



**INVESTIGASI AIR TANAH
SEBAGAI UPAYA PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR TANAH
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS 2D
DI DESA KEMUNINGSARILOR JEMBER**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana, pada
Program Studi Fisika*

SKRIPSI

Oleh

**Dinise Cherlicia Cahya
201810201043**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FISIKA
UNIVERSITAS JEMBER
2024**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil alamin, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta kemudahan kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Orang tua saya Ibu Titi Choiriyah dan Bapak Suyadi, yang senantiasa memberikan doa, nasehat, kasih sayang dan dukungannya serta pengorbanan sampai saat ini.
2. Saudara saya Litsa Nailil Amania El Azizah dan Syakira Ilmania El Azizah, yang selalu memberikan semangat, kasih sayang serta memberikan dukungannya.
3. Seluruh guru dan para dosen yang telah mendidik sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi.
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

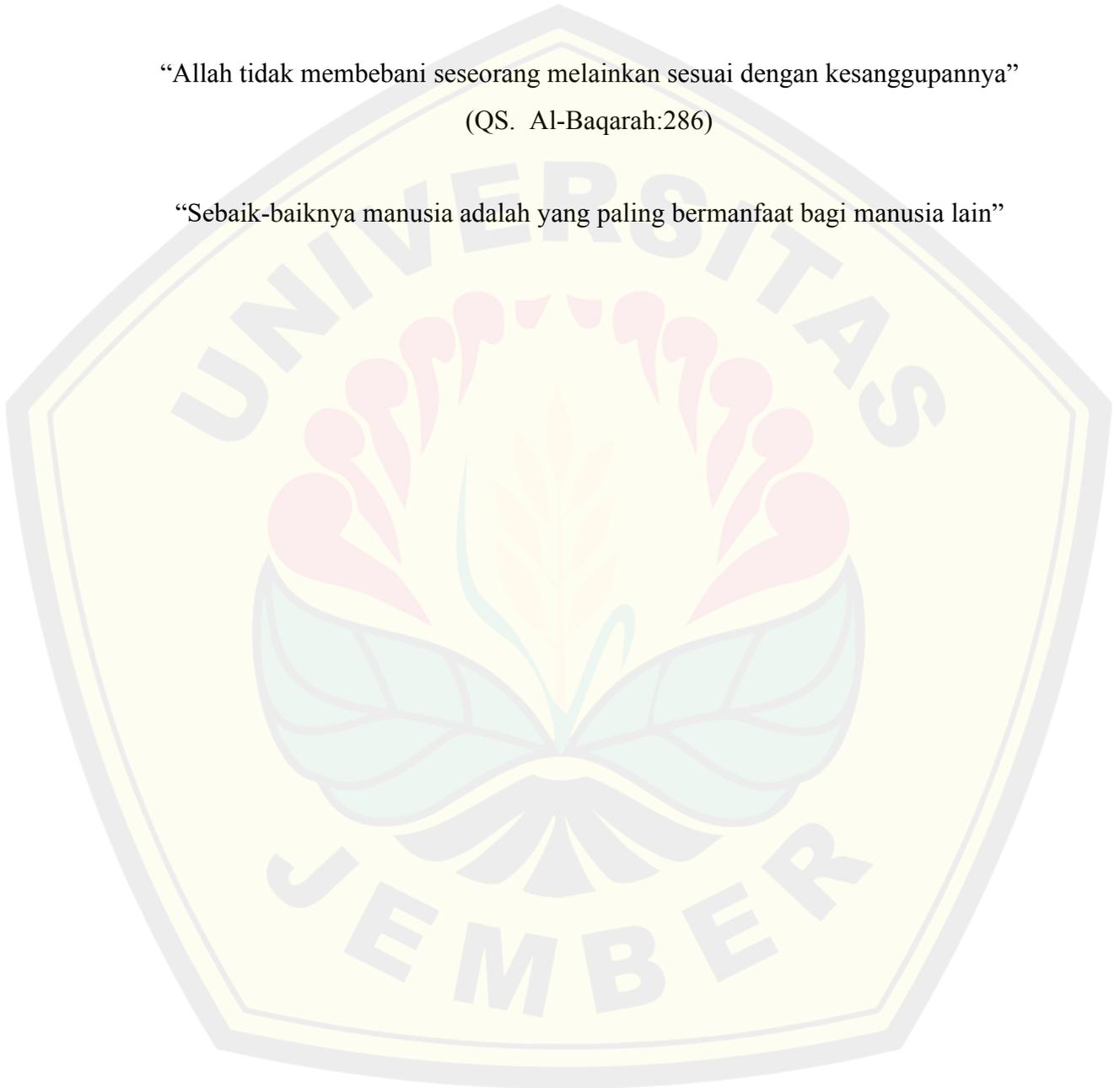
MOTTO

Selesaikanlah apa yang telah kamu mulai dengan penuh tanggung jawab, bahkan seberat apapun itu dan selalu sertakan doa ibumu. Dengan begitu, kesuksesan akan mengikuti.

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah:286)

“Sebaik-baiknya manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lain”



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dinise Cherlicia Cahya

NIM : 201810201043

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Investigasi Air Tanah Sebagai Upaya Pemenuhan Kebutuhan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Di Desa Kemuningsarilor Jember* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun.

Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 April 2024

Yang menyatakan,

(Dinise Cherlicia Cahya)

NIM 201810201043

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Investigasi Air Tanah Sebagai Upaya Pemenuhan Kebutuhan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Di Desa Kemuningsarilor Jember* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 29 Mei 2024

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua

Anggota I

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si
NIP. 197003271997022001

Dr. Agus Suprianto, S.Si., M.T
NIP. 197003221997021001

Anggota II

Anggota III

Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si
NIP. 196912251999031001

Nindha Ayu Berlianti, S.Pd., S.Si., M.Si
NIP. 198911072022032011

ABSTRACT

Water resources play an important role in fulfilling groundwater needs. However, with increasing demand and drastic climate change, the availability of groundwater is increasingly limited. In some places, the fulfillment of water needs is difficult, especially during the dry season, including Kemuningsarilor Village, Panti Subdistrict, Jember Regency, precisely in Kemuning Krajan and Summersari Hamlets. The situation is exacerbated by the number of wells that have dried up, making it difficult to fulfill daily groundwater needs. This research aims to determine the distribution of groundwater and its depth using the resistivity geoelectric method. This method can understand the characteristics of rocks below the ground surface by injecting electric current through two current electrodes and then reading the potential difference through two potential electrodes so that the rock resistivity value is known. Data were collected using 2D resistivity geoelectric method with Wenner-Schlumberger configuration for three passes. The length of tracks 1 and 3 are 171 m each, while track 2 is 152 m long. The field data obtained was then processed using Microsoft Excel and 2D modeling was carried out in Res2Dinv software. The results of the 2d resistivity image indicated the potential distribution of groundwater in the three locations because it has a low resistivity value of (11.1-29.8) Ωm which has soil characteristics that can store and pass water. Track 1 has a groundwater depth of (10.8-26.5), track 2 is at a depth of (10.2-19.1) m. Meanwhile, the depth of track 3 is at a depth of (10.2-19.1) m. Meanwhile, the depth in track 3 is (9.1-24.5) m. Based on the research results, trajectories 1 and 3 are recommended for the construction of wells and irrigation systems for rice fields until the long dry season, because these two trajectories have a fairly thick aquifer layer.

Keywords: Groundwater, Geoelectric method, Resistivity

RINGKASAN

Investigasi Air Tanah Sebagai Upaya Pemenuhan Kebutuhan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Di Desa Kemuningsarilor Jember, Dinise Cherlicia Cahya; 2024; 36 halaman; Jurusan Fisika; Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam; Universitas Jember

Sumber daya air memiliki peranan yang besar dalam mendukung kehidupan manusia dalam memenuhi kebutuhan air. Seiring dengan pertumbuhan kebutuhan air yang terus meningkat dari waktu ke waktu, ada potensi bahwa ketersediaan air tanah akan menjadi semakin terbatas, terutama saat terjadi perubahan iklim yang drastis. Di beberapa tempat, pemenuhan kebutuhan air tanah dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari mengalami kesulitan terutama pada saat musim kemarau panjang seperti Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember tepatnya di Dusun Kemuning Krajan dan Sumpersari. Masyarakat desa ini bergantung pada sumber air yang berasal dari mata air, sungai, dan sumur dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Terdapat 30% dari ± 1.800 rumah menggunakan sumur galian. Sumur yang masih aktif memiliki muka air tanah pada kedalaman (10-13) m. Namun, pada musim kemarau tiba, kondisi diperburuk dengan adanya sumur-sumur yang mengering. Hal ini memaksa sebagian warga menggunakan air yang disalurkan melalui pipa sebagai alternatif pemenuhan kebutuhan air tanah, walaupun sistem pipanisasi ini tersebut terbukti kurang efisien dan rentan terhadap kebocoran. Selama musim kemarau tiba, debit air yang dikeluarkan juga terbatas, sehingga tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air tanah sehari-hari. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan guna mengetahui potensi persebaran air tanah beserta kedalamannya. Langkah ini bertujuan untuk mendukung optimalisasi pemanfaatan sumber air tanah melalui pembuatan sumur dan irigasi pertanian dalam menghadapi dampak perubahan iklim drastis terutama selama musim kemarau panjang.

