

Identifikasi Sungai Bawah Tanah Berdasarkan Nilai Resistivitas Batuan Pada Danau Karst Tarusan Kamang, Kabupaten Agam.

Yuyu Fajriyatil Husni^{1*}, and Ansosry^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*yuyufajri12@gmail.com

**osh5161@ft.unp.ac.id

Abstract. Tarusan Kamang Lake is an area suspected of being a karst area and has an underground river. This is due to the presence of the lake that only appear or fill with water at certain times. For this reason, a research using geoelectric resistivity method with Wenner-Schlumberger configuration was used to obtain a 2D and 3D subsurface model. The retrieval of data is using by three measurement with a length of each track is 188 meters and the space is 4 meters. The results of measurement and interpretation of the data show that there are 4 types of constituent rock layers, namely sandstone clay, filite, quartzite and limestone. Based on 2D resistivity cross section models found a layer that has a tendency to form a tunnel that is in the layer of carbonate or limestone which has a range of resistivity values around 1.019-10.485 Ω m. This contour pattern is thought to be underground river passageways. This contour pattern is found on tracks 1, 2 and 3. This layer is found in the northwest direction towards the southeast at a depth of about 20-30 meters more than the surface. This carbonate rock layer is thought to have caprock or capsrock which is an underground river structure.

Keywords: Karst, Geoelectric, Resistivity, Carbonate, Capsrock.

1. Pendahuluan

Kawasan karst merupakan daerah yang terjadi akibat proses pelarutan pada suatu kawasan batuan karbonat atau batuan mudah terlarut (umumnya formasi batu gamping). Di kawasan karst banyak dijumpai gua dan sungai bawah tanah yang juga menjadi pemasok ketersediaan air tanah yang sangat dibutuhkan oleh kawasan yang berada dibawahnya. Termasuk di dalamnya ketersediaan air tawar (dan bersih) bagi kehidupan manusia, baik untuk keperluan harian maupun untuk pertanian, perkebunan, dan sebagainya.

Kawasan karst di Indonesia mencakup luasan sekitar 15,4 juta hektar dan tersebar hampir di seluruh Indonesia. Perkiraan umur dimulai sejak 470 juta tahun lalu hingga yang terbaru sekitar 700.000 tahun. Keberadaan kawasan ini menunjukkan bahwa pulau-pulau di Indonesia banyak yang pernah menjadi dasar laut, namun kemudian terangkat dan mengalami pengerasan^[1].

Danau Tarusan Kamang merupakan danau karst yang terletak di Nagari Kamang Mudiak, Kecamatan Kamang Magek, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Danau ini disebut unik karena hanya berisi air pada musim-musim tertentu saja. Danau ini akan terlihat begitu luas, tetapi

pada suatu waktu akan berubah menjadi hamparan padang rumput yang hijau. Berdasarkan informasi yang didapatkan dari Klikpositif.com, objek wisata Danau Karst Tarusan Kamang mulai digenangi air setelah kering sejak Agustus 2016. Namun pada bulan Desember, air danau ini mulai terisi kembali. "Seminggu terakhir airnya naik setelah kering berbulan-bulan. Namun tak bisa ditebak kapan airnya danau akan terisi penuh"^[2]. Hal ini diduga terjadi karena adanya sungai bawah tanah pada danau tersebut yang menyebabkan ketika air tanah naik maka lorong-lorong dibawah bukit batu gamping akan menyemburkan air dan menutupi padang rumput sehingga membentuk sebuah danau. Begitupun sebaliknya, saat muka air tanah turun maka air akan tersedot dan yang tampak hanyalah hamparan padang rumput yang hijau.

Untuk mengetahui kondisi bawah tanah pada Danau Karst Tarusan Kamang maka perlu dilakukan eksplorasi tidak langsung yaitu dengan pengukuran secara geofisika menggunakan metode geolistrik resistivitas. Metode geolistrik resistivitas yaitu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi berdasarkan perbedaan resistivitas batuan.

Pada metode geolistrik dapat dilakukan dengan beberapa jenis pengukuran, seperti satu dimensi (1D), dua dimensi (2D), dan tiga dimensi (3D). Pengukuran bawah permukaan yang lebih akurat ialah dengan model dua dimensi (2D) yang mana pada model ini memberikan perubahan nilai resistivitas baik secara vertikal maupun secara horizontal sepanjang lintasan pengukuran. Secara teori, survei geolistrik resistivitas 3D dan model interpretasi data dapat memberikan hasil yang lebih akurat. Akan tetapi, pada saat ini pengukuran secara 2D lebih banyak digunakan karena lebih ekonomis dengan pertimbangan hasil yang akurat dan biaya survei yang rendah^[3]. Konfigurasi yang dapat digunakan juga bervariasi, antara lain *Wenner, Schlumberger, Wenner-schlumberger, Pole-Pole, Pole-dipole*, dan *Dipole-dipole*. Adapun pada penelitian ini akan digunakan pengukuran secara 2D dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Metode ini dipilih karena lebih ekonomis dan mudah dalam pengambilan data lapangan. Selain itu, konfigurasi yang digunakan juga memberikan gambaran bawah permukaan baik secara vertikal maupun horizontal.

Berdasarkan hasil pengukuran dengan metode geolistrik resistivitas maka akan didapatkan data tahanan jenis batuan di bawah permukaan. Data tersebut selanjutnya akan diinterpretasi dan digambarkan dalam bentuk dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) sehingga dapat diketahui model sungai bawah tanah yang ada pada daerah tersebut berdasarkan nilai resistivitas batuan bawah permukaannya. Oleh karena itu, penulis mengangkat judul penelitian "Identifikasi Sungai Bawah Tanah Berdasarkan Nilai Resistivitas Batuan Pada Danau Karst, Tarusan Kamang, Kabupaten Agam".

2. Kajian Teori

2.1. Karst

Karst merupakan istilah dalam bahasa Jerman yang diturunkan dari bahasa Slovenia (*kras*) yang berarti lahan gersang berbatu. Istilah ini di negara asalnya sebenarnya tidak berkaitan dengan batu gamping dan proses pelarutan, namun saat ini istilah *kras* telah diadopsi untuk istilah bentuk lahan hasil proses pelarutan.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia "Karst adalah daerah yang terdiri atas batuan kapur yang berpori sehingga air di permukaan tanah selalu merembes dan menghilang ke dalam tanah (permukaan tanah selalu gundul karena kurang vegetasi)".

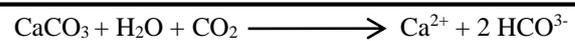
Karst juga didefinisikan sebagai "medan dengan kondisi hidrogeologi yang khas sebagai akibat dari batuan yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder yang berkembang dengan baik"^[4].

Daerah karst memiliki beberapa karakteristik, sebagai berikut:

- Terdapatnya cekungan tertutup dan atau lembah kering dalam berbagai ukuran dan bentuk,
- Langkanya atau tidak terdapatnya drainase/ sungai permukaan, dan
- Terdapatnya goa dari sistem *drainase* bawah tanah.

Karst yang paling banyak dijumpai ialah karst pada batuan karbonat karena batuan karbonat memiliki sebaran yang paling luas. Karstifikasi atau proses pembentukan bentuk-lahan karst didominasi oleh proses pelarutan. Proses pelarutan batu gamping diawali oleh larutnya CO_2 di dalam air membentuk H_2CO_3 . larutan H_2CO_3 tidak stabil terurai menjadi H^+ dan HCO_3^{2-} . Ion H^+ inilah yang selanjutnya menguraikan CaCO_3 menjadi Ca^{2+} dan HCO_3^{2-} .

