**PERILAKU HIDROGEOLOGI KAWASAN KARST MAROS:
STUDI KASUS GUA SALEH DAERAH PATUNUANGASUE,
KECAMATAN SIMBANG**

*HYDROGEOLOGY CHARACTERISTICS OF MAROS KARST:
CASE STUDY SALEH CAVE AT PATUNUANGASUE AREA
SIMBANG DISTRICT*

T E S I S

IVAN TASLIM
Nomor Pokok P.3000211002

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR
2014**

**Perilaku Hidrogeologi Kawasan Karst Maros:
Studi Kasus Gua Saleh Daerah Patunuangasue Kecamatan
Simbang**

T E S I S

Sebagai Salah Satu Syarat Akademik Untuk Mencapai Gelar Magister
Pada Program Studi Teknik Geologi Universitas Hasanuddin

Disusun dan Diajukan Oleh:

IVAN TASLIM

Nomor Pokok P 3000211002

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2014

TESIS

Perilaku Hidrogeologi Kawasan Karst Maros: Studi Kasus Gua Saleh Daerah Patunuangasue, Kecamatan Simbang

Disusun dan diajukan oleh

IVAN TASLIM

Nomor Pokok P 3000211002

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 5 Februari 2014

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat,

Prof. Dr.rer.nat. Ir. A. M. Imran

Ketua

Dr. Sakka, M.Si

Anggota

**Ketua Program Studi
Pascasarjana Teknik Geologi**

**Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin**

Dr. Ulva Ria Irfan, ST. MT

Prof. Dr. Ir. Mursalim

...

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Ivan Taslim

Nomor Pokok : P3000211002

Program Studi : Teknik Geologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 Februari 2014

Yang menyatakan,

Ivan Taslim

KATA PENGANTAR

Assalamu Alaikum, Wr.Wb.

Alhamdulillah rabbil alamin, segala puji bagi-Mu Ya Allah. Atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan tesis yang berjudul **“Perilaku Hidrogeologi Kawasan Karst Maros: Studi Kasus Gua Saleh Daerah Patunuangasue Kecamatan Simbang”** dapat diselesaikan oleh penulis.

Tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis dalam menyusun tesis ini, antara lain:

1. Bapak Prof. Dr .rer.nat. Ir. A.M.Imran, selaku Ketua Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin sekaligus Ketua Penasehat atas bimbingannya dalam penyusunan tesis ini.
2. Bapak Dr. Drs. Sakka, MSi sebagai Anggota Penasehat atas segala arahan, saran dan masukkannya selama pembuatan tesis ini.
3. Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas perhatian dalam penyusunan tesis ini.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Ramli, MT, Bapak Dr. Phil. Nat Sri Widodo, ST., MT, dan Ibu Dr. Eng. Meutia Farida,ST.,MT selaku tim penguji atas segala saran dan masukkannya dalam penelitian ini.
5. Seluruh dosen dan pegawai di Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas bantuan yang telah diberikan.

6. Ayahanda Taslim T, Ibunda (Alm) St. Aisyah, dan juga Ibunda Junaini tercinta, adik-adikku, serta seluruh keluarga atas segala doa dan motivasi dalam mendukung penulis untuk menyelesaikan perkuliahan dalam mencapai gelar Magister di Teknik Geologi Universitas Hasanuddin.
7. Keluarga Mahasiswa Magister Geologi angkatan 2011, yang telah banyak membantu, bekerjasama dan memberikan dorongan untuk menyelesaikan tesis ini. Dan semoga tali persaudaraan yang telah kita jalani selama kurun waktu 2 tahun ini akan tetap selalu terjaga.
8. Rekan-rekan mahasiswa S1 Geofisika Fakultas MIPA dan Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, terima kasih atas bantuan yang diberikan.

Penulis tetap mengharapkan adanya saran dan kritik yang membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan tesis ini, karena penulis tahu bahwa tidak ada yang sempurna selain Dia Yang Maha Sempurna. Semoga penelitian tesis ini dapat bermanfaat untuk kemakmuran bagi kita semua, amin.

Makassar, 5 Februari 2014

Penulis

ABSTRAK

IVAN TASLIM. Perilaku Hidrogeologi Kawasan Karst Maros: Studi Kasus Gua Saleh Daerah Pattunuangasue, Kecamatan Simbang **(dibimbing oleh Imran, A.M dan Sakka)**

Kawasan karst Kabupaten Maros dikenal memiliki morfologi dengan bukit-bukit menyerupai bentuk menara, lekuk-lekuk lembah (*dolina*, *uvala*), serta gua-gua yang di bawahnya mengalir sungai bawah tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari tentang perilaku hidrogeologi pada kawasan karst Maros sehingga dapat mengungkap keberadaan potensi sumberdaya air.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei geologi yaitu pengukuran sistem rekahan untuk mendapatkan arah dominan kekar hubungannya dengan perkembangan sistem perguaan dan sungai bawah tanah, serta identifikasi morfologi untuk melihat fungsinya sebagai daerah tangkapan hujan, akuifer dan sebagai daerah resapan air ke bawah permukaan. Pengukuran geolistrik digunakan untuk menduga struktur batugamping dan sistem perguaaan berdasarkan analisis nilai resistivitasnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi penelitian masuk dalam morfologi perbukitan karst yang memiliki morfologi karst makro (*eksokarst*) dengan bentuk positif yaitu menara karst dan bentuk negatif yaitu *ponor*, dan berbagai bentuk *speleothem* (*endokarst*). Analisis orientasi pola rekahan didapatkan dua (2) arah umum rekahan Gua Saleh yaitu berarah Timur laut-Barat daya sekitar 65°NE – 245°SW dimana arah kekar relatif searah dengan lorong gua kering dan berarah Tenggara-Baratlaut sekitar 140°SE – 320°NW dimana arah kekar relatif searah dengan lorong aliran sungai bawah tanah. Interpretasi data pengukuran geolistrik menunjukkan sistem perguaan berada pada kedalaman sekitar 18-45 meter di bawah permukaan.

Perilaku hidrogeologi karst Maros di Gua Saleh sangat bergantung pada keadaan morfologi, dan perkembangan struktur rekahan.

Kata kunci: karst, hidrogeologi, morfologi, metode geolistrik.

ABSTRACT

IVAN TASLIM. *Hydrogeology Behavior of Maros Karst Region: A Case Study at Saleh Cave, Patunuangasue Area, Simbang District* (**Supervised by Imran, A.M dan Sakka**)

Maros karst area known have a morphology similar a tower form, valley (doline, uvala) along cave with underground river. This research aims to analyse the hydrogeology behavior of Maros karst area so it will reveal existence of water potential.

Method used in this research is geology survey there is fracture system measure for getting joint dominant direction related to cave system development and underground river, along with morphology identification to know the function as catchment area, aquifer and infiltration zone. Geoelectricity method used to presume limestone structure and cave system base on value of resistivity.

The result reveal that the morphological of the research location implied in karst hill with macro type (eksokarst) positive form that is tower karst and negative form that is ponor, also many speleothem (endokarst). Analysis of fissure system orientation found two (2) common direction at Saleh Cave that is northeast to southwest direction it's about $65^{\circ}\text{NE}-245^{\circ}\text{SW}$ where the joint direction relatively having the same direction with dry channel and southeast to northwest direction it's about $140^{\circ}\text{SE}-320^{\circ}\text{NW}$ where the underground cave system have the same way. Geoelectricity interpretation indicate the cave system and underground river reside in about 18-45 meter below surface.

Hydrogeology behavior of Maros karst at Saleh Cave very dependent by morphology condition, also development of fissure structure.

Key words: karst, hydrogeology, morphology, geoelectric method.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	5
F. Istilah dan Definisi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. Geologi Regional Daerah Penelitian	10
B. Hidrologi Regional Daerah Penelitian	14
C. Geomorfologi Kawasan Karst Maros.....	16
D. Hidrologi Kawasan Karst Maros	24
E. Metode Tahanan Jenis Geolistrik.....	26
F. Hipotesa	29

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	30
A.	Jenis Penelitian	30
1.	Variabel Uji Penelitian.....	32
B.	Lokasi dan Waktu Penelitian	33
C.	Instrumen Pengambilan Data.....	34
D.	Metode Penelitian	35
E.	Metode Analisis Data	36
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
A.	Geomorfologi Lokasi Penelitian.....	38
B.	Analisis Pola Rekahan	44
C.	Hasil Pengukuran Metode Geolistrik	48
C.1	Interpretasi Pengukuran Geolistrik	62
C.2	Pemetaan Gua Saleh	63
C.3	Validasi Pengukuran Geolistrik Dengan Pemetaan Gua	68
BAB V	PENUTUP.....	69
A.	Kesimpulan	69
B.	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....		71
LAMPIRAN		73

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
3.1 Variabel uji penelitian perilaku hidrogeologi	32
4.1 Klasifikasi Schmidt-Ferguson	42
4.2 Informasi Detail Gua Saleh	46
4.3 Korelasi Antara Nilai Resistivitas dan Batuan (Telford, et al., 1990)	50
4.4 Data Pengukuran Geolistrik Lintasan 1	51
4.5 Data Pengukuran Geolistrik Lintasan 2	54
4.6 Data Pengukuran Geolistrik Lintasan 3	57
4.7 Data Pengukuran Geolistrik Lintasan 4	60

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1 Peta geologi regional Lembar Ujungpandang, Bantaeng, dan Sinjai. (Sukanto dan Supriatna, 1982).	10
2.2 Peta sebaran wilayah air tanah Kabupaten Maros (Dinas Pertambangan Dan Energi, Prov.Sulsel, 2004)	15
2.3 Aliran sungai bawah tanah di Gua Saleh	19
2.4 Morfologi karst menyerupai <i>hutan batu</i> di Desa Salenrang, Maros	20
2.5 Peta Kawasan Karst Maros dan Taman Nasional BABUL (Dinas Pertambangan Dan Energi, Prov.Sulsel, 2004)	21
2.6 Beberapa tipe mataair yang didasarkan pada kontrol geologi (baik struktur maupun litologi) dan topografi (Fetter, 1994)	25
2.7 Metode Geolistrik Tahanan Jenis dengan Konfigurasi Wenner- Schlumberger (White, 2005)	27
3.1 Diagram alir penelitian	31
3.2 Peta tunjuk lokasi penelitian (Google Earth 2013)	33
3.3 Instrumen Geolistrik Multichannel tipe S-Field	34
3.4 Pengukuran Geolistrik Multi-channel yang terhubung dengan instalasi <i>software Geores v3.1</i> pada Laptop Acer <i>Aspire 2920Z</i>	36
4.1 Morfologi berupa karst menara yang terdapat di sebelah barat daerah penelitian.	39
4.2 <i>Ponor/point recharge</i> yang terdapat di lokasi penelitian yang Merupakan lubang masuk/ <i>entry</i> Gua Saleh	40

4.3	Bentukan endokarst yang terdapat di Gua Saleh:	
	(a) Stalaktit dan stalakmit yang hampir bersatu membentuk sebuah tiang	41
	(b) Drypery	41
	(c) Aliran sungai bawah tanah	41
	(d) Flowstone yang masih berkembang	41
4.4	Grafik rata-rata jumlah curah hujan bulanan periode tahun 2000-2011 dari hasil pencatatan curah hujan stasiun Camba	43
4.5	Rekonstruksi orientasi sistem rekahan pada lokasi penelitian Gua Saleh	45
4.6	Bagian luar Gua Saleh yang memperlihatkan bidang perlapisan dan percelahan yang diperlebar oleh proses pelarutan dan runtuh (<i>collapse</i>)	47
4.7	Skema lintasan pengukuran metode Geolistrik	49
4.8	Penampang resistivitas pada lintasan 1	52
4.9	Penampang resistivitas pada lintasan 2	55
4.10	Penampang resistivitas pada lintasan 3	58
4.11	Penampang resistivitas pada lintasan 4	61
4.12	Penampang Lorong Gua Saleh Tampak Atas	64
4.13	Penampang Lorong Gua Saleh Tampak Samping	66
4.14	Dimensi Penampang Lorong Gua Saleh 3D	66
4.15	Penampang Lorong Gua Dengan Lintasan Geolistrik	67

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Peta geologi daerah penelitian	74
2. Tabel nilai resistivitas batuan dan mineral (<i>Telford, et all., 1990</i>)	75
3. Tabel data pengukuran kekar	77
4. Tabel data pengukuran geolistrik	80
5. Tabel data pemetaan Gua Saleh	82
6. Curriculum Vitae	83

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gugusan karst yang membentang dari Kabupaten Maros hingga Kabupaten Pangkep merupakan singkapan batugamping yang sangat luas di Sulawesi Selatan, mempunyai tipe karst tersendiri yaitu bentuk bangun menara yang dikenal dengan sebutan *tower karst*. Karst merupakan bentangalam pada batuan karbonat yang bentuknya sangat khas berupa bukit, lembah, dolina, uvala, polje, sistem perguaan dan adanya jaringan sungai bawah tanah. Morfologi karst terbentuk akibat proses tektonik dan pelarutan sehingga menghasilkan banyak rekahan pada batugamping yang mempunyai peranan sebagai jalan masuk air secara vertikal dan berkembangnya sungai bawah tanah serta pelarutan yang terkonsentrasi (Haryono dan Adji., 2004).

Terbentuknya kawasan karst juga dipengaruhi oleh faktor iklim, tektonik dan litologi. Ketiga faktor ini yang juga berperan dalam pembentukan kawasan karst Maros. Berdasarkan peta geologi regional (Sukanto, dkk.,1982), batuan penyusun kawasan karst Maros adalah batuan karbonat Formasi Tonasa yang berumur Eosen - Miosen (51 - 16 juta tahun lalu). Kawasan karst Maros dipengaruhi oleh struktur geologi akibat proses pelarutan (*karstifikasi*) batugamping sehingga membentuk berbagai macam bentukan di luar (*eksokarst*) seperti bukit-bukit menjulang tegak, lembah-lembah dolina, keterdapatan mata air (*resurgence*),

ponor/sinkhole, serta bentukan di dalam (*endokarst*) yang dapat ditemui seperti *stalaktit*, *stalakmit*, *flowstone* dan sistem sungai bawah tanah (Daryanto dan Oktariadi., 2009).

Secara fisik kawasan karst Maros merupakan daerah yang kering dan tandus, sehingga penduduk yang tinggal di daerah tersebut mengalami kekurangan air, terutama di musim kemarau (Setiawan, dkk., 2008). Secara umum hidrologi kawasan karst didominasi oleh sungai-sungai bawah tanah (*subsurface drainage*). Hal ini disebabkan oleh masuknya air hujan melalui rekahan yang kemudian terkonsentrasi dan membentuk saluran bawah permukaan. Sungai-sungai bawah tanah kawasan karst Maros potensial untuk dikembangkan, baik sebagai sumber air minum maupun untuk irigasi. Keadaan ini ditunjang oleh morfologi kawasan tersebut yang dapat bertindak sebagai daerah resapan hujan. Kombinasi antara dolina, rekahan dan lembah-lembah yang dibantu oleh vegetasi yang lebat merupakan daerah resapan yang bagus untuk terkonsentrasinya air permukaan (Imran, 2006).

Dinamika potensi sumberdaya air kawasan karst Maros menunjukkan indikator penurunan yang cukup signifikan. Hal ini diperkirakan akibat berubahnya kondisi bentangalam dan penutupan lahan kawasan karst (Rachman, 2010). Hal ini dapat mengakibatkan penurunan fungsi kawasan karst sebagai daerah tangkapan hujan dan media resapan serta berdampak pada perubahan iklim yang akan mempengaruhi fungsi akuifer karst (Hao, dkk., 2006).

