

**IDENTIFIKASI REKAHAN SEBAGAI JALUR FLUIDA PANAS  
DI DESA GONO HARJO KECAMATAN LIMBANGAN  
KABUPATEN KENDAL MENGGUNAKAN METODE  
GEOLISTRIK KONFIGURASI *SCHLUMBERGER***

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna  
Memperoleh Gelar Sarjana Fisika Dalam Ilmu Fisika



Diajukan Oleh:

**RIZKI WULAN MAHARANI**

NIM. 2108026024

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
2025**

### **PERNYATAAN KEASLIAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

**Nama : Rizki Wulan Maharani**

**NIM : 2108026024**

**Program Studi : Fisika**

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**IDENTIFIKASI REKAHAN SEBAGAI JALUR FLUIDA PANAS  
DI DESA GONO HARJO KECAMATAN LIMBANGAN  
KABUPATEN KENDAL MENGGUNAKAN METODE  
GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 24 Juni 2025

Pembuat Pernyataan



Rizki Wulan Maharani

2108026024



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang  
Telp.024-7601295 Fax.7615387

---

PENGESAHAN

Naskah Skripsi berikut ini:

Judul : Identifikasi Rekanan Sebagai Jalur Fluida Panas Di Desa Gonoharjo Kecamatan Limbangan Kabupaten Kendal Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger

Penulis : Rizki Wulan Maharani

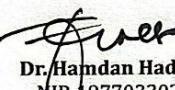
Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Fisika.

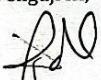
Semarang, 07 Juli 2025

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

  
Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc.  
NIP. 197703202009121002

Penguji III,

  
Muhammad Ardhi Khalif, M.Sc.  
NIP. 198210092011011010

Pembimbing I,

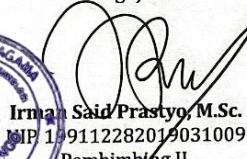
  
Hartono, M.Sc.  
NIP. 199009242019031006

Penguji II,

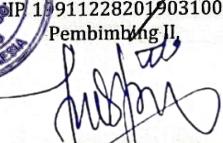
  
Hartono, M.Sc.  
NIP. 199009242019031006

Penguji IV



  
Irmah Said Prastyo, M.Sc.  
NIP. 199112282019031009

Pembimbing II,

  
Dr. Andi Fadlian, M.Sc.  
NIP. 198009152005011006

## NOTA DINAS

Semarang, 23 Juni 2025

Yth. Ketua Program Studi Fisika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

*Assalamu'alaikum. wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Identifikasi Rekahan Sebagai Jalur Fluida Panas Di Desa Gonoharjo Kecamatan Limbangan Kabupaten Kendal Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger  
Nama : Rizki Wulan Maharani  
NIM : 2108026024  
Program Studi : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing I



Haftono, M.Sc  
NIP. 19909242019031006

## NOTA DINAS

Semarang, 23 Juni 2025

Yth. Ketua Program Studi Fisika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

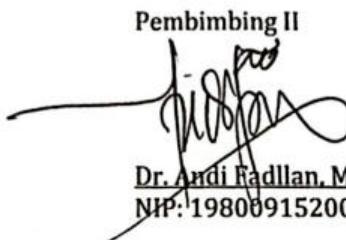
*Assalamu'alaikum. wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Identifikasi Rekanan Sebagai Jalur Fluida Panas Di Desa Gonoharjo Kecamatan Limbangan Kabupaten Kendal Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger  
Nama : Rizki Wulan Maharani  
NIM : 2108026024  
Program Studi : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing II  
  
Dr. Andi Radlan, M.Sc  
NIP: 198009152005011006

## ABSTRAK

Desa Gonoharjo memiliki manifestasi panas bumi berupa mata air panas, namun belum ada kajian terkait jalur rekahan sebagai jalur fluida panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan rekahan sebagai jalur aliran fluida panas di Desa Gonoharjo, Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. Metode ini dipilih karena mampu mendeteksi variasi resistivitas vertikal bawah permukaan yang dapat mengindikasikan keberadaan rekahan. Pengambilan data dilakukan di lima titik sounding dengan jarak bentangan elektroda arus 80 meter hingga 140 meter. Hasil analisa data menunjukkan adanya variasi nilai antara  $0,24 - 1,32 \times 10^6$  berkaitan dengan perbedaan jenis batuan dan keberadaan rekahan. Jenis batuan di daerah penelitian terdiri dari tufa, breksi vulkanik, pasir vulkanik, dan konglomerat. Zona dengan nilai resistivitas rendah pada titik 4 dan 5 pada kedalaman 10 hingga 100 meter diduga merupakan jalur rekahan yang terisi fluida panas. Temuan ini diharapkan dapat menjadi data awal dalam mendukung potensi pemanfaatan energi panas bumi di wilayah Gonoharjo.

**Kata Kunci:** resistivitas, rekahan, fluida panas, Schlumberger, Gonoharjo

## **MOTTO**

"Hidup tidak selalu mudah, dan langkah ke depan seringkali dipenuhi keraguan. Tapi saya percaya bahwa setiap luka adalah pelajaran, setiap kehilangan adalah ruang untuk tumbuh, dan setiap air mata bukan tanda kelemahan, melainkan bukti bahwa saya manusia yang terus belajar kuat. Saya tidak terburu-buru untuk sembuh atau sempurna, karena saya tahu semua butuh waktu, dan saya menghargai setiap proses itu sepenuh hati." (Rizki Wulan Maharani)

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah serta inayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Identifikasi Rekahan Sebagai Jalur Fluida Panas Di Desa Gonoharjo Kecamatan Limbangan Kabupaten Kendal Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger". Sholawat serta salam senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat dengan harapan semoga mendapatkan syafa'at di hari kiamat nanti.

Selama penyelesaian naskah skripsi ini, peneliti telah mendapat bimbingan, arahan, nasihat, saran serta dukungan dengan penuh keikhlasan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada;

1. Prof. Dr. Nizar Ali, M.Ag., Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag., Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Alwiyah Nurhayati, M.Si., Ph.D., Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Hartono, M.Sc., Wali Dosen sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, kritik, saran dan motivasi kepada penulis

dengan penuh sabar dan pengertian dalam penyusunan skripsi.

5. Dr. Andi Fadllan, M.Sc., Dosen Pembimbing II yang senantiasa membantu membimbing dengan sabar dalam proses penyusunan skripsi.
6. Segenap dosen dan staff Fakultas sains dan teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
7. Keluarga tercinta, Ayah H. Suwarto dan Ibu Hj. Nurchayati S.Pd serta Kakak tersayang Mbak Aldila Zulfa Nur Aulia, S.s., M.A., tak lupa mbah uti Hj. Maslachah yang selalu memanjatkan doa, memberikan dukungan dan semangat dalam melaksanakan penelitian ini.
8. Teman-teman angkatan 2021 yang telah bersama-sama berjuang dari awal untuk dapat menyelesaikan skripsi dengan saling menyemangati dan memberikan kata-kata positif.
9. Semua pihak yang terlibat dan tidak dapat disebut satu persatu yang telah memberikan dukungan, semangat dan doa sehingga skripsi ini dapat selesai.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi

ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, dan bagi pembaca pada umumnya.

Semarang, 19 Juni 2025  
Penulis



Rizki Wulan Maharani  
NIM. 2108026024

## DAFTAR ISI

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| JUDUL.....                           | i    |
| PERNYATAAN KEASLIAN.....             | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN .....              | iii  |
| NOTA DINAS PEMBIMBING I .....        | iv   |
| NOTA DINAS PEMBIMBING II .....       | v    |
| ABSTRAK.....                         | vi   |
| ABSTRAK.....                         | vii  |
| KATA PENGANTAR .....                 | viii |
| DAFTAR ISI.....                      | ix   |
| DAFTAR GAMBAR.....                   | xiii |
| DAFTAR TABEL .....                   | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....              | 1    |
| A.    Latar Belakang .....           | 1    |
| B.    Identifikasi Masalah.....      | 7    |
| C.    Batasan Masalah.....           | 7    |
| D.    Rumusan Masalah.....           | 8    |
| E.    Tujuan Penelitian.....         | 8    |
| F.    Manfaat Penelitian.....        | 9    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....        | 10   |
| A.    Landasan Teori .....           | 10   |
| B.    Geologi Daerah Penelitian..... | 31   |
| C.    Kajian Pustaka.....            | 35   |
| BAB III METODE PENELITIAN .....      | 40   |

|    |  |           |
|----|--|-----------|
| A. | Tempat dan Waktu Penelitian .....        | 40        |
| B. | Alat dan Software.....                   | 42        |
| C. | Prosedur Penelitian .....                | 45        |
| D. | Teknik Analisis Data.....                | 47        |
|    | <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> | <b>49</b> |
| A. | Hasil Penelitian.....                    | 49        |
| B. | Pembahasan Penelitian .....              | 49        |
|    | <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>   | <b>60</b> |
| A. | Kesimpulan.....                          | 60        |
| B. | Saran .....                              | 61        |
|    | <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>              | <b>62</b> |
|    | <b>LAMPIRAN .....</b>                    | <b>72</b> |

## DAFTAR GAMBAR

| <b>Gambar</b> | <b>Judul</b>                               | <b>Halaman</b> |
|---------------|--|----------------|
| Gambar 2.1    | Contoh Rekahan                             | 10             |
| Gambar 2.2    | Model Skematik Sistem Panas Bumi           | 17             |
| Gambar 2.3    | Arus dan Medan Listrik Pada Resistor       | 19             |
| Gambar 2.4    | Susunan Elektroda Konfigurasi Schlumberger | 25             |
| Gambar 2.5    | Arus dan potensial disekitar elektroda     | 26             |
| Gambar 2.6    | Peta Geologi Gunung Ungaran                | 32             |
| Gambar 2.7    | Zona Prospek Panas Bumi                    | 34             |
| Gambar 3.1    | Lokasi Penelitian                          | 40             |
| Gambar 3.2    | Alat dan Bahan Geolistrik                  | 43             |
| Gambar 3.3    | Diagram Alir Penelitian                    | 45             |
| Gambar 4.1    | Kurva Matching                             | 50             |
| Gambar 4.2    | Peta Survei Geolistrik di desa Gonoharjo   | 53             |
| Gambar 4.3    | Penampang Lintang Lintasan 1,2 dan 3       | 55             |
| Gambar 4.4    | Penampang Lintang Lintasan 1,4 dan 5       | 55             |

## DAFTAR TABEL

| <b>Tabel</b> | <b>Judul</b>                          | <b>Halaman</b> |
|--------------|---------------------------------------|----------------|
| Tabel 2.1    | Tabel Resistivitas Batuan             | 24             |
| Tabel 2.2    | Nilai Resistivitas Formasi Qum        | 33             |
| Tabel 3.1    | Lokasi dan Titik Koordinat Penelitian | 41             |
| Tabel 3.2    | Rentan Waktu Tahapan Penelitian       | 42             |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Energi terbarukan dari panas bumi sangat efektif dan efisien jika dikelola dengan baik dikarenakan energi terbarukan dari panas bumi keberadaannya selalu tetap dan tidak bergantung pada cuaca serta musim (Meilani, 2010). Di Indonesia penggunaan energi untuk keperluan sehari hari termasuk tinggi, hal ini yang mendorong untuk mencari alternatif lain seperti pemanfaatan energi panas bumi untuk masa depan (Auzan, 2022).

Penelitian tentang potensi panas bumi terus dilakukan untuk mendukung pemanfaatan energi terbarukan. Kajian oleh Sugiyo di daerah Medini menunjukkan adanya potensi energi panas bumi yang signifikan, terutama dari sistem hidrotermal.

Panas Bumi merupakan sumber panas alami yang dihasilkan karena adanya interaksi antara batuan panas (magma) dan air yang berada disekitarnya (Sumotarto, 2015). Menurut Menteri ESDM Jero Wacik (2013) menyampaikan bahwa potensi panas bumi yang berada di Indonesia adalah 30-40% dari seluruh dunia. Pada saat ini pengelolaan panas bumi di Indonesia masih kisaran 3%. Setelah dilakukan beberapa survei oleh para peneliti

sebelumnya terdapat 265 area prospek panas bumi di Indonesia yang salah satunya adalah Gunung Ungaran (Octavani, 2019).

Gunung Ungaran terdapat beberapa manifestasi panas bumi yang telah ditemukan oleh peneliti sebelumnya yaitu berupa funmarol, mata air panas, tanah panas dan batuan teralterasi (Sari, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa gunung ungaran salah satu daerah yang terdapat prospek panas bumi yang cukup melimpah (Fatimah, 2017). Gunung Ungaran adalah bagian dari Pegunungan Serayu Utara bagian timur dan merupakan gunung api kuarter. Lereng utara Gunung Ungaran terdapat kemunculan manifestasi panas bumi berupa mata air panas yang muncul di daerah Medini dan Gonoharjo (Emianto, 2011). Akan tetapi Gunung Ungaran khususnya Daerah Gonoharjo belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi (Sugiyo, 2015). Mata Air Panas bisa berada pada reservoir dan rekahan yang menyebabkan fluida panas mengalir kepermukaan sehingga terjadi kemunculan manifestasi mata air panas. Untuk mengetahui keberadaan sistem panas bumi diperlukan informasi geologi (Ristiani, 2016). Informasi kegeologian memiliki banyak cara, salah satunya dengan menggunakan eksplorasi geofisika (Mary, 2017).

Geofisika adalah ilmu yang mempelajari tentang ilmu kebumian, pada bidang ini mempelajari bumi menggunakan kaidah atau prinsip-prinsip fisika. Metode geofisika merupakan metode yang digunakan untuk mengukur sifat fisika di permukaan bumi yang dapat memberikan informasi tentang struktur, komposisi dan sifat batuan di bawah permukaan bumi (Zuhdi, 2021). Ada beberapa metode geofisika yang umum digunakan dalam mengeksplorasi bawah permukaan bumi meliputi refraksi seismik, geolistrik (resistivitas), Ground Penetrating Radar (GPR), Geomagnetik, Multichannel analyses of Surface Waves (MASW) dan gravitasi (Fajar, 2023).

Metode seismik sering digunakan dalam studi geofisika sistem panas bumi karena kemampuannya menghasilkan visualisasi struktur bawah permukaan secara detail (Hudha, 2014). Untuk mengembangkan potensi energi panas bumi di wilayah Ungaran, langkah awal yang perlu dilakukan adalah penelitian pendahuluan untuk mengidentifikasi potensi energi yang tersedia. Sebelum melangkah ke tahap eksplorasi menggunakan metode seismik, diperlukan survei awal guna memperoleh data tambahan yang mendukung. Salah satu informasi penting yang harus dikumpulkan adalah keberadaan rekahan di bawah permukaan, karena rekahan ini

berperan sebagai jalur aliran fluida panas menuju permukaan (Oktaviansa, 2024).

Meski metode seismik ideal untuk eksplorasi bawah permukaan, penggunaannya dalam penelitian ini belum memungkinkan karena keterbatasan anggaran. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan peralatan canggih, tenaga ahli, serta proses akuisisi dan pengolahan data yang rumit dan berbiaya tinggi (Kana, 2015). Oleh karena itu, digunakan metode geofisika lain yang lebih ekonomis namun masih mampu memberikan informasi awal mengenai kondisi bawah permukaan (Kana, 2015). Metode geofisika yang paling tepat untuk mengidentifikasi rekahan tersebut adalah metode geolistrik. Metode ini efektif dalam mendeteksi zona resistivitas rendah yang mengindikasikan adanya rekahan atau zona permeabel di bawah permukaan (Anjarwati, 2017).

