



ANALISIS METODE GEOLISTRIK 2D DAN VLF-EM UNTUK MENDETEKSI JALUR AIR PANAS DESA JATIMULYO, KECAMATAN JATI AGUNG, KABUPATEN LAMPUNG SELATAN

Uci Amelia Putri*, Andri Yadi Paembonan, Risky Martin Antosia, Selvi Misna Irawati

Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera

Abstrak

Indonesia terletak pada pertemuan tiga Lempeng Tektonik yang merupakan zona rawan terjadinya letusan gunung api dan gempa tektonik sehingga banyak terdapat sumber daya panas bumi. Pada daerah penelitian Desa Jatimulyo terdapat manifestasi panas bumi berupa air panas, untuk itu perlu dilakukan survey geofisika berupa Metode Geolistrik 2D dan Metode *Very Low Frequency Electromagnetic* (VLF-EM) yang bertujuan untuk memodelkan litologi bawah permukaan dan mendeteksi patahan sebagai jalur keluar air panas. Metode Geolistrik 2D dilakukan dengan menginjeksi arus listrik ke bawah permukaan bumi sehingga beda potensial terukur dan didapatkan nilai resistivitas. Metode VLF-EM dapat mendeteksi arah dan posisi patahan dengan memanfaatkan frekuensi gelombang elektromagnetik yang rendah sehingga penetrasi kedalaman lebih dalam dibandingkan metode geolistrik 2D. Kedua metode dikorelasikan sehingga terdapat empat jenis litologi batuan pada daerah penelitian, nilai resistivitas $1\Omega\text{m} - 22\Omega\text{m}$ merupakan lempung tufan, nilai resistivitas $23\Omega\text{m} - 80\Omega\text{m}$ merupakan pasir tufan, nilai resistivitas $23\Omega\text{m} - 310\Omega\text{m}$ merupakan top soil dan nilai resistivitas $81\Omega\text{m} - 688\Omega\text{m}$ merupakan batuan beku. Pada hasil pemodelan terdapat patahan dengan arah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya yang menjadi jalur keluarnya air panas kepermukaan.

Kata kunci: Panas Bumi; geolistrik; elektromagnetik; resistivitas; patahan.

Abstract

Indonesia is situated at the intersection of three tectonic plates, making it a zone prone to volcanic eruptions and tectonic earthquakes, resulting in numerous geothermal resources. The research area of Jatimulyo Village has geothermal manifestations in the form of hot water. Therefore, a geophysical survey is necessary, specifically a 2D Geoelectric Method and Very Low Frequency Electromagnetic Method (VLF-EM), to model subsurface lithology and detect faults as a hot water outlet. The 2D Geoelectric Method involves injecting electric current into the earth's subsurface and measuring the potential difference to obtain the resistivity value. The VLF-EM method can detect the direction and position of faults by using low-frequency electromagnetic waves, allowing for deeper depth penetration than the 2D geoelectric method. The research area contains four types of rock lithology, with resistivity values ranging from $1\Omega\text{m}$ to $688\Omega\text{m}$. Tuff clay has a resistivity value of $1\Omega\text{m} - 22\Omega\text{m}$, tuff sand has a resistivity value of $23\Omega\text{m} - 80\Omega\text{m}$, topsoil has a resistivity value of $23\Omega\text{m} - 310\Omega\text{m}$, and igneous rock has a resistivity value of $81\Omega\text{m} - 688\Omega\text{m}$. The modelling results indicate faults in the northwest-southeast and northeast-southwest directions, which serve as pathways for the release of hot water to the surface.

Keywords: *Geothermal; electrical resistivity; electromagnetic; resistivity; faults.*

*) Korespondensi: uci.119120094@student.itera.ac.id

Diajukan : 30 Oktober 2023

Diterima : 26 Februari 2024

Diterbitkan : 24 Oktober 2024

PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada pertemuan tiga Lempeng Tektonik yang berada pada jalur gunung berapi (area *Ring of Fire*). *Ring of Fire* merupakan zona yang rawan terjadinya letusan gunung api dan gempa tektonik, selain itu zona ini banyak terdapat sumber daya panas bumi dan mineral-mineral baru di permukaan (Mawuntu, 2020). Secara geologi Indonesia terdapat beberapa sesar aktif seperti Sesar Sumatera, Sesar Cimandiri, Sesar Palu Koro. Sesar Sumatera merupakan sesar regional yang terbentuk karena pelimpahan stress tabrakan Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia. Lempeng Indo-Australia menyusup kedalam Lempeng Eurasia sehingga tumbukan akan menghasilkan potensi panas bumi di permukaan (Sumigar et al, 2020).

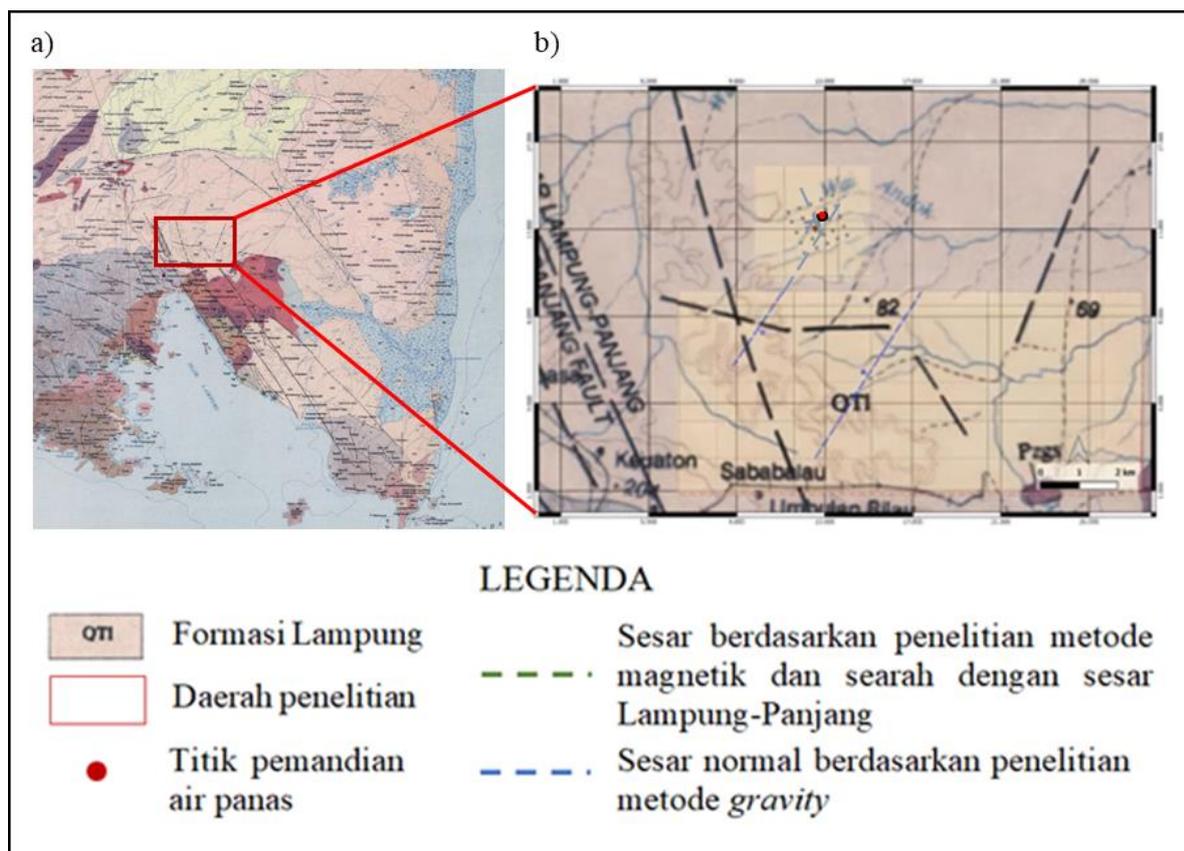
Pada daerah penelitian manifestasi panas bumi berupa air panas desa Jatimulyo ini belum diketahui asal sumber air panas yang keluar kepermukaan. Selain itu penelitian metode Geolistrik 2D yang dilakukan Oloani (2022)

