

**ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED  
POLARIZATION*) UNTUK MENGETAHUI SEBARAN SITUS  
PURBAKALA NGAWONGGO DI DESA TAJINAN KABUPATEN  
MALANG**

**SKRIPSI**

**Oleh:**  
**AINUN NAJAH**  
**NIM. 15640008**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2021**

**ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED  
POLARIZATION*) UNTUK MENGETAHUI SEBARAN SITUS  
PURBAKALA NGAWONGGO DI DESA TAJINAN KABUPATEN  
MALANG**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada:**

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

**Oleh:**

**AINUN NAJAH  
NIM. 15640008**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2021**

## HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED  
POLARIZATION*) UNTUK MENGETAHUI SEBARAN SITUS  
PURBAKALA NGAWONGGO DI DESA TAJINAN KABUPATEN  
MALANG

SKRIPSI

Oleh:  
Ainun Najah  
NIM. 15640008

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Pada tanggal, 20 April 2021

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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




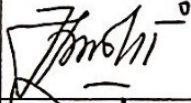


## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED POLARIZATION*) UNTUK MENGETAHUI SEBARAN SITUS PURBAKALA NGAWONGGO DI DESA TAJINAN KABUPATEN MALANG

#### SKRIPSI

Oleh:  
Ainun Najah  
NIM. 15640008

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Tanggal 31 Mei 2021

|                    |   |   |
|--------------------|---|---|
| Penguji Utama      | : <u>Irjan, M.Si.</u><br>NIP. 19691231 200604 1 003           |  |
| Ketua Penguji      | : <u>Ahmad Lutfin, M.Si</u><br>NIP. 19860504 201903 1 009     |  |
| Sekretaris Penguji | : <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u><br>NIP. 19650504 199003 1 003 |  |
| Anggota Penguji    | : <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u><br>NIP. 19761003 200312 1 004    |  |

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika



## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ainun Najah

NIM : 15640008

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Data Geolistrik Metode IP (*Induced Polarization*)  
Untuk Mengetahui Sebaran Situs Purbakala Ngawonggo di  
Desa 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 penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan serta menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Malang, 25 Mei 2021  
Yang membuat pernyataan



Ainun Najjah  
NIM. 15640008

## MOTTO

**Hidupkanlah dalam hatimu**

**Sebuah proses adalah jalan menuju sebuah hal yang kamu raih**

**Hidupkanlah dalam pikiranmu**

**Bahwa proses adalah suatu hal yang harus lebih kamu hargai**

**Hidupkanlah dalam tindakanmu**

**Bahwa kamu berhak untuk berproses menjadi lebih baik lagi**

**Hidup itu sederhana. Goreng, Angkat, Lalu Tiriskan**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini ku persembahkan kepada :

Skripsi ini adalah bagian dari ibadahku kepada Allah SWT, karena kepadaNya kami menyembah dan mohon pertolongan. Sekaligus sebagai ungkapan terima kasihku kepada Kedua orang tua tercinta Bapak dan Mamak di Lampung yang selalu memberikan doa, semangat serta motivasi kepadaku sehingga dapat terselesaikan tugas akhir ini. Terimakasih sudah mengajarkanku mencari arti kehidupan sesungguhnya di tanah perantauan. Doa-doa yang kalian sampaikan ini kepada Allah tentangku terjawablah sudah.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat yang begitu luasnya kepada kami, sehingga sampai saat ini penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Data Geolistrik Metode IP (*Induced Polarization*) Untuk Mengetahui Sebaran Situs Purbakala Ngawonggo Di Desa Tajinan, Kabupaten Malang”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Baginda nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang penuh dengan pencerahan seperti saat ini.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. 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.
4. Ahmad Abtokhi, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing integrasi.
5. Rusli, M.Si selaku Dosen pembimbing dalam penelitian ini.
6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin jurusan fisika yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan
7. Orangtua dan keluarga yang tak lelah mendukung dan memberikan do'a hingga saat ini.

8. Muhamad Hamdani, Qolby, kharisma, evi selaku teman sekaligus pembimbing di lapangan dengan sabar dan teliti dalam membimbing serta memberi arahan dalam penulisan proposal skripsi ini dengan baik.
9. Shoviyyah, Dewinta, Azim, Madinatul selaku teman yang senantiasa membantu dan memberi dukungan atas penulisan proposal skripsi ini dengan baik.
10. Teman-Teman Geofisika dan Fisika semua angkatan yang selalu membantu dan menjadi penyemangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
11. Terima kasih untuk orang-orang yang pernah menyakiti, tanpa mereka mungkin penulis tidak akan menjadi orang yang sekuat ini, tanpa mereka mungkin penulis tidak akan pernah tau rasanya bangkit setelah jatuh.
12. Ahmad Maulana Fajri, Farhan Jawas, Fenly Christovel, Fikih Aulia, Gilang Dika, Ricky Zakno, Shandy Maulana, Zweitson, Terima kasih telah datang ke dalam hidupku, Terima kasih telah membuatku tersenyum seperti orang gila, Terima kasih telah membuatku bahagia di masa-masa sulit, Terima kasih telah hadir dan menjadi penyemangat di hari-hari yang sangat penat dalam penulisan skripsi ini hingga selesai.
13. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan skripsi ini.
14. Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.

Tak ada kata lain yang dapat penulis ucapkan kecuali rasa syukur dan terimakasih, semoga amal baik Penulisan skripsi ini masih jauh dari kata

sempurna, sehingga kami meminta maaf atas segala kekurangan dalam proposal ini. Kami mohon masukan dan kritikan supaya dapat mengevaluasi dan memperbaiki agar lebih baik. Akhir kata, penulis sangat berharap semoga proposal penelitian skripsi ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

Malang, 20 Oktober 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                                | ii   |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....                          | iii  |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                           | iv   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....          | v    |
| <b>MOTTO</b> .....  | vi   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                          | vii  |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                               | ix   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                   | xii  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                | xiii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                 | xiv  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                              | xv   |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                      | xvi  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                  |      |
| 1.1. Latar Belakang .....                                 | 1    |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                                | 4    |
| 1.3. Tujuan Penelitian .....                              | 4    |
| 1.4. Batasan Masalah .....                                | 4    |
| 1.5. Manfaat Penelitian .....                             | 5    |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                            |      |
| 2.1. Kondisi Geologi Kabupaten Malang .....               | 6    |
| 2.2. Deskripsi Situs Purbakala Ngawonggo .....            | 8    |
| 2.2.1 Lokasi Penelitian .....                             | 11   |
| 2.2.2 Tinjauan Geologi Patirtaan Nawonggo .....           | 11   |
| 2.2.3 Riwayat Penelitian Patirtaan Ngawonggo .....        | 12   |
| 2.2.4 Deskripsi Bangunan Patirtaan Ngawonggo .....        | 12   |
| 2.3. Geolistrik .....                                     | 14   |
| 2.4. Sifat Listrik Dalam Batuan .....                     | 16   |
| 2.5. Metode <i>Induced Polarization</i> (IP) .....        | 18   |
| 2.5.1. Sumber Penyebab Fenomena IP .....                  | 19   |
| 2.5.2. Pengukuran Fenomena IP .....                       | 19   |
| 2.5.3. Frequency Domain .....                             | 23   |
| 2.5.4. Mineral-mineral Yang Menimbulkan Fenomena IP ..... | 24   |
| 2.5.5. Konfigurasi Dipole-dipole .....                    | 24   |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>                          |      |
| 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....                    | 27   |
| 3.2. Alat Penelitian .....                                | 27   |
| 3.3. Desain Akuisi .....                                  | 28   |
| 3.4. Prosedur Penelitian .....                            | 28   |
| 3.4.1 Studi Awal .....                                    | 29   |
| 3.4.2 Tahap Perencanaan Lokasi Penelitian .....           | 29   |
| 3.4.3 Tahap Akuisi Data .....                             | 29   |
| 3.4.4 Pengolahan Data .....                               | 30   |
| 3.4.5 Analisis Data .....                                 | 30   |
| 3.4.6 Interpretasi Data .....                             | 30   |

|  |    |
|--|----|
| 3.5 Diagram Alir .....                                     | 31 |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                         |    |
| 4.1. Analisis Data .....                                   | 32 |
| 4.2. Interpretasi Data .....                               | 33 |
| 4.3.1. Lintasan 1 .....                                    | 34 |
| 4.3.2. Lintasan 2 .....                                    | 35 |
| 4.3.3. Lintasan 3 .....                                    | 37 |
| 4.3.4. Lintasan 4 .....                                    | 38 |
| 4.5. Pembahasan.....                                       | 39 |
| 4.6. Integrasi Ayat Al-quran Tentang Situs Arkeologi ..... | 42 |
| <b>BAB V PENUTUP</b>                                       |    |
| 5.1 Kesimpulan .....                                       | 45 |
| 5.2 Saran .....  | 45 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                      |    |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Peta Geologi Kabupaten Malang.....         | 8  |
| Gambar 2.2 Peta Lokasi Ngawonggo.....                 | 11 |
| Gambar 2.3.Efek Polaritas Terimbas .....              | 19 |
| Gambar 2.4 Konfigurasi Dipole-Dipole.....             | 25 |
| Gambar 2.5 Titik Datum Konfigurasi Dipole-dipole..... | 26 |
| Gambar 3.1 Desain Akuisi Data.....                    | 28 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....              | 31 |
| Gambar 4.1 Model penampang 2D lintasan 1.....         | 35 |
| Gambar 4.2 Model penampang 2D lintasan 2.....         | 36 |
| Gambar 4.3 Model penampang 2D lintasan 3.....         | 37 |
| Gambar 4.4 Model penampang 2D lintasan 4.....         | 38 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Nilai <i>Chargeability</i> Mineral dan Batuan..... | 22 |
| Tabel 4.1 Hasil interpretasi litologi pada lintasan 1.....   | 35 |
| Tabel 4.2 Hasil interpretasi litologi pada lintasan 2.....   | 36 |
| Tabel 4.3 Hasil interpretasi litologi pada lintasan 3.....   | 37 |
| Tabel 4.4 Hasil interpretasi litologi pada lintasan 4.....   | 38 |

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1: Hasil Akuisi Data
- Lampiran 2 : Data Elevasi
- Lampiran 3 : Dokumentasi
- Lampiran 4 : Bukti Konsultasi Skripsi

## ABSTRAK

Najah, Ainun. 2021. Analisis Data Geolistrik Metode IP (*Induced Polarization*) Untuk Mengetahui Sebaran Situs Purbakala Ngawonggo di Desa Tajinan Kabupaten Malang. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.  
Pebimbing : Drs. Abdul Basid, M.Si., Ahmad Abtokhi, M.Pd.

---

**Kata Kunci:** Geofisika; Chargeability; Konfigurasi dipole-dipole; Ngawonggo; Tajinan.

Situs Ngawonggo berupa kolam patirnaan kerajaan pada abad 10 Masehi ditemukan di Dusun Nanasan Desa Ngawonggo Kecamatan Tajinan Kabupaten Malang. Situs tersebut belum diekskavasi secara menyeluruh oleh Badan Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Jawa Timur. Pendugaan adanya patirnaan situs ngawonggo yang masih terpendam perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pemetaan dan persebaran dari situs tersebut. Metode geolistrik *Induced Polarization* 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 dengan ketebalan  $\pm 2\text{m} - 4\text{m}$  yang berada pada permukaan tanah hingga kedalaman  $\pm 2\text{m}$  dibawah permukaan tanah. Pada lintasan kedua memiliki bentangan sepanjang 64 meter dengan ketebalan  $\pm 1\text{m} - 4\text{m}$  yang berada pada permukaan tanah. Pada lintasan tiga memiliki bentangan sepanjang 32 meter dengan ketebalan  $\pm 1\text{m} - 4\text{m}$  yang berada pada permukaan tanah. Sedangkan pada lintasan empat dengan bentangan 32 meter dengan ketebalan  $\pm 1\text{m} - 4\text{m}$  yang berada pada permukaan tanah situs.

## ABSTRACT

Najah, Ainun. 2021. Geoelectrical Data Analysis IP Method (Induced Polarization) to Determine the Distribution of Ngawonggo Archaeological Sites in Tajinan Village, Malang Regency. Thesis. Physics Major, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang.  
Supervisor : Drs. Abdul Basid, M.Si., Ahmad Abtokhi, M.Pd.

---

**Keywords:** Geophysics; Chargeability; Configuration dipole-dipole; Ngawonggo; Tajinan.

The Ngawonggo site in the form of a royal patirtaan pool in the 10th century AD was found in Nanasan Hamlet, Ngawonggo Village, Tajinan District, Malang Regency. The site has not been thoroughly excavated by the East Java Cultural Heritage Preservation Agency (BPCB). Estimation of the existence of a hidden patirtaan Ngawonggo site needs further research to determine the mapping and distribution of the site. The geoelectric method Induced Polarization of the dipole-dipole configuration is one of the appropriate geophysical methods to be used to find the presence of buried sites. The study was conducted with four scattered tracks having a space of 1 meter in each track. The first track has a stretch of 64 meters with a thickness of  $\pm 2\text{m} - 4\text{m}$  which is at ground level to a depth of  $\pm 2\text{m}$  below ground level. The second track has a stretch of 64 meters with a thickness of  $\pm 1\text{m} - 4\text{m}$  which is on the ground. The third track has a length of 32 meters with a thickness of  $\pm 1\text{m} - 4\text{m}$  which is on the ground. While on track four with a stretch of 32 meters with a thickness of  $\pm 1\text{m} - 4\text{m}$  which is on the ground surface of the site.

## مستخلص البحث

نجاح، عين. ٢٠٢١. تحليل بيانات الجيوكهربائية بطريقة الاستقطاب المستحث لمعرفة توزيع الموقع الأثري نجاونجكو *Ngawonggo* في تاجينان مالانج. رسالة الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج.

المشرف: الدكتور عبد البسيس، الماجستير، وأحمد أبطخي، الماجستير

**الكلمات المفتاحية:** الجيوفيزياء، قابلية الشحن، ثنائي القطب، نجاونجكو *Ngawonggo*، تاجينان

تم العثور على موقع نجاونجكو *Ngawonggo* على شكل بركة باتيرتان الملكية في القرن العاشر الميلادي في ناناسان قرية نجاونجكو *Ngawonggo* تاجينان مالانج. لم يتم حفر الموقع بشكل كامل من قبل وكالة الحفاظ على التراث الثقافي في جاوة الشرقية. من الضروري إجراء مزيد من البحث لتحديد رسم الخرائط وتوزيع الموقع لتقدير وجود موقع نجاونجكو *Ngawonggo* المخفي. طريقة الجيوكهربائية بالاستقطاب المستحث للتكوين ثنائي القطب هو أحد الطرق الجيوفيزيائية المناسبة لاستخدامها في العثور على المواقع المدفونة. تم إجراء البحث بأربعة مسارات متناثرة بمساحة متر واحد في كل مسار. يمتد المسار الأول على امتداد ٦٤ متراً بسمك أكثر أو أقل من ٢ متر - ٤ متر وهو على مستوى الأرض إلى عمق أكثر أو أقل من ٢ متر تحت مستوى سطح الأرض. المسار الثاني يمتد ٦٤ متراً بسمك أكثر أو أقل من ١ متر - ٤ متر على الأرض. المسار الثالث يبلغ طوله ٣٢ متراً بسمك أكثر أو أقل من ١ متر - ٤ متر وهو على الأرض. أثناء السير على المسار الرابع بامتداد ٣٢ متراً بسمك أكثر أو أقل من ١ متر - ٤ متر على سطح الأرض للموقع.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Negara Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki banyak warisan budaya nasional, dan kaya akan benda-benda purbakala, Indonesia juga merupakan negara dengan sejarah peradaban kerajaan yang besar. Indonesia sudah terkenal sejak zaman dahulu dengan kerajaan-kerajaannya yang besar. Hal tersebut terbukti dengan banyaknya peninggalan-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.