Proses pelarutan tersebut dapat dirumuskan dengan persamaan reaksi, sebagai berikut: ^[4]



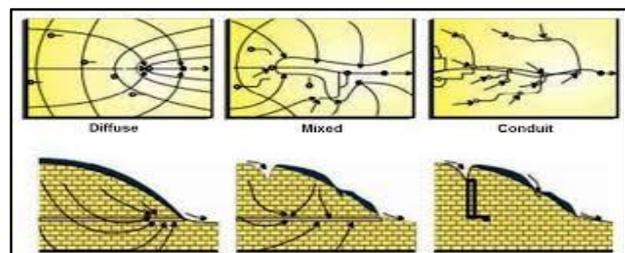
2.2. Akuifer Karst

Akuifer adalah suatu lapisan yang berada di bawah tanah yang dapat menyimpan dan mengalirkan air. Akuifer juga didefinisikan sebagai suatu formasi geologi yang mampu menyimpan dan mengalirkan air tanah dalam jumlah yang cukup pada kondisi hidraulik gradien tertentu^[4].

Suatu formasi karst dapat dikatakan sebagai akuifer apabila pada formasi tersebut mampu menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah yang cukup. Adapun yang dimaksud dengan cukup ialah mampu memenuhi kebutuhan air suatu sumur atau mata air dalam periode tertentu.

Batuan karbonat pada daerah karst mempunyai porositas yang besar karena adanya percelahan hasil proses pelarutan sehingga lebih cocok digolongkan sebagai porositas sekunder. Jadi dapat disimpulkan, bahwa batuan gamping yang belum terkarstifikasi akan mempunyai nilai porositas yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan batuan gamping yang telah terkarstifikasi dengan baik.

Pada akuifer karst ditemukan adanya sistem conduit dan diffuse yang hampir tidak terdapat pada akuifer jenis lain. Ada kalanya suatu formasi karst didominasi oleh sistem conduit dan ada kalanya pula tidak terdapat lorong-lorong conduit tapi lebih berkembang sistem diffuse, sehingga hanya mempunyai pengaruh yang sangat kecil terhadap sirkulasi air tanah karst. Tetapi, pada umumnya suatu daerah karst yang berkembang baik mempunyai kombinasi dua elemen tersebut. Gambar 1 menunjukkan sistem *conduit*, *diffuse*, dan campuran pada formasi karst. Selain itu, terdapat satu lagi sistem drainase di daerah karst yaitu sistem rekahan (*fissure*).



Gambar 1. Sistem Conduit, Diffuse, dan Campuran

2.3. Sungai Bawah Tanah

Sungai bawah tanah daerah karst tropik berasal dari aliran permukaan pada musim hujan yang masuk melalui celah-

celah batu gamping, kadang-kadang sungai tersebut hilang kedalam tanah sebagian atau seluruhnya melalui rekahan-rekahan atau depresi-depresi. Depresi tersebut mentransfer sejumlah besar air permukaan menjadi air bawah tanah. Air bawah tanah merembes melalui celah-celah (*crack*) menurut kemiringan lapisan batuan (*dip*) hingga menjadi aliran air bawah tanah^[5]. Aliran akan berfluktuasi menurut musim dan mengalir melalui sesar, retakan, kekar, dan celah antar bidang perlapisan. Selanjutnya akan membentuk saluran bawah tanah (*lorong gua*) yang dialiri air selama kurun waktu tertentu. Lorong gua dengan aliran air dapat disebut sebagai sungai bawah tanah.

Sungai bawah tanah pada kawasan karst sangat penting keberadaannya dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat sekitar akan air bersih. Oleh karena itu, perlu adanya pendayagunaan dan pengembangan dari manfaat sungai bawah tanah karena sungai bawah tanah merupakan suplai utama akan kebutuhan air bersih penduduk sekitar seperti untuk kegiatan pertanian, mencuci, memasak, air minum dan sebagainya. Selain untuk pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari akan air, sungai bawah tanah juga dapat dimanfaatkan dalam bentuk lain, seperti:

- Digunakan sebagai sumber pembangkit listrik dengan distribusi pembagian jumlah daya yang mereka kelola swadaya.
- Untuk industri, misalkan dapat dimanfaatkan pabrik semen.
- Sebagai laboratorium alam, sungai bawah tanah memiliki biota, sistem hidrologi dan unsur lain yang spesifik.

Asas ketiga lingkungan menyangkut sumber alam menyebutkan bahwa materi, energi, ruang, waktu, dan keanekaragaman termasuk sumber alam^[6]. Kawasan karst sendiri merupakan suatu potensi sumber alam yang patut dijaga kelestariannya.

2.4. Metode Geolistrik

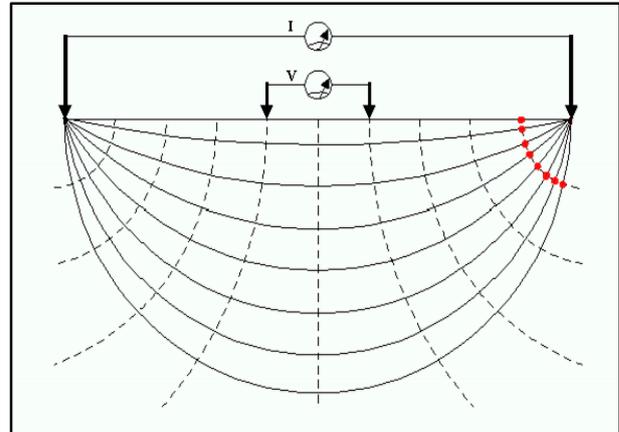
2.4.1. Pengertian

Metode geolistrik adalah metode geofisika untuk mengetahui struktur bawah permukaan bumi dengan menggunakan sifat-sifat kelistrikan suatu medium. Setiap medium pada dasarnya memiliki sifat kelistrikan yang dipengaruhi oleh batuan penyusun/komposisi mineral, homogenitas batuan, kandungan air, permeabilitas, tekstur, suhu, dan umur geologi. Metode ini umumnya digunakan untuk eksplorasi dangkal (300–500 meter) misalnya pencarian air tanah, struktur geologi, litologi, penyelidikan mineral logam, dan keperluan geofisika lingkungan.

Prinsip pengukuran dari geolistrik ialah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*'Direct Current'*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi ini menggunakan 2 buah elektroda 'elektroda arus' A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan

aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam.

Dengan adanya aliran arus listrik tersebut maka akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di permukaan tanah diukur menggunakan multimeter yang terhubung melalui 2 buah 'elektroda tegangan' M dan N yang jaraknya lebih pendek dari jarak elektroda AB. Bila posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan formasi jenis batuan yang ikut terinjeksi arus listrik pada kedalaman yang lebih besar.



Gambar 2. Prinsip Pengukuran Geolistrik^[7]

2.4.2. Sifat Kelistrikan Batuan

Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan bila dialirkan arus listrik ke dalamnya. Respon yang diberikan batuan tersebut sebanding dengan harga tahanan jenis yang dimiliki oleh batuan itu. Arus listrik dapat berasal dari alam itu sendiri disebabkan oleh adanya atom-atom penyusun kerak bumi yang berinteraksi satu sama lainnya akibat adanya ketidakseimbangan muatan, atau arus listrik yang sengaja dimasukkan ke dalamnya. Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik^[8].

