

Estimasi Sistem Perlapisan pada Blok-A Area Panas Bumi Lainea Konawe Selatan Menggunakan *Vertical Electrical Sounding* (Ves) Konfigurasi *Schlumberger*

Estimation of The Layering System in Block-A of The Lainea South Konawe Geothermal Area using The Method Vertical Electrical Sounding (VES) Configuration Schlumberger

Syafira Mpuhu¹, Jahmhir Safani^{2*}, Syamsul Razak Haraty³

¹ Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

Article history:

Received: 22 April 2024

Accepted: 20 Agustus 2025

Keywords:

Geothermal layer system,
VES,
Schlumberger
configuration.

Correspondent author:

jahmhir.safani@uho.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi sistem perlapisan pada area Panas Bumi Lainea di Kabupaten Konawe Selatan. Data resistivitas semu yang diperoleh dari Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) yang diukur pada tahun 2010 dengan menggunakan konfigurasi *Schlumberger*, diinversi dengan metode *particle swarm optimization* (PSO). Dari hasil inversi data pada kedua titik *sounding* diperoleh bahwa terdapat lima lapisan dengan rentang resistivitas yang berbeda-beda. Lapisan pertama berupa tanah penutup yang tipis di dekat permukaan dengan ketebalan 0.5 – 0.7 m. Lapisan kedua diduga sebagai batuan konglomerat. Lapisan ketiga dengan litologi meta-batupasir diinterpretasi sebagai *cap-rock* dengan rentang nilai resistivitas $126.3 < \rho < 366 \Omega m$. Lapisan keempat dengan litologi batupasir diduga erat sebagai zona terakumulasinya fluida dengan rentang nilai resistivitas $45.4 < \rho < 69 \Omega m$. Lapisan paling bawah dengan rentang nilai resistivitas $261 < \rho < 500 \Omega m$ diinterpretasi sebagai batuan metamorf yang diduga berperan sebagai lapisan impermeabel.

Abstract. This research aims to estimate the layering system in the Lainea Geothermal area in South Konawe Regency. The apparent resistivity data obtained from the Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) measured in 2010 using the *Schlumberger* configuration was inversed with the *particle swarm optimization* (PSO) method. From the results of data inversion at both sounding points, it was found that there are five layers with different resistivity ranges. The first layer is a thin overburden near the surface with a thickness of 0.5 - 0.7m. The second layer is thought to be conglomerate

rock. The third layer with meta-sandstone lithology is interpreted as cap-rock with a resistivity value range of $126.3 < \rho < 366 \Omega m$. The fourth layer with sandstone lithology is closely suspected as a fluid accumulation zone with a resistivity value range of $45.4 < \rho < 69 \Omega m$. The lowest layer with a resistivity value range of $261 < \rho < 500 \Omega m$ is interpreted as metamorphic rock which is thought to act as an impermeable layer.

© 2025 JRGI (Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia)

1. PENDAHULUAN

Di pulau Sulawesi potensi panas bumi (*geothermal*) terbentuk dari adanya proses geologi berupa vulkanisme dan tektonik (Jamaluddin & Umar, 2017). Daerah Sulawesi bagian Tenggara memiliki potensi panas bumi yang tersebar dari daratan Sulawesi dan Pulau Buton yang berasosiasi dengan lingkungan non-vulkanik berupa mata air panas tipe bikarbonat, yang mengalami pencampuran dengan air permukaan yang pembentukannya terjadi pada lingkungan batu sedimen. Sistem panas bumi pada daratan Sulawesi bagian Tenggara lebih dipengaruhi oleh adanya pengaruh gabungan dari pengaruh pola struktur geologi dan sisa panas dari aktivitas magmatik, yang kebanyakan muncul pada lingkungan metamorf dan sedimen (Raivel & Firman, 2020). Salah satu daerah dengan potensi panas bumi di daerah Sulawesi bagian tenggara yaitu area Panas Bumi Laine yang terletak di Kabupaten Konawe Selatan. Manifestasi yang muncul di daerah ini berupa mata air panas di beberapa tempat dengan suhu 48-80 °C dan batuan teralterasi (Zarkasyi & Widodo, 2014).

