

**INTERPRETASI STRUKTUR GUA BAWAH TANAH  
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI  
WENNER  
(STUDI KASUS DI DS. SUMBERMANJING KULON KEC.  
PAGAK KAB. MALANG)**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**SYAIFUL BAHRI**  
**NIM. 12640048**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK  
IBRAHIM  
MALANG  
2017**



**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : SYAIFUL BAHRI  
NIM : 12640048  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika  
Judul Skripsi : Interpretasi Struktur Gua Bawah Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner (Studi Kasus di Ds. Sumbermanjing Kulon Kec. Pagak Kab. Malang)  
Pembimbing I : Drs. Abdul Basid, M.Si  
Pembimbing II : Dr.H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	8 Mei 2017	Konsultasi Bab I	
2	22 Agustus 2017	Konsultasi Bab II dan III	
3	17 September 2017	Konsultasi Pengolahan Data	
4	24 September 2017	Konsultasi Pengolahan Data	
5	7 Oktober 2017	Konsultasi Pengolahan Data	
6	19 Oktober 2017	Konsultasi Bab IV dan V	
7	03 November 2017	Konsultasi Kajian Agama	
8	12 November 2017	Konsultasi Kajian Agama	
9	28 November 2017	Konsultasi Kajian Agama dan acc	
10	22 Desember 2017	Konsultasi Bab I-V, Abstrak Dan Acc	

Malang, 02 Januari 2017

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika,



Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504199003 1 003

## HALAMAN PERSETUJUAN

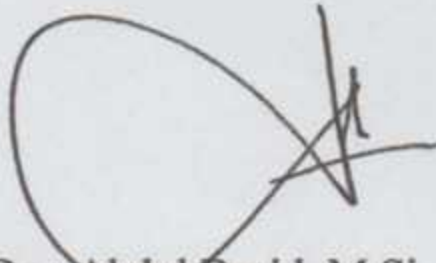
INTERPRETASI STRUKTUR GUA BAWAH TANAH MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER  
(Studi Kasus di Ds. Sumbermanjing Kulon Kec. Pagak Kab. Malang)

### SKRIPSI

Oleh:  
SYAIFUL BAHRI  
NIM. 12640048

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,  
Pada Tanggal: 04 Desember 2017

Pembimbing I



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

Pembimbing II



Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes  
NIP. 19750808 199903 1 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003


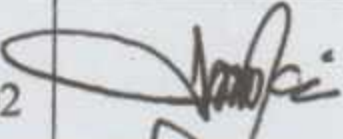
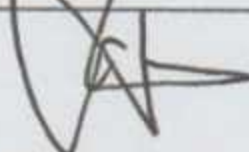

## HALAMAN PENGESAHAN

INTERPRETASI STRUKTUR GUA BAWAH TANAH MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER  
(Studi Kasus di Ds. Sumbermanjing Kulon Kec. Pagak Kab. Malang)

### SKRIPSI

Oleh:  
SYAIFUL BAHRI  
NIM. 12640048

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 04 Desember 2017

Penguji Utama	:	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	:	<u>Erika Rani, M. Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	
Sekretaris Penguji	:	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji	:	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SYAIFUL BAHRI  
NIM : 12640048  
Jurusan : FISIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Judul Penelitian : Interpretasi Struktur Gua Bawah Tanah Menggunakan  
Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner  
(Studi Kasus di Ds. Sumbermanjing Kulon Kec. Pagak  
Kab. Malang)

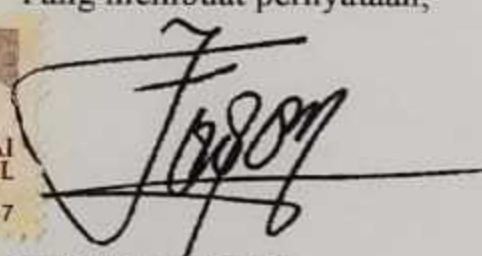
Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang telah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 29 November 2017

Yang membuat pernyataan,



  
SYAIFUL BAHRI  
NIM. 12640048

## ABSTRACT

Sulistiawan, Achmad Nur. 2017. **Determination of Distribution Aquifer Zone Under Surface in Karst Area Using Geoelectric Resistivity Method of Wenner Configuration (Case Study of Dusun Kulon Kali, Pagak Sub-district of Malang Regency)**. Thesis. Department of Physics. Faculty of Science and Technology. State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: Drs. Abdul Basid, M.Si. And Erika Rani, M.Si.

---

Keywords: Groundwater Aquifer, Karst, Geoelectric Method.

The research was held on karst areas that have different hydrological systems with other regions with no surface irrigation. Otherwise its developed very well on subsurface such as underground caves and underground rivers as aquifer. The purpose of this research is to map the potential of ground water aquifer zone and its distribution by means of Geoelectric Method of Wenner Configuration. The data was collected by using a set of resistivitymeter OYO Mc 2119. Data was obtained in the form of resistance (R) then performed data processing to obtain the value of resistivity pseudosection. The data was processed using software Res2dinv and forwarded with software Voxler to represent the aquifer zone distribution. After that, comparing to the data inversion with geological data to map zone aquifer its distribution. Resistivity value obtained in this research was between 5.15  $\Omega\text{m}$  to 1520.62  $\Omega\text{m}$ . The predicted potential of the aquifer zone was in the range of 45  $\Omega\text{m}$  to 105  $\Omega\text{m}$  at the research site with point A located at coordinates 8 ° 18'24.34 "S and 112 ° 28'27.01" E with a depth of 40 to 45 meters having a thickness of 36 meters, B was located at the coordinates of 8 ° 18'24.58 "S and 112 ° 28'25.80" E with a depth of 30 to 35 meters having a thickness of 15 meters. While the distribution at a depth of 35 meters to the west and east by forming a solusional cavity. At this depth the points A and B are also related

## ABSTRAK

Sulistiawan, Achmad Nur. 2017. **Penentuan Sebaran Zona Akuifer Bawah Permukaan di Wilayah Karst Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner (Studi Kasus Dusun Kulon Kali Kec. Pagak Kab. Malang)**. Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: Drs. Abdul Basid, M.Si. dan Erika Rani, M.Si.

---

Kata Kunci: Akuifer Air Tanah, Karst, Metode Geolistrik.

Penelitian dilaksanakan pada daerah karst yang memiliki sistem hidrologi yang berbeda dengan daerah lain terkait tidak berkembangnya pengairan di permukaan. Sebaliknya sistem hidrologi berkembang baik pada bawah permukaan seperti terdapatnya goa bawah tanah dan sungai bawah tanah sebagai akuifer. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi zona akuifer air tanah dan sebarannya di daerah penelitian menggunakan metode Geolistrik Konfigurasi *Wenner*. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat *resistivitymeter OYO Mc 2119*. Data yang diperoleh berupa hambatan (R) kemudian dilakukan pengolahan data sehingga didapatkan nilai resistivitas semu, data tersebut diolah menggunakan *software Res2dinv* dan diteruskan dengan *software Voxler* untuk mengetahui sebarannya, setelah itu dilakukan interpretasi zona akuifer. Nilai resistivitas yang didapat pada penelitian ini yaitu antara 5.15  $\Omega\text{m}$  sampai 1520.62  $\Omega\text{m}$ . Pendugaan potensi zona akuifer yaitu pada rentang 45  $\Omega\text{m}$  sampai 105  $\Omega\text{m}$  pada lokasi penelitian dengan titik A yang terletak pada koordinat 8°18'24.34"S dan 112°28'27.01"T dengan kedalaman 40 sampai 45 meter mempunyai ketebalan 36 meter, untuk titik B terletak pada koordinat 8°18'24.58"S dan 112°28'25.80"T dengan kedalaman 30 sampai 35 meter mempunyai ketebalan 15 meter. Sedangkan sebarannya pada kedalaman 35 meter ke arah barat dan timur dengan membentuk lorong solusional. Pada kedalaman ini pula titik A dan B berhubungan

## ملخص

سوليستيوان، أحمد نور. 2017. تحديد توزيع منطقة طبقة المياه الجوفية تحت السطح في منطقة كارست باستخدام المقاومة الجيوكهربائية طريقة تكوين وينر (دراسة حالة هاملت كولون كالي، منطقة باغاك في مالانج ريجنسي). الرسالة. قسم الفيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفون: د. عبد الباسط الماجستير و إريك راني الماجستير.

الكلمات الأساسية: مياه الجوفية، كارست، طريقة جيولكتريك.

وأجرى البحث في مناطق كارستية لها أنظمة هيدرولوجية مختلفة مع مناطق أخرى بدون ري سطحي. وإلا فإنها متطورة تحت سطح الأرض مثل الكهوف تحت الأرض والأنهار تحت الأرض كطبقة جوفية. والغرض من هذا البحث هو تحديد إمكانات منطقة المياه الجوفية وتوزيعها باستخدام طريقة جيولكتريك من وينر التكوين. تم جمع البيانات باستخدام مجموعة الأدوات *resistivitymeter OYO Mc2119*. تم الحصول على البيانات في شكل مقاومة (R) ثم أجريت معالجة البيانات للحصول على قيمة المقاومة الكاذبة. تمت معالجة البيانات باستخدام البرنامج *Res2dinv* وإحالتها باستخدام برنامج *Voxler* لتمثيل توزيع منطقة طبقة المياه الجوفية. بعد ذلك، مقارنة مع انعكاس البيانات مع البيانات الجيولوجية لخريطة منطقة المياه الجوفية توزيعها. كانت قيمة المقاومة التي تم الحصول عليها في هذا البحث بين  $5.15 \Omega m$  إلى  $1520.62 \Omega m$ . وكانت القدرة المتوقعة لمنطقة طبقة المياه الجوفية في نطاق  $45 \Omega m$  إلى  $105 \Omega m$  في موقع البحث مع النقطة A الموجودة في الإحداثيات  $8^{\circ} 24.34'18'' S$  و  $112^{\circ} 27.01'28'' E$  بعمق 40 إلى 45 مترا وجود سمك 36 متر، B تقع عند إحداثيات  $8^{\circ} 24.58'18'' S$  و  $112^{\circ} 25.80'28'' E$  بعمق 30 إلى 35 مترا ويبلغ سمكها 15 مترا. في حين أن التوزيع على عمق 35 مترا إلى الغرب والشرق من خلال تشكيل تجويف سولوسيونال. في هذا العمق النقاط A و B ترتبط أيضا



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan primer dalam kehidupan manusia. Peranan air dalam kehidupan sangat besar. Allah telah menyediakan segala sesuatu untuk kelangsungan hidup manusia termasuk juga air yang mempunyai peranan penting, seperti yang telah Dia firmankan Pada Surat ar-Rum ayat 48 Allah Swt berfirman:

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ كِسْفًا فَنَرَى الْوَدْقَ  
يَخْرُجُ مِنْ خَلَلِهِ ۗ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ ۚ مَنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ ۗ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ ٤٨

*"Allah, Dialah yang mengirim angin, lalu angin itu menggerakkan awan dan Allah membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-Nya, dan menjadikannya bergumpal-gumpal; lalu kamu lihat hujan keluar dari celah-celahnya, maka apabila hujan itu turun mengenai hamba-hamba-Nya yang dikehendaki-Nya, tiba-tiba mereka menjadi gembira." (QS. ar-Rum ayat 48)*

Menurut tafsir Ibnu Katsir ayat di atas merupakan penjelasan mengenai penciptaan awan yang menurunkan air hujan. Adakalanya awan itu datang dari laut atau dari tempat yang dikehendaki Allah Swt kemudian membentangkannya dan menjadikannya bertambah banyak. Pada mulanya Dia menjadikan awan yang kelihatan di mata bagaikan perisai, lalu Dia bentangkan sehingga memenuhi cakrawala langit. Adakalanya pula awan datang dari arah laut yang mengandung air yang sangat banyak.

Ayat di atas menjelaskan kepada kita darimana air tanah berasal, air tanah merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi. Air tanah mula-mula terbentuk dari hujan yang mengalami infiltrasi ke dalam tanah, air tanah tersebut melewati daerah zona tak jenuh dan zona intermediet sampai pada akhirnya tersimpan pada zona jenuh air (*water table*). Secara definitif air tanah adalah air yang terdapat

dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah, air tanah mempunyai peranan yang sangat penting terutama dalam menjaga keseimbangan dan ketersediaan air untuk kepentingan rumah tangga (domestik) maupun untuk kepentingan industri. Di beberapa daerah, ketergantungan pasokan air bersih dan air tanah telah mencapai  $\pm 70\%$ .

Kabupaten Malang khususnya wilayah selatan yang meliputi Kecamatan Bantur, Pagak, dan Donomulyo merupakan kawasan khas yang memiliki topografi berbukit-bukit dan kaya akan batuan karbonat. Secara geomorfologi daerah ini merupakan daerah khas yang disebut kawasan karst. Pagak merupakan salah satu dari tiga kecamatan tersebut yang merupakan daerah karst, wilayah kecamatan pagak terutama bagian selatan merupakan daerah dengan pasokan air bersih kurang yang disebabkan tidak adanya sumber pada permukaan tanah juga Daerah Aliran Sungai (DAS). Masyarakat di wilayah tersebut rata-rata sebagai petani padi namun semakin berkurangnya pasokan air permukaan para petani berpindah menjadi petani tebu dan palawija lain yang tidak membutuhkan air banyak. Di wilayah tersebut banyak terdapat sebaran *luweng/doline/sinkhole* yang menandakan memiliki potensi aliran sungai bawah tanah ataupun gowa bawah tanah yang berperan sebagai akuifer.

Kawasan karst yang tersusun dari batuan karbonat memiliki hidrologi yang khas berbeda dari daerah non karst lainnya, yaitu sangat kurangnya air pada permukaan tanah. Hal ini disebabkan oleh sifat dari batuan kapur yang *porous* dan langsung meloloskan air tanah melewati rekahan-rekahan dan aliran tersebut

terakumulasi menjadi satu membentuk aliran yang mirip sungai pada permukaan, dengan melewati lorong-lorong atau goa.

Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya keterdapatan air di kawasan karst justru berkembang di bawah permukaan dan terakumulasi pada sungai bawah tanah. Hal ini menandakan bahwa batuan di kawasan karst memiliki potensi sebagai akuifer (*aquifer*). Akuifer dapat disebut sebagai suatu lapisan pembawa air. Lapisan akifer ini, jika dilihat dari segi fisisnya merupakan lapisan batuan yang memiliki porositas tertentu yang dapat menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah yang cukup.

Salah satu metode dalam geofisika yang digunakan untuk eksplorasi dangkal yaitu metode geolistrik, metode ini dilakukan dengan mengukur tahanan jenis material yang ada di dalam permukaan bumi. Tahanan jenis atau disebut dengan resistivitas merupakan besaran yang digunakan untuk mengukur hambatan material teradap kuat arus listrik. Nilai resistivitas ini berbanding terbalik dengan konduktivitas listrik. Metode geolistrik dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah kemudian mengukur besaran tegangan dan kuat arus yang digunakan untuk menghitung resistivitasnya.

Dalam pemanfaatannya salah satunya melalui sumur, dalam penentuan pembuatan sumur atau penggaliannya untuk daerah yang pasokan air tanahnya sangat sulit dijangkau dengan sumur biasa dibutuhkan analisa tentang keberadaan akuifer di bawah permukaan. Maka dari itu, penting bagi peneliti untuk mengetahui sebaran akuifer yang ada pada bawah permukaan, jadi diperlukan adanya suatu penelitian yang lebih lanjut untuk menemukan sumber air di daerah tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana cara mengetahui struktur bawah permukaan di Desa Sumbermanjing Kulon Kecamatan Pagak Kabupaten Malang dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner?
2. Dimana sajakah letak dan berapakah kedalaman potensi sebaran air tanah di lokasi tersebut?

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Metode yang dipakai adalah geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner mapping.
2. Daerah penelitian di Dusun kulon kali Kecamatan Pagak Kabupaten Malang.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui struktur bawah permukaan di lokasi penelitian dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas.
2. Mengetahui letak dan kedalaman serta sebaran potensi air tanah di lokasi penelitian.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Dapat mengetahui sebaran akuifer di wilayah penelitian.
2. Memperkenalkan kepada masyarakat tentang cara eksplorasi air tanah sebelum dilakukan penggalian atau pengeboran.

## **BAB II**

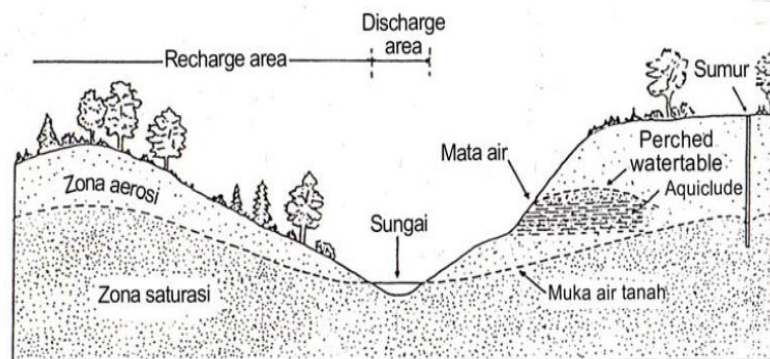
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Tanah**

Air tanah menurut Sosrodarsono dan Takeda (2006) adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuk itu dan di dalam retak-retak dari batuan.

