

**IDENTIFIKASI PERSEBARAN DAN VOLUME BATUAN ANDESIT
BERDASARKAN PEMODELAN 2D DAN 3D MENGGUNAKAN METODE
RESISTIVITAS 2D DI DESA KARYA TUNGGAL KECAMATAN
KATIBUNG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN PROVINSI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

MUTHAZHAR AL RASYID HARAHAHAP

1715051045



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

**IDENTIFIKASI PERSEBARAN DAN VOLUME BATUAN ANDESIT
BERDASARKAN PEMODELAN 2D DAN 3D MENGGUNAKAN METODE
RESISTIVITAS 2D DI DESA KARYA TUNGGAL KECAMATAN
KATIBUNG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

MUTHAZHAR AL RASYID HARAHAHAP

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI PERSEBARAN DAN VOLUME BATUAN ANDESIT BERDASARKAN PEMODELAN 2D DAN 3D MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DI DESA KARYA TUNGGAL KECAMATAN KATIBUNG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN PROVINSI LAMPUNG

Oleh

Muthazhar Al Rasyid Harahap

Provinsi Lampung termasuk wilayah yang memiliki sumberdaya alam beragam salah satunya adalah batuan beku andesit. Batuan andesit dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan seperti pondasi jalan, batu belah dan bangunan. Pada penelitian ini, telah dilakukan identifikasi persebaran dan volume batuan andesit dengan metode resistivitas 2D konfigurasi *wenner-wenner* di Desa Karya Tunggal, Kecamatan Katibung yang terdiri dari 11 lintasan yaitu A-K dengan spasi antar elektroda 6 meter dengan panjang bentangan sekitar 186 meter. Metode resistivitas digunakan untuk menentukan mengkaji potensi air tanah, prospeksi panas bumi dan eksplorasi mineral berdasarkan sifat tahanan jenis lapisan batuan. Berdasarkan model penampang 2D, nilai resistivitas tinggi yaitu diatas $171 \Omega\text{m}$ diidentifikasi sebagai batuan andesit yang dicitrakan dengan warna merah sampai dengan warna ungu dan volumetrik batuan andesit berdasarkan interpolasi 3D untuk luasan $\pm 129.000\text{m}^2$ adalah 233.000m^3

Kata kunci: resistivitas, konfigurasi *wenner-wenner*, interpolasi, volumetrik batuan andesit.

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF DISTRIBUTION AND VOLUME OF ANDESITE ROCKS BASED ON 2D AND 3D MODELING USING 2D RESISTIVITY METHOD IN KARYA TUNGGAL VILLAGE, KATIBUNG DISTRICT, SOUTH LAMPUNG REGENCY, LAMPUNG PROVINCE

By

Muthazhar Al Rasyid Harahap

The province of Lampung is a region that possesses diverse natural resources, one of which is andesite igneous rock. Andesite rock can be utilized as a construction material such as for road foundations, split stones, and buildings. In this study, the distribution and volume of andesite rock were identified using the 2D resistivity method with the Wenner-Wenner configuration in Karya Tunggal village, Katibung district. The study consisted of 11 profiles, labeled A-K, with electrode spacing of 6 meters and a total length of approximately 186 meters. The resistivity method was used to assess the potential of groundwater, geothermal prospects, and mineral exploration based on the resistivity characteristics of rock layers. Based on the 2D cross-sectional model, high resistivity values which is above 171 Ωm were identified as andesite rock, depicted by colors ranging from red to purple. The volumetric estimate of andesite rock, based on 3D interpolation for an area of approximately $\pm 129,000\text{m}^2$, is $233,000\text{m}^3$.

Keywords: Resistivity, Wenner-Wenner configuration, Interpolation, Volumetric estimation of andesite rock.

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI PERSEBARAN DAN VOLUME BATUAN ANDESIT BERDASARKAN PEMODELAN 2D DAN 3D MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DI DESA KARYA TUNGGAL KECAMATAN KATIBUNG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Muthazhar Al Rasyid Harahap**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715051045

Program Studi : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik



Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Karyanto, S.Si., M.T.
NIP 19691230 199802 1 001

Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.
NIP 19730716 200012 1 002

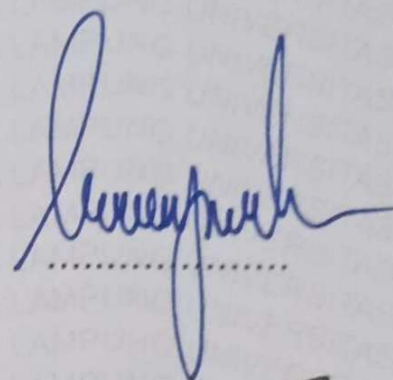
2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Dr. Karyanto, S.Si., M.T.
NIP 19691230 199802 1 001

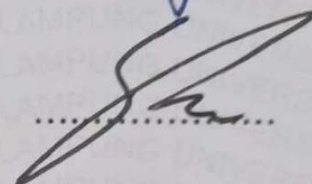
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Karyanto, S.Si., M.T.**



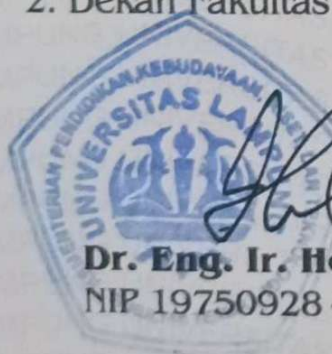
Sekretaris : **Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**



Anggota : **Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., IPM.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **8 Mei 2024**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini bukan merupakan karya dari orang lain melainkan berdasarkan pemikiran saya sendiri, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan tertentu dalam penulisan skripsi ini terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis menurut sumbernya sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan.

Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Juni 2024



Muthazhar Al Rasyid Harahap
1715051045

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Padangsidempuan, Sumatera Utara, pada tanggal 4 April 1998, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, anak dari Bapak Awalfi Nasrul Harahap dan Ibu Masnaira Sari Hutasuhut. Penulis beralamat di Perum. Taman Marchelia Taman Baloi, Kecamatan Batam Kota, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau. Penulis beragama Islam dan berkebangsaan Indonesia. Pendidikan yang pernah ditempuh oleh penulis yaitu Sekolah Dasar di SD Negeri 002 Lubuk Baja hingga selesai pada tahun 2010 selanjutnya, penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 6 Batam hingga selesai pada tahun 2013, dan dilanjutkan di SMA Negeri 3 Batam hingga tahun 2016.

Selanjutnya, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Pada tahun 2019 penulis bergabung menjadi anggota aktif sebagai anggota bidang Dana dan Usaha Himpunan Mahasiswa (HIMA) TG Bhuwana Universitas Lampung, serta anggota aktif sebagai Wakil Ketua Umum Seksi-Mahasiswa Ikatan Ahli Geologi Indonesia (SM-IAGI) Universitas Lampung.

Pada bulan Januari-Februari tahun 2019, penulis melakukan Kerja Praktik di Pusat Geologi Bandung (PSG) Kementrian ESDM dalam pengolahan data gaya berat di Bandung, Provinsi Jawa Barat. Selanjutnya, dibulan Juli-Agustus 2020, penulis

melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) secara daring di Perum Taman Marchelia, Kecamatan Batam Kota, Kota Batam.

Pada Juli 2023, Penulis melakukan penelitian Tugas Akhir (TA) di Laboratorium Pengolahan dan Pemodelan Data Geofisika (PPDG) hingga akhirnya penulis menyelesaikan pendidikan sarjananya teknik pada tanggal 8 Mei 2024 dengan judul skripsi “**IDENTIFIKASI PERSEBARAN DAN VOLUME BATUAN ANDESIT BERDASARKAN PEMODELAN 2D DAN 3D MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DI DESA KARYA TUNGGAL KECAMATAN KATIBUNG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN PROVINSI LAMPUNG**”.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan skripsi ini kepada:

Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Atas berkat rahmat dan hidayah serta karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Ayahanda Tercinta dan Ibunda Tercinta Ibu

Berkat Do'a dan kemurnian cinta kasih sayang. Terimakasih atas segala jerih payah ayah dan ibu hingga kebutuhanku dapat dipehuhi. Semuanya takkan terbalas, namun akan selalu ku ingat sampai kapanpun, hingga tak terbatas sampai nyawa lepas dikandung badan.

Adik Tersayang

Puteri Hafizah Harahap

Taufiq Azhari Harahap

Terima kasih karena telah menjadi penyemangat dalam mengejar impian.

Teknik Geofisika Universitas Lampung 2017

Terima kasih atas semua yang telah kalian berikan untuk Saya dan atas semua yang telah kalian terima dari Saya.

MOTTO

“Pengetahuan tidak memiliki nilai kecuali jika dipraktikkan”

(Thomas Aquinas)

“Hakikat kehidupan adalah penderitaan”

(Arthur Schopenhauer)

“Tidak ada jalan menuju kebahagiaan, kebahagiaan adalah jalan itu sendiri”

(Lao Tzu)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S. Al-Baqarah: [1]:286)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan Skripsi dengan judul **“IDENTIFIKASI PERSEBARAN DAN VOLUME BATUAN ANDESIT BERDASARKAN PEMODELAN 2D DAN 3D MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DI DESA KARYA TUNGGAL KECAMATAN KATIBUNG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN PROVINSI LAMPUNG”** telah selesai dengan sebaik-baiknya. Terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini. Penulis pun menyadari mungkin masih terdapat kekurangan di dalam penulisan Skripsi ini, sehingga sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga semua yang tertulis di dalam laporan ini dapat memberikan manfaat kepada siapa pun, baik kalangan umum maupun akademisi untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 19 Juni 2023

Penulis,

Muthazhar Al Rasyid Harahap

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. yang senantiasa memberikan pertolongan, berkat, dan kemurahan-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini. Skripsi ini berjudul **“IDENTIFIKASI PERSEBARAN DAN VOLUME BATUAN ANDESIT BERDASARKAN PEMODELAN 2D DAN 3D MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DI DESA KARYA TUNGGAL KECAMATAN KATIBUNG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN PROVINSI LAMPUNG”**. Terelesaikannya penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan kerja sama berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada:

1. Ayahandaku tercinta, Bapak Awalfi Nasrul Harahap dan Ibundaku tersayang, Ibu Masnaira Sari Hutasuhut yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan dalam bentuk apapun beserta adik-adikku Puteri dan Taufiq.
2. Bapak Dr. Karyanto, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dan dosen Pembimbing Satu Skripsi yang senantiasa selalu memberikan motivasi kepada penulis dan memberikan peluang untuk penulis berkembang lebih baik lagi.
3. Bapak Dr. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dan dosen Pembimbing Dua Skripsi.
4. Bapak Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., IPM. selaku dosen Penguji Skripsi dan dosen Pembimbing Kerja Praktik saya.
5. Bapak Dr. Ir. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T., CRP. Selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Bang Dimas Suen yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi.
7. Saudara Madi dan Nico yang telah membantu dalam pengolahan data
8. Teman-teman Serigala Terakhir, Yoyok, Gede, Fajri, Bima, Baho, Ito, Ryas, Adief, Baco yang selalu menemani dan membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

9. Teman-teman Teknik Geofisika 2017 yang telah memberikan motivasi dan membantu dalam penyusunan skripsi ini.
10. Dosen-dosen Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang saya hormati, terima kasih untuk semua ilmu yang diberikan.
11. Serta semua pihak yang terlibat, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Demikian skripsi ini disusun dengan sebaik-baiknya, harapan penulis agar skripsi ini dapat berguna bagi pembaca. Dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar menjadi lebih baik lagi kedepannya.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO	x
KATA PENGANTAR.....	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Daerah Peneletian.....	4
2.2. Geologi Regional.....	5
2.3. Morfologi Daerah Penelitian	7
2.4. Batuan Andesit	9
2.5. Pembentukan Andesit Daerah Penelitian	12
2.6. Karakteristik Batuan Andresit.....	13
2.7. Pemanfaatan Batuan Andesit.....	14