Untuk itu perlu dilakukan upaya dalam pelestarian dan pengelolaan sumberdaya air pada kawasan karst dengan melakukan identifikasi dan pemetaan potensinya, guna mendukung keberlangsungan kehidupan masyarakat di sekitarnya. Keterdapatn sungai bawah tanah dapat dijumpai pada gua-gua yang terdapat di kawasan karst Maros, salahsatu gua yang memiliki sistem sungai bawah tanah adalah Gua Saleh. Penelitian mengenai perilaku hidrogeologi kawasan karst Maros menunjuk Gua Saleh di daerah Pattunuangasue Kecamatan Simbang sebagai lokasi studi kasus dengan mengidentifikasi morfologi karst berdasarkan bentukan hasil pelarutan di atas permukaan dan di bawah permukaan, pengukuran struktur geologi (arah/pola rekahan umum) dan pengukuran metode geolistrik.

B. Rumusan Masalah

Bedasarkan penelitian sebelumnya di kawasan karst Maros dapat diketahui bahwa kawasan karst Maros memiliki potensi sumber daya air yang melimpah, yang berkembang sebagai sungai bawah tanah melalui sistem rekahan, sehingga potensi dan pemanfaatannya sulit untuk diketahui. Untuk itu penelitian mengenai perilaku hidrogeologi kawasan karst diharapkan mampu mengungkap potensi sumberdaya air yang terkandung di bawah permukaan untuk dapat dikelola dan dimanfaatkan.

Adapun beberapa aspek yang diteliti dalam mendukung penelitian ini diantaranya: fungsi morfologi kawasan karst di lokasi penelitian hubungannya sebagai daerah tangkapan hujan (*catchment area*) dan

sebagai daerah resapan dengan keberadaan air tanah, pengaruh struktur geologi (pola rekahan dominan) terhadap pembentukan sistem perguaan dan jaringan sungai bawah tanah, pengidentifikasian sistem perguaan dengan menggunakan metode tahanan jenis geolistrik.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi morfologi karst di lokasi penelitian, bentuk serta fungsinya sebagai daerah tangkapan hujan (*catchment area*) dan sebagai daerah resapan hubungannya dengan keberadaan air karst bawah permukaan.
2. Menganalisis pengaruh struktur kekar (arah dominan) terhadap perkembangan sistem perguaan dan sungai bawah tanah Gua Saleh.
3. Menduga struktur lapisan bawah permukaan Gua Saleh dengan metode geolistrik.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian, maka manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang potensi sumberdaya air Gua Saleh berdasarkan keberadaan bentukan morfologi karst di lokasi penelitian, perkembangan pola rekahan di Gua Saleh, serta hasil pendugaan struktur lapisan bawah permukaan dengan metode geolistrik.

E. Batasan Masalah

Penelitian hidrogeologi Gua Saleh pada Kawasan Karst Maros daerah Patunuangasue Kecamatan Simbang, ditinjau berdasarkan morfologi karst, struktur geologi (kekar) serta pola resistivitas bawah permukaan Gua Saleh.

F. Istilah Dan Definisi

Adapun istilah dan definisi yang digunakan dalam penelitian mengenai perilaku hidrogeologi Kawasan Karst Maros studi kasus Gua Saleh daerah Pattunuangasue Kecamatan Simbang ini diantaranya:

- ❖ **Akuifer:** Lapisan batuan, sedimen, formasi, sekumpulan formasi, atau bagian dari suatu formasi jenuh air yang mampu menyimpan dan mengalirkan airtanah dalam jumlah yang cukup untuk mensuplai sumur atau mataair sepanjang tahun pada suatu kondisi kemiringan hidraulik tertentu
- ❖ **Air perkolasi:** *percolated water*, air yang mengalir secara menyebar (*diffuse*) dari zona *epikarst* menuju lorong-lorong/*conduit* di bagian bawahnya
- ❖ **Catchment area:** Daerah tangkapan hujan, daerah aliran sungai, suatu kawasan berupa cekungan yang dibatasi oleh pembatas topografi berupa igir yang didalamnya terdapat jaringan sungai, dimana hujan yang jatuh kedalam kawasan ini dikeluarkan melalui satu keluaran (*outlet*).

- ❖ **Debit aliran:** Hasil perkalian antara luas penampang air/basah dengan kecepatan alirannya baik berupa sungai atau saluran yang berisi air
- ❖ **Diffuse flow:** Komponen aliran pengisi sungai bawah tanah dari akuifer yang mengalir melalui retakan-retakan pada batuan gamping yang berukuran 10-3-10 mm.
- ❖ **Diffuse infiltration:** Proses masuknya air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dan terinfiltrasi secara perlahan-lahan melalui pori-pori tanah yang mampu disimpan dalam kurun waktu mingguan pada zone *epikarst* sebelum kemudian turun ke bawah melalui rekahan atau matriks batuan menuju ke muka airtanah
- ❖ **Epikarst:** Suatu daerah/zone dekat permukaan daerah karst yang mempunyai porositas yang tinggi dan berfungsi sebagai media penyimpan air hasil infiltrasi di daerah karst
- ❖ **Geomorfologi:** Sebuah studi ilmiah terhadap permukaan bumi dan proses yang terjadi terhadapnya
- ❖ **Geofisika:** Ilmu yang mempelajari tentang fenomena alam dengan menggunakan prinsip dan azas-azas fisika
- ❖ **Geodiversity:** Keanekaragaman bumi
- ❖ **Geolistrik:** Sebuah metode geofisika yang mempelajari sifat tahanan jenis (*resistivity*) dari lapisan batuan di dalam bumi.

- ❖ **Gua:** Ruang alamiah di dalam bumi yang kebanyakan memiliki ruangan-ruangan dan lorong-lorong yang merupakan hasil proses pelarutan
- ❖ **Hidrogeologi:** Ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan air di bawah permukaan (*subsurface water*) dan berhubungan dengan aspek atau proses geologi dari air permukaan.
- ❖ **Hidrologi:** Ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan air secara menyeluruh. Seperti sifatnya/properti, sirkulasi, distribusi dan siklusnya pada dan di bawah permukaan bumi dan dalam atmosfer mulai dari presipitasi sampai kembali ke atmosfer melalui evapotranspirasi.
- ❖ **Impermeable:** Sifat atau kapasitas dari tanah atau batuan yang tidak mudah meloloskan fluida.
- ❖ **Infiltrasi:** Proses aliran dari air atau fluida (umumnya berasal dari air hujan) yang masuk ke dalam tanah melalui pori-pori ataupun bidang rekahan baik secara vertikal maupun horizontal.
- ❖ **Karst:** suatu bentuk morfologi/bentang alam yang terbentuk oleh proses karstifikasi.
- ❖ **Karstifikasi:** proses diagenesis yang didominasi oleh proses pelarutan pada *diagenetic meteoric vadose*.
- ❖ **Kawasan karst:** bentang alam yang terbentuk pada batuan yang mudah larut, secara umum pada batuan karbonat dan evaporit

(gypsum), yang sangat dipengaruhi oleh faktor iklim (perubahan cuaca), tektonik dan litologi.

- ❖ **Kekar/Joint:** Permukaan atau rekahan dari batuan tanpa mengalami pergerakan; Permukaan biasanya berupa bidang dan sering terbentuk kekar parralel untuk membentuk pasangan kekar atau *setting joint*.
- ❖ **Meteoric water:** Air hujan yang jatuh dari udara yang kaya akan gas karbondioksida.
- ❖ **Morfologi:** a. Bentuk dari permukaan bumi; b. Struktur eksternal, bentuk dan susunan dari batuan dalam kaitannya dengan penyusunan bentuk lahan.
- ❖ **Mudflow:** Aliran cepat/deras dan terletak di bawah lereng yang berasal dari material butiran halus yang bercampur dengan air.
- ❖ **Parennial:** Sungai yang aliran airnya mengalir sepanjang tahun baik di musim hujan maupun di musim kering
- ❖ **Perilaku:** Tanggapan atau reaksi terhadap rangsangan atau lingkungan;
- ❖ **Permeability:** Sifat atau kapasitas dari tanah atau batuan untuk mudah atau tidak meloloskan fluida.
- ❖ **Permeable:** Sifat atau kapasitas dari tanah atau batuan yang mudah meloloskan fluida.

- ❖ **Ponor, Point recharge, Sinkhole:** lubang pada suatu cekungan karst yang merupakan penghubung antara aliran permukaan dan bawah permukaan
- ❖ **Resurgence:** Pemunculan air di permukaan yang berasal dari air tanah bawah permukaan karst atau sungai bawah tanah.
- ❖ **Runoff:** Bagian dari presipitasi yang mengalir di permukaan (aliran permukaan).
- ❖ **Sistem sungai bawah tanah:** Gabungan dari jaringan lorong-lorong hasil proses pelarutan antar gua-gua yang terisi oleh aliran air secara permanen
- ❖ **Speleothem:** Ornamen gua, bentukan yang indah pada dinding gua sebagai hasil dari proses pelarutan dan pengendapan mineral kalsit oleh aliran air
- ❖ **Tower karst:** Menara karst. Morfologi kawasan karst yang menyerupai menara atau kenampakan permukaan karst, khususnya pada karst di daerah tropis berupa bukit sisa proses pelarutan dengan sisi-sisi bukit yang vertikal atau mendekati vertikal
- ❖ **Zona freatik, phreatik zone:** Zona jenuh air dalam suatu akuifer atau formasi yang permukaan airnya bebas

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Geologi Regional Daerah Penelitian

Daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Ujung Pandang, Bantaeng dan Sinjai oleh Sukamto dan Supriatna, 1982.

Gambar 2.1 Peta geologi regional daerah penelitian (Sumber: Sukamto dan Supriatna, 1982)

Kondisi geologi regional daerah penelitian didominasi oleh satuan batu gamping Formasi Tonasa (Temt) yang berumur Eosen Akhir (40-35 juta tahun) hingga Miosen Tengah (15-10 juta tahun). Secara umum ketebalan formasi ini dapat mencapai 3000 meter dan menindih secara selaras batupasir Formasi Mallawa serta tertindih secara tidak selaras oleh batuan vulkanik Formasi Camba. Di beberapa tempat batuan karbonat ini diterobos oleh batuan beku berupa sill dan retas. Struktur geologi yang berkembang sangat intensif dimulai pada kala Miosen Tengah yang membentuk beberapa patahan utama berarah barat laut-tenggara yang diikuti oleh struktur-struktur minor, baik berupa patahan maupun rekahan (Sukanto dan Supriatna, 1982).

Adapun geologi regional daerah penelitian secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Formasi Tonasa terdiri atas batugamping, sebagian berlapis dan sebagian pejal; koral, bioklastika dan kalkarenit, dengan sisipan napal globigerina, batugamping kaya foram besar, batugamping pasir, setempat dengan moluska; kebanyakan putih dan kelabu muda, sebagian kelabu tua dan coklat. Formasi ini tebalnya tidak kurang dari 1750 m, tak selaras menindih batuan Gunungapi Terpropitikan (Tpv) dan ditindih oleh Formasi Camba (Tmc); di beberapa tempat diterobos oleh retas, sil dan stok bersusunan basal dan diorit. Formasi ini berkisar dari Eosen sampai Miosen Tengah.

2. Formasi Camba terdiri atas batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi, batupasir tufaan berselingan dengan tufa, batupasir dan batulempung; bersisipan napal, batugamping, konglomerat dan breksi gunungapi, dan batubara; warna beraneka dari putih, coklat, merah, kelabu muda sampai kehitaman, umumnya mengeras kuat; berlapis-lapis dengan tebal antara 4 cm dan 100 cm. Diperkirakan umur formasi ini dari Miosen Tengah sampai Miosen Akhir.
3. Batuan Gunungapi Formasi Camba terdiri atas breksi gunungapi, lava, konglomerat dan tufa berbutir halus hingga lapili, bersisipan batuan sedimen laut berupa batupasir tufaan, batupasir gampingan dan batulempung yang mengandung sisa tumbuhan. Bagian bawahnya lebih banyak mengandung breksi gunungapi dan lava yang berkomposisi andesit dan basal; konglomerat juga berkomponen andesit dan basal dengan ukuran 3-50 cm; tufa berlapis baik, terdiri tufa litik, tufa kristal dan tufa vitrik. Bagian atasnya mengandung ignimbrit bersifat trakit dan tefrit leusit; ignimbrite berstruktur kekar maniang, berwarna kelabu kecoklatan dan coklat tua, tefrit lusit berstruktur aliran dengan permukaan berkerak roti, berwarna hitam. Satuan batuan ini berumur Miosen Tengah sampai Miosen Akhir.
4. Batuan Gunungapi Baturape-Cindako terdiri atas lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat, bersusunan basal, sebagian besar porfir dengan fenokris piroksen. Komplek terobosan diorit berupa stok dan retas di Baturape dan Cindako diperkirakan

merupakan bekas pusat erupsi (Tpbc); daerah sekitar Baturape dan Cindako batuanannya didominasi oleh lava Tpbl. Satuan ini tidak kurang dari 1250 m tebalnya dan berdasarkan posisi stratigrafinya kira-kira berumur Pliosen Akhir.

5. Batuan Gunungapi Terpropitikan terdiri atas breksi, lava dan tufa, mengandung lebih banyak tufa di bagian atasnya dan lebih banyak lava di bagian bawahnya, kebanyakan bersifat andesit dan sebagian trakit; bersisipan serpih dan batugamping di bagian atasnya. Satuan ini tebalnya sekitar 400 m, ditindih tidak selaras oleh batugamping Eosen Formasi Tonasa, dan diterobos oleh batuan granodiorit gd. Penarikan jejak belah sebuah contoh tufa dari bagian bawah satuan menghasilkan umur ± 63 juta tahun atau Paleosen.
6. Daerah penelitian juga diterobos oleh basal berupa retas, sil dan stok, bertekstur porfir dengan fenokris piroksin kasar berwarna kelabu tua kehitaman dan kehijauan; sebagian dicirikan oleh struktur kekar meniang.
7. Terobosan diorit kebanyakan berupa stok dan sebagian retas atau sil; singkapannya ditemukan di sebelah timur Maros, menerobos batugamping Formasi Tonasa (Temt); umumnya berwarna kelabu, bertekstur porfir, dengan fenokris amfibol dan biotit, sebagian berkekar meniang.

8. Endapan Aluvium, Rawa dan Pantai terdiri atas kerikil, pasir, lempung, lumpur dan batugamping koral; terbentuk dalam lingkungan sungai, rawa, pantai dan delta.

B. Hidrologi Regional Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil pemetaan sebaran air tanah di Kabupaten Maros dari Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Sulawesi Selatan (2004), dapat dilihat bahwa daerah penelitian merupakan wilayah air tanah karst dengan produktivitas akuifer tinggi hingga sedang yaitu sekitar 10-80 liter/detik. Di sebelah timur dari daerah penelitian didominasi oleh wilayah air tanah batuan gunung api dengan akuifer produktif sangat kecil/langka. Sedang di sebelah selatan daerah penelitian merupakan wilayah air tanah batuan sedimen dengan produktif akuifer sedang hingga kecil sekitar 2-3 liter/detik. Di beberapa tempat diklasifikasikan sebagai wilayah air tanah payau yaitu di sebelah barat daerah penelitian yang berbatasan langsung dengan Selat Makassar, wilayah air tanah dataran akuifer produktif sedang (2-5 liter/detik) di sebelah barat daerah penelitian memanjang ke arah selatan dan daerah batuan beku terobosan/intrusi tersebar di beberapa tempat di Kabupaten Maros yang merupakan wilayah air tanah langka. Sebaran air tanah di Kabupaten Maros selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.2:

Gambar 2.2 Peta sebaran wilayah air tanah Kab. Maros (sumber: Dinas Pertambangan dan Energi, 2004).