Kebanyakan air tanah berasal dari hujan. Air hujan yang meresap ke dalam tanah menjadi bagian dari air tanah, perlahan-lahan mengalir ke laut, atau mengalir langsung dalam tanah atau di permukaan dan bergabung dengan aliran sungai. Banyaknya air yang meresap ke tanah bergantung pada selain ruang dan waktu, juga dipengaruhi kecuraman lereng, kondisi material permukaan tanah dan jenis serta banyaknya vegetasi dan curah hujan. Meskipun curah hujan besar tetapi lerengnya curam, ditutupi material impermeabel, persentase air mengalir di permukaan lebih banyak daripada meresap ke bawah. Sedangkan pada curah hujan sedang, pada lereng landai dan permukaannya permeabel, persentase air yang meresap lebih banyak. Sebagian air yang meresap tidak bergerak jauh karena tertahan oleh daya tarik molekuler sebagai lapisan pada butiran-butiran tanah. Sebagian menguap lagi ke atmosfer dan sisanya merupakan cadangan bagi tumbuhan selama belum ada hujan. Air yang tidak tertahan dekat permukaan menerobos ke bawah sampai zona dimana seluruh ruang terbuka pada sedimen atau batuan terisi air (jenuh air). Air dalam zona saturasi (*zone of saturation*) ini dinamakan air tanah (*ground water*). Batas atas zona ini disebut muka air tanah (*water table*). Lapisan tanah, sedimen atau batuan di atasnya yang tidak jenuh air

disebut zona aerasi (*zone of aeration*). Muka air tanah umumnya tidak horisontal, tetapi lebih kurang mengikuti permukaan topografi di atasnya. Apabila tidak ada hujan maka muka air di bawah bukit akan menurun perlahan-lahan sampai sejajar dengan lembah. Namun hal ini tidak terjadi, karena hujan akan mengisi (*recharge*) lagi. Daerah dimana air hujan meresap kebawah (*precipitation*) sampai zona saturasi dinamakan daerah rembesan (*recharge area*). Dan daerah dimana air tanah keluar dinamakan *discharge area* (Wuryantoro, 2007).



Gambar 2.1 Diagram memperlihatkan posisi relatif beberapa istilah yang berkaitan dengan air bawah permukaan (Wuryantoro, 2007).

### 2.1.1 Wadah Air Tanah (Akuifer)

Suatu formasi geologi yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan melalukan air tanah dalam jumlah berarti ke sumur-sumur atau mata air-mata air disebut akuifer. Lapisan pasir atau kerikil adalah salah satu formasi geologi yang dapat bertindak sebagai akuifer. Wadah air tanah yang disebut akuifer tersebut dialasi oleh lapisan-lapisan batuan dengan daya meluluskan air yang rendah, misalnya lempung, dikenal sebagai akuitard. Struktur geologi berpengaruh terhadap arah gerakan air tanah, tipe dan potensi akuifer. Stratigrafi yang tersusun atas beberapa lapisan batuan akan berpengaruh terhadap akuifer, kedalaman dan

ketebalan akuifer, serta kedudukan air tanah. Jenis dan umur batuan juga berpengaruh terhadap daya hantar listrik, dan dapat menentukan kualitas air tanah. Pada mulanya air memasuki akuifer melewati daerah tangkapan (*recharge area*) yang berada lebih tinggi daripada daerah buangan (*discharge area*). Daerah tangkapan biasanya terletak di gunung atau pegunungan dan daerah buangan terletak di daerah pantai. Air tersebut kemudian mengalir ke bawah karena pengaruh gaya gravitasi melalui pori-pori akuifer. Air yang berada dibagian bawah akuifer mendapat tekanan yang besar oleh berat air di atasnya, tekanan ini tidak dapat hilang atau berpindah karena akuifer terisolasi oleh akuiklud di atas dan di bawahnya, yaitu lapisan yang impermeabel dengan konduktivitas hidrolik sangat kecil sehingga tidak memungkinkan air melewatinya (Wuryantoro, 2007).

### **2.1.2 Permeabilitas dan Porositas**

Menurut Nurwidyanto (2006), porositas ( $\phi$ ) adalah perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh batuan. Porositas merupakan ukuran ruang-ruang kosong dalam suatu batuan, biasanya dinyatakan dalam fraksi. Besar-kecilnya porositas suatu batuan akan menentukan kapasitas penyimpanan fluida reservoir.

Pori merupakan ruang di dalam batuan yang selalu terisi oleh fluida, seperti air tawar/asin, udara atau gas bumi. Porositas efektif yaitu apabila bagian rongga pori-pori di dalam batuan berhubungan. Porositas efektif biasanya lebih kecil daripada rongga pori-pori total yang biasanya berkisar dari 10% sampai 15% (Nurwidyanto, 2006).

Porositas menandakan dari jumlah air yang dapat ditampung atau ditahan oleh batuan maupun tanah. Sebaliknya permeabilitas ( $k$ ) menurut Wuryantoro (2007) merupakan kemampuan batuan atau tanah untuk melewati atau meloloskan air. Air tanah mengalir melewati rongga-rongga yang kecil, semakin kecil rongganya semakin lambat alirannya. Jika rongganya sangat kecil, akan mengakibatkan molekul air akan tetap tinggal. Kejadian semacam ini terjadi pada lempung. Secara kuantitatif permeabilitas diberi batasan dengan koefisien permeabilitas.

## **2.1 Karst**

Karst merupakan istilah dalam Bahasa Jerman yang diturunkan dari Bahasa Slovenia (kras) yang berarti lahan gersang dan berbatu. Istilah ini di negara asalnya sebenarnya tidak berkaitan dengan batugamping dan proses pelarutan, namun istilah kras telah diadopsi untuk istilah bentuk lahan hasil proses pelarutan. Ford dan Williams (1989) mendefinisikan karst sebagai medan dengan kondisi hidrologi yang khas sebagai akibat dari batuan yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder yang berkembang dengan baik.

Karst merupakan daerah bebatuan gamping dan dikenal sebagai kawasan yang unik secara geomorfologi karena bentuklahannya permukaannya yang menarik dan spesifik yang tidak dapat ditemukan pada unit geomorfologi yang lain. Meskipun demikian, karena sifatnya yang mudah larut dalam air, topografi karst memiliki sistem air bawah permukaan yang dominan berupa lorong-lorong solusional dan sangat rentan terhadap degradasi, terutama terhadap kontaminasi air bawah tanah. Hal ini disebabkan karena cepatnya aliran air serta minimnya



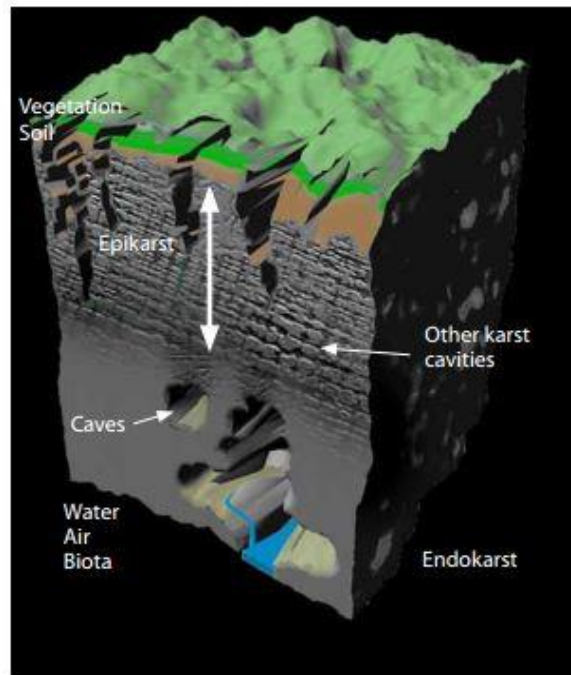
mekanisme filter pada lorong-lorong sistem bawah tanah. Dapat dikatakan bahwa kawasan karst mempunyai karakteristik relief dan drainase yang khas, terutama disebabkan oleh derajat pelarutan batu-batuannya yang intensif (Murti, 2009).

Kawasan karst dicirikan oleh morfologi permukaan berupa bukit-bukit kerucut (*conical hills*), depresi tertutup (*doline/sinkhole*), lembah kering (*dry valley*) dan banyak dijumpai sungai-sungai bawah tanah. Daerah ini sangat dipengaruhi oleh struktur geologi berupa pengkekan (*joint*) karena umumnya karst terbentuk pada daerah berbatuan karbonat (gamping, dolomit atau gypsum). Daerah karst ini identik dengan lahan yang selama ini dianggap kering, gersang, tandus, kurang subur, dan kekurangan air. Meskipun demikian daerah ini mempunyai potensi sumberdaya alam yang tinggi terutama sumberdaya mineral batuan atau gamping (Murti, 2009).

Ciri-ciri daerah karst antara lain adalah:

1. Daerahnya berupa cekungan-cekungan.
2. Terdapat bukit-bukit kecil.
3. Sungai-sungai yang nampak di permukaan hilang dan terputus ke dalam tanah.
4. Adanya sungai-sungai di bawah permukaan tanah.
5. Permukaan yang terbuka nampak kasar, berlubang-lubang dan runcing.

Dalam artian yang luas karst mempunyai 3 bentuklahan yaitu antara lain adalah eksokarst, epikarst dan endokarst



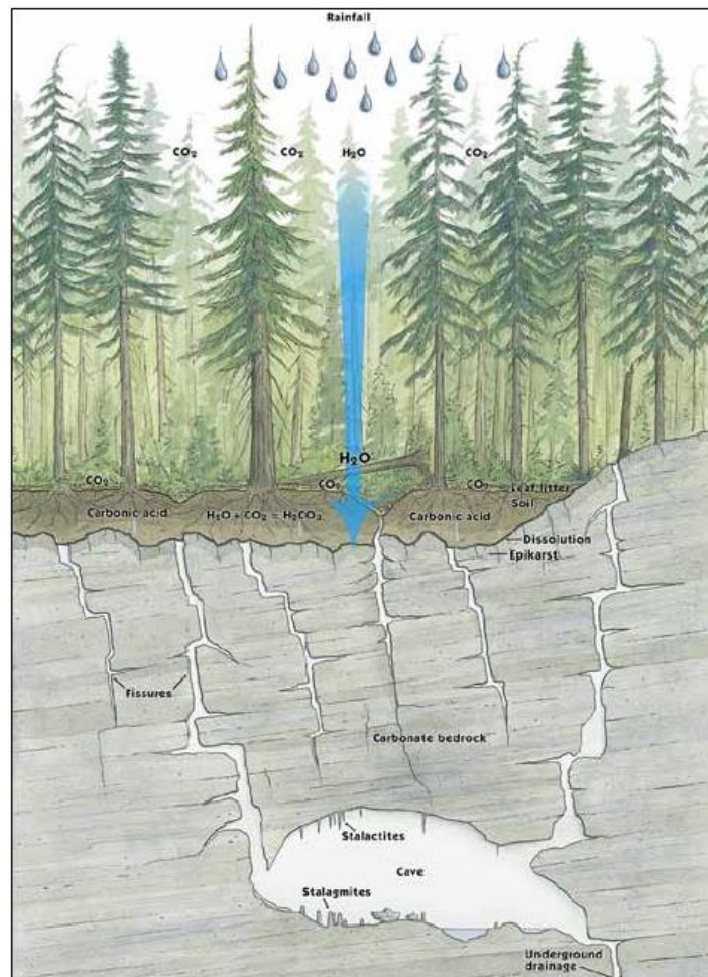
Gambar 2.2 Bentuklahan Wilayah Karst (Griffths, P. and C. Ramsey. 2009)

Eksokarst menjelaskan semua yang terdapat di permukaan bentanglahan karst, mulai dari skala kecil sampai berskala besar (misalnya, dari karren sampai *sinkhole* sampai poljes). Epikarst adalah zona bukaan atau *fracture* yang membesar yang membentang dari permukaan (*exokarst*) turun sebanyak 10-30 m di bawah permukaan dan endokarst yang mendasarinya. Endokarst menggambarkan semua komponen lanskap karst bawah tanah yang lebih dalam, termasuk rongga terkecil, speleothem gua, sedimen gua, dan lorong gua. Zona epikarst memainkan peran penting dalam sistem karst, memungkinkan air, udara, dan bahan lainnya (sedimen, sampah organik, dan nutrisi) dipindahkan dari permukaan ke permukaan bawah.

### 2.2.1 Karstifikasi

Karstifikasi atau proses pembentukan bentuk lahan karst didominasi oleh pelarutan (Adji dan Haryono, 2004). Kapur, marmer, dan *dolostone* merupakan contoh batuan karbonat. Batuan karbonat yang terutama terdiri dari mineral karbonat, seperti kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam kasus batu kapur dan marmer, dan dolomit ( $\text{CaMg} [\text{CO}_3]_2$ ) dalam kasus *dolostone*. Pembentukan lanskap karst di batuan dasar karbonat melibatkan "karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Dalam proses ini, hujan turun melalui atmosfer dan mengambil  $\text{CO}_2$ , yang kemudian larut dalam tetesan hujan. Setelah terkena hujan dan meresap ke dalam tanah, merembes melalui tanah dan mengambil lebih banyak  $\text{CO}_2$  dan membentuk larutan lemah karbonat Asam ( $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{CO}_3$ ). Air sedikit asam ini kemudian mengeksploitasi setiap rekahan atau bentuk yang ada di batuan dasar, secara bertahap melarutkan batuan dasar dan menciptakan bukaan yang lebih besar atau saluran sebagai sarana air mengalir. Selama ribuan tahun, proses ini akhirnya menciptakan sistem drainase bawah tanah dan gua-gua. Proses mekanisme seperti aliran *corrasion* (abrasi) juga ikut berperan penting pada saluran bawah permukaan dengan ukuran yang signifikan.

Adji dan Haryono (2004) menyebutkan bahwa karstifikasi dipengaruhi oleh dua kelompok faktor, faktor pengontrol yaitu pertama batuan mudah larut, kompak, tebal, dan mempunyai banyak rekahan, kedua curah hujan cukup ( $>250\text{mm}/\text{tahun}$ ), dan ketiga batuan terekspos di ketinggian yang memungkinkan perkembangan sirkulasi air/drainase secara vertikal. Kelompok faktor kedua yaitu faktor pendorong yaitu temperatur dan penutupan hutan.



Gambar 2.3 Proses Karstifikasi (*Ministry of Forests, 1997*).

## 2.2.2 Hidrologi Karst

Pada awalnya, berbicara mengenai hidrologi karst tentunya mempunyai konsekuensi logis yang dapat menjadi dua topik pembicaraan utama yaitu hidrologi dan karst. Hidrologi menurut Lensley et. Al. (1975) adalah cabang dari ilmu geografi fisik yang berurusan dengan air di muka bumi dengan sorotan khusus pada sifat, fenomena, dan distribusi air di daratan/bumi, deskripsi pengaruh sifat daratan terhadap air, pengaruh fisik air terhadap daratan dan mempelajari hubungan air dengan kehidupan. Pada sisi lain, karst karst dikenal sebagai suatu kawasan yang

unik dan dicirikan oleh topografi eksokarst seperti lembah karst, *doline*, *uvala*, *polje*, *karren*, kerucut karst dan berkembangnya sistem drainase bawah permukaan yang jauh lebih dominan dibandingkan sistem permukaan.

Jankowski (2001) mengatakan bahwa terdapat tiga komponen utama pada sistem hidrologi karst, yaitu: Akuifer, sistem hidrologi permukaan, dan sistem hidrologi bawah permukaan. Sifat batuan karbonat yang 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 pergoaan yang kadang-kadang berair dan dikenal sebagai sungai bawah tanah.

Fenomena hidrologi di karst difokuskan pada air yang tersimpan di bawah tanah pada sistem-sistem drainase bawah permukaan karst. Diawali masuknya imbuhan curah hujan di daerah tangkapan air karst, semakin tinggi curah hujan akan semakin tinggi pula air yang tersimpan di akuifer karst. Air hujan akan masuk ke tanah melalui rekahan-rekahan permukaan tanah dan *sinkhole*, lalu akan tersimpan dan melewati akuifer karst. Air tanah yang tersimpan di akuifer karst bisa keluar sebagai mata air ataupun rembesan yang bermuara pada sungai. Akhirnya air yang berada di sungai atau sudah sampai ke laut mengalami evaporasi hingga terulang kembali mengalami presipitasi.

### **2.2.3 Akuifer Karst**

Telah kita ketahui pada subbab sebelumnya mengenai akuifer yaitu suatu formasi geologi yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan melalukan air tanah dalam jumlah berarti ke sumur-sumur atau mata air–mata air disebut akuifer.