Sebagai daerah yang terindikasi memiliki potensi panas bumi maka diperlukan suatu

studi dengan metode ilmiah. Di samping penelitian yang mengkaji geologi, diperlukan pula studi-studi bidang lain seperti geofisika. Survei geofisika bertujuan untuk memberikan gambaran sifat fisik batuan bawah permukaan dari daerah akibat sistem panas bumi. Survei pendahuluan yang dilakukan umumnya adalah metode resistivitas konfigurasi *Schlumberger*. Metode ini juga dapat dimanfaatkan secara efektif untuk mengestimasi komponen sistem panas bumi (Ramadhan dkk., 2022).

Dengan memanfaatkan metode ini, penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh informasi dari mengkarakterisasi komponen sistem perlapisan panas bumi pada daerah penelitian

2. TINJAUAN PUSTAKA

Daerah Panas Bumi Lainea masuk pada lingkungan metamorf mandala Buton-Tukang besi dengan batuan tertua berumur Trias terbentuk di daerah ini. Aktivitas tektonik memicu terbentuk sesar Boro-boro oleh lempeng Australia bergerak ke utara menghasilkan tumbukan dengan Sulawesi bagian barat. Menciptakan cekungan yang diisi dengan satuan batupasir non-karbonat dan batupasir gampingan di bagian utara. Saat proses eksogen satuan metamorf juga satuan

batupasir menghasilkan sedimentasi (PSDG, 2010).

Berdasarkan hasil pemetaan geologi daerah Panas Bumi Lainya oleh PSDG 2010 lokasi penelitian dibedakan menjadi tujuh satuan batuan dari batuan tua ke muda yaitu, satuan batuan metamorf (Trm), satuan batuan meta-batugamping (Tmbg), satuan meta-batupasir (Trmbp), satuan batupasir non-karbonat (Tbpn), satuan batupasir-gampingan (Tbpg), satuan konglomerat (Qkg) dan endapan alluvium (Qa) (Rusdianto dkk, 2011). Di daerah penelitian dijumpai beberapa kelompok manifestasi, yang terdiri dari mata air panas dan batuan ubahan. Batuan yang dijumpai pada beberapa kelompok manifestasi berupa batuan konglomerat, batugamping dan batupasir.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertempat di area Panas Bumi Lainya, Kecamatan Konawe Selatan. Penelitian ini menggunakan metode resistivitas konfigurasi *Schlumberger*.

3.1. Vertical Electrical Sounding (VES)

Vertical Electrical Sounding (VES) merupakan cara pengukuran yang dilakukan pada metode resistivitas. Pengukuran ini merupakan pengukuran satu dimensi dengan tujuan untuk mengetahui variasi nilai resistivitas secara vertikal dengan cara mengubah jarak elektroda mulai dengan jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual pada suatu titik *sounding*. Jarak antar elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang akan dideteksi. Semakin besar jarak

elektroda maka makin dalam lapisan batuan yang dapat diselidiki.

Dalam pengukuran metode geolistrik resistivitas didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Namun pada kenyataannya, bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga perandaian sifat homogen tidak terpenuhi. Adanya perbedaan nilai resistivitas teoritis menyebabkan nilai resistivitas terukur bukanlah nilai resistivitas sebenarnya atau dikenal sebagai resistivitas semu.

Dalam proses pengolahan data untuk menghitung nilai tahanan jenis semu (ρ_a) nilai faktor geometri terlebih ditentukan. Setelah memperoleh nilai faktor geometri selanjutnya menghitung nilai tahanan jenis dengan menggunakan persamaan:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