III. TEORI DASAR	15
3.1. Metode Geolistrik.....	15
3.2. Sifat Listrik Batuan	19
3.3. Tahanan Jenis Semu	20
3.4. Konfigurasi Wenner	21
3.5. Pemodelan 2 Dimensi.....	24
3.6. Pemodelan 3 Dimensi.....	25
3.7. Interpolasi Dan Volumetrik Pada Voxler 4.....	26
IV. METODOLOGI PENELITIAN.....	28
4.1. Waktu dan Tempat Penelitian	28
4.2. Alat dan Bahan	28
4.3. Time Schedule.....	30
4.4. Prosedur Penelitian.....	31
4.5. Diagram Alir.....	33
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
5.1. Pemodelan dan Interpretasi Data Tahanan Jenis 2D	34
5.1.1. Lintasan A	35
5.1.2. Lintasan B	37
5.1.3. Lintasan C	38
5.1.4. Lintasan D	39
5.1.5. Lintasan E	40
5.1.6. Lintasan F.....	41
5.1.7. Lintasan G	42
5.1.8. Lintasan H.....	44
5.1.9. Lintasan I	45
5.1.10. Lintasan J	46
5.1.11. Lintasan K.....	47
5.2. Singkapan Batuan Lokasi Penelitian.....	48

5.3. Rekontruksi Volumetrik dan Isometrik 3D	50
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
6.1. Kesimpulan.....	54
6.2. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tahanan Jenis Batuan.....	20
2. Bahan Penelitian.....	28
3. Alat Penelitian.....	28
4. <i>Time Schedule</i> Penelitian	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta lokasi daerah penelitian.....	4
2. Peta geologi daerah penelitian	5
3. Analisis citra daerah Tarahan dan sekitarnya.....	7
4. Kenampakan batuan andesit daerah penelitian	8
5. Bagan batuan beku intrusif.....	10
6. Silinder konduktor.....	16
7. Medium berlapis variasi tahanan jenis	21
8. Skema pengukuran geolistrik menggunakan konfigurasi	21
9. Pemodelan 2D Resistivity	24
10. Model Blok 3 Dimensi	27
11. Diagram Alir	33
12. Peta Desain Survei	35
13. Lintasan Pengukuran A	36
14. Lintasan Pengukuran B	37
15. Lintasan Pengukuran C	38
16. Lintasan Pengukuran D	39
17. Lintasan Pengukuran E	40
18. Lintasan Pengukuran F.....	42
19. Lintasan Pengukuran G	43
20. Lintasan Pengukuran H.....	44
21. Lintasan Pengukuran I.....	45
22. Lintasan Pengukuran J	46
23. Lintasan Pengukuran K.....	47

24. Singkapan batuan daerah penelitian.....	42
25. Sampel batuan daerah penelitian.....	43
26. Rekonstruksi Volume 3D berdasarkan resistivitas	43
27. Rekontruksi Volume batuan andesit dari atas	44
28. Rekontruksi Volume batuan andesit dari samping.....	44
29. Estimasi Jumlah Volume Andesit	46

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki beragam sumber daya alam yang melimpah, termasuk minyak, gas bumi, serta berbagai mineral dan batuan. Seiring dengan peningkatan pembangunan di Indonesia, terdapat penambahan berbagai fasilitas pendukung seperti jalan raya, jembatan, perkantoran, serta sarana dan prasarana lainnya. Dalam proses pembangunan infrastruktur tersebut, batuan dasar sering dimanfaatkan. Kualitas batuan ini ditentukan oleh sifat fisiknya, seperti kekerasan, kekuatan geser, kelengketan, dan kuat tekan, yang diklasifikasikan sebagai bahan baku struktural konstruksi. Sifat fisik batuan sangat terkait dengan kandungan kimia dan mineralnya, serta cara pembentukannya atau petrogenesa. Batuan dasar yang umum digunakan dalam pembangunan infrastruktur adalah batuan andesit.

Berdasarkan kondisi geologi di sekitar Bandar Lampung hingga Lampung Selatan, salah satu jenis batuan berkualitas tinggi dan memiliki potensi besar adalah batuan dari gunungapi muda/kwartar dan tua/tersier. Batuan andesit, yang merupakan batuan vulkanik, telah dimanfaatkan sebagai bahan galian untuk memenuhi sebagian kebutuhan pembangunan infrastruktur di wilayah Lampung dan Sumatera Selatan (Zaenudin dkk, 2016).

Batuan andesit merupakan batuan vulkanik yang umum ditemukan di daerah perbatasan benua dan busur pulau, terutama di sabuk yang berada di atas zona Benioff. Batuan ini memiliki tekstur porfiritik dengan fenokris yang mencolok, terutama pada plagioklas dan mineral mafik (Williams dkk., 1954).

Salah satu tahapan dalam penambangan batuan andesit adalah eksplorasi. Eksplorasi adalah kegiatan penyelidikan di area yang diperkirakan memiliki sumber daya mineral, energi, dan sumber daya alam lainnya. Proses ini melibatkan berbagai disiplin ilmu, dengan survei geofisika dan geologi memainkan peran penting dalam eksplorasi sumber daya alam.

Metode geofisika yang digunakan pada penelitian ini adalah metode 2D resistivitas konfigurasi *wenner-wenner*. Metode geolistrik resistivitas telah berhasil terbukti dalam kegiatan eksplorasi menengah, seperti eksplorasi air tanah dangkal maupun dalam (penentuan letak dan kedalaman akuifer), analisa struktur lapisan bawah permukaan untuk tujuan geoteknik, dan pencarian mineral logam (Reynolds, 1998). Penelitian dilakukan di Desa Karya Tunggal Kecamatan Katibung Kabupaten Lampung Selatan. Metode ini dipilih karena memiliki ketelitian dalam pembacaan tegangan elektroda potensial relatif lebih baik dengan memunculkan nilai angka yang lebih besar, hal ini dikarenakan posisi antara elektroda arus maupun elektroda potensial yang berdekatan. Selain itu metode tahanan jenis dipilih karena biaya yang dikeluarkan lebih murah, proses pengukuran yang lebih cepat serta proses pengolahan data yang lebih mudah dibandingkan dengan metode geofisika yang lain. Hasil dari pengukuran ini berupa persebaran nilai tahanan jenis daerah penelitian yang nantinya akan dilakukan permodelan 2D menggunakan *software res2Dinv* dan rekonstruksi volumetrik batuan andesit menggunakan *software Voxler 4*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi batuan andesit di lapangan daerah prospek berdasarkan nilai resistivitasnya.
2. Menganalisis kedalaman dan persebaran batuan andesit melalui penampang resistivitas 2D.
3. Mencari volumetrik batuan andesit di daerah penelitian berdasarkan interpolasi 3D.

1.3 Batasan Masalah

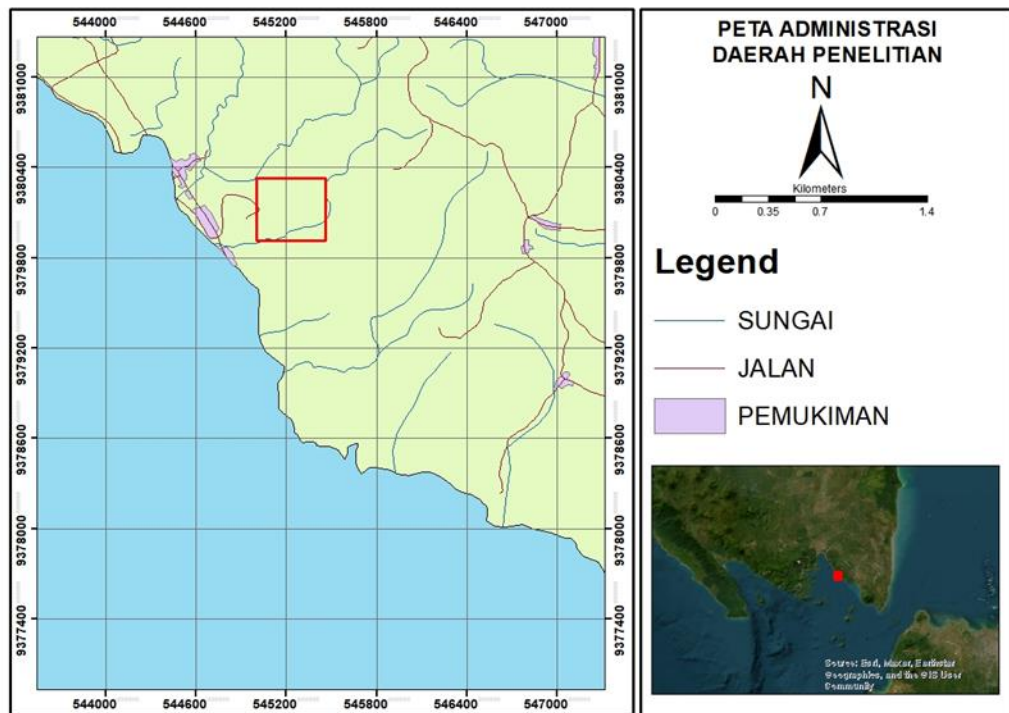
Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu mengidentifikasi persebaran batuan andesit menggunakan metode 2D geolistrik dan interpolasi 3D bawah permukaan di Desa Karya Tunggal Kecamatan Katibung Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian ini adalah untuk mengetahui persebaran dan volumetrik batuan andesit berdasarkan penampang 2D dan interpolasi 3D.

II. TINJAUAN PUSTAKA

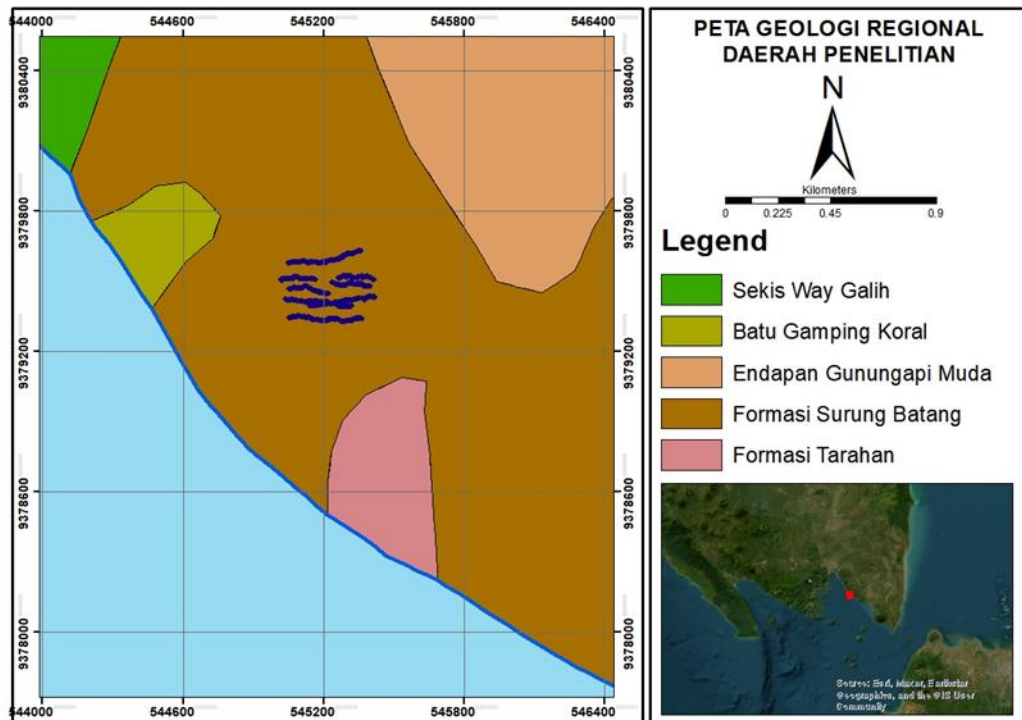
2.1 Daerah Penelitian



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

Lokasi penelitian ditandai dengan kotak warna merah pada **Gambar 1**. Penelitian dilakukan di Desa Karya Tunggal, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung yang secara geografis terletak pada posisi $5^{\circ}36'36''\text{LS}-105^{\circ}24'24''\text{BT}$.