belum dapat mendeteksi jalur air panas pada daerah penelitian, hal ini dikarenakan metode Geolistrik yang dilakukan memiliki kedalaman yang dangkal dan patahan yang tidak terdeteksi. Oleh karena itu dilakukannya penelitian dengan metode Very Low Frequency Electromagnetic (VLF-EM) untuk mendeteksi patahan yang menjadi jalur keluarnya air panas, selain itu metode Geolistrik 2D tetap dilakukan sebagai model awal dalam pengolahan VLF-EM.

METODOLOGI

Geologi Regional

Secara stratigrafi daerah penelitian yang terletak di Desa Jatimulyo, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan berada pada Formasi Lampung (QTI) dengan Batuan Gunungapi yang terbentuk karena proses vulkanisme. Berdasarkan fisiografi daerah ini terdapat pada Lajur Busur Magma (Busur Barisan) (Mangga, 1994). Geologi regional daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. a) Peta Geologi Tanjungkarang, daerah Jatimulyo (kotak berwarna merah) (Mangga, 1994); b) Estimasi keberadaan sesar normal (garis biru) pada peta geologi regional dengan menggunakan metode *gravity* dan garis berwarna hijau kemungkinan struktur pada daerah penelitian dengan menggunakan metode magnetik (Mustofa dkk., 2023; Siringoringo dkk., 2021).

Metode Geolistrik

Metode Geolistrik 2D dilakukan dengan menginjeksi arus listrik ke dalam permukaan tanah dengan dua elektroda arus dan mengukur beda potensial sehingga didapatkan nilai resistivitas lapisan bawah permukaan (Mudiarto et al, 2013).

Konfigurasi yang digunakan yaitu konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dan *Wenner-Alpha*. Konfigurasi *Wenner-Alpha* merupakan konfigurasi ini besar jarak antar elektroda dibuat sama, karakteristiknya sensitif terhadap perubahan horizontal, namun kurang sensitif terhadap perubahan vertikal (Loke, 2004). Metode Geolistrik resistivitas didasarkan pada hukum Ohm dengan persamaan:

$$R=V/I \quad (1)$$

Nilai resistivitas yang terukur pada metode ini bukan termasuk resistivitas sebenarnya melainkan resistivitas semu (*apparent resistivity*).

$$Pa=K \Delta V/I \quad (2)$$

dengan R: Resistansi (Ω); V: Potensial listrik (Volt); I: Arus listrik (A); Pa: Resistivitas semu (Ωm); K: Faktor geometri (k); ΔV : Perubahan potensial listrik (Volt).

Dalam geofisika pemodelan digunakan untuk menginterpretasikan kondisi bawah permukaan. Pemodelan Inversi (*inverse modelling*) dilakukan untuk mendapatkan parameter model dan menghasilkan respon fit dengan data pengamatan (Grandis, 2009). Secara umum hubungan antara data (d) dengan parameter model (m) yaitu:

$$d = g(m) \quad (3)$$

Pada metode Geolistrik 2D ini menggunakan inversi *least-square* teredam sebagai berikut:

$$\Delta m = [GT^T G + \epsilon^2 I]^{-1} GT^T \Delta d \quad (4)$$

dengan ϵ^2 : Faktor redaman; I: Matriks identitas.

Parameter yang menunjukkan tingkat hambatan listrik suatu bahan yaitu resistivitas, semakin besar hambatan jenis (resistivitas) maka semakin sulit arus listrik mengalir penghantar (Vebrianto, 2016). Setiap batuan memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda, berikut merupakan variasi nilai resistivitas di sekitar daerah penelitian pada Tabel 1.

Metode Very Low Frequency Electromagnetic

Very Low Frequency Electromagnetic (VLF-EM) berasal dari transmitter berfrekuensi rendah (10-30 kHz) yang merambat pada permukaan bumi. Metode ini bertujuan untuk mendeteksi zona konduktivitas atau mengetahui perubahan konduktivitas medium berdasarkan sifat-sifat gelombang EM (Ismail, 2022). Gambar ilustrasi VLF-EM dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada metode VLF-EM berlaku persamaan Maxwell dan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\nabla \times E = -(i\omega \mu_0)H \quad (\text{H. Faraday}) \quad (5)$$

$$\nabla \times H = (\sigma + i\omega \epsilon)E \quad (\text{H. Ampere}) \quad (6)$$

$$\nabla \cdot (\epsilon E) = \rho \quad (\text{H. Gauss}) \quad (7)$$

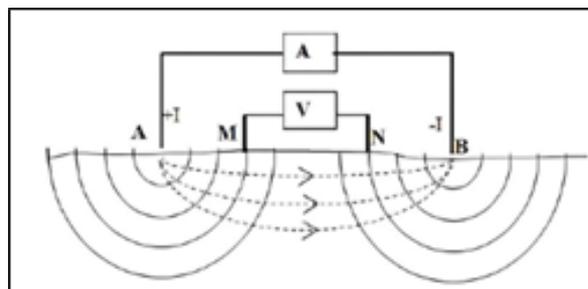
$$\nabla \cdot H = 0 \quad (\text{H. Gauss untuk magnet}) \quad (8)$$

dengan, E: Medan Listrik (V/m); H: Medan magnetik (A/m); ϵ : Permittivitas dielektrik (F/m); μ : Permeabilitas magnetik (H/m); σ : Konduktivitas listrik (S/m); f: Frekuensi (Hz).