3.2. Konfigurasi *Schlumberger*

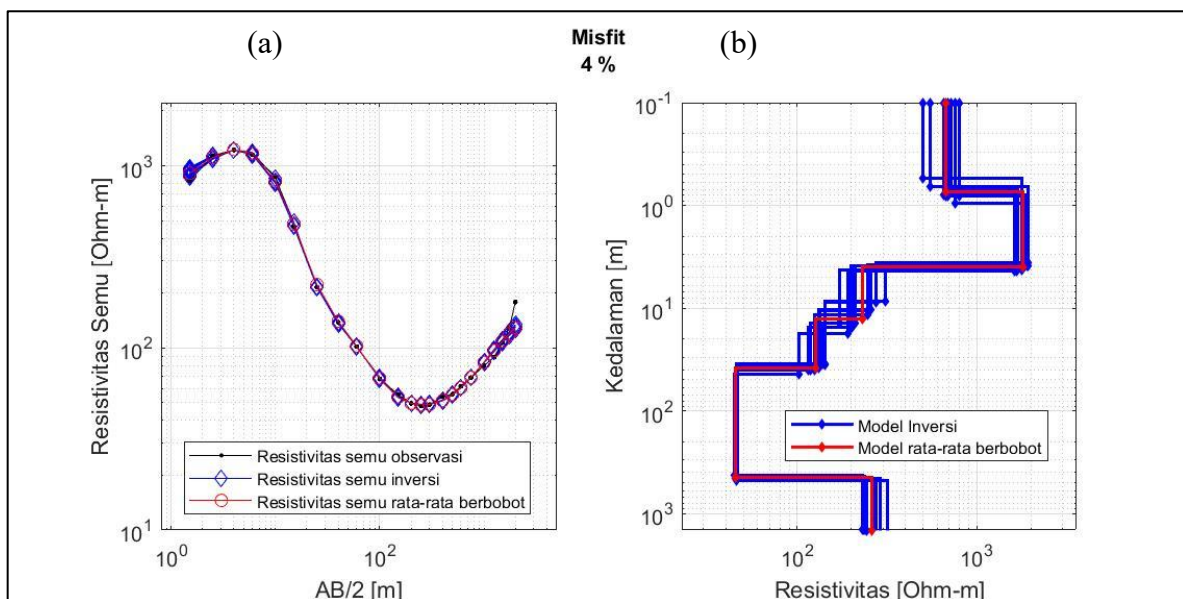
Konfigurasi ini bertujuan mencatat gradient potensial atau intensitas medan listrik dengan menggunakan pasangan elektroda *detector* (potensial) yang berjarak relatif dekat dibanding dengan jarak elektroda arus. Elektroda potensial ditempatkan pada pertengahan elektroda arus. Elektroda arus dipindah-pindah sesuai jarak tertentu sampai hasil beda potensial sudah dianggap kecil. Untuk menghitung nilai resistivitas semu nilai faktor geometri (K) disesuaikan dengan konfigurasi yang digunakan. Untuk menghitung faktor geometri dalam konfigurasi *Schlumberger* ditentukan melalui persamaan berikut:

$$K_s = \pi \left(\frac{a^2 - b^2}{2b} \right) \quad (2)$$

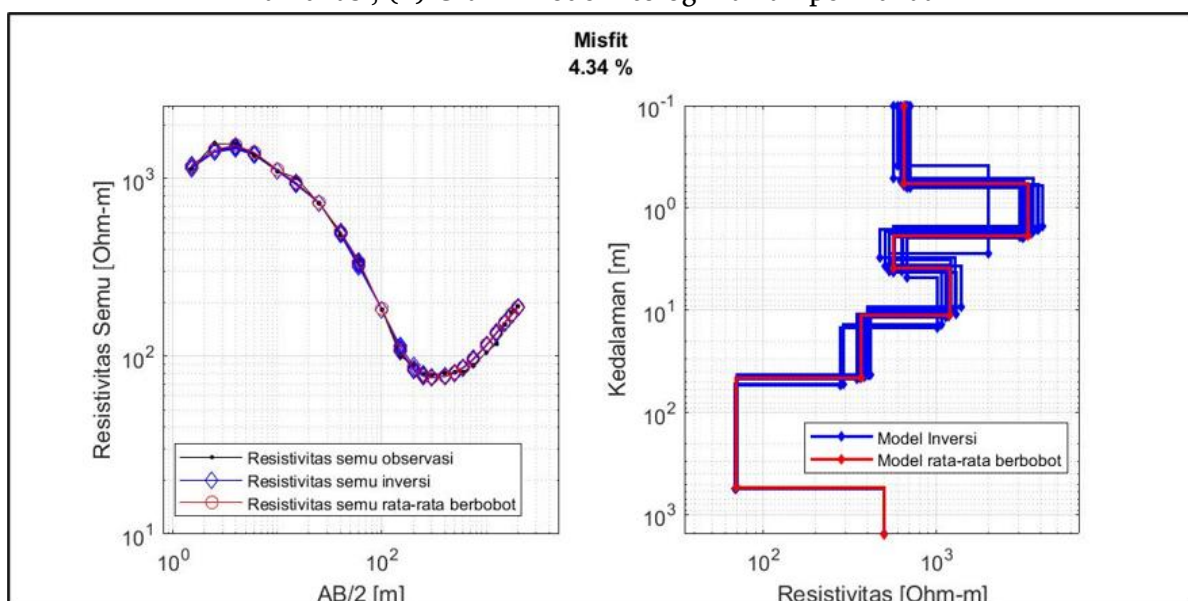
Nilai tahanan jenis semu (ρ_a) selanjutnya diolah dengan melakukan metode inversi dengan menggunakan *software* MATLAB. Inversi dilakukan dengan menginput nilai $AB/2$ dan resistivitas semu (ρ_a) dan membuat tebakan nilai kedalaman dan nilai resistivitas untuk menghasilkan model 1D resistivitas.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 1-2 dan Gambar 1-2 yaitu tabel interpretasi titik *sounding* dan kurva dan grafik model litologi hasil inversi. Selama proses inversi, model resistivitas observasi dibandingkan dengan model resistivitas hasil inversi. Apabila hasil yang diperoleh berbeda



Gambar 1. Hasil pengolahan data untuk titik *sounding* 1: (a) kurva data observasi dan data kalkulasi, (b) Grafik model litologi bawah permukaan



Gambar 2. Hasil pengolahan data untuk titik sounding 2: (a) kurva data observasi dan data kalkulasi, (b) Grafik model litologi bawah permukaan

Tabel 1 Interpretasi titik *sounding* 1

No	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ωm)	Sistem perlapisan panas bumi	Litologi
1	0.7	0.7	670.4	<i>Surface layer</i>	Tanah penutup
2	3.2	4.0	1795.1	<i>Surface layer</i>	Konglomerat
3	8.6	12.6	230	<i>cap-rock</i>	Meta – batupasir
4	25.5	38.2	126.3	<i>cap-rock</i>	Meta – batupasir
5	410.9	449.1	45.4	reservoar	Batupasir
6	<i>Half space</i>	<i>Half space</i>	261.1	impermeabel	Metamorf

Tabel 2 Interpretasi titik *sounding* 2

No	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ωm)	Sistem perlapisan panas bumi	Litologi
1	0.5	0.57	649	<i>Surface layer</i>	Tanah penutup
2	1.29	1.86	3380	<i>Surface layer</i>	Konglomerat
3	1.9	3.8	568	<i>Surface layer</i>	Konglomerat
4	7.3	11.2	1199	<i>cap-rock</i>	Konglomerat
5	34.7	45.9	366	<i>cap-rock</i>	Meta – batupasir
6	499	545.9	69	reservoar	Batupasir
7	<i>Half space</i>	<i>Half space</i>	500	impermeabel	Metamorf

jauh, maka nilai tebakan resistivitas dan kedalaman diubah hingga memperoleh model kurva yang *matching* untuk menghasilkan nilai optimum dengan nilai RMS *error* sekecil mungkin.

4.1. Titik *sounding* 1

Hasil pengolahan titik *sounding* 1 yang pada Gambar 1 menampilkan 6 lapisan batuan dengan variasi ketebalan dan kedalaman. RMS *error* dari model inversi yang diperoleh sebesar 4% setelah dilakukan 10 kali iterasi yang tersaji dalam Tabel 1.

