

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
UNTUK MENENTUKAN PERSEBARAN BATUAN SITUS
PATIRTAAN NGAWONGGO TAJINAN KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

Oleh:
EVI SUSANTI
NIM. 15640042



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
UNTUK MENENTUKAN PERSEBARAN BATUAN SITUS
PATIRTAAN NGAWONGGO TAJINAN KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI



Oleh:
EVI SUSANTI
NIM. 15640042

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

HALAMAN PENGAJUAN

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
UNTUK MENENTUKAN PERSEBARAN BATUAN SITUS
PATIRTAAN NGAWONGGO TAJINAN KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:
Evi Susanti
NIM. 15640042

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
UNTUK MENENTUKAN PERSEBARAN BATUAN SITUS
PATIRTAAN NGAWONGGO TAJINAN KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

Oleh:
Evi Susanti
NIM. 15640042

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, Desember 2020

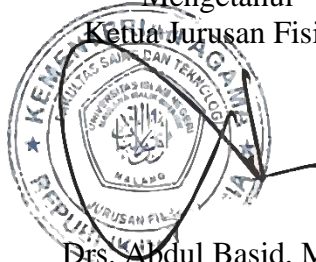
Pembimbing I

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

Pembimbing II

Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui
Ketua Jurusan Fisika



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

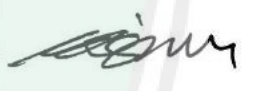



HALAMAN PENGESAHAN

APLIKASI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS UNTUK MENENTUKAN PERSEBARAN BATUAN SITUS PATIRTAAN NGAWONGGO TAJINAN KABUPATEN MALANG

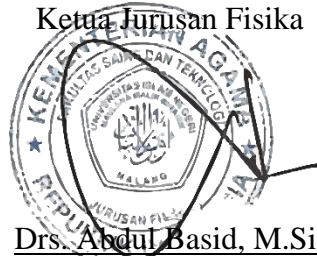
SKRIPSI

Oleh:
Evi Susanti
NIM. 15640042

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarja Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 22 Desember 2020

Penguji Utama :	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji :	<u>Rusli, M.Si</u> NIDT. 19880715 20180201 1 245	
Sekretaris Penguji :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji :	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Evi Susanti

Nim : 15640042

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas untuk Menentukan
Persebaran Batuan Situs Patirtaan Ngawonggo Tajinan Kabupaten
Malang

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis 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 menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 9 Desember 2020
Yang Membuat Pernyataan



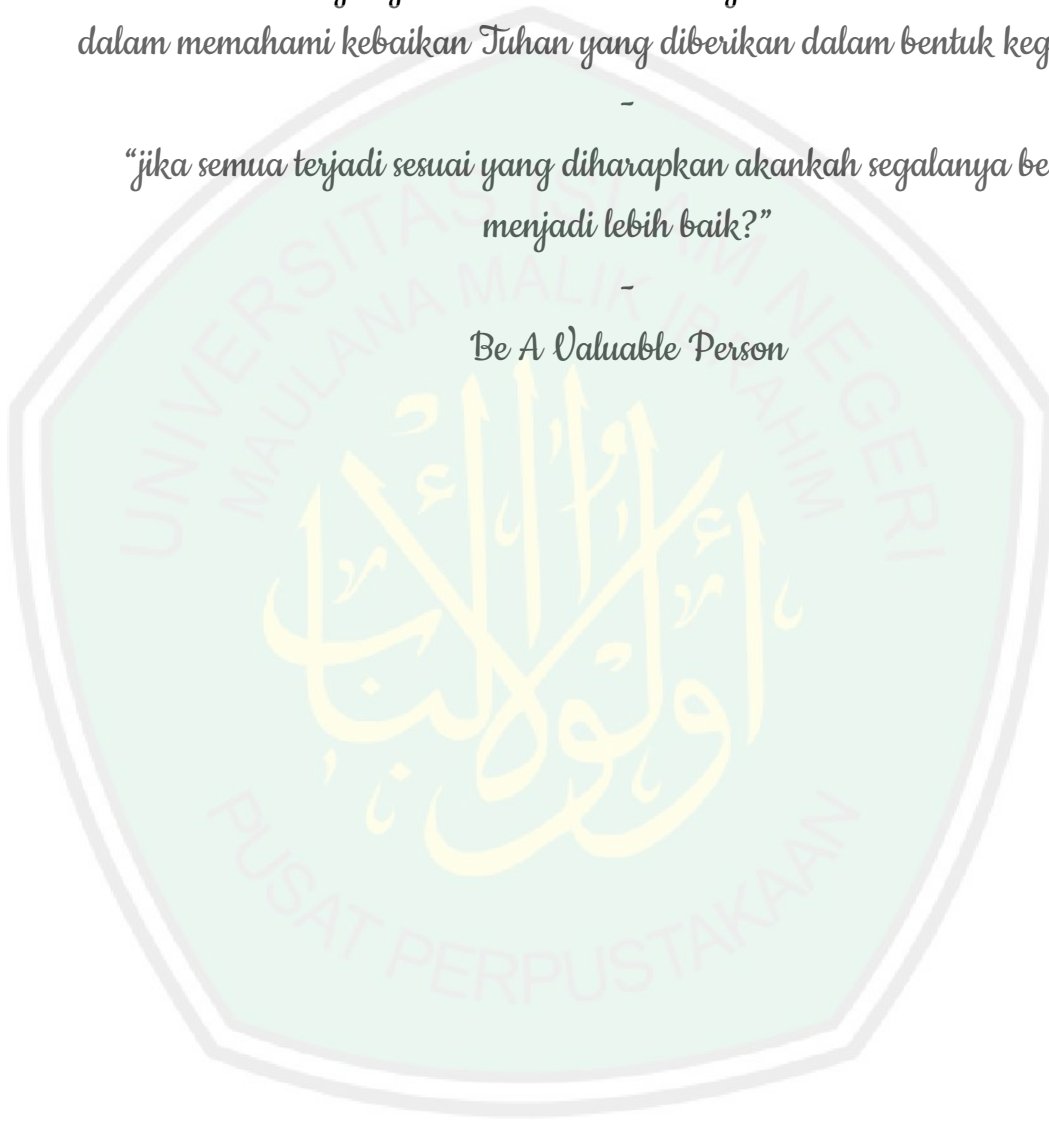
Evi Susanti
NIM. 15640042

MOTTO

Beberapa bagian yang terjadi dalam hidup adalah jawaban dari doa yang kau pinta. Sedangkan beberapa bagian lainnya adalah doa orang lain yang dipinta untukmu. Tuhan tak pernah salah dalam mengabulkan permohonan, Dia Maha tahu yang terbaik untuk hambanya. Namun Manusia bisa salah dalam memahami kebaikan Tuhan yang diberikan dalam bentuk kegagalan.

“jika semua terjadi sesuai yang diharapkan akankah segalanya berubah menjadi lebih baik?”

Be A Valuable Person



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- Kedua orang tuaku tercinta Ibu Sumilah dan Bapak Matali yang selalu mendoakan dan mendukungku baik materi ataupun psikis
- Kakakku Ika Maya Sari, kedua keponakanku El-Rafif dan Nabila yang ku sayangi
- Sahabat yang sudah seperti saudara, Neng Indah MJ, Neng Fatma Priangka, Neng Khoirun Nisa selalu menemaniku saat aku pulang dan mendengarkan kisah drama hidupku.
- Sahabat Warkop terutama Warkop-Beta (Om Fadli Rozi, Fatma Cahyaningrum, Rivaldi Idris, Kak Doni Prasetyo, Yuliana Nur Halisa, Kak Angger Prakoso, Jafni, Fikri Ali, Om Imron) yang selalu mengajariku arti kehidupan bahwa hidup itu tak hanya tentang bermain, tapi bagaimana agar bermain itu bisa menghasilkan sesuatu yang membuatku berkembang baik *skill* ataupun pengetahuan dan terus belajar bagaimanapun keadaannya.
- Sahabat Cuss (Mbak Berlian Gita, Neng Farah Nurmalia, Bang Fadhil Al Amal, Firhan Ade (Kun), Yastaqim (Chan), Shofi, Putri) yang selalu membuatku tertawa dan mengajak bermain mengunjungi tempat baru.
- Keluarga besar Pondok Pesantren BTCQ yang telah memberikan rumah kedua yang sangat nyaman.
- Kepada teman yang sudah aku anggap sebagai kakakku sendiri kak Fa, kak Akhyar, dan Kak Anis Azizah, terimakasih sudah menjadi figur kakak yang menyenangkan juga sebagai alarm saat aku salah langkah
- Kepada teman-teman geofisika uin malang yang telah membantu mengajariku.
- Kepada diriku, terimakasih telah mau belajar, bertahan dan berjuang

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Untuk Menentukan Persebaran Batuan Situs Patirtaan Ngawonggo Tajinan Kabupaten Malang”. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Baginda Nabiullah Muhammad SAW yang telah menuntun manusia menuju zaman *zakkiyah*, yakni *Addinul islam wal iman*.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang serta selaku Dosen Pembimbing 1.
4. Ahmad Abtokhi, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing integrasi.
5. Rusli, M.Si selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin jurusan fisika yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan
7. Bapak, Ibu, Kakak, serta keluarga di rumah yang selalu mendukung dan memberikan doa serta semangat agar penulis senantiasa diberikan kekuatan dan kemudahan dalam melaksanakan segala hal.
8. Sahabat-sahabat geofisika yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penulisan proposal skripsi ini.
9. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung demi kesuksesan dalam menyelesaikan penulisan proposal skripsi ini. Teman-teman angkatan 2015 jurusan fisika yang senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis.

10. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, 18 November 2020

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kondisi Geologi Kabupaten Malang	8
2.2 Patirtaan Ngawonggo	10
2.2.1 Lokasi	14
2.2.2 Tinjauan Geologi Patirtaan Ngawonggo	14
2.2.3 Riwayat Penelitian Patirtaan Ngawonggo	15
2.2.4 Deskripsi Bangunan Patirtaan Ngawonggo	15
2.3 Geolistrik	17
2.3.1 Rumus Dasar Listrik dalam Metode Geolistrik	18
2.3.2 Sifat Listrik Batuan	21
2.3.3 Resistivitas Batuan	24
2.4 Geolistrik Metode Resistivitas	29
2.5 Konsep Dasar Resistivitas Semu	35
2.6 Aliran Listrik di Dalam Bumi	37
2.6.1 Elektroda Arus Tunggal di Permukaan	37
2.6.2 Elektroda Arus Ganda di Permukaan	38
BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	40
3.2 Instrumentasi Penelitian	40
3.3 Desain Akuisisi Data	41
3.4 Prosedur Penelitian	41
3.4.1 Studi Awal	42
3.4.2 Tahap Perencanaan Lokasi Penelitian	42
3.4.3 Tahap Akuisisi Data	42
3.4.4 Pengolahan Data	43
3.4.5 Interpretasi Data	43
3.5 Skema Kerja Penelitian Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole	44

BAB IV HASIL DAN PEMBAHSAN

4.1 Akuisisi Data.....	45
4.2 Pengolahan Data.....	47
4.3 Interpretasi Data.....	48
4.3.1 Analisis Hasil Data.....	49
4.3.2 Rekonstruksi Model 2D	56
4.3.3 Pembahasan.....	58
4.4 Penemuan Situs Patirtaan dalam Prespektif Al-Quran.....	63
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Geologi Kabupaten Malang	10
Gambar 2.2	Salah Satu Situs Patirtaan Ngawonggo yang Tersingkap	10
Gambar 2.3	Peta Lokasi Situs Ngawonggo	14
Gambar 2.4	Rangkaian Listrik Sederhana	18
Gambar 2.5	Dua Buah Resistor Dengan Panjang Penampang Berbeda	20
Gambar 2.6	Susunan Elektroda Ganda di Permukaan	29
Gambar 2.7	Konfigurasi Wenner Alpha	30
Gambar 2.8	Konfigurasi Wenner Beta	31
Gambar 2.9	Konfigurasi Wenner Gamma	32
Gambar 2.10	Konfigurasi Schlumberger	33
Gambar 2.11	Konfigurasi Wenner Schlumberger	33
Gambar 2.12	Konfigurasi Pole-Pole	34
Gambar 2.13	Konfigurasi Pole-Dipole	34
Gambar 2.14	Konfigurasi Dipole-Dipole	35
Gambar 2.15	Elektroda Arus Tunggal	37
Gambar 2.16	Elektroda Arus Ganda	38
Gambar 3.1	Desain Akuisisi Data	41
Gambar 3.2	Flow Chart Penelitian Metode Geolistrik Resistivitas	44
Gambar 4.1	Model Inversi 2D Lapisan Bawah Permukaan Lintasan 1	49
Gambar 4.2	Model Inversi dengan Topografi Lintasan 1	49
Gambar 4.3	Model Inversi 2D Lapisan Bawah Permukaan Lintasan 2	51
Gambar 4.4	Model Inversi dengan Topografi Lintasan 2	51
Gambar 4.5	Model Inversi dan Topografi Lapisan Lintasan 3	53
Gambar 4.6	Model Inversi 2D Lapisan Bawah Permukaan Lintasan 3	53
Gambar 4.7	Model Inversi dengan Topografi Lintasan 4	55
Gambar 4.8	Model Inversi 2D Lapisan Bawah Permukaan Lintasan 4	55
Gambar 4.9	Rekonstruksi Nilai Resistivitas 2D Terhadap Objek Batuan Situs Patirtaan Ngawonggo	57
Gambar 4.10	Kondisi Lapangan Lintasan 1	60
Gambar 4.11	Singkapan Lintasan 1	60
Gambar 4.12	Kondisi Lapangan Lintasan 3	61
Gambar 4.13	Kondisi Lapangan Lintasan 4	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori Porositas Batuan	26
Tabel 2.2	Permeabilitas Batuan	27
Tabel 2.3	Nilai Resistivitas Batuan	27
Tabel 4. 1	Tabel Citra Warna Penampang Bawah Permukaan Lintasan 1	50
Tabel 4. 2	Tabel Citra Warna Penampang Bawah Permukaan Lintasan 2	52
Tabel 4. 3	Tabel Citra Warna Penampang Bawah Permukaan Lintasan 3	54
Tabel 4. 4	Tabel Citra Warna Penampang Bawah Permukaan Lintasan 4	56



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Akuisisi Data
- Lampiran 2 Data Elevasi
- Lampiran 3 Cara Pengolahan Data Geolistrik
- Lampiran 4 Dokumentasi



ABSTRAK

Susanti, Evi. 2020. **Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Untuk Menentukan Persebaran Batuan Sitis Patirtaan Ngawonggo Tajinan Kabupaten Malang**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Kata Kunci: Geofisika; Resistivitas; Konfigurasi dipole-dipole; Ngawonggo; Tajinan

Pendugaan adanya situs patirtaan ngawonggo yang masih terpendam di desa Ngawonggo, Tajinan, Kabupaten Malang perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pemetaan dan persebaran dari situs yang masih terpendam. Metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipole-dipole merupakan salah satu metode geofisika yang tepat untuk digunakan mencari keberadaan dari situs yang masih terpendam. Penelitian dilakukan dengan empat lintasan tersebar memiliki spasi 1 meter disetiap lintasan. Lintasan pertama memiliki bentangan sepanjang 64 meter dan ditemukan batuan situs pada kedalaman 0 - 2 meter. Pada lintasan kedua memiliki bentangan sepanjang 64 meter dan ditemukan batuan situs pada kedalaman 2 - 5 meter di bawah permukaan tanah. Pada lintasan tiga memiliki bentangan sepanjang 32 meter dan ditemukan batuan situs pada kedalaman 2 - 7 meter dibawah permukaan tanah. Sedangkan pada lintasan empat dengan bentangan 32 meter tidak ditemukan batuan situs.

ABSTRACT

Susanti, Evi. 2020. **The Application of Geoelectric Resistivity method to determine distribution of Rocks at Ngawonggo Patirtaan Site Tajinan, Malang District.** Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Keywords: Geophysics; Electrical Resistivity; Dipole-dipole Configuration; Ngawonggo; Tajinan.

The suspicion of the existence of Ngawonggo site that is still buried in the village of Ngawonggo Tajinan Malang District. It is necessary to carry out further research to determine the mapping and distribution of the hidden sites. The geoelectric method of resistivity in the dipole-dipole configuration is one of the right geophysical methods to be used to find the presence of buried sites. The research was conducted with four scattered tracks with a space of 1 meter on each track. The first track has a stretch of 64 meters and site rocks are found at a depth of 0 - 4 meters. The second track has a stretch of 64 meters and site rocks are found at a depth of 2 - 5 meters. The third line, it has a stretch of 32 meters and site rocks are found at a depth of 2 - 7 meters below the ground surface. Meanwhile, on the fourth line with a stretch of 32 meters, site rocks are not found.

الملخص

سوسانتي، إيفي. ٢٠٢٠. تطبيق طريقة المقاومة الجيوكهربائية لتحديد توزيع موقع الصخور في مقاطعة مالانج. بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (١) الدكتور عبد الباسيد الماجستير (٢) أحمد أبتوخي الماجستير.

الكلمات الرئيسية: الجيوفيزياء، المقاومة، التكوين ثنائي القطب، نغاونغو، تاجينان

إن هذا البحث قام بضرورة بصفة إجراء مزيد البحث ليعرف رسم الخرائط وتوزيع الآثار على الافتراض بوجود آثار باتيرتأن نغاونغو الذي لا يزال مدفوناً في ضيعة نغاونغو، تاجينان، مديرية مالانج. الطريقة الجيوكهربائية للمقاومة في التكوين ثنائي القطب أحد الأساليب الجيوفيزيائية المناسبة لاستخدامها في العثور على الآثار المدفون. وقام الباحث بالبحث على أربعة مسحات متناثرة التي لديها بمسيرة متر واحد عليها. المسحة الأولى لديها 64 متراً ووجد الآثار الصخري على عمق 0-2 أمتار. المسحة الثانية لديها ٦٤ متراً ووجد الآثار الصخري على عمق 2-5 متر تحت سطح الأرض. وفي المسحة الثالثة لديها خط الامتداد 32 متراً وقد وجد فيها الآثار الصخري على عمق 2-7 متر تحت سطح الأرض. لم يجد الآثار الصخري في المسحة الرابعة بخط الامتداد 32 متراً.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara dengan beragam suku dan budaya yang tersebar dari Sabang sampai Merauke. Indonesia sudah terkenal sejak jaman dahulu dengan kerajaannya yang besar. Hal tersebut terbukti dengan banyaknya peninggalan situs arkeologi bersejarah seperti candi, arca sampai patirtaan. Biasanya situs patirtaan erat kaitannya dengan penyucian diri dan aktivitas sehari-hari dari masyarakat pada zaman dahulu yang dimiliki oleh suatu kerajaan. Salah satu patirtaan yang ada di Malang adalah Patirtaan Situs Ngawonggo yang diperkirakan sudah ada sejak Kerajaan Mataram Kuno.

Keberadaan peninggalan situs peradaban orang terdahulu atau bukti adanya kehidupan manusia terdahulu banyak dikisahkan dalam al-Quran dengan runut kejadian yang berbeda-beda dan kejadian yang bermacam-macam. Salah satu kisah yang disebutkan dalam al-Quran terdapat pada surah al-mu'min [40]:82 tentang peradaban dan kemajuan yang hebat.

أفلم يسيروا في الأرض فينظروا كيف كان عاقبة الذين من قبلهم كانوا أكثر منهم وأشد قوة وآثارا في الأرض فما أغنى عنهم ما كانوا يكسبون ﴿٨٢﴾

“Maka apakah mereka tiada mengadakan perjalanan di muka bumi lalu memperhatikan betapa kesudahan orang-orang yang sebelum mereka. Adalah orang-orang yang sebelum mereka itu lebih hebat kekuatannya dan (lebih banyak) bekas-bekas mereka di muka bumi, maka apa yang mereka usahakan itu tidak dapat menolong mereka.” (Qs. al-Mu'min[40]:82)

Allazina mingqablihim bermakna tentang kisah orang-orang terdahulu yang memiliki kekuatan fisik lebih hebat sehingga mampu membuat bangunan megah dengan material yang telah tersedia di bumi. Hal tersebut terbukti pada banyaknya

Peninggalan-peninggalan sejarah di muka bumi seperti peninggalan piramid dan Spinks di Mesir. Pada kata (*wa aatsaaran*) memiliki makna bekas-bekas bangunan (candi, patirtaan, arca, dan prasasti) alat perlengkapan rumah tangga berupa gerabah dan perhiasan, benteng-benteng dan istana-istana yang merupakan bukti adanya kehidupan sosial dan kemajuan peradaban saat itu (al-Qurtubi, 2009).

Malang merupakan daerah yang terkenal sebagai daerah yang memiliki banyak peninggalan bersejarah, terbukti dengan adanya Kerajaan Singosari. Hampir seluruh wilayah malang mulai dari Lawang sampai Malang Selatan banyak situs peninggalan bersejarah seperti candi maupun patirtaan. Salah satunya adalah Patirtaan Situs Ngawonggo yang terletak di Dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang. Situs Patirtaan Ngawonggo pertama kali ditemukan oleh Warga Desa Nanasan sekitar tahun 2017. Berdasarkan pengamatan Sejarawan diperkirakan Situs Ngawonggo sudah ada sejak abad 10 Masehi yang diperkuat eksistensinya pada Prasasti Wurundangan tertulis Rabu Wage 7 November 944 M pada masa Kerajaan Medang Pemerintahan Mpu Sindok.

Prasasti tersebut tertulis kata *kaswangga* diartikan sebagai desa yang menjadi sarana kedewaguruan pada masa itu. Sedangkan pada Prasasti Selabradja disebutkan terdapat lima kahyangan kedewaguruan yang tersebar. Menurut analisis Sejarawan kelima kahyangan tersebut diantaranya adalah Kahyangan Pangawan berlokasi di utara Malang berada di sekitar Kecamatan Pakis - Jabung, Kahyangan Kagotran di bagian tengah Malang dan Kahyangan Panghulun di Malang bagian selatan, di posisi barat ada Desa Ngadab bernama Awaban, dan di sisi timur ada Desa Kaswangga yang kemungkinan besarnya adalah Situs Ngawonggo. (Tim BPCB Trowulan, 2017).

Situs Ngawonggo dikatakan sebagai situs yang istimewa oleh Sejarawan karena posisi situs yang mengikuti bentuk dari tebing sungai manten. Sungai erat kaitannya dengan pola kehidupan masyarakat pada zaman dahulu, sehingga di daerah sekitar situs banyak ditemukan arca, bentukan relief batuan andesit patirtaan, dan perkakas kuno. Letak situs yang dekat dengan sungai dan didukung adanya temuan pahatan arca Dewa Shiwa, Wishnu, Ganesha dan beberapa simbol suci lainnya, dapat dikatakan jika patirtaan ini dahulunya adalah patirtaan yang disucikan. Menurut Dwi Cahyono Sejarawan UM mengatakan jika berdasarkan letak geografisnya Situs Ngawonggo berada di jalur purba yang menghubungkan antara daerah Tumpang dan Turryan (Turen) sehingga daerah sekitar situs yang dulunya bernama Desa Kaswangga dikatakan sebagai desa yang sudah maju pada jamannya. Patirtaan Ngawonggo saat ini telah ditemukan 4 bagian kolam, dua diantaranya sudah tidak berbentuk dan dua lainnya berukuran sekitar 4 x 5 meter dan 5 x 6 meter. Apabila diukur secara keseluruhan berdasarkan ekskavasi awal oleh Tim BPCB (Badan Pelestarian Cagar Budaya) luasan situs sekitar 60 x100 meter dengan praduga masih ada situs lain yang masih tertimbun.

Praduga tersebut didukung dengan adanya singkapan pahatan situs batu cadas (batuan andesit) yang digunakan untuk menahan aliran air yang memiliki pahatan relief, singkapan reruntuhan situs yang mengikuti aliran sungai manten tersebar di kanan kiri sungai. Apabila mengikuti singkapan dan situs patirtaan yang mengikuti bentuk aliran sungai maka diperkirakan luas patirtaan mencapai sekitar 70 x 350 meter. Berdasarkan hal tersebut Tim BPCB Trowulan mengatakan butuh melakukan ekskavasi lebih lanjut. Proses ekskavasi dilakukan untuk mencari persebaran runtunan situs dengan melakukan pengukuran menggunakan metode

pemetaan bawah permukaan disekitar daerah situs agar proses penggalian dapat dilakukan tanpa merusak situs serta memperoleh hasil yang signifikan dan efisien.

Salah satu metode pemetaan bawah permukaan adalah metode geofisika. Metode geofisika merupakan suatu metode pengukuran menggunakan parameter parameter fisika untuk mengetahui struktur bawah permukaan yang berkenaan dengan litologi, struktur batuan, stratigrafi, mineral, dan reservoir. Salah satu metode geofisika yang sering digunakan adalah metode geolistrik. Metode geolistrik merupakan metode geofisika yang mempelajari kondisi bawah permukaan bumi dengan pendekatan parameter fisika berupa sifat kelistrikan suatu batuan, formasi batuan atau bagian dari suatu formasi batuan. Prinsip kerja dari metode geolistrik adalah mengukur tahanan jenis dari batuan dengan mengalirkan aliran listrik melalui elektroda arus, kemudian arus diterima oleh elektroda potensial dengan beranggapan bumi sebagai resistor. Penggunaan metode geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger tahun 1912. Metode geolistrik resistivitas jenis konfigurasi wenner merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui perubahan nilai resistivitas lapisan batuan bawah permukaan dengan mengalirkan arus DC (*Direct Current*) yang memiliki tegangan tinggi ke dalam tanah. Metode konfigurasi wenner digunakan dalam penyelidikan bawah permukaan. Aplikasi metode geolistrik resistivitas tidak hanya digunakan untuk mencari potensi mineral, namun telah sampai pada bidang arkeologi untuk melacak keberadaan benda purbakala di lokasi penemuan singkapan situs guna membantu para arkeolog dalam melakukan ekskavasi atau penggalian dan pemugaran untuk penelitian lebih lanjut agar menjadi lebih mudah dan efisien dengan metode resistivitas.