2.2 Geologi Regional



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian (Mangga dkk, 1993) dengan modifikasi

Secara regional, berdasarkan peta geologi Tanjung Karang pada **Gambar 2** yang ditandai dengan kotak hitam, daerah penelitian memiliki dataran bergelombang dan perbukitan. Dataran bergelombang di area ini terdiri dari endapan vulkanoklastik, batuan gunungapi tersier dan kuartar, alluvium, serta terobosan, dengan ketinggian beberapa puluh meter di atas permukaan laut (Mangga dkk, 1993).

Daerah penelitian berada pada daerah antara zona Semangko dan sesaran Lampung (*Lampung Fault*). Bagian selatan blok Semangko dibagi menjadi bentang alam seperti pegunungan Semangko dan Depresi Ulubelu Waylima maupun Depresi Teluk Betung. Sedangkan dibagian Utara Blok Semangko (*Central Block*) berbentuk sebuah *dome* (diameter + 40 Km) (Van Bemmelen, 1949).

Geologi Bandar Lampung memiliki tatanan seperti diperlihatkan pada **Gambar 2**. Batuan dasar tersusun atas batuan metamorf Formasi Sekis Way Galih (Pzgs) dan Kuarsit Sidodadi (Pzgz) dengan umur Pra-Tersier kurun waktu Paleozoikum sebagai batuan dasar, dan di beberapa wilayah naik mendekati permukaan. Formasi Sekis Way Galih (Pzgs) dan Kuarsit Sidodadi (Pzgz) tersusun dengan batuan berupa batuan sekis dan batuan kuarsit.

Pada masa Paleosen-Eosen, Formasi Tarahan (Tpot) menerobos batuan granodiorit, sekis, dan kuarsit. Formasi ini tersingkap di daerah penelitian hingga Tarahan dekat pesisir pantai. Formasi Tarahan (Tpot) terutama terdiri dari tuff dan breksi tuff dengan sedikit lava, yang kemudian tertutup oleh andesit-basalt. Formasi ini diterobos oleh batuan granit yang mengandung mineral kuarsa dan sedikit andesit berumur Miosen awal. Batuan termuda di wilayah ini adalah Formasi Gunungapi Muda (Qhv), yang berkaitan dengan Gunung Betung dan Gunung Ratai di bagian barat Bandar Lampung.

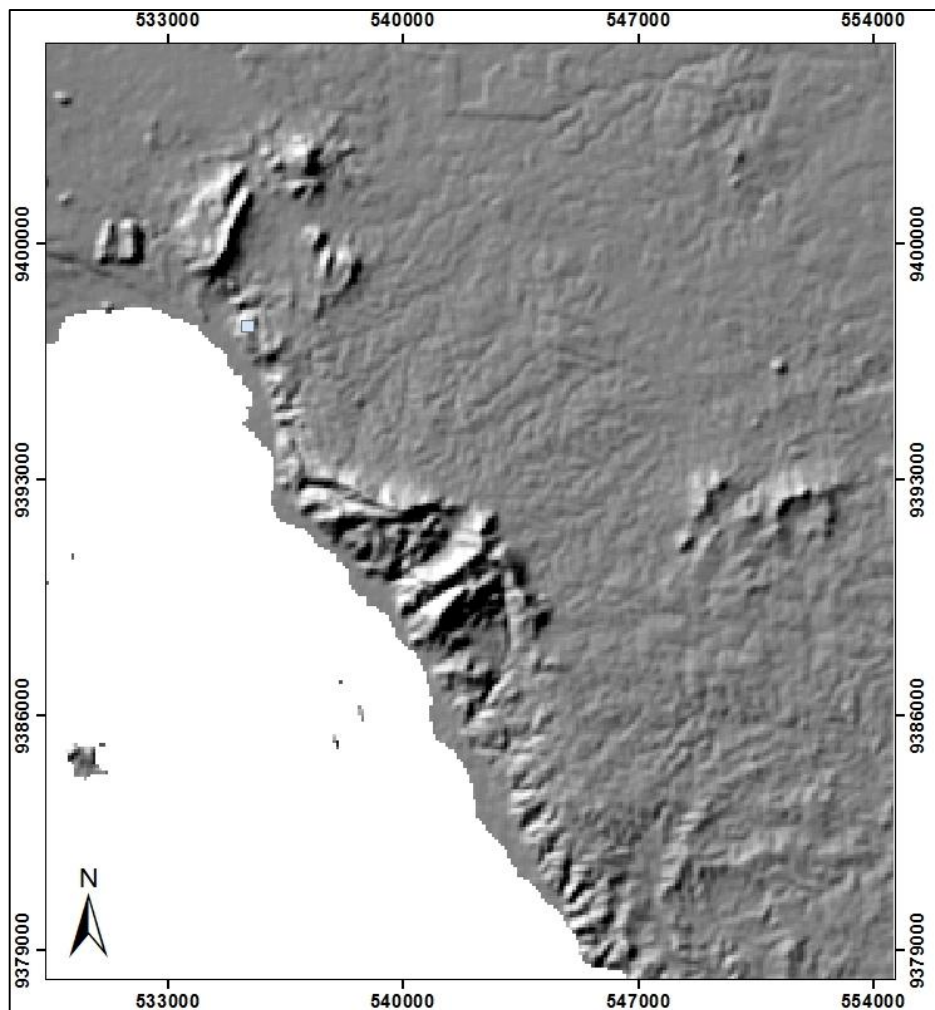
Daerah penelitian terdiri dari beberapa formasi diantaranya sebagai berikut:

1. Endapan Gunungapi muda (Qhv), endapan ini berumur Plistosen dan Holosen terdiri atas lava andesit-basal, breksi maupun tuff dengan ketebalan mencapai beberapa ratus meter yang tersebar di dekat gunung dan juga menyisip di formasi-formasi lain.
2. Formasi Surung Batang (Tmps), formasi ini tersebar luas diseluruh lembar. Formasi ini terdiri dari tuffit, breksi tuffan, tuff pasir dan grawak.
3. Formasi Tarahan (Tpot), formasi tarahan terdiri dari tuff, breksi ditindih dengan andesit-basalt dan didominasi oleh sisipan rijang dengan ketebalan mencapai 500-1000 meter.
4. Sekis Way Galih (Pzgs), formasi ini terdiri atas sekis amfibol hijau, amfibolit orthogenesis dioritan.
5. Batu Gamping Koral (Qg), batuan ini tersebar di bagian barat dan barat laut lembar. Satuan batuan tersusun atas batu gamping koral yang berwarna putih hingga kekuning-kuningan dan kadang-kadang kemerah-merahan serta batu gamping napalan.

Berdasarkan peta daerah penelitian pada Gambar 2, lokasi penelitian masuk kedalam wilayah Bandar Lampung. Menurut (Prasetya dan Ikhrama, 2022) bentukan morfologi perbukitan di Kota Bandar Lampung didominasi oleh litologi batuan piroklastik berupa endapan *ignimbrite* yang terelaskan (*welded ignimbrite*) berupa tuff berwarna coklat cerah terdapat juga lapisan gelas vulkanik yang terjadi saat proses aliran pada batuan piroklastik gelas vulkanik. Selain batu piroklastik ditemukan juga intrusi andesit.

2.3 Morfologi Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil analisis citra, morfologi di daerah Tarahan dan sekitarnya, secara umum berupa bukit-bukit yang bergelombang rendah sampai dataran, dan di beberapa bagian terlihat perbukitan bergelombang kuat.



Gambar 3. Analisis citra daerah Tarahan dan sekitarnya

Secara umum daerah penelitian dan sekitarnya pada **Gambar 3**, menunjukkan perbukitan bergelombang kuat di bagian selatan, pegunungan vulkanik di bagian barat, selebihnya berupa dataran-perbukitan bergelombang rendah di bagian utara. Interpretasi geologis menunjukkan bahwa morfologi gunung tersebut berasal dari gunung berapi, sedangkan perbukitan terjal terdiri dari batuan keras, dalam hal ini batuan beku yang diinterpretasikan sebagai litologi yang tersusun atas material vulkanik (campuran breksi, lava, dan tuff). Litologi andesit ditemukan di pesisir tenggara Lampung, mulai dari Bakauheni hingga daerah Penengahan, Lampung Selatan. Batuan andesit yang ditemukan umumnya memiliki sifat yang hampir sama, yaitu segar berwarna abu-abu tua, abu-abu kecoklatan saat lapuk, bertekstur afanitik hingga porfiritik, dengan struktur kekar berlembar, sangat keras ketika segar, dan mineral utamanya adalah plagioklas dan hornblende. Dataran utara kini diinterpretasikan sebagai dataran banjir dengan sedimen lunak (Zaenudin dkk, 2016).



Gambar 4. Kenampakan batuan andesit daerah penelitian

Daerah penelitian terletak pada litologi batuan dasar yaitu tuff dan breksi tuff, dengan sebagian lava dilapis oleh basal andesit. **Gambar 4** memperlihatkan kenampakan batuan andesit yang ditambang. Dari hasil penambangan yang dilakukan dinilai ekonomis maka dilakukannya perluasan dalam mencari keberadaan dan volume andesit.

2.4 Batuan Andesit

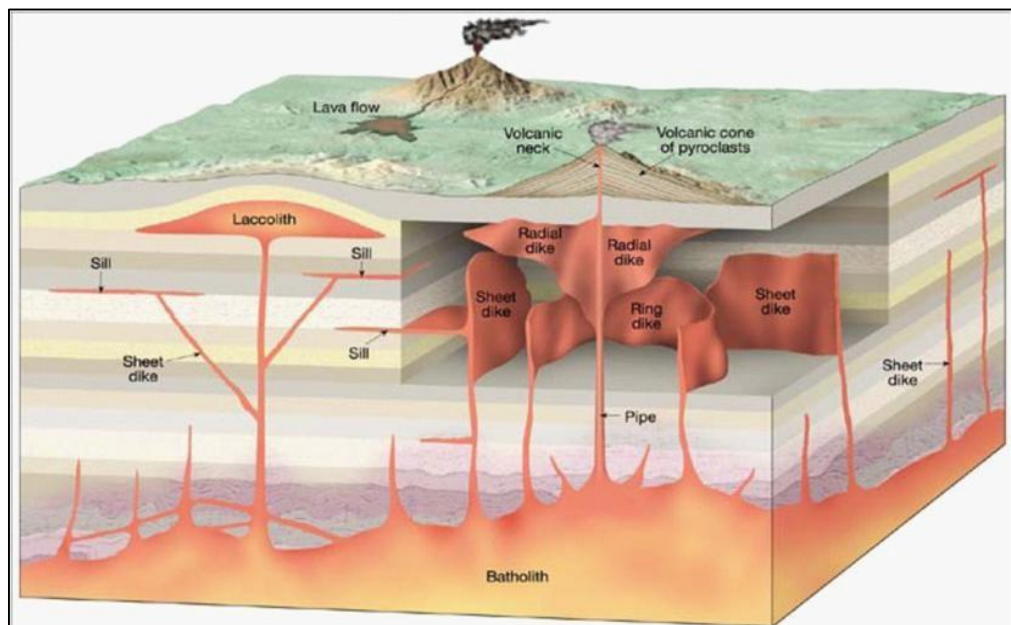
Batuan beku adalah jenis batuan yang berasal dari magma yang mendingin dan mengeras, baik di bawah permukaan sebagai batuan intrusif (plutonik) maupun di permukaan sebagai batuan vulkanik, dengan atau tanpa proses kristalisasi. Batuan beku terdiri dari agregat mineral silikat yang saling terkait, terbentuk saat magma mendingin. Magma itu sendiri berasal dari batuan yang mencair atau batuan yang sudah ada, baik di mantel maupun kerak bumi. Pelelehan umumnya terjadi akibat salah satu dari proses berikut: penurunan tekanan, peningkatan suhu, atau perubahan komposisi. Lebih dari 700 jenis batuan beku telah dideskripsikan, dengan sebagian besar terbentuk di bawah permukaan kerak bumi.