Metode yang digunakan dalam investigasi persebaran air tanah yaitu metode geolistrik resistivitas. Metode ini merupakan teknik yang digunakan untuk memahami sifat-sifat batuan di bawah permukaan tanah berdasarkan nilai resistivitas batuan. Prinsip kerja dari metode geolistrik resistivitas yaitu dilakukan penginjeksian arus listrik DC ke permukaan tanah melalui dua elektroda arus dan dua elektroda potensial yang digunakan untuk mengukur nilai beda potensial. Sehingga nilai resistivitas bawah permukaan dapat diketahui. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan gabungan antara konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger*. Kelebihan konfigurasi ini yaitu memiliki penetrasi yang tinggi di berbagai kedalaman, sehingga dapat menjangkau keberadaan air tanah dangkal maupun dalam. Penelitian ini menggunakan tiga lintasan, di mana lintasan 1 dan 3 memiliki panjang masing-masing 171 meter dengan spasi 9 dan

$n=1,2,3,4,5,6,7,8$ sementara lintasan 2 memiliki panjang 152 m dengan spasi 8 dan $n=1,2,3,4,5,6,7,8$. Setelah data lapang diperoleh, pengelolaan data dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai resistansi (R) dan faktor geometri (K) sehingga nilai resistivitas semu (ρ_a) diketahui. Data yang sudah diolah selanjutnya dimodelkan dalam bentuk 2D menggunakan *software Res2Dinv* untuk memperoleh citra sebaran resistivitas di setiap lokasi penelitian. Pada *Res2Dinv*, nilai resistivitas semu akan diubah menjadi resistivitas sebenarnya dengan metode inversi. Hasil inversi mencangkup informasi berupa penampang sebaran resistivitas bawah permukaan, yang selanjutnya diinterpretasikan dan dianalisis menggunakan nilai resistivitas batuan pada referensi. Validitas hasil ini divalidasi dengan membandingkan nilai resistivitas yang diperoleh dengan nilai resistivitas akuifer geologi setempat dengan acuan nilai resistivitas, data geologi, nilai akuifer dan tabel referensi.

Hasil pengolahan data 2D menggunakan *software Res2Dinv* menunjukkan citra sebaran resistivitas bawah permukaan. Pada citra 2D tersebut terdapat penampang horizontal yang menggambarkan panjang lintasan dan penampang vertikal yang mencerminkan kedalaman. Jenis material bawah permukaan masing-masing lokasi penelitian yaitu air tanah, lempung berpasir dan kerikil. Indikasi persebaran potensi air tanah di lokasi penelitian menunjukkan bahwa adanya potensi air tanah yang tersebar di masing-masing lintasan karena memiliki nilai resistivitas yang rendah dengan nilai resistivitas (11,1-29,8) Ωm yang memiliki karakteristik tanah yang dapat menyimpan dan meloloskan air. Lintasan 1 memiliki kedalaman sebesar (10,8-26,5) m dengan ketebalan lapisan akuifernya ± 16 m. Hasil tersebut diperkuat oleh keberadaan sumur warga yang memiliki muka air tanah relatif sama yaitu 11 m, terletak sekitar ± 30 m dari lintasan penelitian. Lintasan 2 dengan kedalaman (10,2-19,1) m dengan ketebalan air tanahnya ± 9 m. Sedangkan kedalaman di lintasan 3 sebesar (9,1-24,5) m dengan ketebalan air tanahnya yaitu ± 15 m. Dugaan ini diperkuat oleh keberadaan vegetasi tanaman berakar pendek seperti padi, jagung dan edamame yang tumbuh dengan baik, menjadi indikasi bahwa lapisan tanah di lokasi ini memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpannya air sebagai lapisan air tanah. Berdasarkan hasil penelitian lintasan 1 dan 3 berpotensi digunakan sebagai sumber air tanah untuk sumur atau irigasi persawahan karena, kedua lokasi ini memiliki lapisan akuifer yang cukup tebal. Sedangkan lintasan 2 memiliki lapisan akuifer yang tipis sehingga kurang cocok dalam pembuatan sumur, karena berpotensi sumur akan mengering. Informasi terkait potensi persebaran air tanah ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air tanah di Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti tercukupi dengan baik, terutama selama musim kemarau panjang yang sering terjadi di kawasan tersebut.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : “Investigasi Air Tanah Sebagai Upaya Pemenuhan Kebutuhan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Di Desa Kemuningsarilor Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Penulis mendapatkan banyak bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Nurul Priyantasi, S.Si., M. Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan, arahan, waktu, tenaga, pikiran, doa, dan dukungan penuh dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji Utama dan Nindha Ayu Berlianti, S.Pd., S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan sarah atas penulisan skripsi ini;
3. Bowo Eko Cahyono, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama menempuh pendidikan sarjana (S-1);
4. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan dukungan;
5. Sahabat seperjuangan saya dari 7 Bidadari Hanik Muhimatul Mukharomah, Pramesti Sukmawardani, Kamilatul Istiana, Natasya Emi Wijayanti, Nova Odiantamara Putri, Adhimatur Rohma Salsabila yang selalu mendukung, membantu, mendengarkan keluh kesah serta selalu menemani saya selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi;
6. Teman seperjuangan saya yang membantu dalam pengambilan data Rizkiya Mazra'atul Jannah, Jaya Hartono, Laily Feby Firdausi, Hernawan Triprasetyo,

Alip Bahtiar, Taqi Arsad, Rakha Mochammad Diantoro, Muhammad Iqbal Mukhlis, Geovanni Adi Saputra;

7. Kakak tingkat saya dari Bidadari Medfo Soniya Lailatul Ngaidah, S.Si., Rista Dwi Karisa, S.Si., Chindy Vera Sukmawardani, S.Si yang selalu membantu dan memberikan dukungannya;
8. Sahabat kecil saya Tasya Zahwa Azzahra, A.Md.Kom. dan Faradila Putri Anggina yang selalu memberikan dukungan dalam pendidikan saya;
9. Teman kos saya Fatwa Rachmadhani dan Aprilia Dian Ayu Pramesti yang telah menemani, mendengarkan keluh kesah serta memberikan dukungan;
10. Teman – teman seperjuangan Fisika Quantum 2020 dan Tim Geofisika 2020 yang telah memberikan dukungan dan membantu saya dalam melakukan penelitian ini;
11. Pengurus HIMAFI FMIPA periode 2021, pengurus HIMAFI FMIPA periode 2022, Pengurus HMGI WIL IV periode 2022-2023, Staff magang BBM 2021, Anggota UKM Spora angkatan 8, yang telah memberikan pengalaman organisasi dan pengembangan *softskill*;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu;

Penulis juga menerima segala saran dan kritik dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang fisika maupun bidang lainnya.

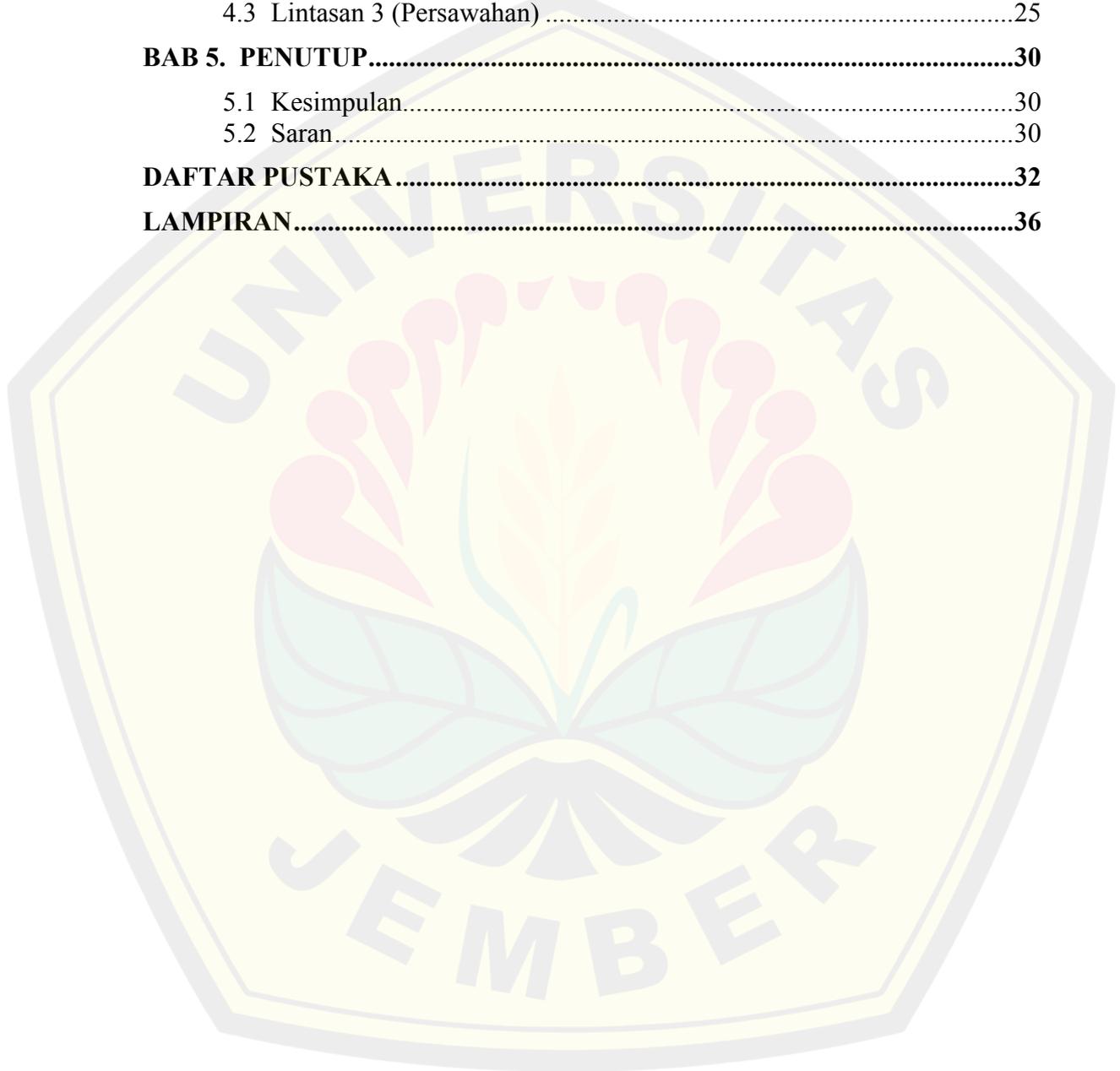
Jember, 24 April 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kondisi Geografis	5
2.2 Air Tanah.....	5
2.3 Akuifer	6
2.4 Metode Geolistrik.....	7
2.4.1 Metode Geolistrik Resistivitas	8
2.4.2 Nilai Resistivitas Batuan	10
2.4.3 Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i>	11
2.5 <i>Software Res2Dinv</i>	12
BAB 3. METODE PENELITIAN	13
3.1 Rancangan Penelitian	13
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	13
3.2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	13
3.2.2 Penentuan Lintasan	13
3.3 Desain Penelitian.....	14