Daerah Malang merupakan salah satu daerah yang terkenal sebagai daerah yang memiliki banyak peninggalan bersejarah, terbukti dengan adanya Kerajaan Singosari. Hampir sebagian besar wilayah Malang mulai dari Lawang sampai Malang Selatan banyak situs peninggalan bersejarah seperti candi maupun patirtaan. Salah satunya adalah Patirtaan Situs Ngawonggo. 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 wurandungan tertulis rabu wage 7 November 944 Masehi pada masa kerajaan Medang pemerintahan Mpu Sindok. Prasasti tersebut tertulis kata *kaswangga* diartikan sebagai desa yang menjadi sarana kedewaguruan pada masa itu. (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 barang-barang kuno. Letak situs yang dekat dengan sungai dan didukung adanya temuan pahatan arca dewa Shiwa, Wishnu, Ganesha dan beberapa simbol suci lainnya, 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 4x5 meter dan 5x6 meter. Apabila diukur secara keseluruhan berdasarkan eskavasi awal oleh Tim BPCB (Badan Pelestarian Cagar Budaya) luasan situs sekitar 60x100 meter dengan praduga masih ada situs lain yang masih tertimbun.

Situs purbakala Ngawonggo diyakini sebagai kolam pemandian pada zaman kerajaan. Situs ini terdiri dari empat titik yang berdinding Sembilan arca, terdiri dari arca Ganesha, Shiwa, dan Wishnu. Sementara situs lainnya berdinding datar dengan sejumlah ukiran. Situs ini berada di luas tanah 375,628 Ha dengan ketinggian rata-rata 700-800 m diperkirakan ada tiga blok atau kolam pemandian yang saling berhubungan. Setiap pemandian memiliki pancuran masing-masing. Situs Ngawonggo disebut sebagai sebuah desa kuno yang namanya tertulis di Prasasti Wurandugan, prasasti itu disebut lima kayangan yang menjadi kadewaguruan, lima prasasti itu posisinya menyebar. Pada posisi paling barat ada

di Desa Ngabab berdasarkan prasasti Selabradja dan pada posisi sebelah timur ada di Kaswangga.

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. Fenomena alam tersebut perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut untuk mengetahui persebaran situs arkeolog. Salah satu instrument yang dapat digunakan untuk mengetahui hal tersebut ialah menggunakan metode geolistrik salah satunya adalah metode polarisasi terimbas atau *Induced Polarization* (IP). Sebagaimana firman Allah SWT dalam surat ar-Rohman ayat (55):33

يُمَعَّرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِنِ اسْتَنْطَعْتُمْ أَن تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمٰوٰتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطٰنٍ

Artinya : “*Hai jama’ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintas) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.*” (Q.S.Arrahman [55]:33).

سلطان Bermakna “*Dengan kekuatan*”, maksudnya dengan perintah Allah SWT. Kekuatan yang dimaksud pada ayat tersebut adalah kekuatan pikiran atau ilmu pengetahuan. Dengan pengetahuan yang cukup maka dapat memahami apa yang tersimpan di bumi. Dalam bidang geofisika untuk melakukan eksplorasi perlu menggunakan metode geolistrik (Nurisyadzatul, 2016).

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi, aliran arus listrik yang mengalir dalam tanah dan garam yang tergantung dalam batuan serta adanya mineral logam maupun panas yang tinggi. Metode polarisasi terimbas adalah salah satu metode geofisika yang relatif baru dibandingkan dengan metode

geolistrik lainnya. Sesuai dengan namanya metode IP mengukur adanya polarisasi di dalam medium karena pengaruh arus listrik yang melewatinya dan polarisasi banyak yang terjadi pada medium yang mengandung mineral logam. Sehingga metode ini lebih banyak dipakai untuk eksplorasi logam dan kadang-kadang dilakukan untuk penyelidikan air tanah. Metode geolistrik sebelumnya telah dilakukan oleh (Aunur Rozaq, 2013) untuk mengidentifikasi kedalaman dan struktur lapisan bawah tanah candi jajaghu. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwasanya struktur bawah permukaan di dominasi oleh lapisan tanah lanauan bercampur pasirian.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana persebaran situs purba (batuan candi) pada Situs Ngawonggo?
2. Bagaimana litologi bawah permukaan pada area penelitian.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui persebaran situs purba (batuan candi) pada Situs Ngawonggo menggunakan metode IP (*Induced Polarization*).
2. Untuk mengetahui litologi bawah permukaan pada area penelitian Candi Situs Nawonggo.

### **1.4. Batasan Masalah**

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *Induced Polarization* (IP) konfigurasi dipole-dipole.
2. Penelitian dilakukan di Situs Ngawonggo Kecamatan Tajinan Kabupaten Malang.

3. Interpretasi dibantu dengan software Res2dinv.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi terkait keberadaan situs purba pada Situs Ngawonggo sebagai upaya untuk ikut serta melestarikan warisan budaya nusantara yang selanjutnya dapat dijadikan sebagai objek wisata budaya.
2. Meningkatkan pengetahuan dan pemahaman mengenai penerapan metode *Induced Polarization* (IP) untuk keberadaan situs arkeolog yang masih terpendam pada daerah penelitian.
3. Sebagai sumber informasi untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kondisi Geologi Kabupaten Malang**

Kondisi geologi daerah 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 di daerah Kabupaten Malang adalah 334.787 Ha, terdiri dari 33 Kecamatan yang tersebar pada wilayah perkotaan dan pedesaan. Daerah Kabupaten Malang terletak antara 0 - 2000 mdpl. Wilayah dataran 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.

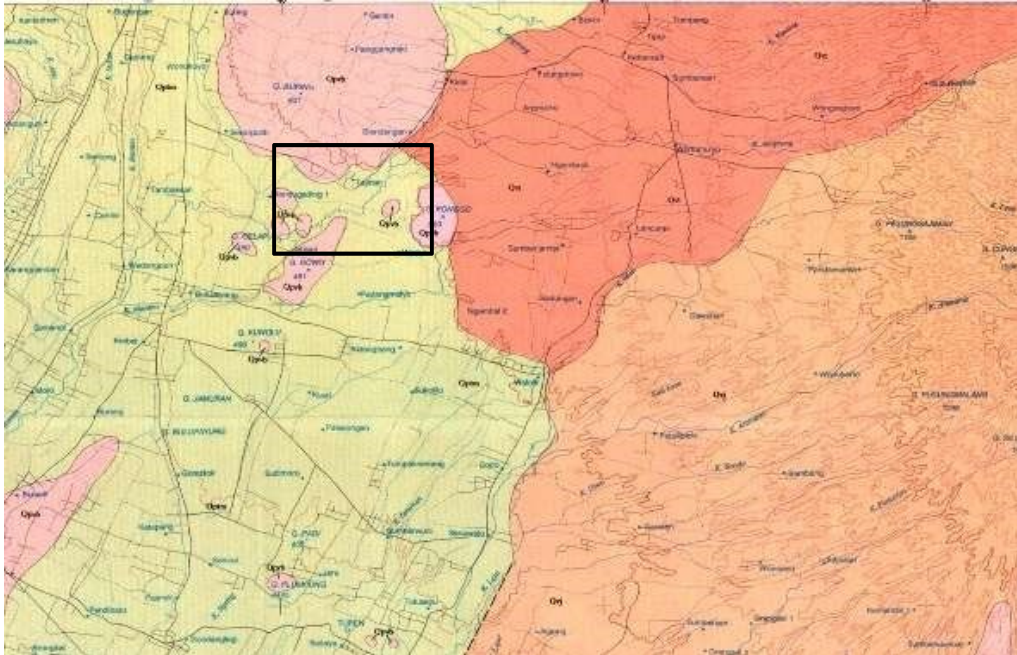
Secara administrasi batas-batas wilayah Kabupaten Malang di sebelah utara terdapat Kabupaten Jombang, Mojokerto, dan Pasuruan, sebelah timur terdapat Kabupaten Probolinggo dan Lumajang, sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Indonesia, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Blitar dan Kediri. Kabupaten Malang berada di daerah pegunungan dengan kondisi topografi yang 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 %.
2. Kecamatan Lawang, Singosari, Dau, Karangploso, Pakis, Sumberpucung, Kromengan, Dampit, Pagak, Bantur, Ngajum, Gedangan, Kalipare dan Donomulyo, dengan luas 119030.80 Ha (35.56 %) dari luas Kabupaten Malang seluruhnya, merupakan wilayah dengan kemiringan 2 – 15 %.
3. Kecamatan Wagir, Sumbermanjing Wetan dan Wonosari, dengan luas 73110.72 Ha (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 >40 % 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 termasuk daerah pakis.



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

## 2.2. Deskripsi Situs Purbakala Ngawonggo



Gambar 2.2 Singkapan Situs Partirtaan Ngawonggo

Indonesia merupakan wilayah yang banyak menyimpan peninggalan budaya. Peninggalan-peninggalan budaya tersebut tersebar di berbagai daerah di

Indonesia. Jawa timur merupakan provinsi yang banyak menyimpan peninggalan budaya. Malang merupakan salah satu daerah yang terkenal memiliki banyak peninggalan bersejarah, terbukti dengan adanya peninggalan Kerajaan Singosari yang terletak di Kecamatan Singosari berupa candi, prasasti, dan lain sebagainya. Hampir seluruh wilayah malang mulai dari Lawang sampai malang selatan terdapat 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 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 Wurandungan 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 sekitar situs banyak ditemukan arca, relief batuan andesit patirtaan, dan barang-barang perkakas kuno lainnya. 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 surat Asy-Syu'ara [26]:149:

فَارِهِينَ َ بِيُوَ الْجُبَالِ مِّنْ وَتَنْجِتُونَ

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

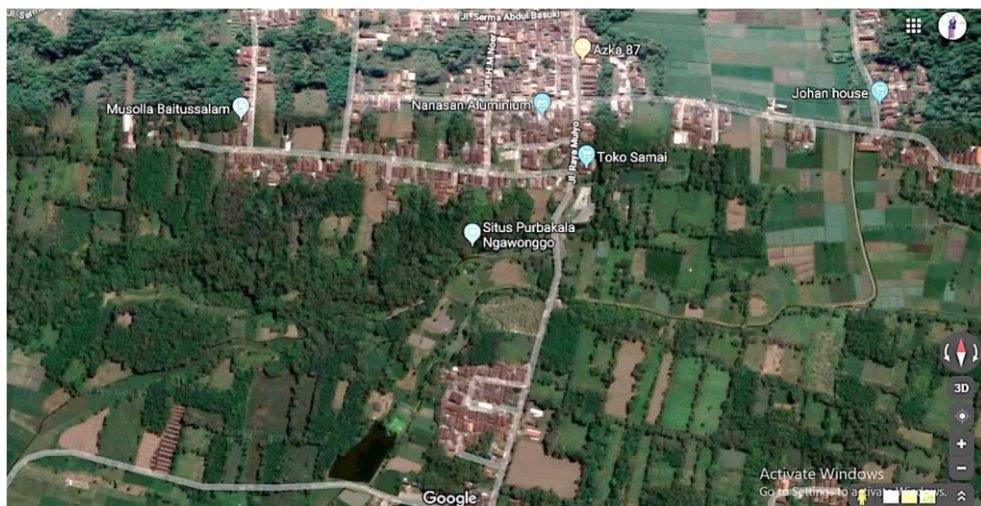
Manusia terdahulu memahat gunung untuk dijadikan rumah sehingga rumah mereka terlihat tinggi dan kokoh. *Al-jibaali buyutan* bermakna bahwa orang-orang terdahulu melubangi gunung untuk dijadikan tempat tinggal, selain itu maknanya adalah orang-orang terdahulu mendirikan bangunan di atas gunung-gunung. 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).

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 peradaban seperti lahan. Dalam kitab Manasar Silpasastra menjelaskan bahwa letak bangunan kuil harus berdekatan dengan air, karena air

memilik potensi untuk membersihkan, menyucikan dan menyuburkan. Dalam kitab tersebut disebutkan agar menghindari suatu bidang atau 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).

### 2.2.1 Lokasi Penelitian

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.



Gambar 2.3 Peta Lokasi Ngawonggo (Google Maps.com)

### 2.2.2 Tinjauan Geologi Patirtaan Nawonggo

Secara umum formasi geologi yang berkembang di wilayah desa Ngawonggo kecamatan Tajinan berasal dari bahan vulkanik hasil dari aktivitas dari Gunung Tengger dan Gunung Buring. Kecamatan Tajinan memiliki empat

formasi geologi, yakni formasi tuff malang, formasi endapan Gunung api 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**

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.

Berdasarkan ekskavasi awal yang telah dilakukan, secara keseluruhan situs yang ditemukan sampai saat ini ada 3 buah struktur kolam 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 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. 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 yang dilakukan oleh Tim BPCB Jawa Timur, patirnaan situs ngawonggo merupakan tempat pemujaan umat Agama Hindu yang menggunakan air sebagai media utamanya. Temuan patirnaan 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. Sungai Pakerisan merupakan suatu kawasan yang membentang dari arah utara ke selatan. Sungai ini 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 tinggalan 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)

Menurut konsep tirta, 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**

Metode pengamatan Geofisika pada dasarnya untuk mengamati gejala-gejala gangguan yang terjadi pada keadaan normal. Gangguan ini dapat bersifat statik atau dinamik, yaitu gangguan yang dipancarkan ke bawah permukaan bumi. Gejala gangguan yang terdapat pada keadaan normal disebut dengan anomali. 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. 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 fisika batuan berupa 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 (Verbianto, 2016).

Metode Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara pendeteksian di permukaan bumi. Diantaranya meliputi pengukuran potensial, pengukuran arus medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alami maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi. Oleh dari itu metode Geolistrik mempunyai banyak macam, termasuk di dalamnya yaitu: metode potensial Diri/*Self Potential* (SP), Metode Resistivitas/Tahanan Jenis, Arus Telluric, Magnetotelluric, Potensial Terimbas (Reynold, 1997).

Metode Geolistrik lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, karena sangat jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 atau 1500 kaki. Oleh karena itu metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang geologi teknik seperti penentuan kedalaman batuan besar, pencarian reservoir air, juga untuk eksplorasi panas bumi (geothermal).

Pada metode geolistrik polarisasi terimbas arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial. Dalam metode polarisasi terimbas ada 4 macam metode pengukuran yaitu pengukuran dalam domain waktu, domain frekuensi, pengukuran sudut fasa dan *Magnetic* dan *Induced Polarization* (MIP).