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga macam^[9], yaitu:

- Konduktor baik ($10^{-6} < \rho < 10^0$ Ohm.m),
- Konduktor pertengahan ($10^0 < \rho < 10^7$ Ohm.m),
- Isolator ($\rho > 10^7$).

Berdasarkan harga resistivitas listrik di atas terlihat bahwa nilai konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitas, semakin tinggi nilai resistivitas suatu batuan maka semakin rendah nilai konduktivitasnya sehingga arus listrik sulit menembus batuan atau mineral tersebut.

2.4.3. Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode dalam bidang Geofisika yang digunakan untuk

menyelidiki lapisan bawah permukaan (*subsurface prospecting method*) dangkal berdasarkan tingkat resistivitas batuan di bawah permukaan bumi. Melalui pengukuran dengan metode geolistrik resistivitas dapat diketahui keadaan lapisan geologi bawah permukaan seperti lapisan akuifer yang didalamnya tersusun oleh batuan dengan porositas dan permeabilitas yang tinggi dengan menggunakan tahanan jenis batuan. Prinsip metode geolistrik resistivitas adalah dengan menginjeksikan arus ke dalam bumi kemudian diukur beda potensial yang ditimbulkan dari injeksi tersebut, sehingga dapat dicari nilai resistivitasnya, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut: ^[10]

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \tag{1}$$

2.4.3.1. Faktor Geometri

Dalam pengukuran geolistrik terdapat beberapa konfigurasi elektroda. Konfigurasi elektroda adalah susunan letak elektroda arus dan elektroda potensial yang digunakan saat pengukuran. Perbedaan letak elektroda arus (C1 dan C2) dan elektroda potensial (P1 dan P2) dapat mempengaruhi besar medan listrik yang terukur, sehingga menghasilkan resistivitas yang berbeda-beda. Perbedaan nilai atau variasi resistivitas tersebut disebabkan oleh faktor geometri. Adapun K adalah simbol untuk faktor geometri, yang mana besarnya nilai K ini ditentukan oleh jenis konfigurasi elektroda yang digunakan.

2.4.3.2. Resistivitas Semu

Resistivitas semu atau ialah resistivitas pengukuran yang dilakukan pada medium non-homogen sebagaimana umumnya yang ada di alam. Bumi tersusun dari lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda sehingga nilai potensial yang terukur dipengaruhi oleh adanya lapisan-lapisan tersebut. Nilai resistivitas yang diukur seolah-olah merupakan nilai resistivitas untuk satu lapisan saja sehingga nilai yang terukur tersebut merupakan nilai dari resistivitas semu (ρ_a).

Besarnya tahanan jenis diukur dengan mengalirkan arus listrik dan memperlakukan lapisan batuan sebagai media penghantar arus. Semakin besar tingkat resistivitas, maka semakin sukar untuk menghantarkan arus listrik dan bersifat isolator, begitu pula sebaliknya. Oleh karena itu, resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas atau daya hantar listrik.

2.4.3.3. Resistivitas Batuan di Bumi

Nilai tahanan jenis pada batuan atau mineral tidak hanya dipengaruhi oleh minerologi batuan, melainkan juga tergantung kepada porositas, cairan elektrolit serta kandungan air yang terdapat dalam pori batuan^[11].

Beda potensial yang diberikan kepada batuan akan mengakibatkan adanya aliran arus. Aliran arus pada perlapisan batuan sangat bergantung kepada cairan elektrolit dalam pori-pori batuan serta sifat konduktif batuan. Batuan-batuan yang jenuh air mempunyai tahanan jenis lebih rendah dibandingkan dengan batuan kering.

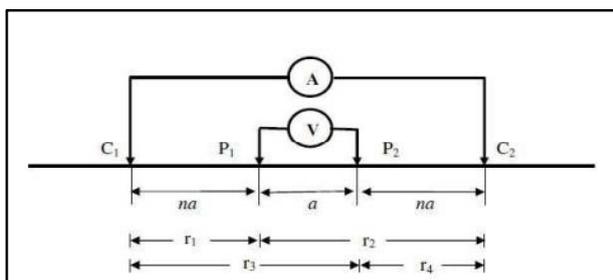
Tabel 1. Nilai Tahanan Jenis Batuan^{[8] [12]}

Jenis Batuan/Mineral	Suseptibilitas (x 106 emu)	
	Interval	Rata-rata
Batuan Sedimen		
Dolomit	0 – 75	10
Batu kapur	2 – 280	25
Batu pasir	0 – 1660	30
Lempung	5 – 1480	50
Rata-rata Sedimen	0 – 4000	75
Batuan Metamorf		
Amfibolit		60
Sekis	25 – 240	120
Phillite		130
Gneiss	10 – 2000	
Kuarsit		350
Serpentine	250 – 1400	
Slate	0 – 3000	500
Rata-rata Metamorf	0 – 5800	
Batuan Beku		
Granit	0 – 4000	200
Riolit	20 – 3000	
Dolorit	100 – 3000	1400
Augit-senit	2700 – 3600	
Olivin-diabas		2000
Diabas	80 – 13000	4500
Porpiri	20 – 16700	5000
Gabro	80 – 7200	6000
Basal	20 – 14500	6000
Diorit	50 – 10000	7000
Piroxenit		10500
Peridotit	7600 – 15600	13000
Andesit		13500
Rata-rata beku asam	3 – 6530	650
Rata-rata beku basa	44 – 9710	2600
Mineral		
Grafit		-8
Quartz		-1
Garam batu		-1
Anidrite, batu kapur		-1
Calsit	0.4	
Batubara		2
Tanah liat		20
Chalcopirit		32
Sphalerit		60
Cassiterit		90
Siderit	100 – 310	
Pirit	4 – 420	130
Limonit		220
Arsenopirit		240
Hematit	40 – 3000	550
Chromit	240 – 9400	600
Franklinit		36000
Pirrhosit	100 – 500000	125000
Ilmenit	25000 – 300000	150000
Magnetit	100000 – 1600000	500000

2.4.4. Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Konfigurasi ini merupakan modifikasi dari konfigurasi Wenner dan konfigurasi Schlumberger. Dalam penggunaan kedua konfigurasi ini menggunakan aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 dan C2-P2 dengan spasi antara elektroda P1-P2, dengan jarak antara elektroda P1-P2 adalah a . Konfigurasi ini menjadi konfigurasi Schlumberger apabila faktor n menjadi 2 dan seterusnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa konfigurasi ini ialah kombinasi konfigurasi Wenner-Schlumberger yang menggunakan spasi elektroda yang konstan^[13].

Pada pengukuran untuk mendapatkan kedalaman yang lebih besar maka jarak antara elektroda P1-P2 ditingkatkan menjadi $2a$ dan pengukuran diulangi untuk n yang sama sampai elektroda terakhir, selanjutnya jarak antara elektroda P1-P2 ditingkatkan menjadi $3a$, dan seterusnya.



Gambar 3. Konfigurasi Wenner-Schlumberger

2.4.5. Metode Inversi Inversi Smoothness-Constraint Least Square

Metode inversi Smoothness-Constraint Least Square merupakan metode inversi yang dapat meminimalkan perbedaan antara data lapangan dan model yang diprediksi melalui pemodelan 2D. Hasil inversi merupakan model distribusi tahanan jenis material bawah permukaan bumi yang dapat disebut resistivity pseudosection atau inverse model resistivity section.

