berdiri sendiri maupun saling terhubung dengan ruangan-ruangan lain sebagai hasil proses pelarutan oleh air maupun aktivitas geologi yang terjadi di suatu daerah (Jennings, 1985, hlm.2). Gua alami dapat terbentuk di dalam batuan beku ekstrusif atau lava dan batugamping atau batuan karbonat lainnya. Sebagian besar gua yang terbentuk di Indonesia adalah gua yang terbentuk di batugamping.

Proses pembentukan gua di suatu kawasan karst melibatkan air dan udara. Air berperan sebagai zat pelarut dan pengikis mineral-mineral karbonat sedangkan udara berperan sebagai zat yang dapat menciptakan sifat asam di air tersebut. Saat air bekerja di dalam batugamping, maka proses-proses pelarutan, pengendapan, runtuh, dan evolusi gua akan terjadi. Sebagaimana diketahui bahwa proses pelarutan batugamping akan lebih cepat dengan adanya gas CO₂ di dalam air. Proses pembentukan sebuah gua juga dipengaruhi oleh jenis batuan dan struktur geologi.

Menurut Bahagiarti (2004), gua yang terdapat di kawasan karst terbentuk oleh proses disolusi yang dilakukan oleh air yang bersifat asam terhadap batugamping. Keasaman air dipengaruhi oleh banyaknya kandungan gas CO₂ yang terlarut di dalamnya. Sebagaimana diketahui reaksi antara CO₂ dengan air akan membentuk asam karbonat (H₂CO₃).

Gua yang terdapat di Indonesia sebagian besar terbentuk di batuan yang mengandung karbonat tinggi atau sebagian besar terbentuk di wilayah yang tersusun oleh batuan kapur (batugamping). Gua-gua batukapur tersebut ada yang terbentuk ketika gua tersebut ada masih berada di bawah *level* air tanah (disebut sebagai zona *phreatik*). Gua yang terbentuk disebut gua freatik (*phreatic cave*). Selain itu, ada gua-gua batukapur yang terbentuk setelah lokasinya berada di atas

level air tanah atau zona tak jenuh (zona *vadose*). Gua yang terbentuk disebut gua vadus (*vadose cave*).

Berdasarkan jarak dari mulut gua dan besarnya pengaruh dari kondisi di luar gua, gua terbagi dalam 4 zonasi (Ko, 1997, hlm.43):

1. Zona terang dengan kondisi mulut gua dan termasuk bagian dalam ceruk.
2. Zona senja gua merupakan zona peralihan antara bagian terang dan bagian gelap gua yang memperoleh sinar matahari dari pantulan sinar di dinding gua.
3. Zona gelap gua dengan fluktuasi suhu masih dipengaruhi iklim di luar gua.
4. Zona gelap gua tanpa fluktuasi suhu dan tidak dipengaruhi oleh iklim dari luar gua.

2.4.2 Pemetaan gua

Dalam bukunya, Laksmana (2005) menjelaskan mengenai teknik-teknik dalam pemetaan gua. Pemetaan gua berarti suatu usaha untuk menampilkan arah, kemiringan, panjang, dan kondisi lorong gua ke dalam suatu medium. Secara umum medium yang dimaksud adalah kertas gambar. Pemetaan atau survey gua dilakukan untuk mencapai tujuan tertentu. Prioritas tersebut terbagi menjadi tiga pengelompokan, diantaranya adalah:

1. Survey awal (*Reconnaissance*), bertujuan untuk mencari lokasi eksplorasi atau ekspedisi untuk masa mendatang.
2. Survey di daerah atau sistem yang telah banyak dijelajahi, bertujuan untuk melengkapi peta yang sudah ada dengan melakukan survey di lorong gua yang belum dipetakan atau belum ditemukan dalam kegiatan-kegiatan sebelumnya.
3. Survey ekspedisi dengan skala penuh, bertujuan untuk menemukan gua-gua di suatu daerah baru.

Pemetaan gua dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Mencatat dan mengukur informasi tentang profil gua, seperti letak geografis di mulut gua, ketinggian gua dan lebar mulut gua.
2. Menentukan stasiun pemetaan yang merupakan suatu titik di lorong gua lokasi survey. Stasiun pemetaan berikutnya ditentukan berdasarkan kondisi penting di

dalam gua, yaitu yang mewakili perubahan lebar lorong, perubahan tinggi atap, perubahan arah lorong, perubahan kemiringan lantai, serta berada di titik ikat bagi percabangan lorong.

3. Melakukan pengukuran di setiap stasiun pemetaan, yaitu jarak antara stasiun, azimuth stasiun, kemiringan stasiun, serta jarak dengan atap, dinding dan lantai gua.
4. Membuat sketsa penampang lorong di setiap stasiun, sketsa lorong gua tampak atas dan sketsa lorong gua tampak samping.
5. Mengolah data hasil pemetaan dengan menggunakan Metode Penyipatan Datar di lembar kerja Microsoft Excel hingga diperoleh data seperti jarak datar, posisi geografis tiap-tiap stasiun serta ketinggian setiap stasiun (lihat Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Pemetaan

| Titik | | Jarak Miring D | Azimuth A | Sudut θ | Jarak Datar $L=D \cos \theta$ | $\sum L$ | x $L \sin \alpha$ | $\sum x$ | y $L \cos \alpha$ | $\sum y$ | h $D \sin \theta$ | $\sum h$ |
|-------|----|----------------|-----------|----------------|-------------------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|
| dari | ke | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Keterangan :

1. Jarak datar (L) adalah jarak antara dua stasiun dilihat tepat dari atas. Jarak datar diperoleh dari hasil perkalian antara jarak miring dengan kosinus angka bacaan klinometer atau dapat diringkas dalam rumus : $L= D \cos \theta$. D adalah jarak miring atau jarak sebenarnya yang diperoleh dari pengukuran dengan alat pengukur jarak, dan θ adalah angka yang terbaca di klinometer yang menunjukkan kemiringan di lantai gua.
2. Sigma jarak datar ($\sum L$) adalah hasil penjumlahan. Sigma jarak datar berarti hasil penjumlahan jarak datar dari seluruh stasiun survey yang ada di belakang stasiun survey tertentu. Misalnya jarak datar dari stasiun 0 ke 1 adalah 8 meter itu berarti $\sum L$ stasiun 1 adalah 8 meter. Dari stasiun 1 ke 2 jarak datar sebesar 13 meter, berarti $\sum L$ stasiun 2 adalah $8+13=21$ meter. Antara stasiun 2 dan 3 jarak

datarnya 9 meter, berarti $\sum L$ stasiun 3 sebesar $8+13+9=30$ meter, dan begitu seterusnya.

3. Absis (x) adalah angka yang menunjukkan posisi suatu titik yang berada di sumbu x . angka ini diperoleh dengan rumus $x = L \sin \alpha$, L mewakili jarak datar, sedangkan α mewakili angka yang tertera di kolom kompas. Azimuth yang lebih besar dari 0 dan lebih kecil dari 180 harus menghasilkan angka x positif, sementara azimuth yang lebih besar dari 180 dan lebih kecil dari 360 harus menghasilkan angka x negatif. Azimuth 0 dan 180 akan berada tepat di titik 0 di sumbu x .
4. Sigma ($\sum x$) diperoleh dengan menjumlahkan seluruh angka x mulai dari stasiun 0. Perhitungan sigma harus diulang di titik stasiun yang menghubungkan percabangan. Misalnya, setelah menyelesaikan perhitungan suatu lorong utama didapat $\sum L$ stasiun 50 sebesar 725 meter. Stasiun 20 dari lorong utama terdapat percabangan yang diawali oleh stasiun dengan nomor 51. $\sum L$ stasiun 51 bukanlah merupakan penjumlahan dari $\sum L$ stasiun 50 dengan L stasiun 20 ke 51, melainkan merupakan hasil penjumlahan $\sum L$ stasiun 20 dengan L stasiun 20 ke 51. Stasiun-stasiun di *chamber* yang diukur dengan metode polygon terbuka dan *offset* juga dianggap sebagai cabang, sehingga penjumlahan jarak datarnya juga harus dilakukan sebagaimana yang dilakukan di percabangan lorong.
5. Ordinat (y) dihitung dengan mengalikan jarak datar (L) dengan kosinus angka kompas (α). $y=L\cos\alpha$. Hitungan ordinat harus menunjukkan angka positif saat azimuth menunjukkan angka antara 270 dan 90. Bila azimuth tepat menunjuk 90 dan 270 maka ordinat harus 0. Semua azimuth yang lain harus menghasilkan angka negatif di sumbu y .
6. Sigma y ($\sum y$) merupakan hasil penjumlahan angka y , yang berada di belakang stasiun yang dimaksud (tanpa memperhitungkan stasiun-stasiun yang berada di cabang lorong lain). Lorong cabang dan *chamber* yang dihitung dengan metode polygon terbuka dan *offset* dijumlahkan mulai dari stasiun di awal percabangan.
7. Elevasi (h) adalah beda ketinggian antara dua titik. Beda ketinggian didapat dari penghitungan jarak datar dan sudut kemiringan lorong antara dua stasiun. Rumus perhitungan untuk mendapatkan elevasi adalah $h=L\tan\Theta$. Bila angka kemiringan (Θ) negatif maka elevasi juga akan berjumlah negatif. Bila angka

kemiringan positif, elevasi juga akan berada di angka positif, dan jika kemiringan 0, maka seberapapun panjang jarak datar, hasil penghitungan elevasi harus sebesar 0.

8. Sigma h ($\sum h$) adalah jumlah seluruh elevasi dari stasiun 0 hingga ke suatu stasiun tertentu dinyatakan sebagai sigma h ($\sum h$) stasiun tersebut. Elevasi di dua lorong yang berbeda tidak dijumlahkan bersama meski keduanya bermuara di percabangan yang sama.

2.5 Ornamen gua (*speleothem*)

2.5.1 Pengertian ornamen gua (*speleothem*)

Speleothem berasal dari bahasa Yunani yang artinya endapan gua. Kesepakatan dalam klasifikasi *speleothem* memiliki dua hirarki; *form* (bentuk) dan *style* (corak). *Form* adalah *speleothem* dengan bentuk dasar yang dapat membedakan berdasar pada perilaku pertumbuhan mineral atau mekanisme dasar deposisinya. *Style* adalah klasifikasi lanjutan dari *form* yang menjelaskan bentuk berbeda yang merupakan hasil dari perbedaan tingkat aliran, tingkat deposisi, dan faktor lainnya (Gillieson, 1996, hlm.97).

Menurut Gillieson (1996, hlm.97) terdapat beberapa jenis ornamen yang dapat terbentuk di dalam gua :

1. *Form dripstone* dan *flowstone*
 - a. *Stalactite*
 - b. *Stalagmite*
 - c. *Draperies*
 - d. *Flowstone sheet*
2. *Form Erratic*
 - a. *Helictites*
 - b. *Form Botryoidal*
 - c. *Anthodite*
 - d. *Moonmilk*
3. *Form sub-aqueous*
 - a. *Kolam rimstone*

- b. *Concretion* dari berbagai macam
- c. Deposit kolam
- d. Deretan Kristal

2.5.2 Pembentukan ornamen gua

Ornamen gua terbentuk pada saat adanya rekahan-rekahan yang terbuka, sehingga menyebabkan air mudah meresap ke dalam lapisan batugamping, kemudian menetes sambil membawa larutan batugamping di langit-langit, dinding serta lantai gua. Apabila terjadi peningkatan pH, larutan ini akan mengendap, membentuk ornamen gua (*speleothem*).

Menurut Darsoprajitno (1988, dalam Istika, 2008, hlm.21), proses terjadinya ornamen gua (*speleothem*) tergantung pada:

- Kualitas air yang terinfiltrasi dari kandungan kapur;
- Kuantitas air yang terinfiltrasi;
- Situasi dan kondisi di dalam gua;
- Lamanya proses yang terjadi.

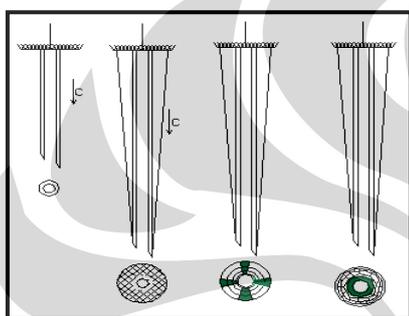
Dari pernyataan di atas mengenai kuantitas dan kualitas air dapat disimpulkan bahwa pembentukan ornamen di dalam gua dipengaruhi oleh penggunaan tanah, vegetasi di atas permukaan, jenis dan ketebalan tanah penutup, kecepatan infiltrasi dan presipitasi. Penggunaan tanah dan vegetasi di atas permukaan lebih memengaruhi terhadap kualitas air yang terinfiltrasi. Jenis dan ketebalan tanah penutup lebih memengaruhi terhadap kuantitas air yang terinfiltrasi.

2.5.3 *Stalactite*

Stalactite terbentuk karena pengendapan mineral di atap gua. Air yang mengandung kalsium karbonat muncul di atap gua menggantung sebentar sebelum jatuh ke lantai gua. Selama menggantung tersebut, CO₂ menghilang ke atmosfer gua; larutan menjadi sangat jenuh air; dan bahan mineral yang sangat sedikit jumlahnya akan tertinggal melingkar dengan ukuran sama dengan tetesannya. Lingkaran tersebut akan tumbuh ke bawah dengan diameter konstan dan materialnya bertambah terus sampai sebuah *tube* yang ramping terbentuk. *Tube* ini

agak *porous* sehingga air dapat merembes melalui antar butirannya dan sepanjang retakan untuk mengendapkan material di bagian luar. Porositas ini disebabkan karena bahan yang diendapkan tersebut menggantung dan terkena gaya gravitasi sehingga antar butir tidak terikat dengan kuat.

Keragaman corak *stalactite* disebabkan oleh terhambatnya saluran dan karena variasi musim. Panjang *stalactite* dipengaruhi oleh berat yang dapat didukung sehingga *stalactite* rusak dan jatuh ke bawah akibat bebannya sendiri adalah hal yang umum (Gillieson, 1996, hlm 104).



Keterangan :

Gambar 1, pertumbuhan *stalactite*

Gambar 2, sejajar dengan arah tumbuh

Gambar 3, C radial

Gambar 4, orientasi butiran acak.

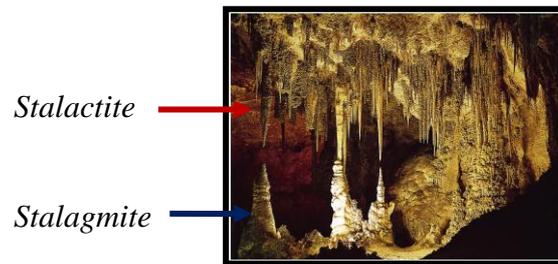
Sumber :

[<http://subterra.web.id/speleologi-karstologi/proses-terjadinya-speleothem.html>]

Gambar 2.1 Evolusi *Stalactite*

2.5.4 *Stalagmite*

Stalagmite merupakan ornamen yang berada di lantai gua, memiliki bentuk seperti *stalactite*. Air tetesan yang jatuh ke lantai gua akan mengendapkan material dan membangun suatu gundukan yang disebut *stalagmite*. *Stalagmite* akan tumbuh membentuk silinder yang semakin tinggi. Radius pertumbuhannya dibatasi oleh tingkat tetesan karena terjadi penurunan tingkat jenuh air atau penguapan sempurna lapisan tipis embun yang tersebar di sekitar titik jatuhnya. Diameternya yang seragam menunjukkan bahwa adanya kondisi yang konstan selama periode waktu yang panjang.



[Sumber : <http://hays.outcrop.org/images/groundwater/press4e/figure-13-17.jpg>]

Gambar 2.2 *Stalactite dan Stalagmite*

2.5.5 *Column*

Column merupakan jenis ornamen yang terbentuk karena *stalactite* dan *stalagmite* bertemu. Bentuk *column* seperti tiang yang menyangga atap sebuah gua. Jika suatu saat, *stalactite* dan *stalagmite* bertemu maka terbentuk tiang dari lantai sampai atap yang disebut pilar atau *column* (Lihat Gambar 2.3).



[Sumber : http://www.questconnect.org/images/cango_cave10.jpg]

Gambar 2.3 *Column*

2.5.6 *Draperies*

Draperies adalah ornamen yang terbentuk oleh aliran air yang masuk ke dalam gua. Jika air celah dan air per lapisan tersebut muncul dan mengalir di atap gua dan membentuk sebuah ornamen maka disebut *draperies*. Ornamen ini memiliki bentuk menyerupai sirip ikan hiu (Lihat Gambar 2.4).



[Sumber : <http://www.goodearthgraphics.com/virtcave/drapery/draperies12.jpg>]

Gambar 2.4 *Draperies*

2.5.7 *Flowstone*

Flowstone adalah ornamen yang terbentuk oleh aliran air yang masuk ke dalam gua. Jika air celah dan air perlapisan tersebut muncul dan mengalir di dinding-dinding gua dan membentuk sebuah ornamen maka disebut *flowstone*. Bentuk ini merupakan ornamen gua yang indah, menyerupai payung (*canopy*) atau tirai (Lihat Gambar 2.5).



[Sumber : http://3.bp.blogspot.com/-fFIQMuY6Qk/SxALIDcA9bI/AAAAAAAAAqW/0NMw7O_L5k0/s1600/flowstone.JPG]

Gambar 2.5 *Flowstone*

2.6 Penelitian sebelumnya

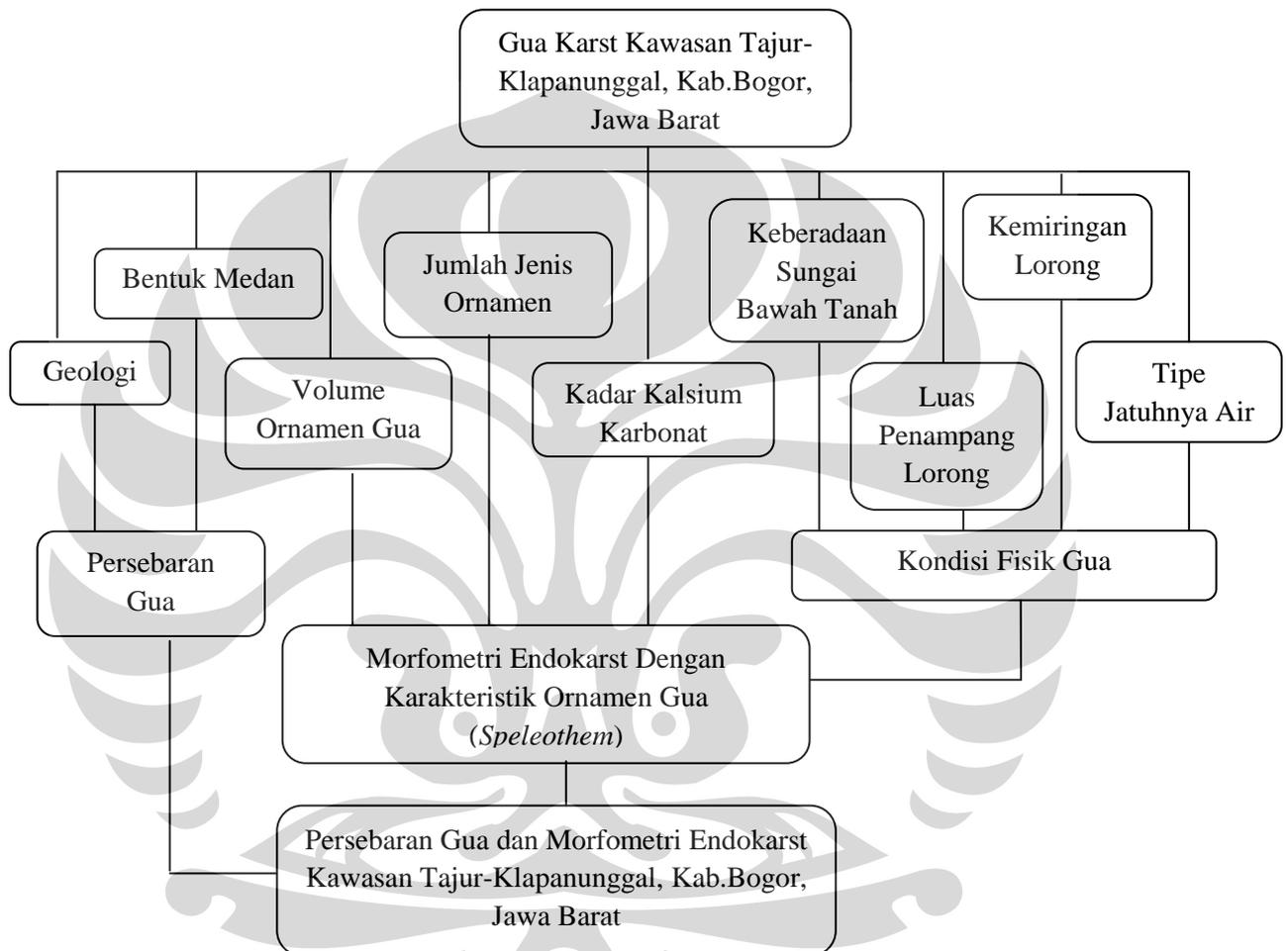
1. Penelitian mengenai gua yang dilakukan oleh Palawa Universitas Atma Jaya Yogyakarta bekerjasama dengan Walhi, Hikespi dan Kantor Menteri KLH pada tahun 1989 telah mengaji Kawasan Karst Daerah Tingkat II Tuban, Jawa Timur. Penelitian ini mengaji tentang gua-gua yang terdapat di Kawasan Karst Tuban dilihat dari segi geomorfologi, geologi dan hidrologi di masing-masing gua serta melakukan pendataan akan keberadaan gua-gua di kawasan tersebut.