Interpretasi *cap-rock* diasumsikan berada pada kedalaman 12.6 – 38.2 m sebagai meta-batupasir ditutupi oleh tanah penutup dan konglomerat yang tipis di dekat permukaan. Lapisan bawah diasumsikan batupasir dengan permeabilitas tinggi ditandai dengan penurunan nilai resistivitas batuan. Lapisan ini diduga berkaitan dengan sistem hidrotermal/zona terakumulasinya fluida. Di bawah lapisan ini diinterpretasi sebagai batuan metamorf yang diduga sebagai batuan impermeabel.

4.2. Titik *sounding* 2

Hasil pengolahan titik *sounding* 2 memperoleh nilai RMS *error* sebesar 4.34 % dari proses inversi sebanyak 10 kali iterasi. Dari Gambar 2 memperlihatkan 7 lapisan dengan rentang resistivitas 69-1199 Ωm , variasi ketebalan dan kedalaman berbeda-beda di setiap lapisan yang disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan tabel interpretasi, lapisan penutup yang tipis dijumpai berada dekat permukaan. Batuan konglomerat cukup tebal mulai dari 1.29-7.3 m. Lapisan konglomerat pada kedalaman 11.2 diduga sebagai *cap-rock*.

Lapisan di bawahnya diinterpretasi sebagai meta-batupasir yang diduga sebagai *cap-rock*. Lapisan berikutnya memiliki kontras nilai resistivitas yang lebih rendah diinterpretasi batupasir yang diduga berperan reservoir. Lapisan bawah merupakan lapisan impermeabel yang diinterpretasi sebagai batuan metamorf.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sebaran nilai resistivitas 1D memiliki lapisan litologi yang terdiri atas tanah penutup, konglomerat, meta-batupasir, batupasir, batu metamorf. *Cap-rock* diduga sebagai konglomerat dan meta-batupasir. Reservoir dengan nilai resistivitas yang rendah diduga sebagai batupasir. Sementara batuan metamorf berperan sebagai lapisan impermeabel.

DAFTAR PUSTAKA (REFERENCE)

- Alisafa, L. O. (2018). Studi Potensi Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) di Desa Kaindi Kecamatan Lainya Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Fokus Elektroda*, 3(4)
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Kecamatan Lainya Dalam Angka 2021*: BPS Konawe Selatan
- Basid, A., Andriani, N., & Arfiyaningsih, S. (2014). Pendugaan Reservoir Sistem Panas Bumi Dengan Menggunakan Survey Geolistrik, Resistivitas Dan Self Potensial (Studi Kasus: Daerah Manifestasi Panas Bumi di Desa Lombang, Kecamatan Batang-Batang, Sumenep). *Jurnal Neutrino*, 7(1), 57. <https://doi.org/10.18860/neu.v7i1.26>

