

II. LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Relevan

Penelitian yang berkaitan dengan geolistrik dan eksplorasi benda purbakala yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Pasaribu & Kadri (2018), telah melakukan penelitian tentang penentuan sebaran situs purbakala Candi Tandihat I Kabupaten Padang Lawas menggunakan metode geolistrik. Pengambilan data penelitian ini menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* yang terdiri dari 2 lintasan dengan Panjang lintasan 155 m dan jarak antar elektroda 5 m. Hasil penelitian geolistrik menunjukkan nilai resistivitas sebesar 24,1-583 Ωm pada kedalaman 6,76-26,2 m dengan jarak 15-65 m dan 85-125 m yang diinterpretasikan sebagai lapisan aluvium yang terdiri dari lempung silt, lempung pasir, dan pasir. Berdasarkan hasil interpretasi, lapisan utama penyusun batuan candi adalah lempung, lempung pasir, dan pasir dengan kedalaman rata-rata 10-19 m.

Rochman, dkk. (2022) melakukan penelitian tentang identifikasi dugaan situs purbakala menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner* di Situs Alassumur Kabupaten Bondowoso. Dalam penelitian ini, menggunakan jumlah lintasan pengukuran sebanyak 4 lintasan dengan panjang lintasan 1,3, dan 4 sepanjang 48 m dengan spasi 1 m sedangkan lintasan 2 sepanjang 96 m dengan spasi 2 m. Pengolahan hasil data penelitian ini berupa data penampang nilai resistivitas. Dari hasil pengolahan data, diperoleh jenis litologi berupa batuan breksi, andesit, dan lempung pasir. Persebaran nilai resistivitas untuk batuan breksi berada pada rentang (34 – 101 Ωm), batuan andesit pada rentang (102 – 141 Ωm), dan batuan lempung pasir pada rentang (26 – 33 Ωm). Anomali terdeteksi dengan rentang nilai (19 – 25 Ωm), yang diinterpretasikan sebagai batubata. Anomali ini ditemukan pada lintasan 1, 3, dan 4.

Dwiharto dan Purwanto (2017) melakukan penelitian tentang penerapan metode resistivitas 2D untuk identifikasi bawah permukaan Situs Maelang Bayuwangi Jawa Timur. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran resistivitas 2D sebanyak 5 lintasan dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dan *Dipole-Dipole* yang didapatkan beberapa anomali. Pada lintasan 1, 2, dan 5 menunjukkan batuan penutup gua yang berada dibawah *top soil* yang memiliki nilai resistivitas 90 – 215 Ωm dengan ketebalan kurang lebih 1 m dan pada kedalaman 0,5 – 3 m pada lintasan 5. Lintasan 3 dan 4 memiliki anomaly resistivitas tinggi yaitu senilai 1418 – 3836 Ωm pada line 3 dan bernilai hingga 5820 pada line 4 yang diidentifikasi sebagai ruang kosong dibawah permukaan. Dari hasil peta bawah permukaan Situs Maelang menunjukkan dominasi batuan vulkanik pada lapisan

batu terluar dan diidentifikasi situs ini memiliki ruang-ruang yang berada dibawah permukaan.

Luthfin, dkk. (2020) melakukan penelitian tentang identifikasi batuan pondasi candi (andesit) dibawah permukaan sekitar Candi Badut dengan metode geolistrik resistivitas. Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *Wenner* dan menggunakan alat *Resistivitymeter* OYYO MC OHM. Dari hasil interpretasi, keseluruhan dari lintasan 1, 2, 3, dan 4 menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi *wenner* menunjukkan bahwa batuan pondasi candi berupa andesit terletak pada kedalaman 0,5 m hingga 1,5 m, yang memiliki nilai resistivitas tertinggi dibandingkan jenis batuan lainnya. Nilai resistivitas batuan andesit berkisar antara 33,87 Ω m hingga 66,8 Ω m. Pada kedalaman 1,51 m hingga 7,91 m, lapisan tanah terdiri dari lanau basah yang lembek, serta lanau pasir, dan tidak ditemukan adanya batuan candi (andesit) yang terkubur dalam lapisan tersebut.