## 2.4 Sifat Listrik Dalam Batuan

Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi elektrolit, dan konduksi secara dielektrik (Telford, 1990).

### 1. Konduksi secara elektronik

Konduksi secara elektronik adalah konduksi yang terjadi pada suatu batuan atau mineral yang aliran arus listriknya dialirkan melalui electron-elektron bebas yang terdapat pada suatu batuan atau mineral. Aliran arus ini dipengaruhi oleh karakteristik batuan atau mineral yang dilewati oleh arus listrik. Persamaan konduktivitas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2.1)$$

$$\sigma = \frac{I l}{V A} \quad (2.2)$$

$$\sigma = \frac{J}{E} \quad (2.3)$$

dengan  $\bar{J}$  adalah rapat arus listrik (ampere/m<sup>2</sup>)  $\bar{E}$  adalah medan listrik (volt/m) (Verbianto, 2015).

### 2. Konduksi secara elektrolitik

Konduksi ini terjadi jika suatu batuan atau mineral memiliki banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik adalah resistivitas (tahanan jenis). Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya. Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan

resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak tergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri. Jika ditinjau silinder suatu silinder dengan Panjang  $L$ , luas penampang  $A$ , dan resistansi  $R$ , maka dapat di rumuskan:

$$S_w = \left[ \left( \frac{a}{\phi^m} \right) \times \left( \frac{R_w}{R_t} \right) \right]^{1/n} \quad (2.4)$$

Dengan  $S_w$  adalah saturasi air,  $a$  konstanta,  $\phi$  porositas batuan,  $R_w$  resistivitas formal air,  $R_t$  adalah resistivitas observasi bulk,  $m$  adalah faktor sementasi,  $n$  adalah eksponen saturasi.

### 3. Konduksi secara dielektrik

Konduksi secara dielektrik adalah konduksi yang terjadi pada batuan atau mineral yang memiliki elektron bebas sedikit atau tidak memiliki elektron bebas yang dapat memiliki sifat dielektrik terhadap aliran arus listrik. Pengaruh medan listrik dari luar inilah yang menyebabkan terjadinya polarisasi. Namun konduksi secara dielektrik ini bergantung pada kemampuan dielektrik batuan.

Menurut Telford (1990) dan Kearay (2002) menjelaskan bahwa dalam hukum Gauss parameter yang digunakan dalam konduksi secara dielektrik bergantung pada konstanta dielektrik bahan. Hubungan kuantitas magnetik terhadap satuan elektrostatik dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{D} = \varepsilon_0 \bar{E} + \bar{P} \quad (2.5)$$

$$\bar{D} = \bar{E}(\varepsilon_0 + \eta) \quad (2.6)$$

$$\bar{D} = \varepsilon \bar{E} \quad (2.7)$$

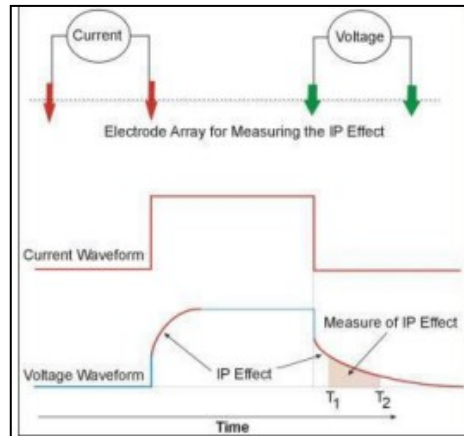
Menurut Telford *et al* (1976) secara umum berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

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

## 2.5 Metode *Induced Polarization* (IP)

Metode IP adalah mengalirkan arus listrik ke dalam bumi dan mengamati beda potensial yang terjadi setelah arus listrik dihentikan. pada saat arus diinjeksikan, ion-ion dalam pori-pori batuan akan terdistribusi dari posisi stabil. Ketika arus diputus seharusnya beda potensial langsung menjadi nol, akan tetapi pada medium-medium tertentu beda potensial tidak menjadi nol dikarenakan medium bersifat seperti kapasitor (menyimpan energi listrik). Energi listrik masih tersimpan dalam bentuk energi elektrokimia pada *fluida* elektrolit maupun mineral konduktif pada pori-pori batuan. Jadi setelah arus diputus ion-ion sebelumnya akan mengalami pengkutuban berangsur kembali ke keadaan seimbangnya, dengan kata lain masih terdapat beda tegangan yang akan meluruh terhadap waktu akan meluruh terhadap waktu sampai nilainya menjadi nol (Aryaseta dkk., 2017).

Jika Arus Listrik dihentikan, maka tegangan yang terukur seharusnya juga nil, tetapi kadang-kadang tegangan yang terukur tidak segera nol, tetapi ada selang waktu dimana tegangan akan menuju nol. efek ini disebut efek polarisasi terinduksi, dan batuanya disebut sebagai batuan polarisabel. amplitudo peluruhan tegangan akan sebanding dengan tingkat polarisabilitas dari batuan yang berada di bawah keempat elektroda (Anaperta dan Mulya, 2016)



Gambar 2.4. Efek Polaritas Terimbas (Anaperta dan Mulya, 2016).

### 2.5.1. Sumber Penyebab Fenomena IP

Ketika arus listrik diinjeksikan ke dalam lapisan batuan, arus listrik tersebut memberikan energi kepada material-material penyusun batuan yang kemudian disimpan dalam bentuk energi elektrokimia. (Hardian, 2010):

- a. Perbedaan kecepatan ion-ion yang bergerak di dalam *fluida* dari pori-pori batuan.
- b. Perbedaan nilai konduktivitas ion dan konduktivitas listrik batuan yang mengandung mineral logam.

### 2.5.2. Pengukuran Fenomena IP

Metode IP mampu mengidentifikasi mineral yang *disseminated* (tersebar) namun sulit untuk mineral yang *massive*. Hal ini disebabkan mineral yang tersebar lebih mudah terpolarisasi akibat arus yang melewatinya. Teknik pengukuran dalam metode IP terbagi menjadi dua yaitu:

#### 1. *Time Domain*

Prinsip time domain adalah dengan mengukur perbedaan respon batuan yang mengandung mineral konduktif atau tidak dengan melihat *overvoltage* (pertambahan beda potensial) pada batuan sebagai fungsi waktu akibat efek

polarisasi. Pada saat arus dimatikan, maka diukur *overvoltage* delay per waktu, sehingga akan diperoleh nilai *apparent chargeability* (Ma).

Pengukuran IP dalam *time domain* dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik dan kemudian mengukur beda potensial setelah arus dimatikan. Pengukuran nilai beda potensial dilakukan hingga tegangan mencapai nilai nol. Parameter yang diukur adalah tegangan primer ( $V_p$ ) yaitu ketika arus belum dimatikan dan tegangan sekunder ( $V_s$ ) yaitu tegangan yang terukur selama waktu peluruhan. Untuk menghitung nilai *apparent chargeability* (Ma) dilakukan dengan cara membandingkan nilai  $V_p$  dengan nilai rata-ratanya  $V_s$  yang diperoleh dengan cara mengintegrasikan  $V_s$  terhadap sampel waktu peluruhan (Bagas, 2017).

Terdapat dua sumber penyebab polarisasi pada batuan. Sumber pertama adalah *membrane polarization*. Faktor yang mengakibatkan adanya polarisasi pada *membrane polarization* adalah adanya penyempitan pori-pori pada batuan dan adanya *clay*. Penyempitan pori-pori akan menyebabkan terhambatnya ion-ion pada batuan sehingga arus akan dapat tersimpan dalam beberapa waktu tertentu. Sedangkan adanya *clay* menyebabkan terkumpulnya ion-ion positif, hal ini dikarenakan sifat *clay* yang berupa ion negatif. Sumber kedua adalah polarisasi elektroda. Polarisasi elektroda terjadi karena adanya mineral logam dalam pori-pori batuan. Hal ini akan mengakibatkan tertahannya arus listrik pada ketika melaluli pori-pori tersebut. Pada umumnya, akuifer air tanah yang mengandung *freshwater* akan menunjukkan nilai *chargeability* sebesar 0 msec. Apabila akuifer tersebut merupakan air asin umumnya akan memiliki nilai *chargeability* 0.2 msec (Bagas, 2017).

Parameter yang dihitung sebagai petunjuk adanya polarisasi dalam dominan waktu adalah:

a. Efek induksi polarisasi

Merupakan pengukuran yang paling sederhana, mengukur tegangan residual pada waktu tertentu setelah arus diputuskan. Tegangan residual pada waktu setelah arus diputuskan dalam millivolt, sedang tegangan normal dalam volt. Akibat efek induksi polarisasi sering dinyatakan dalam millivolt/volt dengan perbandingan:

$$\text{IP Effect} = \frac{V_s}{V_p} \times 100 \quad (2.8)$$

Dimana  $V_s$  adalah tegangan sekunder saat (t) setelah arus diputus dan  $V_p$  merupakan tegangan primer.

b. *Chargeability* (M)

Merupakan pengukuran yang sering dipakai dalam pengukuran induksi polarisasi dengan metode *time domain*, *chargeability* (M) didapat dalam satuan milisekon dan dinyatakan sebagai

$$M = \frac{1}{V_p} \int V_s(t) dt \quad (2.9)$$

Dimana  $V$  dan  $V(T)$  memiliki satuan yang sama yaitu dalam volt atau millivolt dan  $M$  dalam *millisecond*. *Chargeabilitas* di lapangan dapat dilakukan dengan cara membandingkan tegangan terbaca sebelum arus terputus dan tegangan stabil setelah diberi arus pada setiap titik pemasangan elektroda arus dan potensial.

$$M = \frac{V_s}{V_p} \quad (2.10)$$

Dimana  $V_s$  tegangan sisa yaitu tegangan setelah arus diputus dan  $V_p$  adalah tegangan stabil, yaitu tegangan hasil ukur setelah diberi arus.

*Chargeability* menunjukkan lama tidaknya efek polarisasi untuk menghilang sesaat setelah arus dimatikan. Sehingga jika nilai  $M_a$  besar, maka waktu *delaynya* lama. Dan jika waktu *delaynya* lama, maka dapat diasumsikan terdeteksi mineral konduktif. Secara teori, hasil pengukuran IP dalam domain waktu dan domain frekuensi menghasilkan hal yang sama. Secara praktis frekuensi konversi dalam domain waktu ke domain frekuensi cukup sulit. Gelombang kotak yang digunakan dalam domain waktu mengandung semua frekuensi dalam buku Telford (1990) dirumuskan:

$$M = \frac{FE}{(1+FE)} \quad (2.11)$$

Dimana  $FE \ll 1$ . Parameter MF juga dapat digunakan pada domain waktu yaitu:

$$\text{Metal factor (MF)} = \frac{100 M}{\rho} \quad (2.12)$$

Dengan  $M$  adalah nilai *chargeability* (msec) dan  $\rho$  nilai tahanan jenis. Perlu diperhatikan bahwa nilai MF domain waktu tidak selalu sama dengan nilai MF domain frekuensi. Parameter MF digunakan untuk mengkompensasi parameter IP terhadap harga tahanan jenisnya.

Tabel 2.1 Nilai *Chargeability* Mineral dan Batuan (Telford, 1990)

| Material               | Chargeability |
|------------------------|---------------|
| 20% sulphides          | 2000-3000     |
| 8-20% sulphides        | 1000-2000     |
| 2-8% sulphides         | 500-1000      |
| Sandstones, siltstones | 100-500       |
| Dense volcanic rocks   | 100-500       |
| Shale                  | 50-100        |
| Granite, granodiorite  | 10-50         |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| Limestone, dolomite | 10-20 |
| Ground water        | 0     |
| Alluvium            | 1-4   |
| gravels             | 3-9   |

### 2.5.3. Frequency Domain

Prinsip frekuensi domain adalah dengan mengukur respon batuan yang mengandung mineral konduktif atau tidak, yaitu dengan pemberian impedansi pada dua frekuensi yang berbeda (frekuensi rendah dan tinggi). Jika pada batuan yang terdapat mineral konduktif, maka resistivitas akan sama pada setiap frekuensi. Tetapi jika pada batuan yang mengandung mineral solatif, maka resistivitas pada frekuensi tinggi akan lebih rendah dibanding resistivitas pada frekuensi rendah. Parameter Frekuensi Domain: *Apparent Resistivity*, *Frequency Effect* (FE), *PFE (Percent Frequency Effect)*, Metal Faktor.

Terdapat dua sumber penyebab polarisasi pada batuan. Sumber pertama adalah *membrane polarization*. Faktor yang mengakibatkan adanya polarisasi pada *membrane polarization* adalah adanya penyempitan pori-pori pada batuan *clay*. Penyempitan pori-pori akan menyebabkan terbambatnya ion-ion pada batuan sehingga arus akan dapat tersimpan dalam beberapa waktu tertentu. Sedangkan adanya *clay* menyebabkan terkumpulnya ion-ion positif, hal ini dikarenakan sifat *clay* yang berupa ion negatif. Sumber kedua adalah polarisasi elektroda. Polarisasi elektroda terjadi karena adanya mineral logam dalam pori-pori batuan. Hal ini akan mengakibatkan tertahannya arus listrik ketika melalui pori-pori tersebut. Pada umumnya, akuifer air tanah yang mengandung *freshwater* akan menunjukkan nilai *chargeability* sebesar 0 msec. Apabila akuifer tersebut merupakan air asin umumnya akan memiliki nilai *chargeability* sebesar 0,2 msec.

#### **2.5.4. Mineral-mineral Yang Menimbulkan Fenomena IP**

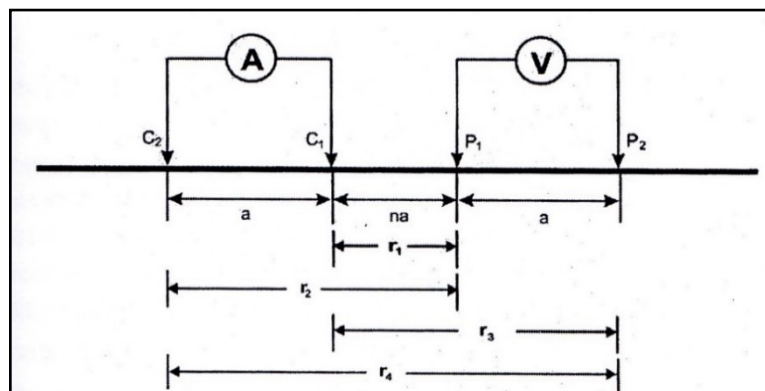
Metode IP umumnya banyak digunakan dalam eksplorasi mineral logam atau sulfida. Kandungan mineral logam dalam bumi umumnya terbentuk sebagai senyawa sulfida. Mineral logam bumi secara umum adalah dalam bentuk senyawa-senyawa, misalnya senyawa sulfida yang memiliki kontras konduktivitas yang tinggi dibandingkan dengan sekelilingnya. Senyawa ini merupakan penghantar ionik. Oleh sebab itu mineral senyawa ini mudah menimbulkan gejala IP apabila arus listrik dialirkan dalam tanah. Juga beberapa oksida serta graphite menunjukkan gejala IP. *Clay* (lempung) seperti yang telah dijelaskan, menunjukkan menimbulkan gejala IP dengan fenomena elektrokinetik. (Wijatmoko dkk, 2011).