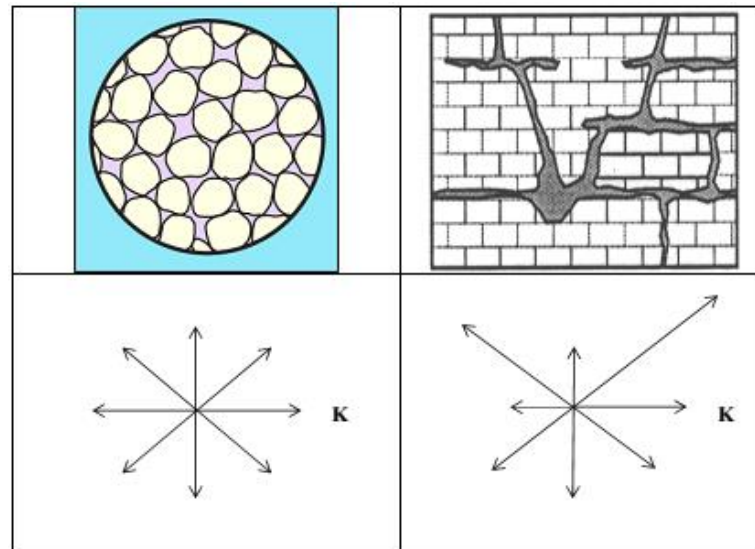
Lapisan pasir atau kerikil adalah salah satu formasi geologi yang dapat bertindak sebagai akuifer. Wadah air tanah yang disebut akuifer tersebut dialasi oleh lapisan-lapisan batuan dengan daya meluluskan air yang rendah, misalnya lempung, dikenal sebagai akuitard.

Bentuk lahan karst mempunyai formasi batuan khas yang berbeda dengan formasi batuan lainnya, termasuk akuifer. Akuifer karst dan non karst mempunyai beberapa perbedaan karakteristik dan sifatnya, perbedaan tersebut diantaranya porositas dan permeabilitasnya.

Batuan karbonat di daerah karst mempunyai porositas besar karena adanya percelahan hasil proses pelarutan sehingga cocok digolongkan sebagai porositas sekunder. Kesimpulannya, batuan gamping yang belum terkarstifikasi akan mempunyai nilai porositas yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan batuan gamping yang telah terkarstifikasi dengan baik. Batuan gamping dan juga dolomit yang belum terkarstifikasi mempunyai nilai kisaran porositas yang sangat kecil (maksimal 10%). Sebaliknya, jika batuan gamping telah terkarstifikasi akan mempunyai nilai porositas yang tinggi mencapai 50% (Adji dan Haryono, 2004).

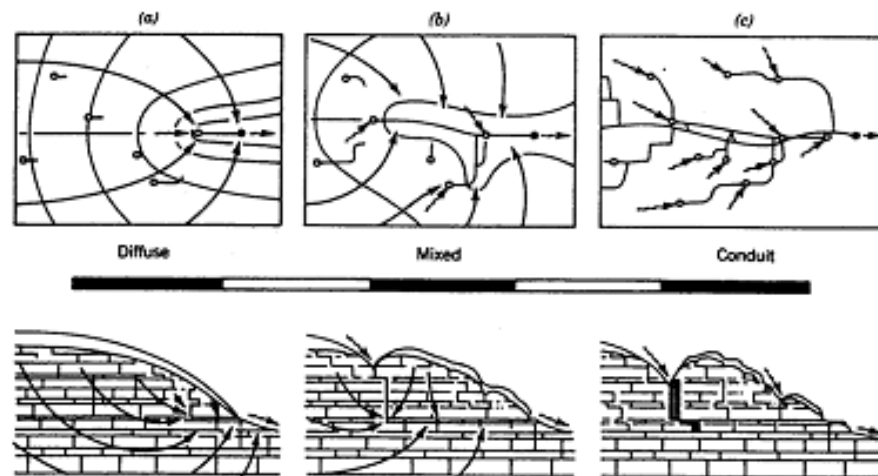
Menurut Adji, dkk (2004) nilai permeabilitas tergantung pada dari besar kecilnya porositas, sortasi batuan, tekstur batuan, dll. Akibatnya, karena lorong-lorong solusional yang dihasilkan pada batuan gamping yang terkarstifikasi dengan baik mengakibatkan nilainya menjadi cukup signifikan pula dibanding jenis batuan lain. Ford dan Williams (2007) mengevaluasi nilai permeabilitas pada batuan gamping karbonat yang masif memiliki permeabilitas primer yang pada mulanya sangat kecil, kemudian memiliki nilai permeabilitas yang jauh lebih besar pada

porositas sekunder batuan tersebut batuan tersebut yang telah berkembang membentuk jaringan lorong bawah tanah yang baik.



Gambar 2.4 Perbandingan porositas daerah non-karst dan karst (Adji dan Haryono, 2004).

Selanjutnya, dua hal ekstrim pada akuifer karst adalah adanya sistem conduit dan diffuse yang hampir tidak terdapat pada akuifer jenis lain. Adakalanya formasi karst didominasi oleh sistem conduit dan adakalanya pula tidak terdapat lorong conduit tetapi lebih berkembang sistem diffuse, sehingga hanya mempunyai pengaruh yang sangat kecil terhadap air tanah karst. Tetapi, pada umumnya suatu daerah karst yang berkembang baik mempunyai kombinasi dua komponen tersebut (Adji dan Haryono, 2004).



Gambar 2.5 Diffuse, campuran dan conduit air tanah karst (Adji dan Haryono, 2004).

Selanjutnya, White (1988) membagi akuifer karst menjadi 3 model konseptual atas dasar sifat alirannya yaitu: (Adji dan Haryono, 2004)

1. *Diffuse-flow karst aquifer* atau akuifer dengan sistem aliran dominan diffuse.

Akuifer ini tidak memiliki aktivitas pelarutan yang baik, sehingga dapat dikategorikan sebagai akuifer homogen dan sistem alirannya mendekati hukum Darcy. Akuifer ini biasanya terdapat pada akuifer karbonat yang tidak mudah larut, misalnya dolomit. Air bergerak sepanjang rekahan-rekahan kecil yang hanya sedikit terpengaruh oleh aktivitas pelarutan. Jika terdapat goa, biasanya kecil dan tidak berhubungan satu sama lain. Output air biasanya juga hanya memiliki debit dalam jumlah yang kecil sebagai mataair atau rembesan. Muka airtanah dapat dengan mudah didefinisikan dan karena sebagian recharge adalah melalui *fracture*, fluktuasinya tidak terlalu besar dan kedudukan muka airtanah (*water table*) dapat sedikit diatas base level regional.

2. *Free-flow karst aquifer*. Akuifer ini juga memiliki aliran tipe diffuse, tetapi lorong-lorong solusional lebih dominan dimana sebagian besar aliran adalah



melalui lorong-lorong conduit yang ada. Airtanah karst pada akuifer ini sangat terkontrol oleh distribusi dan arah dari lorong-lorong tersebut. Pendekatan hukum aliran yang digunakan adalah *pipe flow* karena sebagian besar air terdapat pada lorong-lorong conduit yang diibaratkan mempunyai bentuk seperti pipa dengan diameter tertentu. Oleh karena itu, kecepatan aliran diidentikkan dengan kecepatan aliran saluran permukaan (misal:sungai). Sifat alirannya adalah turbulen dan bukan laminar. Pada akuifer ini, mataair dapat mempunyai respon yang sangat cepat terhadap *recharge*/hujan dan mungkin pula mempunyai karakteristik hidrograf aliran yang sama dengan sungai permukaan.

3. *Confined-flow karst aquifer* atau akuifer karst yang berada di bawah batuan yang mempunyai nilai permeabilitas yang sangat kecil. Sistem aliran akuifer ini sangat dikontrol oleh lapisan di atasnya, walaupun memiliki lorong-lorong hasil proses solusional.

### 2.3 Metode Geolistrik

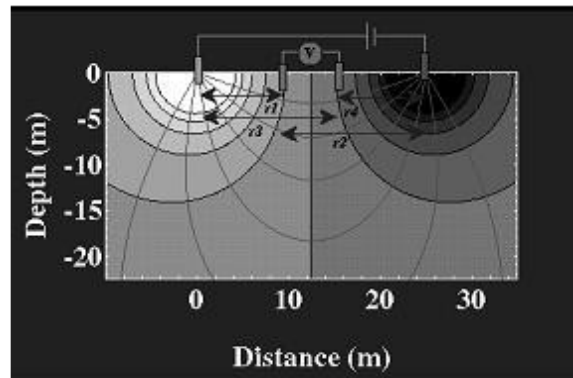
Berdasarkan asal sumber arus listrik yang digunakan, metode Geolistrik dibagi dua kelompok (Burger, 1992):

- a. Metode pasif, yaitu menggunakan arus listrik yang timbul akibat adanya aktivitas elektrokimia dan elektromekanik dalam material-material penyusun batuan. Metode geolistrik yang memanfaatkan adanya arus listrik alami antar lain *Self Potential (SP)* dan *magnetotelluric*.
- b. Metode aktif yaitu sumber arus listrik yang digunakan sengaja dialirkan ke dalam tanah atau batuan bumi untuk kemudian efek potensialnya diukur di dua titik permukaan tanah *Self potensial* atau *spontaneous potensial (SP)* dengan

jalan menggunakan aktivitas elektrokimia alami. Jika sebuah bijih besi berkontak dengan sesuatu dengan perbedaan komposisi, yang diakibatkan reaksi kimia menghasilkan sebuah aliran ion. Ini menunjukkan akan perbedaan potensial dan akan mengalirkan arus.

Tujuan dari survei geolistrik adalah untuk menentukan distribusi resistivitas di bawah permukaan dengan membuat pengukuran di permukaan tanah. Pengukuran resistivitas secara normal dibuat dengan cara menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda arus, dan mengukur beda tegangan yang dihasilkan pada dua elektroda potensial. Hasil dari pengukuran ini resistivitas yang sebenarnya dari bawah permukaan dapat diperkirakan. Resistivitas tanah berkaitan dengan berbagai parameter geologi seperti mineral dan konten cairan, porositas, derajat patahan, persentase dari patahan diisi dengan air tanah dan derajat dari saturasi air di batuan (Singh, 2004).

Survei geolistrik (*resistivity*) pada umumnya bertujuan untuk mengetahui kondisi atau struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi tahanan jenis batuan. Struktur geologi yang dapat dideteksi dengan metode ini terutama adalah yang mempunyai kontras tahanan jenis yang cukup jelas terhadap sekitarnya, misalnya untuk keperluan eksplorasi air tanah, mineral, *geothermal* (panas bumi). Prinsip pelaksanaan survei tahanan jenis adalah dengan menginjeksikan arus listrik melalui elektroda arus dan mengukur responnya (tegangan) pada elektroda potensial dalam suatu susunan (konfigurasi) tertentu (Eko Minarto, 2009).



Gambar 2.6 Prinsip Kerja Metode Resistivitas (Singh, 2004).

Metode geolistrik merupakan salah satu model geofisika yang digunakan untuk eksplorasi dangkal metode ini dilakukan dengan mengukur tahanan jenis material yang ada di dalam permukaan bumi. Tahanan jenis atau disebut dengan resistivitas merupakan besaran yang digunakan untuk mengukur hambatan material terhadap kuat arus listrik. Nilai resistivitas ini berbanding terbalik dengan konduktivitas listrik. Metode geolistrik dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah kemudian mengukur besaran tegangan dan kuat arus yang digunakan untuk menghitung resistivitasnya (workshop geofisika, 2008).

Umumnya, metode resistivitas ini hanya baik untuk eksplorasi dangkal, sekitar 100 m. Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut, informasi yang diperoleh kurang akurat, hal ini disebabkan karena melemahnya kuat arus listrik untuk keadaan yang semakin lebar dan dalam. Metode ini lebih banyak digunakan dalam bidang *engineering geology*, pencarian reservoir air, pendeteksian intrusi air laut, dan pencarian ladang geotermal.

### 2.3.1 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas, merupakan metode geolistrik yang mempelajari sifat resistivitas (tahanan jenis) listrik dari lapisan batuan di dalam bumi. Pada metode ini arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan dilakukan pengukuran beda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik akan dihitung variasi harga resistivitas pada lapisan permukaan bumi di bawah titik ukur. Pada metode ini dikenal banyak konfigurasi elektroda, diantaranya yang sering digunakan adalah konfigurasi Wenner, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner-Schlumberger, konfigurasi dipole-dipole, *rectangle line source* dan sistem gradien 3 titik (Hendra Jaya dan Idham, 1990).

Dengan adanya aliran arus listrik tersebut akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang ada di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung melalui 2 buah elektroda tegangan M dan N dimana jaraknya lebih pendek daripada jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka akan menyebabkan tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi arus listrik pada kedalaman yang lebih dalam. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk jarak setiap elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur.

Robinson dan Courch (1988) beranggapan bahwa interpretasi dari pengukuran resistivitas berdasarkan dari anggapan-anggapan sebagai berikut:

- a. Bahwa bawah permukaan tanah terdiri dari beberapa lapisan batuan yang dibatasi oleh bidang batas horizontal dan adanya kontras resistivitas antara bidang pelapisan.
- b. Setiap lapisan mempunyai ketebalan tertentu, kecuali untuk lapisan yang terbawah ketebalannya tak terhingga.
- c. Setiap lapisan dianggap bersifat homogen isotropik.
- d. Tidak ada sumber arus selain arus yang diinjeksikan diatas permukaan tanah.
- e. Arus listrik yang diinjeksikan adalah arus listrik searah (DC).

### **2.3.2 Teori Kelistrikan Batuan**

Batuan merupakan materi-materi yang memiliki sifat kelistrikan. Sifat listrik ini merupakan karakteristik dari batuan tersebut yang besarnya sangat tergantung dari media pembentuk batuan tersebut. Sifat kelistrikan ini bisa berasal dari alam itu sendiri yang akan muncul jika terjadi gangguan keseimbangan atau dengan sengaja dimasukkan arus listrik kedalam batuan sehingga terjadi ketidaksetimbangan muatan di dalamnya (Dobrin, 1981).

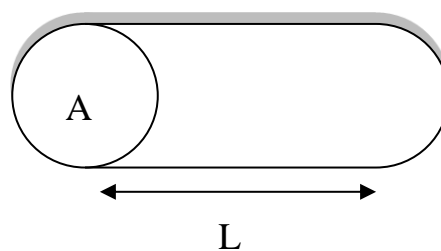
Azas kelistrikan berlaku pada lapisan-lapisan batuan bawah permukaan dalam arti hukum fisika tentang listrik dapat diterapkan pada aliran listrik di dalam lapisan batuan. Hal tersebut dimungkinkan karena pada umumnya lapisan-lapisan batuan bawah permukaan tersebut terdiri atas butiran dan pori-pori berisi fluida. Butiran-butiran tersebut adalah mineral-mineral yang mengisi pori-pori melarutkan sebagian dari mineral-mineral tadi sehingga fluida tersebut bersifat elektrolit atau mampu menjadi pengantar arus listrik (Munadi, 2001).

Kemampuan suatu batuan dalam menghantarkan listrik dapat digolongkan menjadi 3 yaitu,

- a. Konduktor baik:  $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$ .
- b. Konduktor pertengahan:  $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$ .
- c. Isolator:  $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$ .

Dari penjelasan di atas maka dapat kita tarik suatu gagasan bahwasannya setiap mineral memiliki sifat kelistrikan yang berbeda antara satu dengan yang lain sesuai dengan penyusun lapisan bumi. Jika suatu batuan memiliki larutan yang bersifat elektrolit dalam jumlah yang besar maka batuan tersebut dapat menghantarkan listrik dengan besar pula, jika batuan memiliki jumlah fluida yang bersifat elektrolit sedikit maka batuan tersebut akan bersifat sebagai isolator. Dengan demikian nilai resistansi berbeda setiap batuanya berbanding terbalik dengan nilai konduktivitasnya.

Studi hambatan listrik dari geofisika dapat dipahami dalam konteks dari aliran arus melalui medium di bawah permukaan yang terdiri dari lapisan bahan dengan resistivitas yang berbeda. Untuk sederhananya, semua lapisan diasumsikan horisontal. Resistivitas  $\rho$  dari bahan adalah pengukuran seberapa baik bahan menghambat aliran arus listrik (Herman, 2001).



Gambar 2.7 Silinder Konduktor (Herman, 2001).

Jika ditinjau silinder konduktor dengan panjang  $L$ , luas penampang  $A$ , dan resistansi  $R$ , maka dapat dirumuskan:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Dimana  $\rho$  adalah resistivitas ( $\Omega\text{m}$ ),  $L$  adalah panjang silinder konduktor (m),  $A$  adalah luas penampang silinder konduktor ( $\text{m}^2$ ), dan  $R$  adalah resistansi ( $\Omega$ ).

Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi  $R$  dirumuskan:

$$R = \frac{V}{I}$$

Dimana  $R$  adalah resistansi (ohm),  $V$  adalah beda potensial (volt),  $I$  adalah kuat arus (Ampere). Dengan mensubstitusikan kedua persamaan di atas maka didapatkan nilai resistivitas ( $\rho$ ) sebesar:

$$\rho = \frac{VA}{IL}$$

Banyak orang sering menggunakan sifat konduktifitas ( $\sigma$ ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas ( $\rho$ ) dengan satuan mhos/m.