Widodo, dkk. (2019) telah melakukan akuisisi data metode resistivitas geofisika 2D dengan konfigurasi *Diplo-Dipol* untuk mengidentifikasi bawah permukaan Situs Candi Terung, Kadipaten Terung Sidoarjo. Berdasarkan lokasi Candi Terung, lintasan 1 yang membentang arah utara-selatan di sisi barat sepanjang 62 meter memperlihatkan anomali resistivitas antara 13,2-60 Ω m pada kedalaman 1-3,67 meter. Lintasan 2 dengan orientasi barat daya-timur laut di sisi barat laut sepanjang 46,5 meter menunjukkan anomali resistivitas sebesar 13,8-75 Ω m pada kedalaman 1-2,75 meter. Lintasan 3 yang mengarah barat laut-tenggara di sisi barat daya dengan panjang 46,5 meter menunjukkan nilai resistivitas 12,7-75 Ω m pada kedalaman 1-2,75 meter. Sementara itu, lintasan 4 yang berorientasi timur-barat di sisi selatan menunjukkan anomali resistivitas 15-75 Ω m, dan lintasan 5 dengan arah utara-selatan di sisi timur sepanjang 62 meter mencatat nilai resistivitas 15,7-100 Ω m. Anomali-anomali ini diduga sebagai struktur batu bata bawah permukaan yang tersebar di sepanjang 5 lintasan penelitian yang diprediksi keberadaan Candi Terung ke arah barat dan selatan.

Widodo, dkk. (2019) melakukan penelitian tentang identifikasi struktur bawah permukaan Situs Kadipaten Terung menggunakan metode resistivitas 3D. Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *Wenner* dan bertujuan untuk mengidentifikasi pola distribusi struktur bawah permukaan di Situs Terung. Hasil pengolahan data dan interpretasi menunjukkan bahwa Situs Terung memiliki keterkaitan dengan situs yang sudah ada pada kedalaman 1,5-3,5 meter dengan nilai resistivitas antara 30 Ω m hingga 80 Ω m. Nilai resistivitas ini menunjukkan adanya struktur batako yang ditandai dengan dominasi warna

biru, yang diasosiasikan dengan tanah liat, dan biru muda yang menunjukkan tanah liat basah jenuh air. Kondisi ini dipengaruhi oleh lokasi penelitian yang berada di area perkebunan dan ladang padi dekat dengan sungai.

Susanti & Evi (2020) melakukan penelitian tentang aplikasi metode geolistrik untuk menentukan persebaran batuan Situs Partitaaan Ngawonggo Tajinan Kabupaten Malang. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole*. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 4 lintasan yang memiliki spasi 1 m disetiap lintasan. Lintasan pertama memiliki bentangan sepanjang 64 m dan ditemukan batuan situs pada kedalaman 0 – 2 m. Pada lintasan kedua memiliki bentangan sepanjang 64 m dan ditemukan batuan situs pada kedalaman 2 – 5 m. Pada lintasan ketiga memiliki bentangan sepanjang 32 m dan ditemukan batuan situs pada kedalaman 2 – 7 m. Pada lintasan keempat memiliki bentangan 32 m dan tidak ditemukan batuan situs.

Agussalim (2015) melakukan penelitian tentang aplikasi metode resistivitas konfigurasi *Wenner* untuk menafsirkan penyebaran batuan situs purbakala Candi Gambar Wetan Kabupaten Blitar. Pada penelitian menggunakan nilai resistivitas batuan andesit untuk menentukan jenis batuan penyusun candi. Pengolahan data yaitu menggunakan software RES2DINV versi 3.4 untuk menghasilkan model inversi data. Hasil inversi menunjukkan adanya nilai resistivitas sangat tinggi di situs Candi Gambar Wetan, dengan anomali resistivitas yang signifikan pada lintasan 3, berkisar antara 10.805 hingga 160.000 Ωm , yang diidentifikasi sebagai batuan andesit dan diperkirakan merupakan bagian dari struktur candi yang terkubur akibat erupsi Gunung Kelud. Anomali resistivitas rendah ditemukan pada lintasan 5, dengan kisaran resistivitas antara 1.779 hingga 7.000 Ωm , yang juga merupakan batuan andesit. Penyebaran batuan penyusun candi dengan dimensi yang cukup besar terlihat pada lintasan ke-5 ke arah timur halaman Candi Gambar Wetan dan diperkirakan sebagai bagian dari bangunan utama candi.