Metode geolistrik (resistivitas) menjadi alternatif yang efisien dan terjangkau. Teknik ini dapat mendeteksi perbedaan nilai resistivitas di bawah permukaan, yang bisa menunjukkan adanya rekahan, zona alterasi, atau keberadaan fluida. Dalam sistem panas bumi, rekahan berperan penting karena menjadi jalur pergerakan fluida panas menuju permukaan (Roberts, 2001). Meskipun metode geolistrik tidak seakurat metode seismik dalam menggambarkan detail litologi dan struktur bawah

permukaan, metode ini tetap relevan digunakan untuk tahap awal eksplorasi. Geolistrik cukup efektif dalam mendeteksi rekahan, yang merupakan elemen penting dalam sistem panas bumi karena menjadi jalur aliran fluida panas (Hlatywayo, 2012).

Rekahan adalah retakan atau pergeseran yang terjadi di dalam lapisan batuan, yaitu kondisi dimana batuan terbelah menjadi dua atau lebih bagian akibat tekanan atau perubahan di dalam bumi (Alexon, 2020). Rekahan memiliki peran penting sebagai jalur utama tempat fluida, seperti air, minyak, atau gas, dapat bergerak atau mengalir melalui batuan. Fluida ini memanfaatkan celah-celah yang terbentuk akibat tekanan dalam bumi, sehingga rekahan berfungsi sebagai saluran alami yang memungkinkan transportasi fluida ke berbagai bagian bawah permukaan bumi. Proses ini sangat penting dalam geologi, terutama untuk eksplorasi sumber daya alam seperti minyak bumi dan gas alam (Nugraha, 2015). Rekahan pada sistem panas bumi sangat penting sebagai pendukung potensi panas bumi dan memenuhi siklus penting dalam sistem panas bumi yang berkelajutan (*sustainable*) (Kurnianto, 2021). Rekahan yang terdeteksi akan memudahkan peneliti untuk menemukan lokasi reservoir dengan cara menginterpretasikan data yang telah ada sehingga dapat menduga zona reservoir di bawah

permukaan tanah serta dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan (Agustiyar, 2022).

Metode geolistrik (resistivitas) adalah metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan tanah dengan cara mengukur nilai hambatan listrik (resistivitas) dari batuan atau material di bawah tanah. Metode ini memberikan informasi dari batuan yang mempunyai anomali konduktivitas listrik (Kadri, 2019).

Metode geolistrik (resistivitas) terdapat tiga konfigurasi yang sering digunakan, diantaranya yaitu konfigurasi wenner, konfigurasi schlumberger, konfigurasi dipole-dipole (Nugroho, 2021). Dari beberapa konfigurasi yang dapat digunakan dalam eksplorasi panas bumi, konfigurasi *schlumberger* yang cocok untuk mengidentifikasi keberadaan sistem panas bumi, konfigurasi *schlamberger* memiliki keunggulan yaitu sensitif terhadap variasi vertikal (Koyong, 2017).

Metode geolistrik konfigurasi *schlumberger* dapat mencapai titik yang lebih dalam dari pada menggunakan konfigurasi dipole-dipole pada survei regional untuk mendapatkan informasi pada kedalaman yang lebih besar (Faizin, 2021). Akan tetapi metode geolistrik dengan menggunakan konfigurasi schlumberger masih termasuk dangkal jika dibandingkan dengan metode seismik karena

metode geolistrik hanya bisa menjangkau kedalaman sekitar 100 meter (Santoso, 2002). Kedalaman 100 meter tidak dapat sampai pada titik keberadaan reservoir yang dalamnya bisa mencapai 1.000 meter lebih (Aulia, 2020). Oleh sebab itu, dilakukan identifikasi rekahan agar dapat menduga keberadaan reservoir di daerah manifestasi panas bumi (Nugraha, 2015).

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dari penelitian ini adalah:

1. Belum ada pemanfaatan energi geothermal secara maksimal di daerah Gonoharjo.
2. Belum ada penelitian terkait anomali resistivitas dan rekahan sebagai jalur fluida panas di Kabupaten Kendal.
3. Belum ada penelitian tentang rekahan fluida panas di Kecamatan Limbangan menggunakan metode geofisika.

## **C. Batasan Masalah**

Batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian pemanfaatan energi geothermal khususnya di Desa Gonoharjo.
2. Penelitian terkait anomali resistivitas dan rekahan jalur fluida panas khususnya di sebelah barat sumur mata air panas di Kecamatan Limbangan Kabupaten Kendal.

3. Penelitian tentang rekahan fluida panas di Kecamatan Limbangan menggunakan metode geolistrik resistivitas.

#### **D. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa nilai resistivitas lapisan bawah permukaan bumi di sebelah barat sumur mata air panas di Dusun Ngelimut Desa Gonoharjo?
2. Apa saja lapisan batuan bawah permukaan yang dapat diidentifikasi melalui metode geolistrik resistivitas di daerah penelitian?
3. Di mana lokasi rekahan yang berpotensi sebagai jalur fluida panas bumi di sebelah barat sumur mata air panas Gonoharjo?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai resistivitas lapisan bawah permukaan bumi di sebelah barat sumur mata air panas di Dusun Ngelimut Desa Gonoharjo.
2. Mengetahui lapisan batuan bawah permukaan yang dapat diidentifikasi melalui metode geolistrik resistivitas di daerah penelitian.

3. Mengetahui lokasi rekahan yang berpotensi sebagai jalur fluida panas bumi di sebelah barat sumur mata air panas Gonoharjo.

## **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi terkait persebaran rekahan sebagai pencegahan kerusakan saat terjadi bencana atau pelebaran rekahan.
2. Memberikan informasi terkait potensi panas bumi di Gonoharjo.
3. Memberikan informasi dampak negatif yang dapat disebabkan oleh panas bumi seperti munculnya rekahan baru yang tidak stabil.
4. Memberikan informasi pendahuluan dalam eksplorasi lebih lanjut.

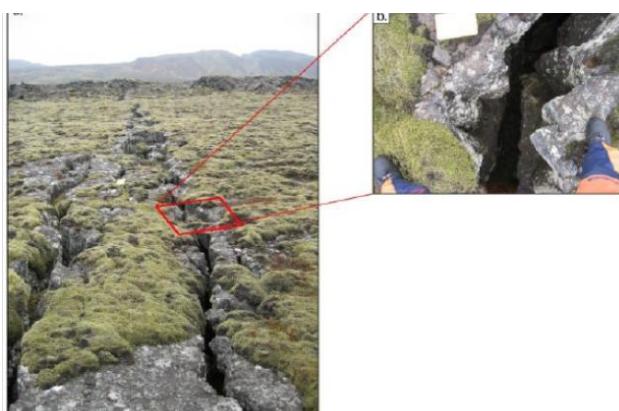
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Landasan Teori

##### 1. Rekahan Sebagai Jalur Fluida Panas

Rekahan merupakan bidang diskontinuitas yang terbentuk ketika batuan berada dalam kondisi rapuh atau getas, di mana batuan tidak mampu menahan tekanan lebih lanjut tanpa mengalami pecah. Dalam kondisi ini, batuan akan mengalami rekahan. Rekahan ini terjadi ketika batuan mengalami tegangan yang melebihi kekuatan internalnya, menyebabkan terpisahnya lapisan batuan. Proses ini penting dalam geologi, karena rekahan dapat memengaruhi aliran fluida, kestabilan lereng, dan pembentukan struktur geologi lainnya seperti sesar (Fossen, 2016).



Gambar 2. 1 Contoh Rekahan

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَآخِذِلِ الْأَنْبِيبِ وَالْأَهَارِ وَالْكَلْكِ الَّتِي تَغْرِي فِي الْبَخْرِ بِمَا يَنْفَعُ الْأَنْسَ وَمَا  
أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَاءٍ فَلَخِيَ بِهِ الْأَرْضُ بَغْدَ مَوْتِهَا وَبَنَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَائِيَةٍ وَتَصْرِيفِ الرَّيْحَانِ  
وَالسَّحَابِ الْمَسْخَرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَمَّا يَنْتَ لَقُومٌ يَعْقُلُونَ

(Al-Baqarah: 164)

Artinya: “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupkan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan.” (Al-Baqarah: 164)

Berdasarkan tafsir Al-Mukhtashar / Markaz Tafsir Riyadh, di bawah pengawasan Syaikh Dr. Shalih bin Abdullah bin Humaid, Imam Masjidil Haram, kandungan ayat di atas berisi:

“Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi beserta makhluk-makhluk yang menakjubkan di dalamnya, pada pergantian malam dan siang, pada bahtera yang berlayar di laut sambil membawa barang-

barang yang berguna bagi manusia, seperti makanan, pakaian, dagangan dan kebutuhan-kebutuhan lainnya, pada air hujan yang Allah turunkan dari langit kemudian Dia gunakan untuk menghidupkan bumi dengan cara menumbuhkan tanaman dan rumput di atasnya, pada makhluk-makhluk hidup yang Allah tebarkan di muka bumi, pada pengalihan angin dari satu arah ke arah yang lain, dan pada awan yang digantung di antara langit dan bumi, sesungguhnya pada semua fenomena itu terdapat tanda-tanda yang jelas menunjukkan keesaan Allah -Subhānahu- bagi orang-orang yang bisa memikirkan bukti-bukti dan memahami dalil-dalil dan tanda-tanda.”

Faktor yang mempengaruhi pembentukan rekahan (Laitupa, 2020) yaitu:

1. Tekanan dan gaya tektonik: Tekanan dari pergerakan lempeng bumi, seperti gaya yang menekan, menarik, atau menggeser batuan, dapat menyebabkan rekahan.
2. Sifat Batuan: Batuan yang rapuh atau memiliki lapisan lemah lebih mudah retak, terutama jika batuannya kasar atau berpori.
3. Tekanan Fluida: Cairan seperti air atau minyak yang masuk ke dalam pori-pori batuan bisa meningkatkan tekanan dan menyebabkan rekahan.

4. Perubahan Suhu: Pemanasan atau pendinginan yang ekstrem dapat menyebabkan batuan mengembang atau menyusut, sehingga terbentuk rekahan.
5. Waktu: Tekanan yang berlangsung lama akan membuat batuan melemah secara perlahan hingga akhirnya retak.
6. Pelapukan: Proses pelapukan, baik karena kimia maupun fisik, seperti air yang membeku dan mencair, bisa memecahkan batuan dari waktu ke waktu.
7. Gempa Bumi: Getaran dari gempa bumi, baik besar maupun kecil, sering memicu terbentuknya rekahan di batuan.
8. Aktivitas Vulkanik: Magma yang naik dari dalam bumi memberikan tekanan yang membuka rekahan pada batuan di sekitarnya.

Rekahan bisa didapatkan dengan menganalisis anomali resistivitas pada data yang di dapat peneliti. Anomali resistivitas adalah variasi nilai resistivitas yang teramatidalam suatu material atau media yang tidak biasa, dibandingkan dengan nilai resistivitas rata-rata dari material sekitarnya. Anomali resistivitas rendah menunjukkan adanya sumber air baik itu air panas maupun air dingin (Fauziyah, 2015).

## 2. Energi Panas Bumi

Energi panas bumi adalah sumber daya terbarukan yang menawarkan daya yang berkelanjutan dan terus menerus, tidak terpengaruh oleh variasi atau musiman, tidak seperti tenaga surya dan angin (Tareen, 2024). Energi panas bumi merupakan sumber energi yang stabil, bersih dan berkelanjutan (Koirala, 2024). Sumber energi panas bumi atau geothermal secara merata tersebar di Indonesia, terdapat lebih dari 300 titik yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber energi transportasi dan pembangkit listrik (Auzan, 2022).

وَالْبَخْرُ الْمَسْجُورُ

(At-Tur:6)

Artinya: “Dan laut yang di dalam tanahnya ada api,”

Berdasarkan Tafsir Kementerian Agama, sebagian ulama berpendapat dan menetapkan bahwa kandungan ayat di atas berisi:

“Lapisan bumi itu seluruhnya seperti semangka, dan kulitnya seperti kulit semangka, itu artinya bahwa perbandingan kulit bumi dan api yang ada di dalam kulitnya itu seperti kulit semangka dengan isinya, yang dimakan itu. Sebab itu sekarang kita sebenarnya

berada di atas api yang besar, yakni di atas laut yang dibawahnya penuh dengan api dan laut itu tertutup dengan kulit bumi dari segala penjurunya.”

Terdapat empat elemen yang berpengaruh dalam sistem panas bumi (Situmorang, 2021), diantaranya yaitu:

1. Sumber panas (heat source)

Sistem panas bumi perpindahan magma umumnya secara konduktif dan konvektif. Terbentuknya magma terjadi akibat dari hasil pelelehan mantel sebagai penurunan titik didih karena infiltrasi H<sub>2</sub>O dari zona subduksi, serta magma dapat terbentuk karena pelelehan sebagian kerak bumi.

2. Fluida panas bumi

Fluida panas bumi berasal dari resapan air tanah yang masuk memalui rekanan maupun ruang fluida. Karakteristik fluida panas bumi untuk memberikan informasi tentang tipe panas bumi, untuk menentukan fluida panas bumi dibutuhkan pendugaan temperature reservoir (geothermometer), komposisi kimia fluida, asal usul fluida dan intersaksi fluida terhadap batuan disekitarnya.

### 3. Reservoir

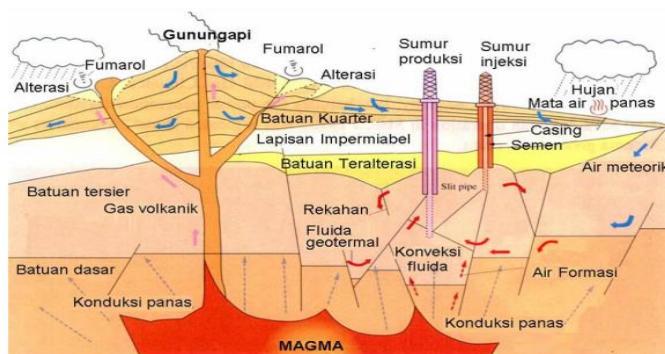
Reservoir merupakan lapisan dari batuan yang bersifat permobel dan porositas yang tinggi, berperan untuk menyimpan fluida yang berasal dari pemanasan (konvektif dan konduktif). Reservoir berasal dari batuan vulkanik yang mengalami rekahan, sehingga ruang rekahan tersebut dapat menyimpan fluida.

### 4. Batuan penudung (caprock)

Lapisan penudung berfungsi untuk mencegah keluarnya fluida panas dari reservoir. Lapisan ini bersifat kedap dan memiliki permibilitas rendah yang tersusun dari mineral lempung sekunder hasil ubahan. Mineral lempung sekunder yang dapat dijadikan lapisan penudung yaitu montmorilonite, smectite, illite, kaolin dan phyrophyllite

Daerah prospek panas bumi di gunung Ungaran memiliki banyak struktur geologi dikarenakan terkontrol oleh sistem depresi. Sistem panas bumi terbentuk dari resapan dan air hujan yang mengalir dalam retakan dan bertemu dengan magma yang mendidih. Panas merambat melalui batuan secara konduksi dan fluida merambat secara konveksi, menciptakan jebakan panas di reservoir. Reservoir

menyimpan dan mengalirkan fluida panas karena perbedaan suhu, tekanan dan berat jenis. Struktur geologi membantu aliran air dan uap panas yang muncul ke permukaan sebagai manifestasi panas bumi (Putri, 2020).