C. Geomorfologi Kawasan Karst Maros

Karst merupakan istilah dalam bahasa Slovenia yang diturunkan dari bahasa Jerman (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 bentuklahan hasil proses pelarutan (Raguz, 2008).

Sedang menurut Field (2002, dalam Bonacci, 2009) karst didefinisikan sebagai daerah yang umumnya dicirikan oleh keberadaan batugamping atau dolomit, di mana bentang alamnya dibentuk oleh proses pelarutan batuan, dan yang ditandai dengan keberadaan *sinkhole*, aliran permukaan yang menghilang, lekuk tertutup, drainase atau saluran bawah tanah dan gua-gua. Adanya lekuk tertutup pada permukaan yang sangat luas, sistem drainase bawah tanah yang berkembang dengan baik, dicirikan oleh adanya interaksi antara sirkulasi air permukaan dan air bawah permukaan karst. Akibat tingkat infiltrasi yang sangat tinggi, maka aliran permukaan jarang ditemukan dibanding dengan bentangalam bukan karst.

Definisi karst digunakan secara luas untuk menjelaskan sebuah bentang alam khusus yang berkembang pada batuan mudah larut, diantaranya seperti batu gamping, gipsum dan *halite*. Daerah karst mempunyai ciri khas tersendiri yang ditandai dengan jarangya ditemui aliran permukaan, keberadaan *sinkhole* dan lekuk tertutup. Air hujan yang meresap ditemukan di bawah tanah yang keluar dari saluran yang telah

mengalami pelebaran, dan terkadang menjadi cukup luas membentuk sebuah gua (Hiscock, 2005).

Batuan yang mengandung CaCO_3 tinggi akan mudah larut, semakin tinggi kandungan CaCO_3 batuan tersebut, semakin berkembang bentuk alam karst. Kekompakan batuan juga menentukan kestabilan morfologi karst setelah mengalami pelarutan. Selain itu, ketebalan lapisan batuan juga menentukan sirkulasi air secara vertikal, yang merupakan syarat karstifikasi dapat berlangsung. Tanpa adanya lapisan yang tebal, sirkulasi air secara vertikal juga tidak bisa berkembang, karena proses yang terjadi adalah aliran lateral seperti pada sungai-sungai permukaan, sehingga akibatnya cekungan-cekungan tertutup (*closed depression*) tidak dapat terbentuk (Palmer, 2002).

Curah hujan merupakan zat pelarut utama dalam proses karstifikasi. Semakin besar curah hujan, semakin besar tingkat pelarutan yang terjadi pada batuan karbonat. Penutupan hutan juga merupakan faktor pendukung dalam proses karstifikasi. Hutan yang lebat akan mempunyai kandungan CO_2 yang melimpah akibat dari hasil perombakan sisa-sisa organik (dahan, ranting, daun, bangkai binatang) oleh mikro organisme (Haryono dan Adji, 2004).

Semakin besar konsentrasi CO_2 dalam air semakin tinggi tingkat daya larut air terhadap batugamping. CO_2 di atmosfer tidaklah bervariasi secara signifikan, sehingga variasi proses karstifikasi sangat ditentukan oleh CO_2 dari aktivitas organisme. Hubungan antara konsentrasi CO_2

dengan daya larut terhadap batu gamping dapat dilihat pada prose kimia di bawah ini:

Jika larutan ini jatuh ke permukaan batu gamping (CaCO_3), maka reaksinya akan menjadi:

Proses pelarutan tersebut terjadi jika batuan tidak jenuh dengan CO_2 , yaitu pada zona vadose sedangkan pada zona saturasi pelarutan hanya sedikit dan bahkan yang terjadi adalah presipitasi sehingga dapat terbentuk aliran bawah permukaan. Adapun reaksi kimia yang terjadi adalah:

Batuan karbonat mempunyai banyak rongga percelahan dan mudah larut dalam air, maka sistem drainase permukaan tidak berkembang dan lebih didominasi oleh sistem drainase bawah permukaan. Sebagai contoh adalah sistem perguaan yang berair dan dikenal sebagai sungai bawah tanah (Haryono dan Adji, 2004).

Gambar 2.3. Aliran sungai bawah tanah Gua Saleh

Karst merupakan bentang alam pada batuan karbonat yang bentuknya sangat khas berupa bukit, lembah, dolina, uvala, polje, sistem perguaan dan adanya jaringan sungai bawah tanah. Kawasan Karst Maros merupakan salah satu karst tropis dunia yang berkembang secara baik dan termasuk dalam tipe *Holokarst*. *Holokarst* merupakan tipe karst yang mempunyai bentang alam lengkap yang terbentuk dari pelarutan batuan karbonat yang sangat mudah larut (Haryono dan Adji, 2004).

Kawasan Karst Kabupaten Maros dikenal berbukit gamping terjal dengan cekungan yang dalam, gua-gua di lerengnya, sementara di bawah tanah mengalir sungai yang memancarkan air bening di beberapa tempat. Kenampakan topografi seperti ini merupakan hasil dari proses pelarutan batu gamping atau disebut juga "*residual karst*". (Rahmadi dan Nugroho, 2007). Kawasan karst Maros selain dikenal dengan "*tower karst*" karena

bentuknya menyerupai menara, kawasan karst ini juga dinamai "*hutan batu*" (Rahmadi dan Nugroho, 2007). Hutan batu yang ada di Kabupaten Maros desa Salenrang dusun Rammang-rammang dapat dilihat pada Gambar 2.4. Kawasan karst telah dijadikan situs warisan dunia (*world heritage*) bersama dengan kawasan karst Pangkep, serta telah menjadi kawasan konservasi Taman Nasional Bantimurung–Bulusaraung (TNBB).

Gambar 2.4 Morfologi karst menyerupai *hutan batu* di desa Salenrang, Maros

Adanya penambangan bahan baku semen yang dilakukan di daerah ini mengancam ketersediaan air tanah di Kawasan Karst Maros (Kurniawan, 2010). Untuk itu penelitian yang komprehensif tentang potensi yang ada, diperlukan guna mendapatkan informasi yang dapat dijadikan referensi oleh pemerintah setempat, agar dilakukan pengelolaan di kawasan karst di Kabupaten Maros. Peta sebaran karst yang ada di kabupaten Maros dan daerah yang termasuk area konservasi Taman

Nasional Bantimurung-Bulusaraung (TN BABUL) dapat dilihat pada gambar berikut:

Gambar 2.5 Peta Kawasan Karst Maros dan Taman Nasional BABUL. (sumber: Dinas Pertambangan dan Energi Prov. Sulawesi Selatan, 2004). *Telah dimodifikasi*

Pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya di daerah Bantimurung (Imran, dkk., 2004), morfologi di daerah penelitian diketahui

merupakan karst makro yang memiliki bentukan alam/*landform* berukuran meter hingga kilometer. Adapun morfologi kawasan karst Maros pada penelitian tersebut diantaranya adalah:

1. Tower karst

Salahsatu morfologi daerah kawasan karst Maros adalah bentuk karst yang menyerupai menara atau biasa disebut *tower* karst. Morfologi ini terbentuk akibat besarnya kontrol tektonik terhadap pembentukan morfologi kawasan tersebut. Adanya sesar yang dipengaruhi proses pelarutan, membentuk *tower* karst dengan lereng umumnya di atas 40° dengan bentuk berupa tiang-tiang besar.

2. Dolina

Dolina atau *sinkhole* (*closed depression*) adalah cekungan pada kawasan karst yang umumnya dari atas mempunyai kenampakan bundar atau lonjong yang bervariasi. Pada daerah penelitian, dolina umumnya dijumpai berbentuk mangkok atau sumuran. Dolina-dolina tersebut kadang dijumpai terisolasi kadang pula saling berdekatan. Kebanyakan dolina yang dijumpai merupakan hasil pelebaran dari rekahan-rekahan. Berdasarkan penelitian yang merupakan pengamatan dan analisa data, sebagian besar dolina-dolina yang ditemukan akibat terlarutnya batu gamping (CaCO_3) oleh air hujan (H_2O) yang bercampur dengan CO_2 di udara secara kimiawi maupun mekanis khususnya pada percabangan (intersection) rekahan/percelahan atau yang disebut *solution doline* yang

pada beberapa tempat dijumpai runtuhan atap gua atau biasa dikenal dengan *collapse doline* (Ritter, 1986 dalam Imran, 2004).

3. Sinking Creek

Sinking creek adalah sungai yang mengalir daerah karst tetapi menghilang karena melintasi rute sungai bawah tanah. Sinking creek dijumpai di daerah Pangia dimana aliran berasal dari *non karstik* kemudian alirannya menuju daerah karstik dan menghilang masuk (*sink*) ke dalam rekahan/percelahan kawasan karstik.

4. Ponor/*Resurgence*

Ponor atau *resurgence* adalah pemunculan kembali sungai bawah tanah. Pada daerah karst Maros yang diteliti terdapat beberapa ponor yang merupakan sumber mata air bagi penduduk setempat, seperti pada kawasan wisata Bantimurung. Ponor umumnya dijumpai pada dinding karst yang airnya keluar akibat pelebaran perlapisan batuan atau rekahan yang tegak lurus dengan perlapisan batuan. Disamping morfologi di atas ditemukan juga mikromorfologi seperti *rillen karren*. *Rillen karren* adalah morfologi karst mikro yang terbentuk akibat aliran sejajar pada batuan yang kemudian melarutkan batuan tersebut. Hal ini kadang dijumpai pada daerah berlereng curam, yang pada kawasan karst Maros sering ditemui karena merupakan kawasan karst menara yang memiliki kemiringan/*slope* di atas 45°.

D. Hidrologi Kawasan Karst Maros

Aliran air di atas permukaan yang tiba-tiba menghilang, dan keterdapatannya sungai bawah tanah adalah ciri dan fenomena yang sangat sering ditemui pada kawasan karst. Aliran sungai permukaan yang tiba-tiba menghilang dapat didefinisikan sebagai sebuah sungai atau aliran permukaan yang mengalir ke/atau daerah karst lain yang lalu kemudian menghilang ke bawah tanah melalui sebuah *sinkhole* dan terkadang muncul kembali sebagai sungai atau aliran permukaan. Aliran sungai bawah tanah adalah bagian dari kawasan karst. Pada aliran sungai bawah tanah, air mengalir melalui gua-gua, sistem gua, saluran karst dan sebuah ruang besar di bawah bentang alam karst (Bonacci, 2009).

Bentangalam karst terbentuk akibat adanya aliran lambat oleh air di permukaan tanah yang melewati batuan gamping dan secara berangsur-angsur melarutkan mineral karbonat tersebut. Batu gamping biasanya mempunyai percelahan yang baik, dan air merembes secara perlahan di sepanjang sistem percelahan. Selama waktu yang tersedia, larutan dari mineral karbonat oleh air secara perlahan memperlebar celah-celah tadi menjadi rekahan-rekahan. Pada akhirnya keterhubungan sistem akibat pelarutan rongga yang terbentuk memungkinkan air untuk bergerak secara mudah dari tempat peresapannya hingga pada batuan yang muncul sebagai mataair di bawah daerah tangkapan (Stewart dan Thomas, 2008).

Menurut Fetter (1994), suatu sistem akifer dapat mempunyai bentuk tubuh air berupa matair yang kehadirannya dikendalikan oleh topografi, jenis litologi, struktur perlapisan, dan struktur patahan dan dapat pula airtanah berada pada akifer bebas atau akifer tertekan.

Klasifikasi penamaan mataair oleh Fetter dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Gambar 2.6 Beberapa tipe mataair yang didasarkan pada kontrol geologi (baik struktur maupun litologi) dan topografi (Fetter, 1994).

Hidrologi di kawasan karst berbeda dari satu lokasi dengan lokasi lainnya. Namun secara umum hidrologi kawasan karst didominasi oleh sungai-sungai bawah tanah (*subsurface drainage*). Hal ini disebabkan oleh masuknya air hujan melalui rekahan yang kemudian terkonsentrasi dan membentuk saluran bawah permukaan. Sungai-sungai bawah tanah untuk kawasan karst Maros potensial untuk dikembangkan baik sebagai sumber air minum maupun untuk irigasi. Keadaan ini ditunjang oleh

morfologi kawasan tersebut yang dapat bertindak sebagai daerah resapan hujan.

Kombinasi antara dolina, rekahan dan lembah-lembah yang dibantu oleh vegetasi yang lebat merupakan daerah resapan yang bagus untuk terkonsentrasinya air permukaan (Imran, 2006).

Curah hujan mempunyai peran penting dalam pengisian kembali ke akuifer karst. *Recharge* atau pengisian kembali air tanah yang terjadi umumnya berasal dari adanya proses rembesan dari air hujan yang masuk melalui permukaan batu gamping atau juga melalui *sinkhole* (Hao, dkk., 2006)

E. Metode Tahanan Jenis Geolistrik

Tanah dan batuan merupakan konduktor listrik yang lemah. Sebuah arus yang diinjeksikan ke dalam tanah dengan perantara elektroda logam akan mengalir melalui tanah ke elektroda kedua. Jika terjadi penurunan tegangan di sepanjang jalur aliran, arus dapat diukur dengan kedua set elektroda yang dipindahkan antara salahsatu pembawa arus. Pada Gambar 2.8 adalah pengukuran resistivitas secara umum, yaitu dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi dengan menggunakan dua elektroda arus (C_1 dan C_2), dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda potensial (P_1 dan P_2). Jika materi antara elektroda adalah homogen, arus akan mengalir dalam rangkaian seragam membentang jauh di bawah permukaan tanah. Namun, jika terjadi diskontinuitas di bawah permukaan, maka arus akan mengalami

gangguan dan akan terlihat pada pengukuran di permukaan. Survei resistivitas memerlukan elektroda yang bergerak pada pola sistematis di daerah yang sedang diselidiki (White, 2005). Karena aliran arus membentuk jalur kurva mengarah ke dalam tanah antara elektroda, sedang tegangan diukur pada permukaan, maka interpretasi yang cukup sangat diperlukan dalam mengidentifikasi anomali yang mungkin merupakan gambaran rongga di bawah tanah.

Gambar 2.7 Metode Geolistrik Tahanan Jenis dengan Konfigurasi Wenner- Schlumberger (White, 2005).

Dimana:

P_1 dan P_2 adalah beda potensial/tegangan listrik (V)

C_1 dan C_2 adalah arus listrik (I)

Tanah umumnya konduktor dan lebih baik daripada batu. Media basah merupakan konduktor yang lebih baik daripada media kering. Bagian gua yang mengandung air atau basah akan memiliki hantaran

listrik atau konduktansi yang lebih baik dari batuan sekitarnya. Tahanan jenis adalah kebalikan dari konduktivitas. Kontras antara konduktivitas atau resistivitas memungkinkan gua di kedalaman dapat diidentifikasi.

Hambatan listrik diukur dalam satuan ohm yaitu variasi komposisi dari lapisan dan kandungan air. Tahanan jenis diukur dengan melewati arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda dan merekam penurunan potensial/tahanan di sepasang elektroda. Arus listrik menurun dengan meningkatnya kadar kandungan air dalam pori batuan. Survei tahanan jenis (geolistrik) merupakan metode yang relatif murah dan dapat diandalkan dalam menentukan kedalaman dari muka air, atau kedalaman dari batuan dasar (Poehls dan Smith, 2009).