2. Penelitian mengenai gua di Departemen Geografi, FMIPA, UI pernah dilakukan oleh Handiman Rico pada skripsinya di tahun 1990 dengan tema Gua Karst Pada Plato Gunung Sewu. Penelitian ini mengaji tentang karakteristik Plato Gunung Sewu dengan penekanan pada karakteristik gua-gua karst dan pola penyebaran per satuan unit geomorfologi.
3. Penelitian tentang morfometri permukaan karst (eksokarst) di Departemen Geografi, FMIPA, UI oleh Andi Amran pada tahun 2003 dengan tema Kekasaran Permukaan Batugamping Formasi Tonasa di Sulawesi Selatan. Penelitian ini mengaji tentang morfometri permukaan di Formasi Tonasa yang bertipe *tower karst*. Variabel yang digunakan yaitu ketinggian, variasi arah permukaan dan struktur geologi.
4. Penelitian mengenai morfometri ornamen gua (*speleothem*) di Departemen Geografi, FMIPA, UI dilakukan oleh Putri Istika Wardani pada skripsinya di tahun 2008 dengan tema Morfometri Ornamen Gua (*Speleothem*) di Kawasan Karst Buniayu, Sukabumi, Jawa Barat. Penelitian ini mengaji ornamen gua di setiap kondisi lorong gua seperti keberadaan sungai bawah tanah, kemiringan lorong, luas penampang dan tipe jatuhnya air sehingga dapat memengaruhi bentuk dan morfometri ornamen gua yang terdapat di lorong gua tersebut.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur pikir penelitian



Gambar 3.1 Alur Pikir Penelitian

Gambar 3.1 memperlihatkan variabel-variabel yang dapat memengaruhi dalam penelitian ini. Variabel geologi dan bentuk medan menghasilkan persebaran gua. Bentuk medan merupakan hasil *overlay* ketinggian dan lereng di wilayah penelitian. Gua Cikarae dan Cikenceng merupakan objek penelitian yang akan dikaji mengenai volume ornamen gua, jumlah jenis ornamen dan kadar kalsium karbonat. Variabel volume ornamen menampilkan perbedaan ukuran

kuantitatif antara ornamen yang satu dengan yang lainnya. Volume ornamen diklasifikasikan menjadi kecil, sedang dan besar. Jumlah jenis ornamen merupakan variabel yang menyatakan adanya variasi jenis ornamen di masing-masing lorong gua. Kadar kalsium karbonat adalah variabel untuk menampilkan perbandingan kandungan kalsium karbonat yang terdapat di ornamen, variabel tersebut diklasifikasikan menjadi rendah, sedang dan tinggi. Variabel keberadaan sungai bawah tanah, luas penampang lorong, kemiringan lorong dan tipe jatuhnya air (tetesan/aliran) akan membentuk kondisi fisik lorong gua. Kondisi fisik lorong gua akan memengaruhi morfometri endokarst dengan karakteristik ornamen gua (*speleothem*).

3.2 Variabel penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Bentuk medan dengan parameter:
 - a. Ketinggian dengan satuan mdpl.
 - b. Lereng dengan satuan persentase (%).
2. Kondisi Geologi
3. Volume ornamen gua dengan satuan cm^3 parameternya:
 - a. Panjang ornamen gua dengan satuan sentimeter (cm).
 - b. Diameter ornamen gua dengan satuan sentimeter (cm).
4. Jumlah jenis ornamen yang terdapat dalam gua.
5. Kadar kalsium karbonat di ornamen dinyatakan dengan %.
6. Kondisi fisik gua dengan parameter:
 - a. Kemiringan lorong gua.
 - b. Luas penampang lorong gua.
 - c. Keberadaan sumber air gua (sungai bawah tanah/danau/kolam)
 - d. Adanya tetesan air dan aliran air di atap atau dinding gua.

3.3 Jenis data

3.3.1 Data primer

1. *Plotting* gua sebagai variabel sebaran gua.

2. Panjang ornamen gua sebagai salah satu parameter dari variabel volume ornamen gua.
3. Diameter ornamen gua sebagai salah satu parameter dari variabel volume ornamen gua.
4. Jumlah jenis ornamen yang terdapat dalam gua.
5. Keberadaan sungai bawah tanah, kolam, atau danau sebagai salah satu parameter dari variabel kondisi fisik gua.
6. Luas penampang lorong gua sebagai salah satu parameter dari variabel kondisi fisik gua.
7. Kemiringan lorong gua sebagai salah satu parameter dari variabel kondisi fisik gua.
8. Adanya tetesan/aliran di dinding maupun atap gua sebagai salah satu parameter dari variabel kondisi fisik gua.

3.3.2 Data sekunder

1. Data administrasi dari Peta Rupa Bumi oleh Bakosurtanal dengan skala 1:25.000 lembar 1209-143, 1209-144, 1209-421 dan 1209-422.
2. Data lereng dan ketinggian dari Peta Rupa Bumi oleh Bakosurtanal dengan skala 1:25.000 lembar 1209-143, 1209-144, 1209-421 dan 1209-422.
3. Data formasi batuan dari Peta Geologi oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan (DGTL) dengan skala 1:100.000 dan Peta Geologi Bersistem, Indonesia, Lembar : Bogor, 9/XIII-D atau 1209-1 untuk memperoleh informasi mengenai jenis dan formasi batuan di daerah penelitian.

3.4 Peralatan

3.4.1 Peralatan pemetaan dan pengukuran ornamen.

1. *Global Positioning System* (GPS) untuk mengetahui posisi koordinat mulut gua.
2. Altimeter untuk mengetahui ketinggian permukaan mulut gua dari permukaan laut.

3. Klinometer untuk mengetahui kemiringan mulut gua dari permukaan tanah, kemiringan di lantai gua.
4. Topofil untuk mengukur jarak antara titik pemetaan satu dengan titik pemetaan lainnya serta jarak antara titik pemetaan dengan dinding, atap dan lantai gua.
5. Kompas untuk mengetahui sudut azimuth antara satu titik pemetaan dengan titik lainnya.
6. Meteran untuk mengukur panjang dan diameter ornamen, serta panjang dari satu titik stasiun ke stasiun yang lain.
7. Kertas *waterproff*, kalkir, pensil 2B serta papan alas untuk melakukan pencatatan data-data hasil pengukuran lapang.
8. Kamera digital untuk menggambarkan hasil dari pengambilan sampel serta kondisi fisik di dalam gua.

3.4.2 Peralatan eksplorasi gua

1. Helm sebagai pelindung kepala.
2. Senter (*headlamp*) sebagai alat penerangan.
3. *Wearpack* sebagai pelindung tubuh.
4. Sepatu *boot* sebagai alas kaki.

3.4.3 Peralatan pengujian kalsium karbonat dengan EDTA

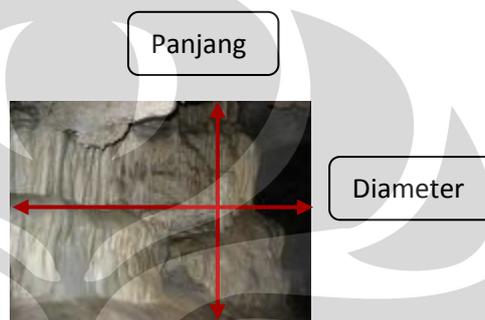
1. Buret 50 mL atau alat titrasi dengan skala
2. Pipet ukuran 5 mL
3. Labu ukur 1000 mL
4. Gelas ukur 250 mL
5. Labu *Erlenmeyer* 250 mL
6. pH meter yang mempunyai kisaran 0-14 dengan ketelitian 0,01 dan telah dikalibrasi

3.5 Pengumpulan data

3.5.1 Data primer

Data primer diperoleh dengan melakukan pengamatan dan pengambilan sampel di kedua gua yang terdapat di kawasan tersebut:

1. *Plotting* gua di kawasan karst tersebut untuk menghasilkan sebaran gua.
2. Pengukuran panjang dan diameter ornamen, terutama ornamen yang memiliki bentuk tidak beraturan seperti *draperies*, *column* dan *flowstone*.



Sumber: [http://image24.webshots.com/25/4/18/51/289541851BEEyom_fs.jpg]

Gambar 3.2 Contoh pengukuran *flowstone*

3. Pengukuran jumlah ornamen *stalactite*, *stalagmite*, *column*, *draperies* dan *flowstone* di lorong utama gua (Lihat Tabel 3.1).
4. Pengambilan sampel untuk pengukuran terhadap kandungan kalsium karbonat yang terkandung dalam batugamping di ornamen gua. Pengukuran dilakukan dengan uji laboratorium.
5. Pemetaan gua khususnya di lorong utama untuk menggambarkan kondisi fisik gua secara keseluruhan. Pemetaan di masing-masing gua dengan melakukan pengukuran panjang lorong, lebar lorong, tinggi lorong dan bentuk lorong (Lihat Tabel 3.2). Selain itu, sketsa lorong tampak samping, tampak atas dan penampang lorong (Lihat Tabel 3.3).

Tabel 3.1 Contoh tabulasi pengukuran ornamen

| No | Panjang /Tinggi | Diameter | Jarak dengan mulut gua | Jarak dengan sumber air | Kandungan CaCO ₃ | Ada/Tidak rembesan air | Letak rembesan tetesan/aliran |
|-----|-----------------|----------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| Dst | | | | | | | |

Tabel 3.2 Contoh tabulasi kondisi fisik lorong gua (pemetaan)

| Titik Ikat Pemetaan | | Jarak Antara Titik (m) | Lebar Lorong (m) | Tinggi Lorong (m) | Kedalaman Lorong (mdpl) | Jarak dengan mulut gua (m) |
|---------------------|----|------------------------|------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| Dari | Ke | | | | | |
| 0 | 1 | | | | | |
| 1 | 2 | | | | | |
| 2 | 3 | | | | | |

Tabel 3.3 Contoh tabulasi penggambaran sketsa lorong gua

| Titik Ikat Pemetaan | | Sketsa Tampak Atas | Sketsa Tampak Samping | Sketsa Penampang Lorong |
|---------------------|----|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| Dari | Ke | | | |
| 0 | 1 | | | |
| 1 | 2 | | | |
| 2 | 3 | | | |
| 3 | 4 | | | |

3.6 Pengolahan data

- Perhitungan volume ornamen gua dengan mengolah data panjang dan diameter gua, kecuali *column*, *flowstone* dan *draperies*:
 - Untuk volume *stalactite* dan *stalagmite* digunakan rumus bangun ruang kerucut (*tube*):

$$v = 1/3 \times \text{luas alas} \times \text{tinggi}$$

$$= 1/3 \times (\pi \times r^2) \times \text{tinggi}$$

$$= 1/3 \times (\pi \times r^2) \times \text{panjang ornamen} \dots \dots \dots (3.1)$$
- Perhitungan volume ornamen gua yang memiliki bentuk tidak beraturan dengan mengolah data sudut, panjang dan diameter gua, sebagai berikut:

- Untuk volume *column*, *flowstone* dan *draperies* digunakan rumus integral lipat tiga:

$$V = \int_0^\theta \int_0^\rho \int_0^z f(x, y, z) \, dV = \int_0^\theta \int_0^\rho \int_0^z 1 \, dV \dots \dots \dots (3.2)$$

keterangan:

θ = besar sudut yang terdapat di ornamen

ρ = diameter ornamen

z = panjang ornamen

3. Pengukuran rata-rata (panjang, diameter dan volume) di setiap jenis ornamen gua dengan mengolah seluruh data yang diperoleh dari pengambilan sampel berdasarkan rumus secara statistik dalam buku Sudjana (2002) sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata } x = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan:

$\sum f_i$ = jumlah frekuensi keseluruhan data

$\sum x_i$ = jumlah data keseluruhan

4. Input data persebaran gua dan membuat peta persebaran gua yang terdapat di Kawasan Tajur – Klapanunggal dengan menggunakan software *Arc view GIS 3.3*.
5. Pembuatan peta persebaran gua berdasarkan kondisi geologi di Kawasan Tajur – Klapanunggal dengan menggunakan software *Arc view GIS 3.3*.
6. *Overlay* antara ketinggian dengan lereng untuk menghasilkan bentuk medan dengan menggunakan software *Arc view GIS 3.3*. Hasil *overlay* tersebut akan menghasilkan bentuk medan dengan delapan klasifikasi yang mengacu di klasifikasi Desautonne.
7. Penyajian peta gua dengan menggunakan software *compass* dalam bentuk tiga dimensi.
8. Pengujian kadar kalsium karbonat sebagai penyusun ornamen, untuk melihat bagaimana kandungan kalsium karbonat di ornamen yang terdapat di masing-masing kondisi fisik lorong gua tersebut. Dengan demikian, dapat dilihat perbedaan kandungan kalsium karbonat di masing-masing ornamen dengan kondisi fisik tertentu.

9. Perhitungan kadar kalsium karbonat dengan menggunakan metode pengujian kalsium dalam air dengan alat titrimetri EDTA atau dikenal dengan metode titrasi.

$$\begin{aligned} \text{Kadar CaCO}_3 \text{ (ppm)} &= (V_p \times 1.0008 \times 1000) / V_s \\ &= \text{mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ppm} &= (\text{mg/L}) \times \text{volume larutan sampel (L)} \\ &= \text{mg/1000} \\ &= \text{gram (a)} \end{aligned}$$

Menghitung dalam persen:

$$(a) / \text{ bobot sampel} \times 100 \% = b \%$$

Keterangan :

V_s = Volume sampel yang diambil untuk titrasi

V_p = Volume Penitran

ppm = mg/L

10. Membagi masing-masing gua menjadi segmen-segmen lorong berdasarkan jarak dengan mulut gua (*entrance*), keberadaan sumber air serta keberadaan ornamen (*speleothem*) di lorong gua.
11. Menghasilkan region-region kondisi fisik lorong dengan mengklasifikasikan setiap segmen gua di masing-masing gua berdasarkan kondisi fisik lorong: keberadaan sumber air; tipe jatuhnya air; kemiringan lorong; dan luas penampang lorong, sehingga diperoleh kondisi fisik untuk keseluruhan kedua gua di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal.

3.7 Klasifikasi kondisi fisik lorong gua di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

Klasifikasi kondisi fisik lorong gua di kawasan tersebut dibagi berdasarkan luas penampang lorong, kemiringan lorong, keberadaan sumber air (sungai bawah tanah) dan tipe jatuhnya air (tetesan/aliran air). Keberadaan sumber air (sungai bawah tanah) dan tipe jatuhnya air (tetesan/aliran air) akan memengaruhi terbentuknya sebuah ornamen, karena air merupakan faktor utama yang dapat melarutkan kalsium karbonat, sehingga terbentuk sebuah ornamen. Rembesan air baik berupa tetesan ataupun aliran menciptakan tumbuhnya sebuah ornamen. Contoh: apabila air berupa tetesan hanya menggantung di atap gua maka akan

terjadi pelarutan kalsium karbonat, sehingga terbentuk sebuah *stalactite*, apabila air tetesan tersebut sampai jatuh ke lantai gua maka akan terjadi pengendapan kalsium karbonat di lantai gua, sehingga terbentuk sebuah stalagmite. Adapun klasifikasinya adalah sebagai berikut:

- a. Keberadaan sumber air (sungai bawah tanah) diklasifikasi menjadi 2:
 1. Segmen lorong dengan sungai bawah tanah (A)
 2. Segmen lorong tanpa sungai bawah tanah (T)
- b. Kemiringan lorong (%) diklasifikasi menjadi 3:
 1. Segmen lorong dengan kemiringan datar (d)
 2. Segmen lorong dengan kemiringan bergelombang % (b)
 3. Segmen lorong dengan kemiringan terjal (t)
- c. Luas penampang lorong diklasifikasi menjadi 3:
 1. Segmen lorong dengan penampang sempit (1)
 2. Segmen lorong dengan penampang sedang (2)
 3. Segmen lorong dengan penampang luas (3)
- d. Tipe jatuhnya air diklasifikasi menjadi 3:
 1. Segmen lorong dengan tipe jatuhnya air berupa tetesan air (x)
 2. Segmen lorong dengan tipe jatuhnya air berupa aliran (y)
 3. Segmen lorong dengan tipe jatuhnya air berupa tetesan dan aliran air (z)

3.8 Analisis data

Analisis dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif untuk menjelaskan bagaimana persebaran gua berdasarkan kondisi geologi dan bentuk medan di wilayah penelitian serta menjelaskan bagaimana morfometri endokarst dengan karakteristik ornamen gua di Gua Cikarae dan Gua Cikenceng. Kondisi geologi dapat memengaruhi terbentuknya sebuah gua. Gua akan terbentuk dengan baik di medan batugamping atau medan dengan batuan yang memiliki kadar kalsium karbonat yang tinggi. Unit analisis penelitian ini adalah segmen lorong gua. Analisis morfometri endokarst dengan karakteristik ornamen gua di setiap kondisi fisik lorong menggunakan tabel morfometri dari hasil data pengukuran lapang serta peta gua dari hasil pemetaan untuk melihat kondisi fisik lorongnya.

BAB 4

GAMBARAN UMUM DAERAH

4.1 Letak Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal terletak di wilayah administrasi Kecamatan Citeureup dan Klapanunggal dengan koordinat $6^{\circ}26'24''$ sampai $6^{\circ}31'48''$ LS dan $106^{\circ}51'36''$ dan $107^{\circ}01'12''$ BT. Adapun batas administrasi dari kawasan tersebut adalah:

- a. Utara : Kecamatan Cileungsi
- b. Selatan : Kecamatan Babakan Madang
- c. Timur : Kecamatan Jonggol dan Sukamakmur
- d. Barat : Kecamatan Cibinong dan Gunung Putri

Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal membentang di utara Kota Bogor, kawasan tersebut memiliki luas 16493,80 ha dan lebih dari 3000 hektar didominasi oleh semak belukar. Gua-gua yang terdapat di kawasan tersebut tersebar di sekitar semak belukar, tegalan dan hutan lebat. Sebagian besar gua yang terdapat di kawasan tersebut berada di sekitar semak belukar.

4.2 Fisiografi Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

Secara fisiografi Van Bemmelen (1949) mengklasifikasi Jawa Barat menjadi 4 (empat) bagian: Zona Pegunungan Selatan; Zona Depresi Bandung; Zona Bogor; dan dataran rendah Pantai Jakarta. Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal terletak di Kabupaten Bogor, sehingga termasuk ke dalam Zona Bogor. Zona Bogor terdapat di bagian selatan Zona Dataran Rendah Pantai Jakarta, membentang dari barat ke timur, yaitu mulai dari Rangkasbitung, Bogor, Subang, Sumedang dan berakhir di Bumiayu dengan panjang kurang lebih 40 km. Batuannya terdiri atas batupasir, batulempung dan breksi yang merupakan

endapan turbidit disertai beberapa intrusi hypabisal, konglomerat dan hasil endapan gunungapi.

4.3 Kondisi iklim Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

Suhu rata-rata Kawasan Karst Tajur Klapanunggal antara 20 derajat celsius sampai 30 derajat celsius. Curah hujan tahunan antara 2.500 mm sampai lebih dari 5000 mm per tahun. Rata-rata curah hujan yang dijumpai di wilayah tersebut kurang lebih sekitar 2500 mm.

4.4 Geologi Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

Berdasarkan Peta Geologi Bersistem, Indonesia, Lembar: Bogor, 9/XIII-D atau 1209-1 dengan skala 1:100.000, Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal termasuk dalam Formasi Klapanunggal dan Formasi Jatiluhur (Lihat Peta 1). Formasi Klapanunggal (Tmk) merupakan formasi batugamping terumbu padat dengan foraminifera besar dan fosil-fosil lainnya termasuk moluska dan echinodermata. Umur satuan formasi ini adalah Miosen Awal setara dengan Formasi Lengkong dan Bojonglopang di Lajur Pegunungan Selatan. Formasi ini menjemari (menyebar dan bentuknya tidak beraturan) dengan Formasi Jatiluhur, ketebalannya mencapai kurang lebih 500 m.

Formasi Jatiluhur (Tmj) berumur Miosen Awal setara dengan Formasi Lengkong dan Bojonglopang. Bagian atas formasi ini menjemari dengan formasi Klapanunggal. Berdasarkan Peta 1 terlihat bahwa persebaran gua sebagian besar terdapat di Formasi Klapanunggal, meskipun ada beberapa gua yang terdapat di Formasi Jatiluhur.

4.4.1 Jenis batuan

Formasi Klapanunggal (Tmk) disusun oleh batugamping koral, napal, dan batupasir kuarsa. Batugamping koral tersusun oleh cangkang moluska dan koral, berwarna putih kecoklatan. Napal berwarna kelabu dan agak keras. Batupasir kuarsa berwarna kelabu kehijauan, banyak mengandung kuarsa, pasir memiliki butiran halus sampai sedang. Formasi Jatiluhur (Tmj) merupakan formasi dengan satuan napal, serpih lempungan dan sisipan batupasir kuarsa.

4.4.2 Stratigrafi batuan

Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal memiliki stratigrafi (susunan batuan) berupa batuan sedimen *reef*: batugamping dan batupasir. Batuan sedimen klastik terdiri dari: batugamping medium atau batugamping dengan kandungan kalsium karbonat sedang. Secara keseluruhan wilayah tersebut tersusun dari batuan sedimen *reef*.

4.4.3 Struktur geologi

Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal terdapat sesar dan pola lipatan yang dijumpai berupa antiklin dan sinklin. Formasi Klapanunggal memiliki sesar normal dan sesar geser. Arah sesar tersebut dari barat laut – tenggara. Selain itu, antiklin yang terdapat di kawasan tersebut arahnya dari barat daya – timur laut dan sinklin yang terdapat di kawasan tersebut arahnya juga sama dengan antiklin, yaitu barat daya-timur laut.

4.5 Morfologi Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

4.5.1 Wilayah ketinggian

Tabel 4.1 Klasifikasi Wilayah Ketinggian Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

| No | Ketinggian (mdpl) | Luas Wilayah (ha) | Persentase (%) |
|--------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1 | 50-200 | 9183.39 | 56 |
| 2 | 200-350 | 5123.91 | 31 |
| 3 | 350-500 | 1846.37 | 11 |
| 4 | >500 | 340.13 | 2 |
| Jumlah | | 16493.80 | 100 |

[Sumber: Bakosurtanal dan Pengolahan Data 2010]

Berdasarkan Tabel 4.1, klasifikasi wilayah ketinggian mengacu kepada klasifikasi yang dibuat oleh Lobeck, tetapi telah mengalami modifikasi sesuai dengan data yang diperoleh. Berdasarkan garis kontur di Peta Rupabumi Indonesia skala 1:20.000, ketinggian Kawasan Karst Tajur - Klapanunggal berkisar antara 100 sampai 800 mdpl. Sebagian besar gua-gua yang terdapat di kawasan tersebut berada di ketinggian antara 200 – 350 mdpl, tetapi untuk gua yang dijadikan sebagai objek penelitian, Gua Cikenceng dan Gua Cikarae terletak

di ketinggian 50 - 200 mdpl. Wilayah ketinggian Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal semakin bertambah ke bagian selatan (Lihat Peta 2).