#### **2.5.5. Konfigurasi Dipole-Dipole**

Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, salah satunya adalah konfigurasi dipole-dipole. metode ini dapat diterapkan untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan pada objek yang penetrasinya relatif lebih dalam dibandingkan dengan metode sounding lainnya seperti konfigurasi Wenner dan konfigurasi Schlumberger. metode ini sering digunakan dalam survey resistivitas karena rendahnya efek elektromagnetik yang ditimbulkan antara sirkuit arus dan potensial (Loke, 1999). Metode dipole-dipole dapat digunakan untuk memetakan bawah permukaan tanah secara dua dimensi yaitu secara lateral dan sounding secara bersamaan yakni dengan menggeser elektroda tegangan sejauh  $na$ , maka akan didapatkan data secara sounding, sedangkan untuk mendapatkan data secara lateral dengan memindahkan elektroda arus searah dengan pergerakan elektroda tegangan (Rahmah, 2009).

Menurut (Rahmah, 2009) keuntungan dan kekurangan dari menggunakan konfigurasi ini adalah :

- Kabel pendek dapat digunakan untuk menjangkau penetrasi dalam.
- Medan listrik pada elektroda tegangan dapat menjadi lemah



Gambar 2.5 Konfigurasi Dipole-Dipole (Loke, 1999)

Susunan elektroda konfigurasi dipole-dipole spasi antara dua elektroda arus dan elektroda potensial sama. Pengukuran ini dilakukan dengan memindahkan elektroda potensial pada suatu penampang dengan elektroda arus tetap, kemudian pemindahan elektroda arus pada spasi  $n$  berikutnya diikuti oleh pemindahan elektroda potensial sepanjang penampang seterusnya hingga pengukuran elektroda arus pada titik terakhir. Konfigurasi dipole-dipole memiliki penetrasi horizontal yang baik serta penetrasi vertikal yang cukup dalam pada nilai  $n$  dan spasi tertentu. (Saputro, 2010).

Secara reoritis bila arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus tersebut pada dua buah elektroda potensial, maka akan diperoleh harga tahanan jenis semu. nilai resistivitas yang diperoleh bukanlah nilai resistivitas bawah permukaan yang sebenarnya, namun merupakan resistivitas dari bumi yang dianggap homogen yang memberikan nilai-nilai resistansi yang sama untuk susunan elektroda yang sama. hubungan antara resistivitas semu dan

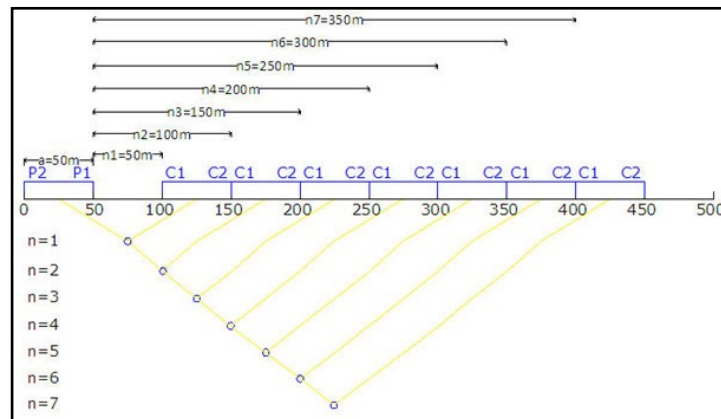
resistivitas sebenarnya sangat kompleks, sehingga untuk menentukan nilai resistivitas bawah permukaan yang sebenarnya diperlukan perhitungan secara inversi dengan menggunakan bantuan komputer (Loke, 2000).

Nilai Resisitivitas semu dari konfigurasi dipole-dipole dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Amry, 2012):

$$\rho = K \frac{V}{I} \quad (2.13)$$

$$K = \pi a n(n + 1)(n + 2) \quad (2.14)$$

Informasi kedalaman yang diperoleh di bawah permukaan tanah bergantung pada nilai  $n$  yang digunakan, karena pada prinsipnya semakin besar nilai  $n$  yang digunakan maka semakin dalam kedalaman penetrasi sampel (Suyanto dan Utomo 2013).



Gambar 2.6 Titik Datum Konfigurasi Dipol-Dipol (John M. Reynolds 1997)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2020. Tempat penelitian terletak di situs Petirtaan 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.

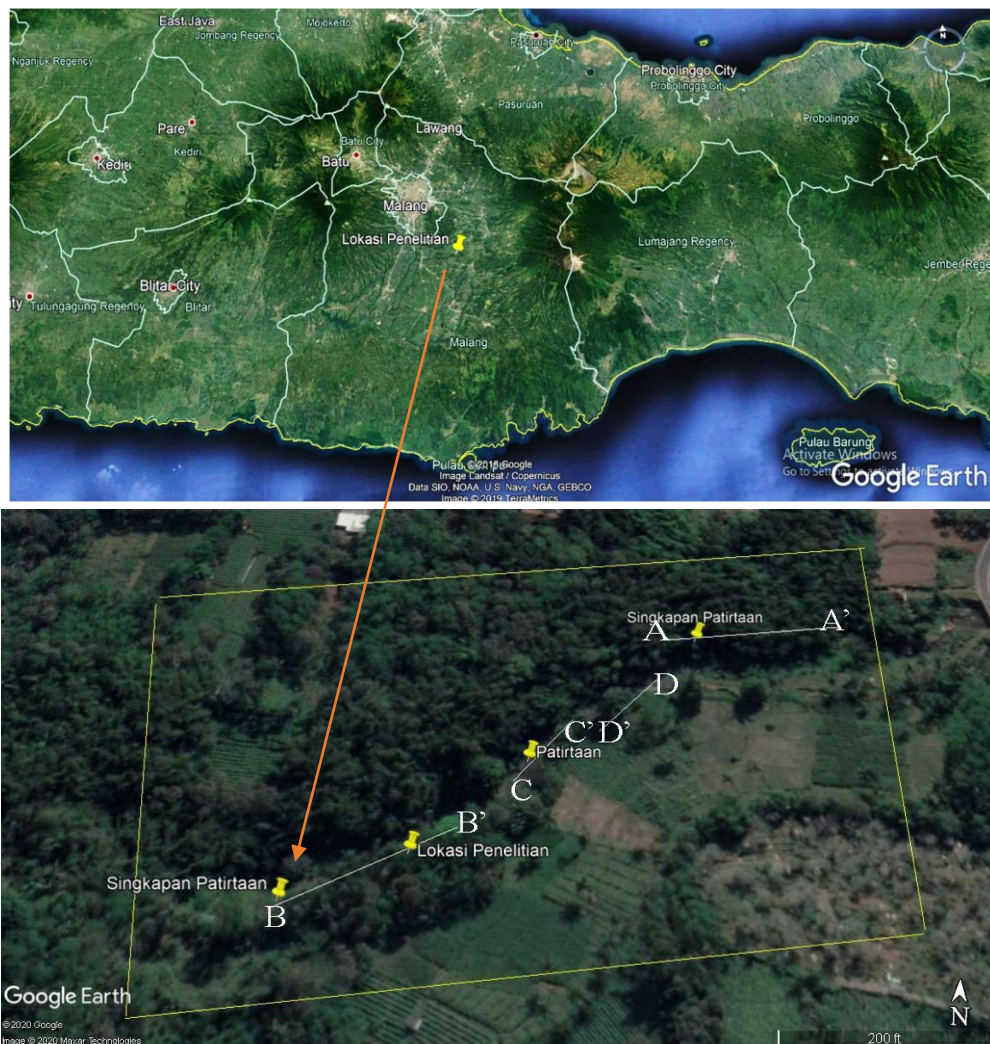
#### **3.2. Alat Penelitian**

Peralatan yang digunakan pada saat pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Supersting R8/IP
2. Switch Box (1 buah)
3. Supersting Test Box (1 buah)
4. Elektroda (64 buah)
5. Aki 12 volt (1 buah)
6. Meteran; 100 m
7. HT
8. Kabel adaptor
9. Palu Geologi
10. Kabel konektor Aki (2 buah)
11. Kabel elektroda

12. GPS
13. Konektor Supersting Switchbox/testbox
14. Kabel konektor elektroda
15. PC / Laptop

### 3.3. Desain Akuisisi



Gambar 3.1 Desain Akuisi 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.

#### **3.4.1 Studi Awal**

Studi awal merupakan studi kepuustakaan 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.

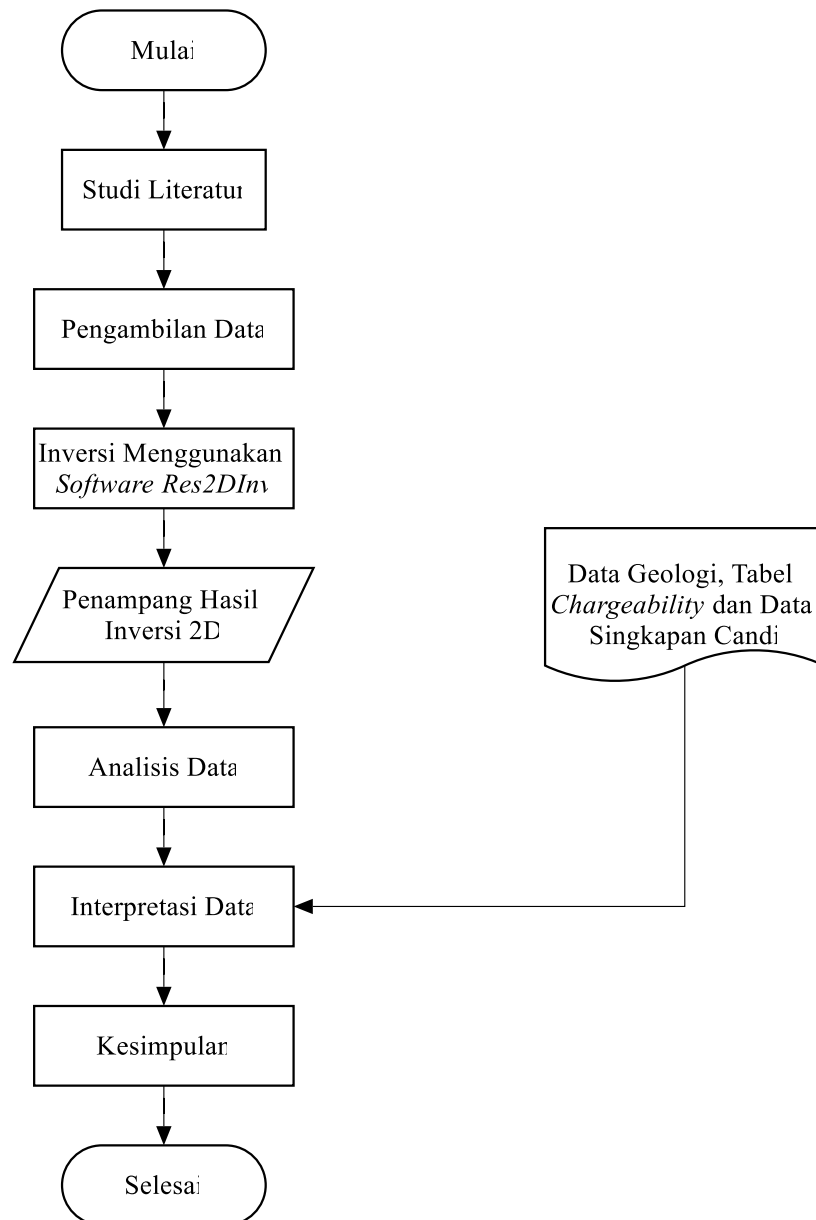
#### **3.4.5 Analisis Data**

Analisis data dilakukan dengan mengelompokkan data berdasarkan nilai *chargeability* yang didapatkan di lapangan untuk menentukan jenis batuan di bawah permukaan area penelitian. Area yang memiliki nilai *chargeability* tinggi diduga sebagai batu andesit.

#### **3.4.6 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 IP (*induced polarization*) material batuan hasil inversi pengolahan data sehingga litologi bawah permukaan akan diketahui secara detail.

### **3.5 Diagram Alir**



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Area penelitian berada di desa Ngawonggo Kecamatan Tajinan Kabupaten Malang. Akuisi data pada penelitian ini dilakukan dengan fokus pada persebaran partirtaan Ngawonggo berdasarkan nilai *Chargeability* batuan. Kemudian diperkuat dengan data pendukung keadaan di lapangan, informasi dari juru kunci situs partirtaan Ngawonggo, dokumen dari pihak BPCB dan data geologi daerah setempat.

Persebaran patirtaan situs Ngawonggo dapat diketahui menggunakan salah satu metode geofisika yaitu metode geolistrik. Alat yang digunakan adalah resistivimeter dengan data yang diolah dengan *software res2Dinv* dan diperoleh berupa penampang 2D. Berdasarkan penampang tersebut akan diketahui distribusi nilai *Chargeability* batuan bawah permukaan yang selanjutnya akan diinterpretasikan dan selanjutnya dianalisis.

#### **4.1 Analisis Data**

Penampang hasil inversi 2D dianalisis dengan mengelompokkan data berdasarkan nilai *chargeability* yang didapatkan di lapangan untuk menentukan jenis batuan di bawah permukaan area penelitian. Adapun acuan yang digunakan untuk mengelompokkan jenis batuan adalah tabel *chargeability* yang ada di bawah ini (Telford, 1990):

1. Alluvium = 1- 4 ms.
2. Sandstone = 3 – 12 ms.
3. Andesit = 100 – 300 ms.

Keberadaan batu andesit biasanya di tandai dengan adanya nilai *chargeability* yang tinggi. Satuan batuan yang dijumpai pada singkapan yang terlihat di permukaan adalah alluvium, sandstone, andesit dan terdapat batuan candi yang terlihat di beberapa titik. Kecamatan Tajinan memiliki empat formasi geologi, yakni formasi tuff Malang, formasi endapan Gunung Api Buring, formasi batuan Gunungapi Tengger di sebelah timur, dan formasi Gunungapi Quarter bagian bawah serta Gunung Anjasmoro dan Gunung Butak di bagian barat.

Analisis nilai *chargeability* digunakan untuk menentukan kelebihan jenis batuan yang ada di bawah permukaan area penelitian. Berdasarkan hasil analisis nilai *chargeability* yang telah diolah, jenis batuan dikelompokkan menjadi 3. Pertama nilai *chargeability* rendah diduga sebagai alluvium. Kedua nilai *chargeability* sedang diduga sebagai *sandstone*. Dan yang ketiga nilai *chargeability* tinggi diduga sebagai andesit.