3.4	Prosedur Penelitian.....	14
3.5	Pengumpulan Data Penelitian	15
3.6	Alat dan Bahan	155
3.7	Analisis Data dan Interpretasi	16
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1	Lintasan 1 (Daerah padat penduduk)	18
4.2	Lintasan 2 (Pekarangan pisang)	22
4.3	Lintasan 3 (Persawahan)	25
BAB 5.	PENUTUP.....	30
5.1	Kesimpulan.....	30
5.2	Saran.....	30
DAFTAR PUSTAKA.....		32
LAMPIRAN.....		36



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Variasi nilai resistivitas dari beberapa jenis batuan sedimen.....	10
Tabel 2.2 Nilai resistivitas batuan.....	11
Tabel 4.1 Deskripsi citra sebaran resistivitas lintasan 1 (daerah padat penduduk).....	19
Tabel 4.2 Deskripsi citra sebaran resistivitas lintasan 2 (pekarangan pisang).....	23
Tabel 4.3 Deskripsi citra sebaran resistivitas lintasan 3 (persawahan).....	26



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus elektrik determinasi resistivitas dan lapangan elektrik untuk stratum homogenous permukaan bawah tanah 9

Gambar 2.2 Arus yang dialirkan pada material konduktif berbentuk silinder 10

Gambar 2.3 Pengaturan elektroda konfigurasi *Wenner-Schlumberger*..... 12

Gambar 4.1 Citra 2D sebaran resistivitas pada lintasan 1 (daerah padat penduduk) 18

Gambar 4.2 (a) Sumur warga di sekitar lintasan 1, (b) Kondisi lingkungan dan kondisi tanah di lintasan 1 21

Gambar 4.3 Citra 2D sebaran resistivitas pada lintasan 2 (pekarangan pisang) ... 22

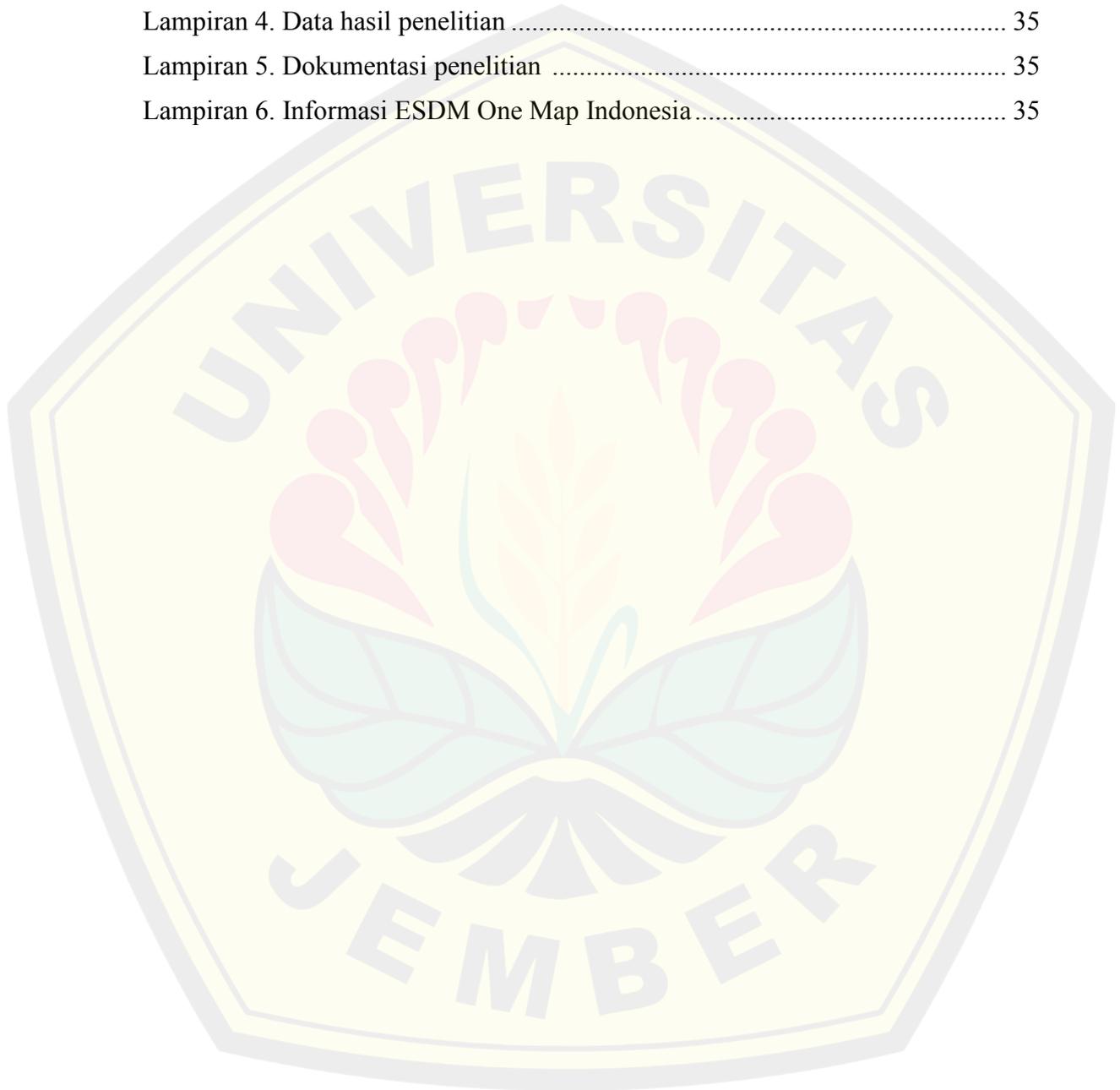
Gambar 4.4 (a) Kondisi lingkungan di sekitar lintasan 2, (b) Kondisi tanah di lintasan 2 24

Gambar 4.5 Citra 2D sebaran resistivitas pada lintasan 3 (persawahan) 25

Gambar 4.6 (a) Kondisi vegetasi dan lingkungan di lintasan 3, (b) Kondisi tanah di lintasan 3 27

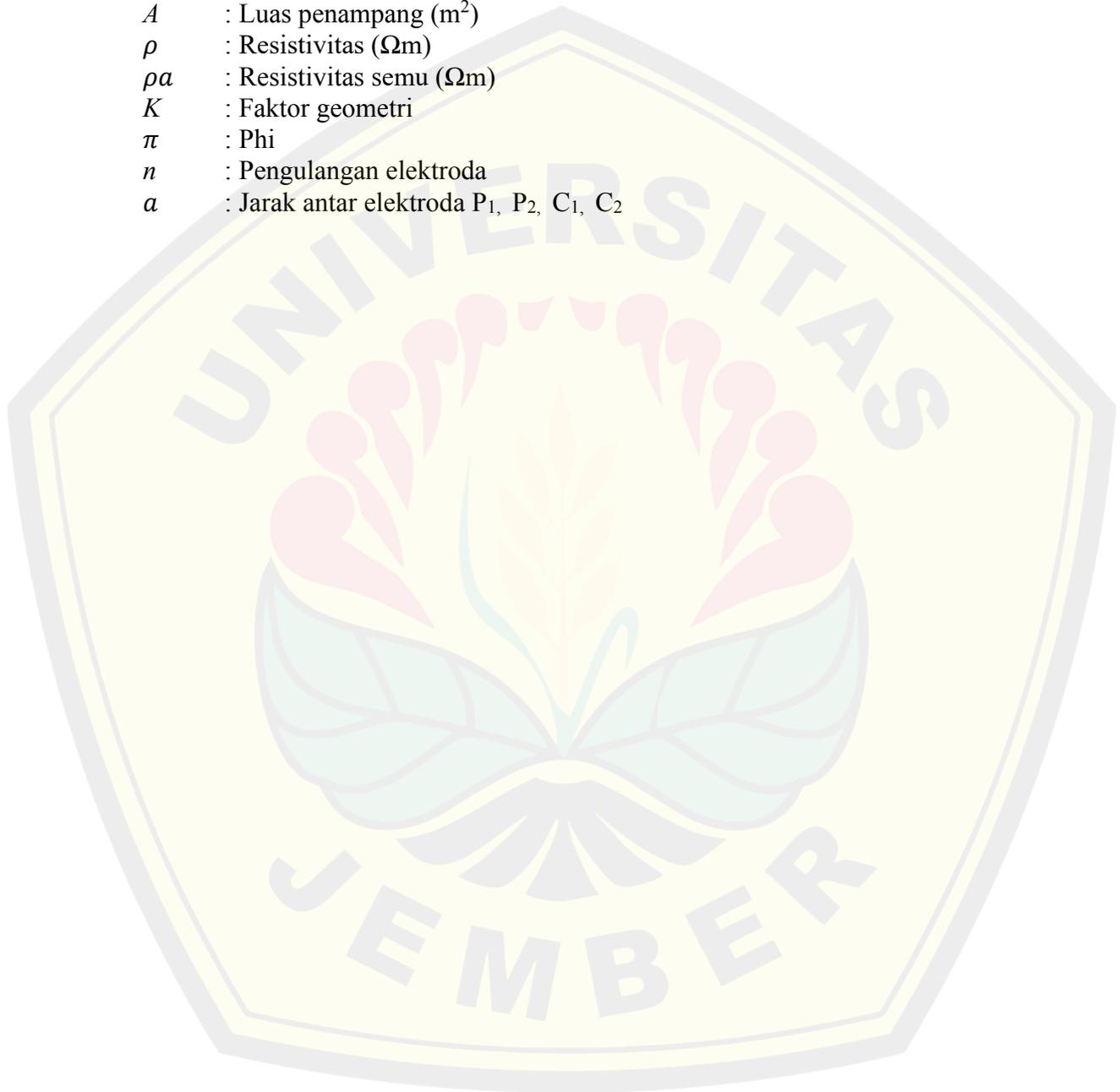
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir rancangan penelitian.....	35
Lampiran 2. Kondisi lokasi penelitian	35
Lampiran 3. Lintasan penelitian	35
Lampiran 4. Data hasil penelitian	35
Lampiran 5. Dokumentasi penelitian	35
Lampiran 6. Informasi ESDM One Map Indonesia.....	35