Kebanyakan mineral membentuk batuan penghantar listrik yang tidak baik walaupun beberapa logam asli dan grafit menghantarkan listrik Resistivitas yang terukur pada material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan dalam pori-pori fluida. Air tanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuannya untuk menghantar listrik, meskipun air tanah bukan konduktor listrik yang baik (Santoso, 2001). Sedangkan menurut Telford, 1982 kisaran nilai resistivitas material yang terdapat di bawah permukaan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kisaran nilai resistivitas material bawah permukaan (Telford, 1982)

<b>Material</b>	<b>Resistivitas (<math>\Omega.m</math>)</b>
Pirit ( <i>Pyrite</i> )	0,01 – 100
Kwarsa ( <i>Quartz</i> )	500 – 8 x 10 <sup>5</sup>
Kalsit ( <i>Calcite</i> )	10 <sup>12</sup> – 10 <sup>13</sup>
Batuan Garam	30 – 10 <sup>13</sup>
Granit	200 – 10 <sup>5</sup>
Andesit ( <i>Andesite</i> )	1,7 x 10 <sup>2</sup> – 45 x 10 <sup>4</sup>
Gamping ( <i>Limestones</i> )	500 – 10 <sup>4</sup>
Batu Pasir ( <i>Sandstone</i> )	200 – 8.000
<i>Shales</i> (Serpilh)	20 – 2.000
Pasir ( <i>Sand</i> )	1 – 1000
Lempung ( <i>Clay</i> )	1 – 100
Air Tanah ( <i>Ground Water</i> )	0,5 – 300
Air Asin ( <i>Sea Water</i> )	0,2
Kerikil Kering ( <i>Dry Gravel</i> )	600 – 10 <sup>3</sup>
Aluvium ( <i>Alluvium</i> )	10 – 800
Kerikil ( <i>Gravel</i> )	100 – 600

### 2.3.3 Konsep Resistivitas Semu

Dalam eksplorasi geolistrik, elektroda yang digunakan dalam pengukuran lebih kecil dari pada jari-jari bumi. Oleh karena itu resistivitas yang diperoleh dengan menggunakan persamaan di atas bukanlah resistivitas yang sebenarnya.



Dan nilai yang diperoleh dari pengukuran tersebut merupakan resistivitas semu atau *apparence resistivity* ( $\rho_{as}$ ).

Jika tanah adalah tak homogen namun dan jarak elektroda bervariasi, atau spasi tetap, sementara seluruh *array* dipindahkan, maka rasio secara umum akan berubah. Hal ini menghasilkan nilai yang berbeda dari  $\rho$  untuk setiap pengukuran. Besarannya berkaitan erat dengan susunan elektroda. Kuantitas yang diukur ini dikenal sebagai tahanan jenis semu  $\rho_a$ . Meskipun ditentukan sampai batas tertentu, dari resistivitas sebenarnya zona di sekitar array elektroda, resistivitas semu bukan nilai rata-rata dan hanya dalam kasus alasan homogen itu sama dengan tahanan yang sebenarnya (Telford, 1982).

Untuk medium berlapis, harga resistivitas semu ini akan merupakan fungsi jarak bentangan (jarak antar elektroda arus). Untuk jarak antar elektroda arus kecil akan memberikan  $\rho_a$  yang harganya mendekati  $\rho$  batuan di dekat permukaan. Sedang untuk jarak bentangan yang besar,  $\rho_a$  yang diperoleh akan mewakili harga  $\rho$  batuan yang lebih dalam (Wahyudi, 2001).

#### **2.3.4 Konfigurasi Elektroda**

Besar resistivitas semu dipengaruhi oleh konfigurasi elektroda yang digunakan, hal ini disebabkan karena setiap konfigurasi elektroda memiliki faktor  $k$  yang berbeda berdasarkan susunan dari elektrodanya. Faktor  $k$  atau disebut juga faktor geometri konfigurasi diperoleh dari penurunan persamaan hukum ohm dengan menggunakan susunan dari konfigurasi tersebut (Workshop geofisika, 2008).

$$k = 2\pi \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{MB} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{NB} \right)$$

Dengan  $k = 2\pi a$

Keterangan:

AM = jarak dari elektroda arus ke elektroda potensial pada ujung sebelah kanan

MB = jarak elektroda dari potensial ujung kanan dengan elektroda arus ujung kiri

AN = jarak dari elektroda arus ujung kanan dengan elektroda potensial ujung kiri

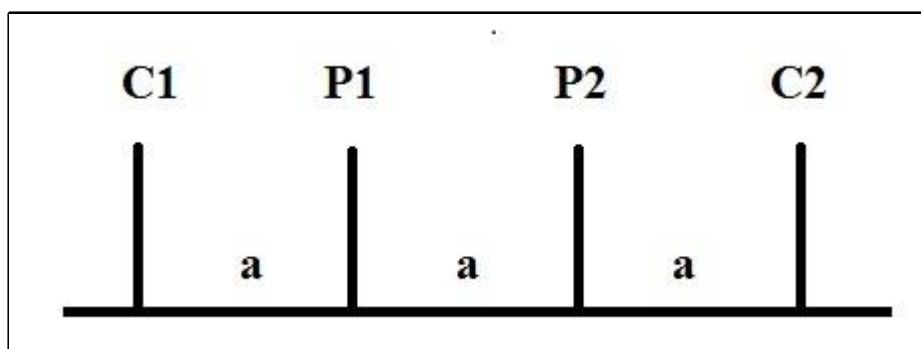
NB = jarak dari elektroda potensial ujung kiri dengan elektroda ujung kanan

### 2.3.5 Konfigurasi Wenner

Konfigurasi Wenner cukup populer dipergunakan dalam pengambilan data geolistrik, baik 1D atau VES (*Vertical Electrical Sounding*) maupun mapping 2D atau ERT (*Electrical Resistivity Tomography*). Dalam konfigurasi Wenner sebaran elektroda-elektroda seragam atau sama pada suatu lintasan. Jarak  $r1 = r4 = a$  dan  $r2 = r3 = 2a$ . Nilai tahanan jenis semu didapat dengan faktor geometri ( $K$ ) yaitu (Milsom, 2003):

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

Adapun skema gambar konfigurasi Wenner adalah



Gambar 2.8 Konfigurasi Wenner (Loke, 1999)

Banyak survei 2-D awal dilakukan dengan konfigurasi ini. Plot sensitivitas untuk konfigurasi Wenner memiliki kontur hampir horisontal di bawah pusat array. Karena properti ini Wenner relatif sensitif terhadap perubahan vertikal di bawah permukaan resistivitas bawah pusat dari konfigurasi. Namun, kurang sensitif terhadap perubahan horisontal dalam tahanan bawah permukaan. Secara umum, Wenner baik dalam menyelesaikan perubahan vertikal (yaitu struktur horisontal), tetapi relatif miskin dalam mendeteksi perubahan horisontal (yakni struktur vertikal yang sempit). (Loke, 1999).

## **2.4 Deskripsi Wilayah Penelitian**

### **2.4.1 Letak Geografis**

Letak geografis dari daerah penelitian berada di Dusun Kulon Kali Desa Sumbermanjing Kulon termasuk dalam kawasan Kecamatan Pagak Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur terletak di koordinat  $8^{\circ}18'30.92''$  LS dan  $112^{\circ}28'19.89''$  BT sampai  $8^{\circ}18'27.77''$  LS dan  $112^{\circ}28'19.89''$  BT, dan  $8^{\circ}18'22.70''$  LS dan  $112^{\circ}28'31.98''$  BT sampai  $8^{\circ}18'19.56''$  LS dan  $112^{\circ}28'22.71''$  BT dengan ketinggian rata-rata 375 meter di atas permukaan laut.

### **2.4.2 Iklim dan Curah Hujan**

Kota ini memiliki iklim tropis. Terdapat curah hujan yang signifikan di sebagian besar bulan dalam setahun. Musim kemarau singkat memiliki sedikit pengaruh pada iklim secara menyeluruh. Menurut Köppen dan Geiger, iklim ini diklasifikasikan sebagai Am. Suhu rata-rata di Sumbermanjing Kulon adalah  $22.9^{\circ}\text{C}$ . Tentang 2583 mm presipitasi yang jatuh setiap tahunnya.

Curah hujan paling sedikit terlihat pada Agustus. Rata-rata dalam bulan ini adalah 58 mm. Dengan rata-rata 390 mm, hampir semua presipitasi jatuh pada Desember pada tahun 2015. Suhu tertinggi rata-rata pada Februari, di sekitar 23.5 °C. Juli memiliki suhu rata-rata terendah dalam setahun. Ini adalah 21.9 °C. Sedangkan variasi dalam presipitasi antara bulan terkering dan bulan terbasah adalah 332 mm. Selama tahun tersebut, suhu rata-rata bervariasi menurut 1.6 °C.

### **2.4.3 Hidrologi**

Secara hidrologi sumber air yang terdapat di daerah penelitian hanya terdapat pada air tanah saja dan minim atau hampir tidak adanya air permukaan dikarenakan sifat bentanglahan yang dipenuhi batuan karbonat yang bersifat meloloskan air. Pada daerah penelitian juga banyak ditemukan sebaran *doline/sinkhole* yang mempunyai peran dalam infiltrasi air permukaan dan diteruskan pada sungai-sungai bawah tanah. Sedangkan sumber air yang dipakai masyarakat daerah penelitian terletak di Desa Tlogosari yang semakin lama menurun kualitas maupun kualitas airnya dan air tanah yang dieksploitasi melalui sumur-sumur gali maupun sumur bor.

### **2.4.4 Tinjauan Geologi**

Geologi daerah penelitian dan sekitarnya berdasarkan peta geologi lembar Blitar, Jawa Timur skala 1 : 100.000 (Sjarifudin. M. Z dan Hamidi. S). Dalam peta tersebut menjelaskan bahwa simbol stratigrafi lokasi penelitian adalah termasuk Tmn, Tmn adalah formasi Nampol yang berupa batupasir gampingan dan batupasir

tufan, batu lempung dan napal. Formasi Nampol ini berhubungan dengan formasi Wonosari serta antara formasi Campurdarat dan formasi Wuni adalah menjemari.



Gambar 2.10 Peta geologi lokasi penelitian (Sjarifudin, 1992).

Batuan formasi Nampol:

1. Batupasir

- a. Batupasir gampingan berwarna coklat kekuningan sampai putih kelabu, kompak, berfosil foram.
- b. Batupasir tufan berwarna coklat muda sampai coklat tua, banyak mengandung pecahan kaca gunungapi dari sedang sampai halus, terpilah agak baik dan sangat mampat.

2. Batulempung, pasiran, di banyak tempat berlapis tipis.

3. Batu Napal, pasiran, berwarna kelabu, lunak, retak-retak.

Fosil dalam batupasir gampingan yang dikenali termasuk Foraminifera plankton, antara lain *Globigerinoides immaturus*, *Orbullina unirvesa* (D'ORBIGNY). Umur nisbi batuan tidak dapat ditentukan dengan pasti, namun kemungkinan tidak lebih tua dari Miosen Tengah.

#### **2.4.5 Struktur dan Tektonika**

Gejala tektonika yang paling tua di daerah ini dapat diamati pada batuan yang termasuk dalam formasi Mandalika yakni pada Oligosen Akhir sampai miosen awal. Saat itu kegiatan magmatik yang menghasilkan endapan gunungapi bersusun andesit-basal serta terobosan dasit-diorit-tonalit, diduga diakibatkan oleh penunjaman lempeng samudra Hindia ke bawah Lempeng Benua Asia Tenggara. Terobosan itu sendiri mungkin merupakan '*post-magmatic*' yang mengakibatkan proses ubahan dan pemineralan pada batuan yang diterobosnya. Busur magnetik yang terbentuk berarah barat-timur (Gafoer, drr, 1989).

Pada miosen awal terjadinya penurunan diikuti genang laut yang mengendapkan formasi Campurdarat (Tmcl) dan dilain pihak pada masa tersebut juga terjadi kegiatan gunungapi formasi Wuni (Tmw). Setelah pelipatan, terobosan, pengangkatan dan erosi, terjadi pengendapan dengan genangan laut pada miosen tengah dan menghasilkan formasi Jatén (tak terpetakan). Formasi Nampol terbentuk pada masa tersebut yang dibarangi dengan kegiatan gunungapi dan berakhir setelah aktifitas dari Formasi Wuni berakhir pada Miosen Tengah.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Dusun Kulon Kali Desa Sumbermanjing kulon Kec. Pagak Kab. Malang yang terletak pada koordinat  $8^{\circ}18'24.87''$  LS dan  $112^{\circ}28'26.70''$  BT. Pengolahan data bertempat di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian (Google Earth, 2015)

### **3.2 Peralatan Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data di lapangan menggunakan metode geolistrik yaitu:

1. Resistivity Meter OYO MC Ohm 2119
2. Elektroda Arus dan Potensial (@ 2 unit)
3. Kabel Arus dan Potensial (@ 2 unit)

4. Accu kering (26 Ampere/ 12 Volt)
5. Palu (4 Buah)
6. GPS *GarminCSX 60*, sebagai alat penentu posisi lintang, bujur dan ketinggian dari setiap titik ukur
7. Rol meter, sebagai alat pengukur jarak
8. Kamera, sebagai alat pengambilan dokumentasi
9. Peta geologi dan topografi daerah penelitian
10. Kompas
11. Seperangkat Komputer
12. *Software MS. Excel*
13. *Software Res2Dinv*
14. *Software Voxler 3*

### **3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini meliputi tahap pengambilan data, pengolahan data dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data. Pada penelitian ini yang dianalisa adalah berupa data resistivitas, dan geologi daerah penelitian.

Sedangkan cara dan prosedur dalam melakukan penelitian ini adalah dengan menggunakan konfigurasi Wenner mapping. Pemilihan konfigurasi ini karena konfigurasi Wenner relatif sensitif terhadap perubahan vertikal di bawah permukaan resistivitas bawah pusat dari konfigurasi. Namun, kurang sensitif terhadap perubahan horisontal dalam tahanan bawah permukaan. Secara umum, Wenner baik dalam menyelesaikan perubahan vertikal (yaitu struktur horizontal),



tetapi relatif miskin dalam mendeteksi perubahan horisontal (yakni struktur vertikal yang sempit).

### 3.3.1 Pengambilan Data Geolistrik

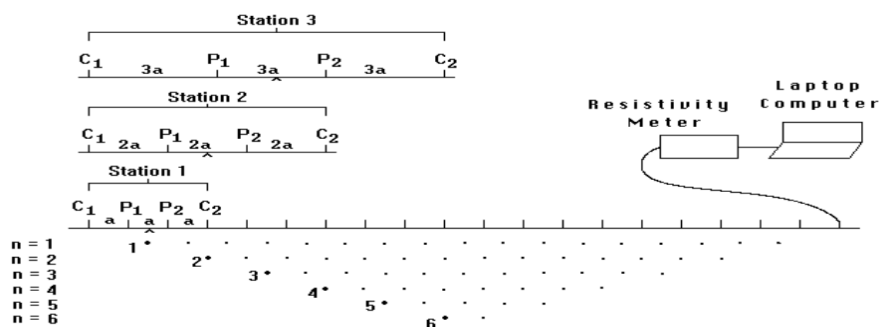
Sebelum dilakukan pengambilan data dilakukan survei lapangan guna memperoleh data lapangan yang berupa data sumur-sumur (galian maupun bor) yang telah ada kemudian dengan memanfaatkan peta pada google earth ditentukan lintasan-lintasan pengukuran geolistrik.

Pengambilan data geolistrik dilakukan dengan mengukur tahanan jenis batuan. Pengambilan data mapping menggunakan konfigurasi Wenner dengan tiap spasi awal  $a=10$  meter dengan panjang tiap lintasan 300 meter yang sejajar dan  $n=10$ . Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui sebaran akuifer dan juga distribusi air resapan *sinkhole/doline* diolah secara 3D pada *software* Voxler. Untuk kedalaman yang didapat dari lintasan tersebut yaitu kurang lebih 50 m. Kedalaman penetrasi geolistrik konfigurasi Wenner didapatkan dengan cara panjang lintasan maksimal antar elektroda dibagi 2, dalam penelitian ini panjang maksimal antar elektroda yaitu 100 m pada  $n=10$ . Prosedur mapping horizontal untuk konfigurasi Wenner sebagai berikut:

1. Ditempatkan elektroda-elektroda arus  $AB$  dan tegangan  $MN$  dengan jarak yang sama ( $a_1$ )
2. Kemudian dicatat posisi koordinat datum point serta ketinggian.
3. Selanjutnya dicatat beda potensial ( $V$ ), kuat arus listrik ( $I$ ) dan nilai resistansi ( $R$ ) yang terukur pada alat resistivity meter.