Penelitian terdahulu tentang aplikasi metode geofisika resistivitas untuk menemukan benda-benda perbakala pada bidang arkeologi digunakan untuk menemukan kota yang ada di atas gundukan atau bukit Situs Amorium Kuno, Bizantium, Turki yang dilakukan oleh Ekinici, dkk (2014). Proses pencarian menggunakan metode geolistrik resistivitas didapatkan anomali dengan kedalaman 3 meter di bawah permukaan tanah. Hal tersebut menunjukkan adanya kemungkinan peninggalan zaman terdahulu yang terpendam sehingga disarankan untuk dilakukan proses ekskavasi pada situs kota yang terpendam. Penelitian terkait arkeologi tersebut menjadi landasan awal bagi penulis untuk mengaplikasikan metode geofisika dalam studi aplikasi metode geolistrik untuk menentukan persebaran batuan Situs Patirtaan Ngawonggo Tajinan Kabupaten Malang.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah metode geolistrik resistivitas bisa mendeteksi keberadaan batuan Situs Patirtaan Ngawonggo?
2. Dimana saja persebaran Situs Patirtaan Ngawonggo menggunakan metode geolistrik resistivitas?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui keberadaan Situs Patirtaan Ngawonggo berdasarkan data metode geolistrik resistivitas
2. Untuk mengetahui letak persebaran Situs Patirtaan Ngawonggo menggunakan metode geolistrik resistivitas

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah, diantaranya:

1. Data yang digunakan adalah data primer dari akuisisi data lapangan menggunakan instrumen geolistrik metode resistivitas konfigurasi dipole-dipole.
2. Program yang digunakan dalam memproses data adalah *Res2dinv Software*.
3. Daerah penelitian dilakukan sepanjang Sungai Manten yang terdapat singkapan situs.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat memberikan kontribusi pengetahuan dan rujukan untuk:

1. Sebagai salah satu upaya ikut memelihara warisan cagar budaya bangsa dari kehancuran, melengkapi komponen Situs Patirtaan Ngawonggo agar dapat dinikmati oleh generasi mendatang serta pihak yang membutuhkan.
2. Sebagai upaya membantu masyarakat sekitar dengan menciptakan peluang wisata budaya sejarah peradaban serta sarana edukasi.
3. Sebagai optimalisasi proses ekskavasi situs arkeologi patirtaan Ngawonggo agar hasil lebih signifikan dan efisien
4. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

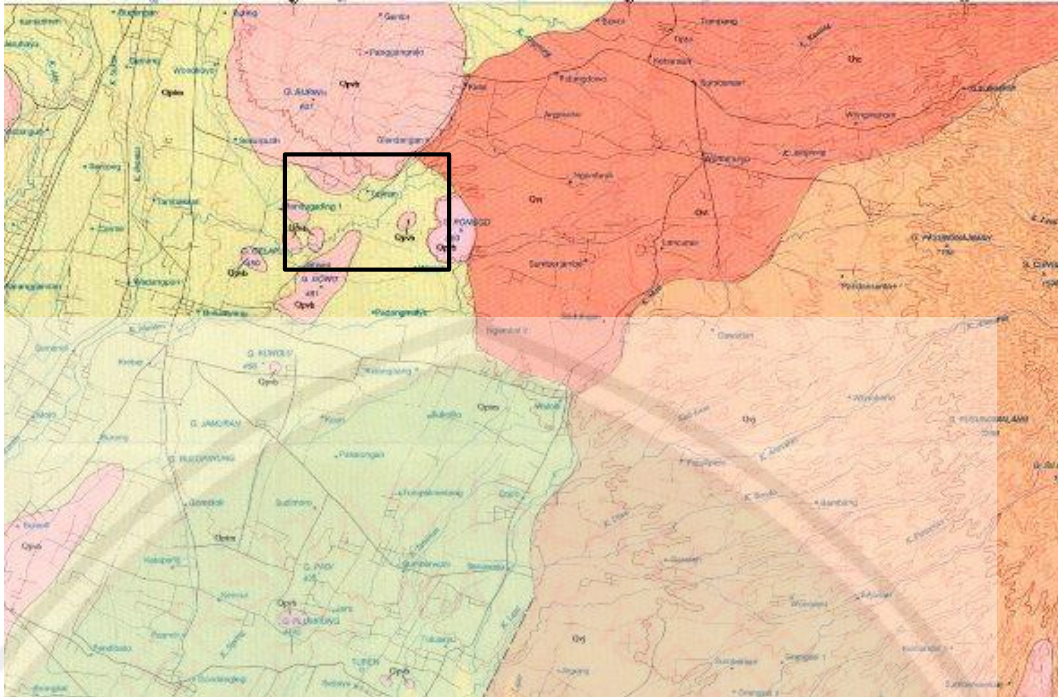
2.1. Kondisi Geologi Kabupaten Malang

Kabupaten Malang terletak pada wilayah dataran tinggi, dengan koordinat $112^{\circ} 17' 10.9''$ - $112^{\circ} 57' 0.0''$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 44' 55.11''$ - $8^{\circ} 26' 35.45''$ Lintang Selatan. Luas wilayah Kabupaten Malang adalah 334.787 Ha, terdiri dari 33 Kecamatan yang tersebar pada wilayah perkotaan dan pedesaan. Kabupaten Malang terletak antara 0 - 2000 mdpl. Wilayah datar sebagian besar terletak di Kecamatan Bululawang, Gondanglegi, Tajinan, Turen, Kepanjen, Pagelaran dan Pakisaji, serta sebagian Kecamatan Singosari, Lawang, Karangploso, Dau, Pakis, Dampit, Sumberpucung, Kromengan, Pagak, Kalipare, Donomulyo, Bantur, Ngajum dan Gedangan. Wilayah bergelombang terletak di wilayah Sumbermanjing Wetan, Wagir dan Wonosari. Daerah yang terjal atau perbukitan sebagian besar terletak di Kecamatan Pujon, Ngantang, Kasembon, Poncokusumo, Jabung, Wajak, Ampelgading, dan Tirtoyudo, sedangkan secara administrasi batas-batas wilayah Kabupaten Malang adalah sebagai berikut, sebelah utara terdapat Kabupaten Jombang, Mojokerto, dan Pasuruan, sebelah timur terdapat Kabupaten Probolinggo dan Lumajang, sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Indonesia, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Blitar dan Kediri.

Kabupaten Malang berada di daerah pegunungan dengan kondisi topografi dipengaruhi oleh Pegunungan Tengger yang berada di sebelah timur, Gunung Kawi dan Kelud berada di sebelah barat serta Gunung Arjuna dan Welirang sebelah utara. Kabupaten Malang yang wilayahnya terletak di pinggiran, topografi dipengaruhi oleh pegunungan.

Bagian tengah kabupaten malang merupakan cekungan berupa lahan vulkanik. Beberapa wilayah juga merupakan daerah aliran Sungai Brantas yang memiliki bentuk lahan fluvio marin, sedangkan Malang bagian selatan adalah daerah karst. Keadaan topografi tersebut dapat digambarkan melalui kelerengan beberapa wilayah, diantaranya adalah:

1. Kecamatan Tajinan, Turen, Bululawang, Gondanglegi, Pakisaji, Kepanjen dan Pagelaran dengan luas 52607.78 ha (15.71 %) dari luas Kabupaten Malang seluruhnya, merupakan wilayah yang memiliki kelerengan 0 – 2 %. Kecamatan Lawang, Singosari, Dau, Karangploso, Pakis, Sumberpucung, Kromengan, Dampit, Pagak, Bantur, Ngajum, Gedangan, Kalipare dan Donomulyo, dengan luas 119030.80 ha atau 35.56 % dari luas Kabupaten Malang seluruhnya, merupakan wilayah dengan kemiringan 2 – 15 %.
2. Kecamatan Wagir, Sumbermanjing Wetan dan Wonosari, dengan luas 73110.72 ha atau 21.84 % dari seluruh luas Kabupaten Malang, memiliki Kelerengan antara 15 - 40 %. Kecamatan-kecamatan pada kelerengan >40 % meliputi Kecamatan Pujon, Ngantang, Tirtoyudo, Wajak, Ampelgading, Kasembon, Poncokusumo dan Jabung. Daerah yang memiliki kelerengan ini adalah daerah yang harus dihutankan karena memiliki fungsi sebagai perlindungan terhadap tanah dan air dan menjaga ekosistem lingkungan hidup. Daerah dengan kelerengan diatas 40 %, wilayah Kabupaten Malang meliputi areal seluas 90037.70 Ha atau 26.89 % dari seluruh luas Kabupaten Malang. Berikut adalah peta geologi dari Kabupaten Malang berdasarkan riset pusat penelitian dan pengembangan geologi bagian Turen yang di dalamnya.



Gambar 2.1 Peta Geologi Kabupaten Malang
(Sujanto, dkk.: 1992).

2.2 Patirtaan Ngawonggo



Gambar 2.2 Salah Satu Situs Patirtaan Ngawonggo Yang Tersingkap

Malang merupakan daerah yang terkenal memiliki banyak peninggalan bersejarah, terbukti dengan adanya peninggalan Kerjaan Singosari yang terletak di Kecamatan Singosari berupa candi, prasasti, dan lain sebagainya. Hampir seluruh

wilayah malang mulai dari Lawang sampai malang selatan banyak terdapat situs peninggalan bersejarah seperti candi maupun patirtaan. Salah satunya adalah Patirtaan Situs Ngawonggo yang terletak di Dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang. Keberadaan Situs Ngawonggo pertama kali ditemukan oleh warga desa Nanasan sekitar tahun 2017. Berdasarkan pengamatan Sejarawan diperkirakan Situs Ngawonggo sudah ada sejak abad 10 masehi diperkuat eksistensinya pada Prasasti Wurundangan tertulis Rabu Wage 7 November 944 M pada masa Kerajaan Medang Pemerintahan Mpu Sindok. Prasasti tersebut tertulis kata kaswangga sebagai desa yang menjadi sarana kedewaguruan pada masa itu. Sedangkan pada Prasasti Selabradja disebutkan terdapat lima kahyangan kedewaguruan yang tersebar.

Situs Ngawonggo dikatakan sebagai situs yang istimewa oleh sejarawan karena posisi situs yang mengikuti bentuk dari tebing Sungai Manten. Sungai erat kaitannya dengan pola kehidupan masyarakat pada zaman dahulu, sehingga di daerah sekitar situs banyak ditemukan arca, relief batuan andesit patirtaan, dan perkakas kuno. Letak situs yang dekat dengan sungai dan didukung adanya temuan pahatan arca Dewa Shiwa, Wishnu, Ganesha dan beberapa relief simbol suci lainnya, dapat dikatakan jika patirtaan ini dahulunya adalah patirtaan yang disucikan. Menurut Dwi Cahyono Sejarawan UM mengatakan jika berdasarkan letak geografisnya situs Ngawonggo berada di jalur purba yang menghubungkan antara daerah Tumpang dan Turryan (Turen) sehingga daerah sekitar situs yang dulunya bernama Desa Kaswangga dikatakan sebagai desa yang sudah maju pada jamannya.

Hal tersebut juga disebutkan dalam al-Quran tentang orang-orang terdahulu yang memiliki peradaban maju dengan menggunakan batu gunung untuk membangun rumah pada surah Asy-Syu'ara [26]:149:

وتنحتون من الجبال بيوتا فارهين

“Dan kamu pahat sebagian dari gunung-gunung untuk dijadikan rumah-rumah dengan rajin” (QS. asy-Syu'ara [26]:149)

Kata *An-Nahtu* adalah *An-Najru*, memahat dan *al-Baryu* meraut. Orang terdahulu memahat gunung untuk dijadikan rumah sehingga rumah mereka terlihat tinggi, setelah meruntuhkan rumah-rumah mereka sebelumnya.

Al-jibaali buyutan bermakna bahwa orang-orang terdahulu melubangi gunung untuk dijadikan tempat tinggal, selain itu maknanya adalah orang-orang terdahulu mendirikan bangunan di atas gunung-gunung. Bangunan dan gedung yang didirikan terlihat megah dan luar biasa. Hal ini diketahui benar adanya dengan ditemukannya situs, candi, arca, benteng-benteng, serta istana yang terpendam (al-Qurthubi, 2009).

Beberapa dari bangunan yang awalnya terpendam bisa muncul kembali ke permukaan. Berdasarkan perkembangan cara berpikir manusia masa kini tentang ilmu pengetahuan dalam pentingnya mempelajari kehidupan masa lampau dapat diketahui melalui banyaknya peninggalan-peninggalan benda terdahulu yang mulai ditemukan dan diidentifikasi sebagai salah satu upaya pemeliharaan dari kepunahan; mulai dari bangunan (istana, situs, candi) hingga peralatan rumah tangga (gerabah). Upaya pencarian benda bersejarah diperlukan adanya teknologi.

Teknologi yang dimaksudkan adalah teknologi yang dapat membantu melakukan pencarian tanpa harus membahayakan eksistensi keberadaan benda-benda tersebut. Hasil dari temuan teknologi tersebut akan sangat berguna untuk mempelajari kehidupan masa lalu dan melakukan pengembangan-pengembangan teknologi yang diharapkan suatu saat nanti dapat berguna untuk generasi selanjutnya, dimana para generasi penerus dapat menemukan keseluruhan dari bagian-bagian sejarah kehidupan yang masih belum rampung melalui benda-benda yang masih terpendam.

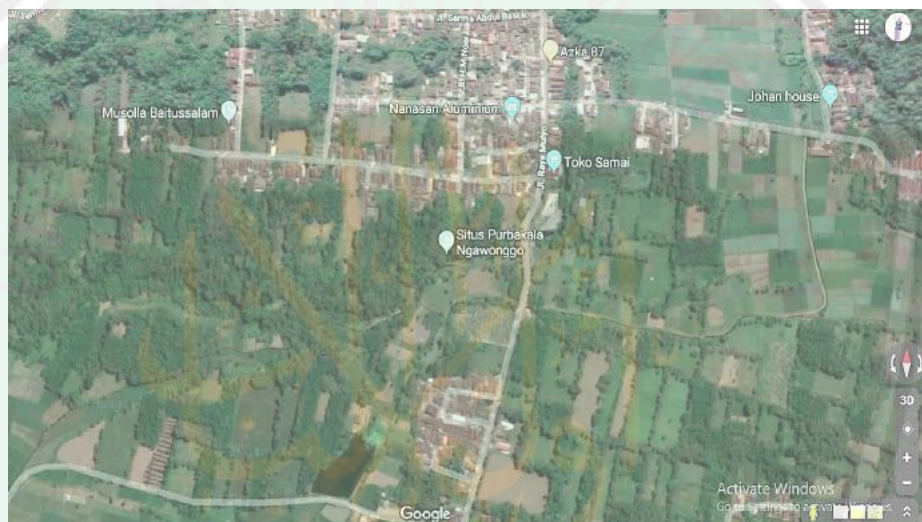
Seperti diketahui keberadaan situs yang terpendam di wilayah Indonesia memiliki nilai sejarah yang unik dengan berbagai macam kepercayaan, dan paling banyak adalah Hindu-Budha. Menurut Tim BPCB Jawa Timur Situs Ngawonggo adalah situs peninggalan Agama Hindu, dimana Menurut Ardika dkk, dalam konteks peribadatan agama Hindu, air merupakan faktor yang sangat penting dalam suatu perdaban seperti lahan. Dalam kitab Manasar Silpasastra menjelaskan bahwa letak bangunan kuil harus berdekatan dengan air, karena air memiliki potensi untuk membersihkan, menyucikan dan menyuburkan. Dalam kitab tersebut juga disebutkan agar menghindari suatu bidang lahan tanpa air sebagai tempat berdirinya kuil karena syarat utama untuk tanda kesucian dan sebagai sarana pemujaan bangunan kuil harus berdekatan dengan sumber air (Soekmono, 1990).

Sedangkan pernyataan yang diungkapkan oleh Munardjito (2002) berdasarkan kitab Manasara Silpasastra dan Silpapakasa dapat disimpulkan bahwa pertimbangan letak lahan dan keberadaan air memainkan peranan penting dalam proses penentuan oleh Arsitek masa lalu berkenaan dengan pemilihan lokasi yang akan digunakan sebagai tempat berdirinya bangunan yang bersifat keagamaan.

2.2.1 Lokasi

Situs patirtaan terletak di Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan bagian timur Kabupaten Malang. Secara geografis Desa Ngawonggo bersebelahan dengan Desa Purwosekar yang berada disebelah utara, Desa Pandanmulyo di bagian barat laut yang masih bagian dari wilayah Kecamatan Tajinan. Batas timur Desa Ngembal, dan batas selatan Desa Kidangbang yang sudah memasuki wilayah Kecamatan Wajak.

2.2.2 Tinjauan Geologi Patirtaan Ngawonggo



Gambar 2.3 Peta Lokasi Situs Ngawonggo (Google Maps.com)

Secara umum formasi geologi yang berkembang di wilayah Kecamatan Tajinan berasal dari bahan vulkanik hasil dari aktivitas dari Gunung Tengger dan Gunung Buring. Terdapat empat formasi geologi di Kecamatan Tajinan, yakni formasi tuf malang, formasi endapan Gunungapi Buring, formasi batuan Gunungapi Tengger disebelah timur, dan formasi Gunungapi Quarter bagian bawah serta Gunung Anjasmoro dan Gunung Butak dibagian barat. (Tim BPCB Trowulan, 2017).

2.2.3 Riwayat Penelitian Patirtaan Ngawonggo

Kegiatan awal peninjauan ke Situs Ngawonggo dilaksanakan pada April 2017, kondisi situs pada saat itu sebagian besar masih tertutup oleh rerumputan dan semak belukar. Tim Badan Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Jawa Timur telah melaksanakan ekskavasi awal berupa zonasi situs. Sistem zonasi merupakan salah satu cara untuk mengatur pembagian ruang sesuai dengan fungsinya. Sistem zonasi cagar budaya pada dasarnya diperuntukkan sebagai pengendali, perlindungan, pengembangan dan pemanfaatan cagar budaya.

2.2.4 Deskripsi Bangunan Patirtaan Ngawonggo

Berdasarkan ekskavasi awal yang telah dilakukan, secara keseluruhan situs yang ditemukan sampai saat ini struktur kolam ada 3 buah dengan ukuran panjang 8.4 x 2.8 x 1.6 meter dengan empat dinding timur, barat, dan selatan. Dinding timur terdiri dari dua tingkat tidak simetris mengikuti kontur dinding tanah padas. Sedangkan pada bagian dinding yang bersinggungan dengan dinding selatan terdapat pahatan pelipit-pelipit, dinding sisi utara polos tanpa relief.

Dinding barat terdiri dari lima tingkat tidak simetris mengikuti kontur tanah padas. Bagian sudut dinding yang bersinggungan dengan dinding selatan pada bagian atas terdapat ceru jalan air. Dinding selatan terdapat tiga tingkat yang tidak simetris mengikuti kontur dinding tanah padas. Pada bagian dinding terdapat beberapa pahatan relief yang saat ini kondisinya sudah terkikis, hanya tersisa satu relief yang dapat dikenali berupa pahatan manusia dengan posisi kaki terbuka kedua tangan dalam posisi terbuka ke atas, raut wajah sudah tidak terlihat jelas yang diidentifikasi sebagai Ghana. Pada bagian tingkat atas terdapat beberapa jalan air dan juga beberapa lubang yang ukuran dan jaraknya tidak sama.

Sedangkan pada kolam utama berukuran 2.96 x 0.8 x 0.4 meter. Terdapat saluran pembuangan air yang mengarah ke utara yaitu arah sungai manten.

Berdasarkan hasil analisis bentuk situs yang dilakukan oleh Tim BPCB Jawa Timur, patirtaan situs ngawonggo merupakan tempat pemujaan umat Agama Hindu yang menggunakan air sebagai media utamanya. Temuan patirtaan yang terdapat di tepian sungai di Pulau Jawa dapat dikategorikan langka dan unik, serta dapat disejajarkan dengan temuan yang terdapat di tepi Sungai Pakerisan di Pulau Bali. Daerah aliran Sungai Pakerisan merupakan suatu kawasan yang membentang dari arah utara ke selatan. Sungai berada pada celah celah sempit yang diapit oleh tebing-tebing curam dengan kondisi batuan berpasir kasar (padas). Diantara celah sempit sampai Sungai Pakerisan sepanjang sepanjang kurang lebih 20 km terdapat tingalan arkeologi berupa bangunan candi, pahatan candi tebing, dan ceruk pertapaan yang dipahatkan pada dinding tebing. Pendirian bangunan keagamaan disini cenderung lebih memerhatikan konsep tirta. (Ardika, 2013)

Konsep tirta menekan pada pentingnya lokasi suatu bangunan suci berdekatan dengan sumber air. Menurut konsep ini, lokasi yang baik untuk bangunan keagamaan adalah dekat dengan air. Oleh karenanya pendirian bangunan keagamaan yang ditemukan disepanjang aliran Sungai Pakerisan telah memerhatikan konsep tirta karena air berfungsi untuk menyucikan, membersihkan atau melebur segala kotoran sekaligus lambang kesuburan, arsitektur pahatan candi daerah aliran sungai pakerisan merupakan hal khusus dan istimewa yang menjadi ciri khas yang tidak ditemukan di tempat lain di Indonesia. Ciri khas tersebut seperti pengaruh yang langsung dibawa dari India, karena kuil

yang seperti ini ditemukan di sepanjang gua Ellora dan Ajanta di India (Kramrisch, 1946).

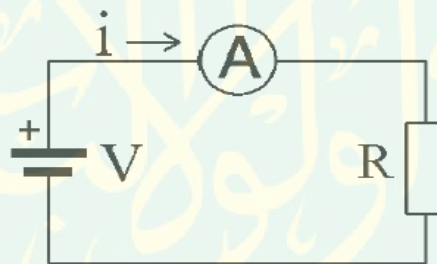
2.3 Geolistrik

Bumi terdiri dari berbagai lapisan yang memiliki sifat-sifat fisika. Sifat fisika tersebut dapat berupa sifat kelistrikan. Materi penyusun bumi yang berbeda-beda memiliki sifat daya hantar listrik yang berbeda pula. Sehingga hal tersebut dapat dimanfaatkan sebagai metode penyelidikan bawah permukaan bumi tanpa harus menggali lubang untuk turun dan masuk ke dalam bumi. Penyelidikan yang dilakukan untuk mempelajari kondisi bawah permukaan bumi dengan pendekatan ilmu-ilmu fisika berupa sifat kelistrikan bumi disebut geolistrik. Penyelidikan tersebut dilakukan berdasarkan sifat fisis batuan berupa sifat kelistrikan batuan yang memiliki harga tahanan jenis berbeda tergantung pada jenis batuan, usia batuan, kandungan elektrolit, rigiditas batuan, jumlah mineral, porositas batuan, permeabilitas dan lain sebagainya (Vebrianto, 2016).

Faktor dari sifat kelistrikan batuan juga memiliki pengaruh terhadap metode yang digunakan dalam geolistrik. Adapun metode geolistrik diantaranya adalah *Self Potential* (SP), *Induced Polarization* (IP), Resistivitas (*Resistivity*) atau biasa disebut Tahanan Jenis, *Magnetotelluric* (MT), *Electromagnetic* (EM) dan lain sebagainya (Telford, 1990). Pada metode resistivitas atau tahanan jenis merupakan metode yang bersifat dinamik karena menggunakan gangguan aktif melalui media elektroda. Elektroda yang ditancapkan ke dalam tanah diberi injeksi berupa arus listrik yang kemudian dipancarkan ke bawah permukaan bumi. Selanjutnya nilai beda tahanan jenis materi di bawah permukaan bumi akan ditangkap oleh elektroda potensial.

2.3.1 Rumus Dasar Listrik dalam Metode Geolistrik

Setiap benda tersusun dari berbagai materi. Setiap materi memiliki sifat yang berbeda mulai dari sifat fisika dan sifat kimia. Hal ini kelistrikan suatu batuan termasuk sifat fisika. Sifat kelistrikan suatu batuan berkaitan dengan metode geolistrik untuk mempelajari kondisi bawah permukaan bumi (Vebrianto, 2016). Metode geolistrik resistivitas bekerja karena berdasarkan pengukuran beda potensial pada titik-titik di permukaan bumi yang diproduksi dengan cara mengalirkan arus ke bawah permukaan tanah secara langsung. Hal ini bermanfaat untuk menentukan distribusi resistivitas di bawah permukaan yang akan digunakan untuk interpretasi material-material yang memiliki potensi, sehingga perlu dilakukan tinjauan ulang secara singkat tentang konsep kelistrikan (Burger, 1992).



Gambar 2.4 Rangkaian Listrik Sederhana

Gambar 2.4 mengilustrasikan sebuah rangkaian listrik dasar yang di dalamnya terdapat baterai, kabel penghubung dan sebuah resistor. Baterai mengatur beda potensial diantara dua titik (kutub positif dan kutub negatif). Baterai sebagai sumber Gaya Gerak Listrik (GGL). Kaidah yang dipakai untuk menentukan aliran arus sebagai perpindahan muatan positif. Agar aliran menjadi sempurna muatan positif harus dipindahkan menuju potensial rendah di kutub negatif menuju potensial tinggi di kutub positif. Gaya yang bekerja dalam

perubahan potensial membutuhkan gaya elektromotif atau emf (*electromotive force*) dengan satuan *volt* (V).

Perpindahan dari muatan-muatan yang melewati penghubung per satuan waktu disebut arus. Secara matematis (Burger, 1992)

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (2.1)$$

atau

$$i = \frac{q}{t} \quad (2.2)$$

i merupakan arus dalam ampere, q muatan dalam coulomb dan t waktu dalam detik. Konsep lain dalam survei geolistrik resistivitas adalah rapat arus j . Rapat arus merupakan identifikasi dari arus yang melewati suatu penampang lintang per satuan luas, sesuai dengan persamaan berikut:

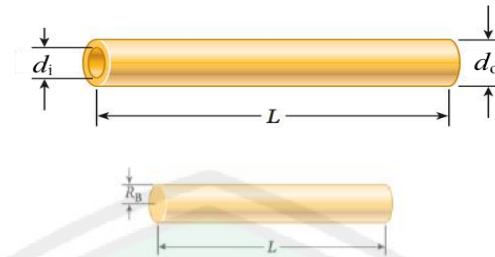
$$j = \frac{i}{a} \quad (2.3)$$

Kuantitas arus yang sama dan melewati luas penampang lintang yang berbeda akan menghasilkan rapat arus yang berbeda. Menurut George S. Ohm merupakan Fisikawan Jerman yang memperkenalkan hubungan antara kuat arus, tegangan dan hambatan listrik melalui hukumnya yang mengatakan bahwa arus i akan berbanding lurus terhadap tegangan V dan berbanding terbalik terhadap hambatan R atau biasa dikenal dengan

$$i = \frac{V}{R} \quad (2.4)$$

Material geologi memiliki sifat yang bervariasi, dengan pendugaan memiliki berbagai macam hambatan untuk mengalirkan arus. Variasi hambatan dapat diketahui melalui pengukuran secara langsung terhadap arus dan tegangan.

Pendekatan lain diketahui jika hambatan dipengaruhi oleh jenis materialnya saja namun juga dipengaruhi oleh dimensinya (Burger, 1992).



Gambar 2.5 Dua Buah Resistor dengan Panjang Penampang Berbeda

Gambar 2.5 menunjukkan dua buah resistor dengan panjang berbeda. Diibaratkan apabila dua resistor tersusun dari meterial yang sama, dengan tidak sengaja memiliki nilai hambatan yang berbeda dalam menghantarkan arus. Perlu diingat bahwa arus merupakan perpindahan muatan per satuan waktu, maka aliran arus bisa dianalogikan sebagai aliran air dalam metode geofisika. Bayangkan apabila terdapat 10 buah pipa terbuka disatu bagiannya diberikan kerikil, pompa air akan memberikan tekanan berbeda dalam pipa terbuka tersebut, dan menyebabkan aliran air yang berbeda pula. Kerikil menyebabkan sebuah hambatan pada aliran air menuju keluaran pipa. Jika kita membuat aliran pada pipa yang sama tetapi memperbanyak isian kerikil pada pipanya, hambatannya akan meningkat dan rata-rata aliran air akan berkurang. Jika kita meningkatkan diameter, hambatannya akan berkurang dan air akan banyak keluar.

Sifat ini meyakinkan kita bahwa hambatan dari resistor bergantung pada panjang kolom pipa dan material dasar penyusunnya, yang dinamakan resistivitas dan dinotasikan ρ dalam (Burger, 1992):

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.5)$$

atau

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad (2.6)$$

dengan ρ adalah resistivitas (Ωm), R resistansi (Ω), A sebagai luas penampang penghantar m^2 dan L panjang suatu penghantar (m). Satuan resistivitas adalah hambatan dikalikan panjang dalam ohm meter. Resistivitas merupakan kebalikan dari konduktivitas, begitu pula sebaliknya.

2.3.2 Sifat Listrik Batuan

Berdasarkan sifat kelistrikan batuan atau anomali di bawah permukaan bumi dengan segala potensinya dapat kita ketahui dan kita pelajari menggunakan aliran listrik yang diinjeksikan ke dalam bumi. Aliran listrik suatu batuan dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik, dan konstanta dielektrik (Vebrianto, 2016).

1. Konduksi Secara Elektronik

Konduksi secara elektronik merupakan suatu peristiwa konduksi yang terjadi pada suatu batuan atau mineral yang aliran arus listriknya dialirkan melalui elektron-elektron bebas yang terdapat pada suatu batuan atau mineral. Aliran arus listrik dipengaruhi oleh karakteristik setiap batuan atau mineral yang dilalui oleh listrik (Kunetz, 1966).

Konduktivitas batuan merupakan faktor penentu suatu batuan untuk dapat meneruskan arus listrik, kalor atau suara dalam hal ini berupa arus listrik. Konduktivitas senyawa organik cenderung sebagai penghantar arus listrik yang baik, sedangkan senyawa yang anorganik cenderung sebagai bahan dengan penghantar listrik yang kurang baik.

Salah satu sifat kelistrikan suatu batuan atau mineral adalah resistivitas. Resistivitas merupakan kemampuan suatu material untuk menghantarkan arus listrik yang bergantung pada nilai medan listrik dan kerapatan arus listrik. Sedangkan resistansi merupakan kemampuan suatu benda untuk menahan arus listrik yang mengalir dan bersifat merubah energi listrik menjadi kalor. Resistansi (R) berbanding lurus dengan potensial listrik (V) dalam volt dan berbanding terbalik dengan arus listrik (I) dalam ampere.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.7)$$

sehingga dari persamaan (2.6) dan (2.7) akan didapatkan persamaan baru

$$\rho = \frac{V A}{I L} \quad (2.8)$$

untuk menentukan sifat penghantar, nilai resistivitas dapat dikonversi menjadi satuan konduktivitas (σ), yaitu:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.9)$$

$$\sigma = \frac{I L}{V A} \quad (2.10)$$

$$\sigma = \frac{\bar{J}}{\bar{E}} \quad (2.11)$$

dengan \bar{J} adalah rapat arus listrik (ampere/m²) \bar{E} adalah medan listrik (volt/m) (Vebrianto, 2016).