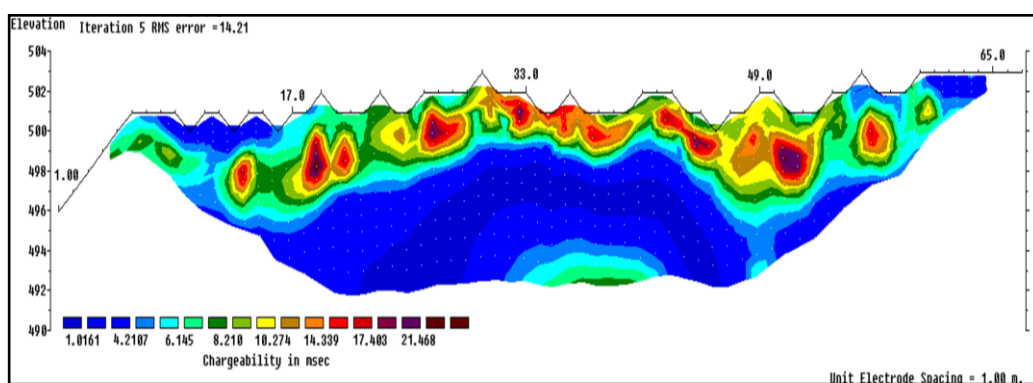
#### **4.2 Interpretasi Data**

Dalam penelitian ini, data pendukung yang digunakan dalam interpretasi adalah data geologi (peta geologi daerah penelitian) dan data nilai *chargeability* yang sudah diolah dari hasil konversi menggunakan *software* Res2dinv. 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 gunung api Tengger (Qvt; Lava andesit piroksen, basal olivine dan piroklatika jatuh), gunung Buring (Qpvb; Lava basal olivine piroksen, tuf pasir) dan gunung Ronggo (Qpvb). Kecamatan Tajinan secara umum memiliki empat formasi

geologi berupa formasi tuff 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 gunung api tengger dan gunung semeru (Qvs; Lava andesit sampai basal, klastika gunungapi dan lahar) di sebelah timur, formasi gunung api quarter (Qpv; breksi gunungapi, tuf, lava, aglomerat dan lahar, merupakan asosiasi dari gunung kawibutak, ronggo, tengger dan buring) di bagian selatan barat.

#### 4.3.1 Lintasan 1

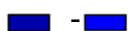

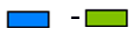

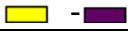

Lintasan 1 berada pada koordinat  $08^{\circ}04'46.1''$  LS -  $112^{\circ}42'16.8''$ BT sampai  $08^{\circ}04'45.9''$  LS -  $112^{\circ}42'18.9''$ BT. dengan Panjang lintasan 64 meter. Pada Lintasan satu terdapat singkapan dari situs petirtaan sepanjang  $\pm 8$  meter yang berada di antara elektroda 30 meter hingga 38 meter dengan keadaan situs memiliki relief namun tidak terlihat jelas. Setelah diolah dengan *software* Re2Dinv, diperoleh nilai chargeability bawah permukaan antara 1,0161 sampai 21,468 msec. Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini sebanyak 5 kali dengan *MS error* 14.21%.



Gambar 4.1 Model Penampang 2D Lintasan 1

Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan yaitu:

Table 4.1 Hasil Interpretasi Litologi Pada Lintasan 1

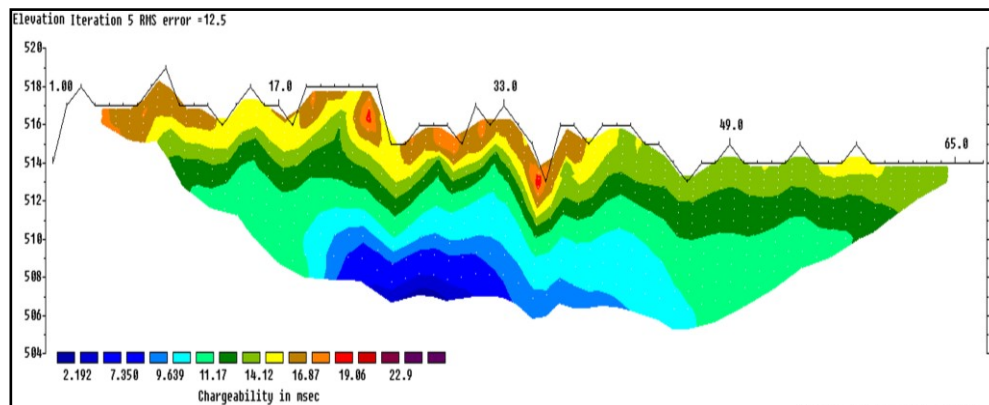
| NO | Skala Warna   | Nilai <i>chargeability</i> (ms) | Jenis batuan/ material |
|----|---|---------------------------------|------------------------|
| 1  |  -  | 1.0161 – 4.2107                 | Alluvium               |
| 2  |  -  | 4.2107 – 8.210                  | Sandstone              |
| 3  |  -  | 8.210 – 21.468                  | Andesit                |

Pada lintasan pertama memiliki berbagai macam jenis batuan atau mineral, hal ini dapat dilihat dari citra warna pada penampang 2D sehingga adanya pendugaan sebaran situs ditunjukkan dari warna kuning hingga ungu tua dengan nilai *chargeability* 8.210 – 21.468 yang berupa batu Andesit dengan ketebalan  $\pm$  2m – 4m yang berada pada permukaan tanah hingga kedalaman  $\pm$  2m dibawah permukaan tanah. Litologi bawah permukaan pada lintasan 1 terdiri dari 3 jenis batuan berdasarkan nilai *chargeability*. Pertama yaitu Alluvium, dengan nilai *chargeability* 1.0161 – 4.2107 msec. Kedua yaitu Sandstone dengan nilai *chargeability* 4.2107 – 8.210 msec. Ketiga yaitu Andesit dengan nilai *chargeability* 8.210 – 21.468 msec.

#### 4.3.2 Lintasan 2

Lintasan 2 berada pada arah barat daya situs utama dengan panjang lintasan 64 meter pada koordinat 08°04'49.0" LS - 112°42'14.4"BT sampai 08°04'49.8" LS - 112°42'12.7" BT. Lintasan ke 2 melintasi singkapan situs yang diketahui sebagai kolam ke empat, kolam ke lima, dan kolam ke enam. Letak dari singkapan situs pada lintasan ke 2 berbatasan langsung dengan tebing dari sungai manten dengan kondisi situs sudah banyak yang rusak. Setelah diolah dengan *software* Re2Dinv, diperoleh nilai *chargeability* bawah



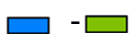
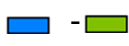


permukaan antara 2,192 msec sampai 22,9 msec. diperoleh Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini sebanyak 5 kali dengan *MS error* 12,5 %.



Gambar 4.2 Model Penampang 2D Lintasan 2.

Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan yaitu:

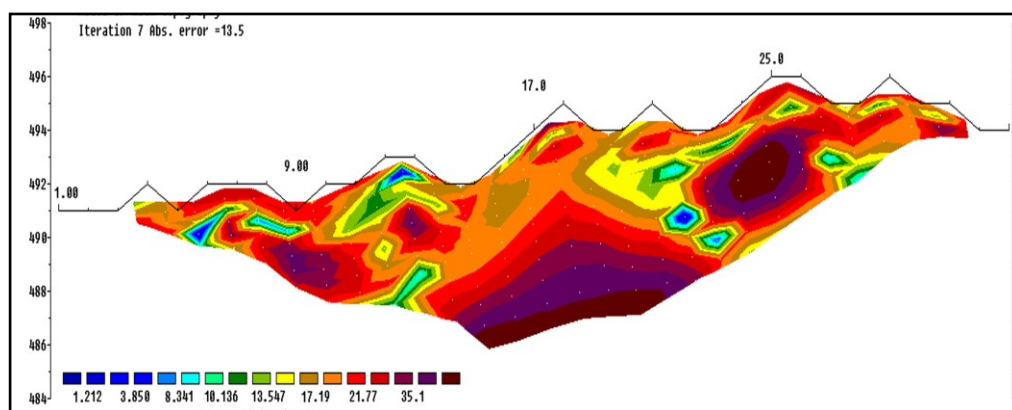
Tabel 4.2 Hasil Interpretasi Llitologi Pada Lintasan 2

| NO | Skala Warna   | Nilai chargeability (ms) | Jenis batuan/ material |
|----|---|--------------------------|------------------------|
| 1  |  -  | 2.192 – 7.350            | Alluvium               |
| 2  |  -  | 7.350 – 14.12            | Sandstone              |
| 3  |  -  | 14.12 – 22.9             | Andesit                |

Pada lintasan kedua memiliki berbagai macam jenis batuan atau mineral, hal ini dapat dilihat dari citra warna pada penampang 2D sehingga adanya pendugaan sebaran situs ditunjukkan dari warna kuning hingga ungu tua dengan nilai *chargeability* 14.12 – 22.9 yang berupa batu Andesit dengan ketebalan  $\pm 1\text{m} - 4\text{m}$  yang berada pada permukaan tanah. Litologi bawah permukaan pada lintasan 1 terdiri dari 3 jenis batuan berdasarkan nilai chargeabilitynya. Pertama yaitu Alluvium, dengan nilai *chargeability* 2.192 – 7.350 msec. Kedua yaitu Sandstone dengan nilai *chargeability* 7.350 – 14.12 msec. Ketiga yaitu Andesit dengan nilai *chargeability* 14.12 – 22.9 msec.

### 4.3.3 Lintasan 3







Lintasan berada pada koordinat  $08^{\circ}04'81.5''$  LS -  $112^{\circ}42'24.7''$  BT sampai  $08^{\circ}04'79.5''$  LS -  $112^{\circ}42'25.8''$  BT. Lintasan 3 memiliki Panjang lintasan 32 meter. Lintasan ke 3 melintasi singkapan situs yang diketahui sebagai kolam ke satu dan kolam ke dua yang berada pada sisi timur setelah lintasan 2 yang diambil secara terpisah. Setelah di olah dengan *software Res2Dinv*, diperoleh nilai *chargeability* bawah permukaan antara 1.212 sampai 35.1 msec. Jumlah iterasi yang di gunakan pada lintasan ini sebanyak 7 kali dengan *MS error* 13,5 %.



Gambar 4.3 Model Penampang 2D Lintasan 3.

Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan yaitu:

Tabel 4.3 Hasil Linterpretasi Litologi Pada Lintasan 3

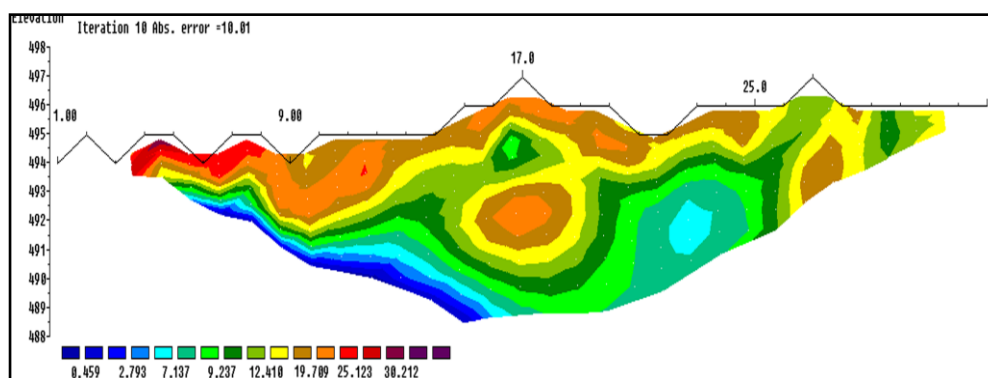
| No | Skala Warna   | Nilai Chargeability (Ms) | Jenis Batuan/ Material |
|----|---|--------------------------|------------------------|
| 1  |  -  | 1.212 – 3.850            | Alluvium               |
| 2  |  -  | 3.850 – 13.547           | Sandstone              |
| 3  |  -  | 13.547 – 35.1            | Andesit                |

Pada lintasan ketiga memiliki berbagai macam jenis batuan atau mineral, hal ini dapat dilihat dari citra warna pada penampang 2D sehingga adanya pendugaan sebaran situs ditunjukkan dari warna kuning hingga ungu tua. Litologi

bawah permukaan pada lintasan 3 terdiri dari 3 jenis batuan berdasarkan nilai *chargeability*. Pertama yaitu Alluvium, dengan nilai *chargeability* 1.212 – 3.850 msec. Kedua yaitu Sandstone dengan nilai *chargeability* 3.850 – 13.547 msec. Ketiga yaitu Andesit dengan nilai *chargeability* 13.547 – 35.1 msec.

#### 4.3.4 Lintasan 4

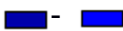
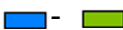

Lintasan 4 berada pada koordinat 08°04'80.1" LS - 112°42'26.0" BT sampai 08°04'81.7" LS - 112°42'25.6" BT. Lintasan 4 memiliki Panjang lintasan 32 meter. Lintasan 4 berada di arah selatan situs utama dengan posisi dataran lebih tinggi dari lokasi situs yang ditemukan yakni berada di daerah perkebunan warga. Setelah di olah dengan *software* Res2Dinv, diperoleh nilai *chargeability* bawah permukaan antara 0.459 msec sampai 30.212 msec. jumlah iterasi yang di gunakan pada lintasan ini sebanyak 10 kali dengan *MS* error 10,01 %.



Gambar4.4 Model Penampang 2D Lintasan 4.

Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan yaitu:

Tabel 4.4 Hasil Interpretasi Litologi Pada Lintasan 4

| NO | Skala Warna   | Nilai <i>chargeability</i> (ms) | Jenis batuan/ material |
|----|---|---------------------------------|------------------------|
| 1  |  | 0.459 – 2.793                   | Alluvium               |
| 2  |  | 2.793 – 12.410                  | Sandstone              |
| 3  |  | 12.410 – 30.212                 | Andesit                |

Pada lintasan keempat memiliki berbagai macam jenis batuan atau mineral, hal ini dapat dilihat dari citra warna pada penampang 2D sehingga adanya pendugaan sebaran situs ditunjukkan dari warna kuning hingga ungu tua dengan nilai *chargeability* 12.410 – 30.212 yang berupa batu Andesit dengan ketebalan  $\pm 1\text{m} - 4\text{m}$  yang berada pada permukaan tanah.. Litologi bawah permukaan pada lintasan 4 terdiri dari 3 jenis batuan berdasarkan nilai *chargeability*-nya. Pertama yaitu Alluvium, dengan nilai *chargeability*-nya 0.459 – 2.793 msec. Kedua yaitu Sandstone dengan nilai *chargeability* 2.793 – 12.410 msec ditunjukkan dengan warna biru muda hingga hijau muda. Ketiga yaitu Andesit dengan nilai *chargeability* 12.410 – 30.212 msec.

#### **4.5 Pembahasan**

Batuan merupakan material bawah permukaan yang dapat memiliki kemampuan dalam menghantarkan arus listrik dan memiliki nilai *Chargeability* tertentu pada masing-masing batuan. Batuan yang sama belum tentu memiliki nilai *Chargeability* yang sama begitu juga sebaliknya. Hal tersebut terjadi karena setiap material memiliki nilai rentang *Chargeability* yang dapat saling *overlap*. Oleh karena itu perlu dilakukan korelasi antara kondisi geologi daerah dan kondisi lapangan dengan hasil pengukuran.

Berdasarkan hasil interpretasi dari keempat lintasan yang kemudian dikorelasikan dengan data geologi dan data pencatatan situs yang dilakukan oleh tim BPCB dapat diketahui bahwa bahan dasar situs patirtaan merupakan batuan beku yang berupa batu andesit dengan nilai *Chargeability* tinggi yaitu sebesar 8.210 sampai 22.9 msec pada ketebalan  $\pm 1\text{m} - 4\text{m}$  yang berada pada permukaan hingga pada kedalaman 2m. Keberadaan batuan beku yang berupa batu andesit

ditandai dengan nilai *Chargeability* tinggi dan juga ditandai dengan respon nilai Resistivitas yang tinggi.