Gambar 2. 2 Model Skematik Sistem Panas Bumi  
(Putri, 2020)

### 3. Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik adalah sebuah penerapan konsep kelistrikan di salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat resistivitas dari suatu lapisan di bawah permukaan (Amin, 2023). Metode geolistrik dalam eksplorasinya sering digunakan karena sederhana dalam penggunaannya serta peka mendeteksi resistivitas batuan, metode ini mudah, terjangkau, cepat dioperasikan dan ramah lingkungan (Mayori, 2023).

Metode geolistrik resistivitas digunakan untuk mengukur kondisi bawah permukaan bumi dengan memasukkan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus dan kemudian mengukur perbedaan potensial, variasi harga hambatan jenis untuk masing-masing lapisan di bawah titik ukur dihitung dari hasil pengukuran arus dan potensial untuk jarak elektroda tertentu (Amin, 2023). Material penyusun, sifat kimia dan kandungan air menentukan resistivitas lapisan tanah dan batuan (Sapina, 2023).

Metode geolistrik resistivitas menggunakan parameter kelistrikan arus ( $I$ ), perubahan potensial ( $V$ ) dan hambatan ( $R$ ) untuk menentukan medium batuan di bawah permukaan (Sapina, 2023). Dasar metode

geolistrik yaitu hukum  $\Omega$ , hukum  $\Omega$  ditemukan oleh George Simon  $\Omega$  di tahun 1827. Menurutnya, perbedaan potensial ( $V$ ) diatas kawat konduksi sebanding dengan besarnya kuat arus listrik ( $I$ ) di dalamnya (Pamungkas, 2023). Pernyataan ini dinyatakan dalam persamaan (2.1) .

$$V = IR \text{ atau } R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

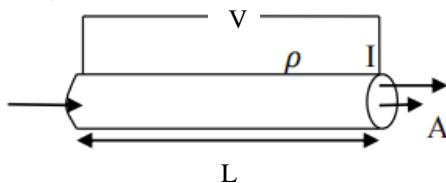
Keterangan:

$R$  = Hambatan listrik ( $\Omega$ )

$V$  = Beda potensial (Volt)

$I$  = Kuat arus (Ampere)

Prinsip dasar resistivitas dimisalkan dengan suatu resistor dengan panjang  $L$  dan luas penampang dialiri arus listrik  $I$  dan beda potensial  $V$  seperti pada gambar 2.3. Hambatan ( $R$ ) pada silinder konduktor dengan panjang ( $L$ ) dan luas penampang ( $A$ ).



Gambar 2.3 Arus dan Medan Listrik Pada Resistor  
(Zuhdi, 2021)

Ketika sebuah resistor diberi tegangan, arus listrik yang mengalir akan merata dan searah dengan medan

listrik yang juga merata. Nilai hambatan jenis pada resistor dapat dinyatakan dengan (Zuhdi, 2021):

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$R$  = Hambatan listrik ( $\Omega$ )

$\rho$  = Hambatan jenis ( $\Omega \cdot \text{m}$ )

$A$  = Luas penampang resistor ( $\text{m}^2$ )

$L$  = Panjang resistor (m)

Dalam hukum Ohm, tegangan (V) berkaitan langsung dengan arus dan hambatan melalui persamaan (2.1), maka diperoleh persamaan:

$$V = I \left( \rho \frac{L}{A} \right) \Rightarrow \rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$V$  = Tegangan listrik (Volt)

$\rho$  = Hambatan jenis ( $\Omega \cdot \text{m}$ )

$A$  = Luas penampang resistor ( $\text{m}^2$ )

$L$  = Panjang resistor (m)

$I$  = Kuat arus (Ampere)

Aliran arus kontinu dalam medium yang isotropik dan homogen menghasilkan:

$$\nabla^2 = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{d}{dr} \quad (2.4)$$

$$\nabla^2 V = \frac{d^2 V}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dV}{dr} = 0 \quad (2.5)$$

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dV} \left( r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (2.6)$$

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (2.7)$$

$$\frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (r^2) \quad (2.8)$$

$$\frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (2.9)$$

$$\int \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dV}{dr} \right) = \int 0 \quad (2.10)$$

$$r^2 \frac{dV}{dr} = A \quad (2.11)$$

$$\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \quad (2.12)$$

$$\int dV = \int \frac{A}{r^2} dr \quad (2.13)$$

$$V = -\frac{A}{r} + B \quad (2.14)$$

Diberi syarat batas, dimana potensial listrik hanya akan tergantung pada jarak  $r$  ( $V = 0$ ,  $r = \infty$ ) menghasilkan:

$$0 = -\frac{A}{\infty} + B \quad (2.15)$$

$$0 = 0 + B \quad (2.16)$$

$$B = 0 \quad (2.17)$$

Sehingga,

$$V = -\frac{A}{r} \quad (2.18)$$

Keterangan:

$\nabla^2$  = Operator laplacian

$V$  = Potensial listrik ( $V$ )

$r$  = Jarak radial dari sumber arus listrik (m)

$\theta$  = Sudut polar (zenith) dalam koordinat bola (rad)

$$A = \text{Konstanta integrasi} = \frac{I\rho}{2\pi} (\text{V.m})$$

$B$  = Konstanta integrasi (ditentukan dari syarat batas)

Arus dari satu elektroda menyebar secara radial ke dalam tanah membentuk setengah bola, karena elektroda ditancapkan langsung ke tanah tanpa hambatan udara maka didapatkan persamaan:

$$J = \frac{I}{2\pi r^2} \quad (2.19)$$

Keterangan:

$$J = \text{Rapat arus} (\text{A/m}^2)$$

$$I = \text{Arus listrik} (\text{A})$$

$$r = \text{Jarak dari elektroda} (\text{m})$$

Sehingga,

$$I = 2\pi r^2 \cdot J \quad (2.20)$$

Keterangan:

$$J = \text{Rapat arus} (\text{A/m}^2)$$

$$I = \text{Arus listrik} (\text{A})$$

$$r = \text{Jarak dari elektroda} (\text{m})$$

Substitusi  $J = (-\sigma \nabla V)$  ke dalam persamaan (2.21), menghasilkan persamaan:

$$I = 2\pi r^2 (-\sigma \nabla V) \quad (2.21)$$

$$I = -2\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} \quad (2.22)$$

$$I = -2\pi r^2 \sigma \frac{A}{r^2} \quad (2.23)$$

$$I = -2\pi r^2 \sigma A \quad (2.24)$$

Keterangan:

$J$  = Rapat arus ( $A/m^2$ )

$I$  = Arus listrik (A)

$r$  = Jarak dari elektroda (m)

$\sigma$  = Konduktivitas ( $S/m$ )

$A$  = Konstanta potensial (V.m)

Maka dari persamaan (2.24) didapatkan:

$$A = -\frac{I}{2\pi\sigma} \quad (2.25)$$

Diketahui bahwa  $\sigma = \frac{1}{\rho}$ , sehingga persamaan (2.25)

dapat ditulis dengan:

$$A = -\frac{I}{2\pi\frac{1}{\rho}} \quad (2.26)$$

$$A = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (2.27)$$

Keterangan:

$A$  = Konstanta potensial (V.m)

$I$  = Arus listrik (A)

$\rho$  = Resistivitas listrik ( $\Omega.m$ )

Jadi,

$$V = -\frac{A}{r} \quad (2.28)$$

$$V = -\frac{1}{r} \left( -\frac{I\rho}{2\pi} \right) \quad (2.29)$$

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r} \right) \quad (2.30)$$

Dari persamaan (2. 30) bisa kita tulis potensial akibat elektroda A dan B adalah:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) \quad (2.31)$$

Dalam mengukur beda potensial antara dua titik M dan N, maka:

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} - \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}} \right) \quad (2.32)$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} K \quad (2.33)$$

Keterangan:

$\rho$  = Resistivitas ( $\Omega \cdot \text{m}$ )

$\Delta V$  = Beda potensial (V)

$I$  = Arus listrik (A)

$AB$  = Jarak antar elektroda arus (A ke B) (m)

$MN$  = Jarak antar elektroda potensial (M ke N) (m)

$K$  = Faktor geometri (m)

$r$  = Jarak titik ke sumber arus (m)

$V$  = Potensial listrik (V)

Prinsip metode geolistrik resistivitas adalah dengan menggunakan elektroda arus untuk menginjeksikan arus listrik di permukaan bumi, lalu arus listrik akan menyebar di bawah permukaan bumi ke segala arah dan elektroda potensial mencatat perbedaan potensial pada lapisan batuan di bawah

permukaan bumi. Setelah arus dan beda potensial diperoleh nilai tahanan dan nilai resistivitas lapisan bawah permukaan di lokasi penelitian akan dihitung sehingga mendapatkan nilai resistivitas semu (Amsir, 2023). Rumus resistivitas semu yaitu:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.34)$$

Keterangan:

$\rho_a$  = Resistivitas Semu ( $\Omega m$ ),

$K$  = Faktor Geometri

$\Delta V$  = Beda Potensial ( $V$ )

$I$  = Kuat Arus ( $A$ )

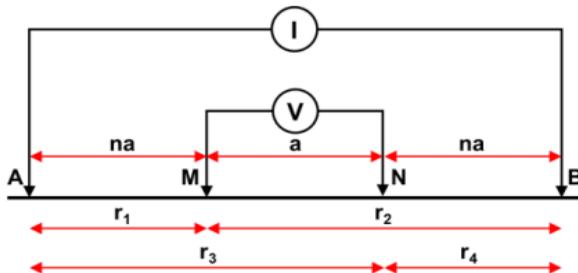
Tabel 2. 1 Tabel Resistivitas Batuan (Telford, 1990)

| Bahan         | Resistivitas ( $\Omega \cdot \text{m}$ )   |
|---------------|--|
| Udara         | $\infty$                                   |
| Pirit         | $3 \times 10^{-1}$                         |
| Galena        | $2 \times 10^{-3}$                         |
| Kwarsa        | $4 \times 10^{10}$ s.d. $2 \times 10^{14}$ |
| Kalsit        | $1 \times 10^{12}$ s.d. $1 \times 10^{13}$ |
| Batuan garam  | 30 s.d. $1 \times 10^{13}$                 |
| Mika          | $9 \times 10^{12}$ s.d. $1 \times 10^{14}$ |
| Granit        | $10^2$ s.d. $1 \times 10^6$                |
| Gabro         | $1 \times 10^3$ s.d. $1 \times 10^6$       |
| Basalt        | 10 s.d. $1 \times 10^7$                    |
| Batu gamping  | 50 s.d. $1 \times 10^7$                    |
| Batu pasir    | 1 s.d. $1 \times 10^8$                     |
| Batuan serpih | 20 s.d. $2 \times 10^3$                    |
| Dolomit       | $10^2$ s.d. $10^4$                         |
| Pasir         | 1 s.d. $10^3$                              |
| Lempung       | 1 s.d. $10^2$                              |
| Air tanah     | 0,5 s.d. $3 \times 10^2$                   |
| Air laut      | 0,2  |

## 5. Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi *schlumberger* adalah metode pengukuran yang biasa digunakan untuk pengambilan data secara vertikal atau *sounding* (Faris, 2019). Konfigurasi Schlumberger dalam metode geolistrik memiliki beberapa kelebihan. Pertama, metode ini bisa mendeteksi lapisan tanah yang lebih dalam dengan pengaturan jarak elektroda yang tepat. Kedua, pengukurannya lebih efisien karena tidak perlu sering memindahkan alat. Ketiga, metode ini cocok digunakan di area yang sempit, namun tetap bisa memberikan

hasil yang detail, baik untuk lapisan dangkal maupun yang lebih dalam (Ratsanjani, 2021).



Gambar 2. 4 Susunan Elektroda Konfigurasi Schlumberger

Keterangan gambar 2.4 yaitu:

A dan B : Elektroda arus

M dan N: Elektroda potensial

na : Setengah jarak Antara elektroda arus A dan B

a : Jarak Antara elektroda potensial M dan N

$r_1$  : Jarak dari elektroda A ke elektroda M

$r_2$  : Jarak dari elektroda B ke elektroda N

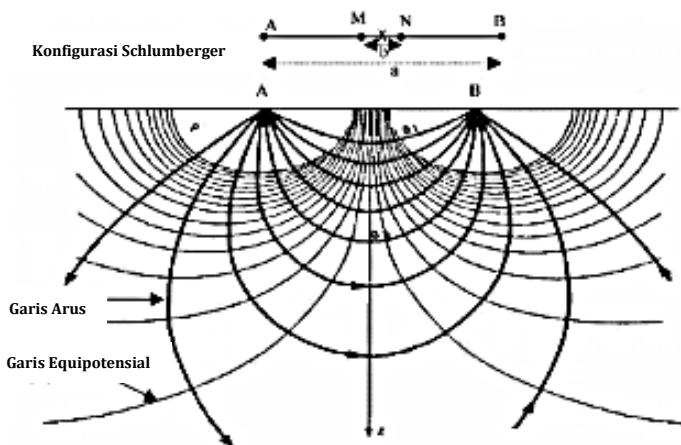
$r_3$  : Jarak dari elektroda A ke elektroda N

$r_4$  : Jarak dari elektroda B ke elektroda M

I : Amperemeter (Mengukur kuat arus listrik)

V : Voltmeter (Mengukur beda potensial antara elektroda M dan N)

Gambar 2.4 menunjukkan *Konfigurasi Schlumberger* bekerja dengan prinsip bahwa jarak elektroda potensial (MN) dibuat lebih kecil dibandingkan jarak elektroda arus (AB). Saat pengukuran dilakukan, elektroda arus (AB) digeser secara bertahap untuk memperluas jangkauan, sementara elektroda potensial (MN) tetap di posisi tengah. MN hanya digeser jika tegangan yang terbaca mulai terlalu kecil, agar hasil pengukuran tetap akurat (Faris, 2019).



Gambar 2.5 Arus dan potensial disekitar elektroda

Gambar 2.5 Pada konfigurasi Schlumberger terdapat empat elektroda sejajar di permukaan: dua elektroda arus (A dan B) di sisi luar serta dua elektroda potensial (M dan N) di tengah. Garis-garis tebal melengkung yang menyebar dari elektroda A dan B

adalah garis arus listrik (current lines), yang menunjukkan arah dan jalur aliran arus ke dalam tanah. Arus pertama-tama menyebar ke segala arah dari elektroda A dan B, kemudian bertemu dan mengalir melengkung di antara keduanya. Pola ini juga mencerminkan distribusi intensitas medan arus daerah dengan garis yang rapat menandakan medan arus yang lebih kuat (Zuhdi, 2021).

Garis tipis yang tegak lurus terhadap garis arus disebut garis equipotensial, yaitu garis dengan nilai potensial listrik yang sama. Equipotensial ini membentuk halaman atau mangkuk setengah bola di sekitar elektroda. Karena tegangan di sepanjang garis ini konstan, elektroda M dan N digunakan untuk mengukur beda potensial antara dua titik pada garis tersebut. Posisi elektroda M dan N yang berada diantara A dan B memungkinkan pengukuran perubahan tegangan akibat variasi resistivitas lapisan tanah di bawahnya (Zuhdi, 2021).