Batuan beku intrusif terbentuk di bawah permukaan bumi dan juga dikenal sebagai batuan beku plutonik. Karakteristik utama dari batuan beku intrusif adalah bahwa pendinginannya terjadi sangat lambat, yang memungkinkan kristal-kristal besar dan bentuk yang sempurna dapat tumbuh, membentuk tubuh batuan beku intrusif yang khas. Jenis-jenis batuan beku intrusif ini dapat dibagi lebih lanjut menjadi dua kategori utama, yaitu batuan beku intrusif dalam dan batuan beku intrusif superfisial. Berdasarkan lokasinya di dalam kerak bumi yang dilalui oleh rekahan magma, tubuh batuan ini dapat dibedakan menjadi jenis konkordan dan diskordan, jenis-jenis dari tubuh batuan ini yaitu:

1. *Sill*, tubuh Batuan berupa lempengan dan sejajar dengan lapisan sekitarnya.
2. *Laccolith*, bentuk tubuh batuan beku berupa kubah (*dome*), dimana lapisan batuan yang semula datar melengkung akibat intrusi tubuh batuan tersebut, sedangkan bagian dasarnya tetap datar. Sambungan serang berdiameter 2 hingga 4 mil dan kedalaman beberapa ribu kaki.
3. *Lapolith*, bentuk tubuh batuan kebalikan dari laccolith, yaitu bentuk tubuh batuan yang berbentuk cembung ke bawah. *Lapolith* memiliki diameter lebih besar dari laccolith, sekitar puluhan sampai ratusan kilometer dengan kedalaman ribuan meter.
4. *Paccolith*, tubuh batuan beku yang menempati antiklin atau sinklin yang telah terbentuk sebelumnya. Ketebalan dari *paccolith* ini berkisar antara ratusan hingga ribuan kilometer.

Tubuh batuan beku intrusif yang memotong (diskordan) perlapisan batuan di sekitarnya, yaitu:

1. *Dyke*, yaitu tubuh dari batuan memotong atas perlapisan di sekitarnya dan mempunyai bentuk tabular atau memanjang. Ketebalannya sekitar beberapa sentimeter hingga puluhan kilometer dengan panjang ratusan meter.
2. *Batolith* adalah tubuh suatu batuan yang memiliki ukuran bentuk yang sangat besar, yaitu $> 100 \text{ km}^2$ dan membeku pada kedalaman yang besar.
3. *Stock* adalah tubuh batuan yang memiliki kesamaan dengan *Batolith* tetapi ukurannya lebih kecil.



Gambar 5. Bagan batuan beku intrusif (Noor, 2009)

Pada **Gambar 5** merupakan proses terbentuknya batuan beku yang dimulai dari magma. Batuan vulkanik atau batuan ekstrusif terbentuk di permukaan bumi. Batuan beku ekstrusif merupakan batuan beku pada proses pembekuannya berada dipermukaan tanah. Batuan beku ekstrusif disebut lava yang mempunyai berbagai struktur mengenai proses pembekuan lava tersebut terjadi. Batuan ekstrusif tersusun dari suatu material-material yang dikeluarkan ke permukaan bumi baik yang berada di darat maupun di bawah permukaan laut.

Material ini mendingin dan mengeras dengan cepat, ada yang berbentuk suatu padatan, debu atau larutan kental dan panas, yang disebut dengan istilah lava (Bronto, 2006).

Batuan beku ekstrusif ini berupa lava yang terdiri dari berbagai struktur yang memberikan petunjuk terkait proses-proses yang terjadi ketika pembekuan lava. Struktur ini diantaranya:

1. *Masif*, apabila menunjukkan tidak adanya suatu fragmen batuan lain yang dalam tubuhnya ataupun lubang-lubang gas.
2. *Pillow* lava, adalah suatu struktur yang dinyatakan pada batuan ekstrusi tertentu yang dicirikan dengan masa berbentuk bantal berukuran bentuk ini umumnya adalah 30-60cm dan jaraknya berdekatan, khas pada *Collumnar Joint*, struktur yang ditandai oleh kekar-kekar yang tegak lurus arah aliran.
3. *Vesikuler*, adalah struktur dari batuan beku ekstrusi yang ditandai dengan lubang-lubang yang terjadi akibat pelepasan gas selama mendingin.
4. *Amigdaloidal*, adalah struktur ketika lubang-lubang tempat keluarnya gas terisi oleh mineral sekunder seperti *zeolit*, karbonat, dan bermacam silika.
5. *Xenolith*, adalah struktur yang memperlihatkan adanya suatu fragmen batuan yang masuk atau tertanam ke dalam batuan beku. Struktur ini terbentuk akibat adanya peleburan yang tidak sempurna dari suatu batuan samping di dalam magma yang menerobos.
6. *Autobreccia*, struktur pada lava yang memperlihatkan fragmen.
7. *Fragmendari* lava itu sendiri.
8. *Jointing*, ketika suatu batuan terlihat seperti memiliki retakan-retakan. Kenapakan seperti ini akan mudah diamati pada singkapan di lapangan.

Batuan vulkanik dapat dikenali melalui tekstur, struktur dan kandungan mineral. Tekstur batuan vulkanik memberikan suatu informasi terkait proses pembekuan magma yang terjadi dan struktur batuan vulkanik juga mencirikan batuan tersebut intrusi atau ekstrusi, sedangkan komposisi mineral pada batuan vulkanik berkaitan dengan warna batuan dan asal magma batuan

(Mulyaningsih, 2013). Beberapa batuan yang tergolong dalam batuan beku vulkanik antara lain batuan basal, dasit dan andesit (Sariisik dkk, 2011).

Batuan andesit terbentuk oleh pendinginan magma di bawah permukaan tanah dan juga melalui pembekuan di atas permukaan dalam bentuk lava. Batuan ini termasuk dalam kategori batuan beku vulkanik, yang berarti bahwa pendinginan lava terjadi dengan cepat sehingga kristal yang terbentuk cenderung tidak sempurna. Andesit sering ditemukan baik sebagai lava maupun sebagai intrusi sekunder dalam bentuk dikes. Komposisi mineral andesit mirip dengan diorit, tetapi memiliki lebih banyak kandungan kuarsa dan plagioklas jenis andesin. Secara umum, andesit memiliki tekstur fanerik halus atau afanitik karena ukuran butirannya sangat halus sehingga sulit dilihat dengan mata telanjang.

2.5 Pembentukan Andesit Daerah Penelitian

Daerah penelitian berada pada Formasi Tarahan (Tpot) terdiri dari atas batuan utama yaitu tuff dan breksi tuff dengan sedikit lava, ditindih dengan andesit-basalt. Pada daerah penelitian juga berdekatan dengan beberapa formasi seperti Formasi Surung Batang (Tmps), formasi ini terdiri dari tuffit, breksi tuffan, tuff pasir dan grewake. Menurut (Kartili dan Marks, 1963) Magma diorit adalah sumber komposisi awal dari batuan andesit, dinamai demikian karena asalnya dari Pegunungan Andes di Amerika Selatan. Karena terbentuk dari lelehan diorit, komposisi mineralnya mirip dengan diorit itu sendiri. Di Indonesia, banyak gunungapi menghasilkan batuan andesit. Contoh lokasi penemuan yang terkenal adalah di Gunung Mesigit, Jawa Barat, yang dikelilingi oleh batuan ini.

Menurut Indarto (2007), batuan di Lampung, yang merupakan wilayah penelitian, telah mengalami proses alterasi hidrotermal yang membentuk zona propilitik. Akibatnya, terbentuklah beragam jenis batuan seperti basalt porfiri, andesit, andesit basaltik, andesit hornblenda, granit, trakhit, latit, tufa batuan atau tufa breksi, sienit, dasit porfiri, diabas, dan perlit.

2.6 Karakteristik Batuan Andesit

Batuan andesit adalah batuan vulkanik yang kaya akan mineral seperti kuarsa dan plagioklas. Ini termasuk dalam kategori batuan intermediet yang terbentuk melalui pendinginan magma di permukaan bumi atau melalui aktivitas gunungapi. Proses pendinginan yang berbeda-beda menghasilkan batuan andesit yang umumnya padat dalam strukturnya (Khosama, 2012).

Plagioklas dan piroksen atau hornblende (amfibol) merupakan mineral utama yang mencirikan batuan beku andesit. Struktur batuan ini bervariasi dari gelas afirik hingga porfiritik-afanitik holokristalin. Komposisi batuan andesit umumnya terdiri dari plagioklas sekitar 50-80%, piroksen sekitar 10-15%, dan amfibol sekitar 5-10%. Kandungan amfibol dalam batuan andesit dapat mempengaruhi kualitasnya karena struktur silikat amfibol memiliki ikatan rangkap yang memungkinkan substitusi untuk mempertahankan keseimbangannya, serta dapat menyebabkan patahan dan pemipihan selama pembentukan dan saat mengalami tekanan. Komposisi utama dari batuan andesit meliputi silika sekitar 52-63%, alumina sekitar 15-19%, dan kandungannya bervariasi, yang mengarahkan pembagian antara andesit high K dan andesit medium K. Perbedaan ini kemungkinan besar disebabkan oleh berbagai proses geologis, yang pada gilirannya dapat menghasilkan variasi dalam kualitas batuan (Raymond, 2000).

Porfiri andesit memiliki warna abu-abu terang, dengan tekstur porfiritik yang terdiri dari massa dasar inekuigranular. Strukturnya hipidiomorf, afanitik, dan kemasannya relatif terbuka, dengan jumlah void yang lebih besar dibandingkan dengan batuan beku basalt, yaitu sekitar 12-20%. Komposisi mineralnya terdiri dari plagioklas andesit, piroksen, dengan massa dasar yang mengandung mikrolit plagioklas dan gelas vulkanik (Sophian dkk, 2011).

Kandungan utama andesit adalah silikat (SiO_2) dan alkali felspar biasanya dalam jumlah yang sedikit, sedangkan kuarsa hadir sebagai pembentuk mineral gelas. Batuan andesit yang termasuk jenis aliran lava berbutir kasar dan merupakan batuan yang paling tua di kawasan pegunungan. Batu andesit mempunyai mineral penyusun yaitu plagioklas, kuarsa, dan biotit. Jumlah

mineral penyusun yang sedikit inilah sebagai acuan bahwa batu andesit memiliki tingkat homogenitas yang tinggi batu andesit mengandung komposisi kimia Silika (SiO_2) sebesar 62,30% (Sariisik dkk, 2011).

2.7 Pemanfaatan Batuan Andesit

Andesit sering dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai bahan konstruksi dan infrastruktur. Penggunaannya untuk bangunan memerlukan pertimbangan terhadap faktor-faktor seperti kekuatan, massa jenis, ukuran, bentuk, daya tahan, dan lain-lain. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi teknik atau evaluasi kelayakan untuk menentukan apakah andesit tersebut cocok digunakan sebagai bahan bangunan (Ridwan dkk, 2018). Andesit dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, yaitu pondasi jalan, batu belah dan bangunan dengan syarat mutu dari batuan tersebut (Raymond, 2000).

Penelitian awal sangat penting dilakukan untuk menentukan lokasi, penyebaran, dan volume batuan andesit di area yang diteliti. Andesit merupakan komoditas batuan atau mineral industri yang bernilai. Dalam proses eksplorasi dan penilaian sumber daya andesit, metode geolistrik sering digunakan. Metode ini merupakan salah satu teknik geofisika yang memanfaatkan sifat listrik batuan untuk memahami karakteristik geologi di bawah permukaan tanah. (Sidiq, 2018).

III. TEORI DASAR

3.1 Metode Geolistrik

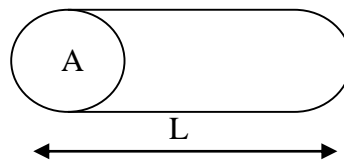
Metode geolistrik merupakan salah satu teknik dalam studi geofisika yang mempelajari aliran listrik di bawah permukaan bumi dan mendeteksinya di permukaan berdasarkan resistivitas lapisan batuan dalam kerak bumi. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi struktur pondasi bangunan, mengevaluasi potensi air tanah, mencari potensi panas bumi, eksplorasi mineral, intrusi air laut, dan mengevaluasi masalah limbah. Data yang dikumpulkan dari pengukuran lapangan memberikan informasi tentang kondisi bawah permukaan yang akurat. Metode geolistrik resistivitas sangat umum digunakan untuk eksplorasi bawah permukaan karena kemampuannya dalam mengidentifikasi jenis dan struktur batuan tanpa perlu melakukan penggalian (Susilo dkk, 2018).