DAFTAR NOTASI

V	: Tegangan (v)
I	: Arus (A)
R	: Resistansi (Ω)
L	: Panjang (m)
A	: Luas penampang (m^2)
ρ	: Resistivitas (Ωm)
ρa	: Resistivitas semu (Ωm)
K	: Faktor geometri
π	: Phi
n	: Pengulangan elektroda
a	: Jarak antar elektroda P_1, P_2, C_1, C_2



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya alam yang mendapatkan perhatian khusus dalam pemanfaatan dan upaya perlindungan salah satunya yaitu sumber daya air. Sumber daya air merupakan elemen alam yang memiliki peranan yang besar dalam mendukung kehidupan manusia (Halbian *et al.*, 2022). Sumber daya air yang sering digunakan dalam memenuhi kehidupan sehari-hari yaitu air tanah. Air tanah digunakan dalam berbagai kebutuhan seperti kebutuhan domestik, irigasi dan industri. Mengingat kebutuhan yang terus meningkat dari waktu ke waktu, ada potensi bahwa ketersediaan air tanah akan menjadi semakin terbatas, saat terjadi perubahan iklim yang drastis (Rahmaniah *et al.*, 2023).

Salah satu komponen penting dalam siklus hidrologi yang menyediakan air tanah adalah akuifer. Akuifer merupakan formasi geologi yang mampu menyimpan dan mengalirkan air di bawah permukaan tanah tergantung pada permeabilitas dan porositas batuan (Halbian *et al.*, 2022). Ketersediaan air bawah permukaan melibatkan banyak faktor seperti kondisi geologi, jenis batuan, porositas, permeabilitas dan kedalaman akuifer yang memiliki pengaruh signifikan pada sifat dan volume air. Oleh karena itu, pemahaman terkait akuifer setempat menjadi sangat penting dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air. Jumlah penduduk yang semakin meningkat menjadi salah satu dampak dari peningkatan kebutuhan air. Di beberapa tempat, pemenuhan kebutuhan air mengalami kesulitan terutama pada saat musim kemarau, termasuk Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember.

Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti memiliki 3 dusun, yaitu Dusun Kemuningsarilor, Kemuning Krajan dan Summersari. Berdasarkan hasil survei lokasi Dusun Kemuning Krajan dan Dusun Summersari, merupakan wilayah yang menghadapi tantangan serius dalam hal pasokan air. Masyarakat desa setempat menggunakan sumber air yang berasal dari sumber mata air, sungai dan sumur dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Terdapat 30% dari sekitar 1.800 rumah

yang menggunakan sumur galian. Sumur yang masih aktif, memiliki muka air tanah pada kedalaman (10-13) m. Kondisi air sumur di sana bersifat jernih atau tidak berwarna, tidak berbau dan memiliki rasa yang tawar. Oleh karena itu, sumur galian tersebut berada dalam kondisi yang baik untuk memenuhi keperluan air sehari-hari. Namun, pada musim kemarau tiba, kondisi diperburuk dengan adanya sumur-sumur yang mengering. Hal ini memaksa sebagian warga menggunakan air sumber yang disalurkan melalui pipa sebagai alternatif ketika sumur mengering. Sayangnya, sistem pipanisasi air di wilayah ini terbukti kurang efisien dan sering mengalami kebocoran. Kelemahan ini menyebabkan kerugian air yang signifikan dan meningkatkan biaya peralatan sistem. Selain itu, selama musim kemarau debit air yang dikeluarkan sangat terbatas, sehingga tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari. Di samping daerah yang mengalami kekeringan, terdapat kondisi yang kontras, ditandai dengan keberlangsungan lahan pertanian, terutama area persawahan yang tetap produktif meskipun terjadi kemarau panjang. Sementara itu, kondisi hijau dan produktif di area persawahan mengindikasikan bahwa sumber air yang tersedia di bawah permukaan tanah memiliki peran yang krusial dalam memenuhi kebutuhan pertanian. Sehingga perlu dilakukan investigasi dalam upaya pemenuhan kebutuhan air setempat. Faktor yang diduga mempengaruhi perbedaan dalam ketersediaan air tanah di daerah tersebut berkaitan dengan penyebaran lapisan akuifer setempat. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian terkait investigasi sebaran potensi air tanah yang ada di dalamnya.

Penentuan potensi lapisan akuifer untuk menentukan persebaran air tanah pada suatu wilayah dilakukan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Metode ini menggunakan perbedaan nilai resistivitas berdasarkan jenis batuan, banyaknya rongga dan kondisi kandungan air pada lapisan batuan. Berdasarkan hal tersebut, dapat diperkirakan klasifikasi lapisan batuan maupun struktur bawah tanah, sehingga gambaran persebaran air tanah dapat diketahui (Noor *et al.*, 2020). Prinsip kerja dari metode geolistrik resistivitas yaitu dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui dua elektroda arus, kemudian mengukur beda potensialnya melalui dua elektroda potensial. Dengan begitu, nilai resistivitas dalam tanah dapat ditentukan (Sari *et al.*, 2022).

Penelitian tentang identifikasi air tanah menggunakan metode geolistrik resistivitas dilakukan oleh Saputra *et al.*, (2020) di Desa Blawah-Ijen menggunakan konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Hasil penelitian menunjukkan adanya air tanah pada lintasan 1 dengan kedalaman 6,37 m dan nilai resistivitas (0,71-5,05) Ωm serta pada lintasan 2 dengan kedalaman 23,70 m dan nilai resistivitas (0,13-5,73) Ωm . Penelitian serupa dilakukan oleh Okviyani *et al.*, (2020) di kawasan Cagar Purbakala Leang-Leang Kabupaten Maros, menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lintasan 1 tidak memiliki potensi air tanah nilai resistivitas ($>200,00$) Ωm , sedangkan lintasan 2 memiliki potensi air tanah dangkal dengan kedalaman 20 m dan potensi air tanah dalam pada kedalaman 50 m dengan rentang nilai resistivitasnya (100,00-200,00) Ωm . Penelitian identifikasi air tanah dengan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger* juga dilakukan oleh Priyantari *et al.*, (2023). Hasil menunjukkan nilai resistivitasnya (4,09-90,50) Ωm pada lintasan 1, (6,91-105,00) Ωm pada lintasan 2, dan (13,10-512,00) Ωm pada lintasan 3. Keberadaan air tanah diindikasikan oleh nilai resistivitas rendah yaitu pada lintasan 1 dan 2.

Dengan merujuk pada keberhasilan penelitian sebelumnya dalam menentukan potensi air tanah. Penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian investigasi persebaran air tanah menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sebagai upaya pemenuhan kebutuhan air tanah setempat. Konfigurasi ini memiliki kelebihan dalam memberikan informasi struktur bawah permukaan secara horizontal dan vertikal, karena memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan resistivitas tanah (Mulyasari *et al.*, 2021). Jumlah lintasan yang digunakan sebanyak 3 lintasan dengan panjang lintasan 152 m dan 171 m. Data lapang yang telah diperoleh kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel* dan dilakukan pemodelan 2D pada *software Res2Dinv*. Hasil pemodelan ini memberikan gambaran tentang bagaimana lapisan-lapisan di bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitasnya sehingga kedalaman dan sebaran air tanah diketahui. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung optimalisasi pemanfaatan

sumber air tanah, seperti pembuatan sumur dan irigasi, untuk menghadapi dampak perubahan iklim yang dapat mempengaruhi ketersediaan air di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana sebaran potensi air tanah di Dusun Kemuning Krajan dan Dusun Sumpersari, Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember?
- b. Berapa kedalaman lapisan air tanah di Dusun Kemuning Krajan dan Dusun Sumpersari, Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember?

1.3 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini yaitu pengambilan data dilakukan selama musim penghujan, tepatnya pada bulan Desember.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui sebaran potensi air tanah di Dusun Kemuning Krajan dan Dusun Sumpersari, Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember
- b. Mengetahui kedalaman lapisan air tanah di Dusun Kemuning Krajan dan Dusun Sumpersari, Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian potensi persebaran air tanah di Desa Kemuningsarilor memberikan manfaat yang signifikan. Salah satunya yaitu didapat citra pendugaan potensi ketersediaan air tanah, sehingga data ini dapat mengatasi permasalahan kekurangan air tanah selama musim kemarau. Serta menghasilkan informasi berharga untuk pengambilan keputusan oleh pihak-pihak terkait dalam pembuatan sumur maupun sistem irigasi pertanian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Geografis

Kabupaten Jember secara geografis berada pada posisi 7°59'6" sampai 8°33'56" LS dan 113°16'28" sampai 114°03'42" BT. Wilayah Kabupaten Jember mencakup area seluas 3.313,46 Km². Secara administrasi wilayah Kabupaten Jember terbagi menjadi 31 kecamatan yang terdiri dari 225 desa dan 22 kelurahan. Kecamatan Panti memiliki luas 181,82 Km² yang terbagi menjadi 7 desa diantaranya yaitu Desa Serut, Desa Panti, Desa Suci, Desa Kemiri, Desa Glagahwero, Desa Kemuningsarilor, Desa Pakis. (Pemerintah Daerah Kabupaten Jember, 2023).

Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember terletak disebelah utara pusat kota yang letaknya kurang lebih 3 km dari kantor Kecamatan Panti dan 17 km dari pusat Kota Jember. Jumlah penduduk Desa Kemuningsarilor menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Jember tahun 2020 terdapat 5.174 jiwa. Luas wilayah desa ini mencapai 2,37 Km² Desa ini terbagi atas 3 dusun, yaitu Dusun Summersari, Dusun Kemuning Krajan dan Dusun Kemuningsarilor. Perbatasan Desa Kemuningsarilor dengan berbagai wilayah secara berturut-turut yaitu Desa Pakis, Kecamatan Panti sebelah utara, Desa Glagahero dan Desa Panti, Kecamatan Panti sebelah timur. Desa Gugut, Kecamatan Rambipuji sebelah selatan serta Desa Bangsalsari, Kecamatan Bangsal sebelah barat.

2.2 Air Tanah

Air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga pada lapisan geologi yang terdapat di dalam tanah pada lapisan yang disebut akuifer. Pembentukan air tanah mengikuti siklus hidrologi alamiah. Proses ini melibatkan perpindahan air di alam yang berlangsung secara berurutan dan berkelanjutan, dimulai dari penguapan, hujan, aliran permukaan dan aliran air tanah yang akhirnya menuju laut dan menguap kembali (Usman *et al.*, 2017). Siklus air ini menunjukkan bahwa air tanah merupakan zat cair yang dapat diperbarui dan bukan mineral atau bahan

tambang yang dapat terpakai habis, selama tidak terjadi perubahan iklim yang drastis (Murtiono & Wuryanta, 2017). Pada dasarnya, air tanah terbentuk melalui infiltrasi air hujan yang meresap ke dalam tanah dan perlahan merembes melalui lapisan batuan, terutama melalui lapisan pembawa air tanah dalam satu cekungan air tanah yang berada di bawah permukaan (Hanifa *et al.*, 2016). Air tanah berdasarkan letaknya dibagi menjadi 2 bagian menurut Yosieguspa (2020) yaitu :

- a. Air tanah dangkal, merupakan air tanah yang letaknya tidak jauh dari permukaan tanah dan berada di atas lapisan kedap air, dengan kedalaman kurang dari 30 m. Contohnya yaitu air sumur.
- b. Air tanah dalam, merupakan air tanah yang letaknya berada di bawah permukaan air tanah dangkal dan di antara dua lapisan batuan kedap air. Air tanah ini digunakan sumur bor untuk memasukkan pipa ke dalam tanah, sehingga dapat mencapai lapisan air dengan kedalaman (30-300) m. Biasanya, air tanah ini memiliki kualitas yang baik karena telah melewati proses penyaringan alami saat menembus berbagai lapisan tanah dan batuan.

Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia. Menurut Widiyanto *et al.*, (2015) indikator fisik air tanah yang bersih digunakan untuk kebutuhan sehari-hari adalah sebagai berikut, pertama air tersebut tidak berwarna dan tampak jernih. Air yang memiliki warna keruh seperti kuning, jingga atau coklat menunjukkan adanya zat berbahaya. Kedua, air yang aman tidak memiliki rasa seperti asin atau logam. Ketiga, air bersih tidak memiliki bau yang menandakan adanya bakteri atau pembusukan zat organik. Keempat, air yang aman umumnya memiliki suhu normal, tidak terlalu dingin atau terlalu panas. Suhu air yang tidak normal dapat diidentifikasi sebagai sumber air yang tidak biasa atau terjadi pencemaran.

2.3 Akuifer

Lapisan pembawa air tanah disebut dengan akuifer. Akuifer memiliki sifat pembentukan awal yaitu dari air hujan atau air permukaan yang terserap oleh lapisan kedap air melalui celah dan pori-pori lapisan sehingga tertampung dalam lapisan kedap air pembentuk wadah (Manrulu *et.al.*, 2018). Akuifer merujuk pada

lapisan geologi yang memiliki porositas dan permeabilitas tinggi yang memungkinkan air untuk disimpan dan mengalir melalui lapisan tersebut. Porositas mengacu pada ruang kosong di antara partikel akuifer yang dapat diisi dengan air, sementara permeabilitas yaitu mengukur kemampuan air untuk mengalir melalui suatu lapisan. Kombinasi porositas dan permeabilitas yang tinggi memungkinkan akuifer menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah yang cukup besar. Menurut Pellokila *et al.*, (2023) berdasarkan susunan lapisan geologi dan besarnya koefisien kelulusan air, akuifer dibagi menjadi lima macam yaitu sebagai berikut :

- a. Akuifer bebas (*Unconfined Aquifer*) yaitu akuifer yang memiliki satu lapisan pembatas kedap air yang terletak dibagian bawahnya.
- b. Akuifer tertekan (*Confined Aquifer*) yaitu akuifer yang pada lapisan atas dan bawahnya merupakan lapisan kedap air sebagai pembatasnya. Pada lapisan pembatasnya dipastikan tidak terdapat air yang mengalir. Pada akuifer ini tekanan airnya lebih tinggi dari pada tekanan atmosfer.
- c. Akuifer setengah tertekan (*Semi Confined Aquifer*) disebut sebagai akuifer bocor, dimana sebagian atasnya dibatasi oleh lapisan semi kedap air dan di bagian bawahnya merupakan lapisan kedap air.
- d. Akuifer menggantung (*Perched Aquifer*) yaitu akuifer yang massa air tanahnya terpisah dari air tanah induk. Akuifer ini dipisahkan oleh suatu lapisan yang relatif kedap air yang begitu luas dan terletak di daerah jenuh air.
- e. Akuifer berganda (*Multiple Aquifer*) yaitu akuifer yang struktur lapisannya gabungan dari jenis akuifer yang telah dijelaskan sebelumnya.

2.4 Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang berfungsi untuk menyelidiki kondisi bawah permukaan dengan mempelajari sifat aliran listrik pada batuan di bawah permukaan bumi. Pendeteksian di permukaan bumi dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik bertegangan tinggi ke dalam tanah. Pendeteksian ini meliputi pengukuran beda potensial dan kuat arus yang terjadi secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Kelebihan dari metode geolistrik menurut Sedana *et al.*, (2015) yaitu metode ini tidak merusak

lingkungan selama proses akuisisi data, waktu pengambilan data relatif cepat. Metode ini juga memberikan informasi bawah permukaan yang akurat yang bergantung pada jarak antar elektroda dan konfigurasi yang digunakan. Metode geolistrik yang sering digunakan dalam pendugaan potensi air tanah yaitu metode geolistrik resistivitas.

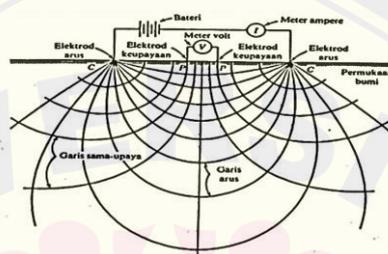
2.4.1 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas merupakan metode geofisika yang sering digunakan dalam eksplorasi bawah permukaan tanah yang relatif dangkal seperti pencarian sumber mata air, identifikasi longsor dan eksplorasi dangkal lainnya. Hal tersebut terjadi karena metode geolistrik resistivitas sangat baik dalam mengetahui struktur bawah permukaan berdasarkan variasi nilai resistivitas batuan (Fuadi *et al.*, 2020). Batuan memiliki kemampuan untuk menghantarkan arus listrik sehingga dapat menghasilkan informasi sebaran nilai resistivitas batuan. Nilai resistivitas batuan yang didapat akan dihubungkan dengan parameter geologi untuk menentukan informasi terkait jenis batuan, mineral, porositas dan seterusnya (Susilo *et al.*, 2022).

Prinsip kerja dari metode geolistrik resistivitas yaitu dilakukan penginjeksian arus listrik DC ke permukaan tanah melalui dua elektroda arus dan dua elektroda potensial. Kemudian dua elektroda potensial digunakan untuk mengukur nilai beda potensial akibat penginjeksian arus tersebut, sehingga nilai resistivitas bawah permukaan dapat diketahui (Wijaya, 2015). Untuk mengetahui struktur bawah permukaan yang lebih dalam dapat diketahui dengan cara menambahkan secara bertahap jarak antar elektroda arus dan elektroda potensial. Semakin besar spasi elektroda, maka efek penembusan arus ke bawah tanah akan semakin dalam, sehingga batuan yang lebih dalam dapat diketahui strukturnya (Setiadi *et al.*, 2016).