1. Wilayah ketinggian 50-200 mdpl mendominasi sebagian besar Kawasan Tajur-Klapanunggal, membentang di bagian utara dan bagian timur-barat wilayah penelitian. Wilayah ketinggian ini memiliki luas 9183,39 hektar atau 56 % dari luas keseluruhan wilayah penelitian.
2. Wilayah ketinggian 200-350 mdpl terdapat di bagian selatan dan timur wilayah penelitian. Bagian selatan mencakup Kecamatan Citeureup sedangkan bagian timur mencakup Kecamatan Klapanunggal. Wilayah ketinggian ini memiliki luas 5123,91 hektar atau 31 % dari luas keseluruhan wilayah penelitian.
3. Wilayah ketinggian 350-500 mdpl juga terdapat di bagian selatan dan timur wilayah penelitian. Bagian selatan mencakup Kecamatan Citeureup sedangkan bagian timur mencakup Kecamatan Klapanunggal. Wilayah ketinggian ini memiliki luas 1846,37 hektar atau 11 % dari luas keseluruhan wilayah penelitian.
4. Wilayah ketinggian >500 mdpl hanya terdapat sebagian kecil di wilayah penelitian. Wilayah ketinggian tersebut sebagian besar terdapat di bagian timur wilayah penelitian mencakup Kecamatan Klapanunggal sedangkan sisanya terdapat di bagian selatan wilayah penelitian mencakup Kecamatan Citeureup. Wilayah ketinggian ini memiliki luas 340,13 hektar atau 2 % dari luas keseluruhan wilayah penelitian.

4.5.2 Wilayah kelerengan

Tabel 4.2 Klasifikasi Wilayah Lereng Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

| No | Lereng (%) | Luas Wilayah (ha) | Persentase (%) |
|--------|------------|-------------------|----------------|
| 1 | 0 – 2 | 2959.06 | 18 |
| 2 | 2 – 8 | 4633.99 | 28 |
| 3 | 8 – 15 | 5348.87 | 33 |
| 4 | 15 – 25 | 2710.05 | 16 |
| 5 | 25 – 40 | 841.83 | 5 |
| Jumlah | | 16493.80 | 100 |

[Sumber: Bakosurtanal dan Pengolahan Data 2010]

Lereng merupakan sudut yang dibentuk oleh permukaan tanah dengan bidang horizontal. Nilai dari kelerengan merupakan perbedaan jarak vertikal untuk setiap jarak horizontal dalam satuan yang sama. Sebagian besar gua yang terdapat di kawasan tersebut tersebar di wilayah lereng 15 sampai 40%, namun untuk gua yang akan dijadikan objek penelitian, yaitu Gua Cikenceng dan Gua Cikarae terletak di wilayah lereng antara 2 sampai 15% (Lihat Peta 3). Wilayah kelerengan diklasifikasi berdasarkan aturan Desauette, tetapi telah mengalami modifikasi sesuai dengan data yang terdapat di wilayah penelitian (Lihat Tabel 4.2). Persentase luas berdasarkan klasifikasi Tabel 4.2, sebagai berikut:

1. Wilayah Lereng 0 – 2 % mempunyai luas 2959,06 hektar atau 18% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal. Wilayah lereng 0-2% berada di bagian timur dan barat wilayah penelitian. Bagian timur mencakup Kecamatan Klapanunggal dan bagian barat mencakup Kecamatan Citeureup.
2. Wilayah lereng 2 – 8 % mempunyai luas 4633,99 hektar atau 28% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal. Wilayah lereng 2-8 % tersebar di seluruh bagian wilayah penelitian.
3. Wilayah lereng 8 – 15 % mempunyai luas 5348,87 hektar atau 33% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal. Wilayah lereng 8-15% tersebar di bagian tengah wilayah penelitian.
4. Wilayah lereng 15 – 25 % mempunyai luas 2710,05 hektar atau 16% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal. Wilayah lereng 15-25% terdapat di bagian selatan Kecamatan Citeureup dan selatan Kecamatan Klapanunggal.
5. Wilayah lereng 25 – 40 % mempunyai luas 841,83 hektar atau 5% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal. Wilayah lereng 25-40% sebagian besar terdapat di bagian timur dan sebagian kecil terdapat di bagian selatan wilayah penelitian.

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil

5.1.1 Persebaran Gua Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

Berdasarkan hasil *overlay* antara ketinggian dengan lereng maka dihasilkan bentuk medan. Bentuk medan tersebut menghasilkan delapan klasifikasi yang mengacu kepada klasifikasi Desautette (Lihat Tabel 5.1). Luas bentuk medan tersebut, sebagai berikut:

1. Bentuk medan dataran rendah memiliki luas 2932,47 ha atau 18% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal.
2. Bentuk medan dataran rendah bergelombang memiliki luas 6272,55 ha atau 38% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal.
3. Bentuk medan dataran bergelombang memiliki luas 3385,14 ha atau 20,5% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal.
4. Bentuk medan dataran tinggi memiliki luas 11,88 ha atau 0,1% dianggap 0 % dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal.
5. Bentuk medan dataran tinggi bergelombang memiliki luas 448,71 ha atau 3% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal.
6. Bentuk medan daerah terjal dataran memiliki luas 0,44 ha atau 0,003% dianggap 0 % dari luas keseluruhan Kawasan Tajur-Klapanunggal.
7. Bentuk medan daerah terjal dataran tinggi memiliki luas 1708,77 ha atau 10,4% dari luas keseluruhan Kawasan Tajur - Klapanunggal.
8. Bentuk medan bukit terjal memiliki luas 1733,84 ha atau 10,5% dari luas keseluruhan Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal.

Tabel 5.1 Klasifikasi Bentuk Medan Karst Tajur-Klapanunggal

| No | Lereng (%) | Ketinggian (mdpl) | Bentuk Medan | Luas Wilayah (ha) | Persentase (%) |
|--------|------------|-------------------|------------------------------|-------------------|----------------|
| 1 | 0 - 2 | <200 | Dataran Rendah | 2932.47 | 18 |
| 2 | 0 - 2 | >350 | Dataran Tinggi | 11.88 | 0 |
| 3 | 2 - 15 | <200 | Dataran Rendah Bergelombang | 6272.55 | 38 |
| 4 | 2 - 15 | 200-350 | Dataran Bergelombang | 3385.14 | 20.5 |
| 5 | 2 - 15 | >350 | Dataran Tinggi Bergelombang | 448.71 | 3 |
| 6 | 15 - 40 | <200 | Daerah Terjal Dataran | 0.44 | 0 |
| 7 | 15 - 40 | 200-350 | Daerah Terjal Dataran Tinggi | 1708.77 | 10 |
| 8 | 15 - 40 | >350 | Bukit Terjal | 1733.84 | 10.5 |
| Jumlah | | | | 16493.8 | 100 |

[Sumber: Bakosurtanal dan Pengolahan Data 2010]

Berdasarkan Peta 2 dapat terlihat bahwa gua-gua yang terdapat di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal sebagian besar terletak di wilayah yang memiliki ketinggian antara 200 - 350 mdpl dan kemiringan lereng 15 sampai 40 % (Lihat Peta 3). Gua-gua tersebut memiliki karakteristik yang bervariasi, ada gua yang dialiri sungai bawah tanah dan ada juga gua yang tidak dialiri sungai bawah tanah di sepanjang lorongnya. Selain itu, terdapat gua dengan mulut gua (*entrance*) datar (*horizontal*) yaitu yang memiliki kemiringan sudut 0-45° dan mulut gua (*entrance*) tegak (*vertical*) yaitu yang memiliki kemiringan sudut >45°. Sementara ini gua yang telah terdata sebanyak 28 gua terdapat di Desa Leuwikaret, Desa Tajur dan Desa Nambo. Sebagian besar gua terletak di Kecamatan Klapanunggal tepatnya Desa Leuwikaret, tetapi ada beberapa gua yang terletak di Kecamatan Citeureup tepatnya di Desa Tajur dan Desa Nambo (Lihat Tabel 5.2 dan Peta 4).

Gua yang dijadikan objek penelitian adalah Gua Cikenceng yang terletak di Desa Tajur, Kecamatan Citeureup dan Gua Cikarae yang terletak di Desa Leuwikaret, Kecamatan Klapanunggal. Gua Cikenceng dan Cikarae terletak di wilayah yang memiliki ketinggian kurang dari 200 mdpl dan kemiringan lereng 2-15 %. Kedua gua

tersebut memiliki mulut gua (*entrance*) datar (*horizontal*) yaitu yang memiliki kemiringan sudut 0-45°.

Tabel 5.2 Daftar Gua di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal

| No | Letak Gua | Nama Gua | Mulut Gua |
|----|-----------------|--------------------|--------------------|
| 1 | Desa Tajur | Cikenceng | Datar (horizontal) |
| 2 | | Garunggang | Datar (horizontal) |
| 3 | Desa Leuwikaret | Cikarae | Datar (horizontal) |
| 4 | | Beling | Datar (horizontal) |
| 5 | | Keraton | Tegak (vertikal) |
| 6 | | Putri | Tegak (vertikal) |
| 7 | | Ciduren | Tegak (vertikal) |
| 8 | | Gajah | Tegak (vertikal) |
| 9 | | Cidomba | Tegak (vertikal) |
| 10 | | Asem | Tegak (vertikal) |
| 11 | | Tanah Beureum | Tegak (vertikal) |
| 12 | | Cibarno | Tegak (vertikal) |
| 13 | | Si Gawir | Tegak (vertikal) |
| 14 | | Lawang Saketeng | Tegak (vertikal) |
| 15 | | Cisaat | Datar (horizontal) |
| 16 | Ayunan | Tegak (vertikal) | |
| 17 | Sikemang | Datar (horizontal) | |
| 18 | Cioray | Tegak (vertikal) | |
| 19 | Cangkuang | Datar (horizontal) | |
| 20 | Ciranji | Tegak (vertikal) | |
| 21 | Sipulus | Tegak (vertikal) | |
| 22 | Sibedahan | Tegak (vertikal) | |
| 23 | Cikatomas 1 | Tegak (vertikal) | |
| 24 | Cikatomas 2 | Tegak (vertikal) | |
| 25 | Cibayur | Datar (horizontal) | |
| 26 | Kobak Inten | Datar (horizontal) | |
| 27 | Desa Nambo | Si Petruk | Datar (horizontal) |
| 28 | | Wayang | Datar (horizontal) |

[Sumber: Linggih Alam dan Pengolahan Data, 2010]

5.1.2 Kondisi fisik lorong di Gua Cikenceng dan Cikarae

Kawasan Tajur-Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat dilakukan pemetaan lorong gua untuk mendapatkan gambaran dari kondisi fisik di masing-

masing gua, yaitu Gua Cikenceng dan Gua Cikarae. Gua Cikenceng memiliki lebar lorong yang lebih sempit dibandingkan dengan Gua Cikarae, tetapi untuk tinggi lorong rata-rata lebih tinggi dibandingkan Gua Cikarae. Gua Cikarae memiliki tingkat kemiringan lebih tinggi dibandingkan dengan Gua Cikenceng (Lihat Tabel 5.3).

Tabel 5.3 Profil Gua di Kawasan Tajur-Klapanunggal

| Nama Gua | Panjang Lorong (m) | Rata-rata | | |
|---------------|--------------------|------------------|-------------------|----------------|
| | | Lebar Lorong (m) | Tinggi Lorong (m) | Kemiringan (%) |
| Gua Cikenceng | 225.10 | 1.4 | 2.7 | 15.8 |
| Gua Cikarae | 329.79 | 2.8 | 2.5 | 23.7 |

[Sumber: Survei Lapang dan Pengolahan Data, 2010]

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data di masing-masing gua, diperoleh gambaran dan kondisi fisik lorong setiap gua. Setiap gua terbagi ke dalam beberapa segmen yang merupakan hasil dari pengamatan keberadaan ornamen dan keberadaan sumber air. Gua Cikenceng terbagi menjadi 5 (lima) segmen (lihat Gambar 5.1 di lampiran) dan Gua Cikarae terbagi menjadi 4 (empat) segmen (Lihat Gambar 5.2 di lampiran). Pembagian segmen Gua Cikenceng dan Gua Cikarae ditentukan berdasarkan perbedaan yang dijumpai di lorong gua tersebut, perbedaan tersebut berdasarkan keberadaan sumber air dan keberadaan ornamen. Adapun kondisi fisik 9 segmen lorong tersebut di Gua Cikenceng (Lihat Tabel 5.4) dan Gua Cikarae (Lihat Tabel 5.5) adalah sebagai berikut:

Tabel 5.4 Kondisi Fisik Lorong Gua Cikenceng

| Segmen | Rata-Rata | | Luas Penampang (m ²) | Kemiringan (%) | Sumber Air | Tipe Jatuhnya Air |
|--------|-----------|------------|----------------------------------|----------------|--------------------|-------------------|
| | Lebar (m) | Tinggi (m) | | | | |
| 1 | 1.24 | 2.67 | 3.31 | 1.7 | Sungai bawah tanah | Tetes dan Aliran |
| 2 | 0.95 | 2.98 | 2.83 | 37.1 | Sungai bawah tanah | - |
| 3 | 1.22 | 2.92 | 3.56 | 17.8 | Sungai bawah tanah | Tetes dan aliran |
| 4 | 1.87 | 2.84 | 5.31 | 2.8 | Tidak ada | Tetes |
| 5 | 1.54 | 2.02 | 3.11 | 19.7 | Tidak ada | - |

[Sumber: Survei Lapang dan Pengolahan Data, 2010]

Tabel 5.5 Kondisi Fisik Lorong Gua Cikarae

| Segmen | Rata-Rata | | Luas Penampang (m ²) | Kemiringan (%) | Sumber Air | Tipe Jatuhnya Air |
|--------|-----------|------------|----------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| | Lebar (m) | Tinggi (m) | | | | |
| 1 | 3.99 | 2.14 | 8.53 | 28.8 | Tidak Ada | Tetesan |
| 2 | 1.05 | 2.35 | 2.45 | 18.2 | Sungai bawah tanah | - |
| 3 | 2.38 | 3.01 | 7.17 | 6.1 | Sungai bawah tanah | Tetesan dan Aliran |
| 4 | 3.63 | 2.57 | 9.30 | 41.7 | Sungai Bawah Tanah | - |

[Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2010]

Berdasarkan segmen di setiap lorong gua tersebut, segmen yang tidak terdapat ornamen, yaitu segmen 2 dan 5 Gua Cikenceng serta segmen 2 dan 4 Gua Cikarae . Di keempat segmen lorong tersebut tidak ditemukan adanya tetesan ataupun aliran air baik di dinding maupun atap gua, sehingga tidak terjadi pelarutan batugamping (CaCO₃) yang merupakan proses utama dalam pembentukan ornamen gua (*speleothem*).

5.1.3 Kondisi fisik lorong gua di Kawasan Tajur-Klapanunggal

Kondisi fisik lorong gua di Kawasan Tajur-Klapanunggal diperoleh dengan mengklasifikasikan kondisi fisik segmen lorong yang terdapat ornamen gua (*speleothem*) di Gua Cikenceng dan Cikarae berdasarkan luas penampang lorong, kemiringan lorong, keberadaan sumber air (sungai bawah tanah) dan tipe jatuhnya air (tetesan/aliran air). Adapun klasifikasinya adalah sebagai berikut:

- a. Keberadaan sumber air (sungai bawah tanah) diklasifikasikan menjadi 2:
 1. Segmen lorong dengan sungai bawah tanah (A)
 2. Segmen lorong tanpa sungai bawah tanah (T)
- b. Kemiringan lorong (%) diklasifikasikan menjadi 3:
 1. Segmen lorong dengan kemiringan datar, yaitu antara 0-15% (d)
 2. Segmen lorong dengan kemiringan bergelombang, yaitu 15-40% (b)
 3. Segmen lorong dengan kemiringan terjal, yaitu > 40% (t)
- c. Luas penampang lorong diklasifikasikan menjadi 3:
 1. Segmen lorong dengan penampang sempit, yaitu antara 0-4 m² (1)

2. Segmen lorong dengan penampang sedang, yaitu antara 4-8 m² (2)
 3. Segmen lorong dengan penampang luas, yaitu > 8 m² (3)
- d. Tipe jatuhnya air diklasifikasikan menjadi 3:
1. Segmen lorong dengan tipe jatuhnya air berupa tetesan air (x)
 2. Segmen lorong dengan tipe jatuhnya air berupa aliran (y)
 3. Segmen lorong dengan tipe jatuhnya air berupa tetesan dan aliran air (z)

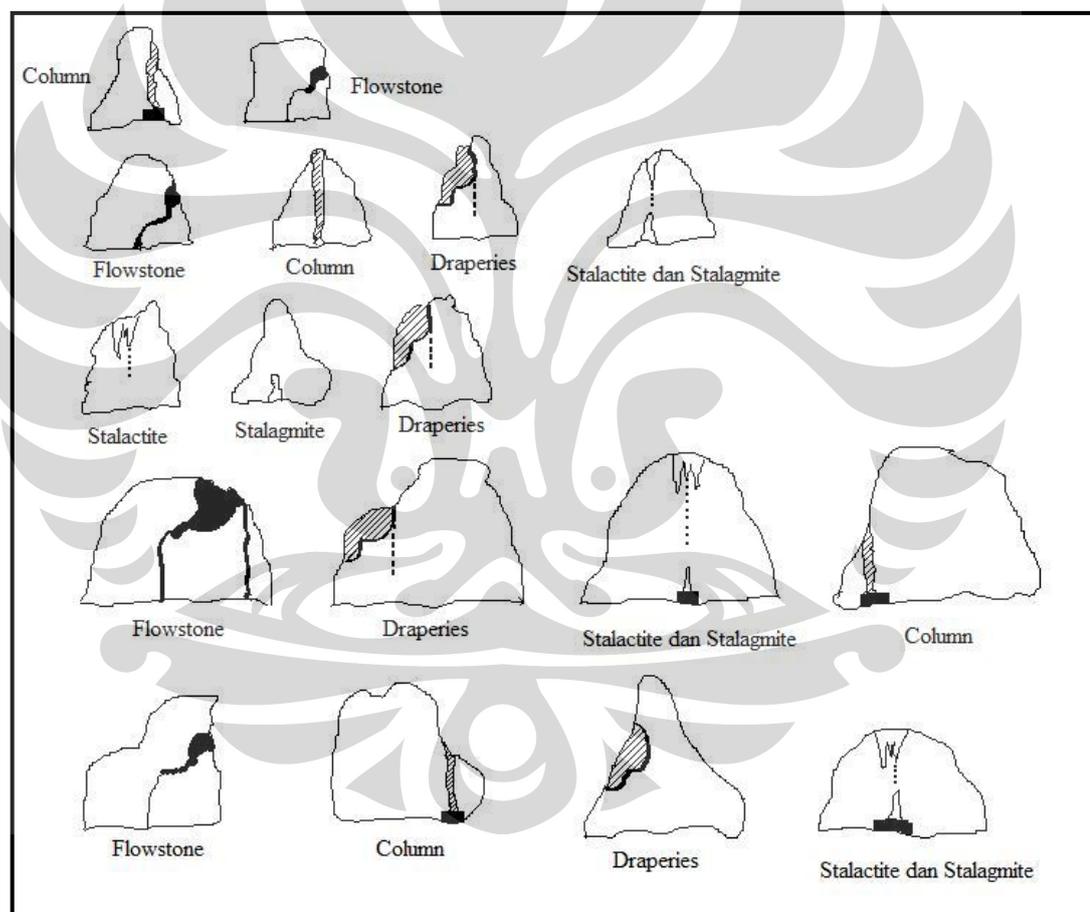
Berdasarkan klasifikasi di atas jika dikombinasikan secara keseluruhan, maka dapat diperoleh 54 (lima puluh empat) kondisi fisik lorong gua untuk Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal. Berdasarkan penampang melintang untuk masing-masing lorong yang terdapat ornamen dengan kondisi fisik menurut tipe jatuhnya air dapat dilihat Gambar 5.3. Berdasarkan hasil survey lapang dengan mengacu kepada klasifikasi di setiap segmen lorong Gua Cikenceng dan Cikarae, hanya diperoleh 5 (lima) kondisi fisik lorong gua untuk Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal (Lihat Tabel 5.6 dan Gambar 5.4). Adapun tipe kondisi fisik lorong gua adalah sebagai berikut:

1. Segmen lorong yang memiliki sungai bawah tanah (A), kemiringan datar (d), penampang lorong sempit (1) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa aliran dan tetesan (z): Tipe Ad1z.
2. Segmen lorong yang memiliki sungai bawah tanah (A), kemiringan bergelombang (b), penampang lorong sempit (1) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa aliran dan tetesan (z): Tipe Ab1z.
3. Segmen lorong yang tidak memiliki sungai bawah tanah (T), kemiringan datar (d), penampang lorong sedang (2) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa tetesan (x): Td2x.
4. Segmen lorong yang tidak memiliki sungai bawah tanah (T), kemiringan bergelombang (b), penampang lorong luas (3) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa tetesan (x): Tb3x.
5. Segmen lorong yang memiliki sungai bawah tanah (A), kemiringan datar (d), penampang lorong sedang (2) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa tetesan dan aliran (z): Ad2z.