Geolistrik adalah salah satu metode pengukuran geofisika untuk mengetahui kondisi bawah permukaan. Metode geolistrik tahanan jenis dikenal juga dengan sebutan metode resistivitas merupakan metode yang bersifat aktif, yaitu karena menggunakan gangguan aktif berupa injeksi arus yang dipancarkan ke bawah permukaan bumi yang bertujuan untuk mendeteksi keberadaan benda (zat cair maupun padat), maka metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah konfigurasi Wenner–Schlumberger yang merupakan resistivitas mapping dan biasa dikenal sebagai profiling dua dimensi atau 2D. Hal ini dilakukan agar dapat mengidentifikasi anomali resistivitas di bawah permukaan, yaitu dalam hal ini sistem perguaan sebagai jalur sungai bawah tanah secara lateral maupun vertikal. Dengan menggunakan metode geolistrik ini diharapkan

memperoleh resistivitas yang berkaitan dengan keberadaan sistem perguaan dan sungai bawah permukaan di lokasi penelitian.

Survei metode resistivitas memberikan gambaran distribusi resistivitas bawah permukaan. Dalam mengkonversi gambaran resistivitas bawah permukaan dibutuhkan pengetahuan untuk membedakan tipe/jenis dari material bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas masing-masing material. Resistivitas material tergantung dari bahan penyusunnya. Nilai resistivitas dari setiap material bumi tersaji pada tabel nilai resistivitas batuan dan mineral (Telford, dkk., 1990) (Lampiran 2).

F. Hipotesa

Penelitian ini bertujuan untuk melihat perilaku hidrogeologi kawasan karst Maros dengan mengambil studi kasus di Gua Saleh daerah Pattunuangasue Kecamatan Simbang. Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian, penulis membuat sebuah hipotesa yaitu, morfologi karst di lokasi penelitian berfungsi sebagai daerah tangkapan hujan, akuifer dan media peresapan air ke bawah permukaan, sistem perguaan dan jaringan aliran sungai bawah tanah dipengaruhi oleh perkembangan sistem pola rekahan, kondisi struktur geologi bawah permukaan Gua Saleh dapat diidentifikasi dengan metode geolistrik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan kombinasi antara pendekatan geologi, dan geofisika. Selain itu juga dari hasil kajian pustaka, penelitian terdahulu, data lapangan, yang kesemuanya akan diolah dan dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan tentang perilaku hidrogeologi di kawasan karst Maros.

Studi Perilaku Hidrogeologi Kawasan Karst Maros studi kasus Gua Saleh Pattunuangasue Kecamatan Simbang merupakan penelitian terapan (*Applied Research*) yaitu mempunyai alasan penelitian berdasarkan latar belakang tentang keberadaan karst di Kabupaten Maros yang memiliki potensi hidrologi yang dapat dimanfaatkan. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan untuk penelitian tentang hidrologi karst di masa yang akan datang agar tercipta pengelolaan dan pemanfaatan secara lebih baik dan berkelanjutan (*komprehensif*).

Adapun diagram alir dari sistematika penelitian perilaku hidrogeologi di kawasan karst Maros, studi kasus Gua Saleh di daerah Pattunuangasue Kecamatan Simbang dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan juga variabel uji dalam penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.1:

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

A.1. Variabel Uji Penelitian

Penelitian tentang Perilaku Hidrogeologi Kawasan Karst Maros studi kasus Gua Saleh daerah Pattunuangasue terdiri oleh beberapa konsep variabel diantaranya morfologi, sungai bawah tanah, struktur geologi (kekar), sistem perguaan, litologi dan nilai resistivitas. Morfologi (X_1) karst di lokasi penelitian berfungsi sebagai daerah tangkapan hujan (*catchment area*), akuifer dan media resapan air ke bawah permukaan. Resapan air akan menjadi aliran terpusat dan berkembang menjadi sungai bawah tanah (X_2) melalui struktur geologi (kekar) (X_3). Perkembangan sistem perguaan (lorong gua) dipengaruhi oleh struktur geologi (pola kekar dominan). Gambaran litologi (X_4) batugamping bawah permukaan Gua Saleh dapat diketahui berdasarkan nilai resistivitasnya (X_5).

Tabel 3.1 Variabel uji penelitian perilaku hidrogeologi

JUDUL	Perilaku Hidrogeologi (PH)	
KONSEP VARIABEL	• Morfologi (X_1) • Sungai bawah tanah (X_2) • Struktur geologi (kekar) (X_3) • Sistem perguaan (X_4) • Litologi (X_5) • Nilai resistivitas (X_6) • $PH = Y(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6)$	Kaitan langsung di antara variabel: $ \begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ X_4 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ X_4 \end{array}} \right\} X_3 \left. \vphantom{\begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ X_4 \\ X_5 \rightarrow X_6 \end{array}} \right\} = Y $

B. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kabupaten Maros, Kecamatan Simbang, Desa Pattunuangasue dengan posisi geografis $5^{\circ}2'59,40''$ S dan $119^{\circ}43'17,16''$ E. Penelitian dilakukan selama 3 (tiga) bulan yaitu pada bulan Maret hingga Mei 2013. Peta tunjuk lokasi penelitian tersaji pada Gambar 3.2 di bawah ini:

Gambar 3.2 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian (Sumber: Foto Citra Satelit Google Earth 2014)

C. Instrumen Pengambilan Data

Adapun instrumen pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah:

1. Pengukuran orientasi pola rekahan (kekar) di Gua Saleh menggunakan 1 buah kompas geologi tipe Brunton dan 1 buah meteran.
2. Pengukuran geolistrik di permukaan dengan metode Wenner-Shlumberger menggunakan seperangkat alat Geolistrik Multi-channel tipe S-Field *Earth Resistivity Instrument* yang terdiri dari: Laptop Acer Aspire 2920Z yang telah diinstal *software* Geores v3.1, 3 set Handy Talky (HT), 2 buah *accu*/aki, 2 buah Palu, 16 buah elektroda, 2 buah rol meter (Gambar. 3.3).

Instrumen lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah, GPS (*global positioning system*) Garmin 60CSx dan 76CSx, 2 buah kamera digital tipe Sony *Cyber-shot* dan Canon *Power-shot A495*, alat tulis-menulis, ransel, coverall (*wearpack*), helm dan headlamp Petzl, juga sepatu lapangan/boot.

Gambar 3.3 Instrumen Geolistrik Multichannel tipe S-Field

D. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian perilaku hidrogeologi kawasan karst Maros dengan daerah studi kasus Gua Saleh Pattunuangasue Kecamatan Simbang dengan studi literatur dan pengambilan data lapangan. Pengambilan data berupa survei geologi (identifikasi morfologi, pengukuran pola rekahan) dan survei geofisika dengan pengukuran metode geolistrik.

1. Survei Geologi

- a) Identifikasi geomorfologi karst yang difokuskan pada deskripsi bentukan akibat proses tektonik maupun hasil pelarutan (*eksokarst dan endokarst*).
- b) Pengukuran struktur geologi (pola kekar/rekahan) secara acak di Gua Saleh meliputi tingkat kerapatan kekar, bukaan kekar, kedudukan batuan untuk mendapatkan pola kekar/rekahan dominan untuk melihat pengaruhnya terhadap perkembangan arah lorong gua.

2. Survei Geofisika

- a) Survei tahanan jenis geolistrik, yaitu pengukuran tahanan jenis dengan metode geolistrik yang bertujuan untuk mengidentifikasi sistem perguaan sungai bawah tanah di Gua Saleh. Adapun beberapa tahapan yang dilakukan sebelum pengambilan data tersebut adalah:
  - Survei lokasi/lapangan. Tahapan ini dilakukan sebagai landasan untuk mengetahui kondisi objektif daerah/lokasi/lapangan pengukuran.

- Penentuan arah lintasan elektroda sebagai landasan cakupan daerah pengukuran dan jarak spasi antar elektroda C_1 C_2 dan P_1 P_2
- Menghubungkan peralatan alat geolistrik dan memasuki sistem pengaturan *software geores* untuk menentukan jenis konfigurasi Wenner-Schlumberger.

Gambar 3.4 Pengukuran Geolistrik Multi-channel dengan instalasi *software Geores v3.1* pada Laptop Acer Aspire 2920Z.

3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi tentang kawasan karst secara umum dan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya di kawasan karst Maros khususnya. Yaitu dengan mempelajari referensi buku-buku terkait, jurnal/artikel, dan juga penelusuran informasi melalui internet.

E. Metode Analisis Data

Metode analisis data yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya:

A. Analisis Morfologi

Analisis morfologi karst (*eksokarst* dan *endokarst*) dilakukan dengan melihat fungsinya sebagai daerah tangkapan hujan, akuifer dan media peresapan hubungannya dengan potensi sumberdaya air di Gua Saleh. Berdasarkan hasil pengamatan yang didukung oleh foto di lapangan, morfologi karst yang diidentifikasi di lokasi penelitian akan dibagi menjadi bentukan atas permukaan karst (*eksokarst*) dan bentukan bawah permukaan karst (*endokarst*). Hasil analisis morfologi di lokasi penelitian akan dihubungkan dengan data pendukung berupa rata-rata jumlah curah hujan selama 11 tahun (2000-2011) dan data pengukuran debit langsung di sungai bawah tanah gua saleh.

B. Analisis Struktur Geologi (Pola Rekahan/Kekar)

Analisis orientasi pola rekahan yaitu mengolah data hasil pengukuran kekar di Gua Saleh dengan menggunakan *software Dips*. Data pengukuran kekar yang didapatkan dari lokasi penelitian yaitu berupa *strike* dan *dip* dimasukkan ke dalam tabel yang tersedia di lembar kerja baru (*new sheet*). Selanjutnya data yang sudah dimasukkan tersebut dapat dibuatkan plot atau diagram arah dominannya dengan menggunakan *tools Rosette Plot*. Analisis ini bertujuan untuk melihat

pengaruh pola rekahan dominan terhadap perkembangan sistem perguaan (lorong) Gua Saleh.

C. Interpretasi Geolistrik

Pengolahan data hasil pengukuran metode geolistrik menggunakan *software Ms. Office Excel* dan *Res2dinv* untuk memperoleh model inversi 2D yang selanjutnya diinterpretasi dengan mengacu pada korelasi nilai resistivitas batuan, sehingga dapat diketahui gambaran litologi/penyusun batugamping di bawah permukaan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gemorfologi Karst Lokasi Penelitian

Identifikasi geomorfologi daerah penelitian dengan pengamatan langsung di lapangan didasarkan pada gejala-gejala geologis yaitu bentuk dan proses bentukan asalnya (pelarutan). Daerah penelitian merupakan bentangalam pegunungan karst dengan *lanscape* perbukitan menara karst. Adapun morfologi yang terdapat di daerah penelitian diantaranya adalah:

1. Menara karst (*Tower karst*)

Menara karst (*Tower karst*) adalah morfologi karst makro dengan bentuklahan positif yang merupakan kenampakan permukaan karst, khususnya pada karst di daerah tropis, berupa bukit sisa proses pelarutan dengan sisi-sisi bukit yang vertikal atau mendekati vertikal (White, 1988 dalam Adji, 2010). Menara karst (*tower karst*) terbentuk oleh besarnya kontrol tektonik dan proses pelarutan yang sangat bergantung dan dipengaruhi oleh kondisi iklim (curah hujan) setempat sehingga membentuk tiang-tiang besar hasil dari sisa-sisa proses pelarutan. Dengan adanya morfologi menara karst di lokasi penelitian maka proses aliran air permukaan yang terjadi adalah secara vertikal. Aliran permukaan akan meresap melalui bidang percelahan atau rekahan yang mengalami pelebaran akibat proses pelarutan hingga menjadi cukup luas membentuk

sistem perguaan. Aliran air akan terkumpul dan mengalir melalui sistem perguaan (*conduit*) sebagai sungai bawah tanah.

Gugusan morfologi menara karst (*tower karst*) di lokasi penelitian dapat di lihat pada Gambar 4.1 di bawah ini:

Gambar 4.1 Morfologi menara karst (*tower karst*) yang terdapat di sebelah barat lokasi penelitian.

2. *Ponor*

Ponor adalah morfologi karst makro dengan bentuklahan negatif yang merupakan lubang pada bagian bawah atau samping cekungan di mana aliran permukaan atau danau baik sebagian atau seluruhnya mengalir ke dalam sistem air bawah tanah karst (Unesco, 1972). *Ponor* yang ada di lokasi penelitian adalah lubang masuk (*entry*) dari Gua Saleh, dimana aliran permukaan pada musim hujan mengalir dan menghilang akibat masuk ke dalam Gua Saleh (Gambar 4.2):

Gambar 4.2 *Ponor* yang terdapat di lokasi penelitian yang merupakan lubang masuk (*entry*) dari Gua Saleh.

Ponor yang merupakan lubang masuk (*entry*) Gua Saleh terbentuk akibat adanya proses pelarutan yang intensif sehingga menghasilkan pelebaran dari rekahan batuan yang kemudian mengalami peruntuhan (*collapse*). Morfologi karst di lokasi penelitian berupa *ponor* menjadikan aliran permukaan akan masuk ke dalam Gua Saleh melalui lubang masuk (*entry*) menuju bawah permukaan sehingga menjadi sungai bawah tanah.

Adapun beberapa bentuk alam yang terdapat di bawah permukaan karst di lokasi penelitian (*endokarst*) diantaranya:

a. *Stalaktit*, b. *Stalakmit*, c. *Drypery*, d. *Flowstone*, *Heliktit*, Sungai bawah tanah, dan beberapa bentukan lainnya.

Gambar 4.3 Bentuk endokarst yang terdapat di Gua Saleh diantaranya: **(A).** Stalaktit dan stalakmit yang hampir bersatu membentuk sebuah tiang. **(B).** *Drypery*. **(C).** Aliran sungai bawah tanah. **(D).** *Flowstone* yang masih berkembang.

Morfologi yang terdapat di lokasi penelitian yaitu menara karst (*tower karst*) dan *ponor* merupakan morfologi karst makro yang tersingkap di bagian luar atau permukaan karst (*eksokarst*) dapat berfungsi sebagai daerah tangkapan hujan (*catchment area*), akuifer dan media peresapan air ke bawah permukaan melewati sistem rekahan yang dapat menghasilkan bentukan *stalaktit*, *stalakmit*, *drypery*, *flowstone* dan beberapa bentukan lain di bawah permukaan karst (*endokarst*). Sistem rekahan pada kawasan karst memiliki yang memiliki peran penting dalam

peresapan air permukaan ke bawah permukaan (*diffuse*) melalui sistem percelahan (*fissure*) yang kemudian mengalir menjadi sungai bawah tanah melalui sistem perguaan (*conduit*).

Sungai bawah tanah Gua Saleh merupakan sumberdaya air karst yang memiliki potensi cukup besar untuk dimanfaatkan. Hal ini dapat dilihat dari pengukuran debit langsung di aliran sungai bawah tanah Gua Saleh pada tanggal 10 bulan April 2013 yang memiliki rata-rata debit sekitar $1.14 \text{ m}^3/\text{dt}$ atau sama dengan 1140 lt/dt . Klimatologi Kabupaten Maros merupakan daerah dengan iklim tropis yang memiliki curah hujan rata-rata 347 mm/bulan . Jika mengacu pada klasifikasi Schmidt dan Ferguson (Tabel 4.1), maka iklim di lokasi penelitian termasuk tipe B yaitu daerah keadaan iklim basah, hutan hujan tropika (Official Website Kabupaten Maros, 2013). Curah hujan merupakan faktor pengontrol dalam proses pembentukan kawasan karst oleh pelarutan (karstifikasi) yaitu $>250 \text{ mm/tahun}$ (Haryono dan Adji, 2004).