4. Dipindah elektroda pada jarak ke 2 dengan jarak antar elektroda sebesar  $a_2$ . Dan dicatat kuat arus listrik dan nilai hambatan yang terukur. Arah bentangan antara  $A$ ,  $N$ ,  $M$  dan  $B$  harus lurus.
  5. Langkah pada poin 2 dilakukan (dapat berkali-kali) sampai panjang lintasan yang diharapkan.
  6. Lalu dipindah titik datum point dan dilakukan sesuai urutan prosedur 1-4.
- Untuk lebih jelasnya tampak pada gambar 3.3. Data yang diambil dari penelitian ini meliputi data primer, yaitu:

1. Jarak antar elektroda (jarak elektroda  $AB$  dan  $MN$ )
2. Jarak antar titik mapping vertikal
3. Besar arus yang diinjeksikan ( $I$ )
4. Beda potensial yang terjadi ( $\Delta V$ )
5. Nilai hambatan ( $R$ )



Gambar 3.2 Skema Pengambilan Data Mapping (Milsom, 2003).

### 3.3.2 Pengolahan Data

Dalam penelitian ini didapatkan data-data yang terbagi 2 macam:

- a. Data observasi, yaitu pengambilan data dengan melakukan penelitian dan pengukuran langsung di lapangan dengan alat geolistrik resistivity meter dan data sumur-sumur yang ada untuk dijadikan dugaan awal.
- b. Data literatur, yaitu menggunakan bahan pustaka dan website internet sebagai referensi penunjang untuk memperoleh data tentang range resistivitas batuan, peta dan informasi geologi daerah survei.

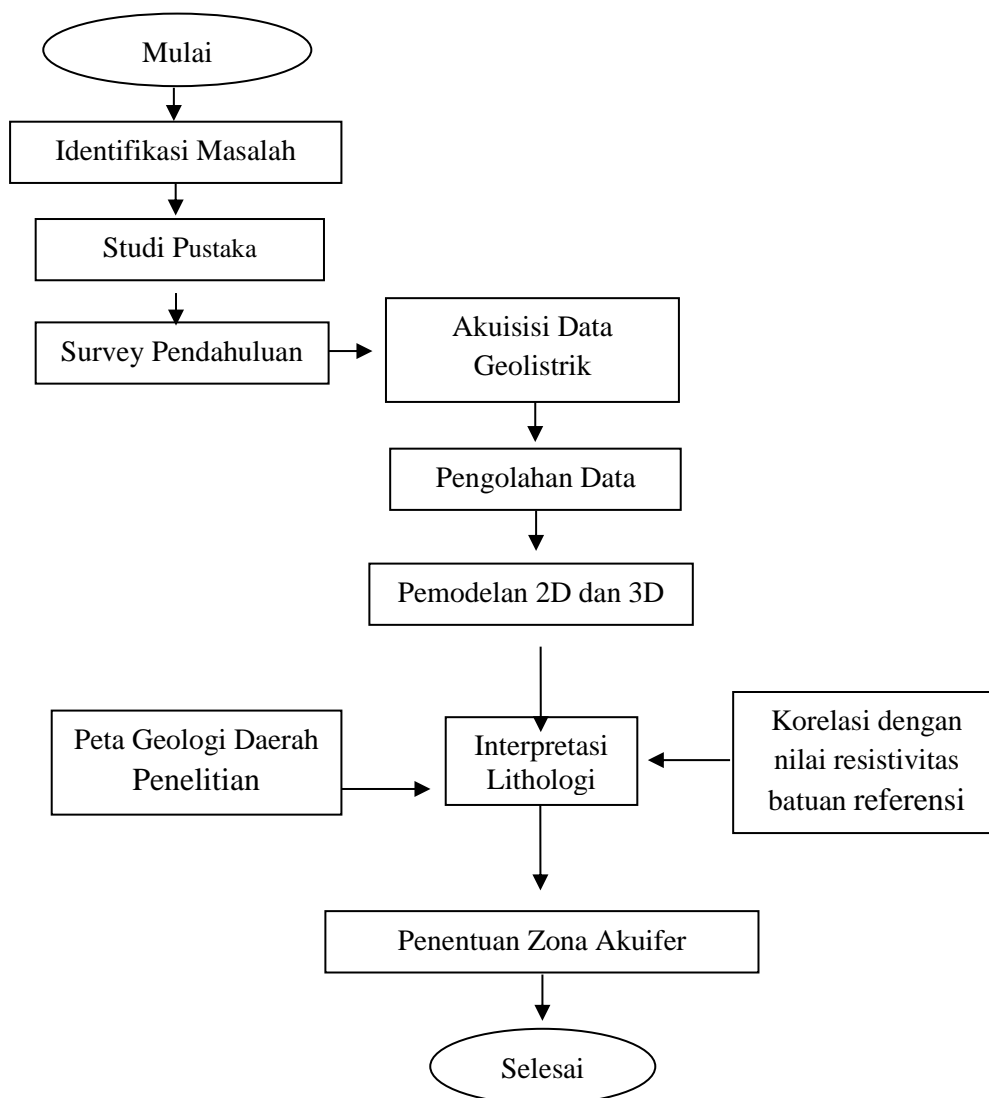
Data Geolistrik mapping (secara horisontal) yang telah diperoleh dari lapangan diolah dengan menggunakan perangkat lunak Excel 2010 dan Res2Dinv untuk mendapatkan data struktur bawah permukaan dalam bentuk kontur secara mendatar sehingga memberikan data dua dimensi sebaran nilai resistivitas pada titik-titik pengukuran yang telah menjadi target poin. Setelah mendapatkan data secara 2 dimensi kemudian diolah dengan perangkat Voxler 4 dengan menginterpolasi 3 data lintasan yang diperoleh secara 2 dimensi atau mendatar untuk memberikan gambaran 3 dimensi lapisan bawah permukaan. Dari data mapping horisontal tiga dimensi dan mapping vertikal tiga dimensi kemudian dilakukan interpretasi.

### **3.3.3 Interpretasi Data**

Analisa dan Interpretasi data geolistrik dilakukan dengan analisa dan interpretasi mapping tiga dimensi secara horisontal. Analisa dan interpretasi dua dan tiga dimensi mapping secara horisontal memberikan gambaran sebaran nilai resistivitas. Informasi yang diperoleh adalah nilai resistivitas secara merata di daerah penelitian. Setelah mendapatkan nilai resistivitas kemudian mengkorelasikan dengan data nilai resistivitas yang ada pada literatur kemudian

menghasilkan bentuk tampilan menyerupai pemetaan. Setelah itu lalu menyesuaikan dengan geologi daerah penelitian.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Hasil Penelitian**

#### **4.1.1 Daerah Penelitian**

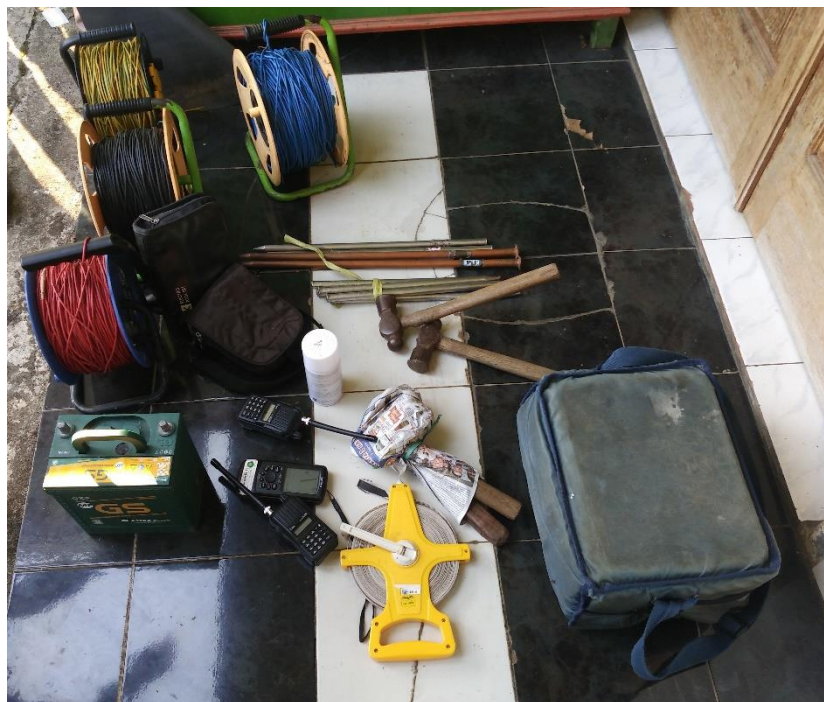
Pengambilan data dilaksanakan pada hari sabtu dan minggu tanggal 20 April 2017 yang bertempat di Dusun Kulon Kali Desa Sumbermanjing Kulon Kecamatan Pagak Kabupaten Malang. Topografi daerah penelitian yang berada pada rata-rata ketinggian 377 di atas permukaan laut dan wilayahnya tidak landai melainkan ada bukit-bukit kecil yang menunjukkan ciri khas dari wilayah karst dan juga terdapat beberapa *sinkhole* yang telah terkubur.

Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi wenner mapping dengan 3 lintasan yang berjajar dengan panjang setiap lintasan 300 meter dengan spasi tiap elektroda 10 meter. Lintasan pertama membentang dari  $8^{\circ}18'27,67''\text{LS}$  dan  $112^{\circ}28'19,63''\text{BT}$  sampai  $8^{\circ}18'30,68''\text{LS}$  dan  $112^{\circ}28'28,94''\text{BT}$ . Lintasan kedua dari  $8^{\circ}18'23,00''\text{LS}$  dan  $112^{\circ}28'21,16''\text{BT}$  sampai  $8^{\circ}18'26,02''\text{LS}$  dan  $112^{\circ}28'30,48''\text{BT}$  dan yang terakhir dari  $8^{\circ}18'19,31''\text{LS}$  dan  $112^{\circ}28'22,37''\text{BT}$  sampai  $8^{\circ}18'22,33''\text{LS}$  dan  $112^{\circ}28'31,69''\text{BT}$ .

#### **4.1.2 Akuisisi Data**

Sebelum dilaksanakannya akuisisi data terlebih dahulu dilaksanakan observasi lapangan guna membuat lintasan geolistrik dan dengan memanfaatkan software *Google Earth* untuk pemetaan topografi daerah penelitian dan untuk mendapatkan koordinat pada setiap lintasan.

Pada akuisisi data, alat yang digunakan yaitu *Resistivitymeter* merk OYO model McOHm-21 yang berfungsi sebagai alat pencatat beda potensial serta sebagai sumber arus. Selain itu ada beberapa alat yang membantu dalam akuisisi data antara lain kabel rol dan 4 elektroda yang berfungsi sebagai pendistribusi arus dari *resistivitymeter* kedalam tanah dan menerima kembali sebagai beda potensial dari arus yang dihasilkan, meteran roll yang berfungsi untuk mengukur panjang lintasan, GPS (*Global Positioning System*) yang berfungsi untuk mengetahui ketinggian dan koordinat pada datum di setiap lintasan dan accu yang berfungsi sebagai sumber arus.



Gambar 4.1 Peralatan Akuisisi Data Geolistrik Resistivitas

Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan konfigurasi Wenner Alpha *profailing/mapping*. Dengan panjang lintasan 300 meter dan spasi tiap elektroda 10 meter, untuk  $n=1$  jarak  $AB=30$  meter dengan spasi tiap elektroda 10

meter, untuk  $n=2$  jarak  $AB=60$  meter dengan spasi tiap elektroda 20 meter, untuk  $n=3$  jarak  $AB=90$  meter dengan spasi tiap elektroda 30 meter, untuk  $n=4$  jarak  $AB=120$  meter dengan spasi tiap elektroda 40 meter, untuk  $n=5$  jarak  $AB=150$  meter dengan spasi tiap elektroda 50 meter, untuk  $n=6$  jarak  $AB=180$  meter dengan spasi tiap elektroda 60 meter, untuk  $n=7$  jarak  $AB=210$  meter dengan spasi tiap elektroda 70 meter, untuk  $n=8$  jarak  $AB=240$  meter dengan spasi tiap elektroda 80 meter, untuk  $n=9$  jarak  $AB=270$  meter dengan spasi tiap elektroda 90 meter, untuk  $n=10$  jarak  $AB=300$  meter dengan spasi tiap elektroda 100 meter. Data yang didapatkan antara lain resistansi rata-rata atau  $R_{\text{rata-rata}}$ , datum point, serta arus listrik yang diinjeksikan. Data selengkapnya disajikan pada halaman lampiran.

#### **4.1.3 Pengolahan Data**

Metode geolistrik resistivitas merupakan metode yang memanfaatkan sifat kelistrikan, yaitu dengan mengukur resistivitas setiap batuan. Dari resistivitas tersebut kita akan mengenali setiap jenis batuan yang berada di bawah permukaan. Prinsip pelaksanaan survei tahanan jenis adalah dengan menginjeksikan arus listrik melalui elektroda arus dan mengukur responnya (tegangan) pada elektroda potensial dalam suatu susunan (konfigurasi) tertentu (Eko Minarto, 2009).

Data yang diperoleh saat akuisisi data di lapangan yaitu resistansi. Resistansi yang diperoleh pada lapangan merupakan resistansi dari beberapa lapisan batuan di bawah permukaan sehingga nilai tersebut beragam. Hal ini dipengaruhi beda potensial pada setiap lapisan batuan di bawah permukaan. Setiap lapisan terdiri dari beberapa jenis batuan yang mempunyai konduktifitas yang berbeda-beda.

Jika tanah adalah tak homogen namun dan jarak elektroda bervariasi, atau spasi tetap, sementara seluruh array dipindahkan, maka rasio secara umum akan berubah. Hal ini menghasilkan nilai yang berbeda dari  $\rho$  untuk setiap pengukuran. Besarannya berkaitan erat dengan susunan elektroda. Kuantitas yang diukur ini dikenal sebagai tahanan jenis semu  $\rho_a$ . Meskipun ditentukan sampai batas tertentu, dari resistivitas sebenarnya zona di sekitar array elektroda, resistivitas semu bukan nilai rata-rata dan hanya dalam kasus alasan homogen itu sama dengan tahanan yang sebenarnya (Telford, 1982). Yang kita butuhkan pada penelitian ini yaitu data resistivitas semu. Untuk mendapatkan data resistivitas semu tersebut yaitu dengan mengalikan data resistansi yang diperoleh dengan faktor geometri.

*Software* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Res2dinv dan Voxler 4, Res2dinv merupakan *software* yang digunakan untuk menampilkan data 2D sedangkan Voxler 4 untuk menampilkan data dengan bentuk 3D. *Software* Res2dinv memerlukan beberapa input data antara lain adalah datum point, spasi antar elektroda serta *apparent resistivity* yang didapatkan dari resistivitas yang terukur di lapangan dengan faktor geometri, untuk konfigurasi wenner alpha faktor geometri ( $k$ ) didapat dari  $k=2\pi a$ .

Hasil yang didapat pada *software* Res2dinv ditampilkan dalam tiga tahapan antara lain adalah *measured apparent pseudosection*, *calculated apparent resistivity pseudosection*, dan *inverse model resistivity section*. Model yang menerangkan kondisi bawah permukaan yaitu *inverse model resistivity section* dimana pada setiap model tersebut memiliki nilai *RMS error* yaitu selisih antara



*measured apparent pseudosection dan calculated apparent resistivity pseudosection.*

Setelah kita olah data tersebut dengan menggunakan *software* Res2dinv, kita dapat menggunakan data olahan Res2dinv yang berupa 2 dimensi menjadi 3 dimensi dengan bantuan *software* Voxler 4 yaitu dengan memasukkan olahan tersebut yang berupa xyz dan *apparent resistivity*, sumbu x menunjukkan kedalaman, sumbu y menunjukkan jarak antar spasi dan sumbu z merupakan datum point. Kemudian kita atur warna yang menunjukkan nilai *apparent resistivity* sesuai dengan skala warna pada *software* Res2dinv agar memudahkan kita dalam interpretasi.

Pada *software* Voxler 4 kita dapat menginterpolasikan data lintasan 1,2 dan 3 sehingga kita mendapatkan penampang lateral dan dapat diatur kedalamannya dari penampang tersebut sehingga dapat menampilkan nilai resistivitas pada kedalaman yang kita inginkan guna mengetahui struktur di antara lintasan tersebut.

## **4.2 Pembahasan**

Data yang telah diolah melalui beberapa *software* yang telah dijelaskan di atas akan menampilkan penampang baik secara 2D maupun 3D dan menunjukkan nilai-nilai tertentu berdasarkan warna dan warna tersebut menunjukkan lithologi batuan yang sesuai dengan nilai resistivitasnya. Analisis lithologi sangat diperlukan dalam penelitian ini, untuk menentukannya memerlukan peta geologi daerah penelitian sebagai acuan.

### **4.2.1 Analisis Lithologi**

Pada Peta Geologi lembar Blitar, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (1992) stratigrafi Formasi Nampol terdiri dari batupasir tufaan, batulempung, napal pasiran, batupasir gampingan, dan batulempung hitam. Formasi Nampol dengan susunan batuan sebagai berikut: bagian bawah terdiri dari konglomerat, batupasir tufan, dan bagian atas: terdiri dari perselingan batulanau, batupasir tufan, dan sisipan serpih karbonan dan lapisan lignit. Diendapkan pada Kala Miosen Awal (Sartono,1964) atau Nahrowi (1979), Pringgoprawiro (1985), Samodaria & Gafoer (1990) menghitungnya berumur Miosen Awal – Miosen Tengah.