Tabel 5.6 Kondisi Fisik Lorong Gua di Kawasan Tajur-Klapanunggal

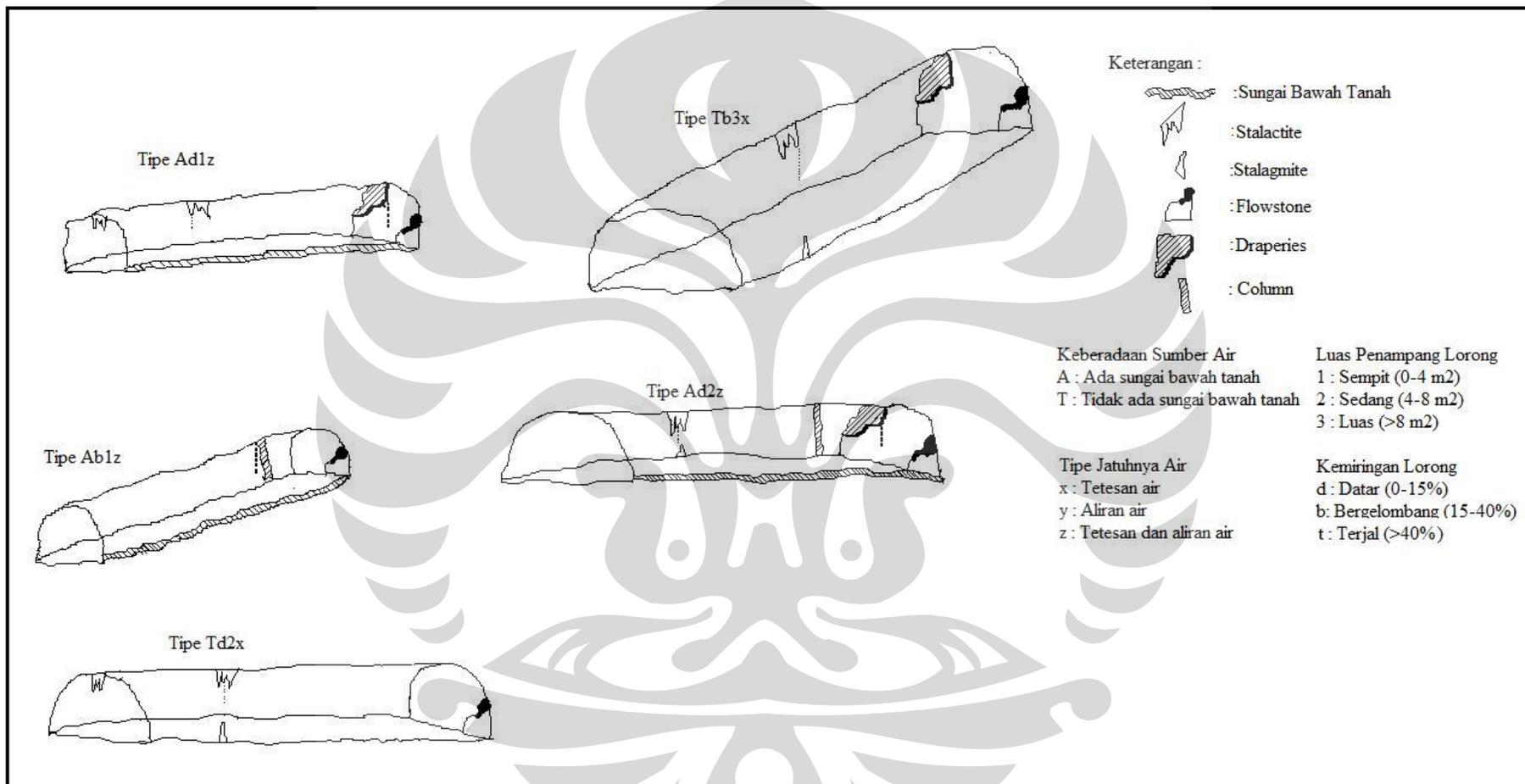
| No | Sumber Air | Kemiringan | Luas Penampang | Tipe Jatuhnya Air | Tipe |
|----|--------------------|--------------|----------------|--------------------|------|
| 1 | Sungai Bawah Tanah | Datar | Sempit | Aliran dan Tetesan | Ad1z |
| 2 | Sungai Bawah Tanah | Bergelombang | Sempit | Aliran dan Tetesan | Ab1z |
| 3 | - | Datar | Sedang | Tetesan | Td2x |
| 4 | - | Bergelombang | Luas | Tetesan | Tb3x |
| 5 | Sungai Bawah Tanah | Datar | Sedang | Aliran dan Tetesan | Ad2z |

[Sumber: Survei Lapang dan Pengolahan Data, 2010]



[Sumber: Survei Lapang dan Pengolahan Data, 2010]

Gambar 5.3 Sketsa Penampang Melintang Lorong



[Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2010]

Gambar 5.4 Sketsa Tipe Lorong

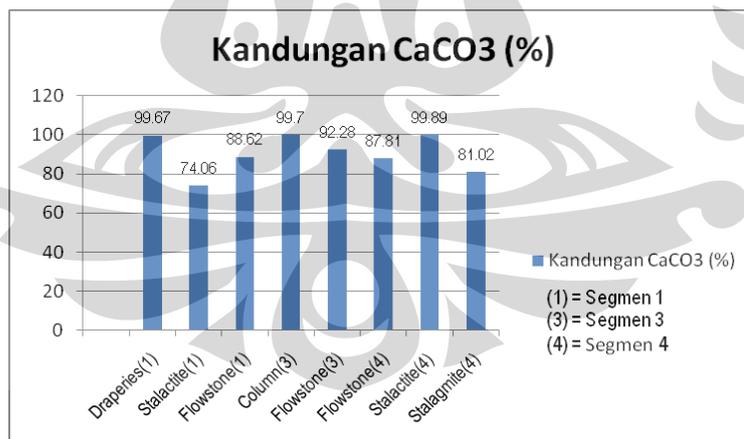
5.1.4 Morfometri ornamen gua (*speleothem*)

Morfometri ornamen gua (*speleothem*) berupa *stalactite*, *stalagmite*, *column*, *draperies*, *flowstone* dihasilkan dengan membuat klasifikasi ukuran rata-rata seluruh ornamen tersebut. Ukuran rata-rata tersebut menyangkut kandungan kalsium karbonat, panjang, diameter dan volume. Morfometri ornamen gua di Gua Cikenceng (Lihat Tabel 5.7) dan Gua Cikarae (Lihat Tabel 5.8), sebagai berikut:

Tabel 5.7 Morfometri ornamen Gua Cikenceng

| Segmen | Jenis Ornamen | CaCO ₃ (%) | Rata-rata | | |
|--------|-------------------|-----------------------|--------------|---------------|---------------------------|
| | | | Panjang (cm) | Diameter (cm) | Volume (cm ³) |
| 1 | <i>Draperies</i> | 99.67 | 122.75 | 41.5 | 8159.87 |
| | <i>Stalactite</i> | 74.06 | 7 | 2.25 | 9.27 |
| | <i>Flowstone</i> | 88.62 | 67.6 | 88.6 | 416565.97 |
| 3 | <i>Column</i> | 99.70 | 78 | 31.5 | 243021.87 |
| | <i>Flowstone</i> | 92.28 | 110 | 155 | 2074558.75 |
| 4 | <i>Flowstone</i> | 87.81 | 67.7 | 45 | 107617.61 |
| | <i>Stalactite</i> | 99.89 | 20.7 | 4.3 | 2205,32 |
| | <i>Stalagmite</i> | 81.02 | 50 | 12.5 | 2044.27 |

[Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2010]



Gambar 5.5 Kandungan kalsium karbonat ornamen Gua Cikenceng

Dari Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa kandungan kalsium karbonat yang besar (memiliki nilai lebih dari 90 %) adalah *stalactite* yang terdapat di segmen 4, *column* yang terdapat di segmen 3, *draperies* yang terdapat di segmen 1 dan *flowstone* yang terdapat di segmen 3. Sebagian besar ornamen tersebut memiliki

volume yang besar, hal tersebut berarti bahwa terdapat korelasi antara kandungan kalsium karbonat dengan volume ornamen. Semakin tinggi kandungan kalsium karbonat maka semakin besar volume ornamen tersebut. Segmen yang memiliki volume besar dan kandungan kalsium karbonat tinggi terdapat di segmen yang memiliki kondisi fisik lorong dengan tipe jatuhnya air berupa aliran. Saat air melewati celah dan lapisan batugamping, kemudian air tersebut melarutkan batugamping yang terdiri atas senyawa penyusun utama kalsium karbonat (CaCO_3), sehingga menyebabkan air menjadi mengandung kalsium karbonat. Kandungan kalsium karbonat tersebut berbeda-beda tergantung dari pH, kualitas dan kuantitas air yang terinfiltrasi di lapisan batugamping tersebut. Air celah ini yang kemudian muncul menetes dari atap ataupun dinding gua dan meninggalkan partikel kalsium karbonat tersebut di atap dan dinding, proses ini berlangsung terus menerus, karena adanya perbedaan kadar kalsium karbonat dan bentuk rekahan antara satu tempat dengan tempat lain menyebabkan volume ornamen berbeda-beda.

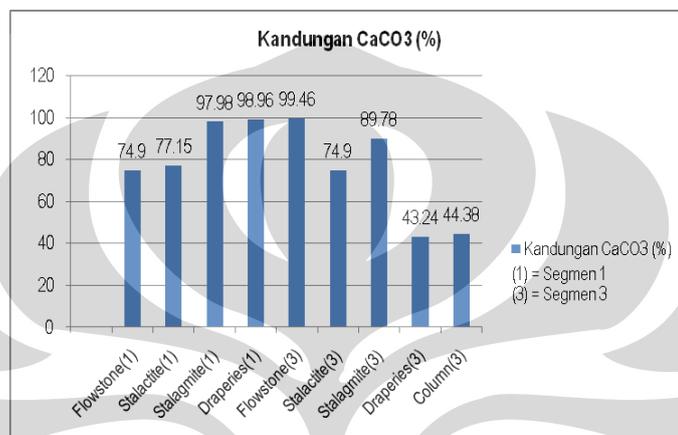
Tabel 5.8 Morfometri Ornamen Gua Cikarac

| Segmen | Ornamen | CaCO ₃ (%) | Rata-rata | | |
|--------|-------------------|--------------------------|-----------------|------------------|------------------------------|
| | | | Panjang (cm) | Diameter (cm) | Volume (cm ³) |
| 1 | <i>Flowstone</i> | 74.90 | 55 | 65 | 182414.37 |
| | <i>Stalactite</i> | 77.15 | 19 | 6.9 | 236.70 |
| | <i>Stalagmite</i> | 97.98 | 38.25 | 17 | 3918,72 |
| | <i>Draperies</i> | 98.96 | 42.25 | 6.75 | 1647.75 |
| 3 | <i>Flowstone</i> | 99.46 | 101.3 | 81.2 | 524313.64 |
| | <i>Stalactite</i> | 74.90 | 6 | 4 | 25.12 |
| | <i>Stalagmite</i> | 89.78 | 29.5 | 20.5 | 3243.97 |
| | <i>Draperies</i> | 43.24 | 15 | 12 | 348.56 |
| | <i>Column</i> | 44.38 | 82 | 19 | 92950.28 |

[Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2010]

Dari Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa ornamen yang memiliki kandungan kalsium karbonat tinggi adalah *flowstone* di segmen 3, kemudian *draperies* di segmen 1 dan *stalagmite* di segmen 1, sedangkan ornamen yang memiliki kandungan kalsium yang rendah adalah *draperies* di segmen 3 dan *column* di segmen 3. Sama halnya dengan ornamen yang terdapat di Gua Cikenceng, bahwa

Gua Cikarae juga ornamen yang memiliki kandungan kalsium karbonat tinggi adalah sebagian besar ornamen yang terbentuk karena rembesan air berupa aliran. Ornamen yang terdapat rembesan berupa aliran ornamen tersebut terlihat hidup dan memiliki ukuran atau volume yang besar, contohnya adalah *flowstone* yang terdapat di segmen 3 memiliki kandungan kalsium karbonat yang paling tinggi dan memiliki volume terbesar dibandingkan dengan ornamen lain di sekitarnya.



Gambar 5.6 Kandungan Kalsium Karbonat Ornamen Gua Cikarae

Adapun morfometri ornamen gua yang dihasilkan dari kedua gua tersebut, sebagai berikut:

1. *Stalactite*
 - a. kecil dengan volume $< 100 \text{ cm}^3$
 - b. sedang dengan volume $100 - 1000 \text{ cm}^3$
 - c. besar dengan volume $> 1000 \text{ cm}^3$
2. *Stalagmite*
 - a. kecil dengan volume $< 2500 \text{ cm}^3$
 - b. sedang dengan volume $2500 - 3000 \text{ cm}^3$
 - c. besar dengan volume $> 3000 \text{ cm}^3$
3. *Flowstone*
 - a. kecil dengan volume $< 200.000 \text{ cm}^3$
 - b. sedang dengan volume $200.000 - 1.000.000 \text{ cm}^3$
 - c. besar dengan volume $> 1.000.000 \text{ cm}^3$
4. *Draperies*

- a. kecil dengan volume $< 5000 \text{ cm}^3$
- b. sedang dengan volume $5000 - 10000 \text{ cm}^3$
- c. besar dengan volume $> 10000 \text{ cm}^3$

5. *Column*

- a. kecil dengan volume $< 100.000 \text{ cm}^3$
- b. sedang dengan volume $100.000 - 150.000 \text{ cm}^3$
- c. besar dengan volume $> 150.000 \text{ cm}^3$

6. Klasifikasi kandungan kalsium karbonat ornamen adalah sebagai berikut:

- a. rendah dengan kandungan kalsium karbonat 40 – 60%
- b. sedang dengan kandungan kalsium karbonat 60 – 80%
- c. tinggi dengan kandungan kalsium karbonat $>80\%$

5.2 Pembahasan

5.2.1 Persebaran gua berdasarkan geologi

Berdasarkan Peta 1 bahwa sebanyak 15 gua tersebar di formasi Klapanunggal. Gua yang terbentuk di Formasi Klapanunggal adalah Gua Wayang, Si Petruk, Gajah, Cibarno, Putri, Si Gawir, Lawang Saketeng, Ayunan, Cikarae, Cisaat, Tanah Beureum, Asem, Keraton, Ciduren dan Cidomba. Sebanyak 13 gua tersebar di formasi Jatiluhur adalah Gua Cioray, Cikatomas 1, Cikatomas 2, Cangukang, Cikenceng, Sikemang, Sivedahan, Sipulus, Cibayur, Garunggang, Beling, Kobak Inten dan Ciranji.

Gua yang terdapat di kawasan Karst Tajur-Klapanunggal sebagian besar terbentuk di Formasi Klapanunggal. Formasi tersebut merupakan formasi yang disusun oleh batugamping koral, napal, dan batupasir kuarsa, sehingga proses pembentukan gua lebih banyak terjadi, karena batugamping mengandung senyawa karbonat lebih dari 90%, sehingga gua secara intensif dapat terbentuk. Sebagian besar gua yang terbentuk di Indonesia adalah gua yang terbentuk di batugamping atau batuan yang mengandung senyawa karbonat lebih dari 50%. Proses pelarutan di dalam batuan karbonat dapat terjadi kapan saja mengingat batuan tersebut mudah larut dalam air, khususnya di dalam air yang bersifat asam.

Gua juga terbentuk di Formasi Jatiluhur, Formasi Jatiluhur merupakan formasi dengan satuan napal, serpih lempungan, dan sisipan batupasir kuarsa.

Satuan napal merupakan batuan yang mengandung senyawa karbonat meskipun kandungannya tidak sebesar batugamping, sehingga pembentukan gua tidak seintensif seperti di batugamping.

5.2.2 Persebaran gua berdasarkan bentuk medan

Berdasarkan Peta 5, bahwa sebanyak 5 (lima) gua terdapat di dataran rendah bergelombang, yaitu memiliki ketinggian <200 mdpl dan lereng 2-15%. Gua-gua yang berada di bentuk medan dataran rendah bergelombang adalah GuaWayang, Si Petruk, Beling, Gajah dan Cikenceng. Gua yang berada di bentuk medan dataran bergelombang, yaitu memiliki ketinggian 200-350 mdpl dan lereng 2-15% adalah sebanyak 11 gua. Gua-gua yang terbentuk di bentuk medan dataran bergelombang adalah Gua Garunggang, Tanah Beureum, Cikatomas 1, Canguang, Kobak Inten, Cikarae, Cidomba, Keraton, Ciduren, Asem dan Putri. Gua yang berada di bentuk medan daerah terjal dataran tinggi, yaitu yang memiliki ketinggian 200-350 mdpl dan lereng 15-40% adalah sebanyak 5 gua. Gua yang berada di bentuk medan daerah terjal dataran tinggi diantaranya Gua Cibarno, Sikemang, Sivedahan, Cikatomas 2 dan Cibayur. Gua yang berada di bentuk medan bukit terjal, yaitu memiliki ketinggian >350 mdpl dan memiliki lereng 15-40% adalah sebanyak 5 gua. Gua yang berada di bentuk medan bukit terjal adalah Gua Si Gawir, Cisaat, Lawang Saketeng, Ayunan dan Ciranji. Selain itu, gua yang berada di bentuk medan dataran tinggi bergelombang, yaitu memiliki ketinggian >350 mdpl dan memiliki lereng 2-15% adalah sebanyak 2 gua. Gua yang berada di bentuk medan dataran tinggi bergelombang adalah Gua Cioray dan Sipulus.

Gua yang berada di bentuk medan dataran rendah bergelombang sebagian besar memiliki mulut gua datar (horizontal), yaitu memiliki kemiringan sudut 0-45°. Gua yang berada di bentuk medan dataran bergelombang sebagian besar memiliki mulut gua tegak (vertikal), yaitu memiliki kemiringan sudut >45°. Gua yang berada di bentuk medan daerah terjal dataran tinggi sebagian memiliki mulut gua datar (horizontal) kemiringan sudut 0-45° dan sebagian lagi memiliki mulut gua tegak (vertikal), yaitu memiliki kemiringan sudut >45°. Gua yang berada di bentuk medan bukit terjal sebagian besar memiliki mulut gua tegak (vertikal),

yaitu memiliki kemiringan sudut $>45^\circ$. Gua yang berada di bentuk medan dataran tinggi bergelombang semuanya memiliki mulut gua tegak (vertikal), yaitu memiliki kemiringan sudut $>45^\circ$.

Gua yang menjadi objek penelitian adalah Gua Cikenceng dan Cikarae. Gua Cikenceng terletak di Desa Tajur, Kecamatan Citeureup, sedangkan Gua Cikarae terletak di Desa Leuwikaret, Kecamatan Klapanunggal. Kedua gua tersebut memiliki kondisi geologi dan bentuk medan yang berbeda satu sama lain.

Berdasarkan Peta 6 dengan skala 1:1000, Gua Cikenceng terdapat di Formasi Jatiluhur. Formasi ini tersusun oleh satuan napal dan batu lempung dengan sisipan batupasir kuarsa. Berdasarkan Peta 7 dengan skala 1:1000, terlihat bahwa gua tersebut berada di bentuk medan dataran rendah bergelombang dan dataran bergelombang. Lorong Gua Cikenceng terbagi atas 5 segmen, segmen 1 sampai 3 berada di bentuk medan dataran rendah bergelombang, yaitu memiliki ketinggian <200 mdpl dan memiliki lereng 2-15%. Selain itu, segmen 4 sampai 5 berada di bentuk medan dataran bergelombang, yaitu memiliki ketinggian 200-350 mdpl dan lereng 2-15%. Perubahan antara segmen 1-3 dengan 4-5 di dalam lorong gua ditandai dengan keberadaan sungai bawah tanah, segmen 1-3 dengan bentuk medan dataran rendah bergelombang terdapat sungai bawah tanah. Akan tetapi, segmen 4-5 dengan bentuk medan dataran bergelombang tidak terdapat sungai bawah tanah. Hal tersebut karena adanya perubahan ketinggian di segmen gua, sehingga air tidak dapat mengalir ke tempat yang lebih tinggi.

Berdasarkan Peta 8 dengan skala 1:700, Gua Cikarae terdapat di Formasi Klapanunggal. Formasi ini tersusun oleh batugamping koral, napal, dan batupasir kuarsa. Berdasarkan Peta 9 dengan skala 1:700, terlihat bahwa Gua Cikarae berada di bentuk medan dataran rendah bergelombang dan dataran bergelombang. Lorong Gua Cikarae terbagi atas 4 segmen, sedikit bagian di segmen 1 berada di bentuk medan dataran rendah bergelombang, yaitu memiliki ketinggian <200 mdpl dan memiliki lereng 2-15%. Namun secara keseluruhan lorong Gua Cikarae berada di bentuk medan dataran bergelombang, yaitu memiliki ketinggian 200-350 mdpl dan lereng 2-15%.

5.2.3 Segmen lorong Gua Cikenceng

Gua Cikenceng memiliki atap mulut gua setinggi 1,14 meter dan lebar 0,44 meter. Mulut gua terletak di koordinat $06^{\circ}30'54''$ LS dan $106^{\circ}55'15''$ BT, sebagian besar lorong Gua Cikenceng dialiri oleh sungai bawah tanah. Gua tersebut memiliki 5 segmen dengan jenis ornamen yang bervariasi.



Gambar 5.7 Kondisi mulut Gua Cikenceng
Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

a. Segmen 1

Segmen ini merupakan lorong gua yang terdapat sumber air seperti sungai bawah tanah. Segmen ini merupakan bagian yang memiliki ornamen berukuran cenderung besar. Segmen ini mencakup lorong dengan jarak mulai dari 0 sampai 38,74 meter dari mulut gua.



(a)

(b)

(c)

Gambar 5.8 Kondisi lorong segmen 1 Gua Cikenceng

(a) Penampang Lorong dengan sungai bawah tanah (b) Dinding dengan *draperies* ukuran terbesar dengan aliran air

(c) *Flowstone*
Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

Segmen 1 lorong Gua Cikenceng terdapat ornamen dengan jenis *draperies*, *stalactite* dan *flowstone*. Segmen tersebut merupakan segmen yang memiliki

volume bervariasi. Ornamen di segmen tersebut memiliki morfometri, sebagai berikut:

1. Memiliki ukuran *draperies* dengan volume 4455,24 – 18520,59 cm³
 Memiliki ukuran *stalactite* dengan volume 0,13 – 50,24 cm³
 Memiliki ukuran *flowstone* dengan volume 119398,5 – 768240,25 cm³
2. Memiliki rembesan air berupa tetesan dan aliran
3. Terdapat sumber air berupa sungai bawah tanah
4. Kandungan kalsium karbonat (CaCO₃) sebesar 99,67% di *draperies*, 74,06% di *stalactite*, 88,62 % di *flowstone*.

Segmen ini dijumpai volume ornamen terkecil atau minimum dibandingkan dengan segmen lain yang terdapat di Gua Cikenceng maupun Gua Cikarae, ornamen tersebut adalah *stalactite* dengan volume 0,13 cm³. Akan tetapi, di segmen ini juga dijumpai ornamen yang memiliki volume besar, terdapat di *draperies* dengan volume 18520,59 cm³. Perbedaan volume tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan kadar kalsium karbonat dan rekahan antara satu tempat dengan tempat lain. Kandungan kalsium karbonat di *stalactite* jauh lebih rendah dibandingkan dengan kandungan kalsium karbonat yang terdapat di *draperies*.

Ornamen yang cenderung banyak dijumpai di segmen 1 adalah *flowstone* dan *draperies*, sedangkan *stalactite* cenderung sedikit dijumpai di segmen tersebut. *Draperies* dijumpai di dinding bagian kiri lorong gua tersebut, *draperies* tersebut cenderung memiliki ukuran yang besar. Aliran air terdapat di dinding dekat *draperies* terbentuk.