Sugiarto, dkk. (2018) melakukan penelitian tentang identifikasi objek bawah permukaan menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* di Kompleks Candi Kedaton, Muarojambi. Pengukuran pada penelitian ini bertujuan menyediakan data bawah permukaan tanpa perlu melakukan penggalian (ekskavasi) seperti yang umumnya dilakukan dalam metode arkeologi tradisional. Pengambilan data dilakukan di enam lintasan di sekitar bangunan utama dan halaman candi dalam area pagar Kompleks Candi Kedaton. Data yang dihasilkan memiliki kualitas baik dengan rasio signal to noise lebih dari 110 dB. Pemodelan bawah permukaan berdasarkan sifat elektromagnetik batuan menunjukkan tiga lapisan tanah yaitu lapisan A dengan ketebalan antara 0,26 hingga 0,78 m,

lapisan B setebal hingga 1,51 meter, dan lapisan C, yang menutupi indikasi objek arkeologi, dengan ketebalan 0,35 hingga 3,87 m. Di bagian selatan bangunan utama, delineasi dan distribusi lapisan tanah memiliki ketebalan total hingga 4,50 m, sementara di bagian utara hanya mencapai 2,60 m. Indikasi adanya objek arkeologi di bawah permukaan ditunjukkan oleh pola-pola anomali yang memiliki kedalaman bervariasi antara 1,65 hingga 4,50 m. Dari hasil interpretasi diprediksi pada zona depresi terdapat bangunan masa lampau yang terkubur akibat banjir besar, tidal Sungai Batanghari atau pasang surut air laut pada zaman dahulu.

Sukron (2021) melakukan penelitian tentang identifikasi objek benda purbakala terbenam dengan menggunakan metode mikrotremor di Kompleks Candi Muaro Jambi. Pada penelitian ini menggunakan Seismograf MAE 6000. Berdasarkan hasil pengambilan data mikrotremor yang mencakup 25 titik dengan informasi sinyal posisi dan sinyal mikrotremor, diperoleh rentang frekuensi antara 1,34789 Hz hingga 4,0493 Hz, dengan rata-rata 2 Hz. Nilai amplifikasi yang tercatat berkisar antara 1,45015 hingga 4,24338. Daerah sekitar candi didominasi oleh batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimen delta, top soil, lumpur, dan bahan lainnya dengan kedalaman lebih dari 30 m. Titik pengamatan yang berada di lintasan A menunjukkan objek yang ditemukan di titik A2, A3, dan A4 dengan distribusi yang tersebar sepanjang lintasan, dengan nilai frekuensi dominan (f_0) antara 1,54134 Hz dan 4,0493 Hz, rata-rata 2,6 Hz, serta amplifikasi antara 2,35133 hingga 4,24338. Sementara itu, lintasan B yang mencakup titik B2 dan B3 memiliki dimensi 21 x 2,5 m, dengan frekuensi sekitar 1,4 Hz dan nilai amplifikasi 4.

2.2 Candi Muaro Jambi

Kompleks Candi Muaro Jambi berlokasi di Kecamatan Maro Sebo, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi, Indonesia, di tepi Sungai Batang Hari, sekitar 26 kilometer di sebelah timur Kota Jambi. Diperkirakan, candi ini berasal dari abad ke-7 hingga ke-12 Masehi. Candi Muaro Jambi dikenal sebagai kompleks candi terbesar dan paling terawat di Sumatra. Sejak tahun 2009, Kompleks Candi Muaro Jambi telah diusulkan untuk menjadi Situs Warisan Dunia UNESCO. Sebagai situs arkeologi, Situs Purbakala Candi Muaro Jambi merupakan salah satu peninggalan kuno terluas di Indonesia, membentang sekitar 7,5 kilometer dari barat ke timur di sepanjang tepi Sungai Batanghari, dengan luas area sekitar 12 kilometer persegi (Dahmiri dkk, 2023).