2. Konduksi Secara Elektrolitik

Konduksi secara elektrolitik merupakan peristiwa secara konduksi yang terjadi pada suatu batuan atau mineral yang dapat menghantarkan arus listrik karena batuan tersebut dapat meloloskan dan menyimpan fluida terutama air. Sebagian besar batuan adalah konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas tinggi, namun batuan juga dapat berperan seolah sebagai konduktor yang baik

apabila dalam batuan terdapat air yang nantinya air tersebut akan terurai menjadi ion-ion yang dapat menghantarkan arus listrik. Apabila batuan memiliki porositas dan permeabilitas yang baik namun tidak terdapat kadar air di dalamnya maka kemungkinan resistivitas tetap tinggi. Dengan kata lain keberadaan fluida terutama air dalam suatu batuan akan menurunkan nilai resistivitas batuan.

Konduktivitas batuan akan menjadi tinggi jika air yang berada di dalam batuan bertambah banyak. Berlaku sebaliknya, apabila konduktivitas batuan semakin rendah air dalam batuan berkurang dan nilai resistivitas menjadi tinggi. Berdasarkan persamaan umum archie dirumuskan sebagai berikut:

$$S_w = \left[\frac{a}{\Phi^m} \chi \frac{R_w}{R_t} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (2.12)$$

dengan S_w adalah saturasi air, a konstanta, Φ porositas batuan, R_w resistivitas formal air, R_t adalah resistivitas observasi bulk, m adalah faktor sementasi, n adalah eksponen saturasi. Persamaan archie dapat dituliskan dengan:

$$\rho_e = a\phi^{-m}s^{-n}\rho_w \quad (2.13)$$

ρ_e adalah resistivitas batuan, ρ_w resistivitas air, ϕ adalah porositas, s adalah fraksi pori-pori yang berisi air, sedangkan a, m, n adalah konstanta (Vebrianto, 2016).

3. Konduksi Secara Dielektrik

Konduksi batuan bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral mempunyai elektron bebas yang jumlahnya sedikit atau tidak ada. Namun karena adanya pengaruh medan listrik dari luar membuat elektron dalam materi batuan atau mineral berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi pengkutuban atau polarisasi. Peristiwa ini tergantung pada

kondisi dielektrik setiap batuan atau mineral yang bersangkutan (Sulistyowati, 2009).

4. Konstanta Dielektrik

Konstanta dielektrik merupakan konstanta yang menunjukkan batuan dapat menjadi kutub karena pengaruh medan listrik. Peristiwa polarisasi dalam batuan dapat berupa ionik, elektronik maupun molekuler, umumnya perpindahan ion terjadi dalam batuan oleh mineral penyusunnya. Air dan hidrokarbon merupakan salah satu unsur alam yang dapat menunjukkan peristiwa polarisasi molekul. Dari polarisasi ionik, elektronik, dan molekuler, polarisasi ionik memiliki efek polarisasi yang lebih besar dan frekuensi yang tinggi (Vebrianto, 2016).

2.3.3 Resistivitas Batuan

Resistivitas batuan merupakan salah satu sifat fisika yang memiliki nilai paling variatif. Pada mineral logam memiliki nilai yang berkisar pada $10^5 \Omega m$, seperti batuan gabbro dengan nilai $10^7 \Omega m$. Batuan memiliki komposisi material yang berbeda sehingga akan memiliki nilai resistivitas yang berbeda pula. Jarak resistivitas memiliki nilai maksimum dengan $1.6 \times 10^8 \Omega m$ (perak asli) hingga $10^{16} \Omega m$ pada belerang murni (Sulistyowati, 2009).

Konduktur didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari $10^{-5} \Omega m$, sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari $10^7 \Omega m$, sedang di antara keduanya adalah bahan semikonduktor. Dalam konduktor berisi banyak elektron bebas dengan mobilitas sangat tinggi, sedangkan pada bahan semikonduktor memiliki jumlah elektron bebas yang hanya sedikit. Bahan

isolator dicirikan dengan ikatan ionik sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak (Telfrod, 1990).

Secara umum batuan dan mineral dapat dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan nilai hambatan jenisnya:

1. Konduktor baik, memiliki nilai resistivitas antara $10^{-8} < \rho < 1\Omega m$
2. Konduktor pertengahan, memiliki nilai resistivitas antara $1 < \rho < 10^7\Omega m$
3. Isolator, memiliki nilai resistivitas antara $\rho > 10^7$ (Telford,1982).

Lapisan penyusun bumi merupakan suatu material batuan yang memiliki hambatan jenis berbeda disetiap lapisannya. Menurut Roynold (1997) besar jenis hambatan tiap batuan ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya:

1. Kandungan Air

Kandungan air yang ada dalam batuan akan menurunkan nilai resistivitas sehingga daya hantar listrik pada batuan menjadi besar.

2. Porositas Batuan

Porositas batuan merupakan perbandingan antara volume rongga batuan dan volume total batuan. Semakin tinggi nilai porositas batuan, maka semakin tinggi pula kemampuan batuan untuk menyimpan fluida, terutama air. Dalam kerangka batuan, air akan menjadi ion-ion elektrolit yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Suatu analisa porositas batuan dapat menggunakan rumus:

$$porositas = \frac{volume\ pori\ batuan}{volume\ total\ batuan} \times 100\% \quad (2.14)$$

dengan satuan yang biasa digunakan dalam pengukuran porositas *arce-feet*, yang menyatakan luas dan ketebalan reservoir.

Setiap batuan memiliki pori-pori yang saling terhubung dengan pori-pori batuan lainnya sehingga fluida dapat lewat melalui pori tanpa merusak bentuk batuan. Menurut Chapman (1981) menyebutkan bahwa porositas efektif adalah porositas dalam batuan yang pori-porinya saling terhubung satu sama lain. Berdasarkan keterangan tentang porositas efektif, maka nilai porositas efektif dirumuskan:

$$porositas_{ef} = \frac{volume\ pori\ yang\ saling\ terhubung}{volume\ total\ batuan} \times 100\% \quad (2.15)$$

Nilai porositas umum dari suatu batuan dalam persentase dan kualitas porositas batuan dengan x adalah porositas batuan. Pada tabel 2.1 adalah nilai porositas batuan secara ideal, jika nilai porositas melebihi 25 %, biasanya wujud batuan belum kokoh, atau benda yang dimaksud belum berupa batuannya.

Tabel 2.1 Kategori Porositas Batuan
(Greenhouse & Pehme, 2001; Chapman, 1981)

Porositas (<i>arce-feet</i>)	Keterangan
$0 < x < 5\%$	Sangat buruk
$5 \leq x < 10\%$	Buruk
$10 \leq x < 15\%$	Cukup
$15 \leq x < 20\%$	Baik
$20 \leq x < 25\%$	Sangat baik

3. Permeabilitas Batuan

Kelistrikan bumi memiliki hubungan dengan permeabilitas batuan, permeabilitas batuan merupakan salah satu sifat yang mempengaruhi resistivitas batuan. Permeabilitas batuan menggambarkan kelolosan fluida yang mengalir ke dalam batuan, sehingga permeabilitas batuan menjadi penentu batuan untuk memiliki nilai konduktivitas yang baik atau tidak.

Menurut Chapman (1981) permeabilitas batuan adalah suatu sifat batuan reservoir untuk meloloskan fluida melalui pori batuan yang

terhubung dengan batuan lain tanpa merusak partikel pembentuk dan kerangka batuan. Permeabilitas batuan berhubungan dengan hukum darcy yang memiliki satuan milidarcy.

Tabel 2.2 Permeabilitas Batuan (Chapman, 1981)

Permeabilitas (milidarcy)	Keterangan
$0 < x < 5$	Kurang baik
$5 \leq x < 10$	Cukup
$10 \leq x < 100$	Baik
$100 \leq x < 1000$	Sangat Baik

Batuan yang memiliki permeabilitas baik sering kali dapat menunjukkan bahwa suatu daerah memiliki potensial akuifer atau batuan reservoir air tanah yang baik. Berdasarkan hukum darcy, permeabilitas dirumuskan sebagai:

$$q = \frac{k}{m} x \frac{dp}{dy} \quad (2.16)$$

dengan q kecepatan fluida (cm/sec), k permeabilitas batuan, m viskositas (*sentipoise*), $\frac{dp}{dy}$ gradien hidrolik (atm/cm).

4. Kelarutan Garam Dalam Air di Dalam Batuan

Kelarutan garam air dalam batuan akan mengakibatkan kandungan ion dalam air besar, sehingga tahanan jenis dalam air akan rendah. Berikut adalah tabel nilai resistivitas tiap material di bumi yang memiliki interval nilai berbeda.

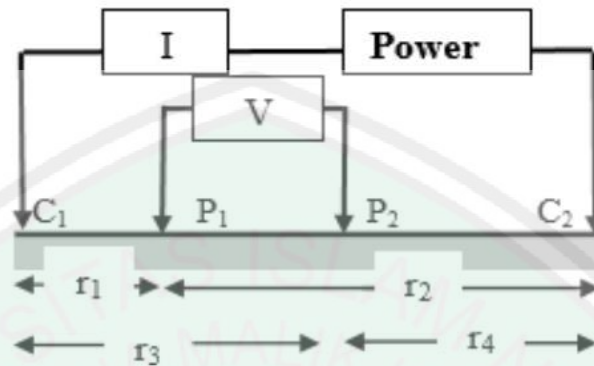
Tabel 2.3 Nilai Resistivitas Batuan
(Telford, 1990; Seigel, 1959; Kearey, 2002)

No	Jenis batuan dan Mineral	Resistivitas (Ωm)
1	Lempung	1 – 100
2	Lanau	10 – 200
3	Batu Lumpur	3 – 70
4	Kuarsa	$10 - 2 \times 10^8$

5	Batu Pasir	100 – 200
6	Batu Kapur	100 – 500
7	Lava	100 – 5×10^4
8	Air Meteorik	30 – 100
9	Air Permukaan	10 – 100
10	Air Tanah	0.5 – 300
11	Air Laut	0.2
12	Breksi	75 – 200
13	Batu Andesit	4.5×10^4 (wet) – 1.7×10^2 (dry)
14	Tufa Vulkanik	2×10^3 (wet) – 10^5 (dry)
15	Batu Konglomerat	2×10^3 – 1×10^4
16	Batu Basal	10 – 1.3×10^7 (dry)
17	Batu Granit	3×10^2 – 1×10^6
18	Batu Sabak	6×10^2 – 4×10^7
19	Batu Marmer	1×10^2 – 2.5×10^8
20	Batu Bara Bituminus	0.6 – 1×10^5
21	Antrasit	1×10^{-3} – 2×10^4
22	Lignit	9 – 200
23	Serpih	20 – 2×10^3
24	Besi	9.074×10^{-8}
25	Sulfur (kering)	1×10^{14}
26	Pelat Gelas	2×10^{11}
27	Magnetit	6×10^{-3}
28	Alumunium	2.83×10^{-8}
29	Tembaga	1.72×10^{-8}
30	Perak	5.9×10^{-8}
31	Platina	10.6×10^{-8}
32	Baja	4×10^{-7}
33	Mangan	4.4×10^{-7}
34	Nikrom	1.2×10^{-6}
35	Karbon	10 – 10^{14}
36	Wolfram	5.5×10^{-5}
37	Germanium	0.45
38	Silikon	0.2
39	Kayu	10 – 10^{11}
40	Karet	1×10^{13}
41	Kaca	1×10^{12} – 1×10^{13}
42	Mika	2×10^{15}
43	Tanah (17.3% air)	0.6
44	Tanah (3.3 % air)	16.7

45	Pasir (9.5% air)	0.95
46	Pasir (0.86% air)	8.3

2.4 Geolistrik Metode Resistivitas



Gambar 2.6 Susunan Elektroda Ganda di Permukaan (Telford, 1990)

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geolistrik yang bertujuan untuk mempelajari sifat resistivitas dari suatu lapisan batuan yang berada di bawah permukaan bumi. Dari sekian metode geolistrik yang lain seperti metode IP, metode SP, metode MT adalah hasil dari perkembangan metode resistivitas, dengan kata lain metode resistivitas adalah metode dasar geolistrik. Menurut Kearey (2002) metode geolistrik resistivitas menggunakan asumsi bumi sebagai resistor yang besar. Metode geolistrik resistivitas juga memiliki beragam konfigurasi. Setiap konfigurasi memenuhi persamaan faktor koreksi geometri yang sama. Nilai faktor koreksi geometri mengikuti pola dari persebaran dan penataan elektroda sesuai dengan kondisi bawah permukaan bumi, nilai faktor koreksi geometri pada elektroda potensial ganda secara umum yaitu:

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}} \quad (2.17)$$

Sedangkan pada faktor koreksi geometri elektroda potensial tunggal yaitu:

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right]^{-1} \quad (2.18)$$

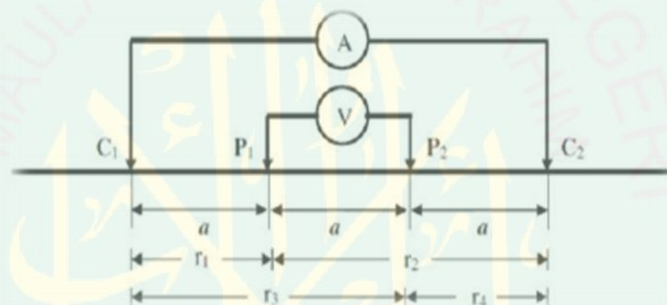
dengan K faktor koreksi geometri, 2π konstanta, r_1 jarak antara elektroda arus pertama C_1 dengan elektroda potensial pertama P_1 , r_2 jarak antara elektroda arus kedua C_2 dengan elektroda potensial kedua P_2 , r_3 jarak antara elektroda arus pertama C_1 dengan elektroda potensial pertama P_2 , r_4 jarak antara elektroda arus pertama C_2 dengan elektroda potensial pertama P_1 . (Telford, 1990)

Berikut adalah macam-macam konfigurasi pada geolistrik resistivitas yaitu:

1. Konfigurasi Wenner

Konfigurasi wenner terbagi menjadi tiga, yaitu:

a. Konfigurasi Wenner Alpha



Gambar 2.7 Konfigurasi Wenner Alpha
(Telford, 1990; Kearey, 2002; Loke, 1999)

Konfigurasi wenner alpha merupakan konfigurasi biasa yang digunakan oleh pelaku geolistrik di lapangan dan dikenal sebagai konfigurasi wenner. Titik ukur dari konfigurasi wenner alpha berada diantara elektroda potensial yang pertama dan elektroda potensial kedua. Berikut adalah pengaturan konfigurasi wenner alpha.

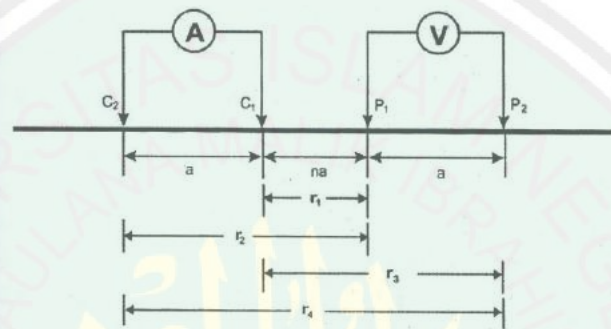
Berdasarkan gambar 2.7 dan persamaan konfigurasi secara umum maka nilai faktor koreksi geometri konfigurasi wenner alpha adalah:

$$K = 2\pi a \quad (2.19)$$

dengan a adalah jarak antar tiap elektroda dan 2π sebagai konstanta.

Konfigurasi wenner alpha memiliki ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda potensial dalam angka besar, multimeter yang digunakan dapat memiliki impedansi yang relatif kecil. Pada umumnya kemampuan konfigurasi wenner alpha menggambarkan kemampuan konfigurasi wenner beta dan konfigurasi wenner gamma.

b. Konfigurasi Wenner Beta



Gambar 2.8 Konfigurasi Wenner Beta (Loke, 1999)

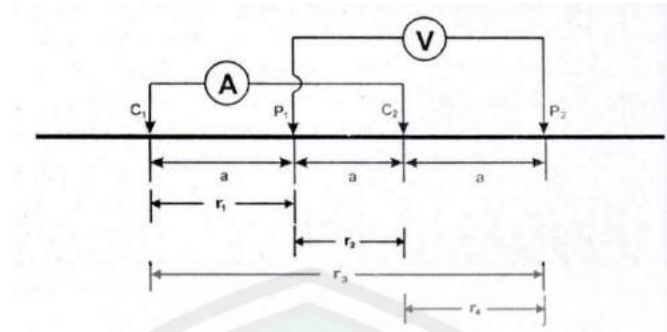
Konfigurasi wenner beta sama seperti konfigurasi alpha, namun letak perbedaannya adalah pada penataan letak elektrodanya, dimana elektroda potensial dan elektroda arus diletakkan terpisah dengan titik ukur sebagai dinding pembatas. Titik ukur dari konfigurasi wenner beta berada di antara elektroda arus yang pertama dan elektroda potensial pertama.

Berdasarkan gambar 2.8 dan persamaan konfigurasi secara umum maka nilai faktor koreksi geometri konfigurasi wenner beta adalah:

$$K = 6\pi a \quad (2.20)$$

dengan a adalah jarak antar tiap elektroda dan 6π sebagai konstanta.

c. Konfigurasi Wenner Gamma



Gambar 2.9 Konfigurasi Wenner Gamma (Loke, 1999)

Konfigurasi wenner gamma memiliki pengaturan elektroda yang sama dengan konfigurasi wenner alpha dan konfigurasi wenner beta. Titik ukur konfigurasi ini berada di tengah antara elektroda potensial pertama dan elektroda arus kedua. Berdasarkan gambar 2.9 dan persamaan konfigurasi secara umum maka nilai faktor koreksi geometri konfigurasi wenner gamma adalah:

$$K = 3\pi a \quad (2.21)$$

dengan a adalah jarak antar tiap elektroda dan 6π sebagai konstanta.

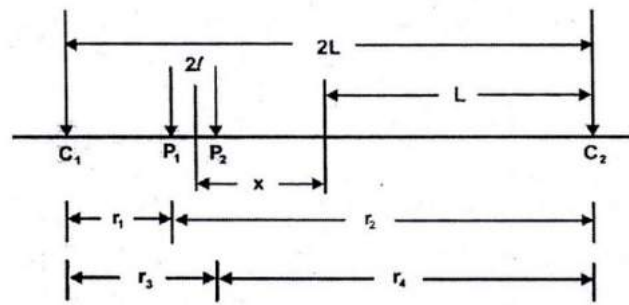
2. Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi schlumberger menggunakan sumbu vertikal dari titik ukur sebagai pengaturan jarak antar elektroda. Berdasarkan gambar 2.10 dan persamaan konfigurasi secara umum maka nilai faktor koreksi geometri konfigurasi schlumberger adalah:

$$K = \frac{\pi (L^2 - x^2)^2}{2l (L^2 + x^2)} \quad (2.22)$$

Jika pergeseran x berada tepat pada titik ukur $x = 0$, maka

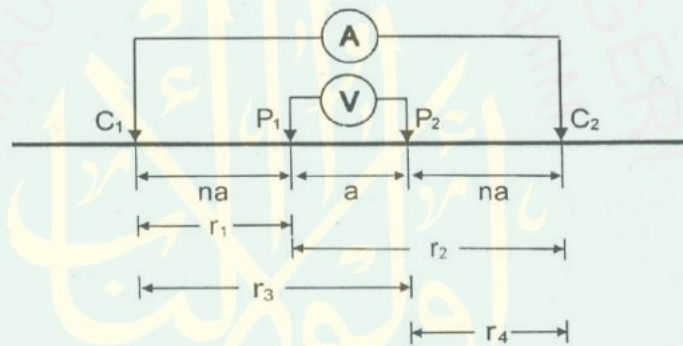
$$K = \frac{\pi}{2l} L^2 \quad (2.23)$$



Gambar 2.10 Konfigurasi Schlumberger (Loke, 1999)

dengan L adalah jarak antar tiap elektroda arus dan sumbu vertikal titik ukur, x sebagai jarak antara elektroda potensial dan sumbu vertikal titik ukur, l adalah jarak antara elektroda potensial dan titik tengah antara kedua elektroda potensial.

3. Konfigurasi Wenner-Schlumberger



Gambar 2.11 Konfigurasi Wenner Schlumberger (Loke, 1999)

Konfigurasi ini merupakan konfigurasi perpaduan antara konfigurasi wenner dan konfigurasi schlumberger. Akuisisi data dimulai dengan spasi $n=1$, $n=2$, $n=3$ dan seterusnya dengan jarak elektroda a .

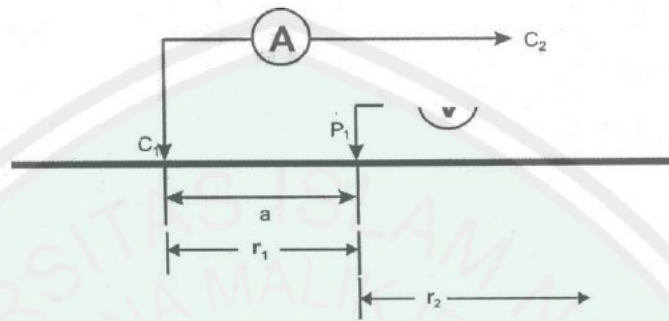
Berdasarkan gambar 2.11 dan persamaan konfigurasi secara umum maka nilai faktor koreksi geometri konfigurasi wenner schlumberger adalah:

$$K = n(n + 1)\pi a \quad (2.24)$$

dengan n adalah nilai beda untuk a , a jarak antara elektroda, π konstanta.

4. Konfigurasi Pole-Pole

Konfigurasi ini biasa digunakan untuk skala yang lebih besar dari konfigurasi dipole-dipole ataupun pole dipole, konfigurasi ini mampu menjangkau hingga puluhan meter dengan pemasangan elektroda sederhana.



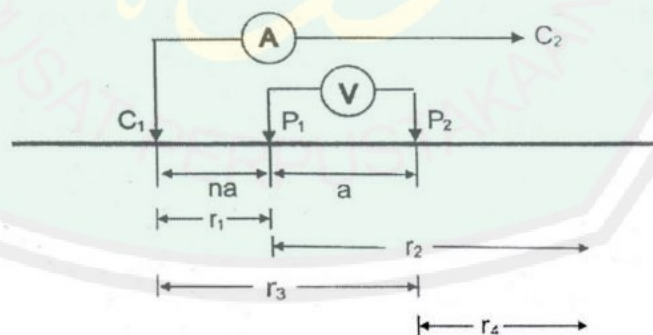
Gambar 2.12 Konfigurasi Pole-Pole (Loke, 1999)

Berdasarkan gambar 2.12 dan persamaan konfigurasi secara umum maka nilai faktor koreksi geometri konfigurasi pole-pole adalah:

$$K = 2\pi a \quad (2.25)$$

dengan a adalah jarak antar tiap elektroda dan 2π sebagai konstanta.

5. Konfigurasi Pole-Dipole



Gambar 2.13 Konfigurasi Pole-Dipole (Loke, 1999)

Konfigurasi ini juga biasa digunakan dalam eksplorasi resistivitas semu suatu daerah dengan tujuan untuk mempelajari struktur bawah permukaan yang tujuan geofisikanya adalah lingkungan.

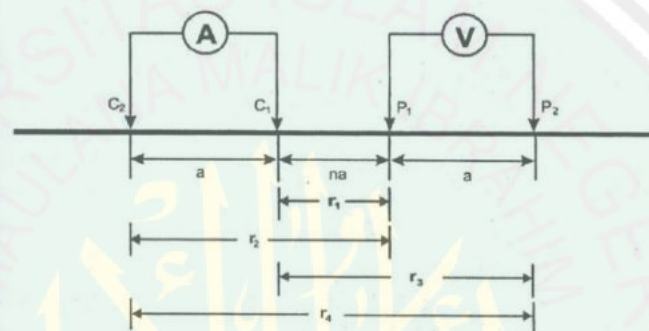
Berdasarkan gambar 2.13 dan persamaan konfigurasi secara umum maka nilai faktor koreksi geometri konfigurasi pole-dipole adalah:

$$K = n(n + 1)2\pi a \quad (2.26)$$

dengan a adalah jarak antar tiap elektroda, n jarak elektroda dan 2π sebagai konstanta.

6. Konfigurasi Dipole-Dipole

Konfigurasi ini cocok untuk penelitian skala sempit.



Gambar 2.14 Konfigurasi Dipole-Dipole (Loke, 1999)

Berdasarkan gambar tersebut dan persamaan konfigurasi secara umum maka nilai faktor koreksi geometri konfigurasi dipole-dipole adalah:

$$K = \pi a n(n + 1)(n + 2) \quad (2.27)$$

2.5 Konsep Dasar Resistivitas Semu

Hasil pengukuran metode geolistrik resistivitas pada suatu lapisan batuan pada saat pengukuran di lapangan adalah resistivitas semu (*apparent resistivity*). Bumi diasumsikan seolah bumi ini homogen isotropik, sehingga hasil akuisisi data lapangan suatu titik yang diukur merupakan nilai resistivitas yang sama dan tidak bergantung pada jarak elektroda arus dan elektroda potensial yang diubah-ubah. Namun dengan adanya asumsi bumi adalah homogen isotropik ternyata tidak sesuai dengan keadaan yang sebenarnya karena hasil pengukuran dengan variasi jarak

antar elektroda memberikan hasil nilai resistivitas batuan menjadi bervariasi. Sehingga resistivitas semu diasumsikan sebagai nilai rata-rata dari berbagai jenis resistivitas batuan yang ada di dalam tanah secara lokal. Istilah lokal dalam hal ini merupakan lapisan batuan yang terkena arus listrik dengan kerapatan arus listrik yang cukup untuk membangkitkan potensial listrik batuan.

Faktanya bumi tidak bersifat homogen isotropik dengan diketahui bahwa bumi terdiri dari lapisan lapisan batuan yang beragam. Pengukuran menggunakan metode geolistrik resistivitas pada suatu titik ukur akan mendapat nilai resistivitas semu. Keadaan ini dapat memberikan nilai resistivitas yang bervariasi, sehingga akuisisi data lapangan harus dilakukan dengan jumlah titik ukur lebih dari satu titik. Pada saat akuisisi data lapangan, nilai setiap titik ukur memiliki nilai resistivitas yang berbeda, hal tersebut membuktikan jika bumi merupakan medium heterogen anisotropik.

Prinsip yang digunakan dalam melakukan metode geolistrik resistivitas dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus dan mengukur nilai potensial listrik pada dua elektroda potensial. Berikut adalah nilai resistivitas semu pada nilai setiap titik dengan persamaan:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.28)$$

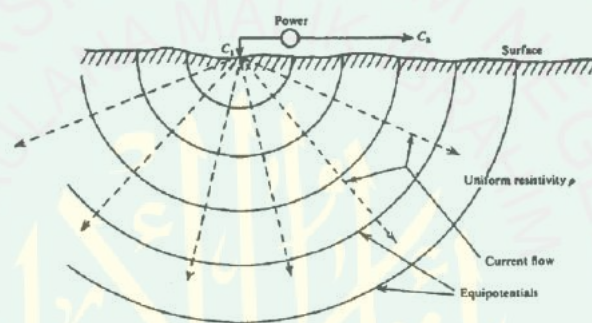
dengan ρ_a resistivitas semu, ΔV beda potensial pada elektroda potensial ganda, I adalah arus listrik. Nilai ΔV dan I dapat diketahui dari pengukuran yang ditunjukkan oleh elektroda, dan K adalah faktor koreksi geometri yang nilainya tergantung dari nilai konfigurasi yang digunakan. Dalam pengolahan data geolistrik, nilai K harus dimasukkan dalam perhitungan nilai resistivitas semu agar

hasil pengukuran mendekati nilai kebenaran serta model bawah permukaan bumi mendekati keadaan sebenarnya (Vebrianto, 2016).

2.6 Aliran Listrik di Dalam Bumi

Aliran listrik di dalam bumi terjadi karena bumi tersusun dari berbagai macam material yang dapat menghantarkan arus listrik. Hal tersebut terjadi saat permukaan tanah yang memiliki berbagai macam struktur kimia mampu menghantarkan listrik. Arus listrik yang mengalir ke dalam bumi selalu membentuk suatu lintasan.

2.6.1 Elektroda Arus Tunggal di Permukaan



Gambar 2.15 Elektroda Arus Tunggal

Arus listrik diinjeksikan melalui elektroda tunggal ke bumi dengan menganggap bahwa bumi itu berbentuk bola berongga sehingga arus yang mengalir tidak terjadi pembelokan. Pada kondisi seperti ini bumi bersifat homogen isotropis sehingga dengan memiliki nilai resistivitas yang seragam (Telford, 1990; Vebrianto, 2016).