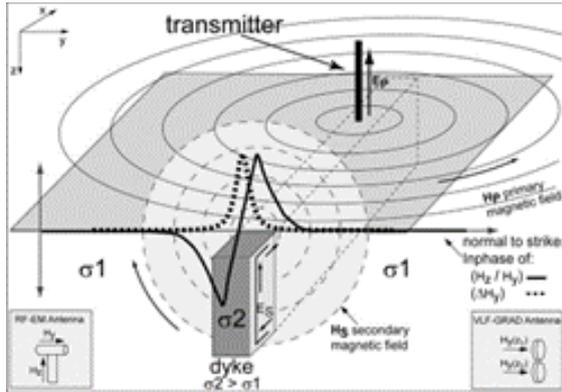
Metode VLF-EM ini menggunakan filter NA-MEMD, filter *Fraser* dan filter *Karous-Hjelt*. Filter NA-MEMD dapat mendekomposisi data dalam bentuk model osilasi *Intrinsic Mode Functions* (IMFs). Dekomposisi merupakan pemisahan atau penguraian data menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana agar dapat dipahami tentang faktor-faktor yang mempengaruhi hubungan antara dua variabel (Yadi et al, 2017).

Tabel 1. Nilai resistivitas batuan di sekitar daerah penelitian

| Peneliti, tahun | Jenis Batuan | Nilai Resistivitas (Ωm) |
|---------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Oloani, 2022 | Top Soil | 16 – 46 |
| | Lempung Tufan | 1 – 13 |
| | Pasir Tufan | 16 – 46 |
| Rizka dan Setiawan, 2019 | Lempung Tufan | < 20 |
| | Pasir Tufan | 20 – 80 |



Gambar 2. Pola aliran arus dan bidang equipotential pada metode geolistrik (Mudiarto et al, 2013).



Gambar 3. Ilustrasi metode VLF-EM (Bosch dan Muller, 2001).

Filter *Fraser* dilakukan untuk lebih menempatkan anomali sehingga interpretasi lebih mudah dilakukan, menggunakan 4 data pada titik pengukuran berurutan, data ke-3 dan ke-4 dikurangkan terhadap data ke-1 dan ke-2 dan setelah itu di plot pada titik data ke-2 dan ke-3 (Yadi et al, 2017). Persamaannya yaitu:

$$F_n = (H_{n+2} + H_{n+3}) - (H_n + H_{n+1}) \quad (9)$$

dimana, F_n : Nilai *Fraser* terhitung; H_n : Data pada titik ke-n.

Filter *Karous-Hjelt* menghasilkan persebaran anomali bawah permukaan dan peta kontur 2D dengan kedalaman semu berdasarkan parameter rapat arus (Yadi dkk., 2017). Persamaan filter tersebut yaitu:

$$KH_n = 0.102H_n - 3 - 0.059H_{n-2} + 0.561H_{n-1} - 0.561H_{n+1} + 0.059H_{n+2} - 0.059H_{n+3} \quad (10)$$

dengan, KH_n : Nilai *Karous-Hjelt* terhitung; H_n : Data pada titik ke-n.

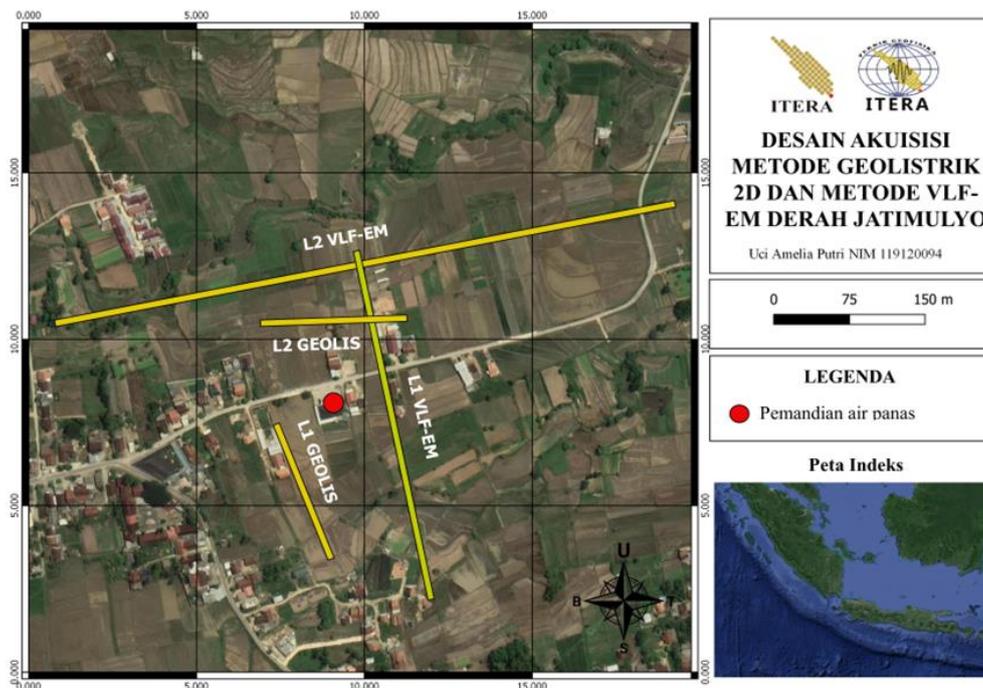
Pada penelitian ini dilakukan inversi agar dapat memodelkan hasil filter VLF-EM, inversi yang digunakan yaitu smoothness constrained (Sasaki, 1989). Persamaan untuk inversi ini yaitu:

$$\Delta m = [GTG + eCTC]^{-1} GT \Delta d \quad (12)$$

dengan C: Matriks koefisien dari nilai roughness setiap parameter.

Penelitian ini dilakukan pada Minggu, 27 November 2022 di Jatimulyo, Jati Agung, Lampung Selatan sebanyak 2 lintasan metode geolistrik 2D dan 2 lintasan metode VLF-EM. Data penelitian ini diperoleh dari pengukuran project kelas B Geofisika Geothermal Program Studi Teknik Geofisika Institut Teknologi Sumatera. Desain akuisisi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

Lintasan penelitian ini ditandai dengan garis kuning dan titik merah merupakan potensi panas bumi yang muncul ke permukaan. Metode geolistrik 2D lintasan 1 dan 2 memiliki panjang lintasan 140 m dan spasi elektroda 4 m. Pada metode VLF-EM lintasan 1 dengan panjang 350 m dan lintasan 2 dengan panjang 680 m.