Metode ini melibatkan pengaliran arus listrik searah melalui tanah menggunakan elektroda arus, diikuti dengan pengukuran distribusi medan potensial menggunakan elektroda potensial. Nilai variasi resistivitas jenis kemudian dihitung berdasarkan besar arus yang digunakan dan potensial yang terukur (Santoso, 2016).

Dalam metode geolistrik, kita mendapatkan nilai resistivitas (ρ) dari batuan yang sedang diamati. Variasi resistivitas lapisan batuan dapat diamati dengan mengalirkan arus listrik ke dalam tanah. Dengan mengatur jarak antara elektroda sesuai dengan konfigurasi tertentu, kita dapat menginterpretasikan perubahan resistivitas secara vertikal maupun horizontal (Rustadi, 2005).

Tujuan dari metode geolistrik adalah untuk mengetahui distribusi resistivitas di setiap lapisan di bawah permukaan bumi. Prinsip dasar fisika yang mendasari metode geolistrik resistivitas adalah hukum Ohm, di mana arus dialirkan ke dalam bumi melalui elektroda. Cara kerja metode ini melibatkan penyuntikan arus (AB) melalui elektroda ke permukaan bumi, di mana elektroda potensial akan mengukur perbedaan potensial dari arus yang melewati bawah permukaan. Resistivitas semu batuan kemudian dihitung menggunakan prinsip hukum Ohm (Loke, 2007).

Batuan dapat mengalirkan arus listrik karena mempunyai elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan oleh elektron tersebut. Salah satu sifat karakteristik batuan tersebut adalah tahanan jenis yang menunjukkan kemampuan bahan untuk mengalirkan arus listrik (Lowrie, 2007).



Gambar 6. Silinder konduktor

Jika ditinjau pada sebuah silinder dengan panjang L , luas penampang A dan resistansi R seperti pada **Gambar 6**,

Maka dapat dirumuskan:

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

Dimana ρ adalah resistivitas (Ωm), L adalah panjang silinder konduktor (m), A adalah luas penampang bahansilinder (m^2) dan R adalah resistansi (Ω).

Menurut hukum ohm, resistansi R dirumuskan:

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

Dimana R adalah resistansi (ohm), V adalah beda potensial (volt), I kuat arus (ampere). Dari kedua rumus tersebut didapatkan nilai resistivitas (ρ) sebesar:

$$R = \frac{VA}{IL} \quad (3)$$

Banyak orang menggunakan sifat konduktivitas (σ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas (ρ) dengan satuan ohm/m

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{VA}{IL} = \left[\frac{I}{A} \right] \left[\frac{L}{V} \right] = \frac{J}{E} \quad (4)$$

Berdasarkan hukum ohm, hubungan antara kerapatan arus listrik J dengan medan listrik E adalah:

$$j = \sigma E \quad (5)$$

Dimana, σ adalah konduktivitas bahan dalam meter/ohm. Medan listrik E dapat dinyatakan sebagai gradien potensial:

$$E = -\nabla V \quad (6)$$

Persamaan diatas dilakukan sibtitusi menjadi:

$$j = \sigma E = -\sigma \nabla V \quad (7)$$

Dimana J adalah kerapatan arus (A/m²), E adalah medan listrik (V/m), adalah konduktivitas, V adalah potensial listrik (V). Aliran arus listrik dalam suatu medium memenuhi hukum kontinuitas untuk arus dan didasarkan pada prinsip kekekalan muatan yang dapat dituliskan pada rumus (8):

$$\nabla \cdot j = -\frac{\partial q}{\partial t} \quad (8)$$

q merupakan rapat muatan dalam satuan C/m³. Jika arusnya stasioner, menjadi:

$$\nabla \cdot j = 0 \quad (9)$$

Persamaan (8) dan (9) dilakukan substitusi maka didapatkan:

$$\nabla \cdot (\sigma \nabla V) = 0 \quad (10)$$

Didalam ruang homogen isotropik, potensial adalah konstan maka persamaan memenuhi persamaan *Laplace*:

$$\nabla^2 V = 0 \quad (11)$$

Pemberlakuan syarat *Laplace* pada persamaan (11), kemudian hasilnya dimasukkan pada koordinat bola didapatkan:

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (12)$$

Untuk suku pertama pada persamaan (8) kami dapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) &= 0 \\ \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Sehingga konstanta untuk persamaan (9) diatas adalah:

$$\begin{aligned} r^2 \frac{\partial V}{\partial r} &= A \\ V &= -\frac{A}{r} \\ A &= -\frac{I\rho}{2\pi} \end{aligned} \quad (14)$$

Dimana r adalah jari-jari (m), V adalah potensila listrik (volt), I adalah arus listrik (A), adalah nilai resistivitas batuan dalam Ωm . Adapun beda potensial antara P1 dan P2

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (15)$$

Berdasarkan persamaan (11) tersebut diatas nantinya didapatkan faktor geometri k sebagai berikut:

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)} \quad (16)$$

Sehingga didapatkan persamaan resistivitas sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} k = Rk \quad (17)$$

Dimana R adalah hambatan Ω , didalam metode resistivitas, memiliki berbagai macam konfigurasi elektroda. Adanya jenis konfigurasi-konfigurasi elektroda

tersebut mengakibatkan pengaruh terhadap besarnya resistivitas, hal ini dikarenakan tiap-tiap konfigurasi memiliki faktor K yang berbeda berdasarkan susunan dari elektrodanya (Hendrajaya dan Arif, 2004). Susunan konfigurasi elektroda terdapat 2 tipe yaitu tipe *sounding* dan *mapping*. Tipe *sounding* biasanya digunakan untuk identifikasi kontras resistivitas secara vertikal, biasanya yang sering digunakan ialah konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger*. Sedangkan tipe *mapping* digunakan dalam identifikasi kontras densitas ke arah vertikal dan horisontal, diantaranya konfigurasi *Wenner mapping*, *dipole-dipole*, *pole-pole*.

3.2 Sifat Listrik Batuan

Terdapat tiga golongan aliran arus listrik didalam batuan yaitu konduksi secara elektronik, elektrolitik dan dielektrik (Telford, 1990). Konduksi elektronik terjadi ketika batuan memiliki banyak elektron bebas yang memungkinkan arus listrik mengalir melalui mereka. Aliran listrik ini dipengaruhi oleh karakteristik unik dari setiap jenis batuan yang dilaluinya. Konduksi elektrolitik, di sisi lain, terjadi pada batuan yang berpori dan memiliki rongga yang diisi oleh larutan elektrolit. Ion-ion dalam larutan elektrolit ini memungkinkan arus listrik untuk mengalir. Struktur dan volume pori-pori berpengaruh pada konduktivitas batuan dalam hal ini. Sementara itu, konduksi dielektrik terjadi pada batuan atau mineral yang memiliki sifat dielektrik, di mana jumlah elektron bebasnya sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali.

Resistivitas memiliki makna yang berbeda dengan resistansi (hambatan), karena resistansi tidak hanya dipengaruhi oleh jenis bahan tetapi juga oleh faktor geometri atau bentuk bahan itu sendiri. Di sisi lain, resistivitas tidak dipengaruhi oleh faktor geometri. Resistivitas (atau tahanan jenis) adalah salah satu karakteristik batuan yang menunjukkan kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan arus listrik.

Menurut (Telford, 1990), “Secara umum berdasarkan nilai tahanan listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1 \Omega$

2. Konduktor pertengahan : $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$

3. Isolator : $\rho < 10^7 \Omega\text{m}$

Resistivitas (tahanan jenis) memiliki nilai yang berbeda karena porositas dan permeabilitas pada setiap batuan dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Tahanan jenis batuan (Telford, 1990)

Meterial	Resistivitas (Ωm)
Pirit	$2,9 \times 10^{-5} - 1,5$
Kuarsa	$4 \times 10^{10} - 2 \times 10^{14}$
Kalsit	2×10^{12}
Garam batu	$3 \times 10 - 1 \times 10^{13}$
Granit	$4,4 \times 10^3 - 10^{10}$
Andesit	$1,7 \times 10^2 - 4,5 \times 10^4$
Basal	$10 - 1,3 \times 10^7$
Gamping	$5 \times 10 - 1 \times 10^7$
Batu pasir	$1 - 6,4 \times 10^8$

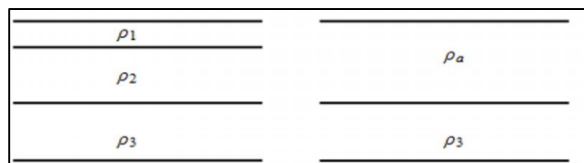
Pengukuran resistivitas suatu batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti homogenitas batuan, kadar air, porositas, permeabilitas dan kandungan mineral. Hasil pengukuran yang telah diolah kemudian dikorelasikan dengan informasi geologi sehingga memberikan informasi yang signifikan mengenai geologi bawah tanah daerah penelitian.

3.3 Tahanan Jenis Semu

Ada keyakinan bahwa Bumi memiliki sifat homogen dan isotropik. Berdasarkan asumsi ini, resistivitas yang diukur merupakan nilai sebenarnya dan tidak dipengaruhi oleh jarak antar elektroda. Namun, Bumi sebenarnya terdiri dari berbagai lapisan dengan resistivitas (ρ) yang berbeda, sehingga potensial yang diukur adalah hasil dari efek lapisan-lapisan tersebut. Oleh karena itu, nilai resistivitas yang terukur bukan hanya berasal dari satu lapisan saja, terutama ketika jarak antar elektroda cukup besar. Variasi besar dalam resistivitas yang diukur dapat terjadi karena ketidakhomogenan medium yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti ukuran butir, komposisi mineral, kadar air, kelarutan garam, kepadatan, dan porositas batuan.

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (18)$$

Dimana ρ_a adalah *resistivity* (ohmmeter), K: factor geometri, ΔV : Beda Potensial (mV), dan I: arus (mA). Dengan ρ_a merupakan resistivitas semu yang bergantung pada spasi elektroda. Pada kasus tidak homogen, tanah diasumsikan berlapis-lapis, dimana setiap lapisan memiliki nilai Resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu adalah resistivitas media imajiner homogen yang sesuai dengan media berlapis yang dipertimbangkan.

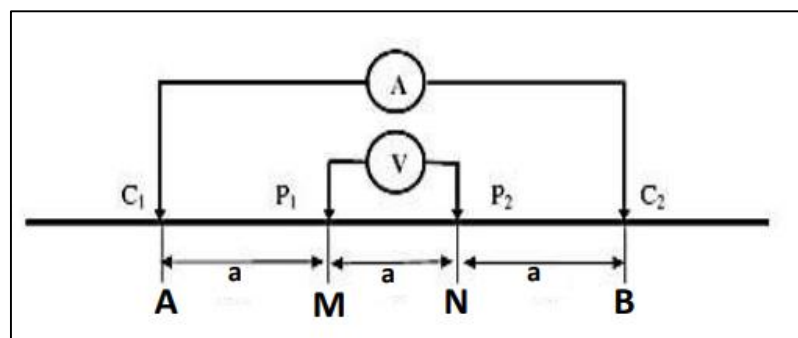


Gambar 7. Medium berlapis variasi tahanan jenis (Rahmawati, 2009).

Pada **Gambar 7**, menunjukkan harga resistivitas yaitu resistivitas semu ρ_a , dengan konduktansi lapisan fiktif sama dengan jumlah konduktansi pada setiap lapisan $\sigma f = \sigma_1 + \sigma_2$ (Rahmawati, 2009).

3.4 Konfigurasi Wenner

Konfigurasi jenis ini diambil dari nama Frank Wenner yang mempelopori penggunaannya di Amerika Serikat. Pada konfigurasi Konfigurasi *wenner* cukup populer dipergunakan untuk pengambilan data geolistrik, baik 1D atau VES (*Vertical Electrical Sounding*) maupun *mapping* 2D.