Resistivitas adalah ukuran yang menggambarkan sejauh mana suatu materi menghambat aliran arus listrik. Dengan menentukan nilai resistivitas di bawah permukaan, kita dapat mengidentifikasi struktur lapisan dan jenis material yang membentuknya. Menurut Vebrianto (2016) pada metode geolistrik resistivitas, medan bumi diasumsikan sebagai medium homogen isotropis, yaitu setiap lapisan

memiliki nilai resistivitas yang sama dan simetri terhadap segala arah. Ketika arus mengalir melalui tanah, arus listrik akan membentuk bidang ekipotensial setengah bola. Bidang ekipotensial terbentuk ketika aliran arus listrik di dalam tanah terdistribusi secara radial dari sumber arus. Hal ini terjadi karena arus listrik yang diberikan oleh elektroda pemancar merambat ke segala arah melalui tanah sekitarnya (Hakim *et al.*, 2016). Ilustrasi aliran arus listrik di bawah permukaan tanah diberikan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus elektrik determinasi resistivitas dan lapangan elektrik untuk stratum homogenous permukaan bawah tanah (Sumber : Rosalia, 2015)

Geolistrik resistivitas memanfaatkan konsep dasar hukum ohm untuk memahami bagaimana resistivitas berkontribusi pada aliran arus listrik di dalam tanah. Hukum ohm dinyatakan dengan persamaan (2.1)

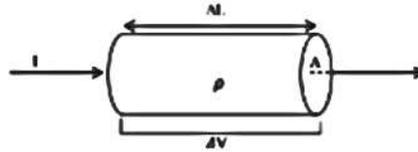
$$V = I \cdot R \quad (2.1)$$

Resistivitas dan resistansi merupakan dua hal yang berbeda. Resistivitas merupakan sifat material dari suatu bahan yang mengukur sejauh mana bahan tersebut menghambat aliran arus listrik satuannya (Ωm). Resistivitas tidak bergantung pada ukuran dan bentuk. Sedangkan resistansi adalah ukuran hambatan yang dimiliki objek terhadap aliran arus listrik dengan satuan (Ω). Resistansi bergantung pada panjang, luas penampang dan resistivitas bahan pembentuknya. Pada penampang silinder gambar 2.2 yang memiliki panjang penampang sebesar (L) serta luas penampang (A), maka hubungan antara resistivitas (ρ) dan resistansi (R) ditulis pada persamaan (2.2)

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

Dari persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) jika disubstitusi persamaan akan diperoleh persamaan (2.3)

$$\rho = \frac{V A}{I L} \quad (2.3)$$



Gambar 2.2 Arus yang dialirkan pada material konduktif berbentuk silinder
(Sumber : Dayattullah *et al.*, 2018)

Dengan asumsi bahwa bumi bersifat homogen isotropis, nilai resistivitas yang terukur merupakan nilai resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda. Akan tetapi pada kenyataannya, bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga nilai beda potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut (Vebrianto, 2016). Maka dari itu, nilai resistivitas yang terukur bukanlah nilai resistivitas sebenarnya melainkan nilai resistivitas semu. Resistivitas semu yang terukur merupakan gabungan dari beberapa lapisan tanah yang dianggap sebagai satu lapisan homogen. Nilai resistivitas semu dirumuskan dalam persamaan (2.4)

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.4)$$

2.4.2 Nilai Resistivitas Batuan

Resistivitas adalah karakteristik batuan yang menunjukkan kemampuan batuan untuk menghantarkan arus listrik. Variasi nilai resistivitas dari beberapa jenis batuan sedimen menurut Saidah *et.al.*, (2015) ditunjukkan oleh tabel 2.1

Tabel 2.1 Variasi nilai resistivitas dari beberapa jenis batuan sedimen

Jenis Material	Resistivitas (Ωm)
Lempung	3 – 30
Lempung Berdebu	5 – 40
Pasir Berlempung	5 – 50
Lempung Berpasir	30 – 100
Lempung Shale	50 – 200
Pasir, Gravel	100 – 5000
Gips, Batu Gamping	100 – 5000
Batuan Kristalin	200 – 1000
Batuan Bergaram, Anhydrate	2000 <

Sumber : Saidah *et.al.*, (2015)

Sebaran nilai resistivitas batuan menurut Amin *et.al.*, (2022) ditunjukkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai resistivitas batuan

Batuan	Resistivitas (Ωm)
Granit (<i>Granite</i>)	200 – 100000
Andesit (<i>Andesite</i>)	170 – 450000
Basal (<i>Basalt</i>)	200 – 100000
Batu Pasir (<i>Sandstone</i>)	200 – 8000
Gamping (<i>Limestone</i>)	500 – 10000
Batu Tulis (<i>Shales</i>)	20 – 2000
Pasir (<i>Sand</i>)	1 – 1000
Air Tanah (<i>Ground Water</i>)	1 – 100
Air Asin (<i>Sea Water</i>)	0,2 – 1
Lempung (<i>Clays</i>)	1 – 100
Aluvium (<i>Alluvium</i>)	10 – 800
Kerikil (<i>Gravel</i>)	100 – 600

Sumber : Amin *et.al.*, (2022)

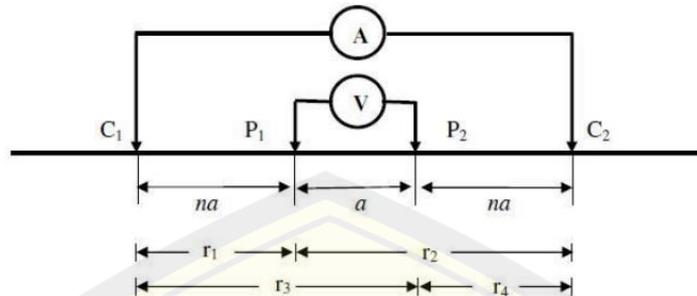
2.4.3 Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

Prinsip pelaksanaan penelitian geolistrik resistivitas adalah mengalirkan arus listrik searah ke dalam bumi melalui dua elektroda arus dan dua elektroda potensial yang ditancapkan ke dalam permukaan tanah dengan jarak tertentu. Penentuan elektroda memiliki pola yang disebut dengan konfigurasi. Menurut Vebrianto, (2016) konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan gabungan dari konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Schlumberger* yang memiliki kesamaan urutan elektroda namun berbeda pengukurannya. Pengukuran menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* akan diperoleh nilai resistivitas semu, yang kemudian nilai ini akan diubah ke nilai resistivitas sebenarnya melalui proses inversi sehingga struktur bawah permukaan dapat diketahui. Menurut Setiadi *et al.*, (2016) nilai K pada konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dirumuskan pada persamaan (2.5)

$$K = \pi n (n + 1)a \quad (2.5)$$

K merupakan faktor geometri dari konfigurasi elektroda potensial dan elektroda arus dalam meter. Resistivitas semu pada konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dihitung menggunakan persamaan (2.4) dan (2.5) sehingga diperoleh persamaan (2.6)

$$\rho a = \pi n (n + 1) a \frac{\Delta V}{I} \quad (2.6)$$



Gambar 2.3 Pengaturan elektroda konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (Sumber : Okviyani *et al.*, 2020).

Menurut (Susilo, 2022) konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan pilihan yang tepat untuk mendeteksi keberadaan persebaran air tanah. Karena konfigurasi ini memiliki pemetaan distribusi resistivitas yang cukup sensitif terhadap struktur bawah permukaan bumi pada berbagai kedalaman. Sehingga keberadaan adanya air tanah dangkal maupun dalam dapat dideteksi dengan baik.

2.5 Software *Res2Dinv*

Software Res2Dinv merupakan alat yang digunakan untuk melakukan inversi data geolistrik dalam bentuk 2D. Pemodelan inversi ini adalah sebuah metode analisis data yang digunakan dalam ilmu geofisika untuk memahami struktur bawah permukaan berdasarkan data pengukuran survei geolistrik yang diperoleh. Menurut Melani *et al.*, (2021) prinsip kerja dari *Res2Dinv* yaitu dengan menggunakan teknik model inversi untuk memperkirakan distribusi resistivitas di bawah permukaan berdasarkan data pengukuran resistivitas semu yang diperoleh dari pengambilan data geolistrik. Hasil dari pemodelan ini berupa citra penampang bawah permukaan dalam bentuk blok persegi panjang 2D, secara vertikal (kedalaman) dan horizontal (panjang lintasan). Pemodelan 2D ini merepresentasikan distribusi resistivitas sebenarnya di bawah permukaan bumi dan kedalaman lapisan-lapisan yang ada.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian digunakan untuk merencanakan dan mengatur tahapan penelitian yang akan dilakukan. Rancangan penelitian ini berfungsi untuk mengatur langkah kerja, metode, dan kerangka kerja yang akan digunakan dalam penelitian untuk mencapai hasil yang relevan. Skema rancangan penelitian digambarkan dalam diagram alir pada lampiran 1.

Studi literatur merupakan tahap penting dalam penelitian untuk mempersiapkan peneliti sebelum pengambilan data di lapangan dan mencapai tujuan penelitian. Penelitian ini dilakukan di sekitar pemukiman penduduk. Survei awal digunakan dalam memperoleh informasi tempat penelitian sehingga diperoleh desain lintasan yang tepat untuk pengambilan data. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Data yang diperoleh diolah menggunakan *software Res2Dinv* untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas bawah permukaan. Hasil yang didapat dari pengolahan data dianalisis untuk memperoleh kesimpulan dan menjawab rumusan masalah.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan data dilakukan di Dusun Kemuning Kemuning Krajan dan Dusun Summersari, Desa Kemuninglor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember. Waktu penelitian dilakukan pada bulan September 2023 - Januari 2024. Pengambilan data lapang (jenis data primer) dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*.

3.2.2 Penentuan Lintasan

Lintasan penelitian berada di Desa Kemuningsarilor tepatnya di Dusun Krajan dan Dusun Summersari, menggunakan 3 lintasan. Lintasan 1 berada di daerah padat penduduk, dekat sumur warga. Lintasan 2 pada lahan pekarangan pisang dengan kondisi merekah dan sangat gersang. Sedangkan lintasan 3 dipilih di

area dengan tanaman yang tumbuh subur. Ketiga kondisi lintasan digambarkan pada lampiran 2. Pemilihan tiga lintasan dengan kondisi yang berbeda bertujuan untuk mengetahui persebaran air tanah sebagai upaya pemenuhan kebutuhan air, terutama selama musim kemarau panjang.