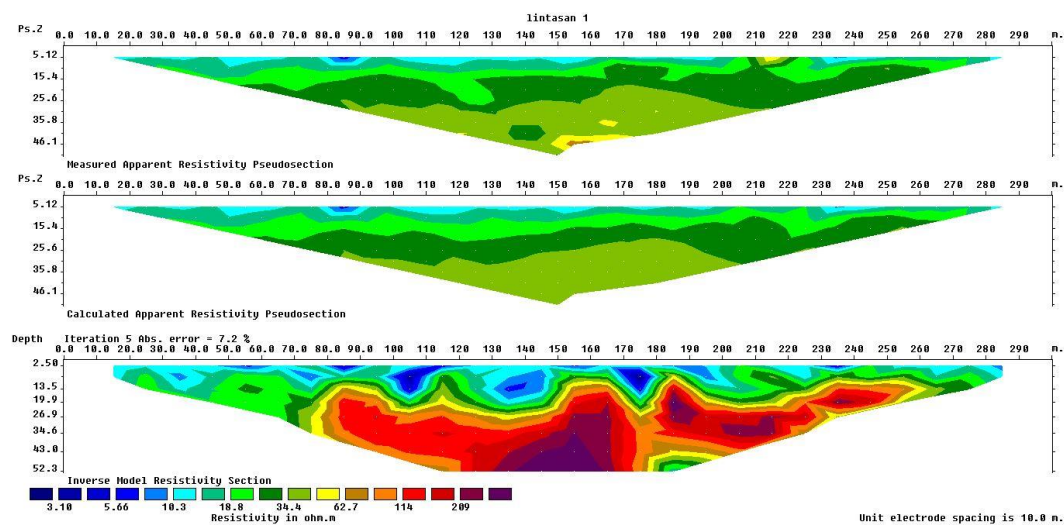
Setelah kita mengetahui lithologi batuan, kita dapat menentukan nilai resistivitas dari batuan tersebut untuk memudahkan dalam interpretasi data hasil. Menurut M.H Loke (1999) nilai resistivitas dari batuan-batuan tersebut adalah Batupasir (*sandstone*) memiliki resistivitas antara 8-4000  $\Omega\text{m}$ , Batugamping (*limestone*) memiliki resistivitas antara 50-400  $\Omega\text{m}$ , Lempung (*Clay*) memiliki resistivitas antara 1-100  $\Omega\text{m}$ . sedangkan untuk air tanah (*fresh groundwater*) menurut Suyono (1978) mempunyai nilai antara 30-100  $\Omega\text{m}$ , dan untuk tuff menurut Telford (1976) mempunyai nilai antara 2-1000  $\Omega\text{m}$ .

#### **4.2.2 Interpretasi Data Hasil**

Interpretasi pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan tabel resistivitas batuan yang ada dalam literatur dan juga didasarkan dengan geologi regional daerah penelitian.

##### **A. Interpretasi Lintasan 1**

Lintasan 1 memiliki panjang 300 dengan spasi perpindahan sebesar 10 meter, memiliki data datum point sebanyak 145. Nilai resistivitas minimum dan maksimum pada data ini 2,67  $\Omega\text{m}$  dan 442,38  $\Omega\text{m}$ . Dari panjang lintasan tersebut didapatkan kedalaman maksimum 53,2 m. Jumlah iterasi yang di gunakan pada lintasan ini yaitu 5 kali dengan *RMS error* 7,2 %.



Gambar 4.2 Model Penampang 2D Lintasan 1

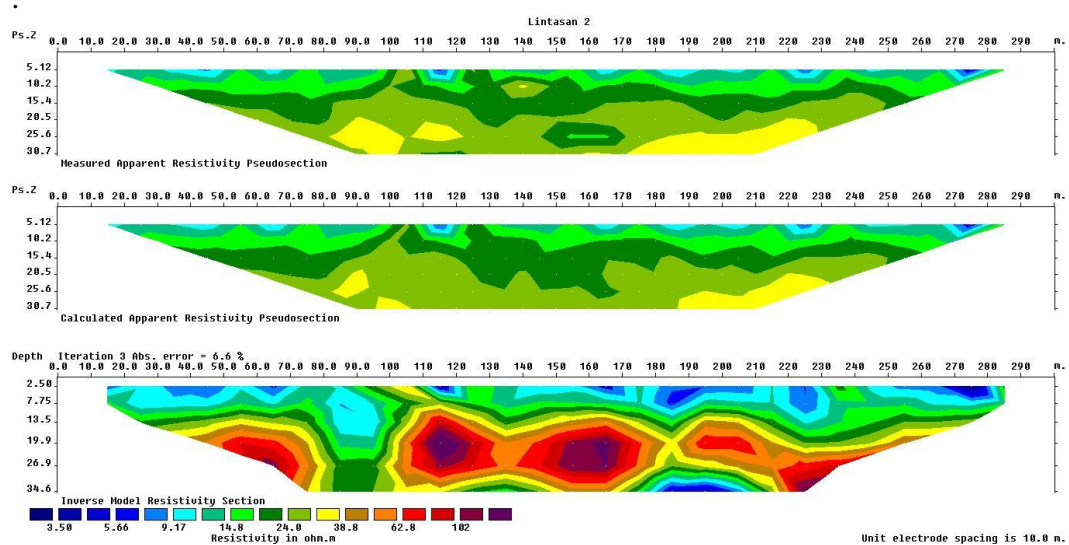
Pada gambar 4.2 tersebut menunjukkan terdapat beberapa nilai resistivitas batuan, gambar tersebut menunjukkan bahwa rata-rata lapisan paling atas mempunyai resistivitas rendah yaitu antara 2,67 - 44,7  $\Omega\text{m}$  merupakan lempung, batulempung, pasir, napal. Batuan tersebut merupakan akuikard yang mana memiliki porositas dan permeabilitas yang rendah sehingga tidak dapat mengalirkan atau mendistribusikan air tanah dengan kata lain ini bukan merupakan akuifer.

Selanjutnya lapisan di bawahnya terdapat batuan yang tersusun atas gamping/*limestone* yaitu napal, pasir, batupasir gamping, batugamping, air

tanah yang mempunyai resistivitas 44,8 – 104  $\Omega\text{m}$ . Batuan tersebut merupakan karbonat yang telah terkarstifikasi dengan baik yaitu dengan dugaan adanya air tanah pada lapisan tersebut yang mempunyai resistivitas antara 45 – 105  $\Omega\text{m}$ . Batuan karbonat yang telah terkarstifikasi memiliki porositas dan permeabilitas tinggi sehingga dapat mengalirkan air tanah. Batuan gamping dan juga dolomit yang belum terkarstifikasi mempunyai nilai kisaran porositas yang sangat kecil (maksimal 10%). Sebaliknya, jika batuan gamping telah terkarstifikasi akan mempunyai nilai porositas yang tinggi mencapai 50% (Adji dan Haryono, 2004). Di tempat tertentu mempunyai ketebalan yang signifikan sehingga dapat dikatakan sebagai akuifer karst karena sudah memenuhi syarat sebagai akuifer yaitu dapat menyimpan dan mengalirkannya sehingga sumur atau mata air mempunyai debit air cukup signifikan (Eko Minarto, 2009). Pada lapisan selanjutnya merupakan kelompok karbonat yang belum terkarstifikasi dengan nilai resistivitas sebesar 105 – 442,38  $\Omega\text{m}$  yang tersusun oleh batupasir gampingan, batugamping, batupasir tufan, lapisan tersebut merupakan endokarst yang mana belum terbentuknya lorong-lorong solusional jadi batuan gamping mempunyai porositas yang kecil dan bersifat masif.

## **B. Interpretasi Lintasan 2**

Lintasan 2 memiliki Panjang 300 meter dengan spasi perpindahan sebesar 10 meter, memiliki data datum point sebanyak 123. Nilai resistivitas minimum dan maksimum pada data ini 3,10  $\Omega\text{m}$  dan 185,57  $\Omega\text{m}$ . Dari panjang lintasan tersebut didapatkan kedalaman maksimum 34,6 m. Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini yaitu 3 kali dengan *RMS error* 6,6%.



Gambar 4.3 Model Penampang 2D Lintasan 2

Pada gambar 4.3 merupakan hasil dari inversi lintasan 2, dari hasil tersebut terdapat beberapa nilai resistivitas batuan, gambar tersebut menunjukkan bahwa batuan paling atas mempunyai resistivitas rendah yaitu antara 3,10 – 38,8  $\Omega\text{m}$  merupakan lempung, batulempung, pasiran, napal. Batuan tersebut merupakan akuitard yang mana memiliki porositas dan permeabilitas yang rendah dan bukan merupakan akuifer. Di bawah lapisan tersebut terdapat batuan yang tersusun atas batuan gamping yang mempunyai resistivitas 38,9 - 185,57  $\Omega\text{m}$  dibagi menjadi 2 bagian yang pertama adalah kelompok gamping yang telah terkarstifikasi yang tersusun oleh napal, pasiran, batupasir gampingan, batugamping, air tanah dengan rentang nilai resistivitas 38,9 - 102  $\Omega\text{m}$ . Batuan gamping yang telah terkarstifikasi akan mempunyai nilai porositas yang tinggi mencapai 50% sehingga dapat dikatakan sebagai akuifer karst karena sudah memenuhi syarat sebagai akuifer yaitu dapat menyimpan dan mengalirkannya sehingga sumur atau mata air mempunyai debit air cukup signifikan. Yang kedua merupakan kelompok gamping yang belum

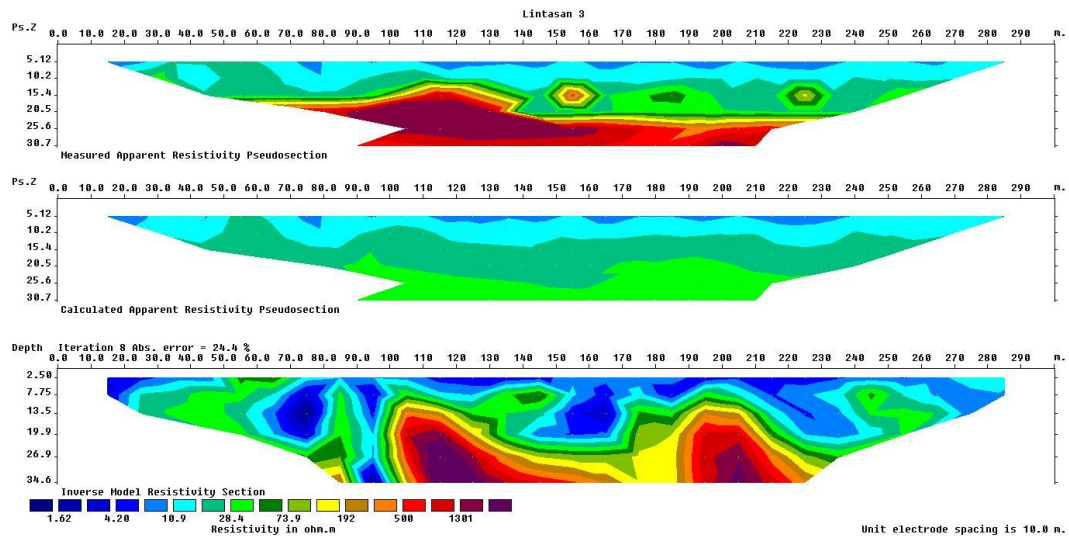
terkartifikasi dengan nilai resistivitas sebesar 115 - 185,57  $\Omega\text{m}$  yang tersusun oleh batupasir gampingan, batugamping.

### C. Interpretasi Lintasan 3

Lintasan 3 memiliki panjang 300 meter dengan spasi perpindahan sebesar 10 meter, memiliki data datum point sebanyak 99. Nilai resistivitas minimum dan maksimum pada data ini 1,27  $\Omega\text{m}$  dan 4296,80  $\Omega\text{m}$ . Dari panjang lintasan tersebut didapatkan kedalaman maksimum 34,6 m. Jumlah iterasi yang di gunakan pada lintasan ini yaitu 8 kali dengan *RMS error* 24,4%.

Pada gambar 4.4 merupakan hasil dari inversi lintasan 3, terdapat beberapa nilai resistivitas batuan, gambar tersebut menunjukkan bahwa batuan paling atas mempunyai resistivitas rendah yaitu antara 3,58 – 45,9  $\Omega\text{m}$  merupakan lempung, batulempung, pasir, napal. Batuan tersebut merupakan akuitard yang mana memiliki porositas dan permeabilitas yang rendah dan bukan merupakan akuifer. Lapisan yang selanjutnya merupakan batuan karbonat yang memiliki resistivitas antara Di bawah lapisan tersebut terdapat batuan yang tersusun atas batuan karbonat yang mempunyai resistivitas 46 - 4586,03  $\Omega\text{m}$  dibagi menjadi 2 bagian yang pertama adalah kelompok gamping yang telah terkarstifikasi yang tersusun oleh napal, pasir, batupasir gampingan, batugamping, air tanah dengan rentang nilai resistivitas 46,1 - 128  $\Omega\text{m}$ . Batuan gamping yang telah terkarstifikasi akan mempunyai nilai porositas yang tinggi mencapai 50% sehingga dapat dikatakan sebagai akuifer karst karena sudah memenuhi syarat sebagai akuifer yaitu dapat menyimpan dan mengalirkannya sehingga sumur atau mata air mempunyai debit air cukup signifikan. Yang kedua merupakan kelompok gamping yang belum

terkartifikasi dengan nilai resistivitas sebesar 129 - 4586,03  $\Omega\text{m}$  yang tersusun oleh batupasir gampingan, batugamping.



Gambar 4.4 Model Penampang 2D Lintasan 3

#### D. Interpretasi Lateral dari Lintasan 1, 2 dan 3

Interpretasi secara lateral bertujuan untuk mengetahui struktur pada kedalaman tertentu, hal ini berguna dalam mengetahui sebaran suatu target yang mana pada penelitian ini targetnya adalah akuifer. Data lateral didapatkan melalui interpolasi data lintasan 1, 2 dan 3 pada *software* Voxler. Salah satu keunikan akuifer karst yang membedakan dengan akuifer jenis lainnya adalah keterdapatannya lorong-lorong solusional yang disebabkan oleh karstifikasi batuan gamping/dolomit.

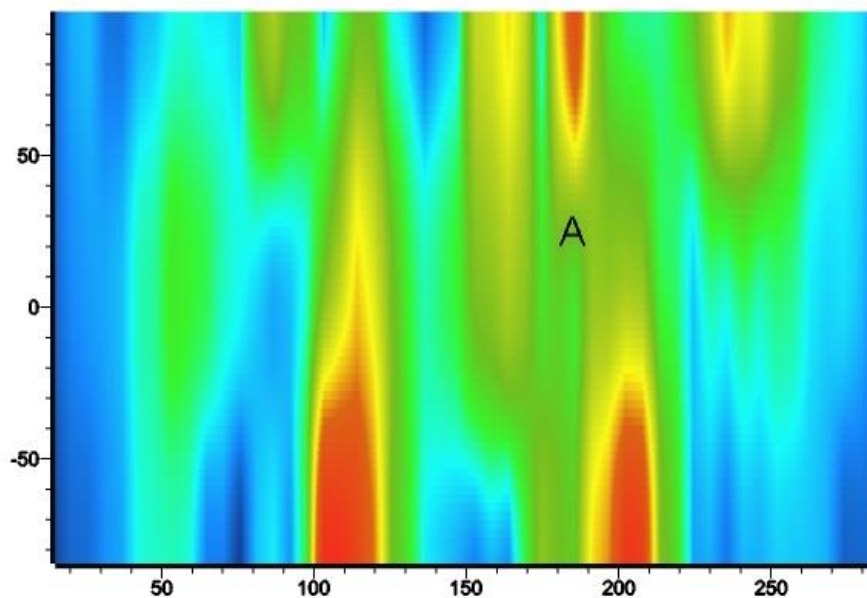
Hasil yang didapatkan tersebut menunjukkan bahwa batuan paling atas mempunyai resistivitas rendah yaitu antara 5,15 – 44,9  $\Omega\text{m}$  merupakan topsoil, lempung, batulempung, pasiran, napal. Batuan tersebut merupakan akuitard yang mana memiliki porositas dan permeabilitas yang rendah dan bukan merupakan

akuifer. Di bawah lapisan tersebut terdapat batuan yang tersusun atas batuan gamping yang mempunyai resistivitas  $45 - 105 \Omega\text{m}$ , gamping telah terkarstifikasi yang tersusun oleh napal, pasiran, batupasir gampingan, batugamping, air tanah. Batuan gamping yang telah terkarstifikasi akan mempunyai nilai porositas yang tinggi mencapai 50% sehingga dapat dikatakan sebagai akuifer karst karena sudah memenuhi syarat sebagai akuifer yaitu dapat menyimpan dan mengalirkannya sehingga sumur atau mata air mempunyai debit air cukup signifikan. Selanjutnya merupakan kelompok gamping yang belum terkarstifikasi dengan nilai resistivitas sebesar  $105,1 - 2059 \Omega\text{m}$  yang tersusun oleh batupasir gampingan, batupasir tufaan, batugamping.