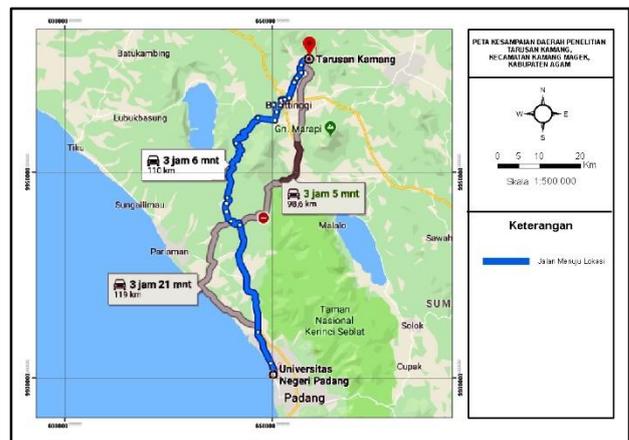
Model yang diperoleh melalui proses inversi akan selalu memiliki nilai residual error atau root mean squared error (RMSE). Iterasi dapat dilakukan beberapa kali untuk menurunkan nilai error yang ada. Iterasi merupakan proses perhitungan ulang dari data yang dimasukkan dalam fungsi matematis yang sama secara berulang-ulang untuk memperoleh hasil yang diinginkan.

Proses inversi merupakan proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis bawah permukaan bumi^[14]. Inversi dalam dunia Geofisika merupakan teknik untuk mencari sebuah model yang memberikan respon yang sama dengan nilai sebenarnya. Respon yang sama dengan nilai sebenarnya menunjukkan bahwa metode inversi dapat memperoleh harga parameter dari sifat fisis batuan dan mineral penyusun batuan yang didapat saat pengukuran sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus – 28 Oktober 2018. Lokasi Penelitian berada di kawasan Kars, Danau Tarusan Kamang, Nagari Kamang Mudiak. Secara administratif, Nagari Kamang mudiak merupakan salah satu nagari yang ada di Kecamatan Kamang Magek, Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat. Luas Nagari Kamang Mudiak adalah 6.264 Ha. Secara geografis, Kabupaten Agam berada pada 00°01'34" - 00°28'43" LS dan 99°46'39" - 100°32'50" BT.



Gambar 4. Peta Kesampaian Daerah Penelitian

Jarak dari kota Padang menuju lokasi penelitian sekitar 110 km, dengan jarak tempuh ± 3,5 Jam. Namun, bila ditempuh dari Kota Bukittinggi hanya berjarak 17 km dengan jarak tempuh tidak lebih dari 30 menit.

3.2. Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif (mendeskripsikan). Metode penelitian deskriptif ialah metode yang digunakan untuk mencari unsur-unsur, ciri-ciri, sifat-sifat suatu fenomena. Metode ini dimulai dengan mengumpulkan data, menganalisa data, dan menginterpretasikannya. Metode deskriptif dalam pelaksanaannya dilakukan melalui teknik survei, studi kasus (bedakan dengan suatu kasus), studi komparatif, studi tentang waktu dan gerak, analisis tingkah laku, dan analisis dokumenter^[15].

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian^[16].

Tahap selanjutnya ialah studi lapangan dilakukan dengan melakukan peninjauan langsung ke lokasi penelitian untuk mengamati kondisi daerah serta untuk pengambilan data primer penelitian. Pada kegiatan studi lapangan terdapat 3 tahap, yaitu:

3.2.1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan survei ke daerah penelitian untuk melihat kondisi lingkungan sekitar sebagai acuan dalam menentukan lintasan pengukuran, untuk melihat kondisi geologi sekitar, dan pengurusan perizinan penelitian.

3.2.2. Tahap Perencanaan

Pada tahap ini dilakukan perencanaan untuk menentukan desain lintasan pengukuran yang akan dilakukan di lapangan. Pengambilan data akan dilakukan dengan tiga lintasan pengukuran. Dua lintasan digunakan sebagai pemotong dugaan jalur sungai bawah tanah, yaitu Lintasan 1 dan Lintasan 2. Sedangkan satu lintasan terakhir digunakan sebagai pengontrol aliran, yaitu Lintasan 3. Panjang tiap-tiap lintasan ialah 188 meter dengan spasi antar elektroda ialah 4 meter.

3.2.3. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap ini dilakukan proses pengambilan data sesuai dengan rencana pengukuran yang telah dibuat.

Adapun langkah kerja yang dilakukan dalam melakukan pengukuran atau pengambilan data, ialah:

- Mobilisasi alat ke lokasi pengukuran
- Menentukan titik pengukuran
- Menentukan spasi elektroda
- Menancapkan elektroda tanam sesuai dengan spasi yang telah ditentukan sepanjang lintasan pengukuran
- Meletakkan kabel elektroda sepanjang lintasan pengukuran
- Menghubungkan kabel elektroda dengan elektroda tanah menggunakan kabel mulut buaya
- Menghubungkan seluruh kabel elektroda dengan *main unit (resistivitymeter)* kemudian menghubungkannya dengan aki.
- Mengaktifkan *main unit*
- Melakukan tes elektroda untuk memastikan bahwa arus mengalir dengan baik pada semua elektroda sepanjang lintasan. Jika terdapat masalah pada elektroda tertentu maka lakukan pemeriksaan ulang pada elektroda tersebut kemudian lakukan kembali tes elektroda hingga hasil menunjukkan bahwa semua kabel dan elektroda tersambung dengan baik
- Memilih metode dan konfigurasi yang akan dipakai dalam pembacaan data. Pada pengukuran ini menggunakan metode pengukuran 2D dengan konfigurasi *Wenner-schlumberger*.
- Melakukan pengukuran atau proses pembacaan data.
- Setelah proses pembacaan data selesai selanjutnya simpan data tersebut dalam beberapa format sesuai kebutuhan.
- Selesai.

3.4. Teknik Pengolahan Data

Proses pengolahan data pengukuran geolistrik menggunakan *software* komputer. Adapun *software* yang digunakan antara lain *Microsoft Excel* yang digunakan untuk membuat form pengambilan data, *Notepad*

digunakan untuk proses *input* data dan *Res2Dinv* yang digunakan untuk pengolahan data dan proses inversi nilai resistivitas hasil pengukuran geolistrik sehingga didapatkan model penampang resistivitas dua dimensi (2D) dan *software Voxler* yang digunakan untuk mendapatkan model 3D bawah permukaan pada Danau Karst Tarusan Kamang.

3.5. Teknik Analisis Data

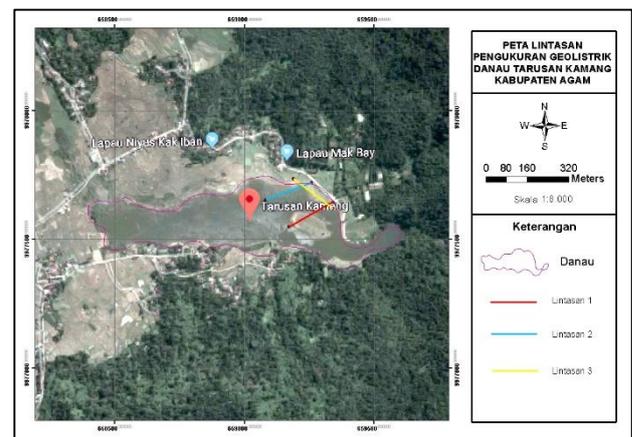
Analisis data yang dilakukan peneliti berupa interpretasi data geolistrik hasil pengolahan *software Res2Dinv*. Interpretasi data geolistrik dapat diartikan sebagai menerjemahkan bahasa fisis berupa nilai tahanan jenis (resistivitas) menjadi bahasa geologi yang lebih umum. Dari hasil yang didapat dari model 2D dan model 3D maka dapat diidentifikasi model sungai bawah tanah pada kawasan karst di Danau Tarusan Kamang.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Deskripsi Data