Tabel 4.1 Klasifikasi Schmidt-Ferguson (1950)

Tipe Iklim	Nilai Q (%)	Keadaan Iklim dan Vegetasi
A	$< 14,3$	Daerah sangat basah, hutan hujan tropika
B	$14,3 - 33,3$	Daerah basah, hutan hujan tropika
C	$33,3 - 60,0$	Daerah agak basah, hutan rimba, daun gugur pada musim kemarau
D	$60,0 - 100,0$	Daerah sedang, hutan musim
E	$100,0 - 167,0$	Daerah agak kering, hutan sabana
F	$167,0 - 300,0$	Daerah kering, hutan sabana
G	$300,0 - 700,0$	Daerah sangat kering, padang ilalang
H	$> 700,0$	Daerah ekstrim kering, padang ilalang

Rata-rata jumlah curah hujan selama 11 tahun di lokasi penelitian (Lampiran 3) menunjukkan pada bulan April memiliki curah hujan sebesar 189,33 mm. Dari gambar grafik rata-rata jumlah curah hujan (Gambar 4.4) dapat dilihat pada bulan April merupakan transisi musim hujan ke musim kemarau.

Gambar 4.4 Grafik rata-rata jumlah curah hujan bulanan periode tahun 2000-2011 dari hasil pencatatan curah hujan stasiun

Besarnya peran aktifitas tektonik dan proses pelarutan yang intensif akibat pengaruh iklim menyebabkan terbentuknya morfologi kawasan karst yang khas di lokasi penelitian. Kondisi morfologi yang ada memegang peranan penting dalam proses peresapan (*infiltrasi*) air dari permukaan, tersimpan dan kemudian mengalir menjadi aliran sungai bawah permukaan. Aliran permukaan terkumpul pada satu hingga beberapa saluran dengan melewati sistem rekahan batuan yang ada (*fissure*) dan mengalir melalui sistem perguaan bawah permukaan (*conduit*) sebagai sungai bawah tanah.

B. Analisis Pola Rekahan

Pengukuran kekar dilakukan secara acak meliputi strike dan dip, panjang, bukaan dan isian kekar. Data pengukuran dapat dilihat pada halaman lampiran (Lampiran 3). Hasil rekonstruksi sistem rekahan berupa model Diagram Rose (*Rosette plot*) pada Gambar 4.5, didapatkan dari pengolahan data hasil pengukuran kekar di lokasi penelitian yang diolah dengan menggunakan *software Dips* sehingga didapatkan arah berkisar ke Baratdaya ($N245^{\circ}E$) dan Barat laut ($N320^{\circ}E$). Dari model Diagram Rosette, dapat disimpulkan bahwa sistem/pola rekahan berarah Baratdaya yaitu $N 65^{\circ} E$ - $N 245^{\circ} E$ relatif searah dengan sistem perguaan yang merupakan lorong kering, dan berarah tenggara ke arah barat laut $N 320^{\circ} E$ relatif searah dengan sistem perguaan yang merupakan lorong sungai bawah tanah Gua Saleh.

Pembentukan dan perkembangan sistem perguaan yang merupakan lorong kering yang tidak mempunyai sumberair permanen dan lorong yang menjadi jalur sungai bawah tanah di Gua Saleh dipengaruhi sistem rekahan yang berkembang akibat proses pelarutan batugamping (karstifikasi). Aliran air akan mengalir melewati celah batuan secara *conduit* maupun *diffuse*. Rekonstruksi pengukuran sistem rekahan dalam bentuk model Rosette plot pada lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.5:

Gambar 4.5 Rekonstruksi orientasi sistem rekahan pada lokasi penelitian Gua Saleh

Perkembangan Gua Saleh di lokasi penelitian dipengaruhi oleh adanya kekar yang terbentuk akibat proses pelarutan kimiawi (*karstifikasi*). Kekar-kekar tersebut dapat dilalui oleh aliran air dan bereaksi dengan atau melarutkan unsur-unsur karbonat batugamping sehingga dapat memperlebar ukuran atau bukaan dari kekar tersebut, yang pada akhirnya

akan membentuk sistem perguaan dengan jaringan sungai bawah tanah, serta membentuk ornamen-ornamen gua (*spleothem*).

Pola rekahan permukaan dan bawah permukaan di kawasan karst merupakan zona permeabilitas yang baik untuk tersalurkannya air permukaan menjadi aliran bawah permukaan. Pola rekahan merupakan salahsatu faktor pengontrol keberadaan aliran di bawah permukaan selain sifat larut batuan, ketebalan dan tingkat kekompakan batuannya.

Adapun secara detail Gua Saleh di daerah Pattunuangasue Kecamatan Simbang dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 4.2 Informasi Detail Gua Saleh

Nama Gua	Posisi		Dimensi (± m)		Total Panjang Lorong (± m)			
	Longitude	Latitude	Lebar	Tinggi	Survei	Jarak datar	Lorong kering	Sungai bawah tanah
Saleh	119°43'17.16"E	5°2'59.40"S	0,8 - 20	0,4 - 15	494,80	480,21	363,04	131,76

Pada tabel 4.2 di atas menjelaskan bahwa Gua Saleh yang terletak di Desa Pattunuangasue, Kecamatan Simbang yaitu pada koordinat 5°2'59.40" S dan 119°43'17.16" E memiliki panjang kurang lebih 494,80 m relatif ke arah baratdaya N 245° E yang merupakan lorong kering dan ke arah barat laut N 320° E yang merupakan arah sungai bawah tanah. Pada bagian awal dari mulut goa hingga beberapa meter ke dalam relatif tegak (vertikal). Lebar lorong goa bervariasi dari 0,8 m hingga 20 m. Sementara tinggi lorong goa juga bervariasi dari 0,4 m hingga 15 m. Sungai bawah permukaan diperkirakan berada pada kedalaman 20 m hingga 40 m dari permukaan tanah. Pada bagian depan dari mulut gua terdapat singkapan

batuan berupa tebing yang memperlihatkan adanya sistem rekahan retakan yang diperlebar oleh proses pelarutan dan runtuh (collapse) (Gambar 4.6).

Gambar 4.6 Bagian luar Gua Saleh yang memperlihatkan bidang perlapisan dan percelahan yang diperlebar oleh proses pelarutan dan runtuh (*collapse*).

Di bagian dalam gua dijumpai ornament-ornamen gua (*speleothem*) seperti *stalaktit*, *stalakmit*, *flowstone* yang merupakan bentukan alam bawah permukaan karst (*endokarst*) yang terbentuk akibat adanya proses pengaliran air hujan dari atas permukaan yang meresap turun mengikuti sistem percelahan yang ada. Pada bagian mulut gua dan pada permukaan bagian atas juga dijumpai kekar-kekar gerus.

Dari sudut pandang hidrogeologi, zona lemah pada batuan (kekar, rekahan, sesar) merupakan struktur geologi yang sangat berperan dalam mengontrol sistem hidrogeologi karst. Fluida, dalam hal ini air hujan (*meteorik*), memiliki kecenderungan mengalir melalui zona lemah pada batuan yang secara morfologi ditunjukkan oleh adanya kelurusan–kelurusan morfologi (Setiawan, dkk., 2008). Analisis orientasi pola kelurusan rekahan pada lokasi penelitian sangat berguna dalam menentukan pola-pola pengaliran bawah tanah. Hubungan antara pola rekahan dengan perkembangan gua ditandai dengan pelarutan bagian atas batuan (*vadose zone*), dimana zona ini masih dalam keadaan tidak jenuh CO_2 menyebabkan aliran didominasi oleh aliran vertikal. Pada keadaan jenuh di zona *phreatik* aliran yang tadinya vertikal berubah menjadi horizontal. Hal ini menyebabkan sistem perguaan dan sungai bawah tanah di Gua Saleh mengikuti (relatif searah) dengan perkembangan sistem rekahan di bawah permukaan.

C. Hasil Pengukuran Metode Geolistrik

Pengambilan data dengan metode Geolistrik dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat Geolistrik Multi-channel tipe S-Field *Earth Resistivity Instrument*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger sebanyak empat (4) lintasan. Setiap lintasan memiliki panjang bentangan 160 m dengan spasi 10 m. Adapun skema arah bentangan dari lintasan pengukuran geolistrik tahanan jenis dapat dilihat pada Gambar 4.7:

Gambar 4.7 Skema lintasan pengukuran metode Geolistrik di lokasi penelitian (Sumber: Foto citra satelit GoogleEarth 2013).

Lintasan 1 dan 2 memiliki arah tegak lurus terhadap lintasan 3 dan 4. Sementara Lintasan 3 dan 4 memiliki arah yang relatif sejajar dengan jarak antar lintasan sekitar 20 meter. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan berupa konfigurasi elektroda dan resistivitas pengukuran selanjutnya dianalisis menggunakan bantuan *software Res2dinv*. Hasil pengolahan *software* merupakan penampang resistivitas

dalam bentuk 2D (dimensi). Penampang ini dikoreksi secara topografis, sehingga diperoleh lintasan yang mencerminkan kontur permukaan lintasan pengukuran. Interpretasi data mengacu pada tabel korelasi antara nilai resistivitas dan batuan (Tabel 4.3, selengkapnya terdapat pada lampiran 2), dan peta geologi lembar Ujung pandang, Bantaeng dan Sinjai (Sukanto dan Supriatna, 1982).

Tabel 4.3 Korelasi Antara Nilai Resistivitas dan Batuan (Telford, et al., 1990)

Batuan	Resistivitas (Ohm.m)
Batuan karbonat	$50-10^7$
Batuan dolomit	$100-10^4$
Air	10-100

Lintasan 1.

Pengukuran lintasan 1 di atas Gua Saleh dengan koordinat $119^{\circ}43'15.83''\text{E}$ - $5^{\circ}2'56.91''\text{S}$ dan $119^{\circ}43'17.37''\text{E}$ - $5^{\circ}3'0.74''\text{S}$ berada pada ketinggian permukaan sekitar 150 mdpl - 167 mdpl dengan arah Barat laut-Tenggara. Lintasan pengukuran 1 memiliki panjang bentangan 160 m dengan spasi terkecil 10 m, berpotongan dengan lorong kering Gua Saleh di bawah permukaan.

Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (Tabel 4.4) selanjutnya dianalisis dan digambarkan dalam bentuk penampang

resistivitas atau model 2D dengan *software Res2dinv* seperti dapat dilihat pada Gambar 4.8:

Tabel 4.4 Data pengukuran geolistrik Lintasan 1

Datum	Depth	A	M	N	B	SP	I:AB	V:MN	P
1	1	1	2	3	4	0.07	0.12	0.07	1.56
2	1	2	3	4	5	0.78	0.12	0.83	26.91
3	1	3	4	5	6	0.08	0.12	0.16	41.94
4	1	4	5	6	7	0.20	0.12	0.27	37.42
5	1	5	6	7	8	0.18	0.12	0.26	40.82
6	1	6	7	8	9	0.35	0.12	0.49	69.85
7	1	7	8	9	10	0.01	0.12	1.25	638.45
8	1	8	9	10	11	0.10	0.12	1.16	548.22
9	1	9	10	11	12	0.09	0.12	2.04	997.46
10	1	10	11	12	13	0.24	0.12	2.27	1043.52
11	1	11	12	13	14	0.11	0.12	1.06	484.13
12	1	12	13	14	15	0.15	0.12	1.68	784.78
13	1	13	14	15	16	0.23	0.12	0.92	351.09
14	2	1	3	4	6	0.32	0.12	0.40	125.30
15	2	2	4	5	7	0.05	0.12	0.03	32.98
16	2	3	5	6	8	0.57	0.12	0.60	52.18
17	2	4	6	7	9	0.06	0.12	0.10	68.40
18	2	5	7	8	10	0.19	0.12	0.28	135.31
19	2	6	8	9	11	0.08	0.12	0.35	426.42
20	2	7	9	10	12	0.07	0.12	0.41	522.83
21	2	8	10	11	13	0.00	0.12	0.68	1051.74
22	2	9	11	12	14	0.12	0.12	0.73	934.51
23	2	10	12	13	15	0.04	0.12	0.36	490.03
24	2	11	13	14	16	0.20	0.12	0.87	1017.66
25	3	1	4	5	8	0.04	0.12	0.09	162.64
26	3	2	5	6	9	0.09	0.12	0.14	146.20
27	3	3	6	7	10	0.07	0.12	0.11	109.80
28	3	4	7	8	11	0.77	0.12	0.80	67.87
29	3	5	8	9	12	0.11	0.12	0.09	49.17
30	3	6	9	10	13	0.06	0.12	0.28	683.93
31	3	7	10	11	14	0.01	0.12	0.26	767.18
32	3	8	11	12	15	0.20	0.12	0.41	653.37
33	3	9	12	13	16	0.00	0.12	0.15	470.40
34	4	1	5	6	10	0.02	0.12	0.02	1.54
35	4	2	6	7	11	0.04	0.12	0.06	115.77
36	4	3	7	8	12	0.09	0.12	0.12	153.73
37	4	4	8	9	13	0.09	0.12	0.22	704.68
38	4	5	9	10	14	0.71	0.12	0.80	467.51
39	4	6	10	11	15	0.02	0.12	0.14	637.56
40	4	7	11	12	16	0.16	0.12	0.30	722.90
41	5	1	6	7	12	0.13	0.12	0.03	719.32
42	5	2	7	8	13	0.43	0.12	0.43	45.75
43	5	3	8	9	14	0.15	0.12	0.22	585.86
44	5	4	9	10	15	0.47	0.12	0.54	500.91
45	5	5	10	11	16	0.02	0.12	0.10	577.97
46	6	1	7	8	14	0.33	0.12	0.34	87.89
47	6	2	8	9	15	0.16	0.12	0.20	526.50
48	6	3	9	10	16	1.50	0.12	0.46	11305.10
49	7	1	8	9	16	0.15	0.12	0.19	541.21

Keterangan: Datum: Titik poin ukur
A,B: Arus (I)

Depth: Kedalaman (m)
M,N: Tegangan (V)

SP: Self Potensial (V)
P: Resistivitas semu (ohm.m)

Gambar 4.8 Penampang resistivitas lintasan 1

Interpretasi lintasan 1 menunjukkan bahwa terdapat nilai resistivitas 2,0 ohm.m hingga 132 ohm.m pada kedalaman 2 meter–25 meter (elektroda 2-8) dan kedalaman 20 meter-25 meter (antara elektroda 11-14) merupakan lapisan batugamping yang memiliki struktur geologi (kekar) yang memungkinkan air permukaan merembes (infiltrasi) melalui sistem rekahan (*fissure/crack*). Lapisan ini memiliki porositas baik dengan sifat permeabel sehingga dapat berfungsi sebagai media penyimpanan dan media peresapan air (*epikarstic aquifer*). Nilai resistivitas >132 ohm.m hingga 1071 ohm.m pada kedalaman 2 meter-30 meter (elektroda 6-15) menunjukkan adanya lapisan dengan struktur geologi yang diperkirakan merupakan batugamping masif dengan porositas buruk bersifat impermeabel. Sedang nilai resistivitas yang lebih tinggi sekitar >3053 ohm.m pada kedalaman 2 meter hingga 20 meter (antara elektroda 8-14)

dan kedalaman 25 meter hingga 30 meter (elektroda 10-13) diduga merupakan lapisan batugamping yang memiliki rongga yang telah mengalami pelebaran sebagai akibat proses pelarutan yang berlangsung lama hingga mengalami peruntuhan (*collapse*) dan membentuk lorong gua. Lorong gua yang terdeteksi diperkirakan baru bagian atas yaitu pada kedalaman 30 meter (antara elektroda 10-11).

Lintasan 2.

Pengukuran lintasan 2 di atas Gua Saleh dengan koordinat $119^{\circ}43'15.25''\text{E}$ $5^{\circ}2'57.05''\text{S}$ dan $119^{\circ}43'16.32''\text{E}$ $5^{\circ}3'0.79''\text{S}$ berada pada ketinggian permukaan sekitar 150 mdpl – 165 mdpl dengan arah Barat laut-Tenggara. Lintasan pengukuran 2 memiliki panjang bentangan 160 m dengan spasi terkecil 10 m, berpotongan dengan lorong kering Gua Saleh di bawah permukaan.

Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (Tabel 4.5) selanjutnya dianalisis dan digambarkan dalam bentuk penampang resistivitas atau model 2D dengan *software Res2dinv* seperti dapat dilihat pada Gambar 4.9:

Tabel 4.5 Data pengukuran geolistrik Lintasan 2

Datum	Depth	A	M	N	B	SP	I:AB	V:MN	P
1	1	1	2	3	4	0.11	0.12	0.11	1.13
2	1	2	3	4	5	0.81	0.12	0.89	40.55
3	1	3	4	5	6	0.22	0.12	0.41	96.56
4	1	4	5	6	7	0.23	0.12	0.40	85.42
5	1	5	6	7	8	0.19	0.12	0.44	127.67
6	1	6	7	8	9	0.08	0.12	0.30	112.62
7	1	7	8	9	10	0.13	0.12	0.62	255.71
8	1	8	9	10	11	0.02	0.12	0.87	436.49
9	1	9	10	11	12	0.06	0.12	0.78	370.23
10	1	10	11	12	13	0.25	0.12	1.60	694.44
11	1	11	12	13	14	0.04	0.12	1.02	498.81
12	1	12	13	14	15	0.14	0.12	1.33	607.75
13	1	13	14	15	16	0.18	0.12	1.33	589.07
14	2	1	3	4	6	0.50	0.12	0.57	96.47
15	2	2	4	5	7	0.03	0.12	0.08	92.23
16	2	3	5	6	8	0.52	0.12	0.58	95.40
17	2	4	6	7	9	0.10	0.12	0.27	257.96
18	2	5	7	8	10	0.07	0.12	0.20	197.72
19	2	6	8	9	11	0.05	0.12	0.35	457.32
20	2	7	9	10	12	0.04	0.12	0.47	678.80
21	2	8	10	11	13	0.02	0.12	0.44	642.82
22	2	9	11	12	14	0.09	0.12	0.78	1054.50
23	2	10	12	13	15	0.00	0.12	0.62	949.99
24	2	11	13	14	16	0.23	0.12	0.95	1104.98
25	3	1	4	5	8	0.16	0.12	0.19	99.31
26	3	2	5	6	9	0.02	0.12	0.04	83.91
27	3	3	6	7	10	0.02	0.12	0.17	456.33
28	3	4	7	8	11	0.66	0.12	0.74	228.94
29	3	5	8	9	12	0.00	0.12	0.19	584.01
30	3	6	9	10	13	0.03	0.12	0.32	875.87
31	3	7	10	11	14	0.01	0.12	0.30	906.21
32	3	8	11	12	15	0.18	0.12	0.64	1391.17
33	3	9	12	13	16	0.01	0.12	0.38	1103.83
34	4	1	5	6	10	0.26	0.12	0.22	196.51
35	4	2	6	7	11	0.00	0.12	0.12	592.14
36	4	3	7	8	12	0.19	0.12	0.27	394.55
37	4	4	8	9	13	0.04	0.12	0.10	307.28
38	4	5	9	10	14	0.74	0.12	0.98	1244.40
39	4	6	10	11	15	0.01	0.12	0.21	997.59
40	4	7	11	12	16	0.15	0.12	0.49	1783.93
41	5	1	6	7	12	0.25	0.12	0.05	1563.67
42	5	2	7	8	13	0.61	0.12	0.63	107.10
43	5	3	8	9	14	0.03	0.12	0.08	316.20
44	5	4	9	10	15	0.51	0.12	0.71	1466.92
45	5	5	10	11	16	0.02	0.12	0.15	1007.19
46	6	1	7	8	14	0.46	0.12	0.50	352.57
47	6	2	8	9	15	0.02	0.12	0.07	561.68
48	6	3	9	10	16	0.42	0.12	0.58	1633.32
49	7	1	8	9	16	0.01	0.12	0.06	770.40

Keterangan: Datum: Titik poin ukur
A,B: Arus (I)

Depth: Kedalaman (m)
M,N: Tegangan (V)

SP: Self Potensial (V)
P: Resistivitas semu (ohm.m)

Gambar 4.9 Penampang resistivitas lintasan 2

Interpretasi lintasan 2 menunjukkan adanya akumulasi air pada lapisan batugamping di dekat permukaan hingga kedalaman 20 meter (antara elektroda 2-8) dengan nilai resistivitas 4,06 ohm.m hingga 89,4 ohm.m. Lapisan batugamping tersebut memiliki porositas baik dengan sifat permeabel sehingga memungkinkan air mengalir melalui sistem rekahan (*fissure/crack*) dan juga menjadi media penyimpanan air (*epikarstic aquifer*). Nilai resistivitas >89,4 ohm.m hingga 700 ohm.m pada kedalaman 2 meter-28 meter (elektroda 5-14) menunjukkan adanya lapisan dengan struktur geologi yang diperkirakan merupakan batugamping masif dengan porositas buruk bersifat impermeabel. Sedangkan nilai resistivitas yang lebih tinggi sekitar >1958 ohm.m pada kedalaman 10 meter hingga 30 meter (antara elektroda 7-13) diduga merupakan lapisan batugamping yang memiliki rongga yang telah mengalami pelebaran sebagai akibat proses pelarutan yang berlangsung lama hingga

mengalami peruntuhan (*collapse*) dan membentuk lorong gua. Lorong gua yang terdeteksi diperkirakan baru bagian atap yaitu pada kedalaman 18 meter hingga 30 meter (antara elektroda 9-13).

Lintasan 3.

Pengukuran lintasan 3 di atas Gua Saleh dengan koordinat $119^{\circ}43'15.67''\text{E}$ - $5^{\circ}3'0.21''\text{S}$ dan $119^{\circ}43'19.23''\text{E}$ - $5^{\circ}2'58.05''\text{S}$ berada pada ketinggian permukaan sekitar 140 mdpl - 162 mdpl dengan arah Barat Baratdaya-Timur Timurlaut. Lintasan pengukuran 3 memiliki panjang bentangan 160 m dengan spasi terkecil 10 m, berpotongan dengan lorong kering Gua Saleh di bawah permukaan.

Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (Tabel 4.6) selanjutnya dianalisis dan digambarkan dalam bentuk penampang resistivitas atau model 2D dengan *software Res2dinv* seperti dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Tabel 4.6 Data pengukuran geolistrik Lintasan 3

Datum	Depth	A	M	N	B	SP	I:AB	V:MN	P
1	1	1	2	3	4	0.02	0.11	1.39	797.78
2	1	2	3	4	5	0.50	0.12	2.39	979.80
3	1	3	4	5	6	0.08	0.09	1.47	921.82
4	1	4	5	6	7	0.01	0.12	0.92	487.50
5	1	5	6	7	8	0.36	0.11	1.92	872.96
6	1	6	7	8	9	0.07	0.08	0.10	29.61
7	1	7	8	9	10	0.13	0.12	0.49	185.01
8	1	8	9	10	11	0.10	0.12	0.21	54.63
9	1	9	10	11	12	0.35	0.10	0.68	201.40
10	1	10	11	12	13	0.10	0.06	0.33	255.20
11	1	11	12	13	14	0.04	0.12	0.73	348.84
12	1	12	13	14	15	0.59	0.12	0.22	192.80
13	1	13	14	15	16	0.53	0.05	0.94	518.04
14	2	1	3	4	6	0.26	0.09	0.80	1069.08
15	2	2	4	5	7	0.05	0.12	0.99	1440.61
16	2	3	5	6	8	0.54	0.11	1.01	814.74
17	2	4	6	7	9	0.28	0.10	0.61	633.29
18	2	5	7	8	10	0.26	0.12	0.25	9.93
19	2	6	8	9	11	0.12	0.10	0.46	658.26
20	2	7	9	10	12	0.09	0.12	0.06	45.21
21	2	8	10	11	13	0.71	0.05	0.63	310.75
22	2	9	11	12	14	0.01	0.11	0.04	48.50
23	2	10	12	13	15	0.65	0.12	0.53	182.96
24	2	11	13	14	16	0.62	0.12	0.53	138.60
25	3	1	4	5	8	0.12	0.11	0.21	307.98
26	3	2	5	6	9	0.17	0.12	0.51	1105.17
27	3	3	6	7	10	2.10	0.12	0.72	4309.36
28	3	4	7	8	11	0.30	0.12	0.16	459.17
29	3	5	8	9	12	0.01	0.12	0.17	492.48
30	3	6	9	10	13	0.06	0.04	0.03	325.19
31	3	7	10	11	14	0.06	0.12	0.11	134.86
32	3	8	11	12	15	0.12	0.12	0.20	255.36
33	3	9	12	13	16	0.08	0.11	0.26	626.61
34	4	1	5	6	10	0.04	0.12	0.03	61.32
35	4	2	6	7	11	0.29	0.12	0.48	1001.61
36	4	3	7	8	12	0.12	0.12	0.24	651.63
37	4	4	8	9	13	0.46	0.05	0.61	2098.94
38	4	5	9	10	14	0.32	0.12	0.30	109.18
39	4	6	10	11	15	0.06	0.09	0.06	55.24
40	4	7	11	12	16	0.08	0.12	0.15	328.22
41	5	1	6	7	12	0.11	0.12	0.24	1057.55
42	5	2	7	8	13	0.24	0.05	0.24	76.61
43	5	3	8	9	14	1.46	0.12	0.65	6241.78
44	5	4	9	10	15	0.22	0.12	0.15	558.32
45	5	5	10	11	16	0.04	0.12	0.07	174.45
46	6	1	7	8	14	0.09	0.12	0.06	283.05
47	6	2	8	9	15	0.42	0.12	0.67	2757.42
48	6	3	9	10	16	0.19	0.12	0.16	325.77
49	7	1	8	9	16	0.41	0.12	0.71	4257.05

Keterangan: Datum: Titik poin ukur
A,B: Arus (I)

Depth: Kedalaman (m)
M,N: Tegangan (V)

SP: Self Potensial (V)
P: Resistivitas semu (ohm.m)

Gambar 4.10 Penampang resistivitas lintasan 3

Interpretasi lintasan 3 memperlihatkan bahwa terdapat akumulasi air pada lapisan batugamping yang memiliki struktur geologi (kekar) dari permukaan hingga kedalaman 25 meter, yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas 12,1 ohm.m hingga 294 ohm.m (antara elektroda 5-14). Lapisan batugamping tersebut memiliki porositas baik dengan sifat permeabel, dapat berfungsi sebagai media penyimpanan dan media peresapan air (*epikarstic aquifer*) melalui sistem rekahan (*fissure/crack*). Nilai resistivitas >294 ohm.m hingga 1447 ohm.m pada permukaan hingga kedalaman 15 meter (antara elektroda 2-7) dan kedalaman 5 meter hingga 20 meter (antara elektroda 6-12) menunjukkan adanya lapisan dengan struktur geologi yang diperkirakan merupakan batugamping masif dengan porositas buruk bersifat impermeabel. Berdasarkan hasil plot peta

Gua Saleh dan skema lintasan 3 geolistrik, nilai resistivitas sekitar 3211 ohm.m pada kedalaman 10 meter (antara elektroda 8-9) merupakan rongga lubang masuk (*entry*) Gua Saleh yang tepat di atas lokasi pengukuran. Sedang nilai resistivitas >3211 ohm.m pada kedalaman 25 meter hingga 30 meter (elektroda 10-13) diduga merupakan lorong gua yang berhubungan secara vertikal dengan *entry* Gua Saleh.

Lintasan 4.

Pengukuran lintasan 4 di atas Gua Saleh dengan koordinat 119°43'16"E- 5°3'0.62"S dan 119°43'20.30"E-5°2'59.61"S berada pada ketinggian permukaan sekitar 150 mdpl-168 mdpl dengan arah Baratdaya-Timur Timur laut. Lintasan pengukuran 4 memiliki panjang bentangan 160 m dengan spasi terkecil 10 m, berpotongan dengan sungai bawah tanah Gua Saleh di bawah permukaan.

Tabel 4.7 Data pengukuran geolistrik Lintasan 4

Datum	Depth	A	M	N	B	SP	I:AB	V:MN	P
1	1	1	2	3	4	0.08	0.09	1.61	1044.22
2	1	2	3	4	5	0.53	0.12	3.52	1552.16
3	1	3	4	5	6	0.09	0.12	2.4	1196.97
4	1	4	5	6	7	0.12	0.12	3.15	1574.17
5	1	5	6	7	8	0.12	0.12	1.86	884.48
6	1	6	7	8	9	0.05	0.12	0.96	467.54
7	1	7	8	9	10	0.03	0.12	0.29	133.6
8	1	8	9	10	11	0.28	0.11	0.6	177.88
9	1	9	10	11	12	0.24	0.12	0.39	76.34
10	1	10	11	12	13	0.05	0.12	0.21	78.31
11	1	11	12	13	14	0.06	0.1	0.18	75.52
12	1	12	13	14	15	0.3	0.12	0.47	86.49
13	1	13	14	15	16	0.03	0.12	0.25	117.33
14	2	1	3	4	6	0.43	0.09	1.27	1766.1
15	2	2	4	5	7	0.1	0.12	0.53	660.98
16	2	3	5	6	8	0.38	0.12	1.63	1899.98
17	2	4	6	7	9	0.1	0.12	0.51	619.54
18	2	5	7	8	10	0.06	0.12	0.14	127.97
19	2	6	8	9	11	0.14	0.1	0.28	271.08
20	2	7	9	10	12	0.11	0.12	0.19	131.53
21	2	8	10	11	13	0.1	0.12	0.26	243.13
22	2	9	11	12	14	0.03	0.12	0.1	109.51
23	2	10	12	13	15	0.05	0.12	0.1	77.06
24	2	11	13	14	16	0.33	0.09	0.36	63.18
25	3	1	4	5	8	0.13	0.1	0.11	77.27
26	3	2	5	6	9	0.1	0.12	0.97	2698.69
27	3	3	6	7	10	0.14	0.12	0.37	678.71
28	3	4	7	8	11	0.4	0.1	0.39	1451.42
29	3	5	8	9	12	0.09	0.12	0.15	192.16
30	3	6	9	10	13	0.09	0.12	0.17	246.4
31	3	7	10	11	14	0.05	0.12	0.18	429.83
32	3	8	11	12	15	0.07	0.12	0.07	9.52
33	3	9	12	13	16	0.02	0.12	0.11	290.31
34	4	1	5	6	10	0.02	0.09	0.41	2658.32
35	4	2	6	7	11	0.05	0.1	0.21	1010.09
36	4	3	7	8	12	0.01	0.12	0.04	153.15
37	4	4	8	9	13	0.57	0.12	0.66	419.22
38	4	5	9	10	14	0.28	0.12	0.32	176.81
39	4	6	10	11	15	0.07	0.12	0.22	765.66
40	4	7	11	12	16	0.03	0.11	0.33	1689.58
41	5	1	6	7	12	0.04	0.1	0.41	3502.4
42	5	2	7	8	13	0.31	0.12	0.36	324.46
43	5	3	8	9	14	0.55	0.12	0.62	573.13
44	5	4	9	10	15	0.2	0.12	0.21	65.58
45	5	5	10	11	16	0.04	0.12	0.38	2702.92
46	6	1	7	8	14	0.18	0.08	0.61	7165.91
47	6	2	8	9	15	0.53	0.12	0.68	1609.11
48	6	3	9	10	16	0.17	0.12	0.24	792.59
49	7	1	8	9	16	0.53	0.07	0.62	2237.39

Keterangan: Datum: Titik poin ukur
A,B: Arus (I)

Depth: Kedalaman (m)
M,N: Tegangan (V)

SP: Self Potensial (V)
P: Resistivitas semu (ohm.m)

Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (Tabel 4.7) selanjutnya dianalisis dan digambarkan dalam bentuk penampang resistivitas atau model 2D dengan *software Res2dinv* seperti dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Gambar 4.11 Penampang resistivitas lintasan 4

Interpretasi lintasan 4 menunjukkan bahwa terdapat nilai resistivitas 11,8 ohm.m hingga 362 ohm.m pada kedalaman 10 meter hingga 15 meter (elektroda 4-5) dan kedalaman 2 meter hingga 15 meter (antara elektroda 6-14) merupakan lapisan batugamping yang memiliki struktur geologi (kekar) yang memungkinkan air permukaan merembes (infiltrasi) melalui sistem rekahan (*fissure/crack*). Lapisan ini memiliki porositas baik dengan sifat permeabel sehingga dapat berfungsi sebagai media penyimpanan dan media peresapan air (*epikarstic aquifer*). Nilai resistivitas >362 ohm.m hingga 2005 ohm.m pada permukaan hingga kedalaman 25

meter (antara elektroda 2-13) menunjukkan adanya lapisan dengan struktur geologi yang diperkirakan merupakan batugamping masif dengan porositas buruk bersifat impermeabel. Sedang nilai resistivitas yang lebih tinggi sekitar $>4718 \text{ ohm.m}$ pada kedalaman sekitar 30 meter (antara elektroda 5-7) diduga merupakan lapisan batugamping yang memiliki rongga yang telah mengalami pelebaran sebagai akibat proses pelarutan yang berlangsung lama hingga mengalami peruntuhan (*collapse*) dan membentuk lorong gua.