Pada kedalaman 8 meter yang ditunjukkan pada lapisan paling atas pada gambar 4.5 memiliki rentang nilai resistivitas antara  $1 - 44 \Omega\text{m}$ . Pada lapisan ini terdiri dari batuan lempung, batulempung, batupasir dan napal, batuan tersebut tersebar hampir di seluruh wilayah peneliti. Di kedalaman ini didominasi oleh lempung yang berwarna biru, kemudian napal yang berwarna biru muda, napal pasiran sendiri merupakan batulempung yang memiliki kadar karbonat 30% dan mengandung butir-butir pasir sehingga batu tersebut merupakan batu peralihan dari lempung dengan batugamping pasiran. Selanjutnya di beberapa titik terdapat batugamping pasiran yang telah terkarstifikasi dan diduga mengandung air tanah. - Selanjutnya pada kedalaman 16 meter memiliki nilai resistivitas dari  $1 - 215,4 \Omega\text{m}$ , batuan yang menyusun antara lain adalah lempung, batulempung, batupasir, napal, pasiran, batupasir gampingan, batugamping. Batuan penyusun pertama yang mempunyai resistivitas dengan rentang  $1 - 45 \Omega\text{m}$  yaitu antara lain adalah lempung,



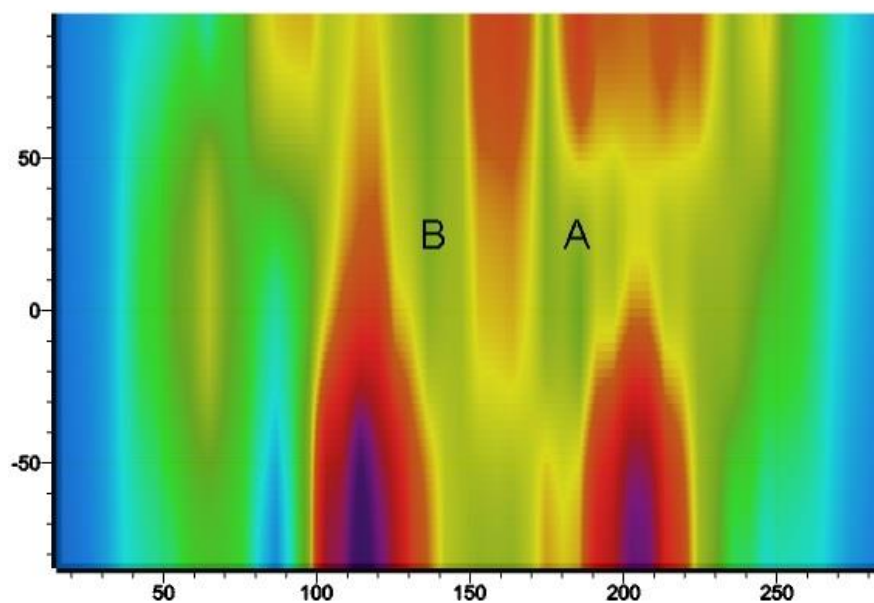
batulempung, batupasir, napal, pasiran. Pada kedalaman ini mulai banyak terdapat batugamping yang telah terkarstifikasi yang diduga mengandung air tanah dengan nilai resistivitas antara 45-105  $\Omega\text{m}$ , akan tetapi dikarenakan kondisi geologi karst, batuan yang telah terkarstifikasi menyebar di beberapa titik yang tidak menyambung satu sama lain atau mempunyai permabilitas rendah sedangkan disebut akuifer karst harus mempunyai porositas dan permeabilitas yang baik. Pendugaan adanya akuifer karst pada kedalaman ini yaitu titik A yang ditunjuk pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Model Penampang 2D Lateral kedalaman 16 meter

Pada gambar 4.6 terdapat beberapa lokasi yang ditandai dengan titik memiliki nilai resistivitas tinggi dari 110 – 215,4  $\Omega\text{m}$  secara lithologi batuan tersebut termasuk kelompok dari gampingan yang belum terkarstifikasi dengan baik. Batuan tersebut mempunyai porositas kecil. Pada kedalaman 25 meter nilai resistivitas nya cenderung besar walaupun di beberapa tempat terdapat nilai resistivitasnya kecil,

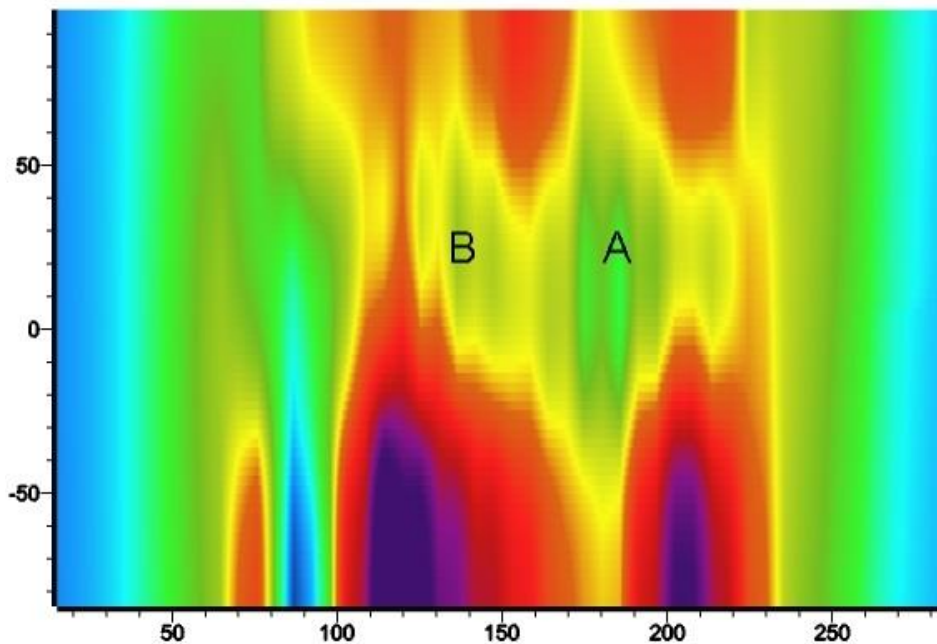
hal ini menunjukkan bahwa pada kedalaman ini sebagian besar terdiri dari batuan gamping yang telah terkarstifikasi maupun belum terkarstifikasi dan sedikit dari lempungan dan napal, terdapat juga pada kedalaman ini batuan dengan resistivitas lebih dari  $500 \Omega\text{m}$  yang menunjukkan bahwa adanya rongga bawah tanah yang ditandai dengan warna ungu sampai ungu tua pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Model Penampang 2D Lateral kedalaman 25 meter

Potensi akuifer pada kedalaman ini ditunjukkan pada gambar 4.7 yaitu pada A dan B. Potensi akuifer A tersebut mempunyai hubungan dengan potensi A pada kedalaman 16. Menunjukkan bahwa batuan karbonat pada titik tersebut di kedalaman 15 sampai 25 meter memiliki porositas dan permeabilitas tinggi. Batuan pada kedalaman 35 meter sebagian besar memiliki resistivitas tinggi yaitu lebih dari  $105 \text{ ohm.meter}$  yang menunjukkan bahwa lapisan tersebut merupakan batuan gamping yang belum terkarstifikasi dan memiliki porositas rendah, hal ini termasuk

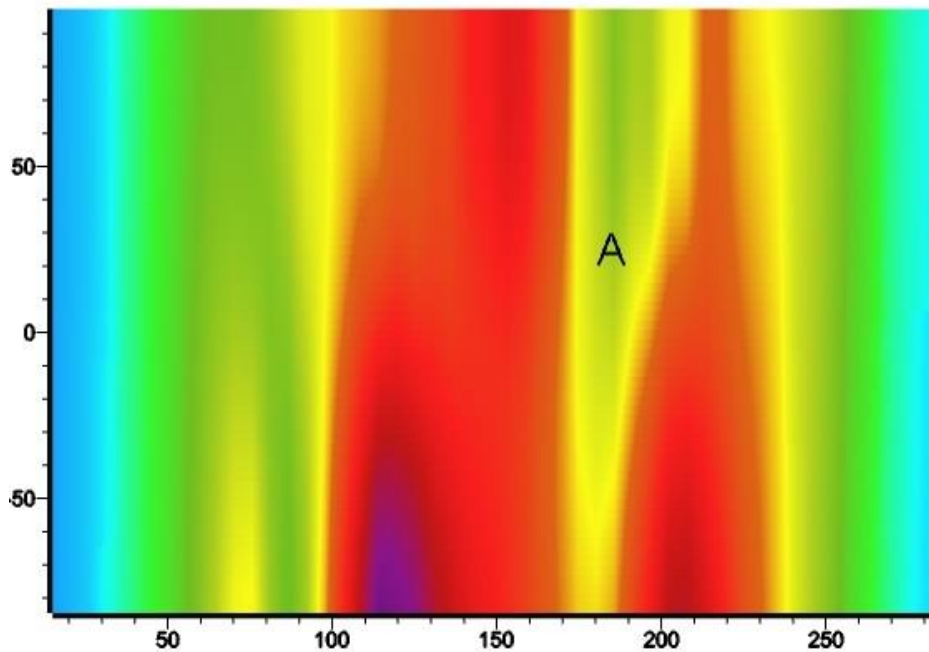
endokarst, namun disebagian wilayah terdapat batuan gamping yang telah terkarstifikasi yang diduga mengandung air tanah.



Gambar 4.8 Model Penampang 2D Lateral kedalaman 35 meter

Gambar 4.8 merupakan lithologi batuan pada kedalaman 35 meter. Pendugaan akuifer pada kedalaman ini pada titik A dan B. Titik A pada kedalaman ini diduga berhubungan dengan titik A pada kedalaman 25 meter yang mengandung air tanah. Pada kedalaman ini diduga terdapat lorong solusional yang menghubungkan antara titik B dengan titik A sedangkan pada kedalaman sebelumnya titik A dan B dibatasi oleh batuan dengan resistivitas besar yaitu batupasir gampingan yang belum terkarstifikasi dan bersifat tidak meloloskan air tanah. Selanjutnya pada kedalaman 43 meter batuan yang menyusun sebagian besar memiliki resistivitas tinggi yaitu antara 155 – 1520,6  $\Omega\text{m}$  yang menunjukkan bahwa pada kedalaman merupakan endokarst, yang bersifat sangat masif dengan sedikit lorong solusional yang diisi

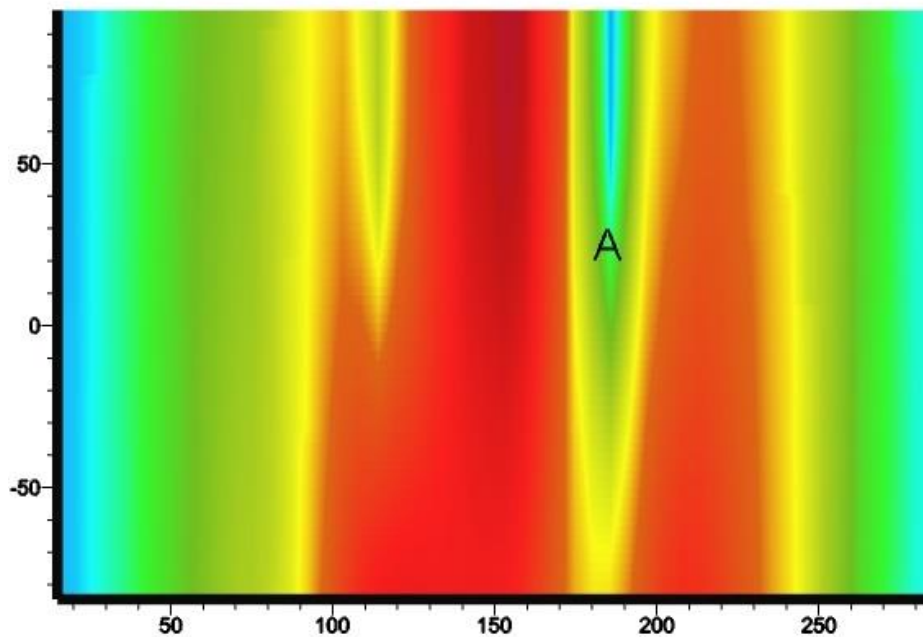
oleh air tanah sehingga tidak berpotensi sebagai akuifer, ditunjukkan pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Model Penampang 2D Lateral kedalaman 43 meter

Pendugaan akuifer pada kedalaman ini telah ditandai titik A pada gambar 4.9 karena titik tersebut merupakan batu pasir gampingan yang telah terkarstifikasi dan memiliki porositas sekunder, diduga mengandung air tanah. Titik A pada kedalaman 43 berhubungan dengan titik A pada kedalaman 35 meter sehingga berpotensi sebagai akuifer. Pada kedalaman 53 meter batuan penyusun rata-rata memiliki resistivitas  $110 - 275,4 \Omega\text{m}$  yaitu batupasir gampingan yang belum terkarstifikasi yang mempunyai porositas kecil sehingga tidak dapat dikatakan sebagai akuifer. Pendugaan akuifer pada kedalaman ini telah ditandai pada gambar 4.10, pada gambar potensi akuifer pada titik A yang memiliki resistivitas  $45 - 105 \Omega\text{m}$ . yang menunjukkan bahwa batuan tersebut merupakan batupasir gampingan yang telah

terkarstifikasi dengan baik dan memiliki lorong-lorong yang berhubungan dengan titik A pada kedalaman 43 meter sehingga memiliki permeabilitas yang tinggi.



Gambar 4.10 Model Penampang 2D Lateral kedalaman 52,3 meter

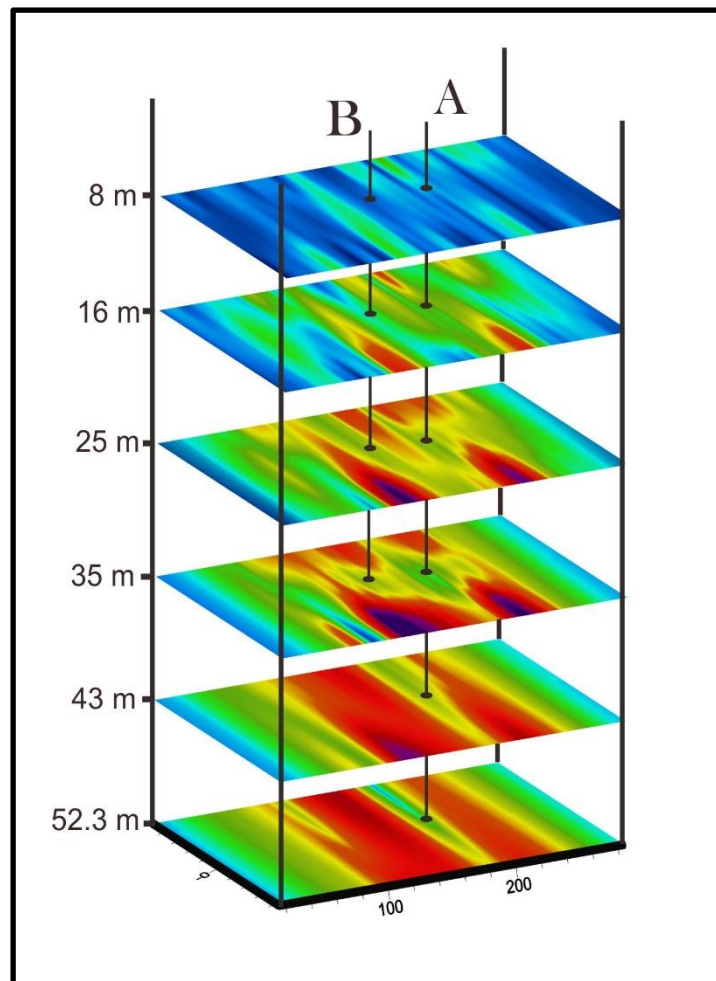
### 4.2.3 Penentuan Zona Akuifer

Setelah kita menginterpretasikan data resistivitas 2D baik secara horizontal maupun lateral kemudian kita analisis potensi akuifer di daerah penelitian. Pada pembahasan subbab sebelumnya telah didapatkan beberapa titik yang diduga sebagai potensi akuifer yang memiliki rentang resistivitas antara 45 – 105  $\Omega\text{m}$  (Suyono : 1978). Titik-titik yang diduga sebagai akuifer dimasukkan pada gambar 4.5 sehingga didapatkan model penampang pada gambar 4.11.

Nilai resistivitas pada daerah penelitian memiliki rentang antara 5.15 ohm.meter sampai 1520.62  $\Omega\text{m}$  yang dibagi menjadi 3 bagian, pertama yaitu batuan dengan resistivitas 5.15  $\Omega\text{m}$  sampai 44,9  $\Omega\text{m}$  merupakan top soil, lempung,

batulempung, batupasir, napal. Kedua yaitu resistivitas batuan antara 45 ohm.meter sampai 105  $\Omega$ m merupakan napal, pasiran, batupasir gampingan, batugamping, air tanah terakhir yaitu batuan dengan resistivitas antara 105,1  $\Omega$ m sampai 1520.62  $\Omega$ m merupakan batupasir gampingan, batupasir tufaan, batugamping.