Terlihat pada gambar 2.14 bahwa aliran arus mengalir melalui permukaan setengah bola pada medium homogen dengan persamaan (Burger,1992):

$$dV = IR \quad (2.29)$$

$$dV = I\rho \frac{l}{A} \quad (2.30)$$

$$dV = I\rho \frac{dr}{2\pi r^2} \quad (2.31)$$

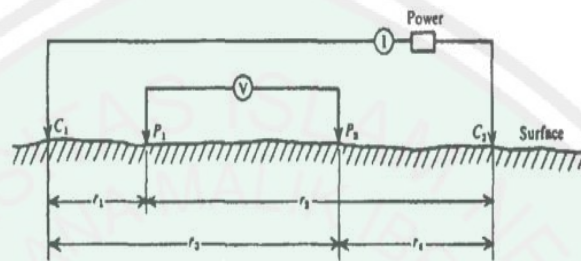
dengan mengintegrasikan kedua ruas diperoleh:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (2.32)$$

atau

$$\rho = \frac{2\pi rV}{I} \quad (2.33)$$

2.6.2 Elektroda Arus Ganda di Permukaan



Gambar 2.16 Elektroda Arus Ganda

Terdapat dua elektroda arus (C_1 dan C_2) dan dua elektroda potensial (P_1 dan P_2) yang terangkai sedemikian sehingga nilai beda potensial diantaranya terpengaruh. Jika kedua elektroda arus berada pada jarak tertentu maka akan mempengaruhi besarnya nilai potensial. Diketahui potensial dari C_1 dan P_1 sebagai berikut:

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \quad (2.34)$$

Dengan $A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi}$, karena arus pada kedua elektroda adalah sama dan berlawanan arah, maka potensial antara C_2 dan P_1 adalah:

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \quad (2.35)$$

dengan $A_2 = \frac{I\rho}{2\pi}$ dan $A_2 = -A_1$, maka potensial total untuk C_1 dengan P_1 dan C_2 dengan P_1 adalah:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.36)$$

dan potensial total untuk C_1 dengan P_2 dan C_2 dengan P_2 adalah:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.37)$$

Sehingga beda potensial di antara P_1 dan P_2 adalah:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.38)$$



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

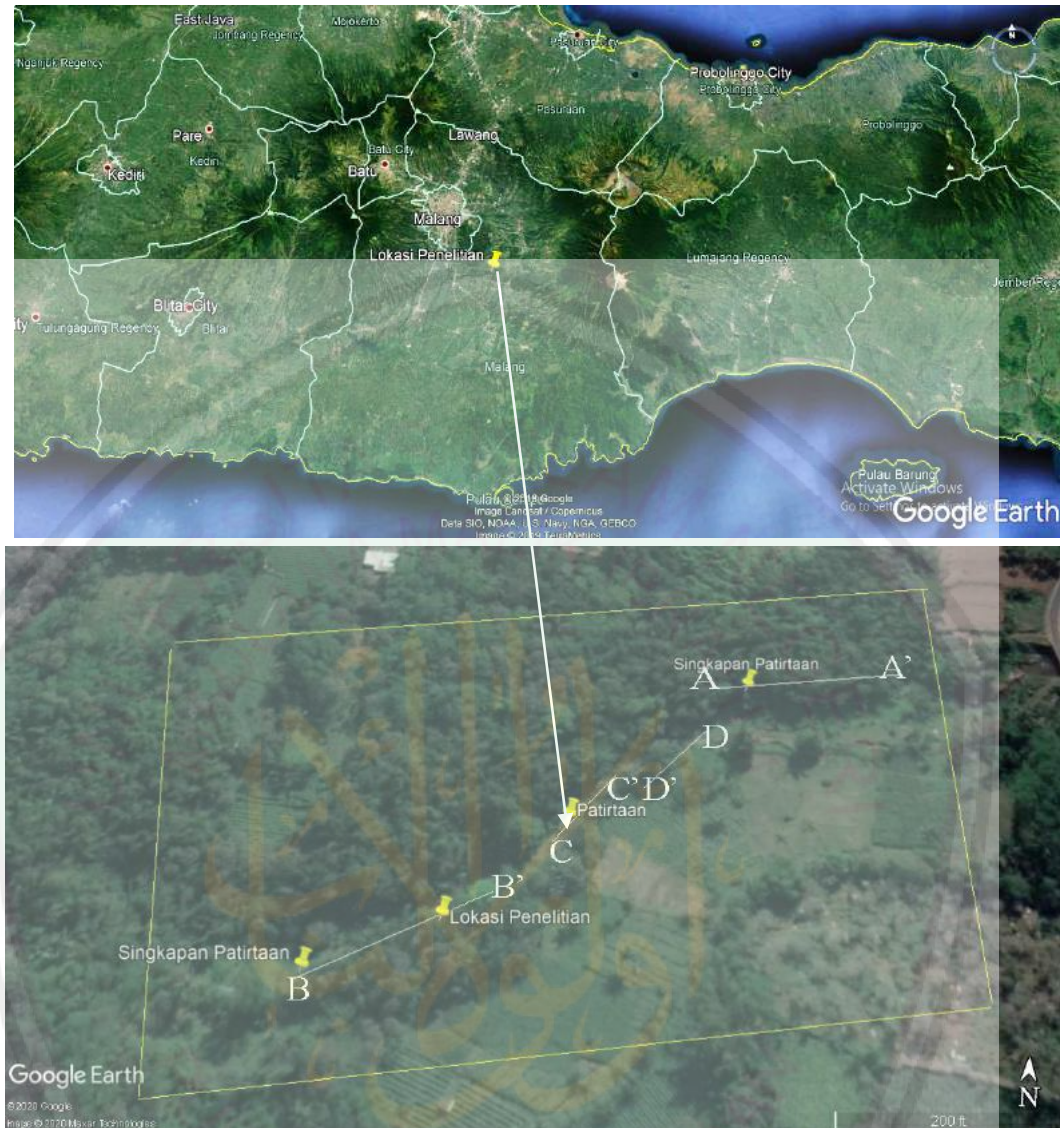
Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2020. Tempat penelitian terletak di lokasi Situs Patirtaan Ngawonggo Dusun Nanasan Desa Ngawonggo Kecamatan Tajinan Kabupaten Malang, Jawa Timur, yang berada pada titik koordinat $8^{\circ} 4' 49.34''$ LS dan $112^{\circ} 42' 13.91''$ BT . Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Instrumentasi Penelitian

Adapun instrumentasi yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- | | |
|---|---------|
| 1. <i>Main Unit Resistivity meter</i> | 1 unit |
| 2. Elektroda <i>stainless steel</i> | 64 buah |
| 3. Kabel rol multichannel @80 meter | 4 buah |
| 4. Kabel rol ekstention | 2 buah |
| 5. GPS | 2 buah |
| 6. Jack / Jepit buaya | 64 buah |
| 7. Palu Geologi, <i>Handy Talky</i> (HT) | 4 buah |
| 8. Alat Tulis dan <i>Clipboard</i> | |
| 9. Payung, Multimeter, <i>Accu</i> | 1 buah |
| 10. Meteran | 2 buah |
| 11. PC dan <i>Software</i> (Ms. Excel, Ms. Office, Notepad, RES2DINV, Paint 3D, Google Earth) | |

3.3 Desain Akuisisi Data



Gambar 3. 1 Desain Akuisisi Data

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari studi awal (kepuustakaan), tahap perencanaan, tahap pengambilan data (akuisisi data), pengolahan data, interpretasi dan analisis hasil pengolahan data. Target analisis data yang diperoleh berupa data anomali resistivitas, dan kemungkinan adanya bagian dari situs yang masih terpendam.

3.4.1 Studi Awal

Studi awal merupakan studi kepustakaan sebelum melakukan perencanaan penelitian, penguasaan dasar keilmuan dan wawasan terhadap ilmu yang diperlukan untuk analisis data yang telah diambil di lapangan. Hasil studi pustaka dapat dijadikan penunjang dan pertimbangan dalam tahap interpretasi data sehingga hasil penelitian bisa sesuai atau mendekati seperti keadaan sebenarnya.

3.4.2 Tahap Perencanaan Lokasi Penelitian

Setelah melakukan studi pustaka dan memahami dasar keilmuan, pengetahuan serta kajian dari topik penelitian, dilakukan tahap perencanaan lokasi penelitian, survei lokasi penelitian dan penentuan model lintasan pengukuran lokasi penelitian. Pemilihan lokasi penelitian dilakukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan dasar keilmuan geologi, geofisika, target, potensi, serta manfaat keberlangsungan pada masyarakat dan tindak lanjut setelah penelitian dilakukan.

3.4.3 Tahap Akuisisi Data

Tahap akuisisi atau pengambilan data di lapangan terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan saat proses pengambilan data menggunakan metode geolistrik resistivitas, yaitu penguasaan terhadap metode, ketelitian, ketepatan panjang bentangan atau jarak spasi antar elektroda serta pencatat data nilai koordinat dan topografi dari GPS pada setiap datum poin. Perpindahan dan pemasangan elektroda harus sesuai dengan konfigurasi yang digunakan, dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi dipole-dipole.

Penelitian ini mencari persebaran batuan situs berupa data *mapping* menggunakan konfigurasi dipole-dipole. Hal yang harus dilakukan sebagai prosedur akuisisi data adalah:

1. Membentangkan meteran dan kabel rol sepanjang lintasan pengukuran
2. Memasang elektroda dan jack/ capit buaya pada kabel dengan spasi atau jarak 1 meter
3. Menyalakan main unit *resistivity meter* kemudian menginjeksikan arus pada elektroda yang sudah terpasang
4. Mencatat koordinat dan ketinggian tiap elektroda
5. Mengunduh atau mentransfer data dari main unit *resistivity meter* untuk diolah pada proses selanjutnya.

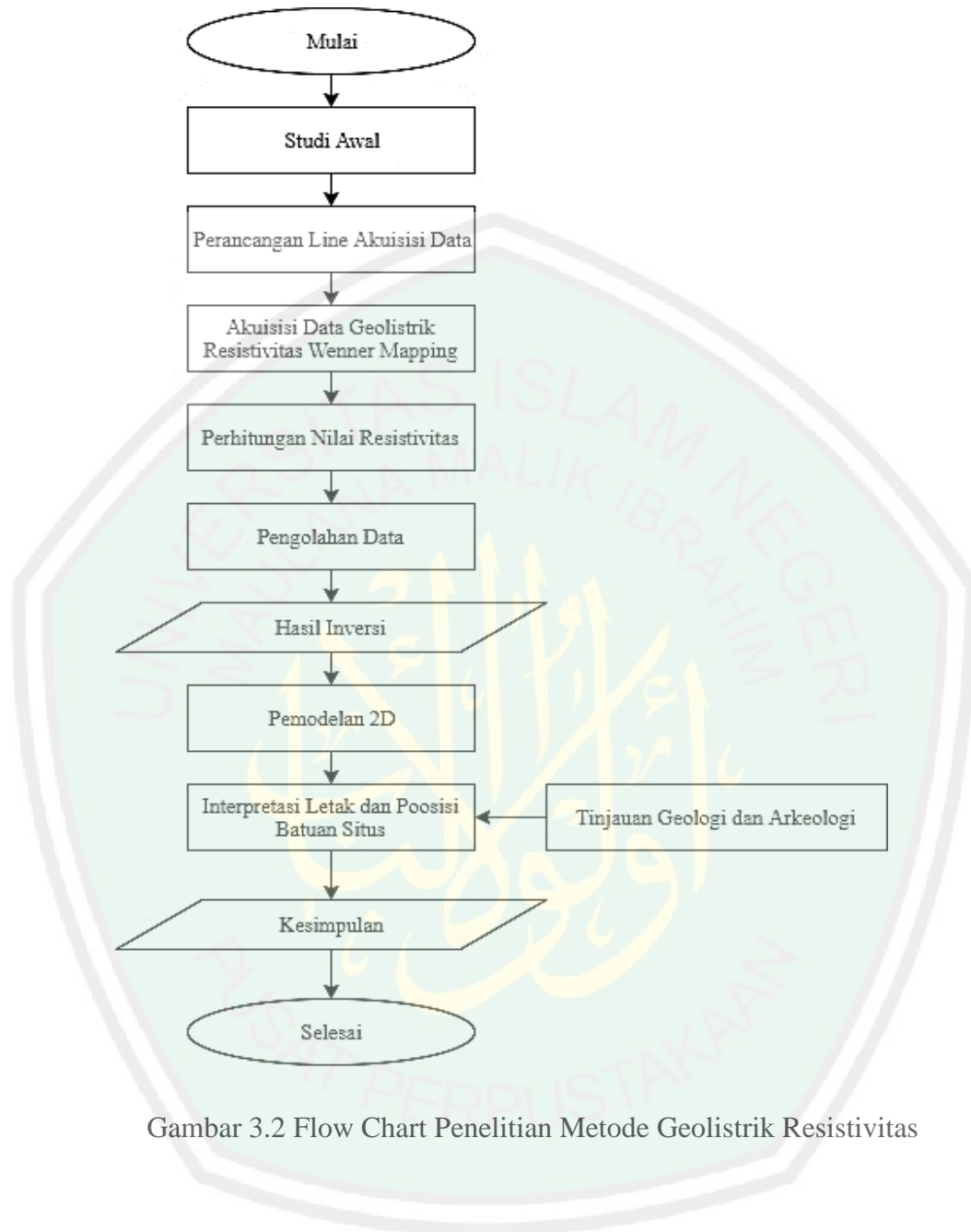
3.4.4 Pengolahan Data

Pengolahan data (*data processing*) merupakan tindak lanjut dari pengambilan data di lapangan berupa perhitungan, inversi, dan interpretasi. Data akan diolah menggunakan Res2dinv untuk mendapatkan penampang 2D agar bisa dilakukan interpretasi dan analisis data.

3.4.5 Interpretasi Data

Interpretasi data merupakan langkah akhir penelitian. Dalam tahap ini dilakukan analisa dan penafsiran terhadap hasil penelitian untuk dapat mengetahui gambaran kondisi lapisan batuan penyusun bawah permukaan lokasi penelitian. Interpretasi data dilakukan dengan cara membandingkan dan mencocokkan variasi nilai resistivitas material batuan hasil inversi pengolahan data sehingga litologi bawah permukaan akan diketahui secara detail.

3.5 Skema Kerja Penelitian Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole



Gambar 3.2 Flow Chart Penelitian Metode Geolistrik Resistivitas

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Akuisisi data telah dilakukan di desa Ngawongo Kecamatan Tajinan Kabupaten Malang. Akuisisi data ini dilakukan dengan fokus pada persebaran situs patirnaan Ngawonggo berdasarkan nilai resistivitas batuan. Kemudian diperkuat dengan data pendukung keadaan di lapangan, singkapan situs, informasi juru kunci situs, dokumen dari pihak BPCB dan data geologi daerah setempat.

Penentuan persebaran situs ngawonggo dapat diketahui menggunakan salah satu metode geofisika yaitu metode geolistrik. Alat yang digunakan adalah resistivimeter dengan data yang diperoleh berupa penampang 2D. Berdasarkan penampang tersebut akan diketahui distribusi nilai resistivitas batuan bawah permukaan yang selanjutnya akan diinterpretasikan dan selanjutnya dianalisis.

4.1 Akuisisi Data

Akuisisi data pada penelitian ini dilakukan di sekitar wilayah Situs Patirnaan Ngawonggo, Kecamatan Tajinan Kabupaten Malang. Situs Patirnaan Ngawonggo umumnya tersusun atas batuan andesit yang tersebar di sekitar situs. Selain itu Situs Patirnaan Ngawonggo memiliki beberapa titik singkapan namun belum dilanjutkan proses ekskavasi yang artinya masih ada beberapa bagian situs yang terpendam

Akuisisi data dilakukan menggunakan alat geolistrik *Multichannel Multielectrode Resistivity and IP Meter by MAE* dengan menggunakan konfigurasi dipole-dipole dimana konfigurasi ini digunakan untuk mengetahui formasi batuan penyusun bawah permukaan suatu daerah secara *mapping-sounding* dengan memperkirakan pengukuran yang dilakukan memiliki sensitifitas terhadap variasi

lateral pada kedalaman tertentu sesuai dengan jarak elektroda yang digunakan. Akuisisi data yang dilakukan memiliki jumlah lintasan 4 buah.

Data hasil penelitian di lapangan yang diperoleh yaitu berupa letak dan nomor elektroda, nilai arus (I), nilai beda potensial (V), nilai rho (ρ), variabel dan *Measurement*. Parameter yang digunakan untuk memproses data adalah nilai faktor geometris untuk konfigurasi dipole-dipole menggunakan persamaan (2.27) sehingga akan didapat nilai resistivitas semu di daerah penelitian menggunakan persamaan (2.28).

Sedangkan alat pendukung saat Akuisisi data diantaranya: 2 kabel rol resis, 2 kabel rol *extension*, meteran, palu geologi, elektroda, *accu*, payung, GPS Garmin, 64 buah elektroda, pencapit buaya, dan ATK. Fungsi dari kabel rol yaitu sebagai penghubung sumber listrik dengan elektroda yang sebelumnya telah ditancapkan ke permukaan tanah menggunakan palu geologi sesuai lintasan dan jarak yang diinginkan setelah dilakukan pengukuran menggunakan meteran. Payung yang digunakan untuk melindungi alat dari hujan dan panas. GPS Garmin untuk mengetahui titik koordinat dan elevasi tiap elektroda yang kemudian di catat menggunakan ATK yang telah dipersiapkan sebelumnya.

Adapun prinsip kerja dari metode geolistrik resistivitas adalah elektroda arus dan elektroda potensial di tancapkan kedalam tanah sesuai lintasan (satu garis lurus) yang telah ditentukan dan dibentangkan dengan spasi yang telah ditentukan, kemudian elektroda arus dan elektroda potensial diberikan aliran listrik untuk diteruskan ke dalam tanah sehingga aliran listrik akan mengenai material yang ada di bawah permukaan kemudian didapatkan nilai resistivitas semu batuan. Nilai tersebut akan terekam oleh alat dan disimpan dalam beberapa format data (.DAT,

.XLS, .TSV), kemudian akan diolah menggunakan *Res2dinv software* sehingga didapatkan penampang bawah permukaan.

4.2 Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari Akuisisi data di lapangan berupa nilai resistivitas semu. Resistivitas semu merupakan nilai dari yang mewakili dari nilai resistivitas satu medium fiktif homogen yang setimbang dengan medium berlapis yang menjadi objek penelitian. Nilai hambatan atau nilai R (resistansi) yang terukur bukan nilai untuk satulapisan, terutama dalam penggunaan jarak elektroda yang lebar, sehingga nilai yang didapat dari pengukuran bervariasi. Nilai tersebut didapatkan akibat dari nilai potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan-lapisan di bawah permukaan. Lapisan bawah permukaan bumi tersusun dari berbagai jenis batuan yang memiliki nilai konduktivitas berbeda-beda, dimana nilai dari konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitas. Semakin besar nilai konduktivitas semakin rendah nilai resistivitasnya dan berlaku sebaliknya.

Data yang telah diperoleh selanjutnya diolah menggunakan pemodelan inversi oleh *Res2dinv Geosoft (Geophysic Software)*. Pemodelan inversi merupakan pemodelan yang dilakukan untuk merekonstruksi model bentuk bumi (menggunakan distribusi parameter fisika) berdasarkan data hasil pengukuran. Data yang digunakan adalah dari hasil akuisisi di lapangan dalam bentuk nilai resistivitas semu bawah permukaan yang kemudian oleh *Res2dinv Software* diinversi dan didapatkan 3 model penampang bawah permukaan. Penampang pertama yaitu berupa perhitungan data lapangan *measured apparent resistivity pseudosection*, penampang kedua yaitu *calculated apparent resistivity pseudosection*, dan

penampang ketiga yang merupakan hasil inversi data *inverse model resistivity section*.

Prinsip dari inversi data adalah pencocokan kurva data menggunakan kurva model, apabila kurva semakin mirip kurva data maka nilai RMS *error* pada penampang *inverse model resistivity section* akan semakin kecil, dengan asumsi apabila semakin kecil nilai RMS *error* maka model penampang bawah permukaan akan semakin mendekati atau sesuai dengan kondisi bawah permukaan yang sebenarnya.

4.3 Interpretasi Data

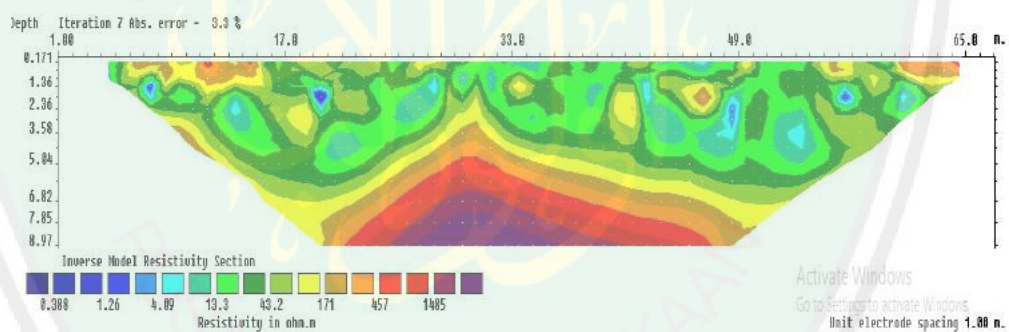
Wilayah Kabupaten Malang berada di daerah pegunungan dengan kondisi topografi dipengaruhi oleh Pegunungan Tengger di sebelah timur, Gunung Kawi dan Kelud di sebelah barat, serta Gunung Arjuna-Welirang sebelah utara. Sedangkan formasi geologi yang berkembang di wilayah Kecamatan Tajinan bersal dari aktivitas Gunungapi Tengger (Qvt; lava andesit piroksen, basal olivine dan piroklatika jatuhan), Gunung Buring (Qpvb; lava basal olivine piroksen, tuf pasir) dan Gunung Ronggo (Qpvb). Kecamatan Tajinan secara umum memiliki empat formasi geologi berupa formasi tuf malang (Qptm; tuf kasar-halus, berbatu apung dan fragmen andesit), yakni formasi endapan Gunung Buring dan Gunung Arjuno-Welirang (Qvaw; breksi gunungapi, lava, breksi tufan dan tuf) arah utara, formasi Gunungapi Tengger dan Gunung Semeru (Qvs; lava andesit sampai basal, klastika gunungapi dan lahar) di sebelah timur, formasi Gunungapi Quarter (Qpv; breksi gunungapi, tuf, lava, aglomerat dan lahar, merupakan asosiasi dari Gunung Kawi-Butak, Gunung Ronggo, Pegunungan Tengger dan Gunung buring) di bagian selatan barat.

4.3.1 Analisis Hasil Data

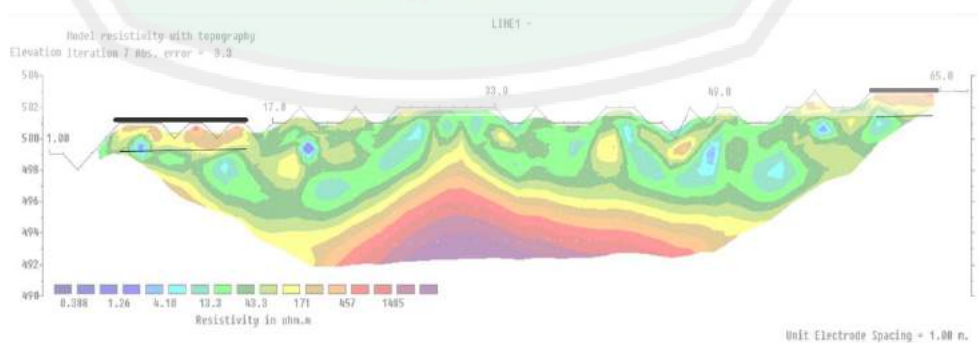
Hasil pengolahan data resistivitas akan diinterpretasikan berdasarkan distribusi resistivitas pada data berdasarkan gradasi warna pada hasil pemodelan 2D dari hasil inversi *Res2dinv Software* yang kemudian dikorelasikan dengan data geologi setempat dan kondisi di lapangan untuk mengetahui kondisi struktur bawah permukaan dari setiap lintasan.

1. Lintasan 1

Lintasan 1 merupakan lintasan yang berada di sebelah utara Sungai Manten dengan bentangan *line* melalui dua singkapan situs memiliki panjang bentangan 64 meter dengan spasi elektroda satu meter. Posisi koordinat elektroda awal $08^{\circ}04'46.1''$ LS - $112^{\circ}42'16.8''$ BT dan elektroda terakhir $08^{\circ}04'45.9''$ LS - $112^{\circ}42'18.9''$ BT.






Gambar 4. 1 Model Inversi 2D Lapisan Bawah Permukaan Lintasan 1



Gambar 4. 2 Model Inversi dengan Topografi Lintasan 1

Hasil pengolahan data geolistrik *line* 1 dengan 7 iterasi didapatkan nilai RMS *error* 3.3 % yang memiliki kedalaman mencapai 8.97 meter. Hasil pemodelan inversi nilai resistivitas yang didapatkan berkisar antara 0.388 Ωm hingga 1485 Ωm . Berdasarkan tabel nilai resistivitas batuan (Tabel 2.3) dapat diprediksi material penyusun lapisan bawah permukaan. Berdasarkan citra warna dari penampang diperoleh hasil:

Tabel 4. 1 Tabel Citra Warna Penampang Bawah Permukaan Lintasan 1

Citra Warna Penampang	Nilai Resistivitas (Ωm)	Interpretasi Batuan
	0.388 - 169	Tanah yang mengandung air
	170 - 457	Batuan andesit
	170 - 1458	Formasi batuan andesit gunungapi

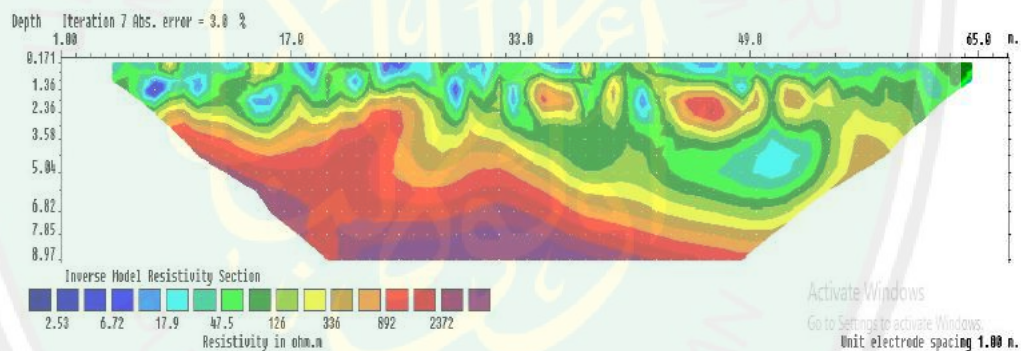
Pendugaan batuan situs yang berbahan dasar batu andesit dari hasil inversi lintasan satu ditunjukkan dengan nilai resistivitas 170 - 457 Ωm . Posisi dari batuan situs berada pada kedalaman 0 - 3 meter di bawah permukaan tanah dari elektroda 6 sampai elektroda 15 dengan panjang 10 meter dan ketebalan \pm 2 meter yang di dekatnya terdapat singkapan situs serta di ujung lintasan pada elektroda 60 sampai elektroda 64 dengan panjang 4 meter dan ketebalan \pm 2 meter.

Struktur bawah permukaan pada lintasan 1 terbagi menjadi tiga jenis batuan resistivitas, yakni resistivitas batuan dengan nilai rendah, sedang, dan tinggi. Nilai resistivitas batuan rendah yakni ditunjukkan dengan nilai 0.388 - 169 Ωm berupa *soil* yang mengandung air. Nilai resistivitas batuan sedang ditunjukkan rentang nilai 170 - 457 Ωm berupa batuan situs pada kedalaman 0.17 - 2 m. Nilai

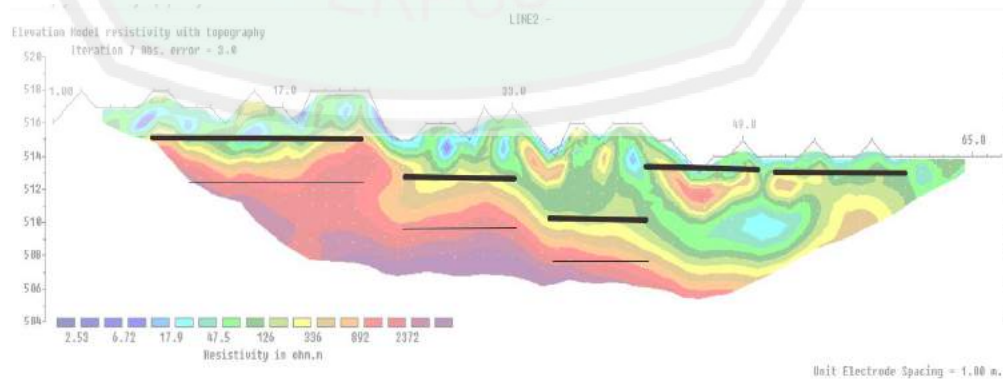
resistivitas tinggi batuan tinggi ditunjukkan dengan nilai 170 - 1458 Ωm berupa formasi batuan andesit gunungapi yang berada pada kedalaman mulai dari 3 meter dibawah permukaan.