Singkapan batuan candi terdapat pada seluruh lintasan dimana ditandai dengan nilai *Chargeability* tinggi dan juga ditandai dengan respon nilai Resistivitas. Singkapan tersebut memiliki ketebalan  $\pm 1 - 2$  m. Guntara (2020) mengatakan bahwa batuan andesit sendiri digunakan sebagai petirtaan karena ciri fisiknya yang memiliki pori-pori cukup padat, kuat terhadap cuaca, dan tahan lama. menurut warmada (2015) mengatakan Terdapat perbedaan antara batu andesit candi dan batuan andesit lapisan. Hal ini dikarenakan pembekuaan magma yang bersifat intermediet yang telah mengalami diferensiasi. Sehingga dapat berubah komposisinya dari magma induk menjada magma basalt.

Berdasarkan nilai *chargeability*, litologi bawah permukaan pada area penelitian adalah *Alluvium*, *Sandstone* dan Andesit. *Alluvium* merupakan jenis tanah liat halus yang dapat menampung air dengan nilai *chargeability* 0.459 sampai 7.350 msec. *Sandstone* merupakan jenis batuan endapan yang terdiri berbagai mineral dan pecahan batuan atau di sebut batu pasir dengan nilai *Chargeability* 2.739 sampai 14.12 msec. Andesit adalah suatu jenis batuan beku dengan nilai *Chargeability* 8.210 sampai 22.9 msec.

Situs Patirtaan Ngawonggo dinilai sangat unik karena dibangun dan diukir pada batuan tebing Sungai Manten. Situs Patirtaan Ngawonggo sendiri merupakan peninggalan Kerajaan Medang pada Pemerintahan Mpu Sindok yang bercorak tempat suci bagi umat Hindu. Menurut (Poesponegoro, 1990) menjelaskan tentang Kerajaan Medang yakni Mpu Sindok memiliki putri yang bernama Isyana Tunggawijaya yang menggantikannya tahtanya. Pada prasasti

Gedangan (950 M) Ratu Isyana menikah dengan Sri Lokapala yang merupakan bangsawan dari Bali yang dianugerahi seorang putra bernama Makutawangsawardhana. Dimana Makutawangsawardhana menjadi Raja selanjutnya. Menurut prasasti Pucangan (1041) tahta setelahnya 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. Mahendradatta 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

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 bentuk persegi, dengan aliran air mancur dari tempat yang lebih tinggi. Kolam ini diperuntukkan untuk mensucikan diri, pengobatan, menghilangkan kutukan, dan upacara adat pensucian. Halaman dalam (*jeroan*) merupakan tempat suci yang diperuntukkan bagi Dewa atau Bhatara dan Bhatari. Halaman dalam sendiri ditempatkan lebih

tinggi dari halaman tengah sehingga bentuknya berunduk dari tempat tinggi ke tempat rendah dengan 7 kolom petirtaan.

Hasil interpretasi ditemukan hanya 6 kolom. Dan apabila mengacu pada hal tersebut, kemungkinan keberadaan kolom yang tidak terjangkau terdapat pada lintasan yang dibentangkan. Hal ini dikarena kondisi tempat penelitian yang tidak memungkinkan untuk dilalui oleh alat-alat geolistrik. Akan tetapi kemungkinan pada lintasan pertama yang terletak di sisi utara Sungai Manten adalah bagian dari halaman luar (jaba pura). Sedangkan halaman tengah (jaba tengah) diduga sebagai kolam suci pada kolam pertama sampai dengan kolam keempat. Sedangkan pada kolam kelima sampai kolam keenam merupakan halaman dalam (jaba jero).

#### 4.6 Integrasi Ayat Al-Quran Tentang Situs Arkeologi

Dalam Q.S Al-Isra' [17]: 44 menegaskan struktus lapisan bumi sebagai berikut:

بِحَمْدِهِ يُسَبِّحُ إِلَّا شَيْءٌ مِّنْ وَإِنَّ فِيهِنَّ وَمَنْ وَالْأَرْضُ السَّبْعُ السَّمَوَاتُ لَهُ تُسَبِّحُ  
غَفُورًا حَلِيمًا كَانَ إِنَّهُ تُسَبِّحُهُمْ نَفَقَهُونَ لَا وَلَكِنَّ

Artinya : *“Langit yang tujuh, bumi dan semua yang ada di dalamnya bertasbih kepada Allah. Dan tidak ada sesuatu pun melainkan bertasbih dengan memuji-Nya, tetapi kamu tidak mengerti tasbih mereka. Sungguh, Dia Maha Penyantun, Maha Pengampun.”*(Q.S. al-Isra' [17]:44).

Setiap lapisan Bumi mempunyai sifat atau kandungan mineral dan batuan yang berbeda-beda dengan kedalaman lapisan dan keadaan geologi lapisan tersebut. Keadaan lapisan Bumi seringkali tampak dari warnanya, sebagai contoh tanah lempung berwarna hitam kecoklat-coklatan. Tanah berbukit yang berwarna putih biasanya banyak mengandung kapur. Untuk mengetahui batuan penyusun

yang terletak di bawah permukaan dapat dilakukan beberapa penelitian geofisika (al-Qurthubi, 2009).

سُهُولَهَا مِنْ تَتَّخِذُونَ الْأَرْضِ فِي وَبَوَّأَكُمْ عَادٍ بَعْدَ مِنْ خُلَفَاءَ جَعَلَكُمْ إِذْ وَادَّكُرُوا  
مُفْسِ الْأَرْضِ فِي تَعْنُوا وَلَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ فَادَّكُرُوا ۖ بِيُوتَا الْجِبَالِ وَتَنْحِتُونَ قُصُورًا

Artinya : “Dan ingatlah olehmu di waktu Tuhan menjadikam 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.” (Q.S. al-A'raf [7]:74)

Lafadz *tattakhizuuna min suhuulihaa qushuurow wa tan-hituunal-jibaala buyuutaa* maksudnya bahwa orang-orang terdahulu memahat batu dan melubangi gunung untuk dijadikan sebagai tempat tinggal. Maka, dapat diketahui bahwa memang benar adanya benda-benda terpendam peninggalan zaman dahulu seperti candi, an arca yang terkubur (ath-Thabari, 2008).

Lebih jauh al-Quran memaparkan tentang akhir peradaban bangsa-bangsa terdahulu. Bekas-bekas peninggalan kota-kota terdahulu bahkan masih dapat kita lihat dan temui saat ini.seperti di jelaskan pada surat al-Huud [11]:100;

Situs Ngawonggo adalah salah satu bentuk peninggalan bekas peradaban pada masa lampau yaitu masa agama Hindu yang tersebar luas di Indonesia. Bekas-bekas situs Ngawonggo terdapat petirtaan dan juga terdapat beberapa patung dewa-dewa. Situs Ngawonggo berasal dari masa Kerajaan Medang dengan Rajanya Mpu Sindok (944M). Peninggalannya sampai sekarang masih terlihat jelas Walau ada beberapa patung yang hilang, situs yang terpendam, dan petirtaan yang tidak utuh lagi (dikarenakan erosi) akan tetapi sebagian masih utuh dan terdapat corak ukiran yang jelas.

Petirtaan pada situs ini menggunakan batuan andesit dimana sifat batumannya keras dan susah untuk dibentuk. Namun, pada masanya batuan ini bisa disusun untuk membuat sebuah petirtaan dengan ukiran halus hingga 7 tirta yang berundak di sepanjang pinggiran sungai yang curam. Sungguh sebuah kehebatan mengingat petirtaan ini dibuat pada sekitar abad 10 Masehi. Sebelum ditemukan seperti sekarang petirtaan ini masih terpendam dalam lapisan-lapisan permukaan bumi. Bumi tersusun atas berbagai lapisan dengan sifat fisisnya masing-masing berupa warna, densitas, satuan penyusun dll.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pembahasan dan interpretasi bab IV dimana semua data telah dikumpulkan dari lapangan dan pemodelan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi sebaran batuan Situs Partirtaan Ngawonggo berada di titik koordinat  $112^{\circ} 17' 10,9''$  -  $112^{\circ} 57' 0,0''$  BT dan  $7^{\circ} 44' 55,11''$  -  $8^{\circ} 26' 35,45''$  LS dan menyebar keseluruh lintasan. Pada lintasan pertama ditemukan batuan situs di bawah permukaan tanah yang berada di sisi utara Sungai Manten, sedangkan pada lintasan kedua, ketiga dan keempat berada di sisi selatan Sungai Maten.
2. Litologi bawah permukaan pada area penelitian adalah *Alluvium*, *Sandstone* dan Andesit. *Alluvium* merupakan jenis tanah liat halus yang dapat menampung air dengan nilai *chargeability* 0.459 sampai 7.350 msec. Sand Stone merupakan jenis batuan endapan yang terdiri berbagai mineral dan pecahan batuan atau di sebut batu pasir dengan nilai *Chargeability* 2.739 sampai 14.12 msec. Tuff vulkanik merupakan jenis batuan yang mengandung debu vulkanik yang di keluarkan selama letusan gunung berapi Tuff Vulkanik termasuk dalam batuan beku dengan nilai *Chargeability* 8.210 sampai 22.9 msec.

#### **5.2 Saran**

Dari hasil kesimpulan yang diperoleh, maka saran yang dapat diberikan ialah Memperluas daerah penelitian hingga mencapai daerah yang banyak

ditemukan gerabah, dikarenakan lokasi penelitian masih berupa ekskavasi tahap awal dimana masih terdapat tubuh petirnaan yang terpendam. Perlunya Tindakan lanjut lanjut untuk proses ekskavasi dari pihak BPCB sebagai salah satu upaya perawatan dan penemuan situs baru.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qur'an Al karim. 1989. *Al-Quran dan Terjemahannya*. Departemen Agama RI
- Al-Quran dan Terjemah., 2008. Departemen Agama RI. Bandung. Diponegoro
- Al-Qurthubi, Syaikh Imam. 2009. *Al Jami'Li ahkam Al-Qur'an*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Amry, N. A. E. "Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole untuk Mendeteksi Mineral Mangan" (Physical Modeling). *Jurnal, Jember*, 2012.
- Anaperta, Y. M. 2016. Survey Geofisika Induksi Polarisasi (IP) Mangan di Nagari Jambak Kecamatan Lubuk Panjang Sikaping Kabupaten Pasaman. *Jurnal Teknologi informasi dan Pendidikan*. 9(3). ISSN: 2086-4981.
- Ardika, I Wayan., I Gde Parimartha., dan A.A Bagus Wirawan. 2013. *Sejarah Bali dari Prasejarah Hingga Modern*. Depasar: Udayana University Press.
- Aryaseta, B., Warnana, D. D., & Widodo, A. (2017). Aplikasi Metode Induced Polarization untuk Mengidentifikasi Akifer di Daerah Sutorejo, Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), C84-C86.
- Ath-Thabari. 2008. *Jami' Al Bayan an Ta'wil Ayi Al-Quran*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Aunur Razaq, Adi Susilo, Wasis. 2013. "Identifikasi Kedalaman Dan Struktur Lapisan Tanah Candi Jajaghu Berdasarkan Nilai Resistivitas Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole." Skripsi. Malang:FMIPA Universitas Brawijaya.
- Bagas, Warmana, Amin. 2017. *Aplikasi Sutorejo Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). VOL,6 No, 1.
- Guntara, Moh. Aditia. 2020. "Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Situs Arkeologi Petirnaan Ngawonggo Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang Menggunakan Metode Magnetik. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Google Earth, Citra Google Maps., diakses pada Selasa 12 November 2019.
- Hardian Eddy. 2010. *Pemodelan Data IP-Resistivity dan Magnetik untuk Melokalisasi Endapan Nikel Laterit di daerah "LTD" Sulawesi Tenggara*. Skripsi. Depok:FMIPA UI.
- Kearey, P., Brooks, M., dan Hill, I. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. London: Blackwell Science Ltd.

- Kramrisch, Stella. 1946. *The Hindu Temple*. Motilal Banarsidas Publ.
- Loke, M.H. 2000. "Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies". Malaysia,
- Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Edgbaston: The University Birmingham
- Nurisyadzatul, Hurun. 2016. Analisis Data Geolistrik Resistivitas Untuk Pemodelan Struktur Geologi Bawah Permukaan Gunung Lumpur Bangkalan. Skripsi. Malang: SAINTEK UIN.
- Poesponegoro, Marwati & Notosusanto, Nugroho. 1990. *Sejarah Nasional Indonesia Jilid II*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Rahmah, Siti. "Pencitraan Dua Dimensi Data Resistivity dan Induced Polarization untuk Mendelineasi Deposit Emas Sistem Epithermal di Daerah "X". Skripsi FMIPA UI, 2009.
- Reynold J.M. (1997). *An Introduction to Applied AND Environmental Geophysics*. New York: John Willey and Sons Ltd.
- Saputro Bayu, dkk. (2010). Panduan Praktikum Geolistrik. Yogyakarta: Prodi Teknik Geofisika. Fakultas Teknologi Mineral. UPN Yogyakarta.
- Sujantoro.; Kusnama.; R.Hadisantono.; R. Chaniago.; dan R.Baharudin. 1992. *Peta Geologi Lembar Turen Jawa*, skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Suyanto, Imam, and Agung Setyo Utomo. 2013. "Analisis Data Resistivitas Dipole-Dipole Untuk Identifikasi Dan Perhitungan." *Jurnal Fisika Indonesia XVII* (50): 1–7.
- Telford, W.M.; Geldart, L.P.; Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics, 2<sup>nd</sup> ed.*: Cambridge University Press.
- Tim Pelestarian Cagar Budaya Mojokerto. 2017. *Kegiatan Zonasi Pelindungan Situs Patirtaan Ngawonggo dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang*. Mojokerto: BPCB
- Vebrianto, Suhendra. 2015. *Eksplorasi Metode Geolistrik: Resistivitas, Polarisasi Terinduksi dan Potensial Diri*. Malang: UB Press
- Wijatmoko, B., S. Supriyana., dan A. Harja. 2011. *Aplikasi Metode TDIP (Time Domain Induced Polarization) Untuk Pendugaan Cebakan Mineral Logam Di Daerah Kampar Propinsi Riau*. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi – IV. Bandung: FMIPA Universitas Padjadjaran