Penentuan panjang lintasan ini dilakukan dengan simulasi pada *software Res2Dinv* sehingga panjang lintasan, spasi elektroda dan faktor “n” yang akan digunakan dapat menjangkau kedalaman sesuai dengan target. Simulasi tersebut menggunakan data yang berasal dari buku Looke (2004). Ketiga lintasan yang digunakan memiliki panjang lintasan yang berbeda sesuai dengan kondisi lingkungan di sekitarnya. Lintasan 1 dan 3 masing-masing memiliki panjang lintasan 171 m, spasi elektroda yang digunakan 9 m dengan nilai $n=1,2,3,4,5,6,7,8$ diperoleh kedalaman sekitar 35 m. Lintasan 2 memiliki panjang lintasan 152 m dengan dengan spasi elektroda yang digunakan 8 m dengan nilai $n=1,2,3,4,5,6,7,8$ diperoleh kedalaman sekitar 31 m. Lintasan 1 berada pada koordinat $8^{\circ}10'23.17''\text{LS}$ dan $113^{\circ}36'12.96''\text{BT}$. Lintasan lintasan 2 pada koordinat $8^{\circ}10'06.96''\text{LS}$ dan $113^{\circ}35'59.60''\text{BT}$ sedangkan lintasan 3 pada koordinat $8^{\circ}10'15.26''\text{LS}$ dan $113^{\circ}36'02.51''\text{BT}$. Ketiga lintasan tersebut dilampirkan pada lampiran 3.

3.3 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Prinsip kerja metode ini adalah penginjeksian arus listrik DC (searah) ke dalam tanah melalui dua elektroda arus dan pengukuran beda potensial pada dua elektroda potensial. Arus yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui elektroda C_1 kemudian diterima elektroda C_2 , beda potensial yang timbul pada elektroda kemudian diukur pada elektroda P_1 dan P_2 . Desain penelitian ini pada konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sesuai dengan gambar 2.3

3.4 Prosedur Penelitian

Proses pengambilan data di lapangan yaitu menggunakan metode geolistrik

resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Prosedur pengambilan data lapangan adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan selama proses pengambilan data.
- b. Menentukan titik koordinat pada lokasi penelitian dengan menggunakan GPS.
- c. Mengukur panjang lintasan menggunakan meteran, kemudian menancapkan elektroda arus dan beda potensial sesuai dengan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*.
- d. Menghubungkan elektroda arus dan beda potensial ke *resistivitymeter* menggunakan kabel.
- e. Mengaktifkan *resistivitymeter* dengan sumber daya aki
- f. Melakukan akuisisi nilai arus dan beda potensial di setiap titik pada lintasan yang tertera pada *resistivitymeter* sebagai nilai keluaran.
- g. Memindahkan elektroda arus dan tegangan sesuai dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*.

3.5 Pengumpulan Data Penelitian

Jenis data penelitian ini merupakan data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif merupakan jenis data yang dinyatakan dalam bentuk angka yang berfokus pada jumlah atau besaran. Data kuantitatif yang diperoleh dalam penelitian ini berupa nilai arus (I), beda potensial (V), resistansi (R), resistivitas semu (ρ_a) dan faktor geometri (K). Sedangkan data kualitatif merupakan data deskriptif yang merujuk pada sifat-sifat atau karakteristik. Data kualitatif dalam penelitian ini yaitu mendeskripsikan jenis batuan dan lapisan tanah. Sumber data penelitian ini termasuk dalam pengolahan data primer karena dilakukan pengambilan data secara langsung.

3.6 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- a. *Resistivitymeter*, berfungsi untuk mengukur nilai resistivitas tanah di bawah permukaan melalui proses penginjeksian arus.
- b. Meteran, berfungsi untuk mengukur panjang lintasan dan jarak elektroda.

- c. Elektroda beda potensial, berfungsi untuk menerima tegangan yang terukur.
- d. Elektroda arus, berfungsi untuk menyalurkan arus ke dalam permukaan tanah.
- e. Kabel, berfungsi sebagai penghubung antara *resistivitymeter* dengan elektroda.
- f. Aki, berfungsi sebagai sumber arus listrik pada *resistivitymeter*.
- g. Palu, berfungsi untuk memukul elektroda ke dalam tanah.
- h. *Handy talkie*, berfungsi untuk berkomunikasi nirkabel antara operator.
- i. Alat tulis, berfungsi untuk mencatat nilai beda potensial dan arus yang terukur.
- j. GPS, berfungsi dalam menentukan koordinat geografis lokasi.
- k. Laptop, berfungsi untuk mengelola data yang didapat.

3.7 Analisis Data dan Interpretasi

Pengambilan dan pengukuran data di lapangan menghasilkan nilai arus listrik (I) dan beda potensial (V) sehingga didapatkan nilai resistansi (R). Nilai resistansi tersebut kemudian dikalikan dengan faktor geometri (K) sesuai dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* guna mendapatkan nilai resistivitas semu (ρ_a). Selanjutnya, untuk mengubah nilai resistivitas semu menjadi resistivitas sebenarnya dalam model 2D, digunakan *Software Res2Dinv*. Proses inversi dalam *Res2Dinv* dilakukan untuk menghasilkan citra distribusi nilai resistivitas di bawah permukaan tanah.

Hasil pengolahan data tersebut kemudian dianalisis dan diinterpretasikan untuk menjawab permasalahan yang diajukan. Model 2D yang dibuat dengan menggunakan *Res2Dinv* menunjukkan penampang horizontal yang mencerminkan panjang lintasan serta penampang vertikal yang mencerminkan kedalaman. Nilai-nilai resistivitas diwakili oleh variasi warna, dimana setiap warna mengindikasikan nilai resistivitas yang berbeda. Nilai resistivitas ini dapat digunakan sebagai panduan dalam mengidentifikasi jenis batuan atau mineral yang terdapat di bawah permukaan tanah. Interpretasi data dalam penelitian ini mengacu pada distribusi resistivitas yang dihasilkan oleh *Res2Dinv*, nilai resistivitas, data geologi, nilai akuifer serta menggunakan referensi dari tabel Telford (1990), tabel 2.1 dan tabel 2.2. Semua data ini kemudian divalidasi dengan nilai resistivitas akuifer geologi setempat.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian investigasi persebaran air tanah dilakukan di Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember khususnya di Dusun Kemuning Krajan dan Dusun Summersari. Kedua dusun tersebut menghadapi tantangan serius dalam hal pasokan air selama musim kemarau. Potensi keberadaan air tanah dapat diidentifikasi melalui penerapan metode geolistrik resistivitas. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, dimana jarak antar elektroda menggambarkan target yang diukur. Keunggulan konfigurasi ini yaitu memiliki penetrasi yang tinggi di berbagai kedalaman yang dapat digunakan untuk mencari keberadaan air tanah dangkal maupun dalam. Penelitian ini berlangsung dari bulan September 2023 hingga Januari 2024, dengan pengambilan data lapang dilakukan pada musim penghujan, tepatnya tanggal 16 hingga 18 Desember 2023 dengan suhu rata-rata 30°C. Cara kerja dari metode geolistrik resistivitas melibatkan penginjeksian arus ke dalam tanah menggunakan dua elektroda arus dan pengukuran beda potensial menggunakan dua elektroda potensial. Untuk menjaga akurasi pengukuran, elektroda harus dipasang di tanah yang kering dan yang tidak boleh berada di area yang tergenang oleh air, meskipun penelitian berlangsung pada musim penghujan. Genangan air dapat mengubah hasil pengukuran resistivitas, terutama pada kedalaman yang dangkal, sehingga bisa menyamarkan sinyal akuifer yang lebih dalam. Jika elektroda dipasang di area yang tergenang, variasi resistivitas yang diukur bisa lebih disebabkan oleh air permukaan daripada struktur tanah itu sendiri. Ini bisa menyebabkan kesalahan interpretasi tentang potensi air tanah atau karakteristik geologi lainnya. Dengan memastikan bahwa elektroda dipasang di tanah yang kering, dapat memperoleh pengukuran yang lebih akurat yang merefleksikan resistivitas asli dari struktur tanah dan air tanah di lokasi penelitian.

Pengambil data lapang ini dilakukan di tiga lokasi dengan kondisi yang berbeda. Lokasi pertama terletak di daerah padat penduduk, berdekatan dengan pemukiman warga, lokasi kedua berada di lahan pekarangan pisang yang tanahnya merekah selama musim kemarau. Sementara itu, lokasi ketiga berada di lahan

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Struktur bawah permukaan di Dusun Kemuning Krajan dan Dusun Summersari, Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember memiliki berbagai jenis material. Jenis material bawah permukaan masing-masing lokasi penelitian diketahui berdasarkan rentang nilai resistivitas hasil pengolahan data yaitu air tanah, lempung berpasir dan kerikil. Indikasi persebaran potensi air tanah di lokasi penelitian menunjukkan bahwa adanya potensi air tanah yang tersebar di masing-masing lintasan karena memiliki nilai resistivitas yang rendah dengan nilai resistivitas (11,1-29,8) Ωm yang memiliki karakteristik tanah yang dapat menyimpan dan meloloskan air.
- b. Kedalam air tanah di lintasan 1, 2 dan 3 di memiliki kedalaman yang berbeda. Lintasan 1 memiliki kedalaman sebesar (10,8-26,5) m dengan ketebalan lapisan akuifernya ± 16 m, lintasan 2 dengan kedalaman (10,2-19,1) m dengan ketebalan lapisan akuifernya sebesar ± 9 m. Sedangkan kedalaman di lintasan 3 sebesar (9,1-24,5) m memiliki ketebalan lapisan akuifer ± 15 m. Lintasan 1 dan 3 berpotensi dalam pembuatan sumur maupun irigasi pertanian yang dapat digunakan hingga musim kemarau panjang karena memiliki ketebalan lapisan akuifer yang cukup besar. Namun lintasan 2 belum bisa direkomendasikan untuk pembuatan sumur maupun irigasi pertanian dikarenakan memiliki ketebalan lapisan akuifer yang tipis, sehingga terdapat potensi risiko sumur mengering.