Gambar 4. Desain akuisisi daerah penelitian (Google Satelite, 2023)

Pengolahan metode geolistrik 2D dimulai dengan mempersiapkan data, selanjutnya dilakukan inversi *least squares* teredam dengan software *res2dinv*, setelah itu pendugaan litologi bawah permukaan sesuai dengan geologi regional daerah penelitian. Metode VLF-EM diolah dengan menerapkan filter NA-MEMD meningkatkan akurasi sinyal dengan menghilangkan sinyal yang tinggi dan mereduksi frekuensi yang rendah, selanjutnya dilakukan filter *Fraser* agar dapat menempatkan anomali dan terakhir diterapkan filter *Karous-Hjelt* dilakukan untuk menghasilkan penampang dua dimensi dengan memvisualisasikan distribusi anomali di bawah permukaan.

Penerapan filter ini menggunakan software *matlab*. Setelah penerapan filter, maka dilakukan inversi dengan software *Inv2DVLF* sehingga didapatkan nilai modelnya. Hasil inversi ini di plotting sehingga didapatkan persebaran nilai resistivitas dan kurva fitting. Selanjutnya pendugaan litologi bawah permukaan dapat dilakukan. Hasil dari litologi metode geolistrik 2D dan VLF-EM dikorelasikan dengan software *SketchUp*.

HASIL

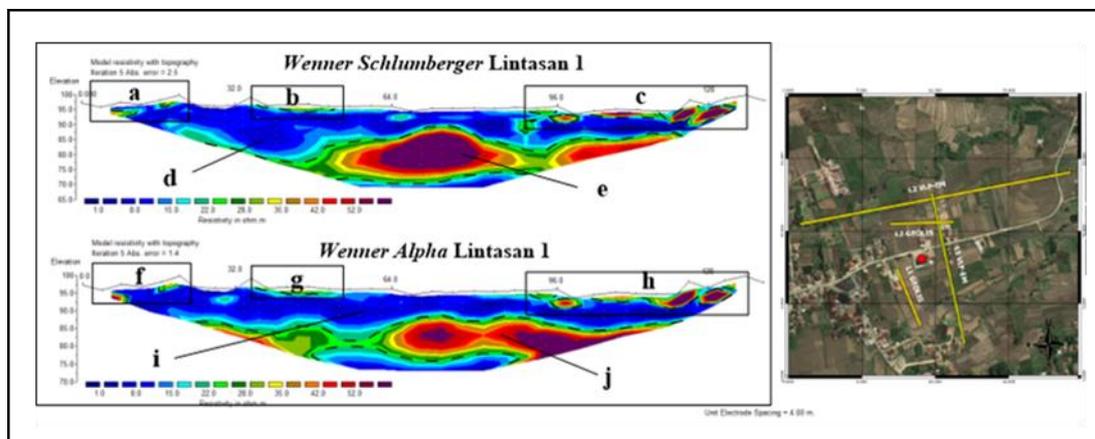
Pengolahan Geolistrik 2D menggunakan software *res2dinv* pada lintasan 1 dapat dilihat pada Gambar 5 dan pada lintasan 2 dapat dilihat pada Gambar 6. Model penampang Lintasan 1 dan 2 memiliki rentang resistivitas 1 Ωm sampai 54 Ωm . Kedalaman lintasan 1 dan 2 konfigurasi *Wenner-Schlumberger* memiliki kedalaman 27 m dan konfigurasi *Wenner-Alpha* memiliki kedalaman 22,9 m. Terdapat perbedaan kedalaman yang di jangkau antar konfigurasi, hal ini dikarenakan perbedaan faktor geometri

konfigurasi. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sensitif terhadap perubahan horizontal sehingga penetrasi kedalamannya lebih dalam, sedangkan konfigurasi *Wenner-Alpha* sensitif terhadap perubahan vertikal sehingga penetrasi lebih dangkal. Resolusi pada konfigurasi *Wenner-Schlumberger* rendah dibandingkan dengan resolusi pada konfigurasi *Wenner-Alpha* sehingga *Wenner-Alpha* cocok baik untuk identifikasi struktur.

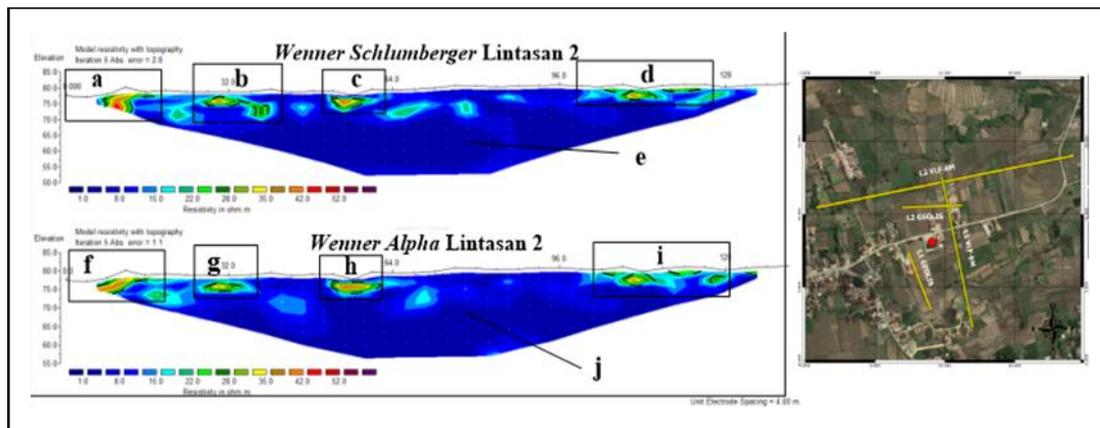
Pada Gambar 5 nilai resistivitas dapat diklasifikasikan menjadi 2 rentang. Rentang rendah berwarna biru tua sampai hijau dingin (ditandai dengan d dan i) memiliki nilai resistivitas 1 Ωm sampai 22 Ωm dan rentang sedang menuju tinggi (ditandai dengan a, b, c, e, f, g, h dan j) berwarna hijau terang sampai maroon dengan nilai resistivitas 23 Ωm sampai 54 Ωm .