2. Lintasan 2

Lintasan 2 merupakan lintasan yang berada pada arah barat daya situs utama dengan lintasan diambil diatas parit karena tidak memungkinkan untuk diambil di bawahnya yang merupakan singkapan batuan situs, hal tersebut dilakukan untuk melindungi situs dari kerusakan. Lintasan 2 memiliki panjang bentangan 64 meter dengan spasi elektroda satu meter pada koordinat awal elektroda $08^{\circ}04'49.0''$ LS - $112^{\circ}42'14.4''$ BT, sampai koordinat elektroda terakhir $08^{\circ}04'49.8''$ LS - $112^{\circ}42'12.7''$ BT.






Gambar 4. 3 Model Inversi 2D Lapisan Bawah Permukaan Lintasan 2



Gambar 4. 4 Model Inversi dengan Topografi Lintasan 2

Hasil pengolahan data geolistrik *line 2* dengan 7 iterasi didapatkan nilai RMS *error* 3.0 % yang memiliki kedalaman mencapai 8.97 meter. Hasil pemodelan inversi nilai resistivitas yang didapatkan berkisar antara 2.53 Ωm sampai 2372 Ωm . Berdasarkan tabel nilai resistivitas batuan (2.3) dapat diprediksi material penyusun lapisan bawah permukaan. Berdasarkan citra warna dari penampang diperoleh hasil:

Tabel 4. 2 Tabel Citra Warna Penampang Bawah Permukaan Lintasan 2

Citra Warna Penampang	Nilai Resistivitas (Ωm)	Interpretasi Batuan
	2.53 – 169	Tanah yang mengandung air
	170 - 892	Batuan andesit
	892 – 2372	Formasi batuan andesit gunungapi

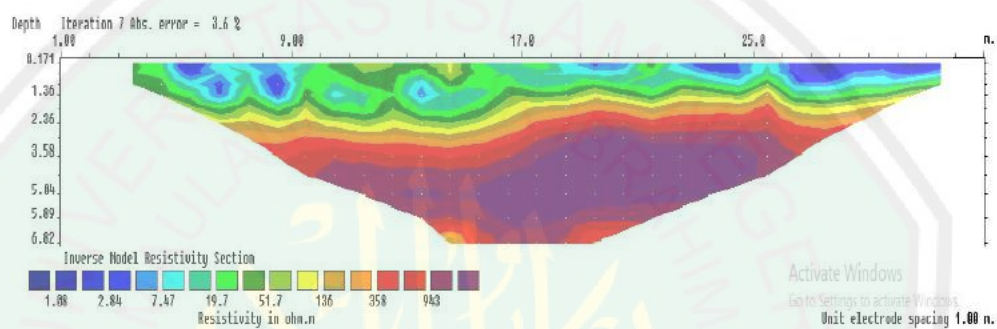
Pendugaan batuan situs yang berbahan dasar batu andesit dari hasil inversi lintasan dua ditunjukkan dengan nilai resistivitas 170 - 892 Ωm . Posisi dari batuan situs berada pada kedalaman $\pm 2 - 7$ meter di bawah permukaan tanah dengan kondisi berundak menyerupai pondasi. Batuan situs terekam oleh alat dimulai dari elektroda 7 sampai elektroda 61 dengan ketebalan batuan situs ± 2 meter. Pada elektroda ke 49 terdapat rembesan air dari parit yang digunakan untuk mengisi kolam.

Struktur bawah permukaan pada lintasan 2 diduga terbagi menjadi tiga jenis batuan resistivitas, yakni resistivitas batuan dengan nilai rendah, sedang, dan tinggi. Nilai resistivitas batuan rendah yakni ditunjukkan dengan nilai 2.53 - 169 Ωm berupa *soil* yang mengandung air. Nilai resistivitas batuan sedang ditunjukkan dengan nilai 170 - 892 Ωm berupa batuan situs. Nilai resistivitas

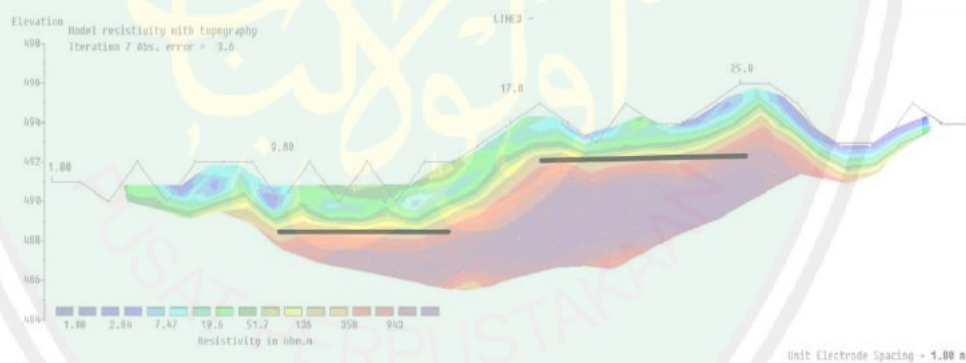
tinggi batuan tinggi ditunjukkan dengan nilai 892 - 2372 Ωm berupa formasi batuan andesit gunungapi.

3. Lintasan 3

Lintasan 3 merupakan lintasan yang diambil melipir di sekitar kolam 1 dan kolam 2. Memiliki panjang lintasan 32 meter dengan spasi elektroda satu meter, pada koordinat awal elektroda 08°04'81.5" LS - 112°42'24.7" BT sampai elektroda terakhir pada koordinat 08°04'79.5" LS - 112°42'25.8" BT.



Gambar 4. 6 Model Inversi 2D Lapisan Bawah Permukaan Lintasan 3






Gambar 4. 5 Model Inversi dan Topografi Lapisan Lintasan 3

Hasil pengolahan data geolistrik line 3 dengan 7 iterasi didapatkan nilai RMS error 3.6 % yang memiliki kedalaman mencapai 6.82 meter. Hasil pemodelan inversi nilai resistivitas yang didapatkan berkisar antara 1.08 Ωm sampai 943 Ωm . Sedangkan berdasarkan tabel nilai resistivitas batuan (2.3)

dapat diprediksi material penyusun bawah permukaan. Berdasarkan citra dari penampang diperoleh hasil:

Tabel 4. 3 Tabel Citra Warna Penampang Bawah Permukaan Lintasan 3

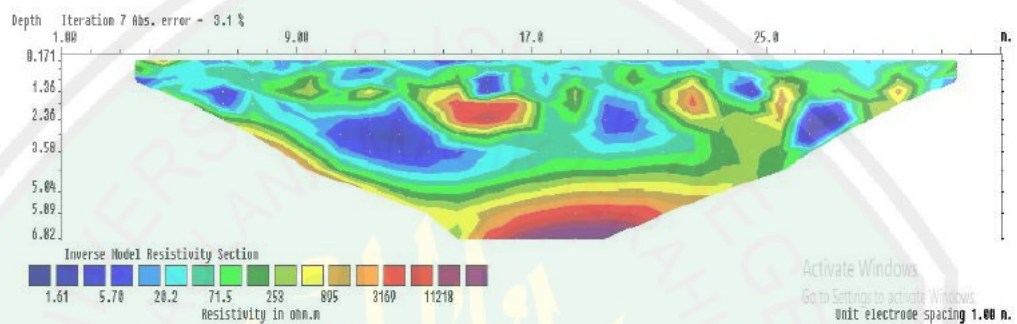
Citra Warna Penampang	Nilai Resistivitas (Ωm)	Interpretasi Batuan
	1.08 – 169	Tanah yang mengandung air
	170 - 892	Batuan andesit
	892 – 943	Formasi batuan andesit gunungapi

Pendugaan batuan situs yang berbahan dasar batu andesit dari hasil inversi lintasan dua ditunjukkan dengan nilai resistivitas 170 - 943 Ωm . Posisi dari batuan situs berada pada kedalaman 2 - 6 meter di bawah permukaan tanah dari elektroda 5 sampai elektroda 16 yang diambil disekitar kolom 1 dan kolom 2, sehingga pada lintasan 3 diduga yang terekam adalah batuan situs yang merupakan dasar kolom 1 dengan panjang ± 7 meter pada kedalaman 2 -4 meter, dan kolom 2 dengan panjang ± 8 meter pada kedalaman pada kedalaman 2 – 4 meter.

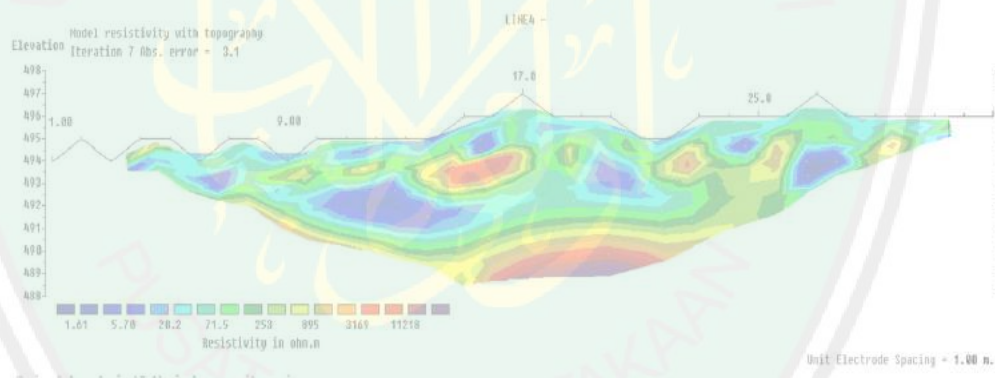
Struktur bawah permukaan pada lintasan 3 terbagi menjadi tiga jenis batuan resistivitas, yakni resistivitas batuan dengan nilai rendah, sedang, dan tinggi. Nilai resistivitas batuan rendah yakni ditunjukkan dengan nilai 1.08 - 169 Ωm berupa *soil* yang mengandung air. Nilai resistivitas batuan sedang ditunjukkan dengan nilai 170 - 892 Ωm berupa batuan situs. Nilai resistivitas tinggi batuan tinggi ditunjukkan dengan nilai 892 - 943 Ωm berupa formasi batuan andesit gunungapi.

4. Lintasan 4

Lintasan 4 merupakan lintasan yang berada di sebelah selatan situs utama pada area perkebunan warga dengan posisi lebih tinggi dari parit dan situs utama. Memiliki panjang lintasan 64 meter dengan spasi elektroda satu meter, pada koordinat awal elektroda $08^{\circ}04'80.1''$ LS - $112^{\circ}42'26.0''$ BT sampai elektroda terakhir pada koordinat $08^{\circ}04'81.7''$ LS - $112^{\circ}42'25.6''$ BT.




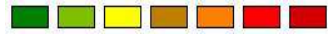

Gambar 4. 8 Model Inversi 2D Lapisan Bawah Permukaan Lintasan 4



Gambar 4. 7 Model Inversi dengan Topografi Lintasan 4

Hasil pengolahan data geoslitrik line 4 dengan 7 iterasi didapatkan nilai RMS error 3.1% yang memiliki kedalaman mencapai 6.82 m. Hasil pemodelan inversi nilai resistivitas yang didapatkan berkisar antara $1.61 \Omega\text{m}$ sampai $11218 \Omega\text{m}$. Sedangkan berdasarkan tabel nilai resistivitas batuan (2.3) dapat diprediksi material penyusun bawah permukaan. Berdasarkan citra dari penampang diperoleh hasil:

Tabel 4. 4 Tabel Citra Warna Penampang Bawah Permukaan Lintasan 4

Citra Warna Penampang	Nilai Resistivitas (Ωm)	Interpretasi Batuan
	1.61 – 169	Tanah yang mengandung air
	170 - 3169	Batuan andesit
	170 – 11218	Formasi batuan andesit gunungapi

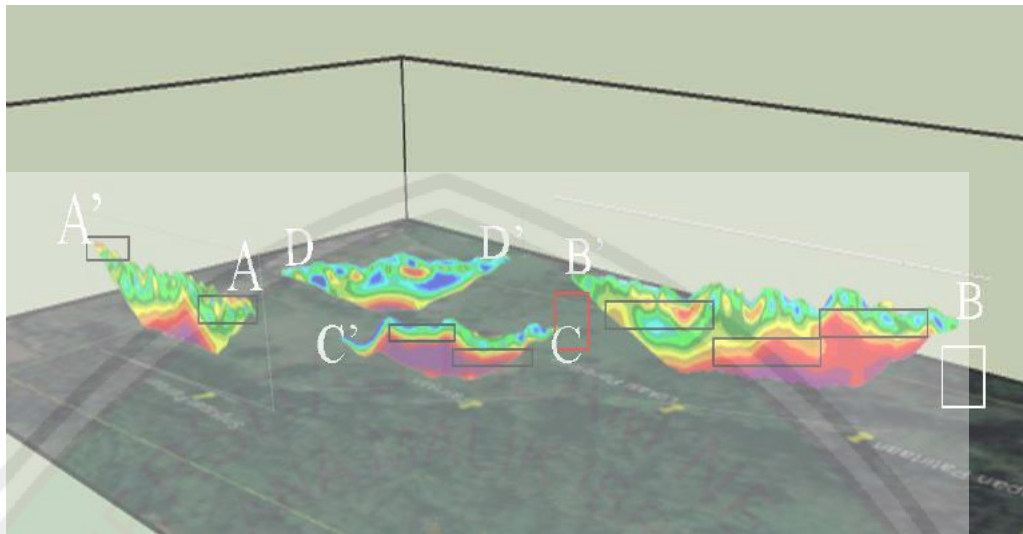
Pendugaan pada lintasan empat dengan rentang nilai resistivitas 170 – 3169 Ωm yang diduga sebagai batuan andesit tidak termasuk dalam batuan situs. Batuan tersebut diduga sebagai batuan andesit sungai yang berada pada kedalaman 1 - 4 meter di bawah permukaan. Sedangkan formasi batuan andesit gunungapi berada pada kedalaman 5 m di bawah permukaan.

Struktur bawah permukaan pada lintasan 4 terbagi menjadi tiga jenis batuan resistivitas, yakni resistivitas batuan dengan nilai rendah, sedang, dan tinggi. Nilai resistivitas batuan rendah yakni ditunjukkan dengan nilai 1.61 - 169 Ωm berupa *soil* yang mengandung air. Nilai resistivitas batuan sedang ditunjukkan dengan nilai 170 - 3169 Ωm berupa batuan andesit sungai. Nilai resistivitas tinggi batuan tinggi ditunjukkan dengan nilai 170 - 11218 Ωm berupa formasi batuan andesit gunungapi.

4.3.2 Rekonstruksi Model 2D

Rekonstruksi model penampang 2D dikerjakan menggunakan bantuan SketchUp Pro 2018. Rekonstruksi ini bertujuan untuk interpretasi kualitatif dalam melihat distribusi nilai resistivitas objek penelitian supaya memudahkan interpretasi kondisi bawah permukaan objek penelitian. Menggunakan *input*

penampang 2D Res2dinv hasil dari inversi yang telah dilakukan pada setiap lintasan.



Gambar 4.9 Rekonstruksi Nilai Resistivitas 2D Terhadap Objek Batuan Situs Patirtaan Ngawonggo

Berdasarkan hasil pengolahan geolistrik resistivitas pada setiap lintasan pengukuran sekitar Situs Patirtaan Ngawonggo didapatkan distribusi nilai resistivitas batuan Situs Patirtaan Ngawonggo tersebar di seluruh lintasan. Pada gambar 4.9 dapat diketahui interpretasi kondisi bawah permukaan dengan jenis batuan yang cukup berkesinambungan dari seluruh lintasan. Distribusi nilai resistivitas batuan andesit pada lintasan 1 diduga sebagai batuan situs dan merupakan bagian yang terpisah dari situs utama yakni bagian kolam yang berada di sisi selatan Sungai Manten. Pada lintasan 2 diketahui posisi kolam 1 dan kolam 2. Kemudian terdapat jarak diantaranya yang sebenarnya merupakan kolam ke 3 dengan keadaan utuh. Pada lintasan 3 yang diambil di sekitar kolam 4 sampai kolam 6 mampu mempresentasikan nilai resistivitas sesuai dengan keadaan yang sesungguhnya. Sedangkan pada lintasan 4 ditemukan distribusi nilai resistivitas batuan andesit diduga bukan sebagai bagian dari batuan situs. Berdasarkan

gambar 4.9 dapat diketahui persebaran batuan Situs Patirtaan Ngawonggo tidak hanya berada di sisi selatan Sungai Manten, namun beberapa juga berada di sisi utara Sungai Manten.

4.3.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil interpretasi dari ke empat lintasan, material penyusun bawah permukaan yang mengacu pada peta formasi geologi (Gambar 2.1) yang berkembang di wilayah Kecamatan Tajinan relatif sama diantaranya terdiri dari tanah yang mengandung air, batuan andesit (batuan situs), formasi batuan andesit gunungapi yang terdiri dari batuan lava, dan batuan basal.

Material penyusun bawah permukaan tanah memiliki kemampuan berbeda dalam menghantarkan arus listrik serta memiliki nilai resistivitas yang berbeda dari setiap material. Material yang sama belum tentu memiliki nilai resistivitas yang sama, begitupun sebaliknya. Hal tersebut terjadi karena setiap material memiliki nilai rentang resistivitas yang dapat saling *overlap*, sehingga melakukan pencocokan antara kondisi geologi daerah dan kondisi lapangan dengan hasil pengukuran sangat perlu dilakukan.

Struktur bawah permukaan daerah Situs Ngawonggo diantaranya adalah:

- a. Tanah yang mengandung air disini adalah kondisi tanah yang memiliki kandungan air di setiap porinya akibat hujan yang terjadi pada hari sebelumnya ketika pengambilan data.
- b. Batu andesit merupakan bagian dari batuan beku dalam mineralnya berbutir kasar hingga sedang, dengan tekstur afanitik warnanya abu-abu. Komposisi dan presentase secara umum dari mineral pembentuk batumannya adalah : K-felspar <10%, kuarsa <10%, dan mineral tambahan hornblenda, biotit, piroksen, Na-

amfibol, felspatoid. Batu andesit memiliki harga resistivitas sebesar $4.5 \times 10^4 \Omega m$ (*wet*) - $1.7 \times 10^2 \Omega m$ (*dry*).

c. Batu basal merupakan bagian dari batuan beku leleran dari gabro, mineralnya berbutir halus, berwarna hitam. komposisi dan presentase secara umum mineral dari pembentuk batuanya adalah k-felspar <10%, kuarsa <10%, felspatoid <10% dan beberpa mineral tambahan hornblenda, biotit, piroksen, Na-amfibol, olivin, uralit. Batu basal memiliki harga resistivitas sebesar $10 - 1.3 \times 10^7 \Omega m$ (*dry*).

d. Batu lava merupakan batuan gunungapi hasil pembekuan magma yang termasuk dalam batuan beku ekstrusif atau juga biasa disebut batuan lelehan *effusive*. Memiliki ciri warna abu-abu, derajat kristalisasi hipokristalin, granularitas porfitik, kemas hypidiomorf, dengan struktur massif, komposisi mineral prioksen, opak dan gelas. Batu lava memiliki harga resistivitas sebesar $100 \Omega m - 5 \times 10^4 \Omega m$.

Berdasarkan lapisan penyusun batuan dari ke empat lintasan yang kemudian dikorelasikan dengan peta geologi diketahui bahwa bahan dasar situs patirtaan yang merupakan batuan andesit. Pada lintasan 1 distribusi nilai resistivitas batuan andesit memiliki pola unik dengan berada meter ke 6 sampai meter ke 15 diduga sebagai batuan situs yang berbentuk persegi panjang dengan ketebalan ± 2 meter. Kemudian terpisah dan ada lagi pada meter ke 60 sampai meter ke 64 kedalaman 0.17 meter sampai 2 meter di bawah permukaan. Lintasan 1 memiliki singkapan sepanjang ± 8 meter dengan keadaan batuan situs memiliki relief namun tidak terlihat jelas, sedangkan pada elektroda ke 60 sampai elektroda 64 tidak terdapat singkapan namun bentuk distribusi nilai resistivitas batuanya cenderung sama

dengan nilai resistivitas yang ditunjukkan pada kondisi bawah permukaan yang atasnya terdapat singkapan. Batuan tersebut seperti sengaja diletakkan dan di tata sedemikian rupa untuk suatu keperluan masyarakat saat itu. Namun persis fungsinya belum bisa dipastikan karena diperlukan penelitian lebih lanjut seperti ekskavasi lanjutan kemudian kajian yang dilakukan oleh Arkeolog.



Gambar 4.10 Kondisi Lapangan Lintasan 1



Gambar 4.11 Singkapan Lintasan 1

Lintasan 2 dan 3 berada pada satu garis namun terpisah yang melintasi singkapan situs. Pada lintasan 2 diambil di atas parit yang di bawahnya tertumpuk batuan situs yang diketahui sebagai kolam 4, 5 dan 6. Letak dari singkapan situs pada lintasan 2 berbatasan langsung dengan tebing dari sungai manten dengan kondisi batuan situ sudah banyak yang rusak, akibat dari usia situs dan juga karena adanya pembangunan parit oleh Belanda yang tidak memedulikan posisi atau letak dari Situs Patirtaan Ngawonggo. Pada lintasan ke 3 diambil di sekitar kolam ke 1 dan kolam ke 2 yang berada pada sisi timur setelah lintasan 2 yang diambil secara terpisah, berdasarkan data nilai resistivitas yang didapatkan diduga batuan andesit batuan situs dasar kolam 1 dan kolam 2 dengan ketebalan batuan

situs ± 2 meter, setelah dianalisis bagian dasar kolam ternyata terbuat dari batuan andesit yang diketahui dipahat langsung mengikuti bentuk tebing Sungai Manten. Seperti diketahui bahwa batuan andesit banyak digunakan pada bangunan-bangunan megalitik, candi bahkan piramida, hal tersebut dikarenakan batuan andesit memiliki struktur yang halus dengan kandungan *silica* yang tinggi dengan pori-pori yang padat. Batuan andesit banyak digunakan pada struktur bangunan zaman dahulu karena memiliki daya tahan yang kuat terhadap cuaca serta tahan lama.



Gambar 4.12 Kondisi Lapangan Lintasan 3



Gambar 4.13 Kondisi Lapangan Lintasan 4

Pada lintasan 4 diambil di atas parit dengan area perkebunan warga, berdasarkan hasil penampang yang diperoleh terekam batuan andesit yang diduga bukan bagian dari batuan situs, namun sebagai batuan sungai karena memiliki rentang nilai yang cukup tinggi.

Keberadaan Situs Patirtaan Ngawonggo dinilai sangat unik karena dibangun dan diukir pada batuan tebing Sungai Manten. Situs Patirtaan Ngawonggo merupakan peninggalan Kerajaan Medang pada Pemerintahan Mpu Sindok yang bercorak tempat suci umat Hindu. Menurut Poesponegoro (1990) menjelaskan tentang Raja Kerajaan Medang yakni Mpu Sindok memiliki putri yang bernama

Isyana Tunggalwijaya yang menggantikannya tahtanya. Pada prasasti Gedangan (950 M) Ratu Isyana menikah dengan Sri Lokapala yang merupakan bangsawan dari Bali yang dianugerahi seorang putra bernama Makutawangawardhana dimana dia menjadi Raja selanjutnya. Menurut prasasti Pucangan (1041) tahta selanjutnya diduduki oleh Dharmawangsa Teguh yang merupakan putra mahkota dari raja sebelumnya. Pada masa pemerintahannya Dharmawangsa memindahkan Ibukota ke Watan yang saat ini dikenal sebagai kota Madiun. Dharmawangsa memiliki seorang adik yang bernama Mahendradatta yang kemudian bertunangan dengan Udayana Warmadewa seorang Raja Bedahulu di Bali.

Berdasarkan keadaan tersebut dapat ditarik kesamaan antara Patirtaan Empul di Pulau Bali dan Patirtaan Ngawonggo di desa Ngawonggo. Menurut hasil ekskavasi Tim BPCB menyatakan bahwa Patirtaan Ngawonggo memiliki ciri-ciri yang sama dengan Patirtaan Empul dimana kondisi patirtaan yang berada pada celah sempit dengan diapit tebing-tebing curam serta memiliki 7 kolam. Patirtaan Empul di Pulau Bali terdiri dari tiga bagian, yaitu halaman luar (*jaba pura*), halaman tengah (*jaba tengah*), halaman dalam (*jeroan*). Halaman luar merupakan gerbang luar sebagai tempat keramaian pada saat dilakukan upacara adat sebagai tempat bersuci sebelum memasuki kolam suci. Halaman tengah berupa kolam dengan ukuran 20 x 10 meter dengan aliran air mancur dari tempat yang lebih tinggi. Halaman dalam merupakan tempat suci yang diperuntukkan bagi Dewa atau Bhatara dan Bhatari.

Hasil interpretasi ditemukan 6 kolam. Apabila mengacu pada hal tersebut, kemungkinan besar keberadaan kolam tidak terjangkau pada lintasan yang dibentangkan. Hal tersebut karena kondisi dari tempat penelitian yang tidak

memungkinkan untuk dilalui oleh alat geolistrik. Namun kemungkinan pada lintasan satu yang terletak di sisi utara Sungai Manten adalah bagian dari halaman luar (*jaba pura*). Sedangkan halaman tengah (*jaba tengah*) diduga sebagai kolam suci pada kolom 1 sampai kolom 4. Sedangkan pada kolom 5 – 6 merupakan halaman dalam (*jaba jero*).

4.4 Penemuan Situs Patirtaan dalam Prespektif al-Quran

Telah ada dalam al-quran tentang isyarat ilmu pengetahuan dan teknologi diantaranya tentang ilmu fisika, biologi, astronomi, kesehatan, meteorologi dan geologi. Ayat-ayat yang berisi tentang ilmu pengetahuan dan teknologi disebut sebagai ayat kauniyah atau ayat al-*'ulum*. Salah satu ayat dalam al-Quran yang mengisyaratkan tentang ilmu geologi menegaskan jika bumi memiliki struktur dan lapisan.

تسبح له السماوات السبع والأرض ومن فيهن وإن من شيء إلا يسبح بحمده ولكن لا تفقهون
تسبيحهم إنه كان حلِيمًا غفورًا ﴿٤٤﴾

“Langit yang tujuh, bumi dan semua yang ada di dalamnya bertasbih kepada Allah. Dan tak ada suatu pun melainkan bertasbih dengan memuji-Nya, tetapi kamu sekalian tidak mengerti tasbih mereka. Sesungguhnya Dia adalah Maha Penyantun lagi Maha Pengampun.” (QS. Al-Isra’ [17]:44)

Setiap lapisan bumi memiliki sifat dan kandungan mineral yang berbeda-beda disetiap lapisan sesuai dengan kedalaman dan keadaan geologi daerah tersebut. Keadaan lapisan bumi dapat diketahui melalui singkapan yang tampak ke permukaan, kemudian dapat diketahui juga melalui ciri fisik material seperti warna dan struktur material, sedangkan untuk mengetahui lapisan di bawah permukaan dapat diketahui melalui parameter-parameter fisika atau biasa disebut metode geofisika seperti geomagnetik, gravity dan geolistrik. (al-Qurthubi, 2009)

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui lapisan batuan bawah permukaan bumi. Dalam kasus ini metode geofisika digunakan untuk memetakan situs-situs patirtaan yang masih terpendam dengan kondisi yang masih terbilang dangkal. Beberapa ayat al-Quran menceritakan tentang kemajuan peradaban ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dicapai oleh bangsa-bangsa terdahulu. Dalam al-Quran surah al-A'raf mengisahkan tentang kaum 'Aad yang memahat tebing-tebing tinggi untuk kemudian dijadikan bangunan.