Faktor geometri konfigurasi *Schlumberger* didapatkan dengan memasukkan persamaan sebagai berikut (Mayori, 2023):

$$r_1 = na \quad (2.35)$$

$$r_2 = a + na \quad (2.36)$$

$$r_3 = a + na \quad (2.37)$$

$$r_4 = na \quad (2.38)$$

Substitusikan persamaan (2.35), (2.36), (2.37), (2.38) ke persamaan (2.39) seberti berikut:

$$K = 2\pi \left( \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right)^{-1} \quad (2.39)$$

$$K = 2\pi \left( \left( \frac{1}{na} - \frac{1}{(a+na)} \right) - \left( \frac{1}{(a+na)} - \frac{1}{na} \right) \right)^{-1} \quad (2.40)$$

$$K = 2\pi \left( \frac{(a+na) - na - na + (a+na)}{na(a+na)} \right)^{-1} \quad (2.41)$$

$$K = 2\pi \left( \frac{2a}{na(a+na)} \right)^{-1} \quad (2.42)$$

$$K = \pi \left( \frac{1}{a(n+n^2)} \right) \quad (2.43)$$

$$K = \pi a (n + n^2) \quad (2.44)$$

Keterangan:

$K$  = Faktor geometri (m)

$\pi$  = Konstanta pi ( $\approx 3.1416$ )

$r_1, r_2, r_3, r_4$  = Jarak dari elektroda ke titik pengukuran potensial (m)

$a$  = Setengah jarak antara elektroda arus ( $AB/2$ ) (m)

$n$  = Faktor pengali untuk menentukan jarak elektroda

$na$  = Jarak elektroda potensial terhadap titik tengah elektroda arus (m)

$a + na$  = Jarak Antara elektroda dari pusat ke masing-masing elektroda (m).

Nilai resistivitas semu konfigurasi Schlumberger ditunjukkan dalam persamaan (2. 45) dengan memasukkan persamaan (2. 44) dan (2.34):

$$\rho_a = \pi a(n + n^2) \frac{\Delta V}{I} \quad (2.45)$$

Keterangan:

$\rho_a$  = Resistivitas semu ( $\Omega \cdot \text{m}$ )

$\pi$  = Konstanta pi ( $\approx 3.1416$ )

$a$  = Setengah jarak antar elektroda arus (m)

$n$  = Faktor pengali untuk menentukan jarak elektroda

$\Delta V$  = Beda potensial (tegangan) yang terukur (Volt)

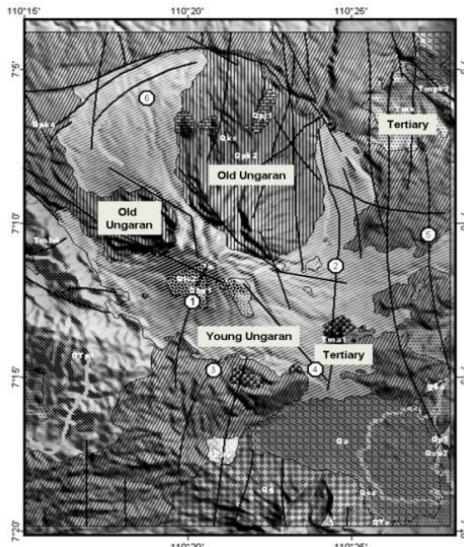
$I$  = Kuat arud listrik yang dialirkan (Ampere)

## B. Geologi Daerah Penelitian

Gunung Ungaran merupakan gunung kuarter dengan ketinggian 2.050 m dpl yang berada di Pegunungan serayu Utara bagian paling timur. Daerah Gunung Ungaran didapatkan 11 satuan batuan pada lapisan batuan yang berada di Gunung Ungaran didominasi dengan batuan vulkanik dan batuan beku (Faturrakhman, 2022). Gunung Ungaran terbagi menjadi tiga periode dalam evolusinya yaitu: Ungaran Paling Tua, Ungaran Tua dan Ungaran Muda. Setiap

periode memiliki perbedaan berdasarkan proses runtuhan karena vulkano-ektonik (Sugiyo, 2015).

Periode pertama, Gunung Ungaran Paling Tua terdiri dari piroklastik dan lava andesit basaltik dan diendapkan sebagai Formasi Damar Tengah dan Damar Atas. Akhir dari pertumbuhan Gunung Ungaran Paling Tua ini dengan perusakan tubuh Pleistosen Muda. Periode kedua, terdiri dari basalt andesitic augit-olivin dan akhir pertumbuhannya dengan runtuhan sistem sesar vulkano-tektonik. Periode ketiga, Gunung Ungaran Muda tersusun oleh breksi vulkanik Ungaran Tua dan Formasi Kalibiuk yang ditutupi endapan alluvial di bagian utara (Sugiyo, 2015).



Gambar 2. 6 Peta Geologi Gunung Ungaran

Struktur geologi Daerah Gunung Ungaran secara umum terdiri dari struktur runtuhan (*collapse structure*) yang memiliki arah dari barat menuju tenggara dan mengontrol batuan vulkanik penyusun terdapat sistem sesar berarah barat laut menuju barat daya serta sesar berarah tenggara menuju barat daya *pre-caldera* serta terdapat juga sesar regional (Miqdad, 2025).

Lokasi penelitian yang terletak di Gonoharjo termasuk dalam satuan geologi Gunung Ungaran, yang dibentuk oleh beragam jenis batuan vulkanik hasil aktivitas gunung api sejak zaman Plio-Pleistosen hingga Holosen. Tepat di Gonoharjo batuan yang paling menonjol adalah Formasi Undak Gunungapi Muda (Qum), yang tersusun atas breksi vulkanik, tufaa, batu pasir vulkanik dan konglomerat (Faturrakhman, 2022).

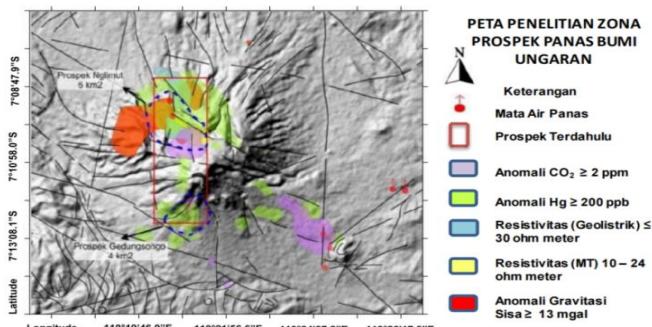
Tabel 2.2 Nilai Resistivitas Formasi Qum

| Formasi | Batuhan             | Nilai Resistivitas              |
|---------|---------------------|---------------------------------|
| Qum     | Breksi Vulkanik     | 177–198 $\Omega\cdot m$         |
|         | Tufaa               | 1.000–1.000.000 $\Omega\cdot m$ |
|         | Batu pasir vulkanik | 100–10.000 $\Omega\cdot m$      |
|         | Konglomerat         | 1.000–4.000 $\Omega\cdot m$     |

Keberadaan Formasi Qum di wilayah Gonoharjo memegang peranan penting dalam studi

panas bumi. Formasi yang terdiri dari batuan vulkanik memiliki sifat permeabel yang memungkinkan pergerakan fluida panas melalui rekahan dan pori-pori batuan. Sifat ini mendukung potensi sistem panas bumi di daerah tersebut, yang ditandai dengan manifestasi permukaan seperti mata air panas dan fumarol. Pemahaman mendalam mengenai formasi geologi di Gonoharjo menjadi dasar penting dalam eksplorasi dan pengembangan sumber daya panas bumi di wilayah ini (Sugiyono, 2015).

Zona prospek panas bumi terdahulu seluas 20 km<sup>2</sup> di Daerah Gunung Ungaran di dapat dari geologi permukaan Gunung Ungaran berdasarkan studi geologi, geofisika dan geokimia terdapat pada Gambar 2. Gedungsongo memiliki prospek panas bumi sebesar 4 km<sup>2</sup>, sedangkan di Daerah Ngelimit Gonoharjo sebesar 6 km<sup>2</sup>.



Gambar 2. 7 Zona Prospek Panas Bumi (Prihadi, 2013)

Didapatkan kontras anomali resistivitas ( $< 10 \Omega\text{-meter}$ ) dugaan akan sumber panas bumi di Daerah Gonoharjo, yang memungkinkan adanya reservoir pada bawah permukaan Daerah Ngelimut Gonoharjo (Prihadi, 2013).

### **C. Kajian Pustaka**

Beberapa artikel terkait dengan penelitian ini mencakup:

1. Penelitian oleh Tulus Prihadi, Supriyadi dan Sulhadi (2013), tentang aplikasi metode geolistrik dalam survei potensi hydrothermal di Daerah Gonoharjo Gunung Ungaran. Hasil penelitian menunjukkan sebaran air panas di sekitar sumber mata air panas tidak kontinu dan diduga muncul karena adanya rekahan batuan di bawah permukaan sehingga air panas mengalir melalui rekahan tersebut dan tertahan di lapisan yang mampu menyimpan air. Hasil pengukuran menunjukkan adanya lapisan konduktif dengan resistivitas  $< 5 \Omega\text{m}$  yang diperkirakan sebagai lapisan penudung, serta lapisan resistif ( $30-121 \Omega\text{m}$ ) yang diperkirakan sebagai reservoir air panas. Setelah dikorelasikan dengan peta geologi, penampang bawah permukaan diduga terdiri dari batuan tufaan, tufaa

gunungapi, agglomerat, dan batuan lava yang terbentuk dari material letusan gunungapi masa lampau.

Perbedaan antara penelitian penulis dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Tulus Prihadi dkk terletak pada metode yang digunakan dan tujuan penelitiannya. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi *schlumberger*. Sedangkan metode penelitian Tulus Prihadi dkk menggunakan konfigurasi *wenner* untuk melakukan survei potensi hydrothermal.

2. Penelitian oleh Muhammad Kadri dan Angelina Siallagan (2023), tentang dugaan potensi panas bumi di Desa Limang Kecamatan Tigabinanga Kabupaten Karo Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Dan Geolistrik Resistivitas. Potensi panas bumi di Desa Limang diperkirakan sebesar 78,9 MW yang dihitung menggunakan metode Lamp parameter, Citra landsat menunjukkan pengaruh NDVI dan elevasi terhadap LST serta adanya anomali yang menandakan potensi panas bumi. Struktur bawah tanah mengandung air yang tercampur dengan aliran sungai dan lapisan sedimen seperti lanau, lempung, dan batuan vulkanik tufaa. Aktivitas panas bumi menyebabkan air terperangkap dan mendidih, kemudian keluar ke permukaan sebagai manifestasi panas bumi, seperti yang terlihat pada penampang geolistrik.

Perbedaan antara penelitian penulis dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Muhammad Kadri dkk terletak pada lokasi, metode, dan fokusnya. Penelitian di Desa Limang, Kabupaten Karo, menggunakan citra satelit Landsat 8 dan geolistrik resistivitas untuk menganalisis potensi panas bumi secara luas berdasarkan anomali suhu permukaan. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger untuk fokus mengidentifikasi rekahan sebagai jalur fluida panas. Penelitian Muhammad Kadri dkk bersifat makro dengan pendekatan multi-metode, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh penulis lebih spesifik pada rekahan bawah permukaan.

3. Penelitian Syaiful Fauziah dan Khumaedi Suharto Linuwih (2015) mengenai Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Mata Air Panas Krakal Kebumen Dengan Metode Geolistrik. Penelitian ini menemukan bahwa di bawah permukaan daerah penelitian terdapat tiga jenis batuan yang berbeda. Batuan pertama adalah batu pasir dengan nilai resistivitas tertentu dan ketebalan hingga 20 meter. Batuan kedua adalah batu lempung berpasir dengan resistivitas antara 10 – 50  $\Omega$ m dan ketebalan 20 meter. Batuan ketiga adalah batu lempung gamping dengan kisaran

resistivitas 50 – 65  $\Omega$ m dan ketebalan 20 meter. Di sekitar daerah penelitian terdapat dua jenis akuifer, yaitu akuifer air panas dan air dingin. Kedua akuifer ini sulit dibedakan karena alat geolistrik yang digunakan tidak cukup sensitif untuk mendeteksi perbedaan suhu material. Temperatur air panas sekitar 40°C, sedangkan temperatur air dingin sekitar 28°C.

Perbedaan antara penelitian penulis dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Syaiful Fauziah dkk terletak pada lokasi penelitian. Lokasi penelitian penulis berada di Gonoharjo. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Syaiful Fauziah berada di Krakal Kebumen.

4. Penelitian oleh Alwin Daniel Simanjutak, M. Burhannudinnur dan Wildan Tri K (2021) mengenai intensitas dan Densita Rekahan Batuan Dasar menggunakan Metode *Windows Scan* dan *Scanline* Daerah Silokek, Sumatra barat. Di lokasi penelitian pada batuan granit, nilai intensitas rekahan dapat diukur dalam satu dimensi atau dua dimensi. Untuk pengukuran satu dimensi, nilai intensitas berkisar antara 9 hingga 31,8 per meter sepanjang garis pengukuran. Sementara itu, untuk pengukuran dua dimensi, nilai intensitasnya berkisar antara 0,11 hingga 0,46 cm/cm. Pengukuran jarak antar rekahan

menunjukkan bahwa rata-rata jarak tersebut bervariasi antara 0,32 hingga 1,09 cm pada batuan granit. Dari pengukuran menggunakan metode *windows scan* di setiap titik, diperoleh rentang nilai densitas rekahan sekitar 0,01 hingga 0,05 per  $\text{cm}^2$  untuk granit. Hasil ini mencerminkan densitas rekahan alami di masing-masing lokasi yang diukur.

Perbedaan antara penelitian penulis dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Alwin Daniel Simanjutak dkk terletak pada metode dan lokasi penelitian. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi *schlumberger* di Desa Gonoharjo Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal. Sedangkan metode penelitian Alwin Daniel Simanjutak dkk menggunakan metode *windows scan* dan *scaline* di Daerah Silokek, Sumatra barat.

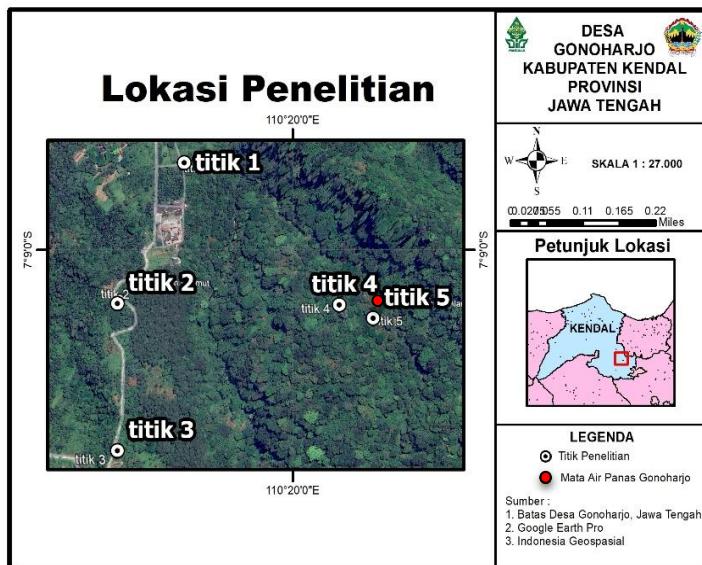
## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

##### 1. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di sebelah barat sumur mata air panas Dusun Ngelimit Desa Gonoharjo, Kecamatan Limbangan, Kendal. Gambar 3.1 menunjukkan 3 titik pengukuran yang setiap titik akan dilakukan penelitian menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger*.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

Pengukuran dilakukan pada sebelah barat sumber mata air panas yang diduga sebagai sumber rekahan, pada sebelah utara, selatan dan timur tidak memungkinkan untuk dilakukan penelitian karena merupakan jurang dengan akses susah serta berbahaya. Penetapan lokasi penelitian di kawasan Gonoharjo didasarkan pada kebutuhan untuk memperoleh informasi lebih lanjut mengenai struktur bawah permukaan, khususnya terkait keberadaan rekahan dan nilai resistivitas batuan di sekitar mata air panas.