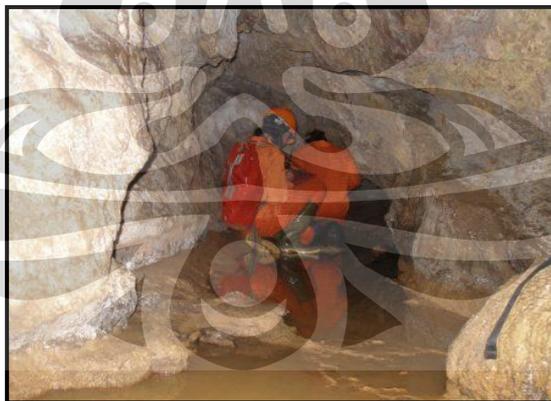
Ornamen berikutnya yang ditemukan adalah *stalactite* pada jarak 12,52 meter dari mulut gua. Lorong tersebut terdapat *stalactite* dengan ukuran yang bervariasi, ada yang memiliki ukuran sangat kecil tetapi ada pula yang memiliki ukuran besar. Atap lorong gua ditemukan tetesan air, sehingga banyak terbentuk *soda straw* (jenis ornamen yang pada akhirnya akan menjadi *stalactite*). Kondisi lorong gua ini masih dipengaruhi oleh sinar matahari, sehingga permukaan ornamen cenderung kering.

Ornamen yang dijumpai di jarak 20,95 meter dari mulut gua adalah ornamen *flowstone*. Dinding di sekitar ornamen tersebut terdapat aliran air, sehingga permukaan ornamen ini selalu basah. *Flowstone* yang terdapat di lorong tersebut memiliki ukuran yang cukup besar. Selain itu, pada lorong tersebut dijumpai pula ornamen *draperies* yang memiliki ukuran besar. Dinding di sekitar ornamen tersebut terdapat aliran air, sehingga permukaan ornamen tersebut basah.

Ornamen yang dijumpai di jarak 23,07 meter dari mulut gua adalah *draperies*. Ornamen tersebut memiliki ukuran yang cenderung besar. Ornamen yang dijumpai di jarak 25,21 adalah *flowstone*. Ornamen tersebut memiliki ukuran yang cenderung kecil. Dinding di sekitar ornamen tersebut terdapat rembesan air berupa tetesan, sehingga permukaan ornamen bersifat lembab.

b. Segmen 2

Segmen tersebut merupakan bagian lorong yang terdapat sungai bawah tanah dan sedikit berlumpur tetapi tidak terdapat ornamen baik di dinding, atap, maupun lantai gua. Segmen ini mencakup lorong dengan jarak 38,74 sampai 63,58 meter dari mulut gua. Segmen tersebut merupakan bagian lorong yang memiliki atap rendah dibandingkan segmen lain yang terdapat di Gua Cikenceng.



Gambar 5.9 Kondisi lorong segmen 2 Gua Cikenceng
Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

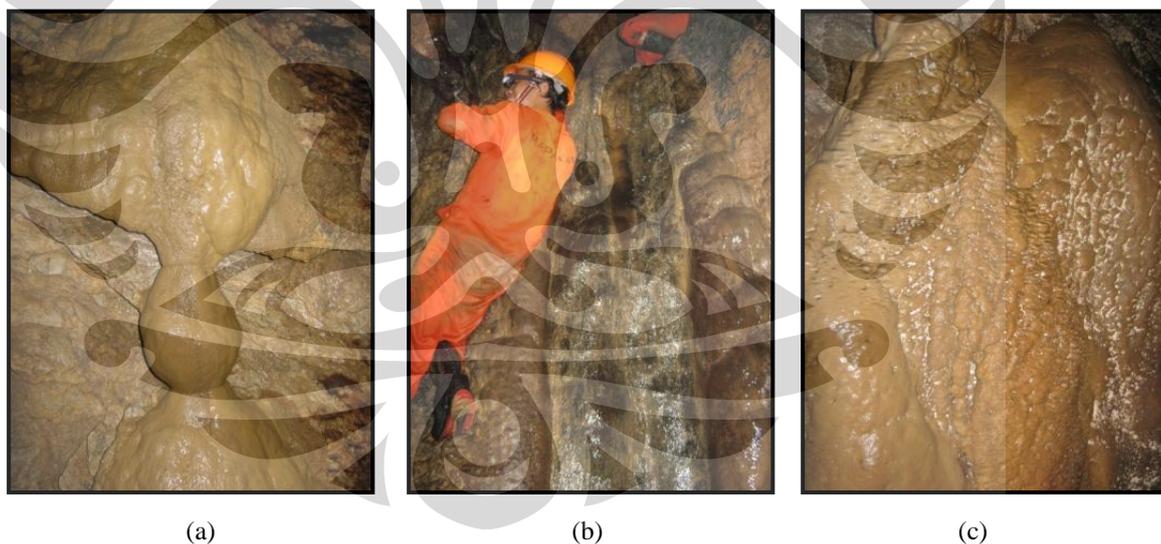
Lorong ini memiliki atap sangat rendah, sehingga si peneliti harus duduk dalam melakukan pengukuran. Lantai gua pada segmen ini dialiri oleh sungai bawah tanah. Bagian atap dan dinding lorong gua tersebut tidak terdapat rembesan

baik berupa tetesan maupun aliran, sehingga tidak terjadi pelarutan CaCO_3 yang merupakan faktor utama pembentuk ornamen.

c. Segmen 3

Segmen ini merupakan bagian lorong yang memiliki sungai bawah tanah dan ornamen. Segmen ini mencakup lorong dengan jarak mulai dari 63,58 sampai 135,49 meter dari mulut gua. Segmen tersebut memiliki ornamen berupa *column* dan *flowstone*. Ornamen di segmen tersebut memiliki morfometri, sebagai berikut:

1. Memiliki ukuran *column* dengan volume $243021,87 \text{ cm}^3$
Memiliki ukuran *flowstone* dengan volume $5408235,52 \text{ cm}^3$
2. Memiliki rembesan air berupa tetesan dan aliran
3. Terdapat sumber air berupa sungai bawah tanah
4. Kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 99,70 % di *column* dan 92,28 % di *flowstone*.



(a) (b) (c)
Gambar 5.10 Kondisi lorong segmen 3 Gua Cikenceng
(a) *Column* (b) Penampang lorong membentuk seperti air terjun (c) *flowstone*
Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

Segmen 3 lorong Gua Cikenceng memiliki kondisi fisik lorong dengan tipe jatuhnya air berupa tetesan dan aliran, namun segmen ini tidak memiliki jenis ornamen yang bervariasi, hanya *column* dan *flowstone* yang terdapat di segmen tersebut. Hal tersebut karena di segmen ini tetesan air yang terdapat di atap gua

belum sepenuhnya membentuk ornamen jenis *stalactite*, tetesan air tersebut baru membentuk kumpulan *soda straw* (calon *stalactite*). Di dalam *soda straw* tersebut tetesan air yang hanya menggantung dan tidak sampai jatuh ke lantai gua. Oleh karena itu, tidak memungkinkan untuk terbentuknya sebuah *stalagmite*.

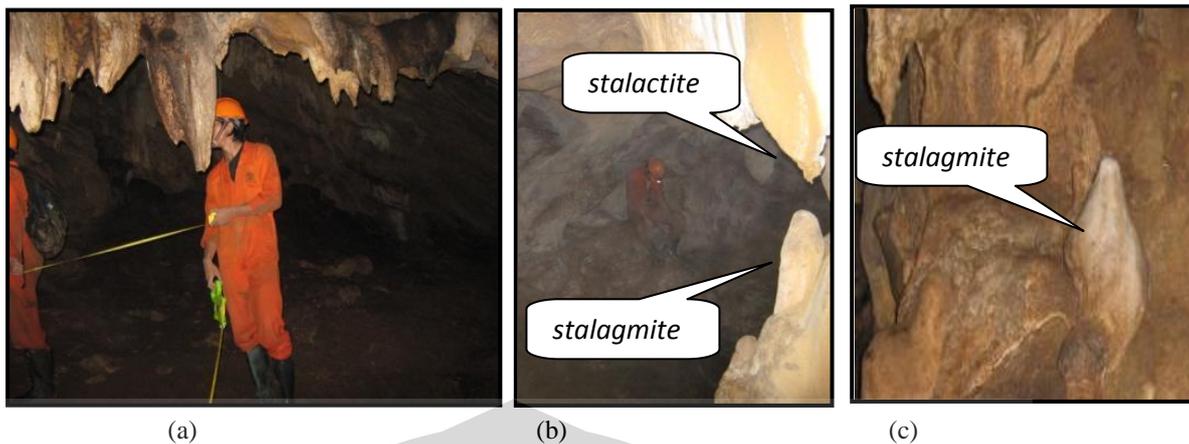
Ornamen yang dijumpai di jarak 103,79 meter dari mulut gua adalah *column*. *Column* merupakan ornamen yang sangat jarang dijumpai di segmen lain. Ornamen tersebut tidak dapat terbentuk jika *stalactite* dan *stalagmite* tidak saling bertemu.

Flowstone merupakan ornamen yang dijumpai di jarak 129,39 meter dari mulut gua. Dinding di sekitar ornamen tersebut terdapat tetesan dan aliran air yang menyebabkan permukaan ornamen menjadi basah. Volume ornamen tersebut memiliki ukuran yang besar.

d. Segmen 4

Segmen ini merupakan bagian lorong yang tidak memiliki sungai bawah tanah tetapi terdapat ornamen. Segmen ini mencakup lorong dari jarak 135,49 sampai 201,01 meter dari mulut gua. Segmen 4 lorong Gua Cikenceng ditemukan jenis ornamen yang bervariasi, seperti *flowstone*, *stalactite* dan *stalagmite*. Ornamen di segmen tersebut memiliki morfometri sebagai berikut:

1. Memiliki ukuran *flowstone* dengan volume 890,19 – 439386,48 cm³
 Memiliki ukuran *stalactite* dengan volume 1,83 - 2205,32 cm³
 Memiliki ukuran *stalagmite* dengan volume 410,29 – 4327,31 cm³
2. Memiliki rembesan air berupa tetesan
3. Tidak terdapat sumber air berupa sungai bawah tanah ataupun genangan air
4. Kandungan kalsium karbonat (CaCO₃) sebesar 87,81 % di *flowstone*, 99,89 % di *stalactite* dan 81,02 % di *stalagmite*.



Gambar 5.11 Kondisi lorong segmen 5 Gua Cikenceng
 (a) penampang lorong dengan ornamen dan lantai gua yang kering (b) *stalactite* dan *stalagmite* yang hampir menjadi satu (c) *stalagmite*

Ornamen yang dijumpai di jarak 144,78 dari mulut gua adalah *flowstone*. Dinding di sekitar ornamen tersebut terdapat rembesan air, sehingga permukaan ornamen ini lembab. Sekumpulan *stalactite* dan *stalagmite* dijumpai di jarak 172,44 meter dari mulut gua. *Stalactite* memiliki ukuran yang kecil dengan panjang 12 cm dan diameter 5 cm, sedangkan *stalagmite* memiliki panjang 32 cm dan diameter 14 cm. Atas di sekitar *stalactite* tersebut terdapat rembesan berupa tetesan air, tetesan tersebut jatuh ke lantai gua, sehingga air yang mengandung kalsium karbonat mengendap di lantai gua membentuk sebuah *stalagmite*. *Stalactite* dan *stalagmite* tersebut hampir bersatu dan membentuk sebuah *column*.

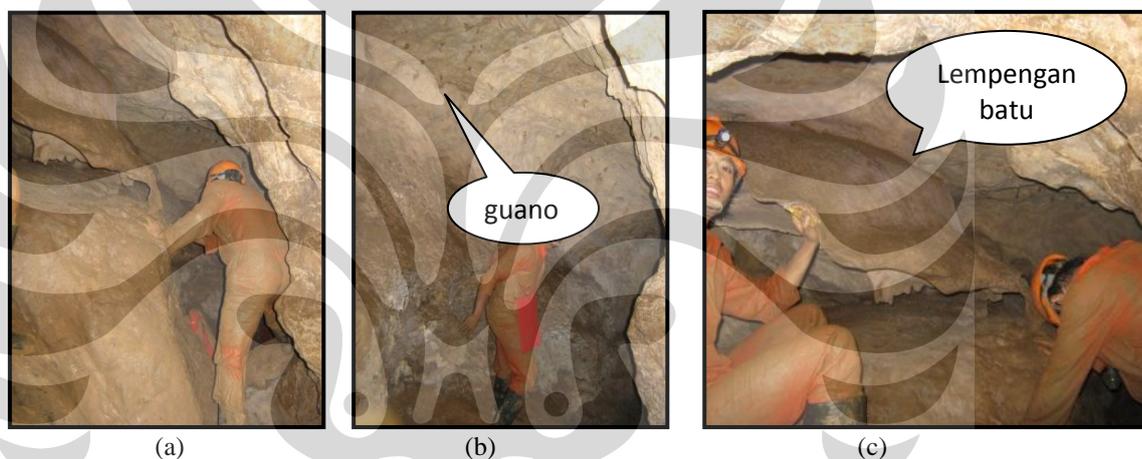
Ornamen *flowstone* dijumpai dari jarak 175,55 sampai 180,20 meter dari mulut gua. Ornamen tersebut memiliki ukuran yang cenderung bervariasi. Selain itu, dijumpai *flowstone* di jarak 175,55 meter dari mulut gua. Ornamen tersebut memiliki ukuran yang besar, panjang 97 cm dan diameter 52 cm, sedangkan di jarak 180,20 meter dari mulut gua dijumpai *flowstone* dengan ukuran kecil, panjang 14 cm dan diameter 5 cm. Kumpulan *stalagmite* dengan ukuran yang bervariasi dijumpai dari jarak 187,99 sampai 191,14 meter dari mulut gua.

e. Segmen 5

Segmen ini merupakan bagian lorong yang tidak memiliki sungai bawah tanah dan juga tidak terdapat ornamen. Segmen ini mencakup lorong dari jarak 201,01 sampai 225,10 meter dari mulut gua. Segmen ini memiliki kondisi lantai gua yang berlumpur dan tidak terdapat ornamen, karena tidak terdapat rembesan

baik berupa tetesan maupun aliran di atap ataupun dindingnya. Segmen ini juga merupakan tempat hinggap kelelawar, di atap, dinding maupun lantai gua terdapat guano (kotoran kelelawar), jika kita berada di sekitar segmen ini udara terasa lebih panas karena panas tersebut ditimbulkan oleh guano (kotoran kelelawar) yang terdapat di sekitarnya.

Segmen ini dijumpai sebuah lempengan batu yang berbentuk seperti sebuah wajan (alat untuk memasak), wajan dalam Bahasa Sunda “*Kenceng*”. Oleh karena itu, nama gua ini diambil dari sebuah lempengan batu yang terdapat di gua tersebut dengan menggunakan istilah bahasa sunda, yaitu “*Kenceng*”, sehingga gua tersebut dinamakan Gua Cikenceng. Segmen tersebut merupakan segmen yang memiliki lempengan batu yang bervariasi.



Gambar 5.12 Kondisi lorong segmen 5 Gua Cikenceng
(a) Penampang lorong berlumpur (b) Atap lorong dengan guano (c) lempengan batu
Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

5.2.4 Segmen lorong Gua Cikarae

Gua Cikarae memiliki mulut gua dengan atap setinggi 1,14 meter dan lebar 0,44 meter. Mulut gua terletak di koordinat $06^{\circ}31'25''$ LS dan $106^{\circ}31'25''$ BT, sama halnya dengan Gua Cikenceng sebagian besar lorong Gua Cikarae juga dialiri oleh sungai bawah tanah. Sebelum memasuki mulut Gua Cikarae terdapat pagar bambu yang dibuat oleh warga sekitar, karena Gua Cikarae merupakan salah satu gua yang banyak dikunjungi baik oleh warga sekitar maupun para pendatang, sehingga tingkat kerusakannya lebih tinggi dibandingkan dengan gua lain yang terdapat di kawasan tersebut.



Gambar 5.13 Kondisi mulut Gua Cikarae
Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

a. Segmen 1

Segmen ini mencakup bagian lorong dari jarak 0 sampai 104,15 meter dari mulut gua. Segmen tersebut tidak terdapat sungai bawah tanah tetapi memiliki jenis ornamen yang bervariasi. Lantai gua segmen tersebut tersusun oleh batu dan sangat kering. Segmen ini terdapat rembesan air berupa tetesan, sehingga tumbuh beberapa jenis ornamen di dalamnya. Segmen tersebut memiliki sebuah *chamber* (ruangan besar), memiliki lebar lorong sampai 8 meter. Lantai chamber ini selain tanah juga dipenuhi oleh batu-batu besar.



(a)

(b)

(c)

Gambar 5.14 Kondisi lorong segmen1 Gua Cikarae

(a) penampang lorong berupa ruang besar (*chamber*) (b) *stalagmite* (c) dinding dengan *flowstone*
Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

Segmen 1 Gua Cikarae dapat dijumpai jenis ornamen seperti *stalactite*, *stalagmite*, *flowstone* dan *draperies*. Ornamen yang terdapat di segmen tersebut memiliki volume ornamen yang bervariasi. Ornamen di segmen tersebut memiliki morfometri, sebagai berikut:

1. Memiliki ukuran *flowstone* dengan volume $182414,37 - 210141,36 \text{ cm}^3$

Memiliki ukuran *stalactite* dengan volume 0,22 - 4027,05 cm³

Memiliki ukuran *stalagmite* dengan volume 1526,04 - 3918,72 cm³

Memiliki ukuran *draperies* dengan volume 1604,07 – 1691,81 cm³

2. Memiliki rembesan air berupa tetesan
3. Tidak terdapat sumber air berupa sungai bawah tanah ataupun genangan air
4. Kandungan kalsium karbonat (CaCO₃) sebesar 74.90 % di *flowstone*, 77.15 % di *stalactite*, 97,98 % di *stalagmite* dan 98,96 % di *draperies*.

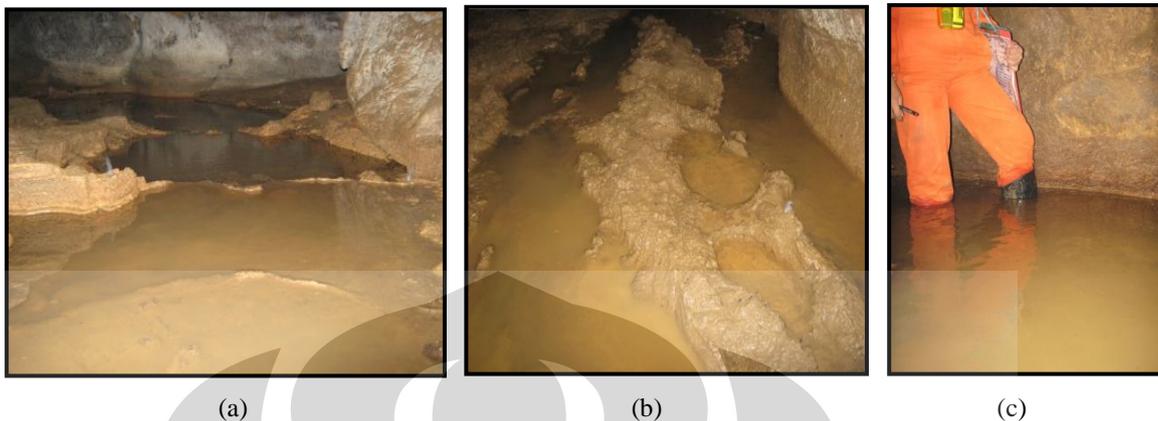
Ornamen yang dijumpai di jarak 9,32 meter dari mulut gua adalah *stalactite* dan *draperies*. Ornamen tersebut memiliki ukuran yang bervariasi, dari kecil sampai besar. *Stalactite* yang memiliki ukuran besar panjangnya mencapai 47,5 cm dan diameternya 36,5 cm, sedangkan *stalactite* yang memiliki ukuran kecil panjangnya hanya 6 cm dan diameternya 4,5 cm. *Draperies* di segmen ini memiliki ukuran yang cenderung sama.

Ornamen yang dijumpai di jarak 20,52 meter dari mulut gua adalah *stalactite*, *flowstone* dan *stalagmite*. *Stalactite* yang dijumpai memiliki ukuran yang kecil, panjang 3,5 cm dan diameter 0,5 cm. *Flowstone* yang dijumpai termasuk ke dalam ukuran yang cukup besar, dengan panjang 99 cm dan diameter 52 cm. *Stalagmite* yang dijumpai di jarak tersebut juga termasuk ke dalam ukuran yang cukup besar, dengan panjang 58,5cm dan diameter 16cm.

b. Segmen 2

Segmen ini mencakup lorong dengan jarak mulai dari 104,15 sampai 138,06 meter dari mulut gua. Segmen ini terdapat sungai bawah tanah dan tidak ada ornamen baik di atap, dinding maupun lantai gua karena tidak terdapat rembesan air baik berupa tetesan maupun aliran yang merupakan faktor utama terbentuknya suatu ornamen. Segmen ini memiliki kondisi lantai gua yang bervariasi, seluruh bagian segmen ini dialiri oleh sungai bawah tanah, tetapi ketinggian air di lantai gua tersebut berbeda-beda. Ada bagian lantai gua yang dialiri sungai bawah tanah dan ketinggian airnya sangat rendah, sehingga lumpur di lantai tersebut terlihat

sangat jelas. Akan tetapi, ada juga lantai gua yang memiliki sungai bawah tanah dengan ketinggian air sampai ± 50 cm.