Kompleks percandian Muaro Jambi pertama kali dilaporkan pada tahun 1824 oleh seorang letnan Inggris bernama S.C. Crooke yang melakukan pemetaan daerah aliran sungai untuk keperluan militer. Pemugaran secara intensif baru

dimulai oleh pemerintah Indonesia pada tahun 1975, di bawah pimpinan R. Soekmono. Menurut ahli epigrafi Boechari, berdasarkan aksara Jawa Kuno pada beberapa lempeng yang ditemukan, peninggalan ini diperkirakan berasal dari abad ke-7 hingga abad ke-12 Masehi. Di situs ini, baru sembilan bangunan yang telah direstorasi, dan semuanya bercorak Buddhis. Kesembilan candi tersebut meliputi Candi Kotomahligai, Kedaton, Gedong Satu, Gedong Dua, Gumpung, Tinggi, Telago Rajo, Kembar Batu, dan Candi Astano (Karmelia dkk, 2022).

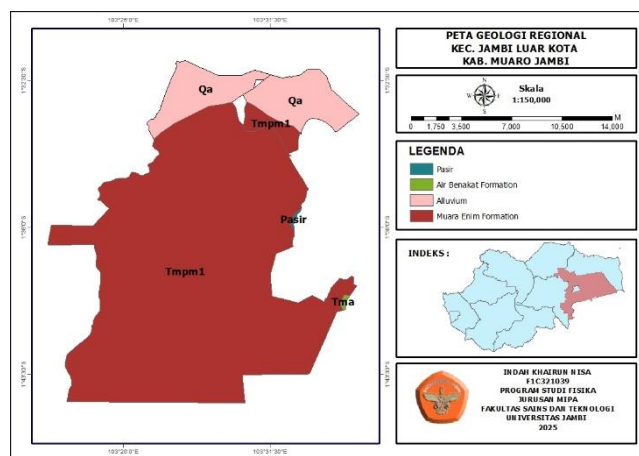
Candi Muaro Jambi adalah kompleks percandian Hindu-Buddha terbesar di Asia Tenggara, yang diyakini merupakan peninggalan dari Kerajaan Sriwijaya dan Kerajaan Melayu, berlokasi di Kabupaten Muaro Jambi. Kawasan Candi Muaro Jambi mencakup area seluas 3.981 hektar dan menjadi tempat sejumlah peninggalan sejarah dari periode Hindu-Buddha, khususnya pada masa kejayaan Kerajaan Sriwijaya dan Melayu. Candi ini berfungsi sebagai pusat keagamaan bagi dinasti-dinasti tersebut dan menyimpan warisan budaya berupa 110 candi dan 85 menapo atau gundukan tanah yang menandakan peninggalan sejarah masa itu. Selain candi, di kawasan ini juga terdapat peninggalan lain, seperti saluran irigasi kuno, candi-candi lainnya, dan kompleks permukiman tua yang masih terpelihara hingga kini. Secara astronomis, kawasan wisata Candi Muaro Jambi berada pada koordinat 103°22' BT hingga 103°45' BT dan 1°24' LS hingga 1°33' LS, di Kecamatan Taman Rajo, Kabupaten Muaro Jambi. Kawasan ini terletak pada ketinggian 8-12 meter di atas permukaan laut, tepat di atas tanggul alami purba dengan luas wilayah mencapai 8 kilometer (Fajri dkk, 2023).

Kawasan Muaro Jambi adalah salah satu Cagar Budaya Indonesia yang terletak sekitar 40 kilometer dari Kota Jambi atau 30 kilometer dari pusat Kabupaten Muaro Jambi. Secara astronomis, kawasan ini berada pada koordinat 103°22' BT hingga 103°45' BT dan 1°24' LS hingga 1°33' LS. Secara administratif, wilayah Muaro Jambi mencakup tujuh desa, yaitu Desa Dusun Baru, Desa Danau Lamo, Desa Muaro Jambi, Desa Kemingking Luar, Desa Kemingking Dalam, Desa Teluk Jambu, dan Desa Dusun Mudo. Ketujuh desa tersebut termasuk dalam Kecamatan Maro Sebo dan Taman Rajo, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi (Hidayat, 2024).