Tabel 3. 1 Lokasi dan Titik Koordinat Penelitian

| <b>Titik Penelitian</b> | <b>Lokasi Penelitian</b>                     | <b>Koordinat Titik Penelitian</b> |
|-------------------------|--|-----------------------------------|
| Titik 1                 | Depan Pintu Masuk Wisata Mata Air Panas      | 7° 8'53.40"S dan 110°19'51.44"E   |
| Titik 2                 | Sebelah jalan di Daerah Gonoharjo            | 7° 9'4.07"S dan 110°19'46.15"E    |
| Titik 3                 | Dekat wisata La Persil de Ngelimit Gonoharjo | 7° 9'15.23"S dan 110°19'46.28"E   |
| Titik 4                 | Hutan Gonoharjo                              | 7° 9'4.18"S dan 110°20'3.70"E     |
| Titik 5                 | Dekat sumur mata air panas Gonoharjo         | 7° 9'5.19"S dan 110°20'6.38"E     |

## 2. Waktu Penelitian

Waktu pengambilan data ditunjukkan pada tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Rentan Waktu Tahapan Penelitian

| Tahap Penelitian               | Rentang Waktu                                      |
|--------------------------------|--|
| Penyusunan Proposal            | 1 September – 16 November 2024                     |
| Observasi Lapangan             | 26 September 2024                                  |
| Penentuan Titik Pengukuran     | 7 Oktober 2024                                     |
| Pengambilan Data               | 11 – 13 Desember 2024<br>dan 24 – 28 Februari 2025 |
| Pengolahan Data                | 1-24 Maret 2025                                    |
| Analisis dan Interpretasi Data | 25 Maret – 25 Mei 2025                             |

## B. Alat dan Software

Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan menggunakan konfigurasi *Schlumberger*. Peralatan yang digunakan dalam proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Resistivimeter, alat ini digunakan untuk mengukur resistivitas batuan dengan satuan  $\Omega$  meter ( $\Omega\text{m}$ ). resistivimeter bekerja dengan mengalirkan arus listrik melalui sampel material dan mengukur tegangan yang dihasilkan sehingga resistivitas dapat dihitung.

Resistivimeter yang digunakan adalah Resistiviti Bawono ver. 3.1 yang memiliki spesifikasi catu data 10V, ketelitian 0,1 mV dan arus keluar 2000mV.

2. Aki, digunakan sebagai sumber daya resistivimeter.
3. Elektroda, digunakan untuk menyalurkan arus listrik ke dalam tanah.
4. Kabel, digunakan untuk menghubungkan resistivimeter dengan elektroda.
5. Palu, digunakan untuk membantu elektroda menancap ke tanah.
6. Meteran, digunakan untuk mengukur jarak panjang lintasan dan jarak antar elektroda.
7. GPS, digunakan untuk menentukan koordinat penelitian.



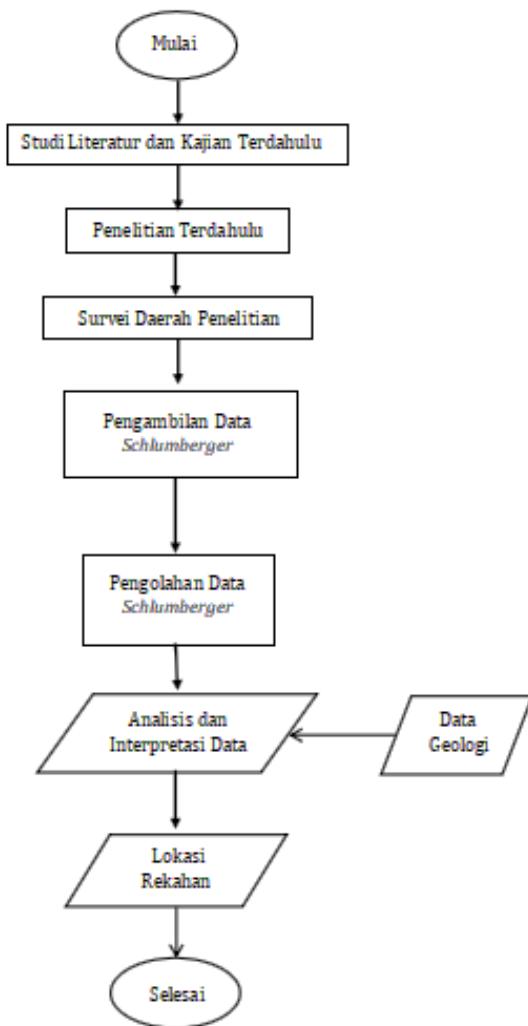
Gambar 3. 2 Alat dan Bahan Geolistrik

Selain alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan data, perangkat lunak juga diperlukan dalam proses pengambilan data. Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini Antara lain:

1. *Microsoft Exel*, digunakan untuk menghitung nilai resistivitas yang sudah didapat sebelumnya dalam proses pengambilan data dan selanjutnya dihitung agar mendapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya.
2. *ArcGIS* tipe 3.38.2, untuk pemetaan lokasi geografis.
3. *Google Earth Pro*, digunakan untuk menampilkan citra satelit daerah penelitian.
4. *Software Progress 3.0*, digunakan untuk pengolahan data *Shlumberger*.
5. *Surfer 29*, untuk membuat penampang lintasan dari metode geolistrik.

### C. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian disajikan dengan diagram alir seperti pada gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.4 menunjukkan langkah-langkah yang diambil dalam proses penelitian. Tahap pertama melakukan persiapan untuk melakukan pengukuran dan pengumpulan data di Gonoharjo, Kecamatan Limbangan, Kendal.

Penjelasan lebih rinci terkait diagram alir pada gambar 3.4 adalah sebagai berikut:

1. Tahap pertama adalah mencari tahu keberadaan manifestasi potensi panas bumi di daerah penelitian dengan mempelajari penelitian sebelumnya terkait penelitian di Gonoharjo.
2. Tahap kedua adalah menentukan posisi titik pengambilan data dan koordinatnya.
3. Tahap ketiga adalah pengambilan data metode geolistrik dengan menggunakan konfigurasi *Schlumberger*. Parameter yang didapatkan dalam pengambilan data menggunakan konfigurasi schlumberger adalah tegangan (V), kuat arus (I) dan jarak antar elektroda (AB/2 dan MN/2).
4. Tahap keempat adalah mengolah data yang sudah diambil dengan menggunakan software yang sudah dipersiapkan. Parameter yang dihasilkan dalam pengolahan data yaitu faktor geometri (K), resistivitas batuan ( $\rho$ ) dan kedalaman (depth).

5. Tahap kelima adalah menganalisis dan menginterpretasi data yang sudah diolah. Dalam hal ini penulis dapat menduga keberadaan rekahan serta mengetahui jenis batuan apa saja yang terdapat pada lokasi titik penelitian.

#### **D. Teknik Analisis Data**

Nilai resistivitas pada daerah panas bumi cenderung lebih rendah dibandingkan dengan batuan di daerah non-panas bumi. Hal ini terjadi karena panas bumi mempengaruhi porositas batuan, sehingga meningkatkan konduktivitasnya dan menurunkan resistivitas batuan tersebut. Kurva resistivitas di titik-titik penelitian dapat menunjukkan adanya anomali panas bumi; jika terdapat anomali panas bumi, maka kurva resistivitas dari ketiga titik penelitian akan berbeda, meskipun formasi batuannya sama. Namun, jika kurva resistivitas di ketiga titik penelitian serupa, maka besar kemungkinan tidak ada anomali panas bumi di titik-titik tersebut.

Data geologi sangat penting dalam menemukan rekahan di daerah panas bumi, karena memberikan banyak informasi tentang batuan di wilayah tersebut. Informasi ini mencakup jenis dan sifat batuan yang memengaruhi seberapa mudah batuan tersebut retak dan

apakah bisa menyalurkan fluida panas. Mudah retak, seperti batuan vulkanik atau sedimen, yang mungkin menjadi jalur utama bagi fluida. Jejak mineral yang terbentuk di sepanjang rekahan juga dapat terdeteksi melalui data geologi, yang memberi petunjuk lokasi dan arah rekahan. Data ini juga membantu menemukan zona yang memiliki daya hantar air tinggi, yang berpotensi menjadi tempat penyimpanan panas bumi karena memungkinkan fluida untuk bergerak. Secara keseluruhan, data geologi membantu memahami kondisi batuan di bawah permukaan dan memetakan rekahan, sehingga penting untuk menilai potensi panas bumi di suatu daerah.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

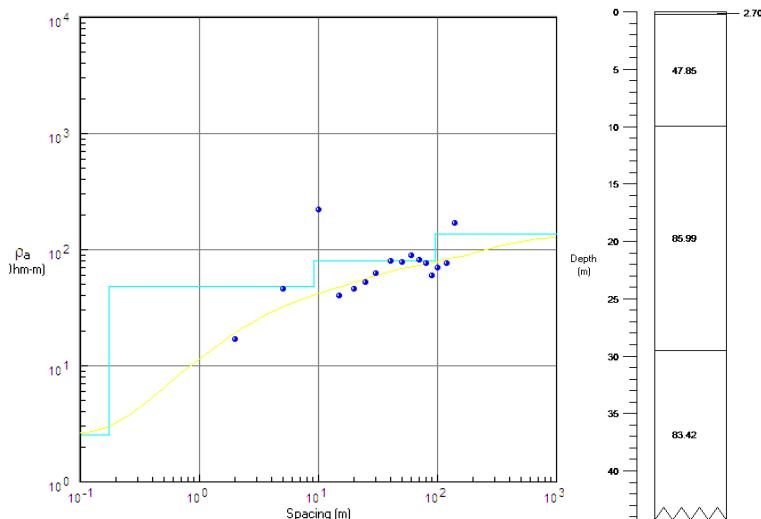
#### **A. Hasil Penelitian**

Pengambilan data dilakukan di Desa Gonoharjo, Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal dengan menggunakan alat *Resistivity meter* konfigurasi *Schlumberger*. Penelitian dilakukan sebanyak 5 (lima) titik yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Data tersebut memiliki variasi jarak elektroda arus (AB/2) mulai dari 80 meter hingga 140 meter. Sementara itu, jarak elektroda potensial (MN/2) maksimum 20 meter (kurang dari 1/3 elektroda arus). Apabila terjadi perubahan pada jarak elektroda potensial, maka dilakukan pengulangan pengukuran dengan menggunakan nilai MN/2 yang lama dan yang baru. Data hasil pengukuran tersebut disajikan pada lampiran 2.

#### **B. Pembahasan Penelitian**

Hasil perhitungan inversi yang dilakukan menggunakan software progress tipe 3.0, arti simbol kurva matching pada lampiran 3 yaitu: titik-titik pada kurva tersebut adalah nilai resistivitas semu observasi. Garis kuning pada gambar merupakan hasil pemodelan dari nilai resistivitas semu, yang menggambarkan

bagaimana nilai resistivitas berubah terhadap jarak antar elektroda dan karakteristik lapisan batuan di bawah permukaan. Garis ini membantu menunjukkan pola variasi resistivitas yang bisa mengindikasikan keberadaan struktur bawah tanah seperti rekanan, lapisan batuan, atau air tanah, sedangkan garis biru menggambarkan nilai resistivitas pada tiap lapisan.



Gambar 4.1 Kurva Matching pada titik 4

Untuk mendapatkan Gambar 4.1 digunakan pendekatan teoritis yang mengansumsikan bahwa bawah permukaan terdiri dari beberapa lapisan horizontal dengan resistivitas dan ketebalan tertentu. Dalam konfigurasi schlumberger, arus listrik dialirkan melalui elektroda A dan B, sedangkan tegangan diukur

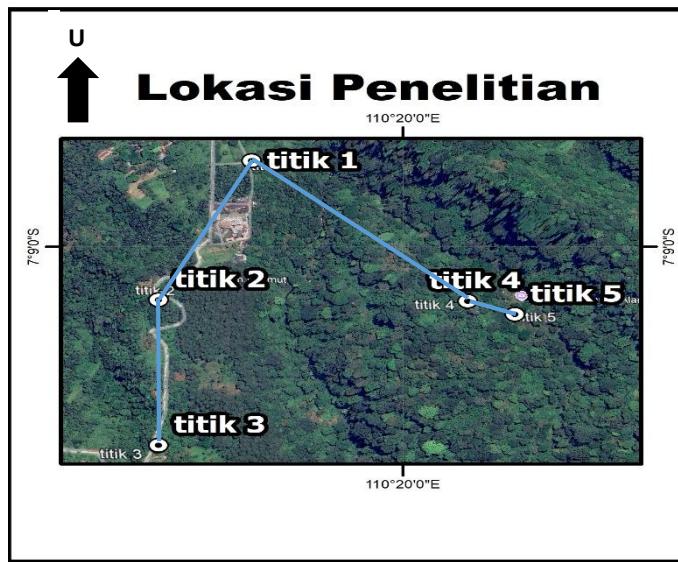
di antara elektroda M dan N yang berada di tengah. Berdasarkan hukum Ohm, resistivitas semu dihitung menggunakan rumus:  $\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$ . Setelah data lapangan dikumpulkan lalu dilakukan forward modeling, yaitu proses perhitungan resistivitas semu dari model awal bawah permukaan yang diasumsikan. Kurva hasil perhitungan ini kemudian dibandingkan dengan data pengukuran. Jika tidak sesuai dilakukan inversi, yaitu proses iterative untuk menyesuaikan parameter model (resistivitas dan ketebalan lapisan) hingga kurva hasil simulasi mendekati data lapangan.

Kurva matching menunjukkan adanya 4 lapisan. Berdasarkan tabel pada lampiran 4 ditetapkan empat lapisan bawah permukaan dengan nilai resistivitas antara  $0.24 - 1,32 \times 10^6 \Omega \cdot \text{m}$ . Penetapan tersebut diterapkan pada semua titik karena kelima titik berada pada formasi yang sama. Pemilihan jumlah lapisan dan nilai resistivitas berdasarkan pada kurva resistivitas semu hasil pengukuran di lapangan dan kajian geologi dari daerah penelitian. Berdasarkan data resistivitas yang diperoleh terdapat perubahan nilai resistivitas (tekukan atau perubahan arah kemiringan) dengan bertambahnya kedalaman. Perubahan ini menunjukkan adanya batas-batas antar lapisan bawah

permukaan dengan karakteristik material yang berbeda. Model empat lapisan dipilih karena mampu mempresentasikan kondisi bawah permukaan secara konsisten pada seluruh titik pengukuran. Setiap perubahan resistivitas menunjukkan batas alami antar lapisan.

Peneliti memilih batuan tufa, breksi vulkanik, pasir vulkanik dan konglomerat untuk menentukan lapisan-lapisan geologi di daerah penelitian berdasarkan hasil kajian terdahulu yang menunjukkan adanya variasi komposisi dan kondisi fisik material bawah permukaan. Kemudian nilai-nilai tersebut disesuaikan dengan hasil pengukuran nilai resistivitas dengan cara membuat model (forwad model) sehingga cocok dengan kurva hasil pengukuran. Daerah Gonoharjo merupakan kawasan vulkanik di daerah Gunung Unagaran yang menghasilkan berbagai material letusan, seperti pasir vulkanik dan tufa dari endapan abu, serta breksi dan konglomerat dari material berukuran besar yang terangkut oleh proses vulkanik dan air. Pemilihan batuan ini juga didukung oleh kesesuaian karakteristik fisik masing-masing

batuan terhadap nilai resistivitas yang diperoleh di lapangan.