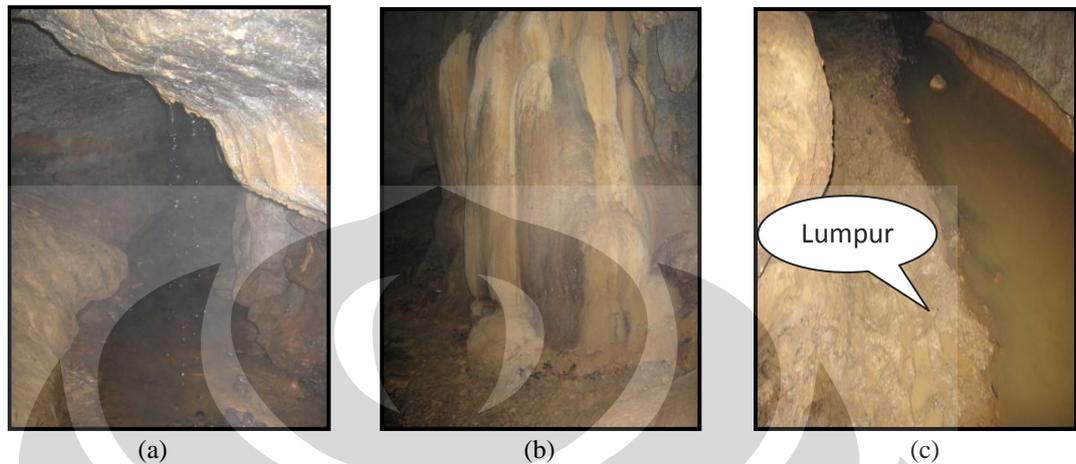
(a) Penampang lorong dengan sungai bawah tanah (b) Lantai gua dengan sungai bawah tanah dan lumpur (c) Lantai gua dengan sungai bawah tanah ± 50 cm
Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

c. Segmen 3

Segmen ini merupakan bagian lorong yang memiliki sungai bawah tanah dan dijumpai beberapa jenis ornamen. Selain itu, terdapat rembesan berupa tetesan dan aliran air di atap lorong gua segmen ini, sehingga ornamen yang terdapat di sekitar tetesan atau aliran air permukaannya basah. Segmen ini mencakup bagian lorong mulai dari 138,06 sampai 277,20 meter dari mulut gua. Segmen ini merupakan segmen terpanjang dan memiliki jenis ornamen yang bervariasi dibandingkan dengan segmen lain. Ornamen yang ditemukan di segmen 3 Gua Cikarae adalah *draperies*, *stalactite*, *stalagmite*, *flowstone*, dan *column*. Ornamen di segmen ini memiliki morfometri, sebagai berikut:

1. Memiliki ukuran *flowstone* dengan volume 44314,33 – 5984577,02 cm³
 Memiliki ukuran *stalactite* dengan volume 25,12 – 234,53 cm³
 Memiliki ukuran *stalagmite* dengan volume 3243,97 cm³
 Memiliki ukuran *draperies* dengan volume 348,56 cm³
 Memiliki ukuran *column* dengan volume 371801,12 cm³
2. Memiliki rembesan air berupa tetesan dan aliran
3. Terdapat sumber air berupa sungai bawah tanah

4. Kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 74,90 % di *flowstone*, 99,40 % di *stalactite*, 89,78 % di *stalagmite*, 43,24 % di *draperies* dan 44,38 % di *column*.



Gambar 5.16 Kondisi lorong segmen 3 Gua Cikarae
 (a) Penampang lorong dengan aliran air di atap (b) *flowstone* terbesar dengan aliran air (c) Lantai gua dengan sungai bawah tanah dan lumpur
 Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

Segmen 3 Gua Cikarae merupakan segmen dengan jenis ornamen yang paling bervariasi dibandingkan segmen lain yang terdapat di Gua Cikarae maupun Gua Cikenceng. Semua jenis ornamen yang dijadikan sebagai objek penelitian: *draperies*; *stalactite*; *stalagmite*; *flowstone*; dan *column* dijumpai di segmen tersebut. Selain memiliki jenis yang bervariasi juga memiliki volume ornamen maksimal yang terdapat di *flowstone* dengan volume mencapai $5984577,02 \text{ cm}^3$. Variasi jenis ornamen yang dijumpai di segmen ini karena memiliki kondisi fisik lorong dengan tipe jatuhnya air berupa tetesan dan aliran. Rembesan air berupa tetesan yang terdapat di *stalactite* jatuh sampai ke lantai gua, sehingga terbentuk sebuah *stalagmite*. Selain itu, dijumpai *stalactite* dan *stalagmite* yang bertemu hingga membentuk sebuah *column*, sedangkan *draperies* dan *flowstone* terbentuk karena adanya rembesan air berupa aliran.

Ornamen yang dijumpai di jarak 148,20 meter dari mulut gua adalah *draperies*. Atap gua di sekitar ornamen tersebut terdapat aliran air, sehingga permukaan ornamen ini basah. Kemudian di jarak 153,02 meter dari mulut gua ditemukan *flowstone* dan sekumpulan ornamen stalaktit yang berukuran kecil, ukuran ornamen tersebut cenderung sama. *Flowstone* yang terdapat di segmen ini

memiliki ukuran yang cenderung besar dan perbedaan ukurannya tidak berbeda jauh antara satu dengan yang lainnya. Segmen ini juga memiliki kondisi lantai gua yang bervariasi sama halnya dengan segmen 2, lantai gua segmen ini terdapat sungai bawah dengan dipenuhi lumpur.

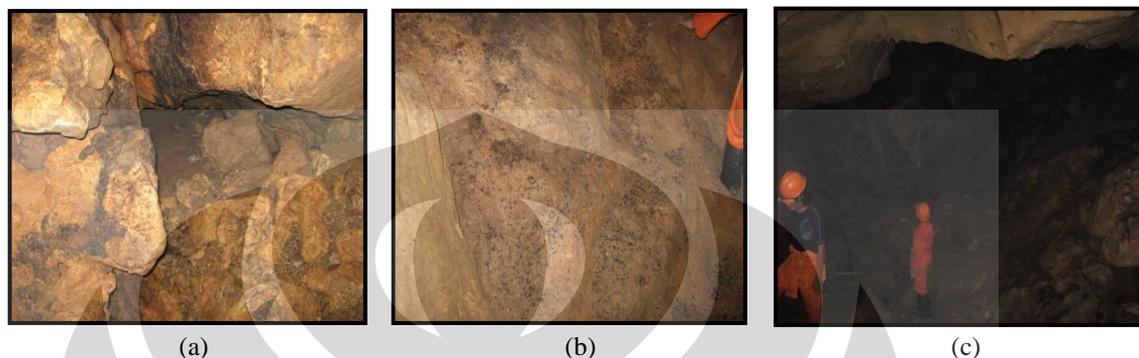
Ornamen *flowstone* dijumpai di jarak 211,94 meter dari mulut gua. Ornamen tersebut merupakan ornamen yang memiliki ukuran besar, dengan panjang 185 cm dan diameter 203 cm. Dinding di sekitar ornamen tersebut terdapat aliran air, sehingga permukaan ornamen tersebut sangat licin dan basah. Ornamen ini terletak di sepanjang atap sampai lantai gua. Bentuk ornamen ini berbeda dengan *flowstone* lainnya, ornamen ini memiliki bentuk seperti berundak-undak jika dilihat dari sisi samping. Selain memiliki bentuk yang unik dan ukuran yang besar ornamen ini juga mempunyai kilau warna yang sangat indah, yaitu warna kuning keemasan, sehingga membuat kontras terhadap lingkungan di sekitarnya. Kilau warna yang indah tersebut ditimbulkan oleh aliran air yang membasahi permukaan ornamen tersebut. *Flowstone* dijumpai pula di jarak 252,30 meter dari mulut gua. Ornamen tersebut memiliki ukuran yang cukup besar, memiliki panjang 125 cm dan diameter 98 cm.

Ornamen yang dijumpai di jarak 268,7 meter dari mulut gua adalah ornamen *stalagmite*. Ornamen tersebut berada di atas bongkahan batu yang terdapat di dinding kiri segmen gua tersebut. *Stalagmite* ini terbentuk karena di atap gua terdapat aliran air yang jatuh tepat di atas bongkahan batu. Aliran air tersebut mengendapkan kalsium karbonat, sehingga terbentuklah *stalagmite*. Ornamen yang dijumpai di jarak 277,20 meter dari mulut gua adalah *column*. Ornamen tersebut memiliki ukuran yang cukup besar, panjang 82 cm dan diameter 38 cm. Atap di sekitar ornamen tersebut terdapat rembesan berupa aliran air.

d. Segmen 4

Segmen ini merupakan segmen terakhir dari Gua Cikarae, segmen ini mencakup lorong dari jarak 277,20 sampai 329,79 meter dari mulut gua. Segmen 4 terdapat sebuah ruang besar (*chamber*), memiliki lebar hingga 5 meter, segmen ini tidak terdapat ornamen. Kondisi lorong segmen ini dipenuhi oleh guano baik

di atap, dinding maupun lantai gua. di segmen ini terdapat sungai bawah tanah namun aliran air tersebut berada di bawah *chamber* (ruang besar) karena letak *chamber* lebih tinggi dibandingkan dengan bagian lorong yang terdapat sungai bawah tanah. Lantai gua segmen ini tersusun oleh tanah dan batu, kondisi tanah di lantai tersebut sedikit lembab dan berlumpur.

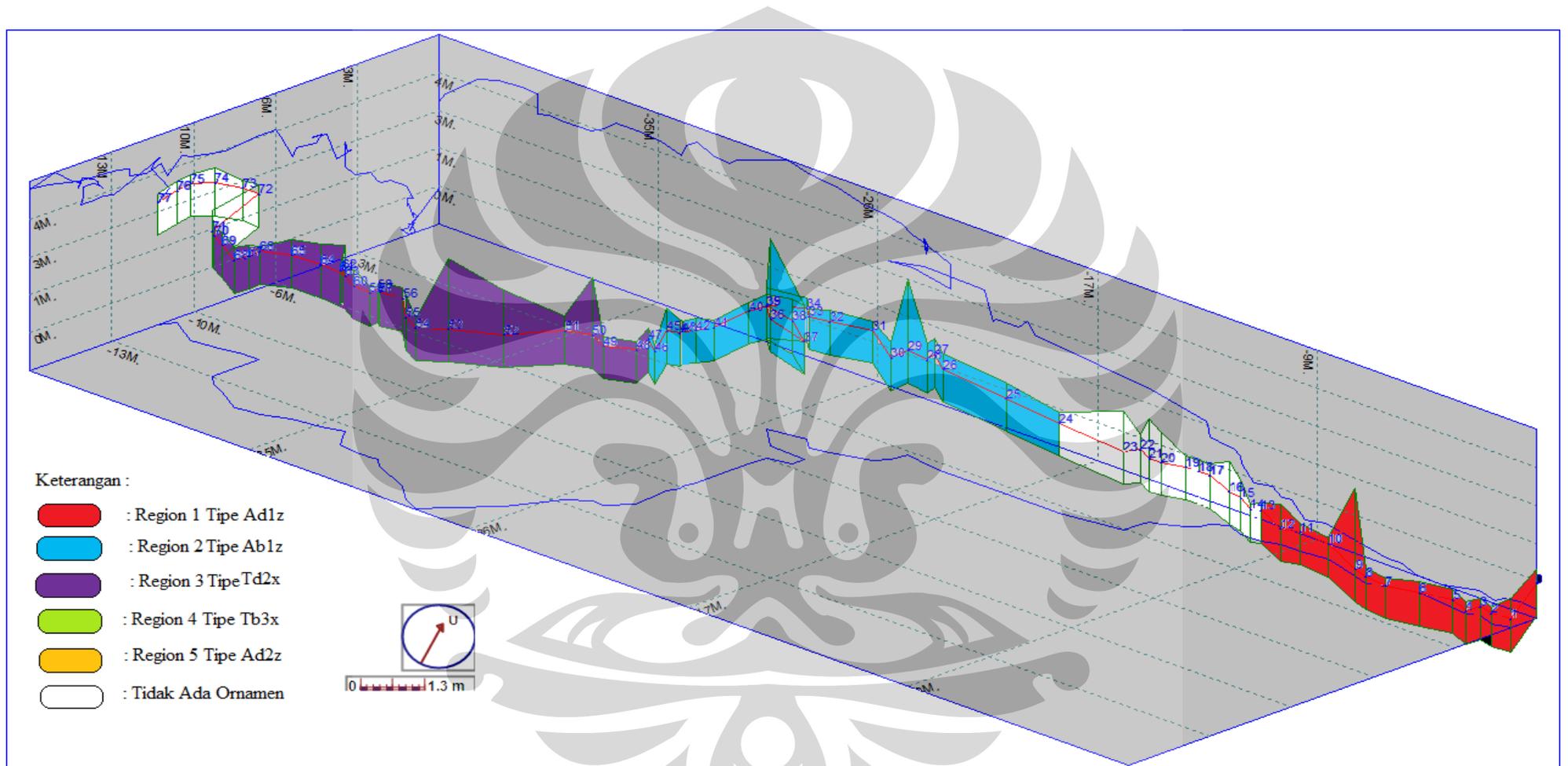


(a) (b) (c)
Gambar 5.17 Kondisi lorong segmen 4 Gua Cikarae
(a) lantai gua dengan batu dan aliran air (b) dinding gua yang dipenuhi guano (c) penampang lorong

Sumber: Dokumentasi Megawati, 2010

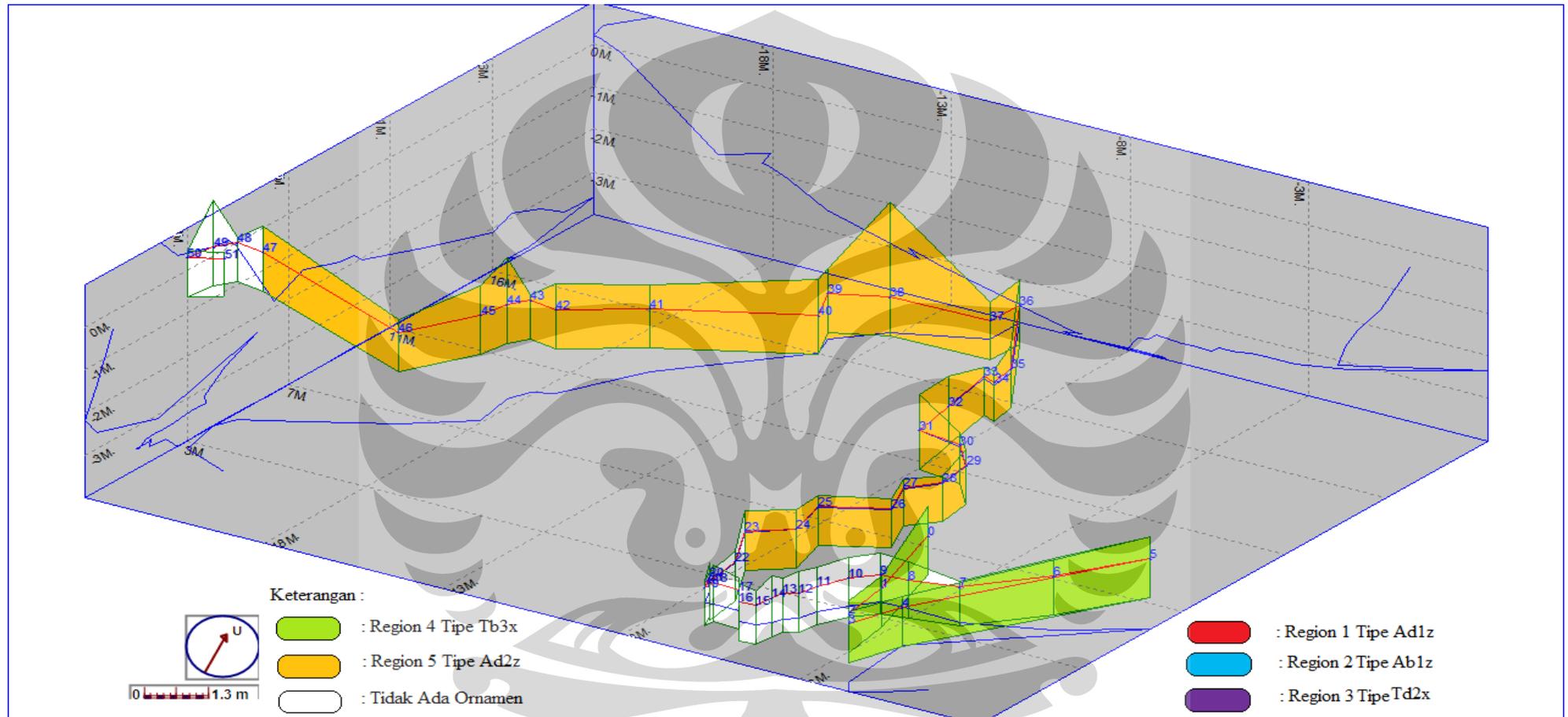
5.2.5 Region kondisi fisik lorong gua dengan morfometri ornamen gua (*speleothem*) di Kawasan Tajur-Klapanunggal

Berdasarkan hasil klasifikasi kondisi fisik masing-masing segmen lorong gua (Gua Cikenceng dan Gua Cikarae) serta klasifikasi morfometri ornamen gua (*speleothem*), maka diperoleh morfometri ornamen gua (*speleothem*) di setiap kondisi fisik lorong gua untuk Kawasan Tajur-Klapanunggal, Kab.Bogor, Jawa Barat (Lihat Tabel 5.9). Region kondisi fisik lorong gua yang terdapat di Gua Cikenceng (Lihat Gambar 5.18) dan Gua Cikarae (Lihat Gambar 5.19) tersebut memperlihatkan adanya keragaman fisik dan kesamaan di sebuah gua. Kawasan tersebut memiliki 5 (lima) region tipe kondisi fisik lorong gua tersebut terdapat ornamen gua (*spelothem*) dengan morfometri yang berbeda-beda.



[Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2010]

Gambar 5.18 Region kondisi fisik lorong Gua Cikenceng



[Sumber: Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2010]

Gambar 5.19 Region kondisi fisik lorong Gua Cikarae

Tabel 5.9 Morfometri ornamen gua (*speleothem*) dilihat dari kondisi fisik lorong gua di Kawasan Tajur-Klapanunggal

| Region | Tipe | <i>Stalactite</i> | | <i>Stalagmite</i> | | <i>Flowstone</i> | | <i>Draperies</i> | | <i>Column</i> | | Lokasi Lorong Gua |
|--------|------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| | | Volume | CaCO ₃ | Volume | CaCO ₃ | Volume | CaCO ₃ | Volume | CaCO ₃ | Volume | CaCO ₃ | |
| 1 | Ad1z | Kecil | Sedang | - | - | Kecil- Sedang | Tinggi | Kecil- Sedang | Tinggi | - | - | Cikenceng 1 |
| 2 | Ab1z | - | - | - | - | Besar | Tinggi | - | - | Besar | Tinggi | Cikenceng 3 |
| 3 | Td2x | Kecil- Besarnya | Tinggi | Kecil- Besarnya | Tinggi | Kecil- Sedang | Tinggi | - | - | - | - | Cikenceng 4 |
| 4 | Tb3x | Kecil- Besarnya | Sedang | Kecil- Besarnya | Tinggi | Kecil- Sedang | Sedang | Kecil | Tinggi | - | - | Cikarae 1 |
| 5 | Ad2z | Kecil- Sedang | Sedang | Besar | Tinggi | Kecil- Besarnya | Tinggi | Kecil | Rendah | Besar | Rendah | Cikarae 3 |

[Sumber: Survei Lapang dan Pengolahan Data, 2010]

1) Region 1: Tipe Lorong Ad1z

Region dengan tipe Ad1z mencakup lorong Gua Cikenceng Segmen 1. Region ini memiliki sungai bawah tanah (A), kemiringan datar (d), penampang lorong sempit (1) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa aliran dan tetesan (z). Ornamen yang terdapat di region ini adalah *draperies*, *stalactite* dan *flowstone*. Akan tetapi, ornamen *stalagmite* dan *column* tidak ditemukan di region ini karena keberadaan sungai bawah tanah yang membawa endapan kalsium karbonat yang seharusnya terbentuk di lantai gua. Region ini memiliki morfometri ornamen gua dengan ukuran kecil sampai sedang.

1) Region 2: Tipe Lorong Ab1z

Region dengan tipe Ab1z mencakup lorong Gua Cikenceng Segmen 3. Region ini memiliki sungai bawah tanah (A), kemiringan bergelombang (b), penampang lorong sempit (1) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa aliran dan tetesan (z). Ornamen yang terdapat di region ini *Column* dan *Flowstone*. Region tersebut tidak terdapat *stalactite* karena rembesan air baik berupa tetesan maupun aliran sebagian besar terdapat di dinding gua bukan di atap gua, sehingga yang banyak terbentuk di ornamen ini adalah *flowstone*. Region ini memiliki sungai bawah tanah tetapi terdapat *column*, karena *column* tersebut tumbuh di atas sebangkah batu di atas lantai gua, sehingga keberadaan sungai bawah tanah tidak memengaruhinya. Region ini memiliki morfometri ornamen gua dengan ukuran besar.

2) Region 3: Tipe Lorong Td2x

Region dengan tipe Td2x mencakup lorong Gua Cikenceng Segmen 4. Region ini tidak memiliki sungai bawah tanah (T), kemiringan datar, penampang lorong sedang (2) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa tetesan. Ornamen yang terdapat di region ini *stalactite*, *stalagmite* dan *flowstone*. *stalagmite* dapat terbentuk karena air tetesan di *stalactite* jatuh sampai ke lantai gua, sehingga terjadi pengendapan kalsium karbonat dan menyebabkan ornamen tersebut terbentuk. Region ini *stalagmite* dapat tumbuh dan berkembang dengan baik karena tidak terdapat sungai bawah tanah. *Column* belum terbentuk karena *stalactite* dan *stalagmite* di region

ini belum menjadi satu, namun di region ini *stalactite* dan *stalagmite* hampir membentuk menjadi sebuah *column*. Region ini memiliki morfometri ornamen gua dengan ukuran yang bervariasi.

3) Region 4: Tipe Lorong Tb3x

Region dengan tipe Tb3x mencakup lorong Gua Cikarae Segmen 1. Region ini tidak memiliki sungai bawah tanah (T), kemiringan bergelombang (b), penampang lorong luas (3) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa tetesan. Ornamen yang terdapat di region ini adalah *stalactite*, *stalagmite*, *draperies* dan *flowstone*. Region ini tidak terdapat sungai bawah tanah, sehingga air tetesan yang mengandung kalsium karbonat dari atap ataupun *stalactite* yang jatuh ke lantai gua mengendap dan membentuk *stalagmite*. Meskipun tidak terdapat aliran air, tetapi *flowstone* dapat terbentuk karena jika diamati di sekitar dinding yang terdapat *flowstone* ini basah dan tidak sampai membentuk sebuah aliran. Region ini memiliki jenis dan ukuran yang bervariasi kecil sampai besar.