Berdasarkan rentang resistivitas pada Gambar 6 nilai resistivitas dapat diklasifikasikan menjadi 2 rentang. Rentang rendah berwarna biru tua sampai hijau dingin (e dan j) memiliki nilai resistivitas 1 Ωm sampai 22 Ωm , dan rentang sedang menuju tinggi (a, b, c, d, f, g, h dan i) berwarna hijau terang sampai maroon dengan nilai resistivitas 23 Ωm sampai 54 Ωm .

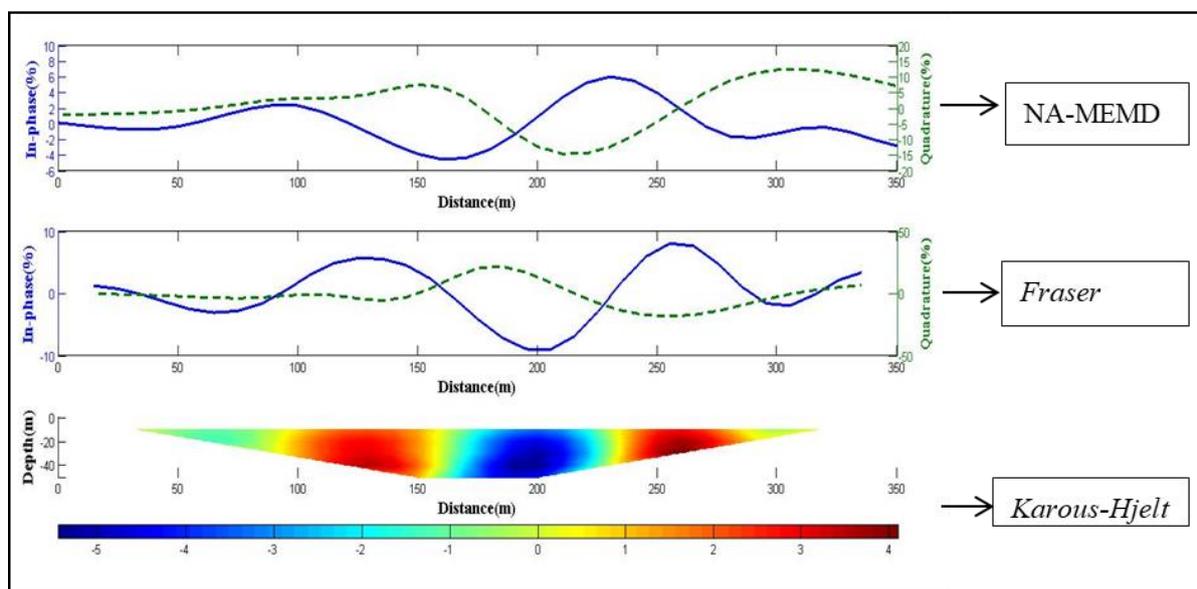
Pada pengolahan data VLF-EM menggunakan filter NA-MEMD, filter *Fraser* dan filter *Karous-Hjelt*. Filter NA-MEMD menghasilkan IMF (Intrinsic Mode Functions) digunakan untuk menghilangkan frekuensi yang tinggi dan rendah dengan memisahkan beberapa frekuensi. Berdasarkan Gambar 7 penggunaan filter *Fraser* zona konduktif ditandai dengan amplitudo yang positif dan resistif dengan amplitudo negative. Pada filter *Karous-Hjelt* dapat dilihat terdapat 2 zona konduktif dan



Gambar 5. Hasil lintasan 1 menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dan *Wenner-Alpha*



Gambar 6. Hasil lintasan 2 menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger dan Wenner-Alpha



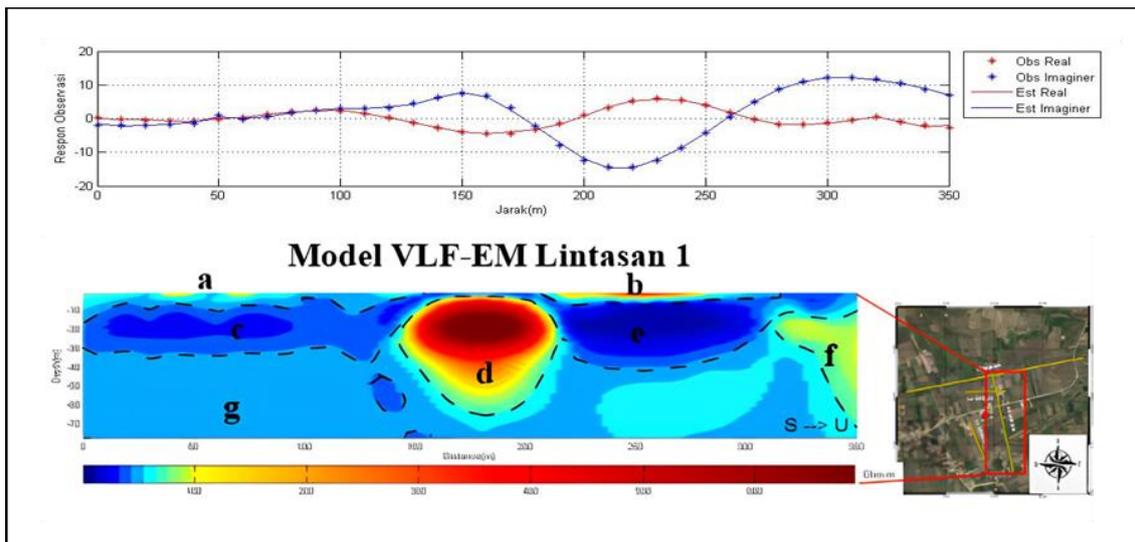
Gambar 7. Hasil rekonstruksi filter NA-MEMD, filter Fraser dan filter Karous-Hjelt lintasan

2 zona resistif. Zona konduktif ditunjukkan oleh nilai positif (warna menuju maroon) dan zona resistif bernilai negatif (warna menuju biru). Filter ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif sehingga belum diketahui letak pasti zona konduktif dan resistif dan belum bisa diinterpretasikan, perlu dilakukan pendekatan kualitatif dengan proses inversi. Penelitian ini menggunakan software Inv2DVLF. Setelah dilakukan inversi maka akan didapatkan nilai model berupa jarak, kedalaman dan nilai resistivitas. Ploting model akan menghasilkan kurva fitting dan model bawah permukaan, untuk hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8.