واذكروا إذ جعلكم خلفاء من بعد عاد وبوأكم في الأرض تتخذون من سهولها قصورا وتنتحون
الجبال بيوتا فاذكروا آلاء الله ولا تعثوا في الأرض مفسدين ﴿٧٤﴾

“Dan ingatlah olehmu di waktu Tuhan menjadikan kamu pengganti-pengganti (yang berkuasa) sesudah kaum 'Aad dan memberikan tempat bagimu di bumi. Kamu dirikan istana-istana di tanah-tanahnya yang datar dan kamu pahat gunung-gunungnya untuk dijadikan rumah; maka ingatlah nikmat-nikmat Allah dan janganlah kamu merajalela di muka bumi membuat kerusakan.” (QS.al-A'raf [7]:74)

Ayat tersebut memiliki lafadz *tattakhizuuna min suhuulihaqushuuroow wa tan-hiuunal-jibaalabuyuutaa* yang bermakna bahwa orang-orang terdahulu memahat batu dan melubangi gunung untuk dijadikan sebagai tempat tinggal. Sehingga dapat diketahui kebenarannya dengan ditemukannya sisa-sisa bangunan peninggalan peradaban dahulu seperti arca, candi, dan situs yang masih terpendam (ath-Thabari, 2008).

Dalam al-Quran juga menyebutkan kisah akhir dari suatu peradaban zaman dahulu yang bahkan beberapa dari bekas peninggalannya dapat kita lihat dan temui di zaman ini. Seperti Piramid dan Spinks di Mesir yang merupakan salah satu bukti peninggalan peradaban mesir kuno, situs sejarah yang ada di Indonesia seperti

candi, istana-istana, prasasti, hingga patirtaan. Hal tersebut dijelaskan dalam al-Quran surah Huud [11]: 100:

ذٰلِكَ مِنْ اَنْبَاءِ الْقُرَىٰ نَقِصَهُ عَلَيْكَ مِنْهَا قَائِمٌ وَحَصِيدٌ ﴿١٠٠﴾

“Itu adalah sebahagian dari berita-berita negeri (yang telah dibinasakan) yang Kami ceritakan kepadamu (Muhammad); di antara negeri-negeri itu ada yang masih kedapatan bekas-bekasnya dan ada (pula) yang telah musnah.”(QS. Huud[11]: 100)

Pada lafadz *min-haa qoo* ‘imun bermakna bahwa di antara negeri-negeri terdahulu masih terdapat sisa-sisa bangunan yang tidak hancur meskipun penduduknya telah binasa. Ada pula negeri yang telah musnah beserta penduduknya tidak berbekas, banyak pula peninggalan-peninggalan yang tidak kelihatan dalam konteks ini peninggalan masih terpendam, ataupun hanya terlihat sedikit atau biasa disebut singkapan sedangkan yang lainnya terpendam. Dalam kasus ini sama halnya seperti situs patirtaan ngawonggo yang memiliki singkapan namun juga ada situs yang terpendam.

Situs Patirtaan Ngwonngo terletak di Dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. Nama Ngawonggo diambil dari letak situs yang berada di Desa Ngawonggo, sedangkan menurut isi prasasti yang ditemukan di dekat situs bertuliskan kata *kaswangga* sebagai nama desa yang menjadi sarana kedewaguruan pada masa Kerajaan Medang Pemerintahan Mpu Sindok. Berdasarkan hasil analisis bentuk situs yang dilakukan oleh Tim BPCB Jawa Timur Situs Patirtaan Ngawonggo merupakan tempat pemujaan umat agama hindu yang menggunakan air sebagai media utamanya. Air dalam ritual peribadatan Agama Hindu memiliki fungsi untuk membersihkan, menyucikan dan menyuburkan. Menurut Munardjito (2002) pendirian suatu candi

atau situs tidak bisa asal, sesuai dengan Kitab Manasara Silapasastra dan Silaparakasa yang menyatakan bahwa pembangunan suatu candi atau situs yang digunakan untuk tempat peribadatan haruslah mempertimbangkan pemilihan lokasi, lahan dan air sebelum menentukan arsitektur dari bangunan candi tersebut.

وابتغ فيما آتاك الله الدار الآخرة ولا تنس نصيبك من الدنيا وأحسن كما أحسن الله إليك
ولا تبغ الفساد في الأرض إن الله لا يحب المفسدين ﴿٧٧﴾

“Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.” (QS. al- Qashash [28]:77)

Menurut tafsir Ibnu Katsir yang diterjemahkan oleh Abdullah bin Muhammad (2004) pada kalimat *“Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi”* agar menggunakan segala anugerah yang diberikan oleh Allah berupa harta melimpah dan kenikmatan yang panjang dalam berbuat taat kepada *Rabb*-mu serta *bertaqqarub* kepada-Nya dengan berbagai amal kebaikan yang dapat menghasilkan pahala di dunia dan akhirat.

Sedangkan pada kata *“dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.”* yang meminta manusia untuk berbuat baik kepada semua makhluk (bumi dan isinya).

Hikmah yang dapat kita ambil dari beberapa ayat di atas dengan fenomena penemuan situs kuno yang merupakan tinggalan zaman dahulu, bahwasanya segala

hal yang ada di dunia ini tidaklah selamanya, suatu saat bisa rusak, kemudian terpendam, hilang bahkan musnah. Sehebat apapun peradaban yang dibangun suatu kaum saat bisa runtuh seiring berjalannya waktu. Pembangunan yang dilakukan oleh manusia terdahulu pada beberapa konstruksinya telah memerhatikan alam, sehingga hal tersebut bisa menjadi pembelajaran untuk seluruh umat manusia zaman ini bahwasanya dalam mendirikan suatu bangunan hendaklah tidak melupakan kepentingan alam.

Alam merupakan salah satu nikmat dari Allah yang harus kita jaga, jika satu kaum manusia terdahulu telah memanfaatkan segala hal yang ada di bumi, tidak melupakan kepentingan alam namun berbuat dzolim terhadap ke-Esa-an Allah dan mengingkari akan keberdaan-Nya, Allah akan memberi pelajaran pada kaum tersebut dengan memberi azab dan menghilangkannya dari bumi, bukan tidak mungkin Allah akan kembali memberikan azab-Nya pada kaum manusia saat ini yang terkadang lalai terhadap kepentingan alam dan berbuat dzolim terhadap makhluk, Allah akan mengulang kembali peristiwa terdahulu guna memberi pelajaran kepada satu kaum berupa bencana alam yang bisa membinasakan kaum tersebut tanpa tersisa. Oleh karena itu menyertakan Allah dalam segala kegiatan wajib kita lakukan dan selalu bersyukur pada setiap nikmat-Nya, sehingga kita mendapat rahmat-Nya berupa keselamatan dunia akhirat dan ketenangan hati.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode geolistrik resistivitas bisa mendeteksi keberadaan batuan Sitis Patirtaan Ngawonggo. Hal tersebut dapat diketahui berdasarkan nilai resistivitas yang terekam oleh alat pada rentang nilai $1.7 \times 10^2 \Omega\text{m}$ (*dry*) - $4.5 \times 10^4 \Omega\text{m}$ (*wet*).
2. Pada lintasan pertama ditemukan batuan situs pada kedalaman 0 - 2 meter di bawah permukaan tanah yang berada di sisi utara Sungai Manten pada meter ke 5 - 15 dan di ujung lintasan pada meter ke 60 - 64 dengan ketebalan ± 2 meter yang diduga sebagai halaman luar . Sedangkan pada lintasan kedua, ketiga dan keempat berada di sisi selatan Sungai Manten dengan persebaran: Pada lintasan kedua ditemukan batuan situs pada kedalaman 2 - 5 meter dengan ketebalan ± 2 meter di bawah permukaan tanah dengan pembagian kolom 4, 5, dan 6 dimana. Pada lintasan tiga ditemukan batuan situs pada kedalaman 2 - 4 meter dibawah permukaan tanah yang diduga sebagai batuan situs dasar kolom 1 dan kolom 2 dengan ketebalan ± 2 meter dimana kolom 1 sampai kolom 4 adalah halaman tengah dan kolom 5 sampai kolom 6 adalah halaman dalam. Sedangkan pada lintasan keempat tidak ditemukan adanya batuan situs.

5.2 Saran

1. Memperluas daerah penelitian hingga mencapai daerah yang banyak ditemukan gerabah
2. Bagi peneliti yang ingin melakukan penelitian pada daerah situs patirtaan lainnya yang memerlukan data bawah permukaan dapat menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole.
3. Perlunya tindak lanjut untuk proses ekskavasi dari pihak BPJB sebagai salah satu upaya perawatan dan penemuan situs baru.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 6*. Tejemahan oleh Abdul Ghoffar dan Abu Ihsan. Bogor: Pustaka Imam asy-Syafi'i
- Al-Quran dan Terjemah., 2008. Depatemen Agama RI. Bandung. Diponegoro
- Al-Qurthubi, Syaikh Imam. 2009. *Al Jami'Li ahkam Al-Qur'an*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Ardika, I Wayan., I Gde Parimartha., dan A.A Bagus Wirawan. 2013. *Sejarah Bali dari Prasejarah Hingga Modern*. Depasar: Udayana University Press
- Ath-Thabari. 2008. *Jami' Al Bayan an Ta'wil Ayi Al-Quran*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Burger, Henry Robert. 1992. *Eksploration Geophysics of The Shallow Subsurface*. New Jersey: Prentice Hall
- Ekinci, Yunus Levent., Caglayan Balkaya., Aysel Seren., Mehmet Ali Kaya., Christopher Sherwin Lightfoot. (2014). *Jurnal of Geophysics and Engineering. Geomagnetic and Goelectrical Prospection for Buried Archaeological Remains on The Upper City of Amorium, a Byzantine City in Midwestern Turkey*. Eng.11. 015012
- Chapman, E. Richard. 1981. *Geology and Water: An Introduction to Fluid Mechanics for Geologists*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers Group
- Greenhouse J. dan Pehme, P. 2001. *Application of Geophysics in Geotechnical and Environmental Engineering*. Colo: EEGS
- Google Earth, Citra Google Maps., diakses pada Selasa 12 November 2019.
- Kramrisch, Stella. 1946. *The Hindu Temple*. Motilal Banarsidas Publ.
- Kearey, P., Brooks, M., dan Hill, I. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. London: Blackwell Science Ltd.
- Kunetz, G. 1996. *Priciples of Direct Current Resistivity Prospecting*. Berlin-Nikolasee: Gebruder Borntraeger.
- Munardhito. 2002. *Pertimbangan Ekologis Penempatan Situs Masa Hindu-Budha di Daerah Yogyakarta*. Jakarta: Wedatama Widya Sastra Ecole Francaise D'Extreme-Orient.
- Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Edgbaston: The University Birmingham.

- Poesponegoro, Marwati & Notosusanto, Nugroho. 1990. *Sejarah Nasional Indonesia Jilid II*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Roynold J.M. (1997). *An Introduction to Applied AND Environmental Geophysics*. New York: John Willey and Sons Ltd.
- Seigel, H.O. 1959. *A Theory OF Induced Polarization Effect for Step Function Excitation*. London: Pergamon.
- Soekmono, 1990. *Candi, Fungsi dan Pengertiannya*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Sujanto.; Kusnama.; R.Hadisantono.; R. Chaniago.; dan R.Baharudin. 1992. *Peta Geologi Lembar Turen Jawa*, skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sulistyowati. 2009. *Penentuan Letak dan Kedalaman Akuifer Air Tanah dengan Geolistrik Metode Tahanan Jenis*. Tugas Akhir Tidak Diterbitkan. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Telford, W.M.; Geldart, L.P.; Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics*, 2nd ed.: Cambridge University Press.
- Tim Pelestarian Cagar Budaya Mojokerto. 2017. *Kegiatan Zonasi Pelindungan Situs Patirnaan Ngawonggo dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang*. Mojokerto: BPCB.
- Vebrianto, Suhendra. 2016. *Eksplorasi Metode Geolistrik: Resistivitas, Polarisasi Terinduksi dan Potensial Diri*. Malang: UB Press



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
HASIL AKUISISI DATA LINE 1

<u>No</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>rho (Ωm)</u>
1	1	2	4	3	130	400	-109	58
2	2	3	5	4	197	537	57	51
3	3	4	6	5	221	717	20	61
4	4	5	7	6	223	1299	1	110
5	5	6	8	7	227	1795	13	149
6	6	7	9	8	222	1704	-31	144
7	7	8	10	9	189	1539	-5	154
8	8	9	11	10	212	1756	-22	156
9	9	10	12	11	239	1615	-42	128
10	10	11	13	12	218	1166	54	101
11	11	12	14	13	219	1038	-81	89
12	12	13	15	14	203	869	-110	81
13	13	14	16	15	201	1097	35	103
14	14	15	17	16	200	906	-7	85
15	15	16	18	17	177	221	11	24
16	16	17	19	18	199	311	41	29
17	17	18	20	19	195	565	-209	55
18	18	19	21	20	151	739	155	92
19	19	20	22	21	139	725	19	98
20	20	21	23	22	139	204	-21	28
21	21	22	24	23	116	173	-26	28
22	22	23	25	24	109	145	123	25
23	23	24	26	25	130	333	-82	48
24	24	25	27	26	107	222	-4	39
25	25	26	28	27	83	204	-21	46
26	26	27	29	28	73	168	-92	44
27	27	28	30	29	74	594	35	152
28	28	29	31	30	87	115	-31	25
29	29	30	32	31	115	71	-22	12
30	30	31	33	32	202	214	-70	20
31	31	32	34	33	262	270	37	19
32	32	33	35	34	266	283	13	20
33	33	34	36	35	291	242	-76	16
34	34	35	37	36	266	395	-27	28
35	35	36	38	37	252	225	-17	17
36	36	37	39	38	222	332	40	28
37	37	38	40	39	182	211	-20	22
38	38	39	41	40	130	187	16	27
39	39	40	42	41	125	157	-31	24
40	40	41	43	42	149	307	34	39
41	41	42	44	43	175	254	-12	27
42	42	43	45	44	211	281	-6	25
43	43	44	46	45	252	374	-179	28
44	44	45	47	46	342	536	-18	30
45	45	46	48	47	412	425	-21	19
46	46	47	49	48	395	497	-67	24

47	47	48	50	49	372	551	8	28
48	48	49	51	50	340	498	13	28
49	49	50	52	51	286	387	51	26
50	50	51	53	52	204	336	-61	31
51	51	52	54	53	98	243	-12	46
52	52	53	55	54	97	277	-24	54
53	53	54	56	55	181	752	-26	78
54	54	55	57	56	170	763	4	84
55	55	56	58	57	130	1119	-116	162
56	56	57	59	58	131	240	73	35
57	57	58	60	59	186	506	-23	51
58	58	59	61	60	172	1922	-13	211
59	59	60	62	61	142	1736	107	230
60	60	61	63	62	154	1693	13	207
61	61	62	64	63	139	2073	-9	281
62	1	2	5	4	130	62	2	36
63	2	3	6	5	196	95	4	37
64	3	4	7	6	220	142	9	49
65	4	5	8	7	223	265	-15	90
66	5	6	9	8	227	225	-7	75
67	6	7	10	9	222	293	-4	99
68	7	8	11	10	189	299	-8	119
69	8	9	12	11	212	263	-37	94
70	9	10	13	12	238	224	44	71
71	10	11	14	13	218	169	-75	59
72	11	12	15	14	219	144	-67	50
73	12	13	16	15	203	129	0	48
74	13	14	17	16	201	136	-14	51
75	14	15	18	17	201	64	10	24
76	15	16	19	18	178	45	31	19
77	16	17	20	19	199	66	-120	25
78	17	18	21	20	194	63	121	24
79	18	19	22	21	151	61	-8	30
80	19	20	23	22	139	49	-16	27
81	20	21	24	23	139	37	-25	20
82	21	22	25	24	115	32	10	21
83	22	23	26	25	108	27	-42	19
84	23	24	27	26	129	38	19	22
85	24	25	28	27	107	22	-58	16
86	25	26	29	28	83	21	-19	19
87	26	27	30	29	73	16	-57	17
88	27	28	31	30	73	18	-8	18
89	28	29	32	31	86	17	-32	15
90	29	30	33	32	115	20	-64	13
91	30	31	34	33	202	45	9	17
92	31	32	35	34	261	62	-17	18
93	32	33	36	35	264	52	-48	15
94	33	34	37	36	290	68	-9	18
95	34	35	38	37	266	59	-19	17
96	35	36	39	38	253	68	6	20
97	36	37	40	39	222	63	-23	21

98	37	38	41	40	182	15	22	6
99	38	39	42	41	131	22	-35	12
100	39	40	43	42	125	31	-8	19
101	40	41	44	43	149	43	-7	22
102	41	42	45	44	174	37	-169	16
103	42	43	46	45	211	70	-188	25
104	43	44	47	46	252	73	179	22
105	44	45	48	47	341	91	-74	20
106	45	46	49	48	411	110	69	20
107	46	47	50	49	395	111	-5	21
108	47	48	51	50	372	75	10	15
109	48	49	52	51	339	69	27	15
110	49	50	53	52	285	73	-43	19
111	50	51	54	53	204	64	-15	24
112	51	52	55	54	99	30	-24	23
113	52	53	56	55	97	32	-18	25
114	53	54	57	56	181	67	11	28
115	54	55	58	57	170	72	-127	32
116	55	56	59	58	129	132	77	77
117	56	57	60	59	130	326	-15	188
118	57	58	61	60	186	64	-13	26
119	58	59	62	61	172	364	87	160
120	59	60	63	62	142	371	-25	197
121	60	61	64	63	153	253	-68	125
122	1	2	6	5	130	121	19	175
123	2	3	7	6	196	26	-3	25
124	3	4	8	7	221	32	-52	27
125	4	5	9	8	223	40	30	34
126	5	6	10	9	227	60	-22	50
127	6	7	11	10	222	80	-37	68
128	7	8	12	11	189	59	-30	58
129	8	9	13	12	212	65	30	58
130	9	10	14	13	238	127	-94	100
131	10	11	15	14	218	39	-41	34
132	11	12	16	15	219	37	-9	32
133	12	13	17	16	203	43	11	40
134	13	14	18	17	201	20	-20	18
135	14	15	19	18	201	17	4	16
136	15	16	20	19	178	20	-145	22
137	16	17	21	20	199	18	111	17
138	17	18	22	21	194	25	-16	24
139	18	19	23	22	151	15	-14	19
140	19	20	24	23	138	72	-30	98
141	20	21	25	24	138	59	3	81
142	21	22	26	25	115	10	-35	16
143	22	23	27	26	108	10	18	17
144	23	24	28	27	129	28	-45	41
145	24	25	29	28	107	6	-1	11
146	25	26	30	29	83	7	-80	16
147	26	27	31	30	73	5	-19	14
148	27	28	32	31	73	10	-32	26

149	28	29	33	32	86	8	-50	18
150	29	30	34	33	115	9	14	14
151	30	31	35	34	202	22	-27	20
152	31	32	36	35	260	56	-20	41
153	32	33	37	36	264	48	-19	35
154	33	34	38	37	289	23	-22	15
155	34	35	39	38	266	77	0	54
156	35	36	40	39	253	19	-11	14
157	36	37	41	40	222	25	-5	21
158	37	38	42	41	182	21	-34	22
159	38	39	43	42	131	15	0	21
160	39	40	44	43	125	12	-13	17
161	40	41	45	44	149	10	-326	13
162	41	42	46	45	174	15	-124	16
163	42	43	47	46	211	20	253	18
164	43	44	48	47	251	62	-140	46
165	44	45	49	48	340	36	174	20
166	45	46	50	49	411	44	-7	20
167	46	47	51	50	394	43	-28	21
168	47	48	52	51	371	26	-12	13
169	48	49	53	52	338	27	-30	15
170	49	50	54	53	285	53	-11	35
171	50	51	55	54	204	22	-23	20
172	51	52	56	55	99	9	-35	18
173	52	53	57	56	97	14	-2	26
174	53	54	58	57	181	17	-54	17
175	54	55	59	58	170	16	-5	17
176	55	56	60	59	129	36	-6	52
177	56	57	61	60	130	71	-31	102
178	57	58	62	61	186	15	102	15
179	58	59	63	62	172	74	-13	81
180	59	60	64	63	141	89	-61	119
181	1	2	7	6	130	8	-11	23
182	2	3	8	7	196	12	-68	23
183	3	4	9	8	221	13	49	23
184	4	5	10	9	223	15	-31	25
185	5	6	11	10	226	19	-30	32
186	6	7	12	11	222	23	-32	40
187	7	8	13	12	189	14	13	28
188	8	9	14	13	212	14	-97	26
189	9	10	15	14	238	17	-16	27
190	10	11	16	15	218	15	-15	26
191	11	12	17	16	219	12	0	20
192	12	13	18	17	203	12	-33	22
193	13	14	19	18	201	11	-20	21
194	14	15	20	19	201	8	-130	16
195	15	16	21	20	178	21	49	44
196	16	17	22	21	199	7	-26	12
197	17	18	23	22	194	13	-27	25
198	18	19	24	23	151	114	-32	286
199	19	20	25	24	138	33	-50	91

200	20	21	26	25	138	20	-42	54
201	21	22	27	26	115	74	-31	241
202	22	23	28	27	108	12	-55	40
203	23	24	29	28	129	76	-72	222
204	24	25	30	29	107	7	-88	26
205	25	26	31	30	83	57	-119	260
206	26	27	32	31	72	70	-104	365
207	27	28	33	32	73	84	-137	430
208	28	29	34	33	86	266	415	1162
209	29	30	35	34	115	74	-125	243
210	30	31	36	35	201	207	396	387
211	31	32	37	36	260	127	298	184
212	32	33	38	37	264	52	-104	75
213	33	34	39	38	289	126	362	165
214	34	35	40	39	266	213	372	301
215	35	36	41	40	253	265	416	396
216	36	37	42	41	222	204	344	346
217	37	38	43	42	182	209	33	432
218	38	39	44	43	131	41	14	118
219	39	40	45	44	125	9	-371	28
220	40	41	46	45	149	197	239	497
221	41	42	47	46	174	43	262	94
222	42	43	48	47	210	11	-163	20
223	43	44	49	48	251	24	248	36
224	44	45	50	49	339	27	14	30
225	45	46	51	50	410	61	-27	56
226	46	47	52	51	394	24	-8	23
227	47	48	53	52	371	18	-27	18
228	48	49	54	53	338	91	24	101
229	49	50	55	54	284	5	-22	7
230	50	51	56	55	204	18	-31	32
231	51	52	57	56	100	17	4	65
232	52	53	58	57	97	16	-6	63
233	53	54	59	58	181	17	-31	35
234	54	55	60	59	170	138	24	307
235	55	56	61	60	129	16	-12	46
236	56	57	62	61	130	18	97	53
237	57	58	63	62	185	12	-8	25
238	58	59	64	63	171	17	-49	38
239	1	2	8	7	130	15	-49	78
240	2	3	9	8	196	12	88	39
241	3	4	10	9	220	13	-35	40
242	4	5	11	10	222	16	-33	48
243	5	6	12	11	226	11	-21	31
244	6	7	13	12	222	14	4	42
245	7	8	14	13	189	14	-88	50
246	8	9	15	14	212	12	13	39
247	9	10	16	15	238	8	-24	23
248	10	11	17	16	218	12	31	37
249	11	12	18	17	219	12	-43	36
250	12	13	19	18	203	9	-18	29

251	13	14	20	19	201	14	-102	46
252	14	15	21	20	202	8	97	25
253	15	16	22	21	178	15	-22	57
254	16	17	23	22	199	10	-9	34
255	17	18	24	23	194	10	-23	34
256	18	19	25	24	150	5	13	21
257	19	20	26	25	138	5	-26	24
258	20	21	27	26	138	4	18	18
259	21	22	28	27	115	4	-50	22
260	22	23	29	28	108	13	20	77
261	23	24	30	29	129	5	-84	25
262	24	25	31	30	106	9	-37	56
263	25	26	32	31	82	4	-19	34
264	26	27	33	32	72	29	-31	266
265	27	28	34	33	73	2	24	17
266	28	29	35	34	86	4	-44	27
267	29	30	36	35	115	3	22	17
268	30	31	37	36	201	8	-22	25
269	31	32	38	37	259	11	-15	27
270	32	33	39	38	263	7	-15	17
271	33	34	40	39	288	8	7	19
272	34	35	41	40	266	9	-12	22
273	35	36	42	41	252	11	-26	28
274	36	37	43	42	222	10	16	29
275	37	38	44	43	182	15	-5	54
276	38	39	45	44	131	9	-405	46
277	39	40	46	45	125	5	-93	27
278	40	41	47	46	149	7	255	31
279	41	42	48	47	174	12	-150	44
280	42	43	49	48	210	24	265	77
281	43	44	50	49	251	8	-13	21
282	44	45	51	50	339	10	-55	19
283	45	46	52	51	409	10	-14	16
284	46	47	53	52	393	8	-38	14
285	47	48	54	53	370	104	12	186
286	48	49	55	54	337	10	-29	19
287	49	50	56	55	284	11	-33	26
288	50	51	57	56	204	6	-8	19
289	51	52	58	57	99	4	15	30
290	52	53	59	58	97	2	-56	14
291	53	54	60	59	180	64	28	234
292	54	55	61	60	169	6	1	24
293	55	56	62	61	128	7	76	37
294	56	57	63	62	129	9	-15	45
295	57	58	64	63	185	1	-51	5
296	1	2	9	8	130	6	85	45
297	2	3	10	9	196	9	-45	48
298	3	4	11	10	220	9	-35	45
299	4	5	12	11	222	11	-18	53
300	5	6	13	12	226	9	2	44
301	6	7	14	13	222	9	-81	43

302	7	8	15	14	189	10	11	55
303	8	9	16	15	212	8	-25	40
304	9	10	17	16	237	6	24	27
305	10	11	18	17	217	7	-48	35
306	11	12	19	18	219	11	-35	53
307	12	13	20	19	203	7	-94	36
308	13	14	21	20	201	9	88	46
309	14	15	22	21	201	8	-34	44
310	15	16	23	22	178	58	-15	341
311	16	17	24	23	198	7	-26	37
312	17	18	25	24	193	10	8	57
313	18	19	26	25	150	3	-28	24
314	19	20	27	26	137	25	14	192
315	20	21	28	27	137	3	-49	21
316	21	22	29	28	115	39	13	356
317	22	23	30	29	108	10	-95	102
318	23	24	31	30	128	2	-45	16
319	24	25	32	31	106	5	-12	50
320	25	26	33	32	82	8	-25	99
321	26	27	34	33	72	3	21	50
322	27	28	35	34	73	13	-56	186
323	28	29	36	35	86	7	21	85
324	29	30	37	36	115	5	-16	46
325	30	31	38	37	201	6	-17	34
326	31	32	39	38	259	9	-17	37
327	32	33	40	39	263	7	8	27
328	33	34	41	40	288	7	-6	26
329	34	35	42	41	266	3	-29	12
330	35	36	43	42	252	33	12	139
331	36	37	44	43	222	6	-3	30
332	37	38	45	44	182	6	-432	33
333	38	39	46	45	131	10	-85	83
334	39	40	47	46	125	4	266	30
335	40	41	48	47	149	6	-179	42
336	41	42	49	48	174	2	299	12
337	42	43	50	49	210	7	-22	37
338	43	44	51	50	251	6	-58	24
339	44	45	52	51	338	6	-17	20
340	45	46	53	52	409	9	-40	23
341	46	47	54	53	393	93	35	251
342	47	48	55	54	370	13	-34	37
343	48	49	56	55	337	6	-20	18
344	49	50	57	56	284	8	-15	29
345	50	51	58	57	204	7	34	35
346	51	52	59	58	99	3	-52	29
347	52	53	60	59	97	2	28	26
348	53	54	61	60	180	6	15	37
349	54	55	62	61	169	7	70	41
350	55	56	63	62	128	8	-20	69
351	56	57	64	63	129	16	-45	131
352	1	3	9	7	136	14	37	16