4) Region 5: Tipe Lorong Ad2z

Region dengan tipe Ad2z mencakup lorong Gua Cikarae Segmen 3. Region ini memiliki sungai bawah tanah (A), kemiringan datar (d), penampang lorong sedang (2) dan memiliki tipe jatuhnya air berupa tetesan dan aliran. Tipe jatuhnya air berupa aliran dan tetesan memperlihatkan kondisi morfometri ornamen dengan jenis yang beragam. Ornamen yang terdapat di region ini sangat beragam karena semua jenis ornamen yang dijadikan variabel penelitian terdapat di region ini: *stalactite*; *stalagmite*; *flowstone*; *draperies*; dan *column*. *Stalagmite* dan *column* dapat terbentuk meskipun di region tersebut terdapat sungai bawah tanah, karena ornamen tersebut terbentuk di lantai di atasnya terdapat bongkahan batu, sehingga aliran air sungai bawah tanah tidak mempengaruhinya. Region ini terdapat *flowstone* karena terdapat aliran air khususnya di dinding dimana *flowstone* tersebut berada. Tipe jatuhnya air berupa aliran dan tetesan memperlihatkan kondisi morfometri ornamen dengan jenis dan ukuran yang beragam kecil – besar.

5.2.6 Perbedaan dan persamaan Gua Cikenceng dan Cikarae

Tabel 5.10 Perbedaan dan persamaan Gua Cikenceng dan Cikarae

| No | Jenis | Cikenceng | Cikarae |
|----|-------------------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | Geologi | Formasi Jatiluhur | Formasi Klapanunggal |
| 2 | Bentuk Medan | Dataran Rendah Bergelombang, Dataran Bergelombang | Dataran Bergelombang |
| 3 | Kondisi Mulut Gua | Datar | Datar |
| 4 | Luas Penampang Lorong Gua | Sempit | Luas |
| 5 | Variasi Jenis Ornamen Setiap Segmen | Sedikit | Banyak |
| 6 | Kandungan CaCO ₃ | Cenderung Sama (Besar) | Cenderung Bervariasi (Kecil-Besar) |

[Sumber: Pengolahan Data, 2010]

Berdasarkan Tabel 5.10 terlihat bahwa Gua Cikenceng terdapat di Formasi Jatiluhur dengan bentuk medan dataran rendah bergelombang dan dataran bergelombang. Kondisi mulut gua di Gua Cikenceng memiliki kemiringan sudut 0-45⁰ atau datar dan memiliki luas penampang lorong sempit. Selain itu, memiliki variasi yang lebih sedikit di setiap segmennya serta kandungan CaCO₃ di ornamen tersebut cenderung sama besar.

Gua Cikarae berada di Formasi Klapanunggal dengan bentuk medan dataran bergelombang. Kondisi mulut gua di Gua Cikarae memiliki kemiringan sudut 0-45⁰ atau datar dan memiliki luas penampang lorong luas. Selain itu, memiliki variasi yang lebih banyak di setiap segmennya serta kandungan CaCO₃ di ornamen tersebut cenderung bervariasi dari kecil sampai besar.

Perbedaan yang dimiliki antara kedua gua tersebut karena terletak pada kondisi geologi yang berbeda. Gua yang terletak di Formasi Klapanunggal atau medan batugamping memiliki kondisi yang lebih bervariasi, yaitu memiliki jenis ornamen dan kandungan kalsium karbonat yang lebih bervariasi dibandingkan dengan gua yang terbentuk di Formasi Jatiluhur.

BAB 6

KESIMPULAN

1. Gua di Kawasan Karst Tajur-Klapanunggal sebagian besar tersebar di Formasi Klapanunggal dan bentuk medan dataran bergelombang serta kondisi mulut gua vertikal (kemiringan sudut $>45^\circ$). Formasi Klapanunggal merupakan formasi yang tersusun dari batugamping. Gua Cikenceng dan Gua Cikarae memiliki kondisi geologi dan bentuk medan yang berbeda. Gua Cikenceng terletak di Formasi Jatiluhur dengan bentuk medan dataran rendah bergelombang dan dataran bergelombang, sedangkan Gua Cikarae terletak di Formasi Klapanunggal dengan bentuk medan dataran bergelombang. Gua yang terletak di Formasi Klapanunggal atau formasi dengan medan batugamping memiliki jenis ornamen dan kandungan kalsium karbonat yang bervariasi.
2. Kondisi fisik lorong yang terdapat di Gua Cikenceng dan Gua Cikarae dibedakan berdasarkan keberadaan sungai bawah tanah (ada=A dan tidak ada=T), kemiringan lorong (datar=d, bergelombang=b, terjal=t), luas penampang lorong (sempit=1, sedang=2, terjal=3) dan tipe jatuhnya air (tetesan=x, aliran=y, tetesan dan aliran=z). Morfometri ornamen gua (*speleothem*) yang terdapat di kedua lorong gua berupa *stalactite*, *stalagmite*, *column*, *flowstone* dan *draperies* terdiri atas volume kecil, sedang dan besar. Kandungan kalsium karbonat yang terdapat di kedua lorong gua terdiri atas rendah; sedang; dan tinggi. Region kondisi fisik lorong gua terdiri atas Region 1 tipe lorong Ad1z; Region 2 tipe lorong Ab1z; Region 3 tipe lorong Td2x; Region 4 tipe lorong Tb3x; dan Region 5 tipe lorong Ad2z.

DAFTAR REFERENSI

- Amran, Andi. [2003]. *Kekasaran Permukaan Batugamping Formasi Tonasa di Sulawesi Selatan*. Skripsi Program Sarjana Departemen Geografi FMIPA. Universitas Indonesia. Depok.
- Bahagiarti, Sari. [2004]. *Mengenal Hidrogeologi Karst*. Pusat Studi Karst. Yogyakarta. hlm.1-2.
- Bemmelen, R W Van. [1949]. *The: Vol IA*. The Hague. Netherlands.
- Bloom, Arthur L. [1979]. *Geomorphology A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms*. Prentice-Hall of India Private Limited. New Delhi, India. hlm.155-157.
- Desaunettes, J R. [1977]. *Catalogue of Landforms for Indonesia : Examples of Physiographic Approach to Land Evaluation for Agriculture Development*. Soil Research Institute. Bogor. hlm 6.
- Gillieson, David. [1996]. *Caves Processes, Development, Management*. Blackwell Publisher. hlm.97-104.
- Haryono, Eko dan Tjahyo Nugroho Adji. [2010]. *Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Kelompok Studi Karst, Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta. hlm.1-12.
- Istika, Putri. [2008]. *Morfometri Ornamen Gua (Speleothem) di Kawasan Karst Buniayu-Sukabumi*. Skripsi Program Sarjana Jurusan Geografi FMIPA. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Jennings, J.N. [1985]. *Karst Geomorphology*. Basil Blackwell. Oxford. hlm.1-2.
- Kasri, et.al. [1999]. *Kawasan Karst di Indonesia : Potensi dan Pengelolaan Lingkungannya*. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta. hlm.2.
- Katili, J.A dan P. Marks. Geologi. Departemen Urusan Research Nasional Djakarta. hlm. 5, 66, 347.
- Ko, R.K.T. [1997]. *Introduksi Karstologi dan Speleologi*. Indonesian Karst Environment Community. Bogor. hlm.43.

- Laksmana, Erlangga Esa. [2005]. *Stasiun Nol Teknik-Teknik Pemetaan dan Survey Hidrologi Gua*. Acintyacunyata Speleological Club. Yogyakarta.
- Lobeck, A K. [1939]. *Geomorphology : An Introduction to the study of landscapes*. McGraw-Hill Book Company. London.
- Palawa Universitas Atma Jaya Yogyakarta. [1989]. *Laporan Penelitian Speleologi pada Kawasan Kars Daerah Tingkat II Tuban, Jawa Timur*. Walhi-Palawa UAJY-Hikespi-KLH.
- Rico, Handiman. [1990]. *Gua Karst Pada Plato Gunung Sewu*. Skripsi Program Sarjana Jurusan Geografi FMIPA. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Rahmadi, Cahyo. [2007]. Bidang Zoologi Pusat Penelitian Biologi LIPI Cibinong. *Ekosistem Karst Dan Gua*. Februari 26, 2010. <http://cavernicoles.files.wordpress.com/2008/02/kh-karst-gunung-kidul.pdf>
- Subratayati, AMF. *Pengembangan Sumber Daya Air Sungai Bawah Tanah Sungai Bribin Di Kecamatan Semanu Kab.Gunung Kidul DIY*. Januari 18, 2010. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mts/article/viewPDFInterstitial/17727/17641>
- Sudjana, Prof.Dr. [2002]. *Metode Statistika Edisi Ke-6*. Tarsito. Bandung.
- Widjanarko, Sunu.[2008, Maret 29]. Subterra Indonesia - Komunitas Indonesia Pemerhati Caving, Karst dan Speleologi. *Proses Terjadinya Speleothem*. Desember 2, 2009. <http://subterra.web.id/materi/speleologi-dankarstologi/proses-terjadinya-speleothem.htm>
- Widjanarko, Sunu. [2010, Mei 3]. Subterra Indonesia - Komunitas Indonesia Pemerhati Caving, Karst dan Speleologi. *Tutorial Compass Ringkas*. <http://subterra.web.id/materi/speleologi-dankarstologi/proses-terjadinya-speleothem.htm>

Lampiran 1

Hasil Pengolahan Data Pemetaan Gua Cikenceng

| Titik Ikat Pemetaan | | Segmen | Jarak antar titik | Lebar Lorong | Tinggi Lorong | Jarak dengan mulut gua |
|---------------------|----|--------|-------------------|--------------|---------------|------------------------|
| Dari | Ke | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 4.4 | 1.65 | 2.35 | 4.4 |
| 1 | 2 | | 2.09 | 1.15 | 3 | 6.49 |
| 2 | 3 | | 2.4 | 1.2 | 1.61 | 8.89 |
| 3 | 4 | | 1.54 | 0.95 | 1.8 | 10.43 |
| 4 | 5 | | 2.09 | 1.03 | 1.93 | 12.52 |
| 5 | 6 | | 4.85 | 1.06 | 1.98 | 17.37 |
| 6 | 7 | | 3.58 | 2.02 | 2.22 | 20.95 |
| 7 | 8 | | 2.12 | 2.37 | 1.82 | 23.07 |
| 8 | 9 | | 2.14 | 1.61 | 1.94 | 25.21 |
| 9 | 10 | | 5.11 | 1.16 | 9 | 30.32 |
| 10 | 11 | | 3.14 | 0.65 | 1.64 | 33.46 |
| 11 | 12 | | 2.71 | 0.82 | 1.92 | 36.17 |
| 12 | 13 | | 2.57 | 0.42 | 3.5 | 38.74 |
| 13 | 14 | 2 | 1.2 | 0.65 | 1.73 | 39.94 |
| 14 | 15 | | 1.55 | 0.47 | 1.47 | 41.49 |
| 15 | 16 | | 2.4 | 0.5 | 2.75 | 43.89 |
| 16 | 17 | | 2.42 | 3.16 | 4 | 46.31 |
| 17 | 18 | | 1.45 | 0.82 | 2.1 | 47.76 |
| 18 | 19 | | 1.29 | 0.49 | 2.09 | 49.05 |
| 19 | 20 | | 2.36 | 0.8 | 2.1 | 51.41 |
| 20 | 21 | | 1.23 | 1.21 | 4 | 52.64 |
| 21 | 22 | | 1.6 | 0.57 | 5 | 54.24 |
| 22 | 23 | | 1.98 | 0.84 | 2.5 | 56.22 |
| 23 | 24 | | 7.36 | 0.96 | 5 | 63.58 |
| 24 | 25 | | 6.89 | 0.68 | 2.08 | 70.47 |
| 25 | 26 | | 8.22 | 0.79 | 2.6 | 78.69 |
| 26 | 27 | 1.68 | 1.39 | 2.5 | 80.37 | |
| 27 | 28 | 1.59 | 0.83 | 2.58 | 81.96 | |
| 28 | 29 | 3.03 | 2.01 | 2.65 | 84.99 | |
| 29 | 30 | 3 | 1.96 | 1.38 | 8 | 86.95 |
| 30 | 31 | | 3.54 | 1.25 | 2.6 | 90.49 |
| 31 | 32 | | 4.29 | 1.64 | 1.9 | 94.78 |
| 32 | 33 | | 2.33 | 0.72 | 2.13 | 97.11 |
| 33 | 34 | | 2.08 | 1.73 | 1.66 | 99.19 |
| 34 | 35 | | 4.6 | 2.25 | 2.02 | 103.79 |
| 35 | 36 | | 4.08 | 0.65 | 2.84 | 107.87 |
| 36 | 37 | | 4.9 | 2.09 | 9 | 112.77 |

| Titik Ikat Pemetaan | | Segmen | Jarak antar titik | Lebar Lorong | Tinggi Lorong | Jarak dengan mulut gua |
|---------------------|----|--------|-------------------|--------------|---------------|------------------------|
| Dari | Ke | | | | | |
| 37 | 38 | 3 | 3.1 | 0.83 | 4.1 | 115.87 |
| 38 | 39 | | 2.95 | 0.72 | 3.1 | 118.82 |
| 39 | 40 | | 2.07 | 1.39 | 2.08 | 120.89 |
| 40 | 41 | | 4.6 | 1.74 | 1.94 | 125.49 |
| 41 | 42 | | 2.3 | 1.83 | 1.7 | 127.79 |
| 42 | 43 | | 1.6 | 0.7 | 2.23 | 129.39 |
| 43 | 44 | | 0.5 | 0.5 | 1.97 | 129.89 |
| 44 | 45 | | 1.4 | 0.9 | 2.28 | 131.29 |
| 45 | 46 | | 2.5 | 1.11 | 3.2 | 133.79 |
| 46 | 47 | | 1.7 | 1.03 | 1.7 | 135.49 |
| 47 | 48 | 4 | 2.04 | 2.11 | 2.06 | 137.53 |
| 48 | 49 | | 3.05 | 1.53 | 1.75 | 140.58 |
| 49 | 50 | | 1.6 | 1.55 | 1.92 | 142.18 |
| 50 | 51 | | 2.6 | 1.28 | 6.8 | 144.78 |
| 51 | 52 | | 5.8 | 1.55 | 2.49 | 150.58 |
| 52 | 53 | | 5.23 | 1.75 | 5.52 | 155.81 |
| 53 | 54 | | 3.03 | 4.07 | 8 | 158.84 |
| 54 | 55 | | 2.4 | 6.15 | 2.03 | 161.24 |
| 55 | 56 | | 3.5 | 5.34 | 3.1 | 164.74 |
| 56 | 57 | | 6 | 0.49 | 2.05 | 170.74 |
| 57 | 58 | | 1.7 | 0.97 | 2.05 | 172.44 |
| 58 | 59 | | 1.05 | 1.12 | 1.33 | 173.49 |
| 59 | 60 | | 2.06 | 0.6 | 1.74 | 175.55 |
| 60 | 61 | | 2.35 | 1.12 | 2.62 | 177.9 |
| 61 | 62 | | 2.3 | 0.45 | 1.5 | 180.2 |
| 62 | 63 | | 1.84 | 1.59 | 2.22 | 182.04 |
| 63 | 64 | | 2.75 | 1.68 | 4 | 184.79 |
| 64 | 65 | | 3.2 | 1.95 | 3 | 187.99 |
| 65 | 66 | 3.15 | 1.04 | 2.51 | 191.14 | |
| 66 | 67 | 1.7 | 1.52 | 1.53 | 192.84 | |
| 67 | 68 | 1.9 | 1.79 | 2.12 | 194.74 | |
| 68 | 69 | 4.02 | 2.39 | 2.19 | 198.76 | |
| 69 | 70 | 2.25 | 0.95 | 2.28 | 201.01 | |
| 70 | 71 | 5 | 2.02 | 0.45 | 1.57 | 203.03 |
| 71 | 72 | | 6.43 | 1.8 | 3 | 209.46 |
| 72 | 73 | | 2.02 | 1 | 1.85 | 211.48 |
| 73 | 74 | | 3.08 | 1.98 | 1.83 | 214.56 |
| 74 | 75 | | 2.79 | 2.05 | 2.45 | 217.35 |
| 75 | 76 | | 5.65 | 2.38 | 1.85 | 223 |
| 76 | 77 | | 2.1 | 1.1 | 1.87 | 225.1 |

(Lanjutan)

[Sumber : Pengolahan Data, 2010]

Lampiran 2

Hasil Pengolahan Data Pemetaan Gua Cikarae

| Titik Ikat Pemetaan | | Segmen | Jarak antar titik | Lebar Lorong | Tinggi Lorong | Jarak dengan mulut gua |
|---------------------|----|--------|-------------------|--------------|---------------|------------------------|
| Dari | Ke | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 5.83 | 4.39 | 2.03 | 5.83 |
| 1 | 2 | | 3.49 | 2.42 | 3.53 | 9.32 |
| 2 | 3 | | 2.68 | 3.41 | 1.99 | 12 |
| 3 | 4 | | 8.52 | 3.4 | 2.11 | 20.52 |
| 4 | 4a | | 7.81 | 12 | 2.01 | 28.33 |
| 4 | 4b | | 13.92 | 3.56 | 2.2 | 42.25 |
| 4 | 4c | | 19.26 | 4.15 | 1.84 | 61.51 |
| 4 | 4d | | 6.16 | 2.43 | 1.87 | 67.67 |
| 4 | 4e | | 3.82 | 3.06 | 1.84 | 71.49 |
| 4 | 4f | | 9.5 | 4.39 | 1.85 | 80.99 |
| 4 | 5 | | 1.69 | 6.79 | 2.12 | 82.68 |
| 5 | 6 | | 7.45 | 2.66 | 2.06 | 90.13 |
| 6 | 6a | | 6.6 | 2.6 | 2.9 | 96.73 |
| 6 | 7 | | 7.42 | 2.39 | 1.26 | 104.15 |
| 7 | 8 | 2 | 4.9 | 2.18 | 2.45 | 109.05 |
| 8 | 9 | | 2.42 | 1.22 | 1.54 | 111.47 |
| 9 | 10 | | 2.53 | 1.53 | 2.52 | 114 |
| 10 | 11 | | 2.6 | 0.66 | 2.82 | 116.6 |
| 11 | 12 | | 1.97 | 0.75 | 2.72 | 118.57 |
| 12 | 13 | | 1.2 | 0.72 | 2.64 | 119.77 |
| 13 | 14 | | 1.21 | 0.56 | 2.8 | 120.98 |
| 14 | 15 | | 1.32 | 0.65 | 2.31 | 122.3 |
| 15 | 16 | | 1.4 | 0.89 | 2.94 | 123.7 |
| 16 | 17 | | 2.2 | 0.75 | 2.17 | 125.9 |
| 17 | 18 | | 2.34 | 0.79 | 2.56 | 128.24 |
| 18 | 19 | | 0.92 | 1.07 | 2.06 | 129.16 |
| 19 | 20 | 2.3 | 1.73 | 2.54 | 131.46 | |
| 20 | 21 | 2.4 | 1.5 | 1.51 | 133.86 | |
| 21 | 22 | 4.2 | 1.47 | 2.22 | 138.06 | |
| 22 | 23 | 3 | 6.26 | 1.39 | 1.84 | 144.32 |
| 23 | 24 | | 3.88 | 1.87 | 1.92 | 148.2 |
| 24 | 25 | | 4.82 | 1.33 | 2.84 | 153.02 |
| 25 | 26 | | 5.55 | 1.53 | 2.6 | 158.57 |
| 26 | 27 | | 4.27 | 3.05 | 1.93 | 162.84 |
| 27 | 28 | | 3.04 | 1.87 | 1.89 | 165.88 |
| 28 | 29 | | 4 | 2.5 | 1.74 | 169.88 |
| 29 | 30 | | 4.08 | 1.39 | 1.65 | 173.96 |

| Titik Ikat Pemetaan | | Segmen | Jarak antar titik | Lebar Lorong | Tinggi Lorong | Jarak dengan mulut gua |
|---------------------|-----|--------|-------------------|--------------|---------------|------------------------|
| Dari | Ke | | | | | |
| 30 | 31 | 4 | 4.44 | 1.9 | 2.27 | 178.4 |
| 31 | 32 | | 8.1 | 2.38 | 2.07 | 186.5 |
| 32 | 33 | | 5.3 | 1.84 | 1.77 | 191.8 |
| 33 | 34 | | 6.3 | 2.83 | 4 | 198.1 |
| 34 | 35 | | 7.26 | 2.79 | 3.5 | 205.36 |
| 35 | 36 | | 6.58 | 1.65 | 5 | 211.94 |
| 36 | 37 | | 3.75 | 2.1 | 4 | 215.69 |
| 37 | 38 | | 4.7 | 5.04 | 3.8 | 220.39 |
| 38 | 39 | | 1.86 | 1.57 | 2.78 | 222.25 |
| 39 | 40 | | 3 | 1.54 | 1.82 | 225.25 |
| 40 | 41 | | 10.2 | 1.66 | 2.01 | 235.45 |
| 41 | 42 | | 4 | 3.14 | 3 | 239.45 |
| 42 | 43 | | 7.85 | 3.15 | 3.1 | 247.3 |
| 43 | 44 | | 5 | 2.37 | 2.47 | 252.3 |
| 44 | 45 | | 3 | 5.55 | 9 | 255.3 |
| 45 | 46 | | 13.4 | 1.63 | 3.1 | 268.7 |
| 46 | 47 | | 8.5 | 2.23 | 4 | 277.2 |
| 47 | 48 | | 2.1 | 2.67 | 3 | 279.3 |
| 48 | 49 | | 2.2 | 2.46 | 3.2 | 281.5 |
| 49 | 50 | | 5 | 1.9 | 1.47 | 286.5 |
| 50 | 51 | | 6.4 | 5.6 | 5 | 292.9 |
| 51 | 51a | | 3 | 4.28 | 3.5 | 295.9 |
| 51 | 51b | | 12.53 | 2.25 | 1.68 | 308.43 |
| 51 | 51c | | 15.52 | 3.43 | 2.1 | 323.95 |
| 51 | 51d | 5.84 | 1.98 | 2.05 | 329.79 | |

(Lanjutan)

[Sumber : Pengolahan Data, 2010]

Lampiran 3

Contoh perhitungan kandungan kalsium karbonat :

- Bobot sampel = 76.6 mg = 0.0766 g
- Diencerkan dalam 50 mL = 0.05 L
- Volume sampel yang diambil untuk titrasi (V_s) = 5 mL
- Volume penitran (V_p) = 7.5
- Ppm = mg/L