Pengambilan data geolistrik dilakukan pada 3 lintasan pengukuran. Panjang masing-masing lintasan ialah 188 meter dengan spasi elektroda 4 meter. Proses pengambilan data menggunakan *resistivitymeter* MAE X 612 EM. Adapun data-data yang diperoleh, ialah beda potensial (V), kuat arus listrik (I), tahanan jenis semu (ρ_a), tahanan jenis batuan (ρ). Adapun bentuk dari ketiga lintasan tersebut dapat dilihat pada gambar, berikut:



Gambar 5. Peta Lintasan Geolistrik

4.1.2. Proses Inversi

Proses inversi dilakukan dengan *software Res2Dinv* untuk mendapatkan penampang berbentuk 2D. Metode inversi yang dipakai adalah *Standard Smoothness-Constrain Least Square Inversion*. Metode inversi *Smoothness-Constrain Least Square* merupakan metode inversi yang dapat meminimalkan perbedaan antara data lapangan dan model yang diprediksi melalui pemodelan 2D.

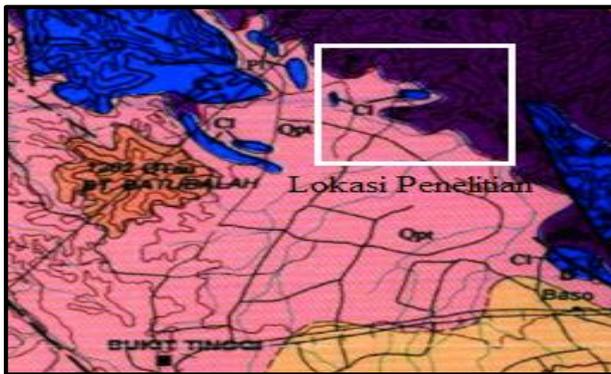
4.1.3. Hasil Inversi

Dari hasil inversi akan didapatkan penampang 2D yang menunjukkan nilai resistivitas lapisan bawah permukaan sepanjang lintasan pengukuran. Penampang tersebut menunjukkan variasi nilai dari tahanan jenis sebenarnya.

4.1.4. Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan untuk membandingkan dan menganalisis hasil inversi sehingga dapat diketahui jenis lapisan dan batuan penyusun yang terdapat pada penampang 2D tersebut. Data yang dihasilkan dari hasil inversi berupa variasi nilai *resistivity* yang ditampilkan dalam bentuk citra warna yang berbeda-beda pada kedalaman lapisan tertentu.

Adapun hal tersebut merujuk kepada data yang ada pada peta geologi lembar Padang dan juga sebaran nilai resistivitas batuan hasil pengukuran geolistrik.

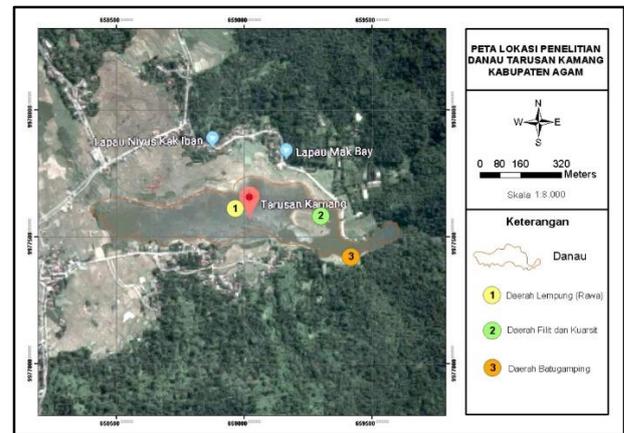


Gambar 6. Geologi Daerah Penelitian Berdasarkan Peta Geologi Lembar Padang, Sumatera

Berdasarkan keterangan yang terdapat pada kolom stratigrafi tersebut, maka dapat diketahui bahwa jenis batuan penyusun yang paling dominan tersebar pada daerah penelitian ialah batugamping atau batuan karbonat. Selain itu, juga terdapat jenis batuan penyusun lainnya, seperti kuarsit, filit, andesit, basal, lempung dan pasir. Batuan karbonat yang ditunjukkan pada peta geologi memiliki umur perem berdasarkan skala waktu geologi, yang artinya batuan tersebut terbentuk ± 250 juta tahun yang lalu. Hal ini menunjukkan bahwa pada daerah tersebut memungkinkan telah terjadinya proses karstifikasi yang baik pada batuan karbonat atau batugamping yang kemudian membentuk sungai atau lorong bawah tanah.

Hasil pengamatan lapangan dan data yang ada pada peta geologi maka dapat diketahui bahwa pada lokasi penelitian terdapat beberapa jenis batuan yang dominan, yaitu batugamping, kuarsit, filit dan selang seling batu lempung. Pada gambar 7 terdapat beberapa daerah yang diberi simbol angka yang menunjukkan jenis perlapisan batuan yang dominan pada daerah tersebut. Daerah dengan simbol angka 1 (warna kuning) yang berada pada sisi barat menunjukkan daerah rawa yang didominasi oleh selang seling batu lempung atau tanah biasa yang bercampur pasir. Daerah dengan simbol angka 2 (warna hijau) yang berada pada sisi timur menuju utara yaitu daerah pulau beringin hingga dinding tempat parkir

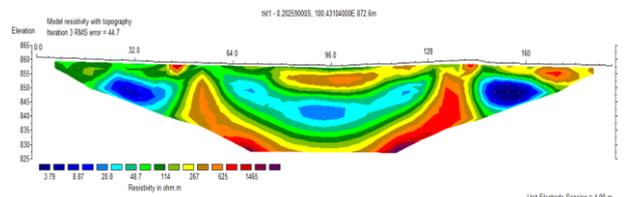
didominasi oleh kuarsit dan filit. Adapun daerah dengan simbol angka 3 (warna jingga) pada sisi tenggara-timurlaut yaitu daerah kaki bukit didominasi oleh lapisan batugamping yang merupakan batuan penyusun dari struktur sungai bawah tanah.



Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian

Lintasan 1

Lintasan 1 berada pada koordinat 00° 12' 7,88" LS dan 100° 25' 54,54" BT menuju ke arah barat dengan koordinat 00° 12' 11,04" LS dan 100° 25' 49,07" BT. Adapun hasil inversi lintasan 1 menggunakan *software Res2Dinv* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8. Model Penampang 2D Lintasan 1

Dari model penampang 2D lintasan 1 dapat diketahui bahwa kedalaman maksimal yang didapat ialah 31,5 meter yang berada antara 827 - 860 mdpl. Variasi nilai *resistivity* berada pada rentang 2,01 hingga 1.089 Ω m. Lapisan yang paling dekat dengan permukaan memiliki nilai resistivitas 29,8 hingga 73,3 Ω m adalah warna hijau muda hingga hijau tua. Zona ini dapat diinterpretasikan sebagai batu filit. Batuan ini letaknya tersebar dari pusat lintasan hingga 112 meter.

Lapisan dengan nilai resistivitas rendah, yaitu antara 2,01-12,1 Ω m adalah warna biru tua hingga biru muda. Zona ini diinterpretasikan sebagai batu lempung pasir. Batuan ini berupa sisipan pada batu filit yang ditemukan pada kedalaman 5 hingga 20 meter dengan jarak 20-44 meter, 60-128 meter, dan 144-166 meter dari pusat lintasan.