2.3 Kondisi Geologi

Geologi Regional

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Jambi (Mangga dkk., 1993), area yang diteliti terletak di dataran rendah bagian timur Sumatra. Bentuk lahannya berupa tanah datar dan bukit-bukit rendah, dengan ketinggian tidak lebih dari 100 meter. Wilayah ini berdiri di atas endapan alluvial, batuan dari Formasi Air Benakat, dan Formasi Muara Enim.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian

(Sumber: <https://www.indonesia-geospasial.com/2020/01/shp-rbi-provinsi-jambi-perwilayah.html>)

Formasi Muara Enim

Formasi Muara Enim (TMPM) terbentuk pada era Tersier, terdiri dari lapisan batuan yang merupakan perulangan antara batupasir tufaan dengan batulempung tufaan, serta batupasir kuarsa dengan batulempung kuarsa, diselingi oleh lapisan batubara dan oksida besi. Batuan dalam formasi ini tergolong ke dalam jenis batuan sedimen. Ketebalan formasi ini berkisar antara 500 hingga 1000 meter, terdiri atas batupasir, batulempung, batulanau, dan batubara. Batupasir pada formasi ini berpotensi mengandung glaukonit serta fragmen vulkanik. Selain itu, di dalam formasi ini juga ditemukan oksida besi dalam bentuk konkresi dan kayu yang telah mengalami proses silifikasi. Batubara yang terdapat di formasi ini umumnya berjenis lignit. Formasi ini diperkirakan berumur Miosen Akhir hingga Pliosen Awal (De Coaster, 1974).

Formasi Air Benakanat

Pada era Miosen Tengah, Formasi Air Benakat diendapkan secara selaras di atas Formasi Gumai. Formasi ini memiliki litologi berupa batupasir yang mengandung material vulkanik serta batulanau. Ketebalan Formasi Air Benakat bervariasi antara 100 hingga 1000 meter dan berumur dari Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Formasi Air Benakat tersingkap di bagian barat daya wilayah penelitian, dengan arah penyebaran barat laut–tenggara serta kemiringan rata-rata sebesar 8° ke arah timur laut. Formasi ini terdiri atas perulangan batulempung dan batupasir dengan sisipan batulanau (Ratiwi, 2017).

Alluvium

Aluvium terdiri atas berbagai material seperti bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lempung, dan gambut (Moechtar & Hidayat, 2010). Satuan ini merupakan

lapisan litologi termuda yang tidak mengalami pengaruh dari proses orogenesis pada masa Plio-Plistosen. Endapan ini terbentuk secara tidak selaras di atas formasi geologi yang lebih tua, yang mencakup batupasir, fragmen konglomerat berukuran dari kerikil hingga bongkah, serta batuan vulkanik berwarna gelap jenis andesit-basalt. Usia satuan ini tergolong sangat muda atau recent (De Coaster, 1974).

2.4 Benda Purbakala

Peninggalan purbakala sebagai warisan leluhur merupakan bukti sejarah yang dapat berfungsi sebagai suatu media untuk memupuk kepribadian bangsa baik untuk masa kini maupun untuk masa yang akan datang. Oleh karena itu, upaya pelestarian benda-benda peninggalan sejarah sangat penting guna melindunginya dari kehancuran akibat ulah manusia maupun proses alamiah. Warisan budaya tersebut akan senantiasa menjadi sumber inspirasi daya cipta kehidupan bangsa, sekaligus menjadi landasan kesadaran nasional dalam pembangunan (Susanti, 2017). Dalam arkeologi, situs purbakala merujuk pada lokasi di mana ditemukan peninggalan masa lampau yang menjadi bukti adanya aktivitas manusia di masa lalu. Ciri umum yang menunjukkan keberadaan suatu situs meliputi keberadaan artefak, baik yang tampak di permukaan tanah maupun yang tersembunyi di bawah permukaan (Kusnanto, 2008).

Peninggalan budaya dari masa lalu diwariskan dalam bentuk nilai-nilai budaya. Pewarisan nilai-nilai ini diwujudkan melalui pemahaman akan maknanya dan pelestarian terhadap benda-benda peninggalan purbakala sebagai warisan leluhur. Benda-benda ini meliputi hasil karya manusia masa lalu seperti alat batu, tembikar, arca, prasasti, dan monumen (candi). Sebagian dari benda-benda ini masih utuh, dimana sebagian besar telah mengalami kerusakan atau kehancuran yang disimpan di museum dan beberapa tetap berada di lokasi aslinya, baik di permukaan tanah maupun terkubur di dalamnya. Benda cagar budaya umumnya merupakan hasil karya suatu kelompok atau komunitas yang mencerminkan kebudayaan pada masanya. Masyarakat sering menyebutnya dengan berbagai istilah, seperti benda kuno, benda antik, benda purbakala, monumen, peninggalan arkeologi, atau peninggalan sejarah (Susanti, 2007).