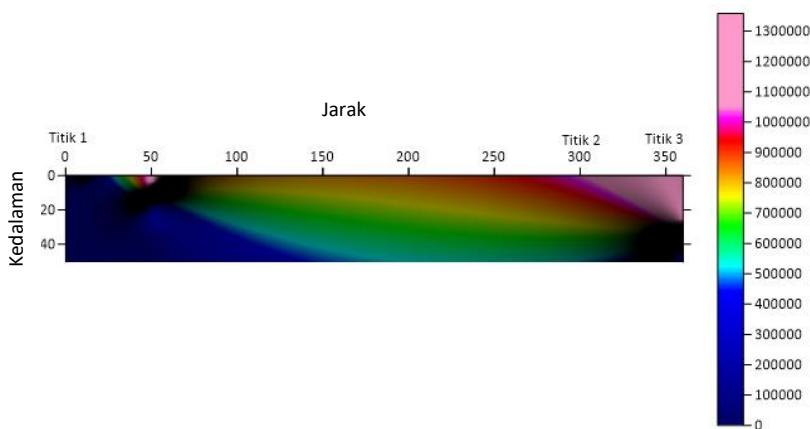


Gambar 4.2. Peta Survei Geolistrik di Desa Gonoharjo

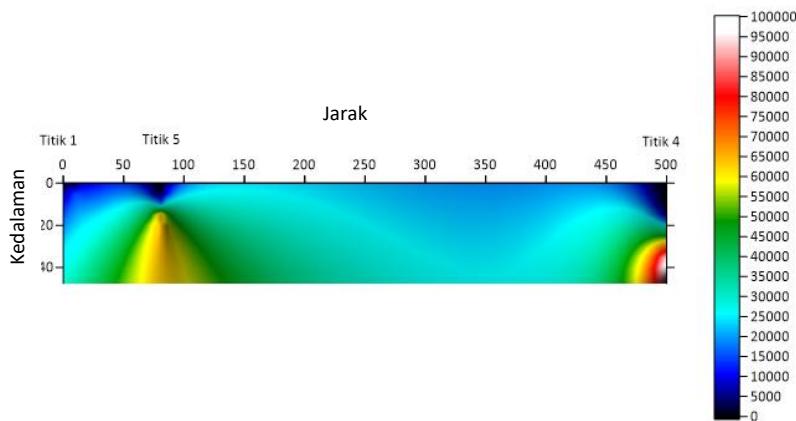
Dua lintasan dibuat untuk mempermudah penyusunan penampang geolistrik dalam menduga keberadaan rekahan di bawah permukaan. Lintasan pertama terdiri dari titik 1, 2, dan 3, sedangkan lintasan kedua terdiri dari titik 1, 4, dan 5. Penyusunan lintasan tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran variasi resistivitas yang merepresentasikan jalur rekahan sebagai jalur potensial aliran fluida panas. Pada titik 1, 2 dan 3 terletak di bagian barat yang

cenderung menjauhi sumur mata air panas. Hasil pengukuran menunjukkan nilai resistivitas yang semakin tinggi seiring bertambahnya kedalaman. Hal ini sesuai jika di bawah permukaan terdapat batuan beku, yang memang jenis batuan padat dan keras. Batuan beku ini tidak punya banyak rongga, jadi air pun susah masuk dan arus listrik juga nggak gampang lewat. Makanya resistivitas di bagian ini jadi tinggi. Kondisi ini juga menunjukkan kalau batuan di bawah sana masih cukup segar atau belum banyak mengalami pelapukan.

Sementara itu, di titik 4 dan titik 5, nilai resistivitas justru mulai menurun. Meskipun seluruh titik pengukuran berada pada formasi geologi yang sama, sehingga seharusnya memiliki respon geolistrik yang mirip atau tidak jauh berbeda. Namun pada penelitian ini hasil pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai resistivitas antar titik. Hal ini dikarena adanya kontaminasi air panas dari sistem hidrotermal yang berada di sekitar lokasi. Air panas mengandung silika dan mineral-mineral lain yang bersifat konduktif, sehingga arus listrik bisa lebih mudah mengalir. Ketika air panas ini meresap ke dalam batuan, resistivitasnya menjadi lebih rendah dibandingkan batuan kering di sekitarnya.



Gambar 4.3. Penampang Lintang Lintasan 1, 2 dan 3



Gambar 4.4. Penampang Lintang Lintasan 1, 4 dan 5

Gambar 4.4 dan 4.5 merupakan hasil visualisasi data resistivitas bawah permukaan menggunakan *software Surfer*, yang umum digunakan dalam pemetaan geofisika. Proses mendapatkan gambar ini dimulai dari pengukuran di lapangan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger. Arus listrik dialirkan ke dalam tanah melalui elektroda, dan beda potensial diukur untuk menghitung resistivitas semu menggunakan rumus  $\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$ . Data yang diperoleh kemudian disusun dalam format tabel berisi jarak (X), kedalaman (Z), dan nilai resistivitas. Data hasil pengukuran resistivitas semu pada berbagai jarak bentangan kemudian disusun ke dalam bentuk penampang semu untuk menggambarkan resistivitas berdasarkan posisi dan kedalaman semu. Namun, karena penampang semu belum mencerminkan kondisi nyata bawah permukaan, maka dilakukan proses inversi numerik (menggunakan *software Progress*) untuk mengubah data resistivitas semu menjadi model resistivitas sebenarnya. Hasil inversi ini berupa grid data dua dimensi yang menunjukkan distribusi resistivitas di bawah permukaan. Data ini diinput ke dalam Surfer dan diolah menggunakan. Selanjutnya, grid hasil inversi tersebut

diimpor ke dalam Surfer untuk divisualisasikan sebagai penampang 2D berwarna. Dalam penampang ini, sumbu horizontal menunjukkan posisi lintasan (dalam meter), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan kedalaman (juga dalam meter). Warna-warna pada penampang mewakili nilai resistivitas, dengan warna biru hingga hijau menunjukkan nilai resistivitas rendah (biasanya diasosiasikan dengan lapisan jenuh air, lempung, atau zona rekahan berisi fluida), dan warna kuning hingga merah menunjukkan nilai resistivitas tinggi (biasanya mewakili batuan keras, zona kering, atau rekahan yang terisi gas atau udara). Dengan demikian, penampang ini memudahkan dalam interpretasi struktur bawah permukaan secara lateral dan vertikal, sangat berguna dalam eksplorasi air tanah, geothermal, maupun rekahan batuan.

Berdasarkan hasil interpretasi data, lokasi rekahan diperkirakan berada di sekitar titik 4 dan 5. Hal ini ditunjukkan oleh adanya anomali yang signifikan pada kedalaman 10 hingga 100 meter, seperti resistivitas yang mengindikasikan adanya ketidakteraturan bawah permukaan. Ketidakteraturan tersebut diperkirakan rekahan yang berada pada kedalaman antara 10 hingga 100 meter. Perkiraan

rekahan tersebut berdasarkan penurunan nilai resistivitas yang signifikan. Penurunan tersebut terjadi jika terdapat ketidakselarasan litologi yang kemungkinan besar adalah rekahan yang terisi air panas. Hal itu sesuai dengan lokasi titik penelitian yang berdekatan dengan air panas yang mengindikasikan rekahan sebagai bagian dari sistem panas bumi.

Dari kondisi tersebut, bisa diketahui kalau keberadaan air panas yang mengandung mineral bisa membuat resistivitas batuan jadi rendah. Sebaliknya, kalau batuannya padat, kering, dan tidak banyak mengandung air atau mineral terlarut, resistivitasnya menjadi tinggi. Perbedaan ini bisa jadi petunjuk penting buat mengetahui jenis batuan dan kondisi bawah permukaan di daerah penelitian.

Kelima titik penelitian berada di formasi batuan yang sama, tetapi hasil pengukuran resistivitasnya menunjukkan perbedaan. Perbedaan ini disebabkan oleh pengaruh panas bumi di sekitar titik-titik tersebut. Panas bumi dapat menyebabkan perubahan sifat fisik batuan, seperti meningkatkan suhu atau mengubah jumlah air di dalam pori-porinya. Hal ini membuat nilai resistivitas yang terbaca menjadi berbeda, walaupun jenis batunya tetap sama. Selain itu, variasi resistivitas juga bisa dipengaruhi oleh adanya

perubahan kandungan mineral atau fluida konduktif seperti uap dan air panas yang meresap ke dalam batuan akibat aktivitas panas bumi.

Pengolahan data sounding geolistrik dengan konfigurasi Schlumberger pada penelitian ini memberikan gambaran umum tentang kondisi bawah permukaan di sepanjang jalur pengukuran. Namun, data yang didapatkan belum bisa dikatakan sebagai data yang terbaik. Hal ini disebabkan oleh beberapa keterbatasan, seperti jumlah titik sounding yang masih sedikit (hanya lima titik), jarak antar titik yang cukup jauh, serta penggunaan metode Schlumberger yang sebenarnya lebih cocok untuk mengetahui kondisi bawah permukaan pada satu titik saja (1D), bukan untuk membuat penampang bawah permukaan secara menyeluruh (2D). Meskipun data yang diperoleh belum sepenuhnya sempurna, metode ini tetap dapat memberikan gambaran awal keberadaan rekahan, karena rekahan yang terisi fluida umumnya memiliki resistivitas berbeda dibandingkan batuan utuh.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai resistivitas bawah permukaan di lokasi penelitian antara  $0.24 - 1,32 \times 10^6 \Omega.m$  menunjukkan adanya perbedaan antara satu lapisan dengan lapisan lainnya. Nilai resistivitas yang rendah menunjukkan adanya lapisan yang mengandung fluida, sedangkan nilai yang tinggi menunjukkan lapisan batuan yang lebih padat dan keras yang tidak terkontaminasi fluida.
2. Jenis batuan yang ditemukan di daerah penelitian terdiri dari tufa, breksi vulkanik, pasir vulkanik, dan konglomerat. Jenis batuan ini sesuai dengan kondisi geologi di Gunung Ungaran yang terbentuk dari aktivitas gunung api.
3. Hasil interpretasi data menunjukkan adanya zona rekahan atau retakan di bawah permukaan yang diduga menjadi jalur bagi fluida panas bumi untuk naik ke permukaan serta diadapatkan ketidakselarasan nilai resistivitas di titik 4 dan titik 5 pada kedalaman 10 hingga 100 meter. Zona ini

terlihat dari pola resistivitas yang berubah dan berada di antara lapisan batuan yang berbeda.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian dapat dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal maka berikut beberapa saran:

1. Pada saat pengambilan data, diperlukan pengulangan pengukuran untuk memaksimalkan keakuratan hasil data yang diperoleh.
2. Memperbanyak titik penelitian dan memperluas area pengukuran agar dapat mengambarkan penampang bawah permukaan dengan detail dan akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. A. (2020). Studi Kualitas Batuan Reservoir Formasi Ngrayong Menggunakan Metode Petrofisik  $K = \mu QL$ . 150-155.
- Agustiyar, F. (2022). Kajian Potensi Panas Bumi Sebagai Renewable Energi dan Pemanfaatanya pada Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Telomoyo Magelang. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energi*.
- Alexon, J. (2020). Analisis rekahan batuan pada uji kuat tekan uniaksial. *Prosiding seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 411-415.
- Amin, M. (2023). Identifikasi lapisan aquifer berdasarkan metoda geolistrik konfigurasi Wenner Schlumberger di Desa Petuaran Hilir Kecamatan Pegajahan Kabupaten Serdang Bedagai. *Jurnal Teknologi Informasi dan Industri*, 167-177.
- Amsir. (2023). Pendugaan Sebaran Intrusi Air Laut di Desa Jeulingke Menggunakan Metode 2D Resistivitas. 30-37.
- Arafat, R. (2020). ANALISIS KETEBALAN BATUAN PENUDUNG SISTEM PANAS BUMI NON-VULKANIK BERDASARKAN METODE MAGNETOTELLURIK. 1-6.

- Aryaseta, B. (2017). Aplikasi Metode Induced Polarization untuk Mengidentifikasi Akifer di Daerah Sutorejo , Surabaya. 84-86.
- Aulia, M. R. (2020). Karakteristik Reservoir Berdasarkan Analisis Petrofisik Pada Formasi Baturaja, Cekungan Jawa Barat Utara. *Geosains dan Teknologi*.
- Auzan Fildzah Hakim, K. F. (2022). Potensi dan Pemanfaatan Energi Panas Bumi di Indonesia . *Indonesian Journal of Conservation*, 72-77.
- Basid, A. (2014). PENDUGAAN RESERVOIR SISTEM PANAS BUMI DENGAN MENGGUNAKAN SURVEY GEOLISTRIK, RESISTIVITAS DAN SELF POTENSIAL ( Studi Kasus : Daerah Manifestasi Panas Bumi di Desa Lombang , Kecamatan Batang-Batang, Sumenep). 57-70.
- Bryan, W. r. (2024). Identifikasi Bidang Gelincir dengan Metode Geolistrik Dipole-Dipole Daerah Jambewangi dan Sekitarnya , Kecamatan Pakis , Kabupaten Magelang , Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Teknomineral*, 16-21.
- Emianto, Y. B. (2011). STUDI GEOKIMIA FLUIDA PANASBUMI DAERAH PROSPEK PANASBUMI NGLIMUT, G. UNGARAN.
- Faizin, N. (2021). Identification of Soil Layers and Rock Using the Geoelectrical Method of Schlumberger Configuration at Durjo Coffee Plantations, Jember

- Regency, East Java. *Jurnal Teknologi Sumberdaya Mineral*.
- Fajar, A. (2023). Studi Literatur : Kajian Geoteknik Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Pendekatan Metode Geofisika. 1-8.
- Faris, A. (2019). Identifikasi Sebaran Akuifer dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Desa Gedangan , Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang. *Natural B*, 28-34.
- Fatimah. (2017). Analis potensi panas bumi dengan metode geomagnetik di daerah gedong songo ungaran jawa tengah. *KURVATEK*, 35-43.
- Faturrakhman, M. L. (2022). Analisis Geologi dan Geomorfologi Kuantitatif Daerah Vulkanik Menggunakan Citra Landsat 8 dan TerraSAR-X (Studi Kasus Gunungapi Ungaran). *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 53-60.
- Fauziyah, S. (2015). INTERPRETASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DAERAH MATA AIR PANAS KRAKAL KEBUMEN DENGAN METODE GEOLISTRIK. *Unnes Physics Journal*.
- Fossen, H. J. (2016). Fault Interaction in Porous Sandstone and Implications for Reservoir Management; Examples from Southern Utah.

- Haluk, H. (2014). PENGARUH PERMEABILITAS RESERVOIR TERHADAP PEMBENTUKAN LAPANGAN PANASBUMI. *ISTEC*.
- Haryono, M. B. (2023). Pemodelan Anomali Self Potential (SP) Menggunakan Algoritma MVDE (Multi Variant Differential Evolution). 12-18.
- Hasan, M. W. (2022). Analisis Struktur Lapisan Batuan Dibawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Dan Dipol-Dipol Di Desa Ngalang. *Jurnal Sains Fisika* , 1-7.
- Hisan, N. K. (2020). Hydrostructure of Groundwater Manifestation of Gedongsongo Geothermal Ungaran, Semarang, Central Java, Indonesia. *Journal of Earth and Marine Technology (JEMT)*, 31-39.
- Hlatywayo, D. (2012). Electrical resistivity survey for groundwater investigations and shallow subsurface evaluation of the basaltic-greenstone formation of the urban Bulawayo aquifer. *Physics and Chemistry of the Earth*, 44-51.
- Hudha, S. N. (2014). MENGGUNAKAN METODE SEISMIK REFRAKSI DI LAPANGAN PANAS BUMI DIWAK DAN DEREKAN , KECAMATAN BERGAS, KABUPATEN SEMARANG. *Youngster Physics Journal*, 263-268.
- ISNENI, R. S. (2021). ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP ( INDUCED POLARIZATION ) UNTUK MENGETAHUI

SEBARAN LUMPUR DI BAWAH PERMUKAAN ( Studi Kasus Desa Sekarkurung Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik ).