Lapisan selanjutnya memiliki nilai resistivitas antara 180-443 Ω m adalah warna kuning hingga jingga. Zona ini diinterpretasikan sebagai batu kuarsit. Batuan ini tersebar dari jarak 144 hingga ujung lintasan pada kedalaman sampai 27 meter dari permukaan. Namun, lapisan ini terpotong pada jarak 52-132 meter dan pada 148-152 meter dari pusat lintasan.

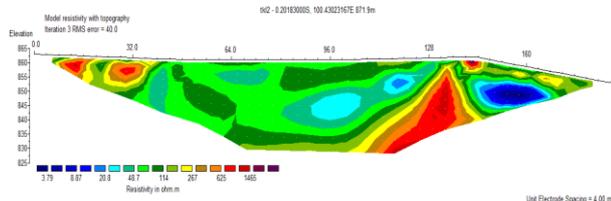
Lapisan dengan nilai resistivitas tinggi antara 1.089-10.485 Ωm adalah warna merah hingga ungu tua. Zona ini diinterpretasikan sebagai batuan karbonat atau batu kapur. Batuan ini mulai ditemukan pada kedalaman 15 meter dengan jarak 60 hingga 136 meter dari pusat panjang lintasan. Berdasarkan nilai resistivitas dan bentuk lapisan pada penampang 2D tersebut maka dapat diduga bahwa lapisan tersebut merupakan batuan karbonat atau batugamping. Lapisan batuan karbonat merupakan lapisan yang kedap air dan diduga berbentuk sebagai lorong sungai bawah tanah. Disekitar lorong ini terdapat lapisan yang merupakan struktur penyusun sungai bawah tanah. Lapisan tersebut merupakan batuan penudung (*capsrock*) dari struktur sungai bawah tanah.

Tabel 2. Hasil Interpretasi Penampang 2D *Resistivity* Lintasan 1

Kode warna	Resistivity (Ωm)	Lapisan Batuan
	2,01-12,1	Lempung pasir
	29,8- 73,3	Filit
	180-443	Kuarsit
	1.089-10.485	Gamping

Lintasan 2

Lintasan 2 berada pada koordinat 00° 12' 5,47" LS dan 100° 25' 51,89" BT menuju ke arah barat dengan koordinat 00° 12' 7,62" LS dan 100° 25' 46,16" BT. Adapun hasil inversi lintasan 2 menggunakan *software Res2Dinv* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 9. Model Penampang 2D Lintasan 2

Dari model penampang 2D lintasan 2 dapat diketahui bahwa kedalaman maksimal yang didapat ialah 31,5 meter yang berada antara 827 - 860 mdpl. Variasi nilai *resistivity* berada pada rentang 3,45 hingga 1.123 Ωm . Lapisan yang paling dekat dengan permukaan memiliki nilai resistivitas 3,45 hingga 18 Ωm adalah warna hijau muda hingga hijau tua. Zona ini dapat diinterpretasikan sebagai batu filit. Batuan ini letaknya tersebar hamper diseluruh panjang lintasan.

Selanjutnya lapisan yang hadir sebagai sisipan pada lapisan batuan filit. Lapisan ini memiliki resistivitas yang rendah, yaitu antara 41,2 hingga 94,1 Ωm adalah warna biru tua hingga biru muda. Zona ini diinterpretasikan sebagai batu lempung pasir. Batuan ini ditemukan pada jarak 92-120 meter dan 144-166 meter dari pusat lintasan pada kedalaman 5 hingga 15 meter.

Lapisan selanjutnya memiliki nilai resistivitas antara 215-491 Ωm adalah warna kuning hingga jingga. Zona ini

diinterpretasikan sebagai batu kuarsit. Dari penampang 2D dapat diketahui bahwa batuan ini ditemukan secara terpisah pada pusat lintasan hingga jarak 40 meter dengan kedalaman 5-10 meter dari permukaan. Selanjutnya lapisan ini ditemukan pada jarak 100-146 meter dengan ketebalan mencapai 30 meter. Diduga lapisan ini sebagai batuan penudung atau *capsrock* dari struktur sungai bawah tanah karena bentukan dari lapisan ini berupa lorong dan juga memiliki lebar dan ketebalan yang memadai sebagai jalur sungai bawah tanah.

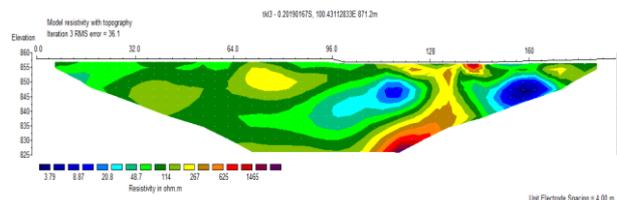
Lapisan yang diinterpretasikan sebagai batuan karbonat atau batugamping ditemukan dengan nilai resistivitas tinggi, yaitu antara 1.123-3.716 Ωm dengan warna merah hingga ungu tua. Batuan ini mulai ditemukan pada jarak 112 hingga 140 meter dari pusat panjang lintasan dengan kedalaman 10 sampai 30 meter dari permukaan. Lapisan ini berbentuk seperti lorong sungai bawah tanah serta memiliki lebar dan ketebalan yang cukup untuk mengalirkan air. Lapisan dengan nilai resistivitas yang sama juga ditemukan disekitar permukaan pada jarak 140-144 meter dari pusat lintasan dengan ketebalan hanya sekitar 5 meter. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai batugamping yang merupakan struktur sungai bawah tanah. Akan tetapi, lapisan ini hanya memiliki lorong kecil dan berada dipermukaan sehingga dapat diasumsikan bahwa lapisan ini belum mengalami proses karstifikasi dengan baik dan hanya memiliki rongga-rongga kecil untuk mengalirkan air.

Tabel 3. Hasil Interpretasi Penampang 2D *Resistivity* Lintasan 2

Kode warna	Resistivity (Ωm)	Lapisan Batuan
	3,45-18	Lempung pasir
	41,2-94,1	Filit
	215-491	Kuarsit
	1.123-3.716	Gamping

Lintasan 3

Lintasan 3 berada pada koordinat 00° 12' 8,69" LS dan 100° 25' 54,54" BT menuju ke arah utara dengan koordinat 00° 12' 4,98" LS dan 100° 25' 49,59" BT. Adapun hasil inversi lintasan 3 menggunakan *software Res2Dinv* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Model Penampang 2D Lintasan 3

Dari model penampang 2D lintasan 3 dapat diketahui bahwa kedalaman maksimal yang didapat ialah 31,5 meter yang berada antara 827 - 860 mdpl. Variasi nilai *resistivity* berada pada rentang 3,54 hingga 1.019 Ωm .

Lapisan yang paling dekat dengan permukaan memiliki nilai resistivitas 40,1 hingga 90 Ωm adalah warna hijau muda hingga hijau tua. Zona ini dapat diinterpretasikan sebagai batu filit. Batuan ini letaknya tersebar hampir disepanjang lintasan. Lapisan ini terpotong oleh lapisan lain pada jarak 112-124 meter dan 134-144 meter dari pusat lintasan. Berdasarkan model penampang 2D dapat diketahui bahwa lapisan ini merupakan lapisan yang paling tebal dan paling dominan diantara lapisan lainnya karena tersebar hampir di sepanjang pusat lintasan dengan kedalaman hingga 30 meter dari permukaan.