353	2	4	10	8	205	17	68	13
354	3	5	11	9	211	36	-55	26
355	4	6	12	10	235	38	-36	24
356	5	7	13	11	208	41	-3	30
357	6	8	14	12	202	37	-52	28
358	7	9	15	13	230	25	-11	16
359	8	10	16	14	192	46	2	36
360	9	11	17	15	239	40	6	25
361	10	12	18	16	214	28	-15	20
362	11	13	19	17	204	29	-82	21
363	12	14	20	18	214	28	-108	20
364	13	15	21	19	189	68	25	54
365	14	16	22	20	187	17	65	14
366	15	17	23	21	212	15	-10	11
367	16	18	24	22	163	30	-15	28
368	17	19	25	23	179	21	2	17
369	18	20	26	24	145	19	0	20
370	19	21	27	25	141	11	9	11
371	20	22	28	26	112	15	-15	21
372	21	23	29	27	131	12	-7	14
373	22	24	30	28	112	14	-50	19
374	23	25	31	29	102	9	-119	13
375	24	26	32	30	99	20	-34	30
376	25	27	33	31	76	10	-15	19
377	26	28	34	32	79	11	9	21
378	27	29	35	33	78	13	-22	25
379	28	30	36	34	105	12	-6	17
380	29	31	37	35	143	17	20	17
381	30	32	38	36	182	21	-25	17
382	31	33	39	37	298	29	-18	15
383	32	34	40	38	250	26	3	16
384	33	35	41	39	278	34	20	18
385	34	36	42	40	259	30	-18	18
386	35	37	43	41	226	29	-5	19
387	36	38	44	42	198	46	28	35
388	37	39	45	43	141	70	-404	75
389	38	40	46	44	156	32	-520	31
390	39	41	47	45	125	16	208	19
391	40	42	48	46	173	18	112	16
392	41	43	49	47	176	16	159	14
393	42	44	50	48	246	31	306	19
394	43	45	51	49	275	38	-71	21
395	44	46	52	50	341	42	-58	18
396	45	47	53	51	374	25	-42	10
397	46	48	54	52	398	50	1	19
398	47	49	55	53	329	34	7	16
399	48	50	56	54	292	39	-30	20
400	49	51	57	55	237	30	4	19
401	50	52	58	56	107	29	53	41
402	51	53	59	57	171	17	-4	15
403	52	54	60	58	102	15	-7	22

404	53	55	61	59	155	29	28	28
405	54	56	62	60	144	32	73	33
406	55	57	63	61	148	45	72	46
407	56	58	64	62	154	14	-43	14
408	1	3	11	9	136	6	-47	18
409	2	4	12	10	205	13	-37	25
410	3	5	13	11	211	13	-22	23

LINE 2

<u>No</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>rho (Ohm)</u>
1	1	2	4	3	166	472	38	53
2	2	3	5	4	214	601	-202	53
3	3	4	6	5	246	707	163	54
4	4	5	7	6	173	215	211	23
5	5	6	8	7	253	583	173	43
6	6	7	9	8	180	468	-380	49
7	7	8	10	9	193	321	122	31
8	8	9	11	10	287	603	-37	40
9	9	10	12	11	303	574	-302	36
10	10	11	13	12	306	604	241	37
11	11	12	14	13	278	1108	-24	75
12	12	13	15	14	157	589	-5	71
13	13	14	16	15	221	778	24	66
14	14	15	17	16	220	548	-54	47
15	15	16	18	17	161	455	-24	53
16	16	17	19	18	219	761	-7	65
17	17	18	20	19	215	621	51	54
18	18	19	21	20	205	484	-25	45
19	19	20	22	21	208	586	-54	53
20	20	21	23	22	301	590	-4	37
21	21	22	24	23	160	418	-1	49
22	22	23	25	24	151	300	-29	37
23	23	24	26	25	299	712	-113	45
24	24	25	27	26	163	312	34	36
25	25	26	28	27	192	377	61	37
26	26	27	29	28	297	711	1	45
27	27	28	30	29	206	441	-30	40
28	28	29	31	30	214	440	-30	39
29	29	30	32	31	257	575	-81	42
30	30	31	33	32	263	482	25	35
31	31	32	34	33	269	576	-7	40
32	32	33	35	34	300	589	87	37
33	33	34	36	35	192	398	-38	39
34	34	35	37	36	182	341	-59	35
35	35	36	38	37	184	347	-66	36
36	36	37	39	38	189	437	18	44
37	37	38	40	39	165	826	15	94

38	38	39	41	40	181	579	-225	60
39	39	40	42	41	186	527	164	53
40	40	41	43	42	275	993	-48	68
41	41	42	44	43	271	956	36	67
42	42	43	45	44	198	718	-19	68
43	43	44	46	45	204	841	-43	78
44	44	45	47	46	194	451	-22	44
45	45	46	48	47	224	480	-72	40
46	46	47	49	48	159	302	65	36
47	47	48	50	49	165	316	5	36
48	48	49	51	50	284	606	-75	40
49	49	50	52	51	230	438	39	36
50	50	51	53	52	229	403	-64	33
51	51	52	54	53	247	512	-38	39
52	52	53	55	54	155	281	-66	34
53	53	54	56	55	194	344	25	33
54	54	55	57	56	164	311	40	36
55	55	56	58	57	278	495	5	34
56	56	57	59	58	240	617	41	48
57	57	58	60	59	174	390	-26	42
58	58	59	61	60	157	393	-7	47
59	59	60	62	61	172	533	-17	59
60	60	61	63	62	210	1081	-3	97
61	61	62	64	63	218	709	-62	61
62	1	2	5	4	166	113	-17	51
63	2	3	6	5	214	184	158	65
64	3	4	7	6	246	148	-34	45
65	4	5	8	7	173	86	83	38
66	5	6	9	8	253	123	-88	37
67	6	7	10	9	180	92	53	39
68	7	8	11	10	193	94	-21	37
69	8	9	12	11	286	289	-169	76
70	9	10	13	12	302	165	152	41
71	10	11	14	13	305	207	-50	51
72	11	12	15	14	277	186	11	51
73	12	13	16	15	157	138	7	66
74	13	14	17	16	220	147	-40	50
75	14	15	18	17	218	149	-30	51
76	15	16	19	18	161	129	-20	61
77	16	17	20	19	219	155	38	53
78	17	18	21	20	215	136	-9	48
79	18	19	22	21	204	148	-72	55
80	19	20	23	22	207	294	45	107
81	20	21	24	23	299	189	-43	48
82	21	22	25	24	159	115	-34	54
83	22	23	26	25	151	100	-70	50
84	23	24	27	26	298	204	54	52
85	24	25	28	27	163	97	32	45
86	25	26	29	28	191	115	-38	45
87	26	27	30	29	296	195	19	50
88	27	28	31	30	205	136	-35	50

89	28	29	32	31	212	148	-23	53
90	29	30	33	32	256	146	5	43
91	30	31	34	33	263	156	-16	45
92	31	32	35	34	268	190	51	53
93	32	33	36	35	299	172	-9	43
94	33	34	37	36	191	124	-56	49
95	34	35	38	37	182	105	-33	44
96	35	36	39	38	184	129	23	53
97	36	37	40	39	188	213	-21	85
98	37	38	41	40	165	99	-172	45
99	38	39	42	41	180	109	126	46
100	39	40	43	42	185	203	-12	83
101	40	41	44	43	273	258	-173	71
102	41	42	45	44	269	227	108	64
103	42	43	46	45	197	214	-103	82
104	43	44	47	46	203	145	22	54
105	44	45	48	47	193	118	-19	46
106	45	46	49	48	223	151	101	51
107	46	47	50	49	158	101	-32	48
108	47	48	51	50	164	110	-74	50
109	48	49	52	51	284	154	3	41
110	49	50	53	52	229	132	-44	43
111	50	51	54	53	229	138	33	45
112	51	52	55	54	246	144	-7	44
113	52	53	56	55	154	85	-7	42
114	53	54	57	56	193	104	25	41
115	54	55	58	57	163	106	-29	49
116	55	56	59	58	279	196	20	53
117	56	57	60	59	240	163	-4	51
118	57	58	61	60	174	68	-29	29
119	58	59	62	61	157	109	-15	52
120	59	60	63	62	172	127	-3	56
121	60	61	64	63	210	218	-56	78
122	1	2	6	5	166	36	103	41
123	2	3	7	6	213	69	-74	61
124	3	4	8	7	245	75	67	58
125	4	5	9	8	173	36	-78	39
126	5	6	10	9	251	100	37	75
127	6	7	11	10	180	36	-24	38
128	7	8	12	11	192	45	-137	45
129	8	9	13	12	285	90	100	60
130	9	10	14	13	300	88	-23	55
131	10	11	15	14	303	63	-23	39
132	11	12	16	15	276	63	24	43
133	12	13	17	16	157	37	-52	44
134	13	14	18	17	218	65	-11	56
135	14	15	19	18	217	58	-30	50
136	15	16	20	19	160	43	36	50
137	16	17	21	20	218	47	-4	41
138	17	18	22	21	214	65	-102	57
139	18	19	23	22	203	50	87	46

140	19	20	24	23	206	53	-63	49
141	20	21	25	24	297	67	-66	43
142	21	22	26	25	159	40	-45	47
143	22	23	27	26	304	84	80	52
144	23	24	28	27	296	87	-13	55
145	24	25	29	28	162	52	-9	60
146	25	26	30	29	191	46	5	45
147	26	27	31	30	295	78	-13	50
148	27	28	32	31	204	62	-49	57
149	28	29	33	32	210	52	23	47
150	29	30	34	33	256	135	-35	100
151	30	31	35	34	262	77	26	55
152	31	32	36	35	268	117	4	83
153	32	33	37	36	298	73	-52	46
154	33	34	38	37	191	58	-23	58
155	34	35	39	38	182	49	4	50
156	35	36	40	39	184	84	-22	86
157	36	37	41	40	188	53	-164	53
158	37	38	42	41	165	31	129	36
159	38	39	43	42	180	45	-18	48
160	39	40	44	43	185	78	-238	79
161	40	41	45	44	273	86	153	59
162	41	42	46	45	268	90	-134	63
163	42	43	47	46	197	60	26	58
164	43	44	48	47	203	57	24	53
165	44	45	49	48	193	47	135	46
166	45	46	50	49	223	61	-65	52
167	46	47	51	50	158	54	-74	65
168	47	48	52	51	164	40	-73	46
169	48	49	53	52	284	58	17	39
170	49	50	54	53	229	117	219	96
171	50	51	55	54	229	50	12	41
172	51	52	56	55	246	56	-6	43
173	52	53	57	56	154	139	245	170
174	53	54	58	57	193	46	-37	45
175	54	55	59	58	163	55	113	63
176	55	56	60	59	279	116	183	79
177	56	57	61	60	240	73	75	57
178	57	58	62	61	175	40	-57	43
179	58	59	63	62	157	106	186	127
180	59	60	64	63	172	32	-43	35
181	1	2	7	6	167	21	-59	48
182	2	3	8	7	214	201	420	355
183	3	4	9	8	245	40	-64	61
184	4	5	10	9	173	143	123	310
185	5	6	11	10	251	93	-2	140
186	6	7	12	11	180	21	-126	45
187	7	8	13	12	193	158	230	309
188	8	9	14	13	284	53	26	70
189	9	10	15	14	300	34	-50	43
190	10	11	16	15	303	49	101	61

191	11	12	17	16	276	30	-44	41
192	12	13	18	17	156	23	0	54
193	13	14	19	18	218	32	-39	56
194	14	15	20	19	216	53	84	93
195	15	16	21	20	160	12	-3	29
196	16	17	22	21	218	25	-47	43
197	17	18	23	22	214	81	205	143
198	18	19	24	23	203	24	-35	45
199	19	20	25	24	199	26	-72	49
200	20	21	26	25	287	36	-45	47
201	21	22	27	26	159	222	263	526
202	22	23	28	27	304	40	-36	50
203	23	24	29	28	296	50	122	64
204	24	25	30	29	162	79	10	184
205	25	26	31	30	191	164	190	323
206	26	27	32	31	294	38	-46	49
207	27	28	33	32	202	195	187	363
208	28	29	34	33	209	33	-47	59
209	29	30	35	34	255	264	395	390
210	30	31	36	35	261	286	371	413
211	31	32	37	36	267	57	122	81
212	32	33	38	37	297	167	151	212
213	33	34	39	38	190	145	96	288
214	34	35	40	39	181	162	326	338
215	35	36	41	40	183	26	-150	53
216	36	37	42	41	188	22	110	44
217	37	38	43	42	164	206	20	474
218	38	39	44	43	180	21	-258	44
219	39	40	45	44	185	30	157	61
220	40	41	46	45	272	41	-154	57
221	41	42	47	46	268	55	45	77
222	42	43	48	47	196	89	86	171
223	43	44	49	48	203	50	177	93
224	44	45	50	49	193	31	-80	60
225	45	46	51	50	223	98	81	166
226	46	47	52	51	159	19	-123	44
227	47	48	53	52	165	22	41	50
228	48	49	54	53	283	54	74	72
229	49	50	55	54	229	208	336	342
230	50	51	56	55	230	105	-1	172
231	51	52	57	56	246	28	97	43
232	52	53	58	57	154	288	350	706
233	53	54	59	58	193	30	12	58
234	54	55	60	59	163	24	71	55
235	55	56	61	60	278	196	138	266
236	56	57	62	61	240	230	175	361
237	57	58	63	62	174	26	27	56
238	58	59	64	63	157	211	97	508
239	1	2	8	7	166	14	43	54
240	2	3	9	8	214	221	319	682
241	3	4	10	9	245	24	35	64

242	4	5	11	10	173	219	350	836
243	5	6	12	11	250	66	-103	174
244	6	7	13	12	179	19	42	71
245	7	8	14	13	192	35	30	118
246	8	9	15	14	284	118	91	274
247	9	10	16	15	299	34	58	75
248	10	11	17	16	302	94	30	204
249	11	12	18	17	275	171	15	410
250	12	13	19	18	156	201	281	850
251	13	14	20	19	217	25	39	76
252	14	15	21	20	216	126	15	384
253	15	16	22	21	159	25	0	102
254	16	17	23	22	217	49	0	148
255	17	18	24	23	214	99	-23	305
256	18	19	25	24	200	150	289	495
257	19	20	26	25	194	197	3	671
258	20	21	27	26	281	17	86	39
259	21	22	28	27	159	250	80	1038
260	22	23	29	28	303	26	35	56
261	23	24	30	29	295	114	-5	254
262	24	25	31	30	162	34	18	138
263	25	26	32	31	191	260	312	901
264	26	27	33	32	293	96	56	217
265	27	28	34	33	201	215	287	707
266	28	29	35	34	208	16	17	51
267	29	30	36	35	254	25	8	65
268	30	31	37	36	260	219	-21	553
269	31	32	38	37	266	163	-12	403
270	32	33	39	38	297	25	-14	55
271	33	34	40	39	190	42	-9	146
272	34	35	41	40	181	8	-130	31
273	35	36	42	41	183	14	107	51
274	36	37	43	42	187	19	-22	68
275	37	38	44	43	164	4	-276	16
276	38	39	45	44	179	9	157	32
277	39	40	46	45	184	19	-167	67
278	40	41	47	46	271	19	30	45
279	41	42	48	47	267	16	61	39
280	42	43	49	48	196	17	181	58
281	43	44	50	49	202	275	289	897
282	44	45	51	50	192	197	-49	674
283	45	46	52	51	222	78	-67	231
284	46	47	53	52	158	14	47	58
285	47	48	54	53	164	41	80	163
286	48	49	55	54	282	23	4	53
287	49	50	56	55	228	13	-15	37
288	50	51	57	56	228	15	118	44
289	51	52	58	57	246	18	-46	49
290	52	53	59	58	153	16	19	68
291	53	54	60	59	192	17	30	57
292	54	55	61	60	163	11	-57	43

293	55	56	62	61	278	19	-62	45
294	56	57	63	62	240	16	31	45
295	57	58	64	63	174	14	-34	53
296	1	2	9	8	166	9	-51	59
297	2	3	10	9	213	8	33	38
298	3	4	11	10	245	8	-23	34
299	4	5	12	11	173	136	-61	833
300	5	6	13	12	250	9	17	38
301	6	7	14	13	179	9	35	56
302	7	8	15	14	192	22	-59	119
303	8	9	16	15	284	9	52	35
304	9	10	17	16	299	13	-41	45
305	10	11	18	17	302	13	14	44
306	11	12	19	18	275	29	-53	113
307	12	13	20	19	156	29	34	196
308	13	14	21	20	217	11	4	52
309	14	15	22	21	217	10	11	49
310	15	16	23	22	162	6	-27	36
311	16	17	24	23	217	14	-21	66
312	17	18	25	24	213	50	-58	249
313	18	19	26	25	199	15	-3	78
314	19	20	27	26	193	7	72	39
315	20	21	28	27	281	53	-78	199
316	21	22	29	28	159	12	39	79
317	22	23	30	29	303	14	-17	47
318	23	24	31	30	295	15	4	53
319	24	25	32	31	162	16	-46	108
320	25	26	33	32	190	10	59	57
321	26	27	34	33	293	18	-67	64
322	27	28	35	34	200	21	15	108
323	28	29	36	35	207	11	9	57
324	29	30	37	36	253	11	-33	46
325	30	31	38	37	260	11	-10	45
326	31	32	39	38	266	64	-23	254
327	32	33	40	39	296	21	-10	75
328	33	34	41	40	190	158	-2	879
329	34	35	42	41	180	6	98	36
330	35	36	43	42	182	12	-24	72
331	36	37	44	43	187	36	-298	204
332	37	38	45	44	164	12	164	78
333	38	39	46	45	179	5	-178	29
334	39	40	47	46	184	8	28	43
335	40	41	48	47	271	11	86	41
336	41	42	49	48	267	12	190	48
337	42	43	50	49	196	173	267	936
338	43	44	51	50	202	21	-77	110
339	44	45	52	51	192	20	-157	107
340	45	46	53	52	222	8	42	38
341	46	47	54	53	157	21	90	142
342	47	48	55	54	164	12	8	76
343	48	49	56	55	282	12	-14	43

344	49	50	57	56	228	10	134	45
345	50	51	58	57	228	13	-8	62
346	51	52	59	58	246	11	-25	46
347	52	53	60	59	154	12	28	85
348	53	54	61	60	192	12	-50	66
349	54	55	62	61	163	9	-66	61
350	55	56	63	62	278	11	35	44
351	56	57	64	63	240	12	-31	51
352	1	3	9	7	235	79	10	51
353	2	4	10	8	170	57	-12	50
354	3	5	11	9	190	49	14	39
355	4	6	12	10	288	220	270	115
356	5	7	13	11	175	177	-59	153
357	6	8	14	12	243	70	58	43
358	7	9	15	13	198	78	-20	59
359	8	10	16	14	283	84	-11	45
360	9	11	17	15	298	60	17	31
361	10	12	18	16	272	78	-21	43
362	11	13	19	17	165	52	-23	48
363	12	14	20	18	222	73	-16	50
364	13	15	21	19	179	50	42	42
365	14	16	22	20	237	61	32	39
366	15	17	23	21	206	60	-1	44
367	16	18	24	22	277	93	-27	51
368	17	19	25	23	160	63	-23	59
369	18	20	26	24	263	173	-24	99
370	19	21	27	25	202	65	83	48
371	20	22	28	26	285	99	3	52
372	21	23	29	27	294	172	-17	88
373	22	24	30	28	156	62	30	60
374	23	25	31	29	151	50	0	50
375	24	26	32	30	173	56	-40	49
376	25	27	33	31	279	90	11	49
377	26	28	34	32	214	69	-2	49
378	27	29	35	33	259	89	-35	52
379	28	30	36	34	197	67	36	51
380	29	31	37	35	289	97	-12	51
381	30	32	38	36	230	79	-28	52
382	31	33	39	37	176	54	-20	47
383	32	34	40	38	162	67	-32	63
384	33	35	41	39	191	121	-3	95
385	34	36	42	40	184	58	-11	47
386	35	37	43	41	169	42	78	37
387	36	38	44	42	170	52	-340	46
388	37	39	45	43	182	90	130	75
389	38	40	46	44	164	56	-15	51
390	39	41	47	45	157	57	-53	55
391	40	42	48	46	175	43	142	37
392	41	43	49	47	167	54	309	49
393	42	44	50	48	184	69	107	56
394	43	45	51	49	195	57	-136	44

395	44	46	52	50	236	75	-241	48
396	45	47	53	51	219	195	-87	134
397	46	48	54	52	157	45	124	43
398	47	49	55	53	269	86	100	48
399	48	50	56	54	245	70	24	43
400	49	51	57	55	249	69	243	42
401	50	52	58	56	218	60	134	41
402	51	53	59	57	157	217	234	208

LINE 3

<u>No</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>rho (Ohm)</u>
1	1	2	4	3	152	200	115	25
2	2	3	5	4	284	373	-178	25
3	3	4	6	5	160	171	66	20
4	4	5	7	6	299	69	260	4
5	5	6	8	7	151	131	-210	16
6	6	7	9	8	199	265	174	25
7	7	8	10	9	192	55	-82	5
8	8	9	11	10	295	296	117	19
9	9	10	12	11	246	187	70	14
10	10	11	13	12	232	239	-2	19
11	11	12	14	13	264	344	201	25
12	12	13	15	14	176	383	88	41
13	13	14	16	15	220	453	-371	39
14	14	15	17	16	152	19	-82	9
15	15	16	18	17	284	86	-59	23
16	16	17	19	18	159	112	-20	53
17	17	18	20	19	299	55	23	14
18	18	19	21	20	151	49	0	25
19	19	20	22	21	199	29	-75	11
20	20	21	23	22	192	88	70	35
21	21	22	24	23	296	63	-100	16
22	22	23	25	24	246	41	-62	12
23	23	24	26	25	232	52	360	17
24	24	25	27	26	264	65	-265	19
25	25	26	28	27	176	82	-227	35
26	26	27	29	28	152	25	-73	30
27	27	28	30	29	284	29	-7	19
28	28	29	31	30	159	13	44	15
29	29	30	32	31	299	31	-26	20
30	1	2	5	4	151	29	-77	37
31	2	3	6	5	199	13	66	12
32	3	4	7	6	192	11	-116	10
33	4	5	8	7	296	26	30	16
34	5	6	9	8	246	6	220	5
35	6	7	10	9	232	16	-226	13
36	7	8	11	10	264	28	-300	20

37	8	9	12	11	152	6	-3	14
38	9	10	13	12	285	13	53	17
39	10	11	14	13	160	16	-42	39
40	11	12	15	14	298	14	-78	18
41	12	13	16	15	151	9	52	22
42	13	14	17	16	199	6	44	11
43	14	15	18	17	192	8	-185	15
44	15	16	19	18	296	13	236	17
45	16	17	20	19	246	7	-207	11
46	17	18	21	20	232	20	-300	32
47	18	19	22	21	152	5	37	23
48	19	20	23	22	285	19	-45	45
49	20	21	24	23	160	20	-81	81
50	21	22	25	24	298	11	323	25
51	22	23	26	25	151	7	-248	32
52	23	24	27	26	200	137	-154	452
53	24	25	28	27	193	3	232	11
54	25	26	29	28	295	19	-187	42
55	26	27	30	29	246	59	-301	159
56	27	28	31	30	152	38	-181	261
57	28	29	32	31	284	13	323	48
58	1	2	6	5	160	8	-112	51
59	2	3	7	6	298	9	-140	32
60	3	4	8	7	151	11	-124	75
61	4	5	9	8	200	3	233	18
62	5	6	10	9	193	6	-185	33
63	6	7	11	10	295	15	-300	52
64	7	8	12	11	170	21	704	19
65	8	9	13	12	297	45	20	23
66	9	10	14	13	284	37	-305	19
67	10	11	15	14	182	19	-71	15
68	11	12	16	15	153	36	-196	35
69	12	13	17	16	186	15	147	12
70	13	14	18	17	303	29	60	14
71	14	15	19	18	279	61	-524	33
72	15	16	20	19	170	25	-345	57
73	16	17	21	20	296	65	-295	82
74	17	18	22	21	284	27	-181	36
75	18	19	23	22	182	8	160	16
76	19	20	24	23	153	7	65	17
77	20	21	25	24	186	235	-800	476
78	21	22	26	25	170	112	-173	495
79	22	23	27	26	297	6	172	15
80	23	24	28	27	284	7	54	20
81	24	25	29	28	183	253	-319	1043
82	25	26	30	29	170	4	57	34
83	26	27	31	30	297	306	-752	1360
84	27	28	32	31	186	8	-227	24
85	1	2	7	6	251	373	-45	28
86	2	3	8	7	201	185	59	17
87	3	4	9	8	203	200	21	18

88	4	5	10	9	230	197	-4	16
89	5	6	11	10	236	190	-98	15
90	6	7	12	11	282	384	-38	26
91	7	8	13	12	353	322	-61	17
92	8	9	14	13	369	349	2	18
93	9	10	15	14	380	351	24	17
94	10	11	16	15	372	424	-12	21
95	11	12	17	16	353	305	-58	16
96	12	13	18	17	363	608	-174	32
97	13	14	19	18	335	301	-145	17
98	14	15	20	19	251	38	10	11
99	15	16	21	20	201	29	-34	11
100	16	17	22	21	204	56	-75	21
101	17	18	23	22	230	59	2	19
102	18	19	24	23	236	66	-66	21
103	19	20	25	24	282	73	-66	20
104	20	21	26	25	352	71	-29	15
105	21	22	27	26	368	86	5	18
106	22	23	28	27	203	45	55	17
107	23	24	29	28	372	68	125	14
108	24	25	30	29	353	245	-257	52
109	25	26	31	30	363	110	-96	23
110	26	27	32	31	251	10	-5	7
111	1	2	8	7	202	15	-116	14
112	2	3	9	8	204	22	53	20
113	3	4	10	9	230	29	-123	24
114	4	5	11	10	236	40	-12	32
115	5	6	12	11	282	29	-20	19
116	6	7	13	12	352	28	-13	15
117	7	8	14	13	368	46	329	23
118	8	9	15	14	203	63	-158	58
119	9	10	16	15	371	44	-294	22
120	10	11	17	16	352	36	-62	19
121	11	12	18	17	251	9	-122	13
122	12	13	19	18	202	10	97	18
123	13	14	20	19	204	18	-143	33
124	14	15	21	20	230	159	20	261
125	15	16	22	21	236	146	-14	232
126	16	17	23	22	282	130	177	173
127	17	18	24	23	352	18	40	19
128	18	19	25	24	368	16	-79	16
129	19	20	26	25	201	37	-293	69
130	20	21	27	26	370	15	-42	16
131	21	22	28	27	251	68	92	179
132	22	23	29	28	202	9	-161	28
133	23	24	30	29	204	15	14	49
134	24	25	31	30	230	9	286	27
135	25	26	32	31	236	8	-118	22
136	1	2	9	8	282	24	55	57
137	2	3	10	9	352	8	-87	16
138	3	4	11	10	368	48	-292	86

139	4	5	12	11	202	9	-37	28
140	5	6	13	12	251	8	-230	35
141	6	7	14	13	202	5	297	27
142	7	8	15	14	204	10	-55	52
143	8	9	16	15	230	50	-61	231
144	9	10	17	16	236	7	64	30
145	10	11	18	17	282	2	-82	7
146	11	12	19	18	351	55	-287	165
147	12	13	20	19	367	25	-50	73
148	13	14	21	20	225	28	618	19
149	14	15	22	21	222	39	80	26
150	15	16	23	22	204	86	-115	63
151	16	17	24	23	232	52	-58	34
152	17	18	25	24	274	207	43	114
153	18	19	26	25	284	61	21	32
154	19	20	27	26	355	58	-322	25
155	20	21	28	27	360	53	-277	22
156	21	22	29	28	224	16	-316	26
157	22	23	30	29	222	51	-27	86
158	23	24	31	30	204	15	48	28
159	24	25	32	31	232	13	42	22
160	1	3	9	7	274	34	-321	46
161	2	4	10	8	284	17	-265	23
162	3	5	11	9	224	10	53	35
163	4	6	12	10	222	6	56	20
164	5	7	13	11	205	44	-319	163
165	6	8	14	12	232	10	-260	32
166	7	9	15	13	224	38	-327	223
167	8	10	16	14	222	5	-256	32
168	9	11	17	15	252	30	-316	67
169	10	12	18	16	338	27	-30	15
170	11	13	19	17	285	53	-11	35
171	12	14	20	18	204	22	-23	20
172	13	15	21	19	99	9	-35	18
173	14	16	22	20	97	14	-2	26
174	15	17	23	21	181	17	-54	17
175	16	18	24	22	170	16	-5	17
176	17	19	25	23	129	36	-6	52
177	18	20	26	24	130	71	-31	102
178	19	21	27	25	186	15	102	15
179	20	22	28	26	172	74	-13	81
180	21	23	29	27	141	89	-61	119

LINE 4

No	A	B	M	N	I (mA)	V (mV)	PS (mV)	rho (Ωm)
1	1	2	4	3	293	394	-252	25
2	2	3	5	4	327	489	467	28