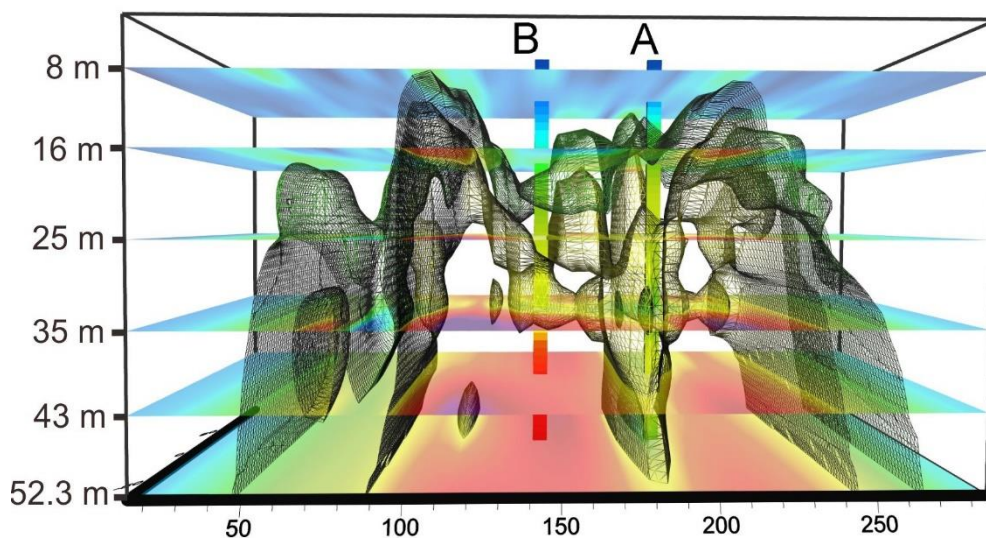
Pendugaan akuifer yaitu pada resistivitas 45  $\Omega$ m sampai 105  $\Omega$ m, pada resistivitas tersebut batuan karbonat telah mengalami karstifikasi sehingga memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi dan mengandung air tanah dalam jumlah yang besar. Batuan karbonat di daerah karst mempunyai porositas besar karena adanya percelahan hasil proses pelarutan sehingga cocok digolongkan sebagai porositas sekunder. Kesimpulannya, batuan gamping yang belum terkarstifikasi akan mempunyai nilai porositas yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan batuan gamping yang telah terkarstifikasi dengan baik. Batuan gamping dan juga dolomit yang belum terkarstifikasi mempunyai nilai kisaran porositas yang sangat kecil (maksimal 10%). Sebaliknya, jika batuan gamping telah terkarstifikasi akan mempunyai nilai porositas yang tinggi mencapai 50% (Adji dan Haryono, 2004).



Gambar 4.11 Pendugaan potensi Akuifer pada Model Penampang 2D

Gambar 4.11 merupakan model penampang resistivitas secara lateral pada kedalaman yang telah ditentukan guna mengetahui potensi akuifer pada zona penelitian. Interpretasi pendugaan zona akuifer pada gambar tersebut yaitu pada titik A dan B, batuan karbonat pada titik A berpotensi sebagai akuifer karena memiliki luas dan ketebalan yang besar dibandingkan dengan daerah lain dan memiliki lorong-lorong yang saling berhubungan, untuk mengetahui sebaran lorong-lorong pada titik A digunakan pemodelan dalam 3 Dimensi dengan bantuan *software* Voxler yaitu pada gambar 4.12, pada *software* tersebut kita dapat

menampilkan olahan tersebut dalam *isoresistivitas* yang menunjukkan sesuai dengan nilai resistivitas batuan yang mengandung air tanah atau akuifer yaitu dengan kisaran 45 – 105  $\Omega\text{m}$ . Sebaran lorong-lorong tersebut memiliki hubungan dengan titik B pada kedalaman 35 meter.



Gambar 4.12 Model 3D dengan *Isoresistivitas*

Pendugaan sistem akuifer karst pada wilayah ini jika mengacu kepada data hasil yaitu *free-flow karst aquifer* dimana akuifer ini memiliki aliran tipe diffuse tetapi lorong-lorong solusional lebih dominan dimana sebagian besar aliran adalah melalui lorong-lorong conduit yang ada. Airtanah karst pada akuifer ini sangat terkontrol oleh distribusi dan arah dari lorong-lorong tersebut. (Adji dan Haryono, 2004). Aliran dengan tipe diffuse sebagian besar terjadi pada epikarst yang mempunyai peran penting dalam menyuplai air tanah dari eksokarst yang berupa *doline/sinkhole* maupun rekahan-rekahan, Zona epikarst mempunyai ketebalan kurang lebih 20 meter. Aliran dengan tipe conduit terletak pada zona endokarst, umumnya terdiri dari batuan karbonat yang belum terkarstifikasi akan tetapi



terdapat beberapa lorong-lorong yang mampu menyimpan air tanah dalam jumlah signifikan, pada zona tersebut mempunyai ketebalan mulai 20 meter sampai tak terhingga. Dikatakan sebagai akuifer karst karena sudah memenuhi syarat sebagai akuifer yaitu dapat menyimpan dan mengalirkannya sehingga sumur atau mata air mempunyai debit air cukup signifikan (Eko Minarto, 2009).

Potensi akuifer pada titik A pada kedalaman sekitar 12 meter sampai 52,3 meter dan resistivitas pada kedalaman 52,3 meter semakin mengecil sampai dibawah  $10 \Omega\text{m}$  yang menandakan bahwa semakin besarnya lorong solusional yang berisi air tanah.

Dengan adanya data tentang sebaran serta kedalaman zona akuifer pada penelitian ini dapat sebagai salah satu rujukan, referensi atau survei awal dalam eksplorasi air tanah pada wilayah tersebut. Lokasi yang berpotensi sebagai pengeboran air tanah telah disajikan pada gambar 4.13 yaitu titik A yang terletak pada koordinat  $8^{\circ}18'24.34''\text{S}$  dan  $112^{\circ}28'27.01''\text{T}$  dengan kedalaman pengeboran 40 sampai 45 meter, untuk titik B terletak pada koordinat  $8^{\circ}18'24.58''\text{S}$  dan  $112^{\circ}28'25.80''\text{T}$  dengan kedalaman pengeboran 30 sampai 35 meter.



Gambar 4.14 Lokasi Potensi Akuifer

#### 4.2.4 Akuifer Air Tanah pada Alqur'an

Al Qur'an mengajak kepada manusia untuk selalu memahami dan mengkaji al Qur'an, sebagaimana kata *iqra'* pada wahyu pertama yang sesungguhnya bukan hanya saja menyuruh kita untuk membaca, akan tetapi sesungguhnya mengajarkan kepada kita untuk selalu senantiasa mengadakan pengkajian setiap perilaku yang terjadi baik pada gejala di alam semesta ataupun yang terjadi di antara sesama manusia.

Allah SWT berfirman pada Surat ar-Rahman ayat 33:

يُمَعِّشِرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطٰنٍ ۝۳۳

*Hai jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan (QS. ar-Rahman ayat 33)*

Ayat di atas menjelaskan tentang ketidakmampuan jin dan manusia untuk menembus langit dan bumi akan tetapi Allah SWT menjelaskan pada ayat terakhir yang memiliki arti sebagai berikut 'kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan', yang menunjukkan bahwa kita bisa menembusnya dengan 'kekuatan'. Kata 'kekuatan' dalam arti luas dapat diartikan sebagai ilmu pengetahuan, walaupun secara fisik manusia tidak dapat menembus bumi akan tetapi dapat berupa sifat-sifat fisis seperti gelombang, resistivitas dan banyak metode lain yang diamati oleh manusia guna mempelajari kandungan dalam bumi. Penelitian ini mengaplikasikan metode resistivitas untuk mempelajari struktur bawah permukaan guna menemukan akuifer.

Air merupakan suatu elemen yang penting dalam kehidupan, keterdapatannya air melalui suatu siklus yaitu siklus hidrologi. Siklus hidrologi merupakan sirkulasi

air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Allah SWT berfirman pada Surat al-Hijr ayat 22

وَأَرْسَلْنَا الرِّيحَ لُوفِجٍ فَنَازِلًا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَازِنِينَ ۲۲

*Dan Kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan) dan Kami turunkan hujan dari langit, lalu Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya. (QS. Al-Hijr ayat 22)*

Surat al-Hijr ayat 22 menjelaskan tentang siklus hidrologi yang bermula ketika penguapan atau evaporasi air yang ada di laut, di sungai, di danau, dsb oleh cahaya matahari menjadi menjadi awan. Pada keadaan jenuh uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (presipitasi) dalam bentuk hujan, salju maupun hujan es.

Menurut Tafsir Ibnu Katsir “dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya” tetapi Kami-lah yang menurunkannya dan yang memeliharanya untuk kalian, lalu Kami menjadikannya mata air dan sumber-sumber air di bumi. Seandainya Allah menghendaki, niscaya Dia akan mengeringkan air itu dan melenyapkannya. Tetapi karena rahmat-Nya, hujan diturunkan dan dijadikan berasa tawar, lalu disimpan di dalam mata air-mata air, sumur-sumur, dan sungai-sungai serta tempat-tempat penyimpanan air lainnya, agar mencukupi mereka selama satu tahun, untuk minum mereka dan hewan ternak mereka, serta untuk pengairan lahan pertanian mereka.

Pada ayat tersebut menjelaskan pula bahwa air yang telah diturunkan olehNya dari langit akan disimpan di bawah permukaan bumi yaitu akuifer. sebelum mencapai titik jenuh air atau akuifer, air mengalami infiltrasi dari

permukaan ke dalam tanah hingga sampai suatu tempat yang jenuh. Sebagian air yang meresap tidak bergerak jauh karena tertahan oleh sifat batuan yang memiliki permeabilitas dan porositas rendah. Sebagian menguap lagi ke atmosfer dan sisanya merupakan cadangan bagi tumbuhan selama belum ada hujan. Air yang tidak tertahan dekat permukaan menerobos ke bawah sampai zona dimana seluruh ruang terbuka pada sedimen atau batuan terisi air (jenuh air). Air dalam zona saturasi (*zone of saturation*) ini dinamakan air tanah (*ground water*). Batas atas zona ini disebut muka air tanah (*water table*). Lapisan tanah, sedimen atau batuan di atasnya yang tidak jenuh air disebut zona aerasi (*zone of aeration*).

Pada penelitian ini, daerah yang diteliti memiliki geologi dan geomorfologi yang khusus yaitu karst. Karst merupakan daerah dengan ciri-ciri khusus antara lain adalah batuan karbonat adalah penyusun utamanya. Batuan karbonat mudah mengalami pelarutan atau yang disebut karstifikasi, oleh sebab itu pada wilayah ini kurang berkembangnya sistem hidrologi pada permukaan yang disebabkan oleh retakan-retakan batuan karbonat yang telah terkarstifikasi. Pada wilayah ini sistem hidrologi bawah permukaan sangat berkembang dengan baik disebabkan oleh karstifikasi tersebut dan menghasilkan lorong-lorong solusional yang diisi oleh air tanah dan juga banyak terdapat sungai bawah tanah. Pada bentanglahan karst air yang menerobos ke bawah akan melalui rongga-rongga kecil yang disebut zona epikarst, zona tersebut merupakan zona tak jenuh atau (*unsaturated zone*) yang kemudian akan diteruskan pada gowa atau pun sungai bawah tanah pada zona endokarst atau zona saturasi (*zone of saturation*)

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari penelitian ini yaitu mengenai penentuan sebaran zona akuifer bawah permukaan di wilayah karst dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner di daerah Sumbermanjing Kulon Kecamatan Pagak Kabupaten Malang, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai resistivitas bawah permukaan pada daerah penelitian dari  $8^{\circ}18'27,67''\text{LS}$   $112^{\circ}28'19,63''\text{BT}$  dan  $8^{\circ}18'30,68''\text{LS}$   $112^{\circ}28'28,94''\text{BT}$  sampai  $8^{\circ}18'19,31''\text{LS}$   $112^{\circ}28'22,37''\text{BT}$  dan  $8^{\circ}18'22,33''\text{LS}$   $112^{\circ}28'31,69''\text{BT}$  memiliki rentang antara 5.15 ohm.meter sampai 1520.62 ohm.meter dibagi menjadi 3 bagian, pertama yaitu batuan dengan resistivitas 5.15 ohm.meter sampai 44,9 ohm.meter merupakan top soil, lempung, batulempung, batupasir, napal. Kedua yaitu resistivitas batuan antara 45 ohm.meter sampai 105 ohm.meter merupakan napal, pasir, batupasir gampingan, batugamping, air tanah terakhir yaitu batuan dengan resistivitas antara 105,1 ohm.meter sampai 1520.62 ohm.meter merupakan batupasir gampingan, batupasir tufaan, batugamping.
2. Potensi akuifer pada lokasi penelitian yaitu titik A yang terletak pada koordinat  $8^{\circ}18'24.34''\text{S}$  dan  $112^{\circ}28'27.01''\text{T}$  dengan kedalaman 40 sampai 45 meter, untuk titik B terletak pada koordinat  $8^{\circ}18'24.58''\text{S}$  dan  $112^{\circ}28'25.80''\text{T}$  dengan kedalaman 30 sampai 35 meter. Sedangkan sebarannya pada kedalaman 35 meter ke arah barat dan timur dengan

membentuk lorong solusional. Pada kedalaman ini pula titik A dan B berhubungan.

## 5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian ini terdapat beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Dalam metode geolistrik terdapat beberapa *software* pengolahan salah satunya adalah Voxler 4, *software* ini mempunyai kelebihan dalam penyajian data hasil. Semakin banyak data inputan maka semakin baik dan akurat dalam penyajian datanya, maka dari itu penulis menyarankan agar data yang berupa lintasan geolistrik diperbanyak.
2. Geolistrik merupakan metode awal yang digunakan untuk survey diperlukan metode lain yang mampu menjangkau kedalaman target. Mengingat pada survey di wilayah karst yang mempunyai geologi khas dengan banyaknya rongga bawah tanah yang diisi maupun tidak dengan airtanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adji, T.N. Haryono, E. 2004. *Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Bahan Ajar Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Jogjakarta: Tidak diterbitkan.
- Burger, Henry Robert. 1992. *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*. New Jersey: Prentice Hall.
- Dobrin, M.B. 1981. *Introduction to Geophysical Prospecting*. New York: McGraw-Hill.
- Ford, D. and Williams, P. 1992. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Chapman and Hall.
- Hendrajaya, Lilik dan Arif, Idham. 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis, Monografi: Metoda Eksplorasi*. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi ITB.
- Herman, Rhett. 2001. *An Introduction to Electrical Resistivity in Geophysics*. Department of Chemistry and Physics and Department of Geology, Radford University, Virginia: Journal of American Association of Physics Teacher. Vol 69: 943-952.
- <http://www.ibnukatsironline.com/2015/06/tafsir-surat-al-hijr-ayat-21-25.html>. *Tafsir Surat Al-Hijr, ayat 21-25*. Diakses tanggal 16 November 2016 pukul 20.00 WIB.
- Jankowski, J. 2001. *Hydrogeochemistry*, Short Course Note, School of Geology, University of New South Wales, Sydney, Australia (tidak dipublikasikan).
- Linsley, R.K. Kohler, M.A., Paulhus, J.L. 1975. *Hydrology for Engineers 2nd Ed*. Tokyo: McGraw Hill Kogakusha Ltd.
- Loke, MH. 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, A Practical Guide to 2D and 3D Surveys*. Malaysia: Mindn Height.
- Milsom, Jhon. 2003. *Field Geophysics (the Geological Field Guide Series)*. London: John Willey & Sons Ltd.
- Minarto, Eko. 2009. *Pemodelan Inversi Data Geolistrik Untuk Menentukan Struktur Perlapisan Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi*

- Mataloko*. Surabaya: Jurusan Fisika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Munadi, Suprajitno. 2001. *Instrumentasi Geofisika*. Depok: Program Studi Geofisika Jurusan FMIPA Universitas Indonesia.
- Murti, Hani Afrita. 2009. *Analisis Pendugaan Potensi Akifer dengan Metode Geolistrik Resistivitas Sounding dan Mapping Di Kawasan Karst Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri*. Thesis. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Nurwidyanto, Irham. M, dkk. 2006. *Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas Dan Permeabilitas Pada Batupasir*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Robinson and Courch. 1998. *Basic Exploration Geophysics*. Canada: John Willey and Sons Inc.
- Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Departemen Teknik Geofisika ITB.
- Singh, K.B, Lokhande, R.D and Prakash, A. 2004. *Multielectrode resistivity imaging technique for the study of coal seam*. Central Mining Research Institute. Journal of Scientific and Industrial Research.
- Sjarifudin, M.Z. dan Hamidi S. 1992. *Geologi Lembar Blitar, Jawa skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sosrodarsono, S. Takeda, K. 2006. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Telford, W.M. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wahyudi. 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika (Teori dan Aplikasinya)*. Jogjakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Waluyo. 2006. *Workshop Geofisik*. Jogjakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Wuryantoro. 2007. *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Menentukan Letak dan Kedalaman Akuiifer Air Panas (Studi Kasus di Desa Temperak Kecamatan Sarang Kabupaten Rembang Jawa Tengah)*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.