2.5 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengetahui sifat resistivitas di dalam bumi. Metode resistivitas ini bekerja dengan menggunakan suatu konfigurasi elektroda dengan menginjeksikan arus listrik DC ke dalam bumi melalui elektroda-elektroda arus dan diukur melalui elektroda-elektroda potensial. Metode ini mengasumsikan bahwa geolistrik sebagai sebuah resistor yang besar (Kearey, 2022).

Metode ini menghasilkan nilai resistivitas bawah permukaan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan dari injeksi arus listrik ke dalam bumi. Berdasarkan nilai resistivitas hasil pengukuran, dapat diketahui kondisi bawah permukaan bumi. Metode geolistrik telah terbukti efektif dan relatif murah digunakan untuk memetakan situs – situs arkeologi (Isdarmadi, 2013).

Berdasarkan sumber arus listrik, metode geolistrik Metode dibagi menjadi 2 macam yaitu sebagai berikut (Burger, 1992) :

1. Metode aktif adalah metode di mana arus listrik dialirkan ke dalam tanah atau batuan, kemudian efek potensialnya diukur pada dua titik di permukaan tanah. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan metode *Self Potential* atau *Spontaneous Potential* (SP), yang memanfaatkan aktivitas elektrokimia alami.
2. Metode pasif menggunakan arus listrik yang terbentuk akibat aktivitas elektrokimia dan elektromekanik dalam material penyusun batuan. Metode geolistrik yang memanfaatkan arus listrik alami mencakup *Self Potential* (SP) dan *Magnetotelluric*.

Metode resistivitas adalah metode aktif yang melibatkan pengaliran arus listrik ke dalam lapisan bumi melalui dua elektroda arus, sementara potensialnya diukur menggunakan dua atau lebih elektroda potensial. Dua elektroda arus, C1 dan C2, berfungsi untuk menginjeksi arus ke dalam permukaan. Besar potensial atau tegangan yang diukur oleh elektroda P1 dan P2 akan dipengaruhi oleh keberadaan kedua elektroda arus tersebut (Loke, 2003).

Metode geolistrik resistivitas ini memiliki dua teknik pengukuran yaitu metode geolistrik resistivitas *mapping* dan *sounding*. *Mapping* merupakan sebuah metode yang mempelajari macam-macam resistivitas lapisan bawah permukaan secara horizontal. Metode ini menggunakan jarak spasi elektroda yang tetap pada semua titik *sounding* (titik amat) di permukaan bumi. Sedangkan metode geolistrik resistivitas *sounding* merupakan sebuah metode yang bertujuan untuk mempelajari macam-macam resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal. Pengukuran pada titik *sounding* dilakukan dengan jalan mengubah-ubah atau memvariasikan jarak elektroda yaitu dari jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektroda yang semakin besar, maka lapisan batuan yang terdeteksi semakin dalam (Reynolds, 2005).

Metode ini dapat diterapkan untuk menentukan struktur fondasi bangunan, memprediksi potensi air bawah tanah, eksplorasi panas bumi, penambangan mineral, serta mendeteksi intrusi air laut dan limbah. Data yang diperoleh dari pengukuran lapangan merepresentasikan kondisi bawah permukaan secara akumulatif. Metode geolistrik resistivitas sering dimanfaatkan

dalam penyelidikan bawah permukaan bumi, karena mampu mengidentifikasi jenis dan struktur batuan. Prinsip dasar fisika yang digunakan dalam metode geolistrik resistivitas adalah hukum Ohm, di mana arus listrik dialirkan ke dalam tanah melalui elektroda (Ojo dkk, 2015).