# LAMPIRAN

LAMPIRAN 1  
DATA HASIL PENELITIAN METODE IP

1. Lintasan 1

| No | elektroda (meter) |    |    |    | R<br>( $\Omega$ m) | V<br>(mV) | I<br>(mA) | K     | COPY KE DAT RES2DINV |       |   |                           |             |
|----|-------------------|----|----|----|--------------------|-----------|-----------|-------|----------------------|-------|---|---------------------------|-------------|
|    | p2                | p1 | c1 | c2 |                    |           |           |       | Datum<br>Point       | spasi | n | $\rho_a$<br>( $\Omega$ m) | M<br>(msec) |
| 1  | 0                 | 1  | 2  | 3  | 1.0128             | 131.9     | 130       | 18.84 | 1.5                  | 1     | 1 | 19.08                     | 0.0524      |
| 2  | 1                 | 2  | 3  | 4  | 0.9007             | 177.3     | 197       | 18.84 | 2.5                  | 1     | 1 | 16.97                     | 0.06        |
| 3  | 2                 | 3  | 4  | 5  | 1.0693             | 236.5     | 221       | 18.84 | 3.5                  | 1     | 1 | 20.15                     | 0.05        |
| 4  | 3                 | 4  | 5  | 6  | 1.9211             | 428.7     | 223       | 18.84 | 4.5                  | 1     | 1 | 36.19                     | 0.03        |
| 5  | 4                 | 5  | 6  | 7  | 2.6095             | 592.3     | 227       | 18.84 | 5.5                  | 1     | 1 | 49.16                     | 0.02        |
| 6  | 5                 | 6  | 7  | 8  | 2.5282             | 562.3     | 222       | 18.84 | 6.5                  | 1     | 1 | 47.63                     | 0.02        |
| 7  | 6                 | 7  | 8  | 9  | 2.6910             | 507.8     | 189       | 18.84 | 7.5                  | 1     | 1 | 50.70                     | 0.02        |
| 8  | 7                 | 8  | 9  | 10 | 2.7325             | 579.6     | 212       | 18.84 | 8.5                  | 1     | 1 | 51.48                     | 0.02        |
| 9  | 8                 | 9  | 10 | 11 | 2.2326             | 532.9     | 239       | 18.84 | 9.5                  | 1     | 1 | 42.06                     | 0.02        |
| 10 | 9                 | 10 | 11 | 12 | 1.7625             | 384.7     | 218       | 18.84 | 10.5                 | 1     | 1 | 33.20                     | 0.03        |
| 11 | 10                | 11 | 12 | 13 | 1.5615             | 342.5     | 219       | 18.84 | 11.5                 | 1     | 1 | 29.42                     | 0.03        |
| 12 | 11                | 12 | 13 | 14 | 1.4139             | 286.7     | 203       | 18.84 | 12.5                 | 1     | 1 | 26.64                     | 0.04        |
| 13 | 12                | 13 | 14 | 15 | 1.1497             | 231.0     | 201       | 18.84 | 13.5                 | 1     | 1 | 21.66                     | 0.05        |
| 14 | 13                | 14 | 15 | 16 | 1.2147             | 242.6     | 200       | 18.84 | 14.5                 | 1     | 1 | 22.89                     | 0.04        |
| 15 | 14                | 15 | 16 | 17 | 0.4132             | 73.1      | 177       | 18.84 | 15.5                 | 1     | 1 | 7.78                      | 0.13        |
| 16 | 15                | 16 | 17 | 18 | 0.5155             | 102.8     | 199       | 18.84 | 16.5                 | 1     | 1 | 9.71                      | 0.10        |
| 17 | 16                | 17 | 18 | 19 | 0.9564             | 186.4     | 195       | 18.84 | 17.5                 | 1     | 1 | 18.02                     | 0.06        |
| 18 | 17                | 18 | 19 | 20 | 1.6116             | 243.9     | 151       | 18.84 | 18.5                 | 1     | 1 | 30.36                     | 0.03        |
| 19 | 18                | 19 | 20 | 21 | 1.7190             | 239.3     | 139       | 18.84 | 19.5                 | 1     | 1 | 32.39                     | 0.03        |
| 20 | 19                | 20 | 21 | 22 | 0.4831             | 67.2      | 139       | 18.84 | 20.5                 | 1     | 1 | 9.10                      | 0.11        |
| 21 | 20                | 21 | 22 | 23 | 0.4918             | 57.0      | 116       | 18.84 | 21.5                 | 1     | 1 | 9.27                      | 0.11        |
| 22 | 21                | 22 | 23 | 24 | 0.4384             | 47.7      | 109       | 18.84 | 22.5                 | 1     | 1 | 8.26                      | 0.12        |
| 23 | 22                | 23 | 24 | 25 | 0.8474             | 109.9     | 130       | 18.84 | 23.5                 | 1     | 1 | 15.97                     | 0.06        |
| 24 | 23                | 24 | 25 | 26 | 0.6826             | 73.3      | 107       | 18.84 | 24.5                 | 1     | 1 | 12.86                     | 0.08        |
| 25 | 24                | 25 | 26 | 27 | 0.8075             | 67.2      | 83        | 18.84 | 25.5                 | 1     | 1 | 15.21                     | 0.07        |
| 26 | 25                | 26 | 27 | 28 | 0.7621             | 55.5      | 73        | 18.84 | 26.5                 | 1     | 1 | 14.36                     | 0.07        |
| 27 | 26                | 27 | 28 | 29 | 0.4922             | 36.3      | 74        | 18.84 | 27.5                 | 1     | 1 | 9.27                      | 0.11        |
| 28 | 27                | 28 | 29 | 30 | 0.4381             | 37.9      | 87        | 18.84 | 28.5                 | 1     | 1 | 8.25                      | 0.12        |
| 29 | 28                | 29 | 30 | 31 | 0.2021             | 23.3      | 115       | 18.84 | 29.5                 | 1     | 1 | 3.81                      | 0.26        |
| 30 | 29                | 30 | 31 | 32 | 0.3489             | 70.6      | 202       | 18.84 | 30.5                 | 1     | 1 | 6.57                      | 0.15        |
| 31 | 30                | 31 | 32 | 33 | 0.3407             | 89.2      | 262       | 18.84 | 31.5                 | 1     | 1 | 6.42                      | 0.16        |
| 32 | 31                | 32 | 33 | 34 | 0.3519             | 93.4      | 266       | 18.84 | 32.5                 | 1     | 1 | 6.63                      | 0.15        |
| 33 | 32                | 33 | 34 | 35 | 0.2746             | 79.9      | 291       | 18.84 | 33.5                 | 1     | 1 | 5.17                      | 0.19        |
| 34 | 33                | 34 | 35 | 36 | 0.4894             | 130.2     | 266       | 18.84 | 34.5                 | 1     | 1 | 9.22                      | 0.11        |
| 35 | 34                | 35 | 36 | 37 | 0.2939             | 74.2      | 252       | 18.84 | 35.5                 | 1     | 1 | 5.54                      | 0.18        |
| 36 | 35                | 36 | 37 | 38 | 0.4931             | 109.5     | 222       | 18.84 | 36.5                 | 1     | 1 | 9.29                      | 0.11        |
| 37 | 36                | 37 | 38 | 39 | 0.3815             | 69.5      | 182       | 18.84 | 37.5                 | 1     | 1 | 7.19                      | 0.14        |

## 2. Lintasan 2

| No | elektroda (meter) |    |    |    | R<br>( $\Omega$ m) | V<br>(mV) | I<br>(mA) | K     | COPY KE DAT RES2DINV |       |   |                           |        |
|----|-------------------|----|----|----|--------------------|-----------|-----------|-------|----------------------|-------|---|---------------------------|--------|
|    | p2                | p1 | c1 | c2 |                    |           |           |       | Datum<br>Point       | spasi | n | $\rho_a$<br>( $\Omega$ m) | Charge |
| 1  | 0                 | 1  | 2  | 3  | 0.0227             | 3.8       | 166       | 18.84 | 1.5                  | 1     | 1 | 0.43                      | 2.3382 |
| 2  | 1                 | 2  | 3  | 4  | 0.0225             | 4.8       | 214       | 18.84 | 2.5                  | 1     | 1 | 0.42                      | 2.36   |
| 3  | 2                 | 3  | 4  | 5  | 0.0230             | 5.7       | 246       | 18.84 | 3.5                  | 1     | 1 | 0.43                      | 2.31   |
| 4  | 3                 | 4  | 5  | 6  | 0.0099             | 1.7       | 173       | 18.84 | 4.5                  | 1     | 1 | 0.19                      | 5.34   |
| 5  | 4                 | 5  | 6  | 7  | 0.0184             | 4.7       | 253       | 18.84 | 5.5                  | 1     | 1 | 0.35                      | 2.88   |
| 6  | 5                 | 6  | 7  | 8  | 0.0087             | 1.6       | 180       | 18.84 | 6.5                  | 1     | 1 | 0.16                      | 6.13   |
| 7  | 6                 | 7  | 8  | 9  | 0.0133             | 2.6       | 193       | 18.84 | 7.5                  | 1     | 1 | 0.25                      | 3.98   |
| 8  | 7                 | 8  | 9  | 10 | 0.0168             | 4.8       | 287       | 18.84 | 8.5                  | 1     | 1 | 0.32                      | 3.15   |
| 9  | 8                 | 9  | 10 | 11 | 0.0152             | 4.6       | 303       | 18.84 | 9.5                  | 1     | 1 | 0.29                      | 3.50   |
| 10 | 9                 | 10 | 11 | 12 | 0.0158             | 4.8       | 306       | 18.84 | 10.5                 | 1     | 1 | 0.30                      | 3.36   |
| 11 | 10                | 11 | 12 | 13 | 0.0319             | 8.9       | 278       | 18.84 | 11.5                 | 1     | 1 | 0.60                      | 1.66   |
| 12 | 11                | 12 | 13 | 14 | 0.0301             | 4.7       | 157       | 18.84 | 12.5                 | 1     | 1 | 0.57                      | 1.77   |
| 13 | 12                | 13 | 14 | 15 | 0.0324             | 7.2       | 221       | 18.84 | 13.5                 | 1     | 1 | 0.61                      | 1.64   |
| 14 | 13                | 14 | 15 | 16 | 0.0069             | 1.5       | 220       | 18.84 | 14.5                 | 1     | 1 | 0.13                      | 7.65   |
| 15 | 14                | 15 | 16 | 17 | 0.0027             | 0.4       | 161       | 18.84 | 15.5                 | 1     | 1 | 0.05                      | 19.35  |
| 16 | 15                | 16 | 17 | 18 | 0.0095             | 2.1       | 219       | 18.84 | 16.5                 | 1     | 1 | 0.18                      | 5.58   |
| 17 | 16                | 17 | 18 | 19 | 0.0070             | 1.5       | 215       | 18.84 | 17.5                 | 1     | 1 | 0.13                      | 7.63   |
| 18 | 17                | 18 | 19 | 20 | 0.0202             | 4.1       | 205       | 18.84 | 18.5                 | 1     | 1 | 0.38                      | 2.63   |
| 19 | 18                | 19 | 20 | 21 | 0.0225             | 4.7       | 208       | 18.84 | 19.5                 | 1     | 1 | 0.42                      | 2.36   |
| 20 | 19                | 20 | 21 | 22 | 0.0157             | 4.7       | 301       | 18.84 | 20.5                 | 1     | 1 | 0.30                      | 3.38   |
| 21 | 20                | 21 | 22 | 23 | 0.0029             | 0.5       | 160       | 18.84 | 21.5                 | 1     | 1 | 0.05                      | 18.30  |
| 22 | 21                | 22 | 23 | 24 | 0.0058             | 0.9       | 151       | 18.84 | 22.5                 | 1     | 1 | 0.11                      | 9.18   |
| 23 | 22                | 23 | 24 | 25 | 0.0208             | 6.2       | 299       | 18.84 | 23.5                 | 1     | 1 | 0.39                      | 2.56   |
| 24 | 23                | 24 | 25 | 26 | 0.0153             | 2.5       | 163       | 18.84 | 24.5                 | 1     | 1 | 0.29                      | 3.46   |
| 25 | 24                | 25 | 26 | 27 | 0.0157             | 3.0       | 192       | 18.84 | 25.5                 | 1     | 1 | 0.30                      | 3.38   |
| 26 | 25                | 26 | 27 | 28 | 0.0117             | 3.5       | 297       | 18.84 | 26.5                 | 1     | 1 | 0.22                      | 4.55   |
| 27 | 26                | 27 | 28 | 29 | 0.0045             | 0.9       | 206       | 18.84 | 27.5                 | 1     | 1 | 0.09                      | 11.73  |
| 28 | 27                | 28 | 29 | 30 | 0.0199             | 4.2       | 214       | 18.84 | 28.5                 | 1     | 1 | 0.37                      | 2.67   |
| 29 | 28                | 29 | 30 | 31 | 0.0141             | 3.6       | 257       | 18.84 | 29.5                 | 1     | 1 | 0.27                      | 3.77   |
| 30 | 29                | 30 | 31 | 32 | 0.0147             | 3.9       | 263       | 18.84 | 30.5                 | 1     | 1 | 0.28                      | 3.62   |
| 31 | 30                | 31 | 32 | 33 | 0.0154             | 4.2       | 269       | 18.84 | 31.5                 | 1     | 1 | 0.29                      | 3.44   |
| 32 | 31                | 32 | 33 | 34 | 0.0082             | 2.5       | 300       | 18.84 | 32.5                 | 1     | 1 | 0.15                      | 6.50   |
| 33 | 32                | 33 | 34 | 35 | 0.0019             | 0.4       | 192       | 18.84 | 33.5                 | 1     | 1 | 0.04                      | 27.29  |
| 34 | 33                | 34 | 35 | 36 | 0.0150             | 2.7       | 182       | 18.84 | 34.5                 | 1     | 1 | 0.28                      | 3.55   |
| 35 | 34                | 35 | 36 | 37 | 0.0180             | 3.3       | 184       | 18.84 | 35.5                 | 1     | 1 | 0.34                      | 2.94   |
| 36 | 35                | 36 | 37 | 38 | 0.0185             | 3.5       | 189       | 18.84 | 36.5                 | 1     | 1 | 0.35                      | 2.87   |
| 37 | 36                | 37 | 38 | 39 | 0.0293             | 4.9       | 165       | 18.84 | 37.5                 | 1     | 1 | 0.55                      | 1.81   |
| 38 | 37                | 38 | 39 | 40 | 0.0256             | 4.6       | 181       | 18.84 | 38.5                 | 1     | 1 | 0.48                      | 2.07   |
| 39 | 38                | 39 | 40 | 41 | 0.0226             | 4.2       | 186       | 18.84 | 39.5                 | 1     | 1 | 0.43                      | 2.34   |