Gambar 8. Skema pengukuran geolistrik menggunakan konfigurasi *wenner* (Noor, 2020)

C1 dan C2 adalah pasangan elektroda arus, P1 dan P2 adalah pasangan elektroda potensial dan a adalah jarak antara elektroda dengan jarak yang sama. Keuntungan dari konfigurasi ini adalah informasi yang akurat dapat diperoleh selama pengumpulan data dibandingkan dengan konfigurasi lainnya. konfigurasi ini terdiri dari 2 (dua) elektroda arus dan 2 elektroda potensial. Elektroda potensial ditempatkan di dalam dan elektroda arus di luar (**Gambar 8**) dari celah antara elektroda a . Pengukuran dilakukan dengan menggerakkan semua elektroda secara bersamaan pada jarak konstan n ($C1P1 = P1P2 = C1C2$).

Konfigurasi *wenner* adalah salah satu jenis konfigurasi yang sering dipakai dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak spasi sama panjang ($r_1 = r_4 = a = r_2 = r_3 = 2a$). Jarak antara elektroda arus ialah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial dengan titik sounding adalah $a/2$. Oleh karena itu, jarak masing elektroda arus dengan titik sounding adalah $3a/2$. Target kedalaman yang mampu dicapai pada metode ini adalah sebesar $a/2$. Faktor geometri konfigurasi *wenner* bisa dihitung dengan persamaan 19:

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)} \quad (19)$$

$$K = 2\pi a \quad (20)$$

Nilai resistivitasnya bisa dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (21)$$

dengan ρ_s : resistivitas semu (Ohm.m), ΔV : beda potensial (V), I : arus yang diinjeksikan kedalam bumi (A), dan a : spasi antara pasangan elektroda arus dan elektroda potensial (m). Data mentah yang didapatkan dari hasil pengukuran geolistrik masih merupakan nilai resistivitas semu. Untuk mendapatkan nilai resistivitas sebenarnya, maka harus melakukan pengolahan data menggunakan metode inversi.

Konfigurasi *wenner* memiliki 3 macam yaitu *Wenner alpha* merupakan suatu jenis konfigurasi dengan elektroda potensial berada di antara elektroda arus yang tersusun dari C1– P1 – P2- C2. Jarak elektroda yang satu dengan yang lainnya sama dengan a . Faktor geometri dari konfigurasi ini adalah $k=2\pi a$. Terdapat keuntungan dan kekurangan dari konfigurasi *wenner alpha* (Taib, 2004) yaitu, Konfigurasi elektroda *wenner alpha* ini lebih sensitif terhadap perubahan lateral setempat dan dangkal seperti gawir, lensa-lensa setempat. Hal tersebut terjadi akibat anomali geologi diamati oleh elektroda C1 dan P1 berkali-kali. Namun demikian, untuk jarak C2 – P2 yang lebih baik, daya tembus (penetrasi) yang lebih besar, sehingga berlaku untuk eksplorasi resistivitas dalam. Bidang equipotential untuk beda homogen berupa bola, maka data- data lebih mudah diproses dan dimengerti. Disamping itu, errornya kecil. *Wenner alpha* memiliki sensitif terhadap perubahan-perubahan kearah lateral di permukaan, konfigurasi ini disukai dan banyak digunakan untuk penyelidikan panasbumi. Pengukuran setiap elektroda harus dipindahkan, maka memerlukan personal yang lebih baik.

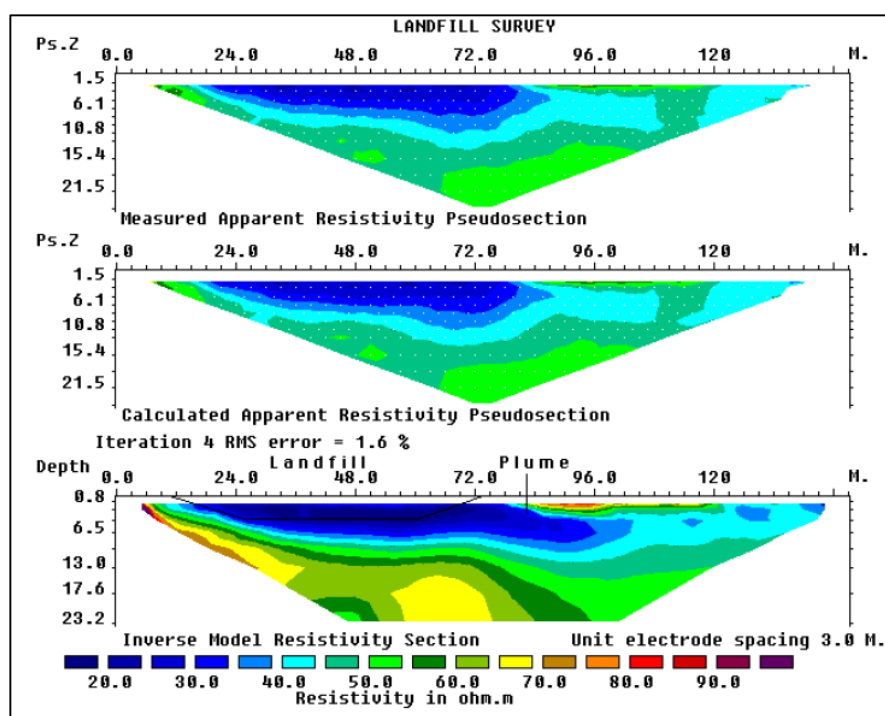
Pada *wenner beta* elektroda potensialnya berdekatan pada satu sisi dan elektroda arusnya di sisi yang lain, dengan susunan mulai dari C2 – C1 – P1 – P2. Jarak elektroda yang satu dengan elektroda yang lain juga sama dengan a . Faktor geometri konfigurasi ini adalah $k = 6\pi a$. Keunggulan dan kelemahan konfigurasi ini hampir sama dengan *wenner alpha*, hanya berbeda pada sensitifitas. *wenner beta* ini lebih sensitif ke arah horizontal dibandingkan *wenner alpha*, sementara *alpha* lebih baik sensitif ke arah vertikal atau penetrasi *wenner alpha* lebih dalam dari pada *wenner beta*.

Sedangkan pada *wenner gamma* jarak elektroda konfigurasi ini juga sama dengan a , namun elektrodanya hanya terdiri dari satu elektroda arus dan satu elektroda potensial. Faktor geometri ini adalah $= 3\pi a$. Karena cuma satu elektroda arus dan satu elektroda potensial, maka tidak membutuhkan personal yang banyak. Akan tetapi terlalu banyak potensial yang tidak terukur.

3.5 Pemodelan 2 Dimensi

Kondisi konduktivitas listrik batuan di dekat permukaan bumi sangat dipengaruhi oleh keberadaan fluida, sifat magnetik batuan, dan densitas batuan itu sendiri. Kemampuan batuan untuk menghantarkan listrik, terutama yang mengandung cairan, sangat ditentukan oleh komposisi elektrolit airnya. Larutan garam terdiri dari anion dan kation yang bergerak bebas dalam air. Ketika terkena medan listrik eksternal, kation dalam larutan elektrolit akan tertarik ke kutub negatif, sedangkan anion akan tertarik ke kutub positif. Pada batuan berpori yang mengandung air, resistansi listriknya cenderung menurun seiring dengan peningkatan kadar air (Telford, 1990).

Tampilan 2D yang dihasilkan pada *Software Res2Dinv* terdiri dari 3 kontur isoresistivitas pada kedalaman semu. Penampang pertama adalah *measured apparent resistivity* yang menunjukkan kontur tahanan jenis semua hasil pengukuran, penampang kedua menunjukkan kontur tahanan jenis semu dari hasil perhitungan (*calculated apparent resistivity*) dan penampang yang ketiga adalah inverse model *resistivitysection* yang menggambarkan kontur dari tahanan jenis sebenarnya



Gambar 9. Pemodelan 2D Resistivity

Hasil survei memperlihatkan hasil distribusi nilai resistivitas material bawah permukaan bumi yang disebut *resistivity pseudosection* atau *inverse model resistivity section* dapat dilihat pada **Gambar 9**. Model yang diperoleh dari proses inversi selalu memiliki nilai residual error atau RMSE (*Root Mean Squared Error*). Proses ini dilakukan hingga diperoleh respon optimal dari model invers dari nilai *root mean square* (RMS) yang relatif kecil. (Sapulete dkk, 2019). Iterasi adalah proses berulang-ulang untuk menghitung data dengan menggunakan fungsi matematis yang sama, dengan tujuan menurunkan nilai kesalahan yang terjadi. Proses ini dilakukan beberapa kali untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan, khususnya dalam konteks ini untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan yang paling akurat (Daniswara dkk, 2019).

RMSE digunakan untuk mengukur tingkat perbedaan antara nilai resistivitas yang diukur dan nilai resistivitas sebenarnya dari material tersebut. Besar kecilnya nilai RMSE dipengaruhi oleh karakteristik dan struktur tanah di tempat elektroda dipasang, seperti adanya gua atau akar pepohonan yang banyak tumbuh di bawah permukaan tanah (Loke, 2004).

3.6 Pemodelan 3 Dimensi

Model 3D sering digunakan untuk menemukan tebal overburden rock, volume deposit bahan tambang (*Gross Rock Volume*), serta geometri dan sebaran bahan tambang di suatu area. Terdapat beberapa *software* dalam pembuatan modelan 3D salah satunya yaitu *software Voxler*.

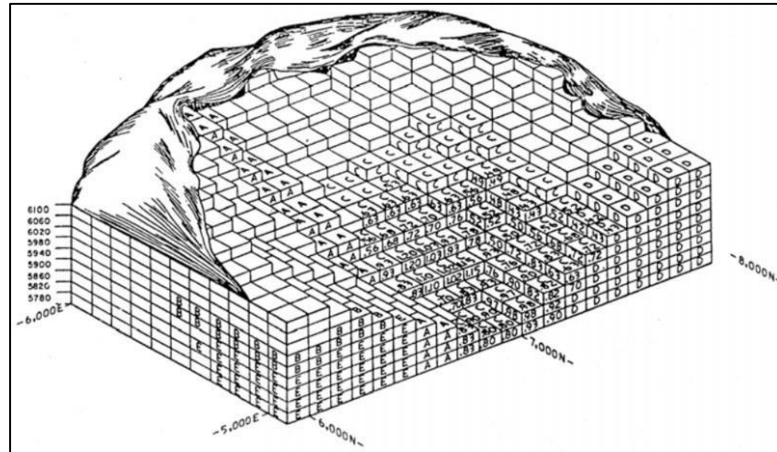
Voxler adalah program visualisasi ilmiah tiga dimensi (3D) yang terutama ditujukan untuk visualisasi volumetrik dan tampilan data 3D. Untuk volume 3D, *voxler* juga dapat memanfaatkan penggunaan grid dua dimensi (2D), termasuk file DEM (*Digital Elevation Model*), gambar, dan data titik jarang. (*scatter point data*). *Voxler* dapat menampilkan *streamlines*, *three-dimensional scatter plots*, *direct volume rendering*, *three-dimensional gridding*, *vector*

plots, contour maps, isosurfaces, image slices, resampling, numerous lattice operations, dan image processing (Nurhayati dan Ardi, 2016).

3.7 Interpolasi Dan Volumetrik Pada Voxler 4

Data geolistrik 2D dapat direkonstruksi ke dalam model *cross-sectional* 3D menggunakan metode serial *cutting* dan interpolasi. Model ini berguna sebagai alat bantu dalam menginterpretasi data geolistrik di daerah tambang, memungkinkan identifikasi bentuk, lokasi, dan volume potensial dari sumber daya tambang sebelum operasi penambangan dimulai. (Kusnahadi dkk, 2012).