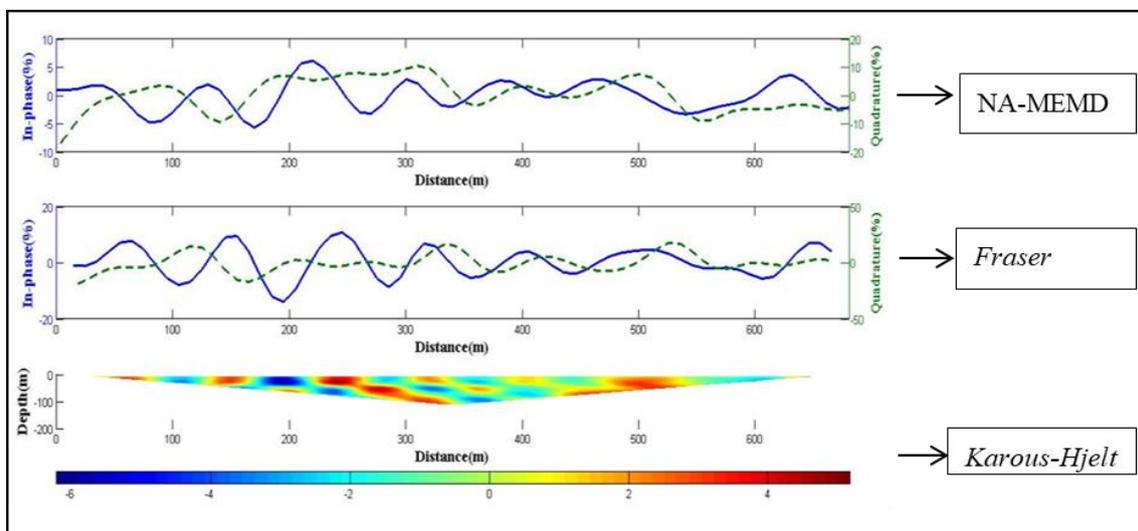
Hasil model inversi pada Gambar 8 kurva fitting yang mengikuti pola titik-titik data dari data inversi yang telah dilakukan. Pada lintasan 1 terlihat bahwa kurva fit ditandai dengan pola titik-titik yang tidak terlalu menyebar menjauhi

garis. Rentang rendah berwarna biru tua hingga biru muda dengan nilai resistivitas 1 Ω m sampai 22 Ω m. Terdapat rentang sedang dengan warna biru muda sampai biru terang dengan nilai resistivitas 23 Ω m sampai 80 Ω m.

Rentang tinggi berwarna hijau hingga maroon dengan nilai resistivitas 81 Ω m sampai 688 Ω m. Rentang rendah ditandai dengan huruf c, e, i, rentang sedang ditandai dengan huruf g dan rentang tinggi ditandai dengan huruf d, f. Rentang sedang hingga tinggi ditandai dengan huruf a, b. Pada filter NA-MEMD lintasan 2 anomaly belum menunjukkan zero-crossing yang tepat sehingga dilakukan filter *Fraser*. Berdasarkan filter *Fraser* dan filter *Karous-Hjelt* zona terdapat zona konduktif dan resistif. Pada Gambar 10 dapat dilihat kurva dan model hasil inversi VLF-EM lintasan 2.



Gambar 8. Kurva fitting dan model hasil inversi VLF-EM lintasan 1.



Gambar 9. Hasil rekonstruksi filter NA-MEMD, filter Fraser dan filter Karous-Hjelt lintasan 2.

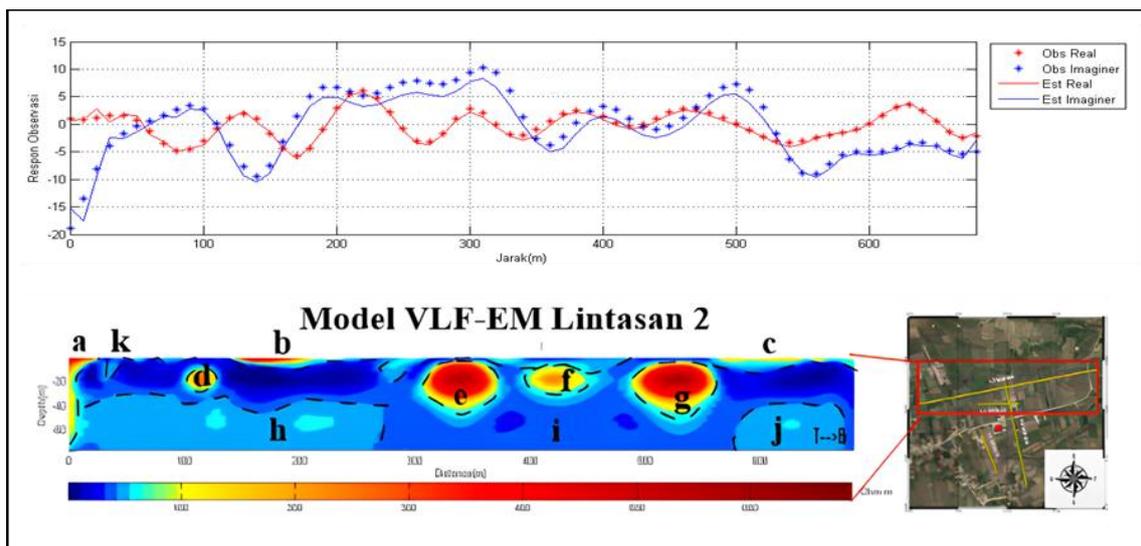
Terlihat bahwa kurva kurang fit hal ini dapat dilihat dari sebaran titik-titik yang menjauh dari garis. Rentang rendah, sedang dan tinggi pada model ini sama dengan VLF-EM lintasan 1, untuk rentang rendah ditandai dengan huruf i, rentang sedang ditandai dengan huruf h, j, rentang tinggi ditandai dengan huruf a, d, e, f dan g rentang sedang hingga tinggi ditandai dengan huruf k, b, c.

Anomali resistif pada hasil VLF-EM lintasan 1 dan 2 membentuk cenderung seperti oval dipengaruhi oleh kondisi bawah permukaan, jika lapisan berbentuk struktur seperti oval maka anomali cenderung berbentuk oval, selain itu inversi smoothness yang digunakan sehingga hasil inversi terlihat halus dan oval semakin terlihat jelas.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengolahan Geolistrik 2D didominasi dengan zona yang cenderung resistif ditandai dengan penampang berwarna biru dan resistivitas rendah. Selain itu pada metode VLF-EM penampang didominasi oleh warna biru dan beberapa berwarna merah, untuk yang berwarna biru dapat dikatakan resistif dan berwarna merah dapat dikatakan konduktif. Penampang yang resistif dipengaruhi oleh beberapa sebab seperti, memiliki pori yang kecil, dan menghantarkan listrik dengan baik.

Selanjutnya penampang yang konduktif berbanding terbalik dengan resistif. Rentang nilai resistivitas pada batuan di daerah penelitian ini berdasarkan geologi regional dan penelitian sebelumnya yang ada di wilayah penelitian.