C.1 Interpretasi Pengukuran Metode Geolistrik

Interpretasi pengukuran geolistrik lintasan 1 hingga lintasan 4 pada lokasi penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa disetiap lintasan pengukuran geolistrik diduga terdapatnya zona infiltrasi (peresapan), akuifer (*epikarstic aquifer*) dan media perembesan aliran permukaan, dan juga sistem perguaan pada struktur lapisan batugamping di bawah permukaan.

Dengan menghubungkan nilai resistivitas dan batuan (Tabel 4.3), dan berdasarkan pada data pengukuran geolistrik di lapangan (Lampiran 6) yang selanjutnya didapatkan gambar penampang 2D dari setiap lintasan, maka hasil interpretasi diperoleh struktur lapisan batuan di bawah permukaan sehingga dapat diketahui terdapatnya batugamping dalam keadaan menampung air dalam jumlah yang cukup dan mengalirkannya melalui sistem percelahan batuan ke bawah permukaan.

Dari analisis interpretasi hasil pengukuran geolistrik di lokasi penelitian, dapat diketahui bahwa struktur lapisan batugamping telah mengalami proses karstifikasi dengan baik. Dari segi morfologi, struktur lapisan batugamping dapat menjadi akifer yang baik sebab berdasarkan sistem pola akifer karst, pada daerah karst memiliki tipe akifer *diffuse* dan *conduit*. Sehingga air masuk berupa rembesan pada permukaan batuan karbonat (*diffuse*) yang selanjutnya tertampung ke dalam lorong-lorong (*conduit*) dan air lalu diteruskan masuk sebagai aliran sungai bawah tanah Gua Saleh.

C.2 Pemetaan Gua Saleh

Pemetaan gua dilakukan untuk menentukan jalur dan jaringan gua yang ada di bawah permukaan. Hal ini berguna untuk menggambarkan kondisi Gua Saleh di bawah permukaan sebagai validasi terhadap hasil pengukuran metode geolistrik.

Penelusuran Gua Saleh menunjukkan terdapat lorong gua kering sepanjang puluhan meter dengan tinggi dan lebar lorong bervariasi. Pada bagian awal gua terdapat lorong sempit (tinggi sekitar 40 cm) yang menghubungkan lorong utama (gua kering) dengan lorong gua berair yang memiliki sungai bawah permukaan aktif. Pemetaan gua dilakukan untuk menentukan arah dan dimensi lorong gua dari mulut gua hingga jaringan sungai bawah permukaan. Hasil pengukuran menunjukkan alur relatif vertikal dari mulut gua ke arah lorong gua utama. Perbedaan tinggi antara mulut gua dengan atap lorong utama berkisar belasan meter

dengan jalur multi-pit (berundak vertikal) dengan beda tinggi antar undak antara 2 meter hingga 7 meter. Data hasil pemetaan terlampir dalam tabel data pemetaan Gua Saleh (Lampiran 5).

Hasil pengukuran diinput ke dalam *software* *Survex* yang mampu menggambarkan peta 3D lorong gua yang diukur. Hasil pengolahan juga bisa menampilkan ketebalan (dimensi) lorong gua yang dipetakan. Hasil pengolahan data pengukuran gua disajikan dalam beberapa perspektif. Pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa lorong Gua Saleh memiliki sedikitnya dua percabangan utama yaitu ke arah barat dan ke arah timur. Hasil pengolahan perangkat lunak menunjukkan bahwa terdapat 41 stasiun pengukuran yang dihubungkan oleh 40 rentang pengukuran (*legs*). Sistem perguaan tidak memiliki keterhubungan secara tertutup (0 *loops*). Total panjang lorong yang disurvei sejauh 494,80 m dengan jarak datar 480,21 m.

Gambar 4.12 Penampang lorong Gua Saleh tampak dari atas.

Lorong gua utama tidak berair permanen dengan lantai gua dipenuhi bongkahan dan ditutupi lumpur yang diperkirakan terbawa air saat musim hujan. Tinggi dan lebar gua bervariasi antara beberapa meter hingga belasan meter. Sungai bawah permukaan terdapat pada jalur yang berbeda dengan lorong gua utama dihubungkan sebuah lorong sempit yang diperkirakan tertutupi air saat musim hujan (banjir). Lorong gua yang memiliki sungai bawah permukaan berada pada level yang lebih rendah dari lorong utama dengan beda tinggi diperkirakan berkisar kurang dari 10 meter.

Sedang Gambar 4.13 menunjukkan penampang lorong gua dilihat dari samping. Mulut gua (stasiun 0) berada pada permukaan tanah, sementara stasiun 17a menjadi stasiun terdalam. Total beda tinggi vertikal bagian yang disurvei adalah 74,54 m. Sementara total beda tinggi vertikal dari permukaan (mulut gua: 130 mdpl) hingga titik terdalam (st 17a: 84,34 mdpl) survey adalah 45.66 m. Rentang jarak utara-selatan sejauh 131,76 m; dari stasiun 17a ke stasiun 17. Rentang jarak timur-barat sejauh 262,16 m; dari stasiun 17 ke stasiun 21b.

Gambar 4.13 Penampang lorong gua tampak dari samping.

Gambar 4.14 Dimensi penampang lorong Gua Saleh 3D

Gambar 4.14 menunjukkan dimensi lorong gua yang bervariasi. Lorong gua pada bagian awal, dari mulut gua hingga stasiun 5 relatif tegak (vertikal). Lebar lorong gua bervariasi dari 0,8 m hingga 20 m.

Sementara tinggi lorong gua juga bervariasi dari 0,4 m hingga 15 m. Lorong sebelah barat dari stasiun 0 hingga stasiun 21b merupakan lorong kering yang tidak memiliki sumber air permanen. Sementara sungai bawah permukaan berada pada lorong gua sebelah timur. Sungai bawah permukaan mengalir dari arah tenggara ke arah barat laut, dari stasiun 17 ke arah stasiun 17a. Hal ini ditunjukkan oleh adanya beda tinggi antara kedua stasiun tersebut. Sungai bawah permukaan berada pada kedalaman 20 m hingga 40 m dari permukaan tanah.

C.3 Validasi Pengukuran Geolistrik Dengan Pemetaan Gua

Hasil interpretasi terhadap penampang resistivitas dicocokkan dengan hasil pemetaan dimensi lorong gua pada setiap perpotongan yang sesuai (Gambar 4.15).

Gambar 4.15 Skema penampang lorong gua dan lintasan ukur geolistrik

Tahap awal dilakukan tumpang susun (*overlay*) antara penampang lorong gua dengan jalur lintasan pengukuran geolistrik. Hasil validasi menunjukkan secara kualitatif antara pendugaan menggunakan pengukuran geolistrik dan pengukuran manual memiliki kesamaan pola dimensi gua. Secara umum, keberadaan lorong gua direpresentasikan oleh keberadaan nilai resistivitas yang sangat tinggi. Pada lintasan 1 dan 2 menunjukkan indikasi yang sama dengan lintasan 3 dan 4, tetapi tidak cukup signifikan karena keberadaan lorong gua berada pada kedalaman yang tidak terjangkau oleh penampang resistivitas. Kenampakan lorong gua pada lintasan 3 dan 4 cukup signifikan kesamaannya dengan representasi nilai resistivitas yang sangat tinggi.

Validasi secara lebih kuantitatif diperlukan untuk meningkatkan akurasi dari validasi hasil pengolahan data. Hal ini bisa dilakukan dengan memetakan seluruh hasil penelitian ke dalam kerangka koordinat yang lebih teliti dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG). Sehingga diperlukan pengukuran pemetaan topografi permukaan dan lintasan pengukuran, serta pemetaan lorong gua dan sungai bawah permukaan yang terintegrasi dalam koordinat geografis yang sama. Selain itu, diperlukan pengukuran metode geolistrik yang memiliki kedalaman tembus yang mampu mencakup kedalaman dimensi sungai bawah permukaan yang ada di lapangan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya dan mengacu pada tujuan dan rumusan masalah penelitian, maka dapat disimpulkan beberapa hal antara lain :

1. Morfologi yang terdapat di lokasi penelitian merupakan morfologi karst makro dengan bentukan positif diantaranya adalah: *Tower karst*, dan bentukan negatif yaitu *Ponor/Sinkhole*. Bentukan tersebut merupakan morfologi karst yang terbentuk di atas permukaan karst (*eksokarts*) sedang bentukan bawah permukaan karst (*endokarst*): *Stalaktit*, *Stalakmit*, *Heliktit*, *Drypery*, *Flowsotone*, juga terdapatnya aliran sungai bawah tanah. Morfologi tersebut mempunyai berfungsi sebagai daerah tangkapan hujan, media penyimpanan dan pengisian kembali (*storage dan recharge*) hingga peresapan (*infiltrasi*) melalui bidang rekahan (*fissure*) ke bawah permukaan yang pada akhirnya tersalurkan melalui lorong-lorong gua (*conduit*) sebagai aliran sungai bawah tanah.
2. Arah/pola dominan yaitu relatif ke Baratdaya yaitu sekitar $N245^{\circ}E$, relatif searah dengan lorong kering dan juga ke arah Baratlaut sekitar $N320^{\circ}E$, relatif searah dengan lorong aliran sungai bawah tanah.
3. Hasil pengukuran geolistrik menunjukkan adanya nilai resistivitas rendah sekitar 2 ohm.m hingga 154 ohm.m yang diduga merupakan

lapisan batugamping yang memiliki struktur geologi (kekar). Hal ini ditandai dengan terdapatnya akumulasi air pada lapisan batugamping dekat permukaan hingga 18 meter di bawah permukaan. Juga terdapatnya nilai resistivitas tinggi sekitar 376 ohm.m hingga 4718 ohm.m yang diduga merupakan lapisan batugamping masif dengan porositas buruk dengan sifat impermeable. Sedang nilai resistivitas >4718 ohm.m diduga adalah lapisan batugamping yang memiliki rongga, dan keterdapatannya di bawah permukaan diketahui merupakan lorong gua.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan dari hasil penelitian adalah diharapkan agar adanya penelitian lebih lanjut atau sifatnya berkelanjutan (*komprehensif*) dengan melakukan pemetaan geologi dan morfologi, pengukuran struktur geologi dan metode geolistrik secara lebih detail, untuk dapat mengungkap perilaku hidrogeologi di kawasan karst Maros, sehingga keberadaan sungai bawah tanah sebagai potensi air tanah dapat diketahui dan dikelola agar dapat dimanfaatkan untuk kelangsungan hidup masyarakat di sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, T. N. 2010. **Karst Glosarium Indonesia**
- Bonacci, O. 2009. **Sinking, Losing and Underground Karst Streamflows**. Sustainability of The Karst Environment. Dinaric Karst And Other Karst Region. IHP-VII Series on Groundwater No.2,9-16
- Daryanto, A., dan Oktariadi, O., 2009., **Klasifikasi Kawasan Kars Maros, Sulawesi Selatan Untuk Menentukan Kawasan Lindung Dan Budidaya**. Buletin Geologi Tata Lingkungan, Vol.19 No.2, 2009:67-81
- Dinas Pertambangan dan Energi. 2004. **Peta Klasifikasi Kawasan Karst Kabupaten Maros Dan Pangkep**, Provinsi Sulawesi Selatan.
- Dinas Pertambangan dan Energi. 2004. **Peta Hidrogeologi Kabupaten Maros Dan Pangkep**, Provinsi Sulawesi Selatan.
- Fetter, C.W. 1994. **Applied Hydrogeology**, Third Ed. Prentice Hall Macmillan Publishing Company, New York.
- Haryano, E., dan Adji, T. N. 2004. **Pengantar Geomorfologi dan Hidrologi Karst**. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hao, Y., Yeh, TCJ., Gao, Z., Wang, Y., Zhao, Y. 2006. **A gray system model for studying the response to climatic change: The Liulin karst springs, China**. Journal of Hydrology, 328, 668–676
- Hiscock, K. M. 2005. **Physical Hydrogeology**. Hydrogeology Principles and Practice. Blackwell Publishing, hal 28-29
- Imran, A. M., Kurniawan, R., Rafiuddin., Asri, J. 2004., **Studi Hidrogeologi Kawasan Karst Maros dengan Sistem Aliran Sungai Bawah Tanah**; Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Jurusan Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Imran, A. M. 2006. **Potensi dan Strategi Pengelolaan Kawasan Kars Maros-Pangkep**. *J. Ecocolebica*, Vol. 2 No. 3, Juni 2006, hal. 29-38. ISSN 1829-6173
- Kurniawan, R. 2009., **Sistem Pengelolaan Kawasan Karst Maros-Pangkep Secara Berkelanjutan**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Official Website Kabupaten Maros. 2013. **Klimatologi**.
<http://www.maroskab.go.id/klimatologi.html>. 18 November 2013
- Palmer, A. N. 2002., **Speleogenesis In Carbonate Rocks**. Evolution Of Karst-From Prekarst To Cessation, hal.43-60
- Poehls, D. J dan Smith, G. J, 2009. **Resistivity Survey**. Encyclopedic Dictionary of Hydrogeology. Elsevier, Amsterdam, hal. 295
- Raguz, V. 2008. **Karst And Waters In It**. A Literature Study on Karst in General and on Problems and Possibilities of Water Management in Karst in Particular. Science Centre. Physical Geography and Ecosystems Analysis, Lund University. Sölvegatan 12 S-223 62 Lund, Sweden.
- Rahmadi, C., Nugroho, H. 2007., **Hutan Batu Karst Maros Perlu Dilestarikan**. Artikel Indonesian Caves Life. Bidang Zoologi Pusat Penelitian Biologi LIPI, Bandung.
- Stewart, M. K and Thomas, J. T. 2008. **A conceptual model of flow to the Waikoropupu Springs, NW Nelson, New Zealand, based on hydrometric and tracer (^{18}O , Cl , ^3H and CFC) evidence**. Hydrology and Earth System Sciences., 12, 1–19.
- Setiawan, T., Brahmantyo, B., Irawan, D. E. 2008. **Analisis Kelurusan Morfologi Untuk Interpretasi Hidrogeologi Kars Cijulang, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat**. Prosiding PIT IAGI ke 37, Hotel Horison. Bandung
- Sukanto, R. A. B., Supriatna, S. A.. M. 1982. **Peta Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai**. Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Republik Indonesia bekerjasama dengan USGS.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. 1990. **Applied Geophysics**. Second edition, hal.290. Cambridge University Press.
- Unesco, 1972. **Glossary and Multilingual Equivalents of Karst Terms**
- White, B. W. 2005. **Entranceless Caves, Geophysics Of**. Dalam: DC. Culver dan WB. White (ed) Encyclopedia of Caves. Elsevier, Amsterdam, hal. 210-215