Metode interpolasi yang digunakan dalam pengolahan data menggunakan *software voxler 4* adalah untuk mengestimasi nilai di lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data di sekitarnya. Metode ini sering digunakan dalam penelitian karena proses perhitungannya sederhana dan mudah dimengerti. Metode ini adalah pendekatan deterministik yang mempertimbangkan titik-titik data di sekitarnya. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa nilai interpolasi lebih mirip dengan nilai data sampel yang lebih dekat daripada yang lebih jauh, dengan bobot yang berubah secara linear seiring dengan jarak dari data sampel. Lokasi data sampel tidak mempengaruhi bobot ini. Penggunaan model blok untuk memodelkan deposit telah menjadi umum dalam industri pertambangan, dimulai pada akhir tahun 1960-an ketika komputer mulai digunakan untuk perhitungan cadangan dan perencanaan tambang. Dengan menggunakan model blok, memungkinkan untuk mengevaluasi secara lebih terperinci kuantitas dan kualitas sumber daya yang diperkirakan. *Rule of thumb* yang dipopulerkan oleh David (1977), menyatakan bahwa panjang dan lebar blok minimum adalah $\frac{1}{4}$ rata-rata jarak titik bor.



Gambar 10. Model Blok 3 Dimensi (Notosiswoyo dkk, 2005)

Pada **Gambar 10** memperlihatkan perhitungan volume dengan cara menghitung nilai volume keseluruhan dari blok-blok yang memiliki nilai resistivitas yang diasumsikan sebagai batuan andesit.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun kegiatan penelitian ini akan dilaksanakan pada:

- Pengambilan Data : PT. Lampung Geosains Survei, Jl. Soekarno Hatta, Perumahan Raffles Residence Blok D No. 16, Rajabasa, Kota Bandar Lampung, 35144.
- Prosesing Data : 10 Juli 2023 – 17 Agustus 2023.
- Tempat : Laboratorium Geofisika Eksplorasi, Teknik Geofisika, Universitas Lampung.

4.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Bahan Penelitian

No	Bahan	Jenis	Sumber
1	Data geolistrik resistivitas	Tabel I dan V	Pengukuran lapangan
2	Data kordinat dan topografi	Tabel X, Y dan Z	Pengukuran lapangan
3	Data Geologi	Peta Geologi	<i>Geologi.esdm.go.id</i>

Tabel 3. Alat Penelitian

No	Alat	Fungsi
1	<i>Software Res2Dinv</i>	Inversi modeling untuk mendapatkan model penampang 2D bawah permukaan.
2	<i>Software Voxler 4</i>	Interpolasi 3D untuk mendapatkan persebaran dan volumetrik batuan andesit.

3	<i>Software Google Earth</i>	Melihat kenampakan lokasi penelitian berdasarkan data kordinat dan topografi
4	<i>Software ArcGis</i>	Membuat Peta Geologi, Topografi dan Lintasan Pengukuran.
5	<i>Software Microsoft Excel v.2013</i>	Preoesing data hasil pengukuran untuk mendapatkan nilai resistivitas semu ρ_a

4.4 Prosedur Penelitian

1. Studi Literatur

Tahap studi literatur ditujukan untuk memahami konsep dasar geologi maupun geofisika dari penelitian yang dilakukan. Studi literatur dilakukan dengan membaca jurnal penelitian sebelumnya dan memahami konsep dasar tatanan geologi daerah penelitian berdasarkan peta geologi regional.

2. Pengolahan data Resistivitas

Hasil pengukuran yang didapat dari lapangan berupa data beda potensial (V) dan arus (I) Kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan *Microsoft excel* v. 2013 untuk menentukan nilai tahanan jenis (ρ).

3. Pengolahan data geolistrik 2D

Tampilan 2D yang dihasilkan pada *Software Res2Dinv* terdiri dari 3 kontur iso-resistivitas pada kedalaman semu. Penampang pertama adalah *measure apparent resistivity* yang menunjukkan kontur tahanan jenis semua hasil pengukuran, penampang kedua menunjukkan kontur tahanan jenis semu dari hasil perhitungan (*calculated apparent resistivity*) dan penampang yang ketiga adalah inversi model *resistivitysection* yang menggambarkan kontur dari tahanan jenis sebenarnya, setelah melalui pemodelan inversi sehingga didapatkan kontur sebaran nilai tahanan jenis vertikal di sepanjang lintasan akuisisi data.

4. Rekonstruksi volume batuan dalam pemodelan 3D

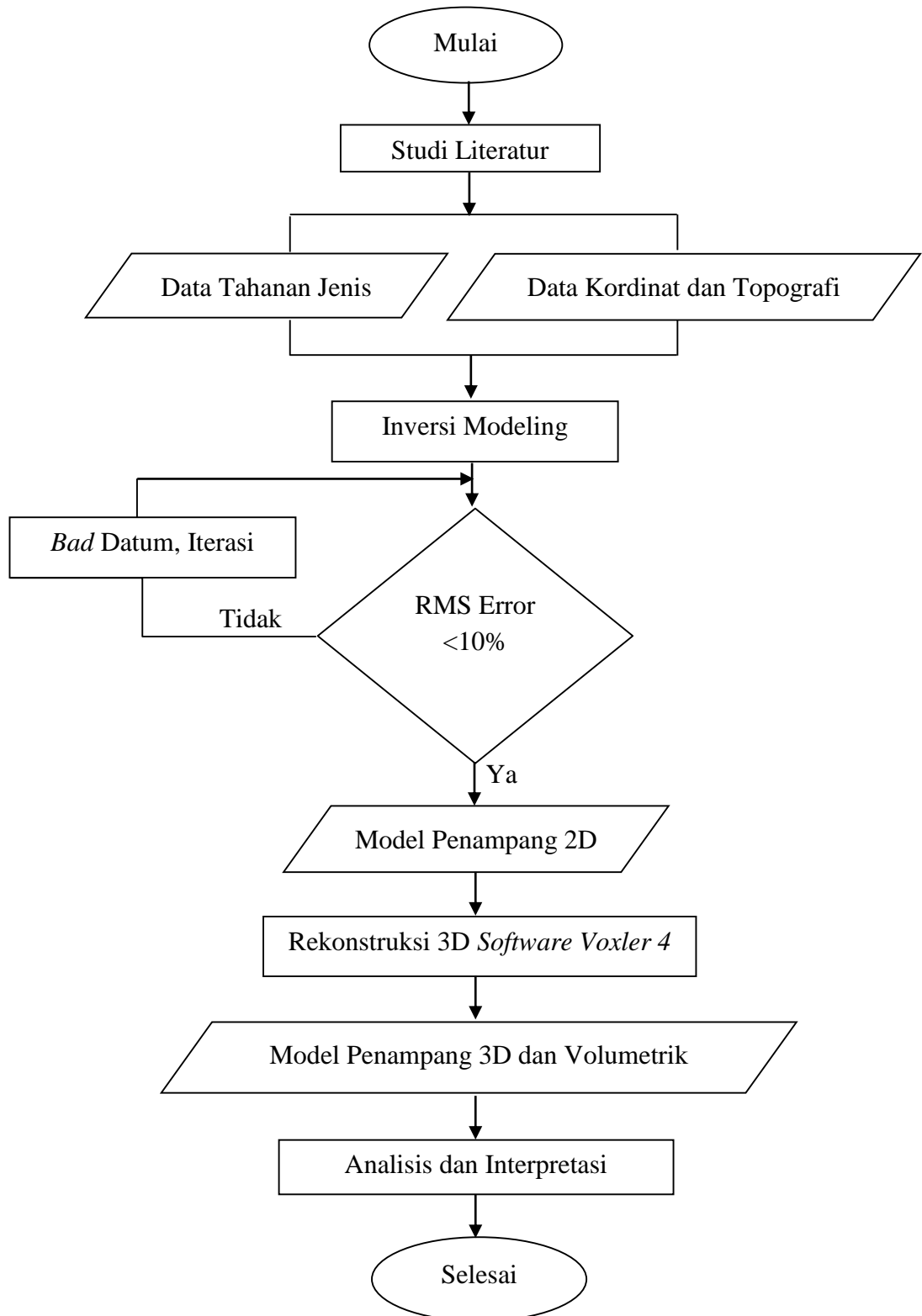
Model 3D Blok model adalah suatu metode yang tersusun dari Blok-blok yang membentuk sebuah kerangka yang disebut dengan blok model dan berfungsi untuk mempresentasikan model endapan andesit secara 3 dimensi (3D). Penentuan batas block model yaitu ditentukan berdasarkan nilai koordinat dari titik geolistrik. Untuk melakukan *constrain* pada block model ditentukan dengan batas lapisan andesit yaitu *floor* andesit dan juga topografi. Interpolasi untuk data resistivitas pada cell yang belum diketahui nilainya dilakukan berdasarkan data log resistivitas.

5. Interpretasi

Interpretasi data dilakukan dengan cara membandingkan dan mencocokkan variasi dari nilai tahanan jenis material batuan hasil pengolahan inversi data 2D. Selain itu dengan pemodelan 3D yang telah diperoleh, maka akan didapatkan volumetrik batuan dengan satuan m³.

4.5 Diagram Alir

Adapun diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut pada Gambar 11:



Gambar 11. Diagram Alir

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lapisan batuan Lapisan batuan berdasarkan pemodelan penampang 2D Geolistrik tahanan jenis diduga adalah lapisan batuan andesit yang memiliki nilai tahanan jenis $171 \Omega\text{m}$ yang dicitrakan dengan warna merah sampai dengan warna ungu.
2. Berdasarkan model 2D geolistrik tahanan jenis lintasan A, B, C, D, E, F, G, H, I, J dan K batuan andesit dapat ditemukan dengan ketebalan rata-rata 15 m.
3. Estimasi cadangan volumetrik batuan andesit bawah permukaan yang didapatkan berdasarkan interpolasi model 3D geolistrik tahanan jenis untuk luasan + 129.000 m² adalah 233.000 m³.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan penulis memberikan beberapa saran yang dapat membantu penelitian selanjutnya seperti:

1. Perlu dilakukan uji sampel batuan untuk melihat kandungan unsur mineral, berat jenis rata-rata dan nilai kuat tekan batuan andesit untuk mengetahui kualitas batuan andesit di lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmam., Sudiar, Nofi Yendri. (2013). Analisis Struktur Batuan Dengan Metoda Inversi Smoothness-Constrained Least-Squares Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. 215-219.
- Almasi, A., Jalalian, A., dan Toomanian, N. (2014). Using OK and IDW Methods for Prediction the Spatial Variability of A Horizon Depth and OM in Soils of Shahrekord, Iran Digital Soil Mapping using soft-computing techniques View project Digital Soil Mapping in Iran View project. *Journal of Environment and Earth Science*, 17–28.
- Daniswara, A., Dahrin, D., dan Setianingsih. (2019). Analisis Dan Pemodelan Data Geolistrik Untuk Identifikasi Akuifer Airtanah Di Daerah Cisarua, Bandung Barat. *Jurnal Geofisika*. Vol. 17, No.02. 22-25.
- Bemmelen, R.W., van, 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol. I-A, Gov. Printed Office, The Hague, 732 p
- Bronto, S. (2006). Fasies gunung api dan aplikasinya. *Indonesian Journal on Geoscience*, 1(2), 59–71.
- Bronto, S. (2006). Fasies gunung api dan aplikasinya. *Indonesian Journal on Geoscience*, 1(2), 59–71.

- Indarto, S., Setiawan, I., Zulkarnain, I., Sudarsono., Fiqih, M. F., dan Fauzi., A. (2007). Alterasi dan Mineralisasi Hidrotermal Pada Batuan Vulkanik Formasi Hulusimpang Daerah Bengkulu dan Lampung di Kawasan Sayap Barat Pegunungan Bukit Barisan, Sumatera. *Prosiding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Berkelanjutan*, 978-979-799-255-5.
- Isaaks, E.H. dan Srivastava, R.M. (1989), *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York.
- Kartili, J. A., dan Marks, P. (1963). *Geologi*. Institut Teknologi Bandung Dep. Umum Riset Nasional, Jakarta.
- Khosama, L. K. (2012). Kuat Tekan Beton Beragregat Kasar Batuan Tuft Merah, Batuan Tuft Putih dan Batuan Andesit. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 2(1), 1–10.
- Kusnahadi, S., Dicky, S., Asep, H., dan HK, Kartika. (2012). *Visualisasi 3d Menggunakan Serial Section Dan Interpolasi Pada Data Geolistrik Pendahuluan H*, 231–240.
- Loke, M.H , Copyright (1996-2004), *Tutorial 2-D and 3-D Electrical Imaging Survey*.
- Mulyaningsih. (2013). *Vulkanologi Jurusan Teknik Geologi*. IST AKPRIND.
- Mangga, SA., Amirudin, T., Suwarti, S., Gafoer dan Sidarto. (1993). *Peta Lembar Tanjungkarang, Sumatra*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.
- Noor, D. 2009. *Pengantar Geologi. Bogor: CV. Graha Ilmu*.
- Noor, R.H., Ishaq, Jarwanto dan Priono, D. (2020). Eksplorasi akuifer air bawah tanah menggunakan metode tahanan jenis 2d di desa selaru kabupaten kotabaru kalimantan selatan. *AL ULUM: JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY*. 5(2), 74–82.