Kadri, M. (2019). Penentuan Struktur Bawah Permukaan Daerah Geothermal Menggunakan Metode Geolistrik di Desa Penen Kecamatan Biru Biru Kabupaten Deli Serdang. *Tunas Geografi*.

Kana, J. D. (2015). A review of geophysical methods for geothermal exploration. *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, 87-95.

Kiswarasari, P. (2013). *Aplikasi metode seismik refraksi untuk mendeteksi potensi longsor di desa deliksari kecamatan gunungpati semarang*.

Koirala, R. (2024). Induced seismicity and surface deformation associated with long-term and abrupt geothermal operations in Blue Mountain , Nevada. *Earth and Planetary Science Letters*.

Koyong, M. (2017). Pemanfaatan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole untuk Investigasi Sumber Air Panas di Kelurahan Paniki Bawah Minahasa Utara.

Kurnianto, B. (2021). IDENTIFIKASI DAERAH PROSPEK PANASBUMI BERDASARKAN ANALISIS KELURUSAN DAN FAULT FRACTURE DENSITY ( FFD ) LAPANGAN PANASBUMI GUNUNG UNGARAN , KABUPATEN

- SEMARANG, JAWA TENGAH. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*, 65-72.
- Laitupa, K. (2020). PENGARUH PELAPUKAN TERHADAP REKAHAN BATUAN UTUH MELALUI PENGUJIAN DI LABORATORIUM. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang* , 26-34.
- Mary, R. T. (2017). Panas Bumi Sebagai Harta Karun Untuk Menuju Ketahanan Energi Ketergantungan Indonesia terhadap energi terhadap fluktuasi ketersediaan dan harga. 217-237.
- Mayori, J. E. (2023). Pemetaan Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas I-D di Desa Rasabou, Kecamatan Hu'u, Kabupaten Dompu. *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan*, 30-38.
- Meilani, H. (2010). POTENSI PANAS BUMI SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PENGGANTI BAHAN BAKAR FOSIL UNTUK PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI INDONESIA. *Jurnal Ekonomi dan kebijakan Publik*, 47-74.
- Nugraha, G. G. (2015). IDENTIFIKASI KEBERADAAN REKAHAN PADA FORMASI KARBONAT MELALUI REKAMAN LOG DAN BATUAN INTI. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 562-570.

- Nugroho, M. (2021). Pendekatan Metode Geolistrik dalam Perencaan Pondasi. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Octavani, A. S. (2019). Analisis Resistivitas Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Dan Dipole-Dipole Di Daerah Geothermal Gunung Sibayak Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara. *EINSTEIN e-JOURNAL*.
- Pamungkas, M. B. (2023). Identifikasi Potensi Akuifer Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Sclumberger Dan Perencanaan Sumur Air Dalam Untuk Kebutuhan Air Bersih Di Wilayah Sampang , Pulau Madura, Jawa Timur.
- Permadi, K. D. (2013). Pemetaan Potensi Panas Bumi (Geothermal) Untuk Mendukung Program Energi Nasional Jawa Timur (Studi Kasus : G. Lamongan, Kab. Probolinggo). *Geoid*, 198.
- Prihadi, T. (2013). Aplikasi Metode Geolistrik Dalam Survey Potensi Hidrothermal ( Studi Kasus Sumber Air Panas Nglimut Gonoharjo Gunung Ungaran ).
- Putri, C. S. (2020). Komunikasi Fisika Indonesia ANALISA KEDALAMAN AIR PANAS MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI OBJEK WISATA AIR PANAS PAWAN.

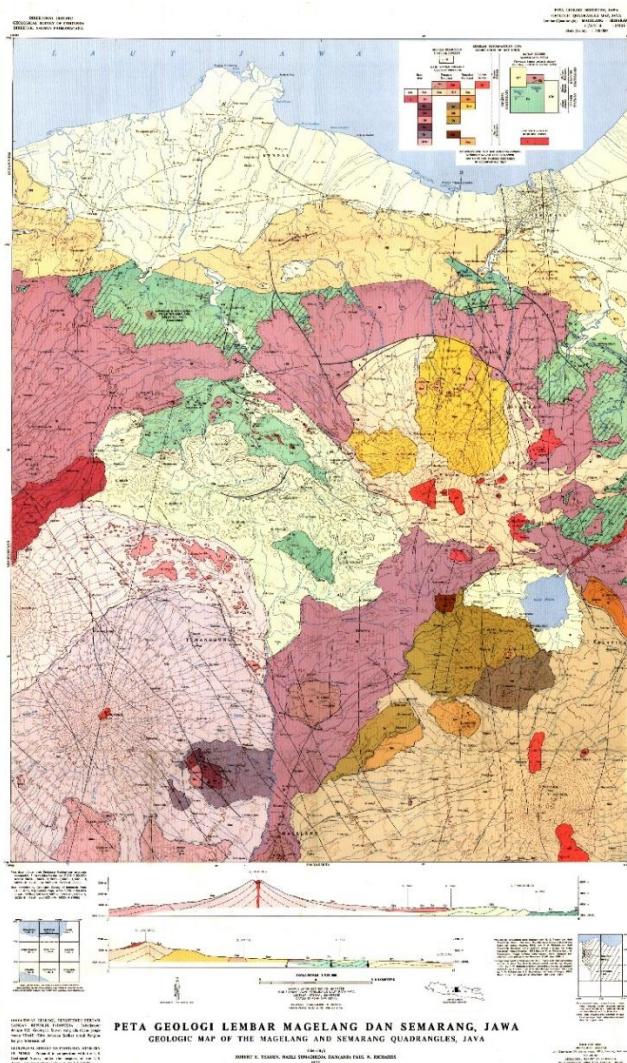
- Ratsanjani, H. (2021). Eksplorasi sumber air tanah bawah perbukitan kapur ( karst ) menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger di desa Darmakradenan kecamatan Ajibarang kabupaten Banyumas.
- Ristiani. (2016). STUDI SEBARAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN METODE HAMBATAN JENIS KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE DI DAERAH PANASBUMI DESA NAMO. *Gravitasi*, 1-8.
- Roberts, J. J. (2001). ELECTRICAL RESISTIVITY MEASUREMENTS OF INTACT AND FRACTURED GEOTHERMAL RESERVOIR ROCKS. *PROCEEDINGS, Twenty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University*.
- RUPININGSIH, S. (2010). APLIKASI METODE SELF POTENSIAL DALAM MENENTUKAN ALIRAN AIR BAWAH TANAH DI WILAYAH CISOKA TANGERANG.
- Santoso, J. (2002). *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
- Sapina, E. (2023). Identification of Soil Layer Structure in Peatland Using Wenner-Schlumberger Resistivity Method. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 142-149.
- Saragih, D. A. (2020). IDENTIFIKASI LAPISAN BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DI KAWASAN KOMERSIAL.

- Sari, R. J. (2018). POTENSI PANAS BUMI GEDONGSONGO LERENG SELATAN GUNUNG UNGARAN JAWA TENGAH BERDASARKAN ANALISIS GEOSAINS . *Jurnal OFFSHORE*, 34-42.
- Situmorang, A. M. (2021). BUMI DAERAH GERAGAI DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK 2D.
- Sugiyo, E. W. (2015). Kajian Panas Bumi Daerah Medini – Gonoharjo Berdasarkan Data Geomagnetik. *Unnes Physics Journal*, 41-48.
- Suharsono, H. S. (2015). Model Numerikal Reservoir Sistem Panasbumi Pada Daerah Topografi Relatif Datar Untuk Mencari Kondisi Natural State Dan Menganalisa Sensitivitas Panas Pada Reservoir Menggunaan Software Tough2. *Seminar Nasional Informatika* , 62-71.
- Sumotarto, U. (2015). *Eksplorasi Panas Bumi*. [www.penerbitombak.com](http://www.penerbitombak.com).
- Suryadi, Y. (2015). TEMPERATUR DAERAH PANASBUMI DESA MANTIKOLE Identifying the subsurface layer structure and the temperature distribution of geothermal areas in Mantikole village. 28-35.
- Suyanto, I. (2014). Dipole-dipole Untuk Identifikasi Dan Perhitungan Sumber Daya Asbuton Di Daerah Kabungka, Pasarwajo, Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Fisika Indonesia*, 1-7.

- Syahwanti, H. (2014). Aplikasi Metode Magnetotellurik Untuk Pendugaan Reservoir Panas Bumi (Studi Kasus: Daerah Mata Air Panas Cubadak, Sumatera Barat). 71-78.
- Tareen, M. S. (2024). Assessment of geothermal energi potential from abandoned oil and gas wells. *Applied Energi*.
- Telford, G. a. (1990). *The resistivity values of various rocks, soils, and minerals*.
- UMROH, Z. (2018). ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP ( INDUCED POLARIZATION ) UNTUK MENGETAHUI SEBARAN LUMPUR DI ( Studi Kasus Desa Jari , Kecamatan Gondang , Kabupaten Bojonegoro ).
- Utiya, J. (2015). Metode geolistrik restivitas konfigurasi wenner-schlumberger dan konfigurasi dipole-dipole untuk identifikasi patahan manado di kecamatan paaldua kota manado. *Jurnal Ilmiah Sains*.
- William, T. S. (2020). Karakteristik Geokimia Air Panas dan Perkiraan Temperatur Bawah Permukaan Panas Bumi Daerah Oma dan Tulehu Kabupaten Maluku Tengah. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 338-348.
- Yuliantono, F. (2023). Analisis Anomali Self Potential di sekitar Permukaan Bawah Tanah Departemen Teknik Kimia ITS.
- Zuhdi, M. (2021). *PENGANTAR GEOFISIKA*. Penerbit Einstein College.

## Lampiran 1

### Peta geologi Semarang – Magelang



## Lampiran 2

### LEMBAR PENCATATAN PENDUGAAN GEOLISTRTIK

#### Titik 1 Konfigurasi Schlumberger

Tgl : 16/10/2024

Lokasi : Lintasan 1 Depan Pintu Masuk Wisata Mata Air  
Panas

Koor X :  $7^{\circ} 8'53.40"S$

Koor Y :  $110^{\circ}19'51.44"E$

| MN/2 | AB/2 | K       | I (mA) | DC(mV) | App. Rho ( $\Omega M$ ) |
|------|------|---------|--------|--------|-------------------------|
| 0.5  | 2    | 11.78   | 17     | 179.6  | 124.46                  |
| 0.5  | 5    | 77.75   | 18     | 118.5  | 511.88                  |
| 0.5  | 10   | 313.37  | 18     | 30.2   | 525.77                  |
| 2    | 10   | 75.40   | 22     | 186.1  | 637.80                  |
| 2    | 15   | 173.57  | 18     | 83     | 800.36                  |
| 2    | 20   | 311.02  | 6      | 21.4   | 1109.30                 |
| 2    | 25   | 487.73  | 18     | 81.1   | 2197.50                 |
| 2    | 30   | 703.72  | 5      | 72.7   | 10232.04                |
| 2    | 40   | 1253.50 | 9      | 35.5   | 4944.34                 |
| 2    | 50   | 1960.35 | 24     | 138    | 11272.03                |
| 10   | 50   | 376.99  | 8      | 47.2   | 2224.25                 |
| 10   | 60   | 549.78  | 5      | 152.8  | 16801.24                |
| 10   | 70   | 753.98  | 10     | 11.9   | 897.24                  |
| 10   | 80   | 989.60  | 6      | 7.4    | 1220.51                 |

## LEMBAR PENCATATAN PENDUGAAN GEOLISTRTIK

Titik 2 Konfigurasi Schlumberger

Tgl : 24/02/2025

Lokasi : Lintasan 2 Sebelah Jalan Di Daerah Gonoharjo

Koor X :  $7^{\circ} 9'4.07"S$

Koor Y :  $110^{\circ}19'46.15"E$

| MN/2       | AB/2       | K              | I (mA) | DC(mV) | App. Rho (ΩM)    |
|------------|------------|----------------|--------|--------|------------------|
| <b>0.5</b> | <b>2</b>   | <b>11.78</b>   | 0.1    | 21.2   | <b>2497.57</b>   |
| <b>0.5</b> | <b>5</b>   | <b>77.75</b>   | 0.13   | 13.5   | <b>8074.50</b>   |
| <b>0.5</b> | <b>10</b>  | <b>313.37</b>  | 0.12   | 15.3   | <b>39955.17</b>  |
| <b>2</b>   | <b>10</b>  | <b>75.40</b>   | 0.12   | 81.5   | <b>51207.96</b>  |
| <b>2</b>   | <b>15</b>  | <b>173.57</b>  | 0.29   | 30.6   | <b>18314.94</b>  |
| <b>2</b>   | <b>20</b>  | <b>311.02</b>  | 0.28   | 46.8   | <b>51984.38</b>  |
| <b>2</b>   | <b>25</b>  | <b>487.73</b>  | 0.36   | 76.5   | <b>103643.11</b> |
| <b>2</b>   | <b>30</b>  | <b>703.72</b>  | 0.17   | 38.6   | <b>159785.10</b> |
| <b>2</b>   | <b>40</b>  | <b>1253.50</b> | 0.36   | 30.8   | <b>107243.50</b> |
| <b>2</b>   | <b>50</b>  | <b>1960.35</b> | 0.4    | 29.8   | <b>146046.36</b> |
| <b>10</b>  | <b>50</b>  | <b>376.99</b>  | 0.24   | 16.5   | <b>25918.14</b>  |
| <b>10</b>  | <b>60</b>  | <b>549.78</b>  | 0.12   | 18.2   | <b>83383.11</b>  |
| <b>10</b>  | <b>70</b>  | <b>753.98</b>  | 0.12   | 22.7   | <b>142628.31</b> |
| <b>10</b>  | <b>80</b>  | <b>989.60</b>  | 0.19   | 19     | <b>98960.17</b>  |
| <b>10</b>  | <b>90</b>  | <b>1256.64</b> | 0.17   | 20.3   | <b>150057.25</b> |
| <b>10</b>  | <b>100</b> | <b>1555.09</b> | 0.29   | 13.5   | <b>72392.04</b>  |