40

- BMonyoeg, A. A., Sasmito, B., Firdaus, H. S. (2019). Analisis Potensi Panas Bumi Menggunakan Citra Aster Level 1 Tahun 2015 (Studi Kasus Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(2)
- Demulawa, M. & Kobi, W. (2019). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan di Daerah Panas Bumi Desa Pancuran Kecamatan Suwawa Selatan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger. *Jambura Physics Journal* 1(2)
- Farduwin, A. F., Antosia, R.M., Putri, I. A., Santoso, N. A., Selvi. (2021). Inversi Data Geolistrik Menggunakan Particle Swarm Optimization: Studi Kasus Desa Gayau. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 7(2)
- Febriani, R., Juandi, M., Islami, N. (2020). Interpretasi Energi Panas Bumi Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole di Desa Pawa, Kabupaten Rokan Hulu. *J. Aceh Phys. Soc.*, 9(2)
- Firmansyah, A. (2007). Dasar-dasar Pemrograman Matlab. *IlmuKomputer.com*
- Grandis, H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Mahasiswa Ahli Geofisika Indonesia
- Herditomo, Sunaryo, Naba, A. (2014). Penerapan Metode Hybrid Fuzzy C-Means dan Particle Swarm Optimization (FCM-PSO) untuk Segmentasi Citra Geografis. *Jurnal EECCIS*(8)1
- Hisyam, F. (2021). *Metode Geolistrik terhadap Panas Bumi*. Universitas Negeri Gorontalo
<https://geologi.esdm.go.id>
<https://geothermaleducation.org>
- Indarto, M. bima, Mochamad Rafli Azis, & Muhamad Bima Indarto. (2022). Eksplorasi Panas Bumi Dengan Metode Geolistrik. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 11(1), 23–26.
- Jamaluddin., & Umar, E. P. (2017). Karakteristik Fisik Dan Kimia Mata air Panas Daerah Barasanga Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geoelebes*, 1(2), 62.
- Kusuma, W. B. (2017) Penggunaan Metode Resistivitas Dalam Pemantauan Tanah Urugan. *Forum Teknologi*(7) 1
- Loke, M.H. (1999). *Electric imaging surveys for environmental and engineering studies*, a practical guide to 2D and 3D surveys
- Manrulu, R.H., Nurfalaq, A., Hamid, I.D. (2018). Pendugaan Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger di Kampus 2 Universitas Cokroaminoto Palopo. *Jurnal Fisika Flux* 15(1)
- Mualifah, F. (2009). Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur Resistivitas Tanah. *Jurnal Neutrino* 2(1)
- Prameswari, W.F., Bahri, A. S., Parnadi, W. (2012). Analisa Resistivitas Batuan dengan Menggunakan Parameter Dar Zarrouk dan Konsep Anisotropi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1)
- Priambodo. (2017). Pendugaan Sebaran Air Payau dengan Tomografi Geolistrik di

- Pulau Karimunjawa Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Nasional* 12(1)
- Pusat Sumber Daya Geologi. (2010). *Laporan Akhir Survei Geofisika Terpadu Gaya Berat, Geomagnet, dan Geolistrik Daerah Panas Bumi Lainya Kabupaten Konawe Selatan Sulawesi Tenggara*, Bandung : Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Putriutami, E. S., Harmoko, U., Widada, S. (2014). Interpretasi Lapisan Bawah Permukaan di Area Panas Bumi Gunung Telomoyo, Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger. *Youngster Physics Journal*, 3(2)
- Raivel, R., & Firman, F. (2020). Geologi dan Panas Bumi Daerah Permandian Air Panas Mangolo Kabupaten Kolaka , Sulawesi Tenggara. *JURNAL GEOMining Teknik Pertambangan Unkhair*, 1(2), 49–62.
- Ramadhan, R., Azis, M. R., Indarto, M. B. (2022) Eksplorasi panas bumi dengan menggunakan metode Geolistrik. *Jurnal Petro* 2022, XI (1)
- Risdianto, D., Munandar, A., Sriwidodo, Prasetya, H., (2011). Survei Aliran Panas Daerah Panas Bumi Lainya, Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara, Badan Geologi, Pusat Sumberdaya Geologi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral
- Saputra, F., Baskoro, S.A., Supriyadi, Priyantari, N. (2020). Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Wenner-Schlumberger Pada Daerah Mata Air Panas Kali Sengon di Desa Blawan -Ijen. *BERKALA SAINSTEK VII*(1)
- Sidarto & Zakaria, Z. (2015). Aktifitas Tektonik di Sulawesi dan Sekitarnya Sejak Mesozoikum Hingga Kini Sebagai Akibat Interaksi Aktifitas Tektonik Lempeng Tektonik Utama di Sekitarnya. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* 16(3)
- Surono.(2013).*Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*. Pusat Badan Geologi:Bandung
- Timotius, Putra, Y. S., Lapanoro, B. (2014) Identifikasi Keretakan Beton Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas.*PRIMA FISIKA II*(3)
- Zarkasyi, Ahmad & Widodo, Sri. (2014). Survei Magnetotellurik (MT) dan Time Domain Electro Magnetic (TDEM) Daerah Panas Bumi Lainya, Provinsi Sulawesi Tenggara.
- Wijaya, A. S. (2015). Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55)