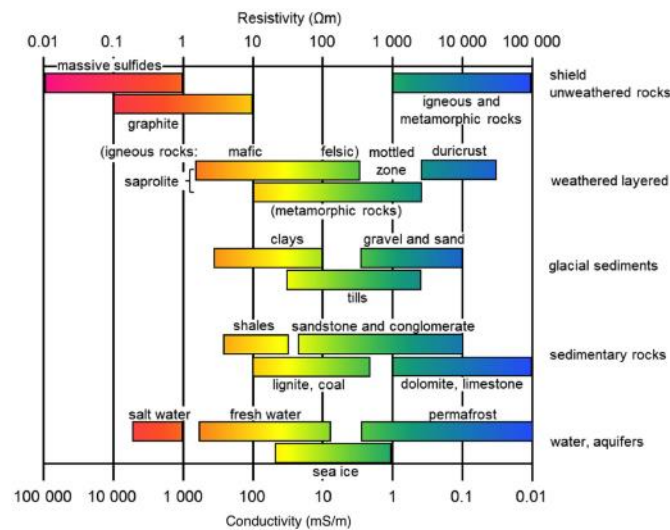
Tabel 1. Klasifikasi Nilai Resistivitas (Pambudi dkk, 2022)

No.	Nilai Resistivitas (Ωm)	Indikator Warna	Jenis Lapisan	Jarak (m)	Ketebalan Lapisan (m)
1	1 – 95,6	Biru tua - kuning	Batuan Resistivitas rendah tufa lempungan dan tufa pasiran	7,5 – 109	2 – 12
2	95,6 – 250	Cokelat – Merah Tua	Pasir Lempungan	15 – 22 27 – 37	4 8,4
		Ungu –		35 – 91	14,5
3	>250	Ungu tua	Perpaduan breksi dan batuan beku	42,5 – 65 72 – 87,5	12,5 3

Tabel 2. Nilai Resistivitas Batuan (Telford, 1990)

No.	Material	Nilai Resistivitas (Ohm-meter)
1.	<i>Pyrite</i> (Pirit)	0.001 - 100
2.	<i>Quartz</i> (Kwarsa)	500 – 800.000
3.	<i>Calcite</i> (Kalsit)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
4.	Rock Salt (Garam Batu)	$30 - 1 \times 10^{13}$
5.	<i>Granite</i> (Granit)	200 – 100.000
6.	<i>Andesit</i> (Andesit)	$1.7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
7.	Basalt	200 – 100.000
8.	<i>Limestones</i> (Gamping)	500 – 10.000
9.	<i>Sandstones</i> (Batu Pasir)	200 – 8.000
10.	Shales (Batu Tulis)	20 – 2.000
11.	<i>Sand</i> (Pasir)	1 – 1.000
12.	<i>Clay</i> (Lempung)	1 – 100
13.	<i>Ground Water</i> (Air Tanah)	0.5 – 300
14.	<i>Sea Water</i> (Air Asin)	0.2
15.	<i>Magnetite</i> (Magnetid)	0.01 – 1.000
16.	<i>Dry Gravel</i> (Kerikil Kering)	600 – 10.000
17.	<i>Alluvium</i> (Aluvium)	100 – 800
18.	<i>Gravel</i> (Kerikil)	100 – 600

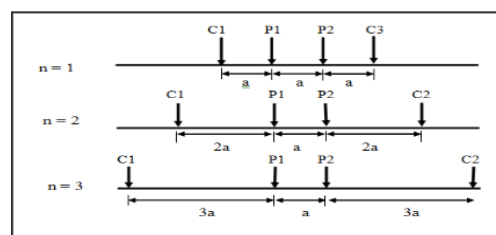
19. <i>Tufa Vulkanik</i>	20 – 100
20. <i>Lava</i>	100 – 5×10^4
21. <i>Konglomerat</i>	2×10^3 – 2×10^4



Gambar 2. Nilai Resistivitas dan Konduktivitas Batuan (Supandi, 2023)