## LEMBAR PENCATATAN PENDUGAAN GEOLISTRIK

Titik 3 Konfigurasi Schlumberger

Tgl : 25/02/2025

Lokasi : Lintasan 3 Dekat Wisata La Persil de Nglimut

Koor X :  $7^{\circ} 9'15.23"S$

Koor Y :  $110^{\circ}19'46.28"E$

| MN/2 | AB/2 | K       | I (mA) | DC(mV) | App. Rho ( $\Omega M$ ) |
|------|------|---------|--------|--------|-------------------------|
| 0.5  | 2    | 11.78   | 0.31   | 99.1   | 3766.11                 |
| 0.5  | 5    | 77.75   | 0.24   | 73.6   | 23844.69                |
| 0.5  | 10   | 313.37  | 0.31   | 83.9   | 84813.12                |
| 2    | 10   | 75.40   | 0.35   | 122.2  | 26324.75                |
| 2    | 15   | 173.57  | 0.31   | 83.3   | 46640.74                |
| 2    | 20   | 311.02  | 0.22   | 28.5   | 40290.93                |
| 2    | 25   | 487.73  | 0.9    | 164    | 88875.66                |
| 2    | 30   | 703.72  | 0.32   | 102.1  | 224529.63               |
| 2    | 40   | 1253.50 | 0.22   | 151.2  | 861493.25               |
| 2    | 50   | 1960.35 | 0.37   | 61.4   | 325312.77               |
| 10   | 50   | 376.99  | 0.36   | 91.1   | 95399.70                |
| 10   | 60   | 549.78  | 0.3    | 120.4  | 220644.52               |
| 10   | 70   | 753.98  | 0.32   | 80.4   | 189438.04               |
| 10   | 80   | 989.60  | 0.32   | 182.3  | 563763.71               |
| 10   | 90   | 1256.64 | 0.27   | 125.7  | 585034.37               |
| 10   | 100  | 1555.09 | 0.28   | 177.3  | 984704.17               |

## LEMBAR PENCATATAN PENDUGAAN GEOLISTRIK

Titik 4 Konfigurasi Schlumberger

Tgl : 09/10/2024

Lokasi : Lintasan 4 Hutan Gonoharjo

Koor X :  $7^{\circ} 9'4.18"S$

Koor Y :  $110^{\circ}20'3.70"E$

| MN/2 | AB/2 | K              | I (mA) | DC(mV) | App. Rho<br>( $\Omega M$ ) |
|------|------|----------------|--------|--------|----------------------------|
| 0.5  | 2    | <b>11.78</b>   | 72     | 103.1  | <b>16.87</b>               |
| 0.5  | 5    | <b>77.75</b>   | 70     | 41.4   | <b>45.99</b>               |
| 0.5  | 10   | <b>313.37</b>  | 99     | 70.3   | <b>222.53</b>              |
| 2    | 10   | <b>75.40</b>   | 99     | 274    | <b>208.68</b>              |
| 2    | 15   | <b>173.57</b>  | 93     | 20.4   | <b>38.07</b>               |
| 2    | 20   | <b>311.02</b>  | 103    | 14.4   | <b>43.48</b>               |
| 2    | 25   | <b>487.73</b>  | 108    | 10.9   | <b>49.22</b>               |
| 2    | 30   | <b>703.72</b>  | 99     | 8.2    | <b>58.29</b>               |
| 2    | 40   | <b>1253.50</b> | 94     | 5.6    | <b>74.68</b>               |
| 2    | 50   | <b>1960.35</b> | 62     | 2.3    | <b>72.72</b>               |
| 10   | 50   | <b>376.99</b>  | 62     | 7.6    | <b>46.21</b>               |
| 10   | 60   | <b>549.78</b>  | 68     | 6.6    | <b>53.36</b>               |
| 10   | 70   | <b>753.98</b>  | 83     | 5.4    | <b>49.05</b>               |
| 10   | 80   | <b>989.60</b>  | 70     | 3.2    | <b>45.24</b>               |
| 10   | 90   | <b>1256.64</b> | 133    | 3.8    | <b>35.90</b>               |
| 10   | 100  | <b>1555.09</b> | 81     | 2.2    | <b>42.24</b>               |
| 0.1  | 120  | <b>2246.24</b> | 123    | 2.5    | <b>45.66</b>               |
| 10   | 140  | <b>3063.05</b> | 70     | 2.3    | <b>100.64</b>              |

## LEMBAR PENCATATAN PENDUGAAN GEOLISTRTIK

Titik 5 Konfigurasi Schlumberger

Tgl : 09/10/2024

Lokasi : Lintasan 5 Dekat Sumur Mata Air Panas  
Gonoharjo

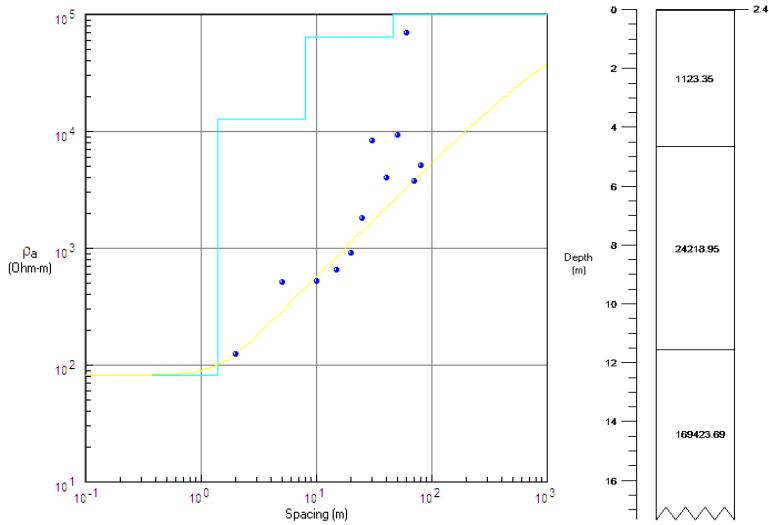
Koor X : 7° 9'5.19"S

Koor Y : 110°20'6.38"E

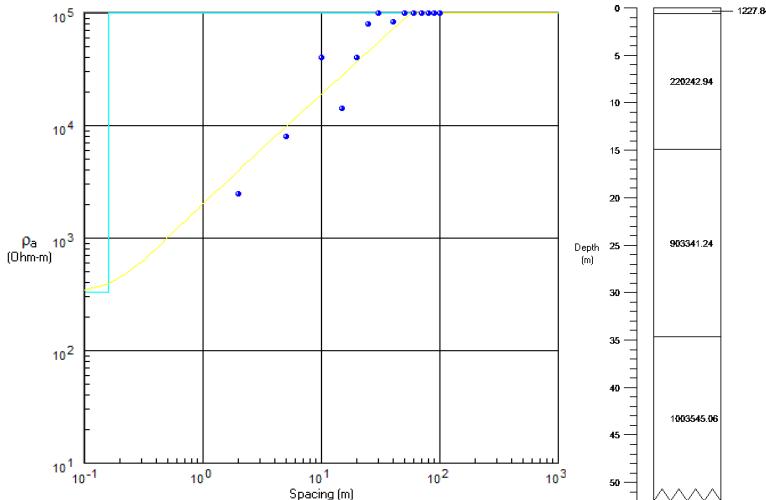
| MN/2 | AB/2 | K       | I (mA) | DC(mV) | App. Rho (ΩM) |
|------|------|---------|--------|--------|---------------|
| 0.5  | 2    | 11.78   | 67     | 87.1   | 15.32         |
| 0.5  | 5    | 77.75   | 56     | 110.2  | 153.01        |
| 0.5  | 10   | 313.37  | 49     | 22     | 140.70        |
| 2    | 10   | 75.40   | 29     | 55     | 143.00        |
| 2    | 15   | 173.57  | 22     | 14     | 110.46        |
| 2    | 20   | 311.02  | 24     | 5.2    | 67.39         |
| 2    | 25   | 487.73  | 18     | 2.6    | 70.45         |
| 2    | 30   | 703.72  | 19     | 1.2    | 44.45         |
| 2    | 40   | 1253.50 | 16     | 1.1    | 86.18         |
| 2    | 50   | 1960.35 | 24     | 0.7    | 57.18         |
| 10   | 50   | 376.99  | 53     | 3.3    | 23.47         |
| 10   | 60   | 549.78  | 45     | 1.8    | 21.99         |
| 10   | 70   | 753.98  | 35     | 0.9    | 19.39         |
| 10   | 80   | 989.60  | 59     | 0.8    | 13.42         |
| 10   | 90   | 1256.64 | 56     | 0.9    | 20.20         |
| 10   | 100  | 1555.09 | 48     | 0.7    | 22.68         |

## Lampiran 3

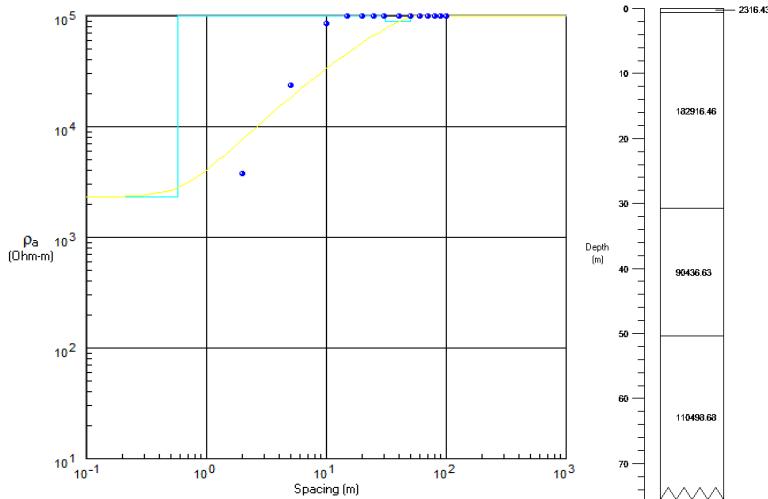
### Kurva Matching pada titik 1



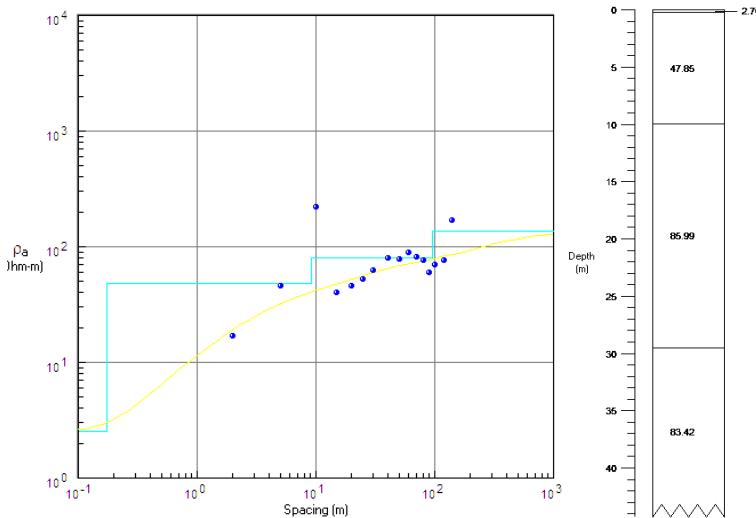
### Kurva Matching pada titik 2



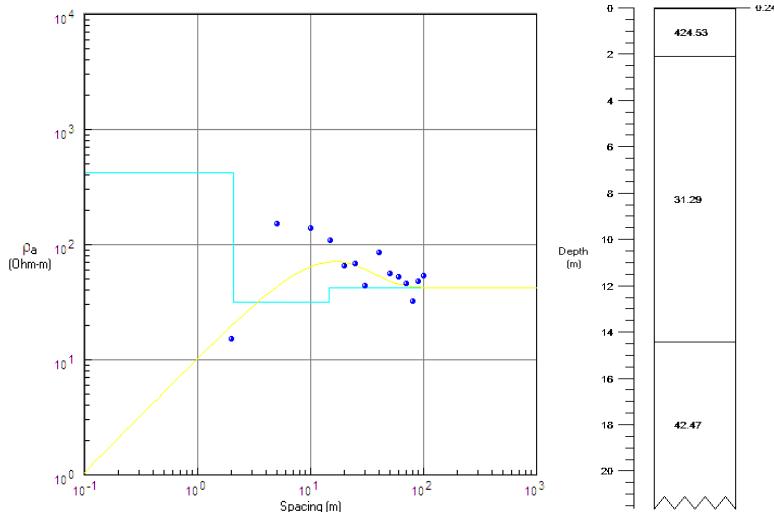
### Kurva Matching pada titik 3



### Kurva Matching pada titik 4



## Kurva Matching pada titik 5



Lampiran 4

**TABEL PENGOLAHAN DATA GEOLISTRIK DENGAN PROGRESS**

**3.0 KONFIGURASI SCHLUMBERGER LOKASI DUSUN**

**GONO HARJO, DESA NGELIMUT, KEC. LIMBANGAN, KAB. KENDAL**

| No. Titik | Lapisan   | Kedalaman (AB/2)    | Resistivitas ( $\Omega\text{.m}$ ) |
|-----------|-----------|---------------------|------------------------------------|
| 1         | Lapisan 1 | 2-10 meter          | 82,42                              |
|           | Lapisan 2 | 15-25 meter         | 12.785,18                          |
|           | Lapisan 3 | 30-50 meter         | 63.624,57                          |
|           | Lapisan 4 | 60-80 meter         | 102.527,34                         |
| 2         | Lapisan 1 | 0-0.16 meter        | 328.45                             |
|           | Lapisan 2 | 0.16-10.07 meter    | 276.289,55                         |
|           | Lapisan 3 | 10.07-29.84 meter   | 1.123.042,90                       |
|           | Lapisan 4 | <29.84 meter        | 1.318.064,49                       |
| 3         | Lapisan 1 | 0 – 0.57 meter      | 2.316,43                           |
|           | Lapisan 2 | 0.57 – 30.67 meter  | 182.916,46                         |
|           | Lapisan 3 | 30.67 – 50.38 meter | 90.436,63                          |
|           | Lapisan 4 | <50.38 meter        | 110.498,68                         |
| 4         | Lapisan 1 | 0 – 0.17 meter      | 2.52                               |
|           | Lapisan 2 | 0.17 – 9.10 meter   | 48,33                              |
|           | Lapisan 3 | 9.10 – 95.97 meter  | 80,92                              |
|           | Lapisan 4 | 95.97 - 140 meter   | 135,28                             |
| 5         | Lapisan 1 | 0 – 0.02 meter      | 0.24                               |
|           | Lapisan 2 | 0.02 – 2.10 meter   | 424.53                             |
|           | Lapisan 3 | 2.10 – 14.43 meter  | 31.29                              |
|           | Lapisan 4 | 14.43 - 100 meter   | 42.47                              |

## Lampiran 5

### Dokumentasi Pengukuran Data



Pemasangan elektroda



Membaca Tegangan (V) dan Kuat Arus (I)



Membaca dan mencatat data yang sudah terbaca oleh  
resistivity meter

## Lampiran 6

### Cek Plagiasi



Page 2 of 60 · Integrity Overview

Submission ID tm:oid::1:3283529198

#### 21% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

##### Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

---

##### Top Sources

- |     |  |                                  |
|-----|--|----------------------------------|
| 19% |  | Internet sources                 |
| 7%  |  | Publications                     |
| 8%  |  | Submitted works (Student Papers) |
- 



Page 2 of 60 · Integrity Overview

Submission ID tm:oid::1:3283529198

## **RIWAYAT HIDUP**

### **A. Identitas Diri**

Nama : Rizki Wulan Maharani  
Tempat, Tgl Lahir : Kendal, 11 Desember 2002  
Alamat Rumah : Dusun Jagalan RT/RW 04/01  
Desa Boja Kecamatan Boja  
Kabupaten Kendal  
Provinsi Jawa Tengah  
No. HP : 087780480016  
E-mail : [wulanmaharankiki11@gmail.com](mailto:wulanmaharankiki11@gmail.com)

### **B. Riwayat Pendidikan**

1. SDN 1 Boja (2009 - 2015)
2. SMPN 1 Boja (2015 - 2018)
3. SMA Futuhiyyah Mranggen (2018 - 2021)
4. UIN Walisongo Semarang (2021 - 2025)

Semarang, 23 Juni 2025



Rizki Wulan Maharani  
NIM.2108026024