3	3	4	6	5	319	285	-257	17
4	4	5	7	6	301	291	165	18
5	5	6	8	7	319	509	82	30
6	6	7	9	8	248	522	98	40
7	7	8	10	9	326	590	47	34
8	8	9	11	10	318	435	-423	26
9	9	10	12	11	212	244	56	22
10	10	11	13	12	237	286	23	23
11	11	12	14	13	225	414	320	35
12	12	13	15	14	217	273	80	24
13	13	14	16	15	217	296	-15	26
14	14	15	17	16	221	324	-62	28
15	15	16	18	17	228	273	54	23
16	16	17	19	18	220	327	17	28
17	17	18	20	19	212	341	-22	30
18	18	19	21	20	213	323	-23	29
19	19	20	22	21	344	632	-29	35
20	20	21	23	22	364	821	39	42
21	21	22	24	23	229	388	-30	32
22	22	23	25	24	222	404	1	34
23	23	24	26	25	203	395	-21	37
24	24	25	27	26	355	846	-19	45
25	25	26	28	27	307	543	-14	33
26	26	27	29	28	245	799	-5	61
27	27	28	30	29	266	465	17	33
28	28	29	31	30	296	765	-53	49
29	29	30	32	31	291	810	-44	52
30	1	2	5	4	293	113	44	29
31	2	3	6	5	327	119	-126	27
32	3	4	7	6	318	70	133	17
33	4	5	8	7	300	99	-28	25
34	5	6	9	8	318	149	-19	35
35	6	7	10	9	247	88	8	27
36	7	8	11	10	326	90	-47	21
37	8	9	12	11	318	136	30	32
38	9	10	13	12	212	64	-14	23
39	10	11	14	13	237	110	-60	35
40	11	12	15	14	225	93	35	31
41	12	13	16	15	216	79	-11	27
42	13	14	17	16	215	87	-80	31
43	14	15	18	17	220	80	11	27
44	15	16	19	18	228	105	38	35
45	16	17	20	19	220	104	-40	36
46	17	18	21	20	212	83	-17	30
47	18	19	22	21	213	89	-66	32
48	19	20	23	22	344	186	-15	41
49	20	21	24	23	364	165	42	34
50	21	22	25	24	229	112	-53	37
51	22	23	26	25	222	113	-16	39
52	23	24	27	26	203	110	-12	41
53	24	25	28	27	354	152	-12	32

54	25	26	29	28	306	200	-29	49
55	26	27	30	29	244	144	84	45
56	27	28	31	30	264	128	-89	36
57	28	29	32	31	295	243	-29	62
58	1	2	6	5	293	43	-115	28
59	2	3	7	6	326	46	142	27
60	3	4	8	7	318	41	-47	24
61	4	5	9	8	300	59	-10	37
62	5	6	10	9	318	57	-12	34
63	6	7	11	10	247	33	-38	25
64	7	8	12	11	321	51	13	30
65	8	9	13	12	313	64	8	39
66	9	10	14	13	212	37	-64	33
67	10	11	15	14	235	47	26	37
68	11	12	16	15	223	46	-17	39
69	12	13	17	16	216	36	-61	31
70	13	14	18	17	215	38	0	33
71	14	15	19	18	220	42	50	36
72	15	16	20	19	228	52	-67	43
73	16	17	21	20	220	44	0	38
74	17	18	22	21	212	33	-81	29
75	18	19	23	22	213	40	-1	36
76	19	20	24	23	344	80	68	44
77	20	21	25	24	363	89	-89	46
78	21	22	26	25	229	60	-6	49
79	22	23	27	26	222	56	-32	47
80	23	24	28	27	203	35	29	33
81	24	25	29	28	354	176	24	94
82	25	26	30	29	305	85	0	53
83	26	27	31	30	243	66	-69	51
84	27	28	32	31	264	54	-24	39
85	1	2	7	6	293	21	132	27
86	2	3	8	7	326	33	-56	38
87	3	4	9	8	318	30	1	35
88	4	5	10	9	300	29	-22	37
89	5	6	11	10	318	25	-20	30
90	6	7	12	11	247	19	16	30
91	7	8	13	12	322	31	-6	37
92	8	9	14	13	313	43	-49	52
93	9	10	15	14	212	22	21	40
94	10	11	16	15	235	26	-20	42
95	11	12	17	16	222	25	-62	43
96	12	13	18	17	216	19	-11	34
97	13	14	19	18	215	22	52	39
98	14	15	20	19	220	24	-83	42
99	15	16	21	20	228	27	21	44
100	16	17	22	21	220	22	-95	38
101	17	18	23	22	212	20	8	36
102	18	19	24	23	213	22	74	39
103	19	20	25	24	343	49	-113	54
104	20	21	26	25	363	53	-14	55

105	21	22	27	26	228	32	-13	53
106	22	23	28	27	221	32	152	55
107	23	24	29	28	203	23	-109	42
108	24	25	30	29	353	43	24	46
109	25	26	31	30	304	48	-61	59
110	26	27	32	31	242	32	-19	50
111	1	2	8	7	292	15	-55	33
112	2	3	9	8	326	28	0	57
113	3	4	10	9	318	17	-27	34
114	4	5	11	10	300	15	-11	34
115	5	6	12	11	318	16	15	34
116	6	7	13	12	248	9	-13	25
117	7	8	14	13	322	21	-47	44
118	8	9	15	14	313	18	18	38
119	9	10	16	15	212	14	-27	43
120	10	11	17	16	235	15	-39	43
121	11	12	18	17	222	13	-18	38
122	12	13	19	18	215	19	51	58
123	13	14	20	19	215	15	-97	45
124	14	15	21	20	220	17	31	51
125	15	16	22	21	227	18	-98	52
126	16	17	23	22	220	14	13	42
127	17	18	24	23	212	11	80	34
128	18	19	25	24	213	13	-122	41
129	19	20	26	25	343	35	-23	68
130	20	21	27	26	363	155	75	281
131	21	22	28	27	228	11	51	33
132	22	23	29	28	221	10	-73	29
133	23	24	30	29	203	19	18	61
134	24	25	31	30	353	27	-61	50
135	25	26	32	31	304	20	-19	44
136	1	2	9	8	292	16	1	59
137	2	3	10	9	326	16	-49	53
138	3	4	11	10	318	5	10	18
139	4	5	12	11	300	9	15	30
140	5	6	13	12	318	16	-27	54
141	6	7	14	13	248	8	-44	32
142	7	8	15	14	323	7	20	22
143	8	9	16	15	314	19	-32	63
144	9	10	17	16	212	9	-30	43
145	10	11	18	17	235	8	-26	36
146	11	12	19	18	222	10	44	46
147	12	13	20	19	215	14	-119	68
148	13	14	21	20	215	6	40	30
149	14	15	22	21	219	10	-89	46
150	15	16	23	22	227	14	-3	64
151	16	17	24	23	220	7	88	34
152	17	18	25	24	212	9	-126	46
153	18	19	26	25	213	15	60	76
154	19	20	27	26	343	20	-55	62
155	20	21	28	27	362	22	89	64

156	21	22	29	28	228	15	-66	67
157	22	23	30	29	221	6	22	30
158	23	24	31	30	202	7	-59	38
159	24	25	32	31	352	15	-3	44
160	1	3	9	7	304	83	-41	41
161	2	4	10	8	294	85	-38	43
162	3	5	11	9	324	79	-26	37
163	4	6	12	10	301	73	25	36
164	5	7	13	11	241	53	4	33
165	6	8	14	12	357	75	-44	32
166	7	9	15	13	353	110	-8	47
167	8	10	16	14	338	105	-6	47
168	9	11	17	15	364	104	-46	43
169	10	12	18	16	235	65	-36	42
170	11	13	19	17	210	138	37	99
171	12	14	20	18	222	62	-46	42
172	13	15	21	19	208	63	-53	46
173	14	16	22	20	230	60	-14	39
174	15	17	23	21	205	57	-77	42
175	16	18	24	22	229	148	91	98
176	17	19	25	23	200	137	44	103
177	18	20	26	24	349	124	-104	54
178	19	21	27	25	218	87	-48	60
179	20	22	28	26	209	73	88	53
180	21	23	29	27	217	114	37	79

LAMPIRAN 2

DATA ELEVASI LINE 1

No	LS	BT	No Elektroda	Elevasi
1	08° 04' 46.1"	112° 42' 16.8"	1	483
2	08° 04' 46.3"	112° 42' 16.9"	2	482
3	08° 04' 46.4"	112° 42' 16.9"	3	491
4	08° 04' 46.4"	112° 42' 17.0"	4	499
5	08° 04' 46.4"	112° 42' 16.9"	5	500
6	08° 04' 46.4"	112° 42' 16.8"	6	501
7	08° 04' 46.4"	112° 42' 16.9"	7	501
8	08° 04' 46.4"	112° 42' 17.0"	8	501
9	08° 04' 46.3"	112° 42' 17.0"	9	501
10	08° 04' 46.4"	112° 42' 16.9"	10	500
11	08° 04' 46.3"	112° 42' 16.9"	11	501
12	08° 04' 46.3"	112° 42' 16.9"	12	501
13	08° 04' 46.2"	112° 42' 16.9"	13	500
14	08° 04' 46.2"	112° 42' 16.9"	14	501
15	08° 04' 46.3"	112° 42' 17.0"	15	501
16	08° 04' 46.3"	112° 42' 17.1"	16	500

17	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.1"	17	501
18	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.2"	18	501
19	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.2"	19	502
20	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.2"	20	501
21	08° 04' 46.3"	112° 42' 17.2"	21	501
22	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.3"	22	501
23	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.3"	23	503
24	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.5"	24	501
25	08° 04' 46.1"	112° 42' 17.6"	25	501
26	08° 04' 46.0"	112° 42' 17.6"	26	502
27	08° 04' 46.1"	112° 42' 17.7"	27	502
28	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.7"	28	502
29	08° 04' 46.1"	112° 42' 17.7"	29	502
30	08° 04' 46.1"	112° 42' 17.8"	30	508
31	08° 04' 46.3"	112° 42' 17.8"	31	502
32	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.9"	32	502
33	08° 04' 46.0"	112° 42' 18.0"	33	502
34	08° 04' 46.1"	112° 42' 17.9"	34	501
35	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.9"	35	501
36	08° 04' 46.2"	112° 42' 18.0"	36	502
37	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.9"	37	501
38	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.9"	38	501
39	08° 04' 46.2"	112° 42' 18.0"	39	501
40	08° 04' 46.2"	112° 42' 18.0"	40	501
41	08° 04' 46.2"	112° 42' 18.1"	41	502
42	08° 04' 46.2"	112° 42' 18.1"	42	502
43	08° 04' 46.2"	112° 42' 18.1"	43	502
44	08° 04' 46.1"	112° 42' 18.0"	44	501
45	08° 04' 46.0"	112° 42' 18.0"	45	501
46	08° 04' 46.2"	112° 42' 17.9"	46	500
47	08° 04' 46.0"	112° 42' 18.0"	47	502
48	08° 04' 46.0"	112° 42' 18.1"	48	501
49	08° 04' 46.0"	112° 42' 18.2"	49	502
50	08° 04' 46.0"	112° 42' 18.3"	50	502
51	08° 04' 46.1"	112° 42' 18.3"	51	501
52	08° 04' 46.1"	112° 42' 18.3"	52	501
53	08° 04' 46.1"	112° 42' 18.3"	53	501
54	08° 04' 46.1"	112° 42' 18.4"	54	502
55	08° 04' 46.9"	112° 42' 18.3"	55	502
56	08° 04' 46.9"	112° 42' 18.4"	56	503
57	08° 04' 46.9"	112° 42' 18.5"	57	502
58	08° 04' 46.9"	112° 42' 18.5"	58	502
59	08° 04' 46.7"	112° 42' 18.7"	59	502
60	08° 04' 46.7"	112° 42' 18.7"	60	503
61	08° 04' 46.9"	112° 42' 18.7"	61	503
62	08° 04' 46.9"	112° 42' 18.8"	62	503
63	08° 04' 46.9"	112° 42' 18.8"	63	503
64	08° 04' 46.9"	112° 42' 18.9"	64	503

DATA ELEVASI LINE 2

No	LS	BT	No Elektroda	Elevasi
1	08° 04' 49.0"	112° 42' 14.4"	1	514
2	08° 04' 49.1"	112° 42' 14.7"	2	517
3	08° 04' 49.0"	112° 42' 14.4"	3	518
4	08° 04' 49.0"	112° 42' 14.5"	4	517
5	08° 04' 46.1"	112° 42' 14.5"	5	517
6	08° 04' 46.1"	112° 42' 14.4"	6	517
7	08° 04' 46.1"	112° 42' 14.4"	7	517
8	08° 04' 46.1"	112° 42' 14.3"	8	518
9	08° 04' 46.2"	112° 42' 14.3"	9	519
10	08° 04' 46.2"	112° 42' 14.3"	10	517
11	08° 04' 46.2"	112° 42' 14.2"	11	517
12	08° 04' 46.2"	112° 42' 14.2"	12	517
13	08° 04' 46.2"	112° 42' 14.2"	13	516
14	08° 04' 46.2"	112° 42' 14.2"	14	517
15	08° 04' 46.2"	112° 42' 14.1"	15	518
16	08° 04' 46.2"	112° 42' 14.2"	16	517
17	08° 04' 46.2"	112° 42' 14.1"	17	517
18	08° 04' 46.1"	112° 42' 14.1"	18	516
19	08° 04' 46.0"	112° 42' 14.0"	19	518
20	08° 04' 46.1"	112° 42' 13.9"	20	518
21	08° 04' 46.2"	112° 42' 13.9"	21	518
22	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.9"	22	518
23	08° 04' 46.2"	112° 42' 13.9"	23	518
24	08° 04' 46.2"	112° 42' 13.9"	24	518
25	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.9"	25	515
26	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.8"	26	515
27	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.9"	27	516
28	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.9"	28	516
29	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.9"	29	516
30	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.7"	30	515
31	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.7"	31	517
32	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.7"	32	516
33	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.6"	33	517
34	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.6"	34	516
35	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.5"	35	515
36	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.5"	36	513
37	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.4"	37	516
38	08° 04' 46.5"	112° 42' 13.4"	38	516
39	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.4"	39	515
40	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.4"	40	516
41	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.4"	41	516
42	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.3"	42	516
43	08° 04' 46.3"	112° 42' 13.3"	43	515
44	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.3"	44	515
45	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.2"	45	514
46	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.2"	46	513

47	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.1"	47	514
48	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.2"	48	514
49	08° 04' 46.4"	112° 42' 13.2"	49	515
50	08° 04' 46.6"	112° 42' 13.2"	50	514
51	08° 04' 46.7"	112° 42' 13.1"	51	514
52	08° 04' 46.6"	112° 42' 13.1"	52	514
53	08° 04' 46.7"	112° 42' 13.1"	53	514
54	08° 04' 46.7"	112° 42' 13.0"	54	515
55	08° 04' 46.7"	112° 42' 13.0"	55	514
56	08° 04' 46.7"	112° 42' 12.9"	56	514
57	08° 04' 46.7"	112° 42' 12.9"	57	514
58	08° 04' 46.8"	112° 42' 12.8"	58	515
59	08° 04' 46.8"	112° 42' 12.8"	59	514
60	08° 04' 46.8"	112° 42' 12.8"	60	514
61	08° 04' 46.8"	112° 42' 12.8"	61	514
62	08° 04' 46.9"	112° 42' 12.8"	62	514
63	08° 04' 46.9"	112° 42' 12.8"	63	514
64	08° 04' 46.8"	112° 42' 12.7"	64	514

DATA ELEVASI LINE 3

No	LS	BT	No Elektroda	Elevasi
1	08° 04' 81.5"	112° 42' 24.4"	1	491
2	08° 04' 81.1"	112° 42' 23.4"	2	491
3	08° 04' 81.3"	112° 42' 24.1"	3	490
4	08° 04' 81.3"	112° 42' 24.2"	4	492
5	08° 04' 81.5"	112° 42' 24.4"	5	490
6	08° 04' 81.4"	112° 42' 24.3"	6	492
7	08° 04' 81.5"	112° 42' 24.4"	7	492
8	08° 04' 81.5"	112° 42' 24.4"	8	492
9	08° 04' 81.6"	112° 42' 24.4"	9	490
10	08° 04' 81.6"	112° 42' 24.5"	10	492
11	08° 04' 81.4"	112° 42' 24.5"	11	490
12	08° 04' 81.3"	112° 42' 24.4"	12	493
13	08° 04' 81.3"	112° 42' 24.4"	13	490
14	08° 04' 81.2"	112° 42' 24.5"	14	492
15	08° 04' 81.3"	112° 42' 24.6"	15	492
16	08° 04' 81.3"	112° 42' 24.7"	16	493
17	08° 04' 80.0"	112° 42' 25.3"	17	490
18	08° 04' 80.0"	112° 42' 25.5"	18	495
19	08° 04' 80.1"	112° 42' 25.5"	19	494
20	08° 04' 80.1"	112° 42' 25.3"	20	493
21	08° 04' 80.1"	112° 42' 25.4"	21	495
22	08° 04' 80.0"	112° 42' 25.3"	22	494
23	08° 04' 80.0"	112° 42' 25.3"	23	494
24	08° 04' 80.2"	112° 42' 25.6"	24	495
25	08° 04' 80.2"	112° 42' 25.5"	25	496
26	08° 04' 80.0"	112° 42' 25.6"	26	496
27	08° 04' 79.9"	112° 42' 25.6"	27	495

28	08° 04' 79.9"	112° 42' 25.7"	28	492
29	08° 04' 79.9"	112° 42' 25.7"	29	496
30	08° 04' 79.9"	112° 42' 25.7"	30	493
31	08° 04' 79.9"	112° 42' 25.7"	31	495
32	08° 04' 79.5"	112° 42' 25.8"	32	494

DATA ELEVASI LINE 4

No	LS	BT	No Elektroda	Elevasi
1	08° 04' 80.1"	112° 42' 26.0"	1	494
2	08° 04' 80.1"	112° 42' 26.1"	2	495
3	08° 04' 80.3"	112° 42' 26.1"	3	494
4	08° 04' 80.4"	112° 42' 26.1"	4	496
5	08° 04' 80.4"	112° 42' 26.1"	5	495
6	08° 04' 80.3"	112° 42' 26.1"	6	494
7	08° 04' 80.4"	112° 42' 26.1"	7	495
8	08° 04' 80.5"	112° 42' 26.1"	8	495
9	08° 04' 80.5"	112° 42' 26.1"	9	494
10	08° 04' 80.6"	112° 42' 26.1"	10	495
11	08° 04' 80.6"	112° 42' 26.2"	11	495
12	08° 04' 80.7"	112° 42' 26.0"	12	495
13	08° 04' 80.7"	112° 42' 25.9"	13	495
14	08° 04' 80.8"	112° 42' 25.9"	14	495
15	08° 04' 80.9"	112° 42' 25.9"	15	496
16	08° 04' 81.0"	112° 42' 25.9"	16	496
17	08° 04' 80.9"	112° 42' 25.8"	17	497
18	08° 04' 81.0"	112° 42' 25.9"	18	496
19	08° 04' 81.1"	112° 42' 25.9"	19	496
20	08° 04' 81.0"	112° 42' 25.9"	20	496
21	08° 04' 81.1"	112° 42' 25.9"	21	495
22	08° 04' 81.2"	112° 42' 25.9"	22	495
23	08° 04' 81.2"	112° 42' 25.8"	23	496
24	08° 04' 81.3"	112° 42' 25.8"	24	496
25	08° 04' 81.3"	112° 42' 25.8"	25	496
26	08° 04' 81.3"	112° 42' 25.8"	26	496
27	08° 04' 81.4"	112° 42' 25.8"	27	497
28	08° 04' 81.5"	112° 42' 25.8"	28	496
29	08° 04' 81.6"	112° 42' 25.8"	29	496
30	08° 04' 81.5"	112° 42' 25.8"	30	496
31	08° 04' 81.6"	112° 42' 25.6"	31	496
32	08° 04' 81.7"	112° 42' 25.6"	32	496

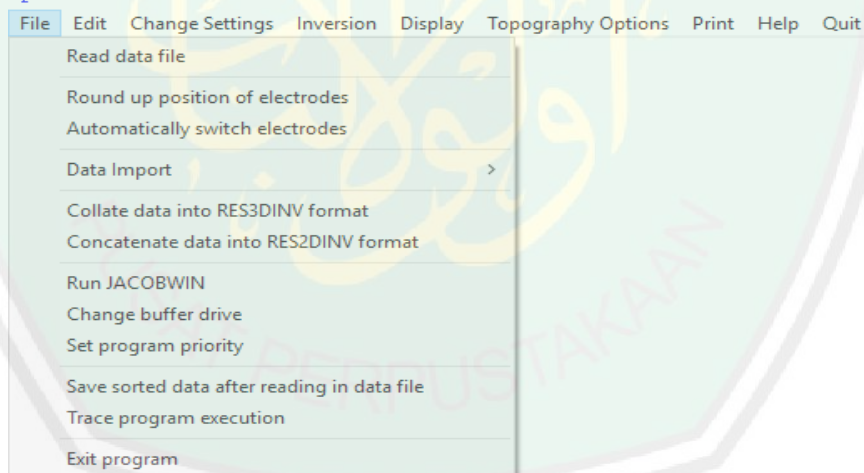
LAMPIRAN 3

CARA PENGOLAHAN DATA GEOLISTRIK

	A	B	M	N	I (mA)	V (mV)	PS (m Ω)	r (O \cdot m)	tar	M (ms)	
10	1	4	2	3	440	84	-210	6	0	3	
11	2	1	7	3	423	60	151	9	0	9	
12	3	1	10	4	7	412	46	-288	11	0	291
13	4	2	5	3	4	393	70	37	6	0	11
14	5	2	8	4	6	390	52	-86	8	0	11
15	6	2	11	5	8	427	43	-183	10	0	198
16	7	3	6	4	5	360	107	-18	7	0	22
17	8	3	9	5	7	384	47	-42	8	0	19
18	9	3	12	6	9	453	42	-68	9	0	200
19	10	4	7	5	6	493	94	-177	6	0	9
20	11	4	10	6	8	476	57	35	8	0	12
21	12	4	13	7	10	411	42	-84	10	0	232
22	13	5	8	6	7	443	77	-23	5	0	23
23	14	5	11	7	9	493	58	-44	7	0	15
24	15	5	14	8	11	388	40	-87	10	0	212
25	16	6	9	7	8	392	74	-55	6	0	15
26	17	6	12	8	10	464	55	79	8	0	5
27	18	6	15	9	12	250	30	-135	11	1	276
28	19	7	10	8	9	459	66	-32	4	0	17
29	20	7	13	9	11	398	51	75	8	0	6
30	21	7	16	10	13	333	35	-104	10	0	293

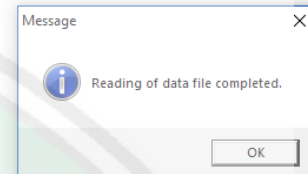
1. Data diatas merupakan output dari alat geolistrik. Ada 4 format data yang dihasilkan dari alat ini, yaitu (.xls), (.dat), (.INV), dan (.tsv). Kemudian buka

RES2DINV ver. 3.56.22 - ID. No. : K3-281C281C-281C



software RES2DINV, dan pilih “Read data file”. File yang dibuka adalah file dengan format (.dat).

LINE1 -
 Electrode spacing is 1.000.
 Dipole-dipole array
 Measurements are in apparent resistivity.
 Total number of datum points is 872.
 Position of mid-point of array is given.
 872 44.500 4.000 8.000 87.3
 Minimum electrode location is -1.5.
 Minimum electrode spacing is 1.0.
 Total number of data levels is 18.
 Total number of electrodes is 67.
 First electrode is located at -1.50.
 Last electrode is located at 64.50.



- Setelah file terbuka, pilih “Inversion>Inversion Methods and Settings>Choose logarithm of apparent resistivity” seperti pada gambar di atas. Kemudian akan muncul gambar seperti dibawah ini, dan dipilih “Use apparent resistivity”

Use logarithm of apparent resistivity

You can select to use the logarithm of the apparent resistivity values in the inversion, or use the apparent resistivity values.

- Use logarithm of apparent resistivity
 Use apparent resistivity

OK

Cancel

Least-squares inversion

Inversion Methods and Settings >

Model Discretization >

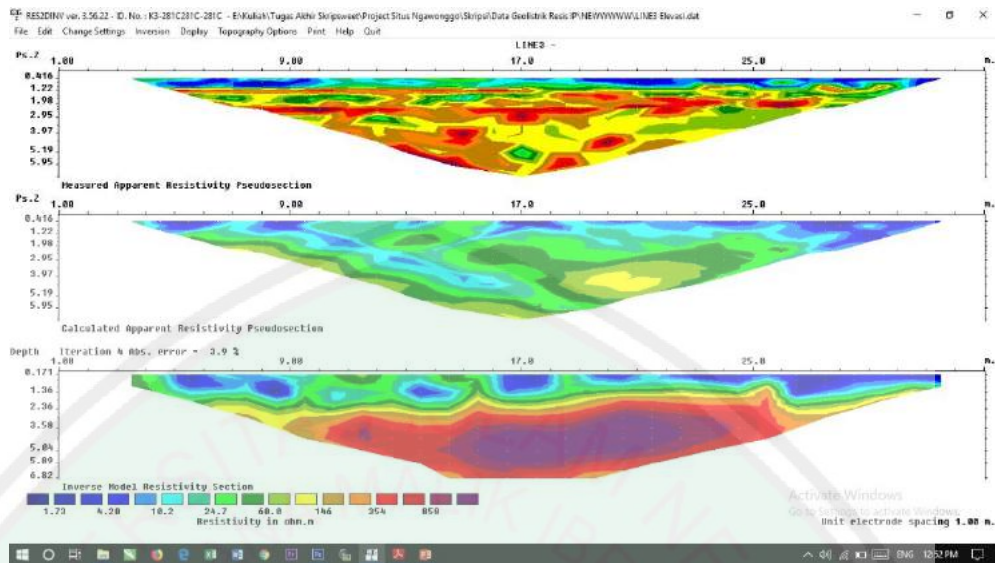
Model Sensitivity Options >

IP Options >

Batch mode

Use Assembly Language Subroutines

3. Kemudian pilih “Inversion >Least square inversion”, maka akan muncul 3 penampang resistivitas seperti pada gambar dibawah ini.



4. Semakin mirip penampang pertama dan kedua, maka nilai error dari gambar ketiga akan semakin kecil. Semakin kecil nilai error , maka penampang tersebut semakin mirip dengan litologi bawah permukaan yang sebenarnya. Apabila nilai error tinggi maka dapat digunakan menu “Extreminate bad datum points” untuk mengecilkan nilai error.
5. Setelah memilih menu diatas, maka akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini. Setelah memilih titik yang akan dihapus, pilih “Exit>Quit edit window”. File yang telah diedit kemudian di save dengan nama yang baru (.INV). Dan untuk lintasan selanjutnya ulangi kembali dari awal.

LAMPIRAN 4
DOKUMENTASI



Akuisisi data di Lapangan



Kondisi kolam 1



Singkapan yang ada di sisi utara Sungai
Manten



Kondisi kolam 2 dan 3





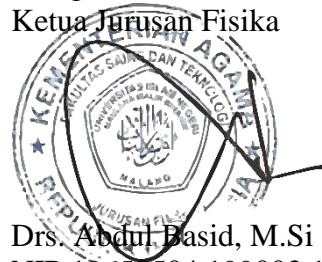
KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50 Malang 65144 Telepon (0341) 551354 , Fax. (0341) 572533
Website : <http://www.uin-malang.ac.id> Email : info@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI

Nama Mahasiswa : Evi Susanti
NIM : 15640042
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Dosen Pembimbing I : Drs. Abdul Basid, M.Si
Dosen Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd
Judul Skripsi : Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Untuk Menentukan Persebaran Batuan Situs Patirtaan Ngawonggo Tajinan Kabupaten Malang

No	Tanggal	HAL	TTD
1	12 November 2019	Konsultasi BAB I	
2	26 November 2019	Konsultasi BAB I	
3	2 Desember 2019	Konsultasi BAB I dan BAB II	
4	6 Desember 2019	Konsultasi BAB II dan BAB III	
5	27 Juli 2020	Konsultasi BAB IV	
6	10 Agustus 2020	Konsultasi Kajian Agama BAB I dan II	
7	7 September 2020	Konsultasi BAB IV	
8	21 September 2020	Konsultasi BAB IV	
9	6 Oktober 2020	Konsultasi BAB IV	
10	17 November 2020	Konsultasi BAB IV	
11	18 November 2020	Konsultasi Kajian Agama dan BAB IV	
12	15 Desember 2020	Konsultasi Semua BAB, Abstrak dan ACC	
13	20 Desember 2020	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	

Malang, 16 Desember 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



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