### 3. Lintasan 3

| No | elektroda (meter) |    |    |    | R<br>( $\Omega$ m) | V<br>(mV) | I<br>(mA) | K     | COPY KE DAT RES2DINV |       |   |                           |             |
|----|-------------------|----|----|----|--------------------|-----------|-----------|-------|----------------------|-------|---|---------------------------|-------------|
|    | p2                | p1 | c1 | c2 |                    |           |           |       | Datum<br>Point       | spasi | n | $\rho_a$<br>( $\Omega$ m) | M<br>(msec) |
| 1  | 0                 | 1  | 2  | 3  | 1.3121             | 34.0      | 152       | 18.84 | 1.5                  | 1     | 1 | 24.72                     | 0.04045     |
| 2  | 1                 | 2  | 3  | 4  | 0.1449             | 7.0       | 284       | 18.84 | 2.5                  | 1     | 1 | 2.73                      | 0.37        |
| 3  | 2                 | 3  | 4  | 5  | 0.1842             | 5.0       | 160       | 18.84 | 3.5                  | 1     | 1 | 3.47                      | 0.29        |
| 4  | 3                 | 4  | 5  | 6  | 0.0987             | 5.0       | 299       | 18.84 | 4.5                  | 1     | 1 | 1.86                      | 0.54        |
| 5  | 4                 | 5  | 6  | 7  | 0.1943             | 5.0       | 151       | 18.84 | 5.5                  | 1     | 1 | 3.66                      | 0.27        |
| 6  | 5                 | 6  | 7  | 8  | 0.1253             | 4.2       | 199       | 18.84 | 6.5                  | 1     | 1 | 2.36                      | 0.42        |
| 7  | 6                 | 7  | 8  | 9  | 0.2877             | 9.4       | 192       | 18.84 | 7.5                  | 1     | 1 | 5.42                      | 0.18        |
| 8  | 7                 | 8  | 9  | 10 | 1.0016             | 50.3      | 295       | 18.84 | 8.5                  | 1     | 1 | 18.87                     | 0.05        |
| 9  | 8                 | 9  | 10 | 11 | 0.7611             | 31.9      | 246       | 18.84 | 9.5                  | 1     | 1 | 14.34                     | 0.07        |
| 10 | 9                 | 10 | 11 | 12 | 1.0297             | 40.6      | 232       | 18.84 | 10.5                 | 1     | 1 | 19.40                     | 0.05        |
| 11 | 10                | 11 | 12 | 13 | 0.4342             | 19.5      | 264       | 18.84 | 11.5                 | 1     | 1 | 8.18                      | 0.12        |
| 12 | 11                | 12 | 13 | 14 | 0.5483             | 16.4      | 176       | 18.84 | 12.5                 | 1     | 1 | 10.33                     | 0.10        |
| 13 | 12                | 13 | 14 | 15 | 0.7532             | 28.2      | 220       | 18.84 | 13.5                 | 1     | 1 | 14.19                     | 0.07        |
| 14 | 13                | 14 | 15 | 16 | 0.4411             | 11.4      | 152       | 18.84 | 14.5                 | 1     | 1 | 8.31                      | 0.12        |
| 15 | 14                | 15 | 16 | 17 | 0.1024             | 5.0       | 284       | 18.84 | 15.5                 | 1     | 1 | 1.93                      | 0.52        |
| 16 | 15                | 16 | 17 | 18 | 0.7006             | 19.0      | 159       | 18.84 | 16.5                 | 1     | 1 | 13.20                     | 0.08        |
| 17 | 16                | 17 | 18 | 19 | 0.3418             | 17.4      | 299       | 18.84 | 17.5                 | 1     | 1 | 6.44                      | 0.16        |
| 18 | 17                | 18 | 19 | 20 | 0.4618             | 11.9      | 151       | 18.84 | 18.5                 | 1     | 1 | 8.70                      | 0.11        |
| 19 | 18                | 19 | 20 | 21 | 0.3031             | 10.3      | 199       | 18.84 | 19.5                 | 1     | 1 | 5.71                      | 0.18        |
| 20 | 19                | 20 | 21 | 22 | 0.2452             | 8.0       | 192       | 18.84 | 20.5                 | 1     | 1 | 4.62                      | 0.22        |
| 21 | 20                | 21 | 22 | 23 | 0.2128             | 10.7      | 296       | 18.84 | 21.5                 | 1     | 1 | 4.01                      | 0.25        |
| 22 | 21                | 22 | 23 | 24 | 0.1645             | 6.9       | 246       | 18.84 | 22.5                 | 1     | 1 | 3.10                      | 0.32        |
| 23 | 22                | 23 | 24 | 25 | 0.1959             | 7.7       | 232       | 18.84 | 23.5                 | 1     | 1 | 3.69                      | 0.27        |
| 24 | 23                | 24 | 25 | 26 | 0.2458             | 11.0      | 264       | 18.84 | 24.5                 | 1     | 1 | 4.63                      | 0.22        |
| 25 | 24                | 25 | 26 | 27 | 0.2054             | 6.1       | 176       | 18.84 | 25.5                 | 1     | 1 | 3.87                      | 0.26        |
| 26 | 25                | 26 | 27 | 28 | 0.1768             | 4.6       | 152       | 18.84 | 26.5                 | 1     | 1 | 3.33                      | 0.30        |
| 27 | 26                | 27 | 28 | 29 | 0.3848             | 18.6      | 284       | 18.84 | 27.5                 | 1     | 1 | 7.25                      | 0.14        |
| 28 | 27                | 28 | 29 | 30 | 0.1125             | 3.0       | 159       | 18.84 | 28.5                 | 1     | 1 | 2.12                      | 0.47        |
| 29 | 28                | 29 | 30 | 31 | 0.1640             | 8.3       | 299       | 18.84 | 29.5                 | 1     | 1 | 3.09                      | 0.32        |
| 30 | 0                 | 1  | 3  | 4  | 0.1081             | 2.8       | 151       | 75.36 | 2                    | 1     | 2 | 8.15                      | 0.12        |
| 31 | 1                 | 2  | 4  | 5  | 0.0649             | 2.2       | 199       | 75.36 | 3                    | 1     | 2 | 4.89                      | 0.20        |
| 32 | 2                 | 3  | 5  | 6  | 0.0547             | 1.8       | 192       | 75.36 | 4                    | 1     | 2 | 4.12                      | 0.24        |
| 33 | 3                 | 4  | 6  | 7  | 0.0600             | 3.0       | 296       | 75.36 | 5                    | 1     | 2 | 4.52                      | 0.22        |
| 34 | 4                 | 5  | 7  | 8  | 0.0702             | 2.9       | 246       | 75.36 | 6                    | 1     | 2 | 5.29                      | 0.19        |
| 35 | 5                 | 6  | 8  | 9  | 0.0369             | 1.5       | 232       | 75.36 | 7                    | 1     | 2 | 2.78                      | 0.36        |
| 36 | 6                 | 7  | 9  | 10 | 0.2199             | 9.8       | 264       | 75.36 | 8                    | 1     | 2 | 16.57                     | 0.06        |
| 37 | 7                 | 8  | 10 | 11 | 0.3555             | 9.2       | 152       | 75.36 | 9                    | 1     | 2 | 26.79                     | 0.04        |
| 38 | 8                 | 9  | 11 | 12 | 0.2002             | 9.7       | 285       | 75.36 | 10                   | 1     | 2 | 15.09                     | 0.07        |
| 39 | 9                 | 10 | 12 | 13 | 0.1032             | 2.8       | 160       | 75.36 | 11                   | 1     | 2 | 7.78                      | 0.13        |

4. Lintasan 4

| No | elektroda (meter) |    |    |    | R<br>( $\Omega$ m) | V<br>(mV) | I<br>(mA) | K     | COPY KE DAT RES2DINV |       |   |                           |             |
|----|-------------------|----|----|----|--------------------|-----------|-----------|-------|----------------------|-------|---|---------------------------|-------------|
|    | p2                | p1 | c1 | c2 |                    |           |           |       | Datum<br>Point       | spasi | n | $\rho_a$<br>( $\Omega$ m) | M<br>(msec) |
| 1  | 0                 | 1  | 2  | 3  | 0.2389             | 70.1      | 293       | 18.84 | 1.5                  | 1     | 1 | 4.50                      | 0.22222     |
| 2  | 1                 | 2  | 3  | 4  | 1.4952             | 489.3     | 327       | 18.84 | 2.5                  | 1     | 1 | 28.17                     | 0.04        |
| 3  | 2                 | 3  | 4  | 5  | 0.8960             | 285.4     | 319       | 18.84 | 3.5                  | 1     | 1 | 16.88                     | 0.06        |
| 4  | 3                 | 4  | 5  | 6  | 0.9682             | 291.3     | 301       | 18.84 | 4.5                  | 1     | 1 | 18.24                     | 0.05        |
| 5  | 4                 | 5  | 6  | 7  | 1.5966             | 508.6     | 319       | 18.84 | 5.5                  | 1     | 1 | 30.08                     | 0.03        |
| 6  | 5                 | 6  | 7  | 8  | 1.1704             | 289.8     | 248       | 18.84 | 6.5                  | 1     | 1 | 22.05                     | 0.05        |
| 7  | 6                 | 7  | 8  | 9  | 1.0239             | 333.7     | 326       | 18.84 | 7.5                  | 1     | 1 | 19.29                     | 0.05        |
| 8  | 7                 | 8  | 9  | 10 | 1.3694             | 435.2     | 318       | 18.84 | 8.5                  | 1     | 1 | 25.80                     | 0.04        |
| 9  | 8                 | 9  | 10 | 11 | 1.1492             | 244.1     | 212       | 18.84 | 9.5                  | 1     | 1 | 21.65                     | 0.05        |
| 10 | 9                 | 10 | 11 | 12 | 1.2049             | 286.1     | 237       | 18.84 | 10.5                 | 1     | 1 | 22.70                     | 0.04        |
| 11 | 10                | 11 | 12 | 13 | 1.8397             | 414.2     | 225       | 18.84 | 11.5                 | 1     | 1 | 34.66                     | 0.03        |
| 12 | 11                | 12 | 13 | 14 | 1.2590             | 272.7     | 217       | 18.84 | 12.5                 | 1     | 1 | 23.72                     | 0.04        |
| 13 | 12                | 13 | 14 | 15 | 1.3662             | 296.3     | 217       | 18.84 | 13.5                 | 1     | 1 | 25.74                     | 0.04        |
| 14 | 13                | 14 | 15 | 16 | 1.4634             | 323.6     | 221       | 18.84 | 14.5                 | 1     | 1 | 27.57                     | 0.04        |
| 15 | 14                | 15 | 16 | 17 | 1.1959             | 272.6     | 228       | 18.84 | 15.5                 | 1     | 1 | 22.53                     | 0.04        |
| 16 | 15                | 16 | 17 | 18 | 1.4820             | 326.6     | 220       | 18.84 | 16.5                 | 1     | 1 | 27.92                     | 0.04        |
| 17 | 16                | 17 | 18 | 19 | 1.6024             | 340.5     | 212       | 18.84 | 17.5                 | 1     | 1 | 30.19                     | 0.03        |
| 18 | 17                | 18 | 19 | 20 | 1.5159             | 323.3     | 213       | 18.84 | 18.5                 | 1     | 1 | 28.56                     | 0.04        |
| 19 | 18                | 19 | 20 | 21 | 1.8392             | 632.2     | 344       | 18.84 | 19.5                 | 1     | 1 | 34.65                     | 0.03        |
| 20 | 19                | 20 | 21 | 22 | 1.3025             | 474.1     | 364       | 18.84 | 20.5                 | 1     | 1 | 24.54                     | 0.04        |
| 21 | 20                | 21 | 22 | 23 | 1.6959             | 388.0     | 229       | 18.84 | 21.5                 | 1     | 1 | 31.95                     | 0.03        |
| 22 | 21                | 22 | 23 | 24 | 1.8243             | 404.2     | 222       | 18.84 | 22.5                 | 1     | 1 | 34.37                     | 0.03        |
| 23 | 22                | 23 | 24 | 25 | 1.9475             | 395.1     | 203       | 18.84 | 23.5                 | 1     | 1 | 36.69                     | 0.03        |
| 24 | 23                | 24 | 25 | 26 | 2.3790             | 845.6     | 355       | 18.84 | 24.5                 | 1     | 1 | 44.82                     | 0.02        |
| 25 | 24                | 25 | 26 | 27 | 1.7686             | 543.0     | 307       | 18.84 | 25.5                 | 1     | 1 | 33.32                     | 0.03        |
| 26 | 25                | 26 | 27 | 28 | 3.2548             | 798.9     | 245       | 18.84 | 26.5                 | 1     | 1 | 61.32                     | 0.02        |
| 27 | 26                | 27 | 28 | 29 | 1.7473             | 464.5     | 266       | 18.84 | 27.5                 | 1     | 1 | 32.92                     | 0.03        |
| 28 | 27                | 28 | 29 | 30 | 2.5839             | 765.2     | 296       | 18.84 | 28.5                 | 1     | 1 | 48.68                     | 0.02        |
| 29 | 28                | 29 | 30 | 31 | 2.7813             | 810.0     | 291       | 18.84 | 29.5                 | 1     | 1 | 52.40                     | 0.02        |
| 30 | 29                | 30 | 31 | 32 | 0.3854             | 112.8     | 293       | 75.36 | 2                    | 1     | 2 | 29.04                     | 0.03        |
| 31 | 30                | 31 | 32 | 33 | 0.3631             | 118.6     | 327       | 75.36 | 3                    | 1     | 2 | 27.36                     | 0.04        |
| 32 | 31                | 32 | 33 | 34 | 0.2204             | 70.1      | 318       | 75.36 | 4                    | 1     | 2 | 16.61                     | 0.06        |
| 33 | 32                | 33 | 34 | 35 | 0.3283             | 98.6      | 300       | 75.36 | 5                    | 1     | 2 | 24.74                     | 0.04        |
| 34 | 33                | 34 | 35 | 36 | 0.4691             | 149.0     | 318       | 75.36 | 6                    | 1     | 2 | 35.35                     | 0.03        |
| 35 | 34                | 35 | 36 | 37 | 0.3558             | 87.8      | 247       | 75.36 | 7                    | 1     | 2 | 26.81                     | 0.04        |
| 36 | 35                | 36 | 37 | 38 | 0.2771             | 90.3      | 326       | 75.36 | 8                    | 1     | 2 | 20.88                     | 0.05        |
| 37 | 36                | 37 | 38 | 39 | 0.4271             | 135.7     | 318       | 75.36 | 9                    | 1     | 2 | 32.19                     | 0.03        |
| 38 | 37                | 38 | 39 | 40 | 0.3032             | 64.4      | 212       | 75.36 | 10                   | 1     | 2 | 22.85                     | 0.04        |
| 39 | 38                | 39 | 40 | 41 | 0.4640             | 110.2     | 237       | 75.36 | 11                   | 1     | 2 | 34.97                     | 0.03        |

LAMPIRAN 2  
DATA KOORDINAT ELEKTRODA

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 4 DOKUMENTASI



Akuisisi data di Lapangan



Kondisi kolam 1



Singkapan yang ada di sisi utara Sungai  
Manten



Kondisi kolam 2 dan 3



**KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayan No. 50 Dinoyo, Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Ainun Najah  
NIM : 15640008  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika  
Judul Skripsi : Analisis Data Geolistrik Metode IP (*Induced Polarization*)  
Untuk Mengetahui Sebaran Situs Purbakala Ngawonggo di  
Desa Tajinan Kabupaten Malang  
Pebimbing I : Drs. Abdul Basid, M.Si  
Pebimbing II : Ahmad Abtokhi, M.pd.

| No. | Tanggal           | HAL                                   | Tanda Tangan |
|-----|-------------------|---------------------------------------|--------------|
| 1   | 27 Mei 2019       | Konsultasi Bab I                      |              |
| 2   | 28 Agustus 2019   | Konsultasi Bab II dan III             |              |
| 3   | 03 September 2019 | Konsultasi Bab I, II, III dan ACC     |              |
| 4   | 30 November 2021  | Konsultasi Data Hasil Bab IV          |              |
| 5   | 15 Februari 2021  | Konsultasi Pembahasan Bab IV          |              |
| 6   | 02 Maret 2021     | Konsultasi Kajian Agama dan ACC       |              |
| 7   | 15 April 2021     | Konsultasi Bab IV, V dan ACC          |              |
| 8   | 10 Juni 2021      | Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc |              |

Malang, Juni 2021  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



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