Lapisan dengan nilai resistivitas rendah, yaitu antara 3,54 hingga 17,8 Ωm adalah warna biru tua hingga biru muda. Zona ini diinterpretasikan sebagai batu lempung pasir. Batuan ini ditemukan sebagai sisipan pada batu filit yang terdapat pada kedalaman 5 hingga 20 meter pada jarak 96-124 meter dan 146-168 meter dari pusat panjang lintasan.

Lapisan selanjutnya memiliki nilai resistivitas antara 202-454 Ωm adalah warna kuning hingga jingga. Zona ini diinterpretasikan sebagai batu kuarsit. Terdapat 3 anomali pada lapisan ini, yaitu sebagai sisipan pada batu filit yang ditemukan pada jarak 68-84 meter dan 166-172 meter dari pusat panjang lintasan dengan ketebalan hanya mencapai 5 meter. Lapisan ini juga ditemukan sebagai batuan penudung yang membentuk suatu jalur atau lorong. Lapisan ini dapat ditemukan pada jarak 104-140 meter dari pusat lintasan. Lapisan ini muncul mulai dari permukaan hingga kedalaman 30 meter. Namun, pada kedalaman 5 hingga 10 meter lapisan ini hanya memiliki lebar sekitar 8 meter karena adanya lapisan filit yang terdapat pada sisi kiri dan kanan lapisan ini.

Lapisan dengan nilai resistivitas tinggi antara 1.019 hingga 1.403 Ωm adalah warna merah hingga ungu tua. Zona ini diinterpretasikan sebagai batuan karbonat atau batu kapur. Batuan ini hanya sedikit ditemukan, yaitu pada kedalaman 25-30 meter dari permukaan dengan ketebalan mencapai 16 meter. Lapisan ini diduga sebagai struktur sungai bawah tanah yang berbentuk lorong yang terdapat pada kedalaman yang lebih besar dari hasil pengukuran.

Tabel 4. Hasil Interpretasi Penampang 2D *Resistivity* Lintasan 3

Kode warna	<i>Resistivity</i> (Ωm)	Lapisan Batuan
	3,54-17,8	<i>Lempung pasir</i>
	40,1-90	<i>Filit</i>
	202-454	<i>Kuarsit</i>
	1.019-1.403	<i>Gamping</i>

4.2. Pembahasan

Dari hasil pengolahan data dari lintasan pertama hingga ketiga maka dapat diketahui bahwa pada tiap-tiap lintasan memiliki jenis lapisan batuan penyusun yang hampir sama. Hasil yang didapat ialah bahwa pada lokasi

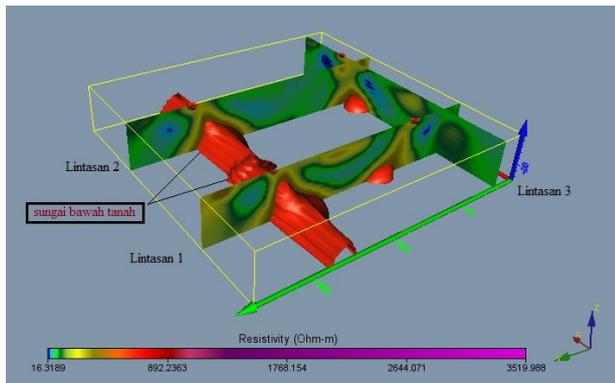
pengambilan data memiliki lapisan penyusun yang terdiri dari batu lempung pasir, batu filit, batu kuarsit, dan batugamping.

Berdasarkan model penampang 2D *resistivity* dari ketiga lintasan, dapat diketahui bahwa batuan yang paling dominan ditemui hampir disetiap lintasan ialah zona resistivitas dengan warna hijau muda hingga hijau tua yang memiliki rentang nilai resistivitas antara 48,7-114 Ωm . Zona tersebut diinterpretasikan berisikan batu filit. Filit merupakan batuan metamorf yang memiliki ukuran butir yang halus dan umumnya tersusun atas kuarsa, sericite mica dan klorit.

Pada lapisan batuan filit ditemukan lapisan lain yang hadir sebagai sisipan, yaitu batu lempung pasir. Lapisan ini memiliki porositas yang sangat baik sekitar 25-70% sehingga air yang meresap kedalam tanah yang melewati lapisan ini hanya akan dilewatkan saja tanpa ditampung. Air yang masuk pada lapisan ini akan melewati rongga-rongga pada batuan ini dan diduga akan diteruskan menuju lorong-lorong sungai bawah tanah.

Selain lapisan filit dan lempung pasir terdapat lapisan batuan kuarsit. Kuarsit merupakan batuan metamorf non-foliasi yang keras, yang merupakan hasil perubahan (metamorfisme) dari batupasir kuarsa. Lapisan batuan ini diduga sebagai batuan penudung (*capsrock*) dalam struktur sungai bawah tanah karena bentuk lapisan batuan ini ditemukan berupa lorong-lorong yang memiliki ukuran yang cukup besar untuk mengalirkan air. Selain itu, struktur dari batuan ini yang keras juga memungkinkan untuk batuan ini dapat menjadi lapisan atas atau batuan penudung dari struktur sungai bawah tanah.

Adapun lapisan yang diduga sebagai struktur dari sungai bawah tanah ialah lapisan dengan nilai resistivitas paling tinggi pada model penampang 2D *resistivity*. Lapisan tersebut disimbolkan dengan warna merah hingga warna ungu. Lapisan ini rata-rata ditemukan pada kedalaman 20 meter hingga 30 meter lebih. Pendugaan lapisan ini sebagai sungai bawah tanah berdasarkan kondisi geologi dan nilai resistivitas. Batuan karbonat yang dalam keadaan mengandung atau menampung air dalam jumlah yang cukup dan dapat mengalirkannya maka batuan tersebut akan mengalami penurunan nilai resistivitas atau memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai resistivitas pada batuan karbonat yang dalam keadaan kering. Berdasarkan nilai porositas, batuan gamping terkarstifikasi memiliki nilai porositas 5-50%, yang artinya batuan gamping yang telah terkarstifikasi memiliki pori-pori atau celah pada batuan yang memungkinkan untuk menyimpan dan mengalirkan air.