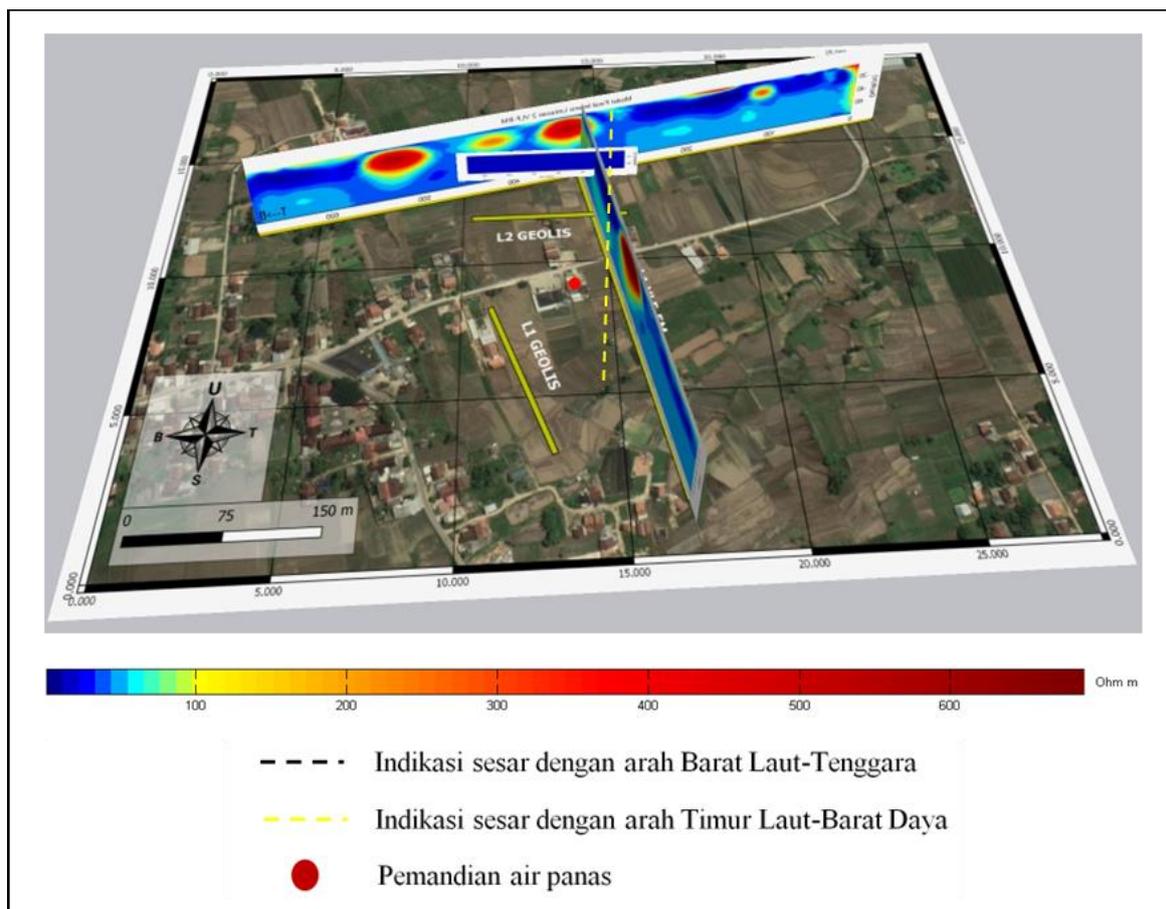
Gambar 10. Kurva fitting dan model hasil inversi VLF-EM lintasan 2

Referensi yang digunakan dalam interpretasi berdasarkan Tabel 1 didapatkan jenis batuan pada lintasan 1 geolistrik 2D lapisan pertama merupakan lapisan *top soil*, lapisan kedua merupakan lempung tufan dan lapisan berikutnya terdapat pasir tufan. Pada lintasan 2 Geolistrik hanya terdapat dua jenis batuan yaitu *top soil* dan lempung tufan. Keberadaan *top soil* yang dalam pada daerah penelitian dapat terjadi karena aktivitas manusia seperti pengolahan tanah, hal ini terbukti dengan kondisi lapangan yang terdapat pada area persawahan.

Pada lintasan 1 VLF-EM lapisan pertama merupakan *top soil* pada kedalaman 1 m - 20 m. Lapisan kedua dengan lempung tufan pada kedalaman 1 m - 45 m. Lapisan ketiga 30 m - 78 m merupakan pasir tufan. Terdapat batuan dengan nilai resistivitas sangat tinggi pada kedalaman 3 m - 65 m dengan jarak 140 m - 220 m dan jarak 310 m - 350 m. Batuan ini berbentuk oval terlihat seperti batuan beku, berdasarkan hasil inversi resistivitas tinggi tersebut tidak mencapai ke permukaan dan tidak ditemukan juga batuan beku di permukaan, sehingga tidak dapat diketahui jenis batuan beku yang terdapat pada daerah penelitian. Pada lintasan 2 lapisan pertama merupakan *top soil* pada kedalaman 1 m - 20 m. Lapisan kedua merupakan lempung tufan pada kedalaman 1 m - 78 m dan lapisan ketiga merupakan pasir tufan pada kedalaman 30 m - 78 m. Terdapat batuan beku pada kedalaman 20 m - 75 m dengan jarak 1 m - 10 m, selanjutnya pada kedalaman 10 m - 40 m dengan jarak 100 m - 120 m, pada

kedalaman 5 m - 40 m dengan jarak 390 m - 450 m. pada kedalaman 5 m - 50 m dengan jarak 300 m 380 m dan jarak 480 - 570 m. Pada penelitian ini menggunakan metode Geolistrik 2D dan VLF-EM, untuk mengkorelasikan hasil rentang antar kedua metode tersebut disamakan dan dilakukan crossplot. Pada hasil metode geolistrik rentang resistivitas yaitu 1 Ω m - 54 Ω m dan pada metode VLF-EM rentang resistivitas yaitu 1 Ω m - 688 Ω m. Metode geolistrik memiliki rentang lebih rendah dibandingkan VLF-EM sehingga saat dikorelasikan dengan nilai rentang resistivitas 1 Ω m - 688 Ω m, maka metode model geolistrik dominan berwarna biru tua. Korelasi model dapat dilihat pada Gambar 11.