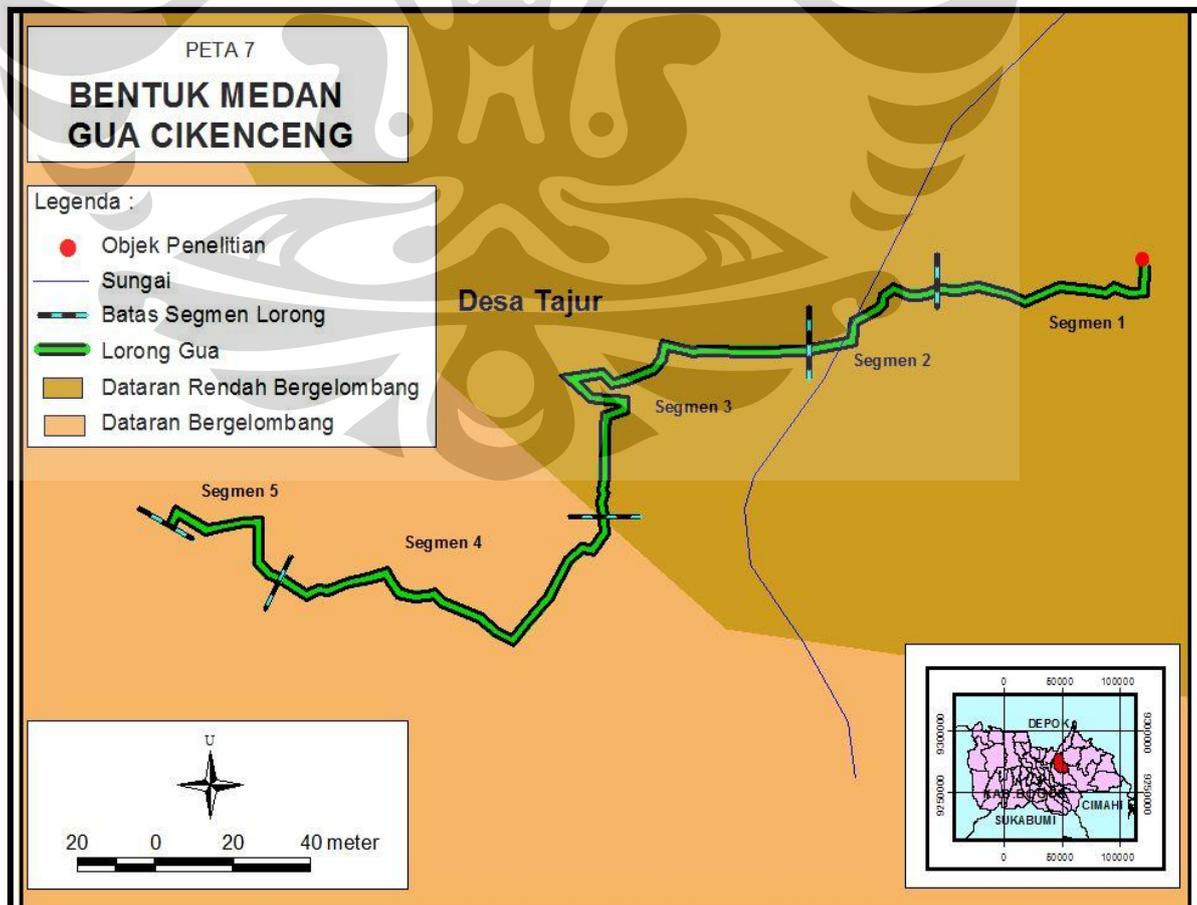
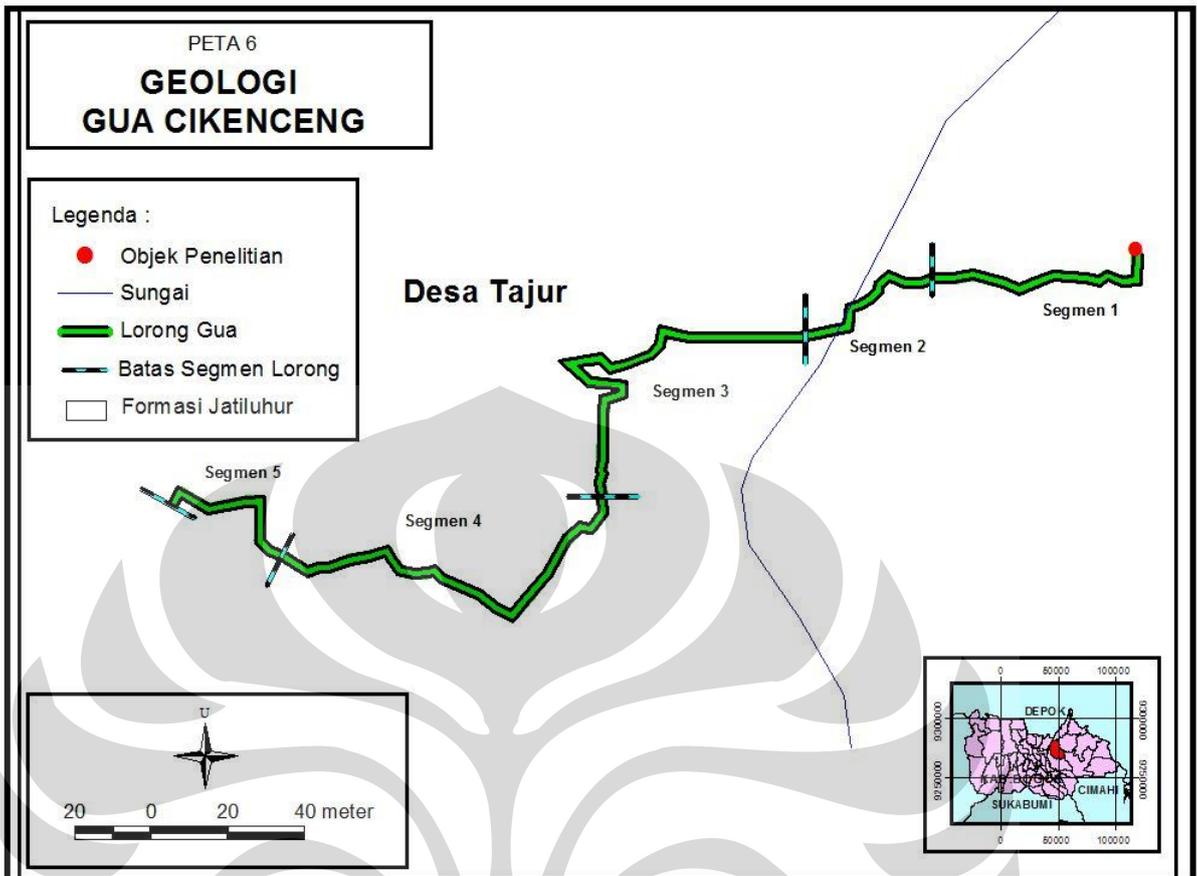
Maka didapatkan :

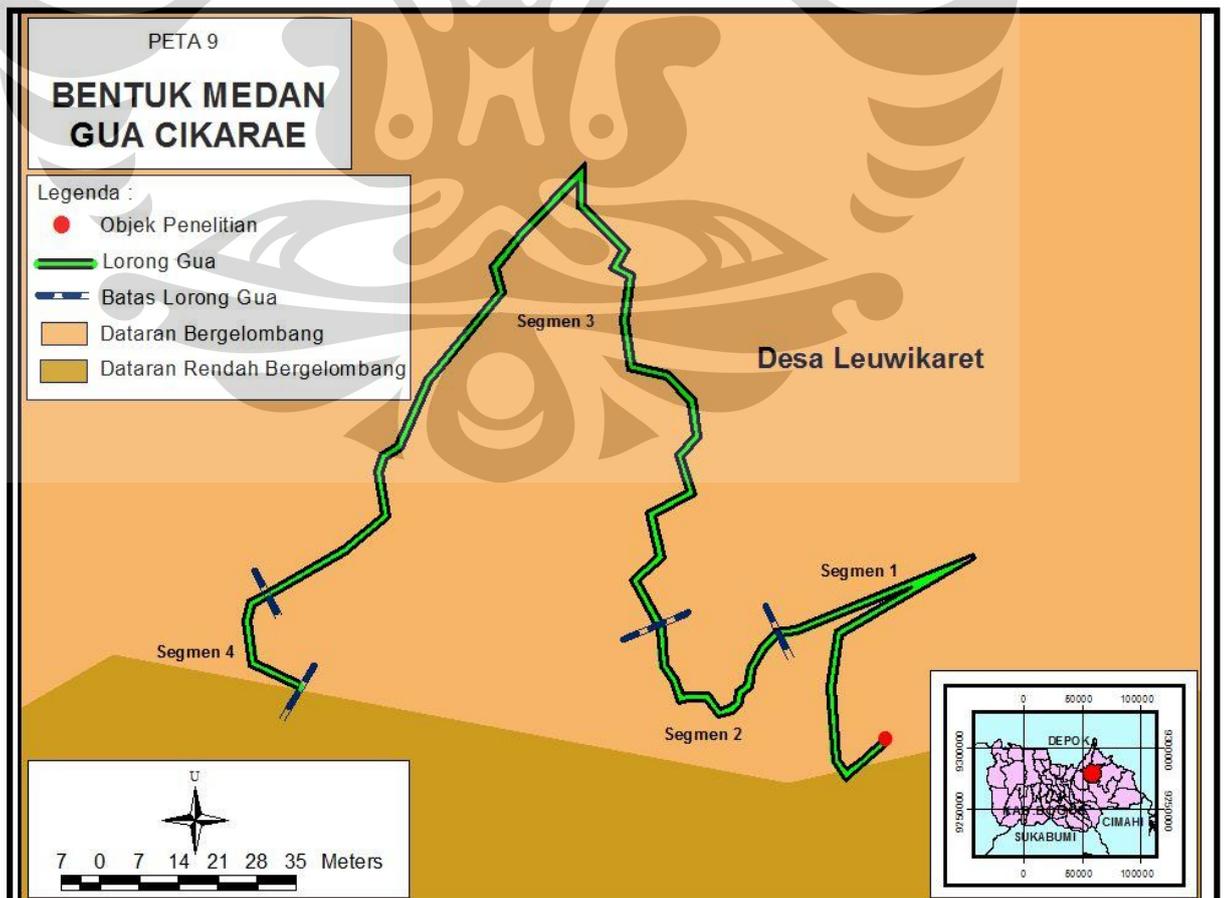
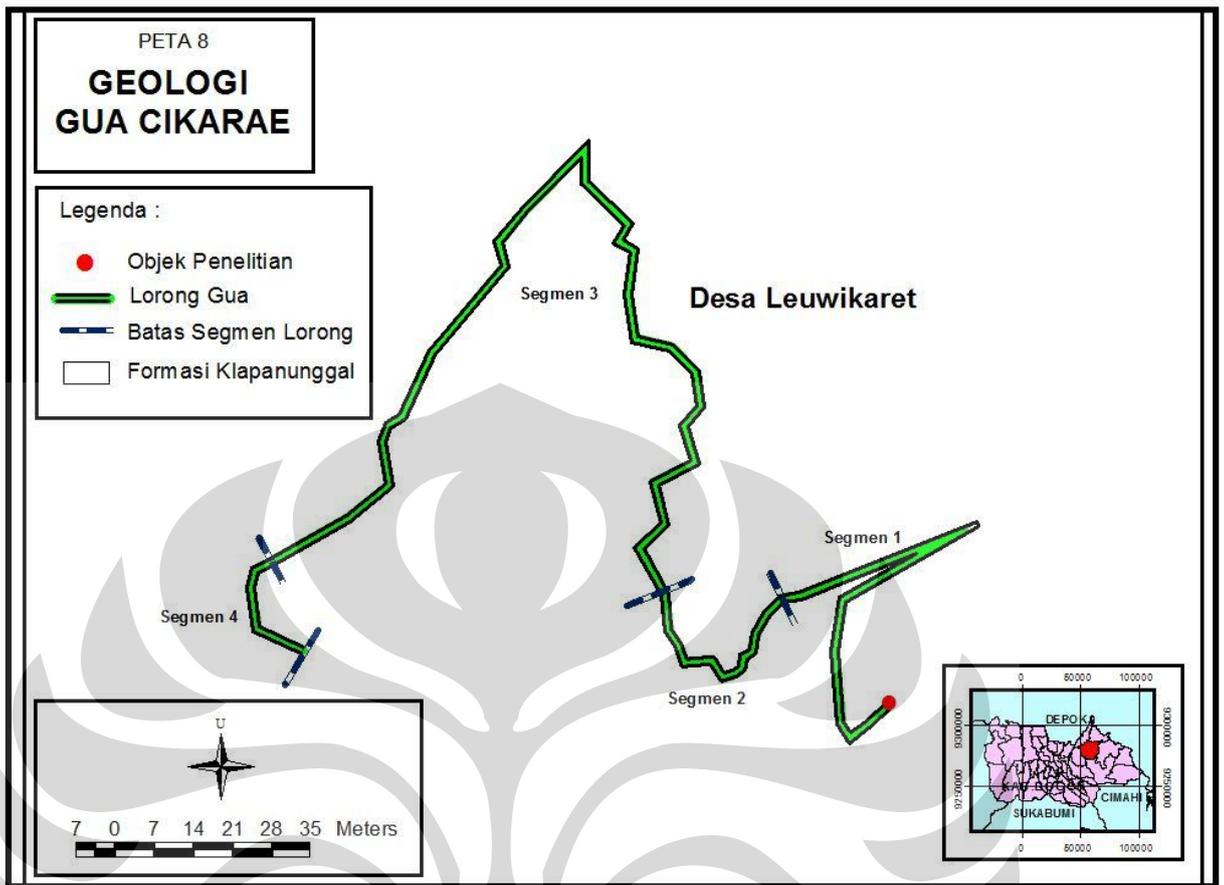
$$\begin{aligned}\text{CaCO}_3 \text{ (ppm)} &= (V_p \times 1.0008 \times 1000) / V_s \\ &= (7.5 \times 1.0008 \times 1000) / 5 \\ &= 1501.2 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ppm} &= (\text{mg/L}) \times \text{volume larutan sampel (L)} \\ &= 1501.2 \text{ (mg/L)} \times (0.05 \text{ L}) \\ &= 75.06 \text{ mg} = 0.07506 \text{ g}\end{aligned}$$

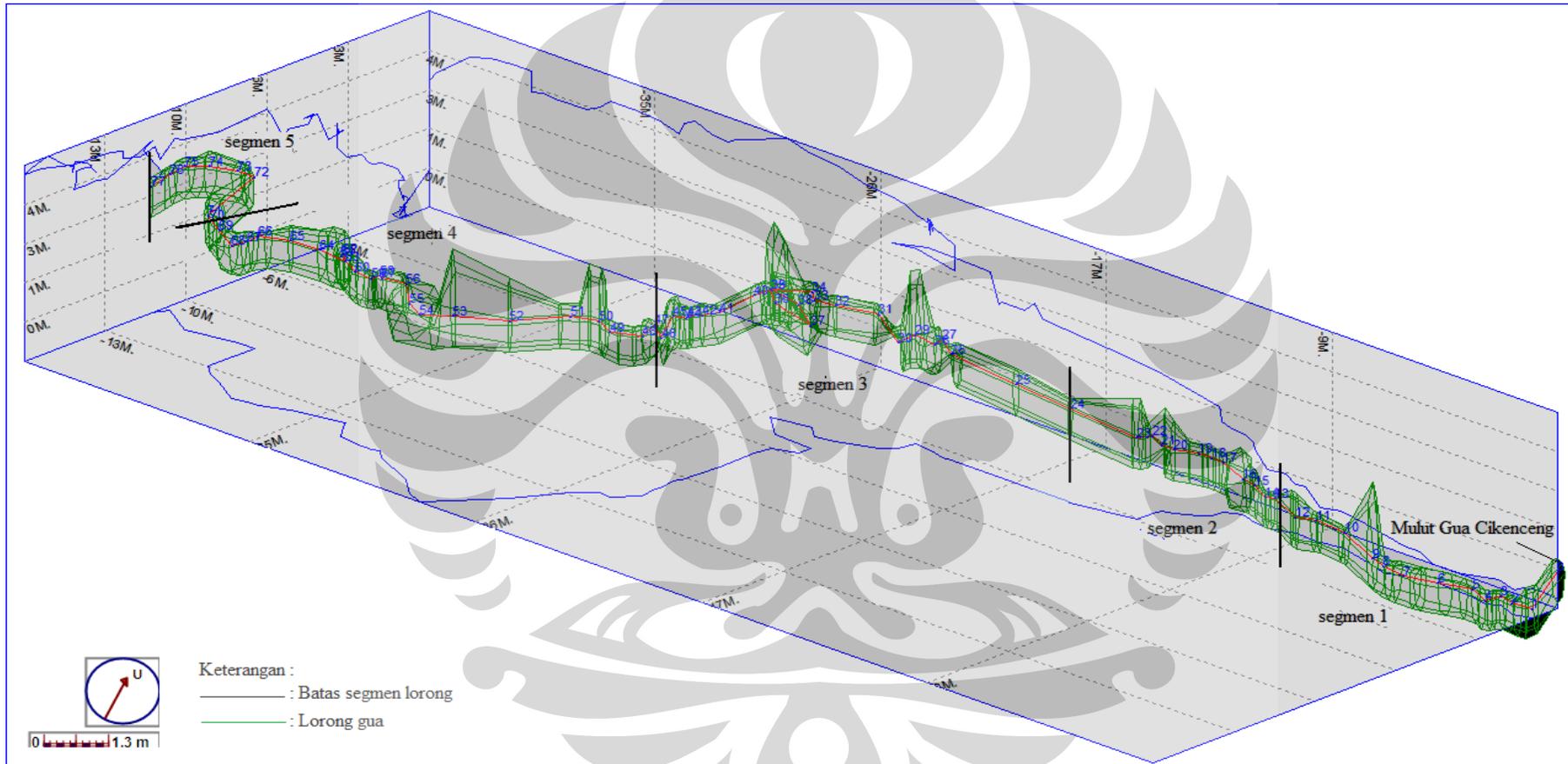
Menghitung dalam persen:

$$\begin{aligned}(\text{a}) / \text{bobot sampel} \times 100 \% &= \text{b} \% \\ &= [(0.07506 \text{ g}) / (0.0766 \text{ g})] \times 100\% \\ &= 97.9895\%\end{aligned}$$





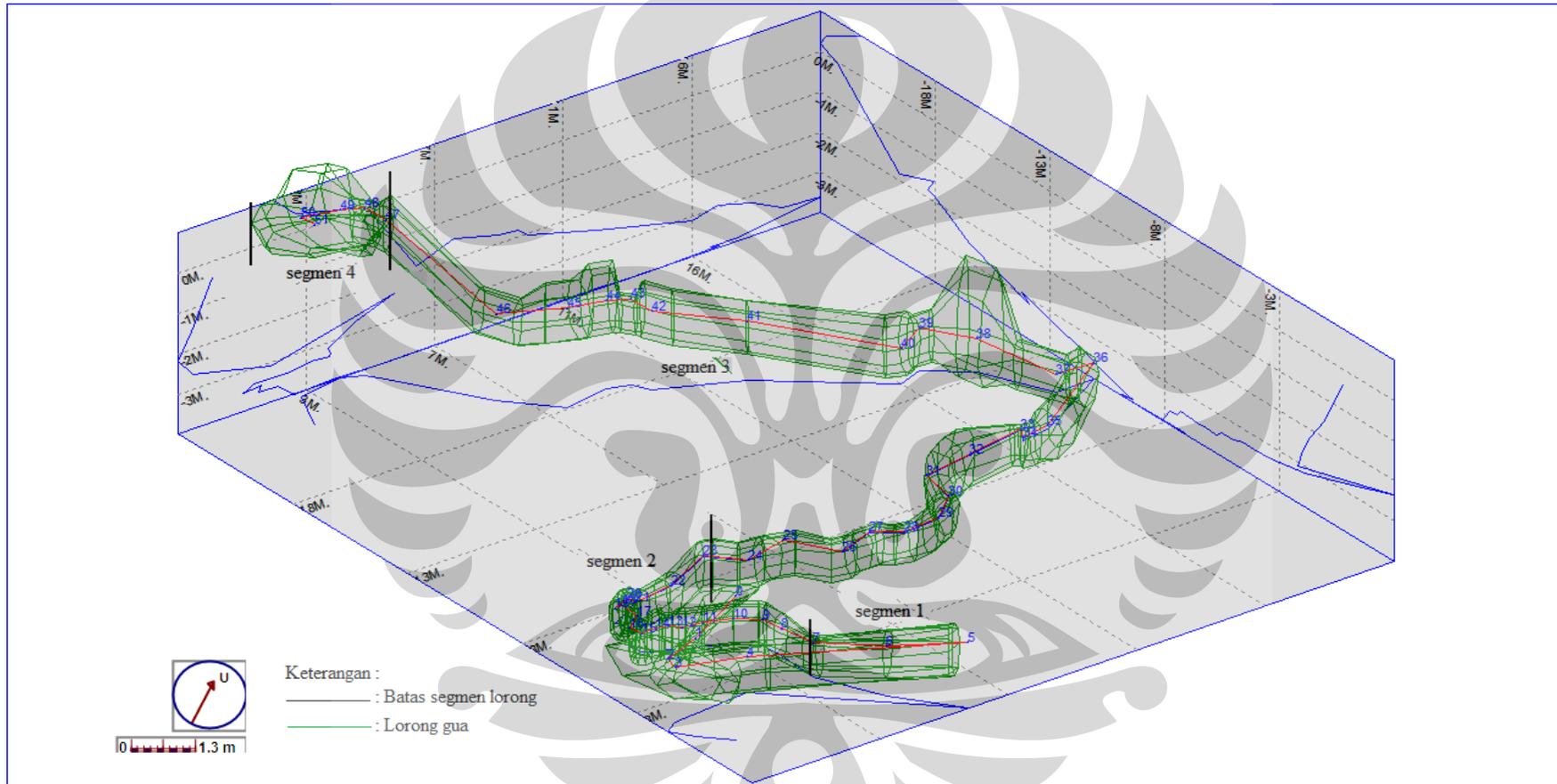
Lampiran 4



[Sumber : Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2010]

Gambar 5.1 Pembagian segmen lorong Gua Cikenceng

Lampiran 5



[Sumber : Survei Lapangan dan Pengolahan Data, 2010]

Gambar 5.2 Pembagian segmen lorong Gua Cikarae