- Notosiswoyo, S., Lilah, S., Nur Heriawan, M., dan Widayat, A. H. (2005). *Metode Perhitungan Cadangan*. Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Ilmu Kebumihan Dan Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung , TE-3231(Edisi 1), 41–44.
- Nurhayati, N., dan Ardi, N. D. (2016). Identifikasi Zona Bidang Gelincir Daerah Rawan Longsor Cihideung Kabupaten Bandung Barat dengan Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Wenner. *Prosiding Snips*, 581–589.
- Perdana, Y.P., dan Winardo, E. (2018). Penaksiran Sumber Daya Andesit Metode Cross Section dan Metode Countur di PT. Bumi Kalimasada Pertambangan Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Pertambangan*. Maret-Agustus 2018, halaman Vol.4, No. 1.
- Prasetya, Y. A., dan Ikhrama, R. (2022). *Jejak Gunung Api Purba di Kota Bandar Lampung , Berdasarkan Analisis Petrologi dan Geomorfologi*. 208–212.
- Raymond, A. Loren. (2000). *Study of Igneous, Sedimentary, and Metamorphism rocks*. Second Edition. Mc.Graw Hill.
- Ridwan, P., Arfiansyah, K., Kusumah, P. A., Amrullah, F., dan Gani, R. M. G. (2018). Identifikasi Karakteristik dan Kualitas Andesit Sebagai Bahan Bangunan Daerah Batujajar, Kecamatan Batujajar Timur, Kabupaten Bandung Barat. *Padjajaran Geoscience Journal*, 2(3), 193–200.
- Rustadi. (2005). Penerapan metode geolistrik untuk pemetaan akuifer air tanah di Kabupaten Lampung Tengah. *J. Sains Tek*. 11(2), 97–100.
- Santoso, B. (2016). Penerapan Metode Geolistrik 2D untuk Identifikasi Amblasan Tanah Dan Longsoran Di Jalan Tol Semarang – Solo Km 5+400 – Km 5+800. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 1(2), 179–186. 3.
- Sapulete, Sisca M., Souisa, Matheus., dan Jubaedah, Sitti. (2019). Interpretasi Data Resistivitas Untuk Mengidentifikasi Munculnya Longsor Susulan Di Blok V Wayame Ambon. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. Vol. 13 No. 3 Page187–198.
- Sidiq, H. (2018). Penentuan Kriteria Cadangan Batuan Andesit Di Daerah

- Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor Jawa Barat. *Kurvatek*, 2(2), 95–100.
- Sophian, R. I., Patonah, A., dan Mohamad, F. (2011). *Karakteristik tanah formasi balikpapan*. 9, 152–162.
- Susilo, A., Sunaryo, Fitriah, F., dan Sarjiyana. (2018). Fault analysis in Pohgajih Village, Blitar, Indonesia using *resistivity* method for hazard risk reduction. *International Journal of GEOMATE*, 14(41), 111–118.
- Suyono, S., 1978, *Hidrologi untuk Pengairan*, Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. (1990). Applied geophysics. In *Nature* (Vol. 127, Issue 3212).
- Williams, H., F.J. Turner, C.M. Gilbert (1954), *Petrography, An Introduction to The Study of Rock in Thin Sections*, W.H. Freeman and Company, New York, U.S.A.
- Wijaya, Carta. (2019). Pemodelan 2D Dan 3D Geolistrik Untuk Perhitungan Volumetrik Batuan Andesit Di Desa Sukarame Kecamatan Punduh Pidada Kabupaten P Akmam, A. dan Sudiar, N. Y. 2013. Analisis Struktur Batuan Dengan Metoda Inversi Smoothness-Constrained Least-Squares Data Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. 215-219.
- Almasi, A., Jalalian, A. dan Toomanian, N. 2014. Using OK and IDW Methods for Prediction the Spatial Variability of A Horizon Depth and OM in Soils of Shahrekord, Iran Digital Soil Mapping using soft-computing techniques View project Digital Soil Mapping in Iran View project. *Journal of Environment and Earth Science*. 4(15): 17–27.
- Bronto, S. 2006. Fasies gunung api dan aplikasinya. *Jurnal Geologi Indonesia*. 1(2): 59–71.
- Dai, J., Hidayat, A., Sumulyadi, H. Y., Hendra, S., Yayat, A. H., Hermawan, A. dan Balsem, T. 1989. Buku Keterangan Peta Satuan Lahan Dan Tanah Lembar Tanjungkarang, Sumatera. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Bogor.

Daniswara, A., Dahrin, D. dan Setianingsih. 2019. Analisis Dan Pemodelan Data Geolistrik Untuk Identifikasi Akuifer Airtanah Di Daerah Cisarua, Bandung Barat. *Jurnal Geofisika*. 17(2): 22–25.

Hendrajaya, L. dan Arif, I. 1988. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Jurusan FMIPA ITB. Bandung.

Indarto, S., Setiawan, I., Zulkarnain, I., Sudarsono, Fiqih, M. F. dan Fauzi., A. 2007. Alterasi dan Mineralisasi Hidrotermal Pada Batuan Vulkanik Formasi Hulusimpang Daerah Bengkulu dan Lampung di Kawasan Sayap Barat Pegunungan Bukit Barisan, Sumatera. *Prosiding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Berkelanjutan*. e-ISSN: 978-979-799-255-5.

Isaaks, E. H. dan Srivastava, R.M. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press. New York.

Kartili, J. A. dan Marks, P. 1963. *Geologi*. Institut Teknologi Bandung Departemen Umum Riset Nasional. Jakarta.

Khosama, L. K. 2012. Kuat Tekan Beton Beragregat Kasar Batuan Tuft Merah, Batuan Tuft Putih dan Batuan Andesit. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 2(1): 1–10.

Kusnahadi, S., Dicky, S., Asep, H. dan Kartika, H. K. 2012. Visualisasi 3D Menggunakan Serial Section Dan Interpolasi Pada Data Geolistrik. *Prosiding Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir XXIII*. 23: 231–240.

Loke, M. H. 2004. *Tutorial 2-D and 3-D Electrical Imaging Survey*. Penang. Malaysia.

Lowrie, W. 2007. *Fundamental of Geophysics Second Edition*. Cambridge

University Press. New York

Mangga, S. A., Amirudin, T., Suwarti, S., Gafoer dan Sidarto. 1993. Peta Lembar Tanjungkarang, Sumatra. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.

Mulyaningsih. 2013. Vulkanologi Jurusan Teknik Geologi. IST AKPRIND. Yogyakarta

Noor, D. 2009. Pengantar Geologi. Graha Ilmu. Bogor.

Noor, R. H., Ishaq, Jarwanto dan Priono, D. 2020. Eksplorasi akuifer air bawah tanah menggunakan metode tahanan jenis 2d di desa selaru kabupaten kotabaru kalimantan selatan. *Al Ulum Sains dan Teknologi*. 5(2): 74–82.

Notosiswoyo, S., Lilah, S., Heriawan, M. dan Widayat, A. H. 2005. Metode Perhitungan Cadangan edisi 1. Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Ilmu Kebumihan Dan Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung.

Nurhayati, N., dan Ardi, N. D. 2016. Identifikasi Zona Bidang Gelincir Daerah Rawan Longsor Cihideung Kabupaten Bandung Barat dengan Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Wenner. *Prosiding Snips*. e-ISSN: 978-602-61045-0-2.

Perdana, Y.P., dan Winardo, E. (2018). Penaksiran Sumber Daya Andesit Metode Cross Section dan Metode Countur di PT. Bumi Kalimasada Pertambangan Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Pertambangan*. 4(1): 151–156.

Prasetya, Y. A., dan Ikhrama, R. 2022. Jejak Gunung Api Purba di Kota Bandar Lampung , Berdasarkan Analisis Petrologi dan Geomorfologi. *Journal of Science, Technology, and Virtual Culture*. 2(1): 208–212.

Rahmawati, A. 2009. Pendugaan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger. Skripsi. Jurusan Fisika. Universitas Negeri Semarang.

- Raymond, A. L. 2000. *The Study of Igneous, Sedimentary, and Metamorphic Rocks* Second Edition. McGraw Hill. New York
- Reynolds, J. M. 1998. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons. New York
- Ridwan, P., Arfiansyah, K., Kusumah, P. A., Amrullah, F., dan Gani, R. M. G. 2018. Identifikasi Karakteristik dan Kualitas Andesit Sebagai Bahan Bangunan Daerah Batujajar, Kecamatan Batujajar Timur, Kabupaten Bandung Barat. *Padjajaran Geoscience Journal*. 2(3): 193–200.
- Rustadi. 2005. Penerapan metode geolistrik untuk pemetaan akuifer air tanah di Kabupaten Lampung Tengah. *Jurnal Sains Teknologi*. 11(2): 97–100.
- Santoso, B. 2016. Penerapan Metode Geolistrik 2D untuk Identifikasi Amblas Tanah Dan Longsor Di Jalan Tol Semarang – Solo Km 5+400 – Km 5+800. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*. 1(2): 179–186.
- Sapulete, Sisca, M., Souisa, M., dan Jubaedah, S. 2019. Interpretasi Data Resistivitas Untuk Mengidentifikasi Munculnya Longsor Susulan Di Blok V Wayame Ambon. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. 13(3): 187–198.
- Sidiq, H. 2018. Penentuan Kriteria Cadangan Batuan Andesit Di Daerah Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor Jawa Barat. *Kurvatek*. 2(2): 95–100.
- Sophian, R. I., Patonah, A., dan Mohamad, F. 2011. Karakteristik Tanah Formasi Balikpapan. *Bulletin of Scientific Contribution*. 9(3): 152–162.
- Susilo, A., Sunaryo, Fitriah, F., dan Sarjiyana. 2018. Fault Analysis In Pohgajih Village, Blitar, Indonesia Using Resistivity Method For Hazard Risk Reduction. *International Journal of Geomate*. 14(41): 111–118.
- Suyono, S. 1978. *Hidrologi untuk Pengairan*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Taib, M. I. T. 2004. *Eksplorasi Geolistrik Diktat Kuliah Metoda Geolistrik*. Departemen Teknik Geofisika, ITB. Bandung.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics Second*

Edition. Cambridge University Press. London.

Van Bemmelen, R.W. 1949. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagos. Government Printing Office. Den Haag.

Williams, H., Turner, F.J., Gilbert, C.M. 1954. Petrography, An Introduction to The Study of Rock in Thin Sections. W.H. Freeman and Company. New York.

Wijaya, C. 2019. Pemodelan 2D Dan 3D Geolistrik Untuk Perhitungan Volumetrik Batuan Andesit Di Desa Sukarame Kecamatan Punduh Pidada Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Skripsi. Universitas Lampung.

Zaenudin, A., Ariwibowo, Y., Kusumastuti, D. I., dan Martin, Y. 2016. Pemetaan Geologi Dan Uji Sifat Fisika Batuan Andesit Di Bakauheni Dan Tanjungan, Lampung Selatan. Prosiding Seminar Nasional Avoer. e-ISSN: 979-587-617-1. esawaran Provinsi Lampung. *Skripsi*. Lampung: Universitas Lampung.

Zaenudin, A., Ariwibowo, Y., Kusumastuti, D. I., dan Martin, Y. (2016). Pemetaan Geologi Dan Uji Sifat Fisika Batuan Andesit Di Bakauheni Dan Tanjungan, Lampung Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Avoer 8* , 979-587-617-1.