Gambar 11. Model Sungai Bawah Tanah

Identifikasi jalur sungai bawah tanah pada Danau Karst Tarusan Kamang dilakukan dengan pendugaan berdasarkan nilai rentang resistivitas dan model penampang 2D sungai bawah tanah hasil dari pengolahan data. Nilai rentang resistivitas yang digunakan antara lintasan yang satu dengan yang lain ialah antara 1.019 – 10.485 Ωm . Hal ini dipilih karena dari hasil pengolahan data pada rentang nilai tersebut memiliki kecenderungan membentuk pola kontur lorong. Bentuk ini diduga sebagai batuan penudung struktur penyusun sungai bawah tanah. Sungai bawah tanah diduga memiliki jalur yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Pada lintasan pertama, struktur sungai bawah tanah mulai ditemukan pada kedalaman 20 meter dari permukaan dengan jarak 62-76 meter dan 112-130 meter dari pusat lintasan. Berdasarkan data tersebut, diduga tidak ditemukannya struktur penyusun sungai bawah tanah pada jarak 76-112 meter dari pusat lintasan disebabkan oleh sungai bawah tanah pada jalur tersebut berada pada kedalaman yang lebih besar dari hasil pengukuran sehingga tidak tercakup dalam penampang lateral 2 dimensi. Dari acuan tersebut dapat diperkirakan lebar dari sungai bawah tanah sekitar 68 meter dengan dugaan bahwa pada jalur yang terpotong juga terdapat sungai bawah tanah. Sedangkan pada lintasan kedua, struktur sungai bawah tanah mulai dijumpai pada kedalaman antara 15-30 meter dari permukaan dengan jarak 112 – 136 meter dari pusat lintasan. Pada lintasan kedua ini hanya ditemukan struktur sungai bawah tanah dengan lebar sekitar 24 meter, yaitu lebih kecil bila dibandingkan dengan lintasan pertama. Hal ini diduga karena struktur sungai bawah tanah juga berada pada kedalaman yang lebih besar (lebih dari 30 meter). Selain itu, pada lintasan kedua ini juga sudah mulai didominasi oleh lapisan batuan lainnya (bukan batugamping). Adapun pada lintasan ketiga yang merupakan pengontrol jalur aliran hanya ditemukan struktur sungai bawah tanah dengan lebar sekitar 16 meter dan berada pada kedalaman antara 25-30 meter dari permukaan. Berdasarkan hasil pengolahan dari ketiga lintasan tersebut, maka diduga bahwa jalur sungai bawah tanah pada Danau Karst Tarusan Kamang berada pada arah barat laut menuju tenggara, yaitu dari lintasan pertama menuju lintasan kedua dengan kedalaman berkisar antara 20 hingga 30 meter lebih dari permukaan. Keberadaan sungai bawah tanah yang berada tidak terlalu jauh dari permukaan tanah inilah yang menyebabkan adanya danau yang hanya muncul pada waktu-waktu tertentu ke permukaan. Hal ini diduga disebabkan oleh

curah hujan yang cukup tinggi selama periode tertentu sehingga membuat muka air tanah menjadi lebih tinggi dari sebelumnya. Pada saat muka air tanah semakin naik, maka air ini akan muncul ke permukaan yang kemudian membentuk sebuah danau. Akan tetapi, pada saat muka air tanah mulai turun maka perlahan-lahan air ini akan mulai menghilang dari permukaan yang kemudian mengubah danau tersebut menjadi hamparan padang rumput yang luas. Peristiwa inilah yang diduga sebagai penyebab adanya danau unik di kawasan karst, Tarusan Kamang.

Adapun hasil penelitian mengenai sungai bawah tanah pada Danau Karst Tarusan Kamang menggunakan metode geolistrik 2D dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* ini dapat digunakan sebagai survei awal untuk menambah referensi dalam melakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai kawasan karst pada daerah Tarusan Kamang.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Pada Danau Karst Tarusan Kamang diidentifikasi terdapat 4 jenis lapisan batuan penyusun berdasarkan data geologi dan nilai resistivitas dari ketiga lintasan, yaitu batu lempung pasir dengan rentang nilai resistivitas 2-20 Ωm , batu filit dengan rentang nilai resistivitas 29-94 Ωm , batu kuarsit dengan rentang nilai resistivitas 180-491 Ωm dan batuan karbonat atau batugamping 1.019 hingga 10.485 Ωm .
2. Sistem sungai tanah pada Danau Karst Tarusan Kamang diduga berada pada arah barat laut menuju tenggara, yaitu dari lintasan pertama menuju lintasan kedua yang ditemukan pada kedalaman antara 20 sampai 30 meter lebih dari permukaan tanah. Jalur sungai bawah tanah dengan lorong paling besar ditemukan pada lintasan 1 sedangkan lorong paling kecil ditemukan pada lintasan 3.
3. Keberadaan sistem sungai bawah tanah yang tidak terlalu jauh dari permukaan diduga menjadi penyebab adanya fenomena danau yang menghilang. Saat curah hujan yang cukup tinggi selama periode waktu tertentu menyebabkan terjadinya kenaikan pada muka air tanah. Pada saat muka air tanah semakin naik, maka air ini akan muncul ke permukaan yang kemudian membentuk sebuah danau. Akan tetapi, pada saat muka air tanah mulai turun maka perlahan-lahan air ini akan mulai menghilang dari permukaan yang kemudian mengubah danau tersebut menjadi hamparan padang rumput yang luas. Peristiwa inilah yang diduga sebagai penyebab adanya danau unik di kawasan karst, Tarusan Kamang.

5.2. Saran

1. Penelitian ini merupakan penelitian awal menggunakan nilai resistivitas batuan bawah permukaan pada Danau Karst Tarusan Kamang yang dapat dijadikan data awal atau dasar untuk penelitian lanjutan.

2. Selanjutnya agar dilakukan penelitian dengan jumlah dan panjang lintasan yang lebih besar sehingga didapatkan data kedalaman dan luasan area yang lebih besar juga sehingga diperoleh informasi bawah permukaan yang lebih detail dan akurat.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai informasi awal dan acuan oleh Pemerintah Kabupaten Agam dalam pengembangan salah satu *geopark* di Sumatera Barat.

- Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger*. Skripsi. Surakarta: FMIPA USM. (2012)
- [14] Supriyanto. *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*. Jakarta: Universitas Indonesia. (2007)
- [15] Suryana. *Metodologi Penelitian*. Buku Ajar Perkuliahan. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia. (2010)
- [16] A. Muri Yusuf. *Metodologi Penelitian*. Padang: UNP Press. (2013).

Daftar Pustaka

- [1] Wikipedia. *Danau Tarusan Kamang*. [Online] https://id.wikipedia.org/wiki/Danau_Tarusan_Kamang diakses pada 1 Agustus 2018. (2018)
- [2] Klik Positif. *Lebih Tiga Bulan Kering, Danau Karst Tarusan Kamang Mulai Digenangi Air* dikutip pada 19 Desember 2018 [Online] <http://news.klikpositif.com/baca/9624/lebih-tiga-bulan-kering--danau-karst-tarusan-kamang-agam-mulai-digenangi-air>. (2016)
- [3] M.H. Loke. *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. (2004)
- [4] Haryono dan Adji. *Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Buku Ajar. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM. (2004)
- [5] Afrita Murti, Hani. *Analisis Pendugaan Potensi Akifer Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Sounding dan Mapping di Kawasan Karst Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri*. Tesis. Surakarta: USM. (2009)
- [6] Setyono, Prabang. *Cakrawala Memahami Lingkungan*. Surakarta: UPT Penerbitan dan Percetakan UNS. (2008)
- [7] D, Juswoto. *Geofisika*. eBook. (Online), (<http://www.geolistrik.com>): Natata Software. (2008)
- [8] Telford, W.M et al. *Applied Geophysics, second edition*. USA: Cambridge University Press. (1990)
- [9] Hurriyah dan Jannah, Raudatul. *Analisis Struktur Lapisan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik (Studi Kasus Pada Kampus III IAIN Imam Bonjol Padang di Sungai Bangek Kecamatan Koto Tengah)*. *Jurnal Spasial* Vol. 2 No. 2 (2015).
- [10] N Maemuna, Sinta, dkk. *Identifikasi Akuifer di Sekitar Kawasan Karst Gombang Selatan Kecamatan Buayan Kabupaten Kebumen Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* Vol. 13, No. 2 Juni 2017(2017)
- [11] Akmam dan Nofi Yendri Sudiar. *Analisis struktur batuan dengan metoda inversi smoothness-constrained least-squ MAE X612-EM Data geolistrik konfigurasi schlumberger di Universitas negeri padang kampus air tawar*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. (2013)
- [12] Reynold, M. John. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Willey & Sons Ltd. (1997)
- [13] Karunia, Dimas Noer. *Identifikasi Pola Aliran Sungai Bawah Tanah di Daerah Mudal, Gebangharjo, Pracimantoro, dengan Metode*