Nilai resistivitas batuan atau material tidak selalu konstan. Setiap jenis batuan yang sama belum tentu memiliki nilai resistivitas yang serupa, dan sebaliknya, nilai resistivitas yang sama dapat ditemukan pada jenis batuan yang berbeda. Resistivitas batuan di bawah permukaan dapat dihitung dengan mengetahui besar arus yang dialirkan melalui elektroda dan besar potensial yang dihasilkan. Untuk memperoleh gambaran struktur bawah permukaan yang lebih dalam, jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial diperluas secara bertahap. Semakin besar jarak antar elektroda, semakin dalam arus dapat menembus, sehingga karakteristik fisik batuan di kedalaman lebih besar bisa diidentifikasi. Nilai resistivitas batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti homogenitas batuan, kandungan air, porositas, permeabilitas, dan kandungan mineral. Hasil pengukuran resistivitas yang telah diolah kemudian dikaitkan dengan pengetahuan geologi, sehingga dapat memberikan gambaran logis tentang kondisi geologi bawah permukaan di lokasi penelitian (Manrulu dkk, 2018).

2.6 Konfigurasi Wenner-Schlumberger



Gambar 3. Susunan Elektroda Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Sutaji, 2016)

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah konfigurasi dengan jarak antar elektroda yang di mana faktor "n" merupakan rasio antara jarak elektroda C1-P1 (atau C2-P2) dengan jarak P1-P2, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Jika jarak antara elektroda potensial (P1 dan P2) adalah a, maka jarak antara elektroda arus (C1 dan C2) adalah $2na + a$. Proses pengukuran resistivitas dilakukan dengan menggunakan 4 elektroda yang diletakkan dengan posisi sejajar dalam satu garis lurus (Sakka, 2002). Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* memiliki karakteristik yang tidak terlalu sensitif pada perubahan horizontal tetapi mempunyai penetrasi arus yang cukup dalam. Konfigurasi ini biasanya digunakan dalam beberapa pengukuran survei bidang gelincir, sungai bawah tanah, dan geoteknik (Telford dkk, 1990).

Besar nilai resistivitas diperoleh dari hasil kuat arus (I) dan besar tegangan (V) (Loke, 2000). Pengolahan data dilakukan dengan cara mengolah hasil pengukuran di lapangan sehingga didapatkan nilai resistivitas semu. Jarak antara elektroda dapat bervariasi sesuai dengan spesifikasi area dan topografi, sehingga nilai resistivitas dapat bervariasi dihitung dengan menggunakan hukum Ohm. Misalkan R adalah hambatan (Ω), A adalah luas penampang medium (m^2), dan L adalah panjang medium (m), maka resistivitas medium (Ωm) dapat ditentukan menggunakan persamaan 1:

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad (1)$$

Menurut hukum Ohm bahwa hambatan R suatu medium dapat dihitung secara matematis dengan menggunakan persamaan 2:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

Berdasarkan perbedaan potensial (ΔV) di sepanjang tepi medium dan arus yang disuntikkan (I), resistivitas dapat dihitung menggunakan persamaan 3:

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \cdot \frac{A}{L} \quad (3)$$

Resistivitas semu dapat dinyatakan melalui persamaan 4 dimana K merupakan faktor geometri berikut:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (4)$$

Persamaan 3 berlaku untuk media yang homogen, sehingga hasil yang diperoleh merupakan resistivitas sebenarnya. Didalam melakukan penelitian secara langsung, objek yang diukur adalah bumi atau tanah yang bersifat tidak homogen akibat perbedaan jenis material yang menyusun resistornya, sehingga resistivitas yang diukur merupakan resistivitas semu yang dinyatakan pada persamaan 4. Nilai resistivitas ini dipengaruhi oleh resistivitas lapisan formasi serta konfigurasi elektroda yang digunakan (Sadjab dkk, 2022).

Faktor geometri (K) menentukan hubungan antara nilai resistivitas yang di ukur langsung di lapangan dengan nilai resistivitas semu. Faktor geometri (K) pada konfigurasi *wenner-schlumberger* dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$K = \pi n(n + 1)a \quad (5)$$

Keterangan:

K : Faktor Geometri

R : Hambatan (Ω)

ρ_a : Resistivitas Semu (Ωm)

ρ : Resistivitas (Ωm)

A : Luas Penampang Medium (m^2)

L : Panjang Medium (m)

I : Arus (Ampere)

ΔV : Perbedaan Potensial (Volt)

Nilai resistivitas asli dari batuan di bawah permukaan diperoleh melalui pemodelan dan pengembangan hubungan antara resistivitas semu dengan resistivitas asli menggunakan metode inversi (Sutaji, 2016).