LAMPIRAN I

Peta Geologi Lokasi Penelitian

LAMPIRAN II

Tabel Nilai resistivitas batuan dan mineral (*Telford, et all., 1990*)

Rocks Type	Resistivity range (Ωm)
Granite porphyry	4.5×10^3 (wet)- 1.3×10^6 (dry)
Feldspar porphyry	4×10^3 (wet)
Syenite	10^2 - 10^6
Diorite porphyry	1.9×10^3 (wet)- 2.8×10^4 (dry)
Porphyrite	10 - 5×10^4 (wet)- 3.3×10^3 (dry)
Carbonatized porphyry	2.5×10^3 (wet)- 6×10^4 (dry)
Quartz diorite	2×10^4 - 2×10^6 (wet)- 1.8×10^5 (dry)
Porphyry (various)	60 - 10^4
Dacite	2×10^4 (wet)
Andesite	4.5×10^4 (wet)- 1.7×10^2 (dry)
Diabase (various)	20 - 5×10^7
Lavas	10^2 - 5×10^4
Gabbro	10^3 - 10^6
Basalt	10 - 1.3×10^7 (dry)
Olivine norite	10^3 - 6×10^4 (wet)
Peridotite	3×10^3 (wet)- 6.5×10^3 (dry)
Hornfels	8×10^3 (wet)- 6×10^7 (dry)
Schists (calcareous and mica)	20 - 10^4
Tuffs	2×10^3 (wet)- 10^5 (dry)

Slate (various)	6×10^2 - 4×10^7
Gneiss (various)	6.8×10^4 (wet)- 3×10^6 (dry)
Marble	10^2 - 2.5×10^8 (dry)
Skarn	2.5×10^2 (wet)- 2.5×10^8 (dry)
Quartzites (various)	10 - 2×10^8
Consolidated shales	20 - 2×10^3
Argilites	10 - 8×10^2
Conglomerates	2×10^3 - 10^4
Sandstones	1 - 6.4×10^8
Limestones	50- 10^7
Dolomite	3.5×10^2 - 5×10^3 atau 350-5000
Unconsolidated wet clay	20
Marls	3- 70
Clays	1- 100
Oil sands	4- 800
Surface water (ign.rocks)	0.1 - 3×10^3
Surface water (sediments)	10- 100
Soil waters	100
Natural waters(ign. rocks)	0.5- 150
Natural waters (sediments)	1- 100
Sea water	0.2

LAMPIRAN III

Tabel Data Hasil Pengukuran Kekar di Lokasi Penelitian Gua Saleh

No	Strike/Dip	Panjang (cm)	Bukaan (cm)	Isian
1	N 91°E / 74°	92	1	-
2	N 33°E / 72°	118	1	-
3	N 73°E / 79°	menerus	-	-
4	N 70°E / 80°	menerus	-	-
5	N 135°E / 182°	menerus	-	-
6	N 210°E / 75°	43	-	-
7	N 241°E / 82°	22	-	-
8	N 331°E / 67°	28	0.03	Kalsit
9	N 316°E / 72°	27	0.02	Kalsit
10	N 140°E / 80°	menerus	4	-
11	N 148°E / 82°	32	-	-
12	N 65°E / 84°	menerus	-	-
13	N 244°E / 62°	29	-	-
14	N 320°E / 81°	menerus	-	-
15	N 225°E / 85°	menerus	2	-
16	N 289°E / 68°	58	1	-
17	N 302°E / 73°	menerus	-	-
18	N 55°E / 85°	24	-	-
19	N 69°E / 74°	menerus	-	-
20	N 145°E / 74°	menerus	1	-
21	N 342°E / 79°	menerus	-	-
22	N 109°E / 61°	15	2	-
23	N 18°E / 66°	20	-	-
24	N 348°E / 84°	menerus	-	-
25	N 318°E / 88°	menerus	0.5	Kalsit
26	N 324°E / 83°	menerus	0.02	Kalsit
27	N 240°E / 78°	52	0.02	Kalsit
28	N 315°E / 85°	12	-	-
29	N 319°E / 70°	146	-	Kalsit
30	N 352°E / 83°	60	-	Kalsit
31	N 235°E / 83°	menerus	6	-
32	N 233°E / 66°	10	5	-
33	N 238°E / 84°	15	-	-
34	N 296°E / 62°	19	1	-
35	N 309°E / 77°	menerus	2	-
36	N 235°E / 64 °	31	3	-

37	N 215°E / 68°	9	-	Kalsit
38	N 211°E / 76°	menerus	1	-
39	N 218°E / 66°	15	2	-
40	N 112°E / 34°	33	1	-
41	N 213°E / 69°	25	1	-
42	N 362°E / 61°	10	-	-
43	N 247°E / 76°	10	3	-
44	N 243°E / 59°	22	3.5	-
45	N 332°E / 84°	34	1	Kalsit
46	N 247°E / 74°	menerus	1	Kalsit
47	N 244°E / 63°	8	1	-
48	N 249°E / 76°	menerus	1	-
49	N 241°E / 77°	10	0.5	-
50	N 241°E / 61°	20	0	-
51	N 249°E / 69°	menerus	-	-
52	N 250°E / 70°	menerus	1	-
53	N 357°E / 65°	29	-	Kalsit
54	N 234°E / 67°	menerus	-	-
55	N 247°E / 56°	menerus	-	-
56	N 233°E / 78°	20	-	-
57	N 241°E / 76°	29	-	-
58	N 234°E / 68°	23	-	-
59	N 123°E / 68°	menerus	-	-
60	N 146°E / 74°	32	-	-
61	N 357°E / 65°	16	-	-
62	N 85°E / 72°	15	-	-
63	N 65°E / 61°	16	-	Kalsit
64	N 66°E / 61°	34	3	Kalsit
65	N 64°E / 56°	menerus	1	-
66	N 70°E / 47°	menerus	-	-
67	N 62°E / 65°	47	-	-
68	N 248°E / 69°	menerus	-	-
69	N 120°E / 85°	10	-	Kalsit
70	N 311°E / 90°	10	-	Kalsit
71	N 318°E / 63°	26	2	-
72	N 66°E / 79°	29	3	-
73	N 34°E / 74°	8	-	-
74	N 30°E / 77°	9	-	-
75	N 38°E / 59°	8	-	-
76	N 10°E / 72°	5	-	-
77	N 22°E / 53°	7	-	-
78	N 111°E / 72°	menerus	-	-
79	N 234°E / 60°	menerus	-	-
80	N 315°E / 64°	1.2	-	-
81	N 44°E / 62°	1.5	-	-
82	N 247°E / 53°	80	5	-
83	N 249°E / 65°	15	-	-

84	N 76°E / 73°	29	-	kalsit
85	N 316°E / 69°	6	2	-
86	N 247°E / 57°	47	1.5	-
87	N 246°E / 63°	menerus	2	-
88	N 241°E / 55°	menerus	2	-
89	N 245°E / 58°	23	2	-
90	N 241°E / 59°	menerus	-	-
91	N 248°E / 60°	75	-	-
92	N 312°E / 60°	22	1	-
93	N 69°E / 56°	menerus	-	-
94	N 315°E / 76°	2	-	kalsit
95	N 320°E / 78°	5	-	kalsit
96	N 63°E / 72°	13	-	-
97	N 170°E / 58°	19	5	-
98	N 248°E / 72°	menerus	5	-
99	N 300°E / 77°	menerus	3	-
100	N 249°E / 74°	20	-	-

LAMPIRAN IV

Tabel Data Hasil Pengukuran Resistivitas/Metode Geolistrik

Ket. elektroda	Spasi (a)	n	ρ_1 (Ohm.m)	ρ_2 (Ohm.m)	ρ_3 (Ohm.m)	ρ_4 (Ohm.m)
0	1	1	1.56	1.13	797.78	1044.22
1	1	1	26.91	40.55	979.80	1552.16
2	1	1	41.94	96.56	921.82	1196.97
3	1	1	37.42	85.42	487.50	1574.17
4	1	1	40.82	127.67	872.96	884.48
5	1	1	69.85	112.62	29.61	467.54
6	1	1	638.45	255.71	185.01	133.60
7	1	1	548.22	436.49	54.63	177.88
8	1	1	997.46	370.23	201.40	76.34
9	1	1	1043.52	694.44	255.20	78.31
10	1	1	484.13	498.81	348.84	75.52
11	1	1	784.78	607.75	192.80	86.49
12	1	1	351.09	589.07	518.04	117.33
0	1	2	125.30	96.47	1069.08	1766.10
1	1	2	32.98	92.23	1440.61	660.98
2	1	2	52.18	95.40	814.74	1899.98
3	1	2	68.40	257.96	633.29	619.54
4	1	2	135.31	197.72	9.93	127.97
5	1	2	426.42	457.32	658.26	271.08
7	1	2	522.83	678.80	45.21	131.53
8	1	2	1051.74	642.82	310.75	243.13
9	1	2	934.51	1054.50	48.50	109.51
10	1	2	490.03	949.99	182.96	77.05

0	1	3	1017.66	1104.98	138.60	63.18
1	1	3	162.64	99.31	307.98	77.27
2	1	3	146.20	83.91	1105.17	2698.69
3	1	3	109.80	456.33	4309.36	678.71
4	1	3	67.87	228.94	459.17	1451.42
5	1	3	49.17	584.01	492.48	192.16
6	1	3	683.93	875.87	325.19	246.40
7	1	3	767.18	906.21	134.86	429.83
8	1	3	653.37	1391.17	255.36	9.52
1	1	4	470.40	1103.83	626.61	290.31
2	1	4	1.54	196.51	61.32	2658.32
3	1	4	115.77	592.14	1001.61	1010.09
4	1	4	153.73	394.55	651.63	153.15
5	1	4	704.68	307.28	2098.94	419.22
6	1	4	467.51	1244.40	109.18	176.81
0	1	5	637.56	997.59	55.24	765.66
2	1	5	722.90	1783.93	328.22	1689.58
3	1	5	719.32	1563.67	1057.55	3502.40
4	1	5	45.75	107.10	76.61	324.46
0	1	6	585.86	316.20	6241.78	573.13
1	1	6	500.91	1466.92	558.32	65.58
2	1	6	577.97	1007.19	174.45	2702.93
0	1	7	87.89	352.57	283.05	7165.91
1	1	7	526.50	561.68	2757.42	1609.11

LAMPIRAN V

Tabel Data Pemetaan Gua Saleh

No	Stasiun		Jarak Miring	Kompas	Clino	Jarak Dinding				Keterangan
	dari	ke				Kiri	Kanan	Atas	Bawah	
1	0	1	3.00	20	-30	0.96	1.72	1.20	1.70	mulut goa
2	1	2	7.00	330	-50	1.05	0.81	0.95	1.24	bongkah
3	2	3	8.05	10	-50	1.09	1.28	2.2	1.13	bongkah
4	3	4	6.50	200	-25	3.00	3.81	1.83	1.29	bongkah
5	4	5	5.90	175	-30	1.42	1.09	4.29	1.09	bongkah
6	5	6	3.42	50	-15	1.63	1.82	8.38	0.96	cabang 1
7	6	7	3.43	80	0	0.50	0.40	0.40	0.00	lubang sempit
8	7	8	23.00	120	-5	1.63	0.30	1.56	0.90	lumpur kering
9	8	9	15.45	116	-4	2.58	1.58	1.48	0.63	lumpur kering
10	9	10	12.27	87	-2	0.63	1.21	6.20	1.17	lumpur kering
11	10	11	17.10	110	-2	4.34	4.55	6.15	1.03	sungai (cabang 2)
12	11	12	23.03	120	2	2.06	3.33	6.68	1.25	sungai
13	12	13	11.25	175	1	3.80	7.80	3.44	1.30	samping sungai
14	13	14	15.96	135	5	12.14	5.16	1.09	1.14	samping sungai
15	14	15	17.56	132	7	3.39	5.79	0.87	0.96	samping sungai
16	15	16	21.24	120	2	7.16	21.24	0.72	0.99	sungai
17	16	17	13.14	160	0	4.04	4.13	2.17	0.89	sungai (sump, danau)
18	10	11a	12.00	315	-27	6.04	2.88	6.60	1.16	sungai
19	11a	12a	10.58	290	-19	3.80	0.94	0.80	1.50	sungai
20	12a	13a	7.38	333	-24	2.49	2.71	3.06	1.42	sungai
21	13a	14a	13.13	320	-14	0.87	0.70	1.95	0.80	sungai
22	14a	15a	13.94	320	-4	0.86	0.98	0.66	1.48	sungai
23	15a	16a	14.50	335	-8	0.93	1.31	2.48	1.77	sungai
24	16a	17a	8.45	15	-32	0.84	0.76	1.68	1.06	air terjun
25	5	6b	13.01	190	-19	1.42	2.52	9.04	1.28	lorong kering
26	6b	7b	21.41	295	-18	0.67	2.85	10.50	1.02	lorong kering
27	7b	8b	8.74	329	-8	0.76	3.85	13.65	0.87	lorong kering
28	8b	9b	11.87	202	4	3.31	3.48	14.33	1.71	lorong kering
29	9b	10b	10.65	271	-3	2.37	4.18	1.04	1.61	lorong kering
30	10b	11b	12.51	220	-1	2.38	0.97	8.51	1.12	lorong kering
31	11b	12b	17.14	190	-3	1.68	1.61	12.63	1.13	lorong kering
32	12b	13b	21.04	230	0	1.83	1.33	12.72	1.04	lorong kering
33	13b	14b	13.43	177	-8	3.41	1.27	8.37	1.03	lorong kering
34	14b	15b	6.38	134	-3	0.99	1.88	3.54	1.12	lorong kering
35	15b	16b	13.52	226	-3	2.04	2.03	2.85	1.07	lorong kering
36	16b	17b	8.35	308	-10	1.64	2.69	1.06	0.92	lorong kering
37	17b	18b	13.14	251	-13	3.50	2.46	3.51	1.03	lorong kering
38	18b	19b	13.08	261	-4	1.30	1.50	4.89	1.18	lorong kering
39	19b	20b	12.14	263	-1	1.42	1.54	6.34	1.04	lorong kering
40	20b	21b	11.11	275	0	3.38	2.29	5.09	0.97	ujung lorong

CURRICULUM VITAE

A. Data Pribadi

1. Nama : Ivan Taslim
2. Tempat. Tgl Lahir : Sorowako, 11 Januari 1983
3. Agama : Islam
4. Suku : Bugis
5. Alamat : Jl. By Pass Bunker No.1, Malili-Luwu Timur
6. No. Telp/Hp : (0474) 321136/081342180507
7. Email : ivantaslim@gmail.com / nunocolle@gmail.com
8. Web/Blog : abuabujingga.blogspot.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Tamat SD tahun 1995 di SD YPS Lawewu, Sorowako-Luwu Timur
2. Tamat SLTP tahun 1998 di SLTP YPS Singkole, Sorowako-Luwu Timur
3. Tamat STM tahun 2003 di STM Pembangunan, Makassar
4. Sarjana (S1) tahun 2009 di Prodi Geofisika-MIPA Universitas Hasanuddin