5.2 Saran

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi sebaran potensi air tanah di Dusun Kemuning Krajan dan Dusun Summersari, Desa Kemuningsarilor, Kecamatan Panti, Kabupaten Jember. Potensi tersebut dapat diusulkan sebagai solusi untuk

DAFTAR PUSTAKA

- Aida, S. N. (2022). Investigasi Potensi Air Tanah Di Desa Suci Kecamatan Panti Kabupaten Jember Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Konfigurasi Wenner-Schlumberger. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- Asmaranto, R. (2015). Identifikasi potensi akuifer menggunakan uji resistivity Ves (vertical electrical sounding)(Studi kasus: Desa Pohijo, Sampung-Ponorogo). *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 5(2), 199–206.
- Amin, S. S., Hasilatagama, A. P., & Ayunda, K. (2022). Identifikasi Keberadaan Akuifer di daerah Mersam berdasarkan Data Resistivitas. *JTK (Jurnal Teknik Kebumihan)*, 7(2), 11-17.
- BPS Kab. Jember. (2020). *Kabupaten Jember Dalam Angka Tahun 2016*. Bada Pusat Statistik Kabupaten Jember. Jember
- Dayattullah, M., Supriyanto, Lepong, P., Rinaldi, A., & Alam, F. (2018). Uji Data Konfigurasi Metode Resistivitas (Konfigurasi Winner, Dipole-Dipole, Pole-Dipole) Berdasarkan Pengukuran Lapangan Dan Uji Laboratorium. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 1(2), 1–8.
- Fuadi, M. F. (2018). Identifikasi Potensi Air Tanah Di Sekitar Gumuk Daerah Jember Dengan Metode Geolistrik Resistivitas. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- Fuadi, Z., Muhardi, & Yusa, M. (2020). Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan dan Bidang Gelincir Lereng Kelurahan Muara Lembu Metode Geolistrik. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 56–66.
- Hakim, Rahma H., & Manrulu. (2016). Aplikasi Konfigurasi Wenner Dalam Menganalisis Jenis Material Bawah Permukaan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 5(2), 93-103.
- Halbian, W., Purwanto, A., & Setiawan, I. (2022). Analisis Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Untuk Menentukan Titik Pembuatan Sumur Bor Di Durian Depun. *Jurnal Kumparan Fisika*, 5(2), 113–120.
- Hasrianti, & Nurasia. (2016). Analisis Warna, Suhu, Ph dan Salinitas Air Sumur Bor di Kota Palopo. *Prosiding Seminar Nasional*, 2(1), 747–753.
- Hanifa, D., Sota, I., & Siregar, S. S. (2016). Penentuan Lapisan Akuifer Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Desa Sungai Jati

Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. *Jurnal Fisika FLUX*, 13(1), 30–39.

Loke, M. H. (2004). *Electrical Imaging Surveys For Environmental And Engineering Studies : A racticalquade to 2-D and 3-D surveys*. Malaysia : Penang.

Manrulu, R. H., Nurfalaq, A., & Hamid, I. D. (2018). Pendugaan Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger di Kampus 2 Universitas Cokroaminoto Palopo. *Jurnal Fisika FLUX*, 15(1), 6-12

Melani, O., Annisa Fara, T., Anjelika, L., Ega Safitri, D., Catur Wibowo, R., & Zaenudin, A. (2021). Penerapan Metode Inversi Dalam Pendugaan Nilai Resistivitas Application of the Inversion Method in Estimating the Resistivity Value. *Jurnal Teknik Sains*, 06(02), 91–101.

Mulyasari, R., Darmawan, I. G. B., & Haerudin, N. (2021). Perbandingan Konfigurasi Elektroda Metode Geolistrik Resistivitas untuk Identifikasi Litologi dan Bidang Gelincir Di Kelurahan Pidada Bandar Lampung. *Journal Online of Physics*, 6(2), 16–23.

Murtiono, U. H., & Wuryanta, A. (2017). Kajian Kualitas Air Tanah Pada Hutan Alam Dan Hutan Rakyat Di Daerah Tangkapan Air Waduk Rawapening, Kabupaten Semarang. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS*, 644–654.

Noor, R. H., Ishaq, Jarwanto, & Priono, D. (2020). Eksplorasi Akuifer Air Bawah Tanah Menggunakan Metode. *Al Ulum Sains Dan Teknologi*, 5(2), 74–82.

Okviyani, N., Sebrahim, A., Ma'rief, A. A., & Mahyuni, E. T. (2020). Identifikasi Air Tanah Kawasan Cagar Purbakala Leang-Leang Kabupaten Maros Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger. *Jurnal Geoelebes*, 4(2), 150–154.

Pellokila, Q., Kotta, H. Z., Banunaek, N., Pertambangan, J. T., Sains, F., & Nusa, U. (2023). Pendugaan Lapisan Batuan yang Mengandung Air untuk Mengetahui Potensi Air Tanah di Kecamatan Rote Barat , Kabupaten Rote Ndao , Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 5208–5218.

Pemerintah Daerah Kabupaten Jember. 2023. *Geografif dan Topografi*. Jember: Pemerintah Kabupaten Jember.

Pranowo, H., Sholichin, M., & Montarcih, L. (2014). Analisa Kuantitas dan Kualitas Airtanah di Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Pengairan*, 4(2).

- Priyantari, N., Suprianto, A., & Faiqah, I. (2023). Investigasi Potensi Air Tanah di Area Terdampak Longsor Menggunakan Metode Geolistrik 2D (Studi Kasus : Lereng Pegunungan Argopuro Desa Suci , Jember). *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 20(3), 202–208.
- Rahmaniah, Kusmiran, A., & Lanto, M. S. (2023). Pemodelan 2D sistem akuifer menggunakan metode geolistrik di Desa Lembangloe Kecamatan Biringbulu Kabupaten Gowa. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 17(2), 172–182.
- Ramadani, T., Pakpahan, F., Adi Pradana, S., Agus Supriyanto, M., & Mardiyono, E. (2019). Implementasi Kebijakan Satu Peta Energi Sumber Daya Mineral (Esdm One Map) di Kementerian Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. *Matra Pembaruan*, 3(2), 109–118.
- Rolia, E. (2015). Analisis Potensi Air Tanah Di Kelurahan Imopuro Metro Dengan Menggunakan Perhitungan Metode Resty. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 4(2), 78–86.
- Saidah, H. D., Suryo, E. A., & Suroso, S. (2015). Pengaruh Kadar Air Tanah Lempung Terhadap Nilai Resistivitas/Tahanan Jenis pada Model Fisik dengan Metode ERT (Electrical Resistivity Tomography). (*Doctoral dissertation, Brawijaya University*), 1-8
- Salsabila, A. & Nugraheni, I. L. (2020). *Pengantar Hidrologi*. Bandar lampung: Anugrah Utama Raharja
- Sasdin, S. (2021). Sifat Fisik Tanah Pada Penerapan Sistem Agroforestri Dengan Model Agrisilvikultur Di Desa Sanglepongan, Kecamatan Curio, Kabupaten Enrekang. (*Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin*).
- Saputra, F., Baskoro, S. A., Supriyadi, S., & Priyantari, N. (2020). Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Wenner-Schlumberger pada Daerah Mata Air Panas Kali Sengon di Desa Blawan-Ijen. *Berkala Sainstek*, 8(1), 20-24.
- Sari, H. P., Suprianto, A., & Priyantari, N. (2022). Groundwater Distribution and Potency in Faculty of Mathematics Natural Sciences, Universitas Jember based 3-Dimensional Resistivity Data Modelling. *Berkala Sainstek*, 10(1), 32.
- Sarmauli, O., Setyawan, A., & Dwiyanto, J. (2016). Geolistrik Tahanan Jenis Pada Daerah Krisis Air Bersih Di. *Youngster Physics Journal*, 5(4), 327–334.
- Sedana, D., As'ari, & Tanauma, A. (2015). the Mapping of Groundwater Aquifers At the Ringroad Malendeng Village By Using Geoelectric Resistivity Method.

Jurnal Ilmiah Sains, 15(2), 1–5.

Setiadi, M., Apriansyah, & Sampurno, J. (2016). Identifikasi Sebaran Batuan Beku Di Bukit Koci Desa Sempalai Kabupaten Sambas Kalimantan Barat Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas. *Positron*, 6(2), 53-59.

Solossa, H. F., & Yulfiah. (2020). Pemetaan Parameter Logam Pada Air Tanah Di Kabupaten Bangkalan. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VIII*, 1(1), 47–54.

Susilo, A., Juwono, A. M., Fitriah, F., Puspita, M. B., Hasan, M. F. R., Hisyam, F., & Suryo, E. A. (2022). *Teori dan Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas*. Universitas Brawijaya Press.

Susilo, V. W., Christian, D., Tjandra, D., & Wulandari, P. S. (2015). Akibat Perubahan Musim. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 5(2), 1–8.

Telford, W. M., Sherif, R. E., & Geldart, L. P. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge University

Usman, B., Manrulu, R. H., Nurfalaq, A., & Rohayu, E. (2017). Identifikasi Akuifer Air Tanah Kota Palopo Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger. *Jurnal Fisika FLUX*, 14(2), 65-72.

Vebrianto, S. (2016). *Eksplorasi Metode Geolistrik*. Universitas Brawijaya Press

Wijaya, A. S (2015). Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55), 1-5.

Widiyanto, A. F., Yuniarno, S., & Kuswanto, K. (2015). Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri Dan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2), 246-254.

Yosieguspa. (2020). Pengelolaan Sumber Daya Air. *UEEJ - Unbara Environment Engineering Journal*, 01(01), 7–13.

LAMPIRAN

Lampiran dalam penelitian Investigasi air tanah sebagai alternatif pemenuhan kebutuhan air menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D di Desa Kemuningsarilor, Jember adalah dilampirkan dalam link berikut:

Lampiran 1 : [Diagram alir rancangan penelitian](#)

Lampiran 2 : [Kondisi lokasi penelitian](#)

Lampiran 3 : [Lintasan penelitian](#)

Lampiran 4 : [Data hasil penelitian](#)

Lampiran 5 : [Dokumentasi penelitian](#)

Lampiran 6 : [Informasi ESDM One Map Indonesia](#)

Berikut adalah QR Code folder penyimpanan *online* dari lampiran-lampiran di atas