Hasil *crossplot* model geolistrik 2D dengan VLF-EM, dengan titik merah merupakan manifestasi panas bumi. Dapat dilihat lintasan 2 Geolistrik 2D yang berpotongan dengan VLF-EM lintasan 1 sehingga setelah rentang nilai disamakan dapat dilihat perpotongan antar kedua lintasan memiliki nilai resistivitas sama rendah dan dapat disimpulkan pengukuran kedua metode selaras. Pengukuran Geolistrik 2D yang dangkal belum bisa mendeteksi patahan, hanya dapat mendeteksi jenis litologi bawah permukaan, untuk mendeteksi patahan dengan metode VLF-EM dibutuhkan nilai resistivitas dari hasil pengukuran metode Geolistrik 2D yang menjadi model awal pengukuran VLF-EM. Pada lintasan 2 VLF-EM juga berpotongan dengan ujung VLF-EM lintasan 1 dan memiliki kecocokan rentang resistivitas yang tinggi. Garis putus putus hitam diindikasikan sebagai



Gambar 11. Korelasi model Geolistrik 2D dengan VLF-EM

kelurusan nilai resistivitas antara lintasan 1 VLF-EM dengan lintasan 2 VLF-EM, terdapat hubungan nilai resistivitas yang rendah, jika ditarik garis lurus dapat diindikasikan sebagai patahan dengan arah Barat Laut-Tenggara, untuk arah patahan ini sesuai dengan penelitian terdahulu (metode magnetik) dan sesuai dengan arah sesar Lampung Panjang pada peta geologi regional Tanjung Karang. Selanjutnya patahan ditandai dengan garis putus-putus warna kuning berdasarkan nilai kelurusan antara lintasan 1 VLF-EM dengan Lintasan 2 VLF-EM dan terdapat perbedaan nilai resistivitas pada lintasan 2 VLF-EM ditandai dengan warna merah. Untuk arah kedua patahan yaitu Timur Laut-Barat Daya sesuai dengan arah sesar normal pada penelitian terdahulu (metode gravity). Indikasi patahan yang terdapat pada daerah penelitian ini dapat menjadi jalur keluarnya air panas pada daerah Jatimulyo.

KESIMPULAN

Pada penelitian Analisis Metode Geolistrik 2D dan Metode VLF-EM untuk Mendeteksi Jalur

Air Panas Desa Jatimulyo, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan dapat disimpulkan bahwa kedua metode dikorelasikan sehingga terdapat empat jenis litologi batuan pada daerah penelitian, nilai resistivitas $1\Omega\text{m} - 22\Omega\text{m}$ merupakan lempung tufan, nilai resistivitas $23\Omega\text{m} - 80\Omega\text{m}$ merupakan pasir tufan, nilai resistivitas $23\Omega\text{m} - 310\Omega\text{m}$ merupakan top soil, dan nilai resistivitas $81\Omega\text{m} - 688\Omega\text{m}$ merupakan batuan beku. Pada hasil pemodelan terdapat patahan dengan arah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya yang menjadi jalur keluarnya air panas ke permukaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Andri Paembonan sebagai pembimbing 1, Bapak Risky Martin Antosia sebagai pembimbing 2, dan Ibu Selvi Minsna Irawati sebagai dosen pengampu kelas geofisika geothermal sehingga akuisisi data ini dapat dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bosch, F.P. dan Muller, I. (2001). Continuous Gradient VLF Measurements: A New Possibility For High Resolution Mapping Of Karst Structure. *First Break*, 19(6), hal.343-350. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2397.2001.00173.x>
- Grandis, H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Jakarta: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Ismail, N. (2022). *Geofisika Arkeologi*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Loke, M.H. (2004). Tutorial : 2-D and 3-D electrical imaging surveys. Diakses melalui www.geotomosoft.com
- Mangga, A.S., 1994. *Peta Geologi Lembar Tanjungkarang, skala 1:25000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Mawuntu, C., 2020. Peran Aktor Non-Negara Dalam Mengkapitalisasi Isu Ring of Fire sebagai Nation Branding Indonesia. *Jurnal Administro*, 2(1), hal.23-28. DOI: <https://doi.org/10.53682/administro.v2i1.1675>
- Mudiarto, A., Supriyadi, Sugiyanto, 2013. Pemodelan Fisik Untuk Monitoring Kebocoran Pipa Air Dengan Metode Geolistrik. *Unnes Physics Journal*, 1(1), hal.1-6.
- Mustofa, Y., Rasada. D.A., Dahlila, D., Maskuri, M.F., Noorie, M.R.A., Irawati, S.M., dan Paembonan, A.Y., 2023. Identification of Hot Fluid Pathways in Jatimulyo Village, South Lampung Using Magnetic Method. *Gravitasi*, 22(1), hal.9-15. DOI: <https://doi.org/10.22487/gravitasi.v22i1.16049>
- Oloani, O.A., 2022. *Analisa Perbandingan Konfigurasi Wenner Alpha dan Wenner Schlumberger dengan Metode Geolistrik Resistivitas*. Skripsi Sarjana. Tidak dipublikasikan. Institut Teknologi Sumatera.
- Rizka dan Setiawan, S., 2019. Investigasi Lapisan Akuifer Berdasarkan Data Vertical Electrical s (VES) Dan Data Electrical Logging;Studi Kasus Kampus Itera. *Bulletin Of Scientific Contribution : Geology*, 17(2), hal.91-100. DOI: <https://doi.org/10.24198/bsc%20geology.v17i2.22393>
- Sasaki Y., 1989. Two-dimensional joint inversion of magnetotelluric and dipole-dipole resistivity data. *Geophysics*, 54, hal.254-262. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1442649>
- Siringoringo, L.P., Paembonan, A.Y., Rahmanda, V., 2021. Fault Reassessment in Way Huwi Area, South Lampung using Gravity Method. *Jurnal Geofisika*, 19(1), hal.36-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.36435/jgf.v19i1.492>
- Sumigar, M., Alfrits, K., dan Marianus. (2020). Analisis Densitas Kelurusan dan Hubungannya dengan Discharge Area di Daerah Gunung Tampusu dan Sekitarnya. *Jurnal FisTa*, 1(2), hal.61-66. DOI: <https://doi.org/10.53682/fista.v1i2.92>
- Vebrianto, S. (2016). *Eksplorasi Metode Geolistrik: Resistivitas, Polarisasi Terinduksi, dan Potensial Diri*. Malang: UB Press.
- Yadi, K., Warnana, D.D., Rochman, J.G.N.R, Sutra, N., Soemitro, R.A.A (2017). Interpretasi Filter Fraser dan Karous-Hjelt Pada Data VLF-EM Untuk Mengidentifikasi Air Lindi di Area TPA Ngipik. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). DOI: [10.12962/j23373539.v6i2.24356](https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24356)