

	Bulletin of Scientific Contribution GEOLOGY Fakultas Teknik Geologi UNIVERSITAS PADJADJARAN homepage: http://jurnal.unpad.ac.id/bsc p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X	 Volume 19, No.3 Desember 2021
---	---	--

INTEGRASI METODE GEOSAINS UNTUK MENGIDENTIFIKASI POTENSI GEOWISATA DI PANTAI WARTAWAN

Rizka¹, Rahmat Fadhilah², Beta Arroma Piskora¹, Arvico Putraloka¹, Aviv Alansyah¹, Kris Hamonongan Parulian
David¹, Rizka Wulandari¹

¹Geophysical Engineering, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia
rizka@tg.itera.ac.id

²Mining Engineering, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

ABSTRACT

Wartawan Beach is located in Way Muli, South Lampung. Wartawan Beach has geo-tourism potential because the place has unique and beautiful. To identify the geo-tourism potential found in Wartawan Beach, geoscience integration was carried out to describe outcrops, to analysis water quality based on physico-chemical parameters, and to analysis subsurface models from the results of Electrical Resistivity Tomography. Based on the rock outcrops in Wartawan Beach, it was found sedimentary mudrocks, volcanic igneous rocks, and volcanic igneous rocks that have carbonate minerals. The presence of this carbonate mineral is suspected to be a pyroclastic deposit that may have been carried away by the tsunami. Wartawan Beach has hot water manifestations and groundwater aquifers. Based on the water quality analysis at AP-1, AP-2, and AS, it was obtained that the pH was close to neutral (pH 7-8.7), the TDS and conductivity values at AP-1, AP-2, and AS were classified as freshwater. The salinity values of AP-1 and AP-2 were classified as brackish water, while groundwater wells were classified as freshwater. The identification of hot water was carried out using Electrical Resistivity Tomography, where there is a low resistivity value (0.7-3.5 .m) and it is defined as a hydrothermal zone. Hydrothermal systems emerge from subsurface due to fractures.

Keywords: *geo-tourism, hot water, Electrical Resistivity Tomography*

ABSTRAK

Pantai Wartawan terletak di Way Muli, Lampung Selatan. Pantai Wartawan memiliki potensi geowisata karena tempatnya memiliki keunikan dan pemandangan yang indah. Untuk mengidentifikasi potensi geowisata yang terdapat di Pulau Wartawan, dilakukan integrasi geosains untuk mendeskripsikan singkapan, menganalisis kualitas air berdasarkan parameter fisika-kimia, dan menganalisis model bawah permukaan dari hasil *Electrical Resistivity Tomography*. Berdasarkan singkapan batuan di Pantai Wartawan ditemukan adanya sedimen batuan lumpur, batuan beku vulkanik, dan beku vulkanik yang memiliki mineral karbonatan. Adanya mineral karbonatan ini diduga merupakan endapan piroklastik yang kemungkinan terbawa oleh tsunami. Pantai Wartawan memiliki manifestasi air panas dan akuifer air tanah. Berdasarkan analisis kualitas air menggunakan parameter fisika-kimia pada titik AP-1, AP-2, dan AS diperoleh pH yang mendekati netral (pH 7-8,7), nilai TDS dan konduktivitas pada sampel titik AP-1, AP-2, dan AS tergolong air tawar. Nilai salinitas air AP-1 dan AP-2 diklasifikasikan sebagai air payau, sedangkan sumur air tanah diklasifikasikan sebagai air tawar. Identifikasi manifestasi air panas dilakukan dengan menggunakan *Electrical Resistivity Tomography*, dimana terdapat nilai resistivitas yang rendah (0,7-3,5 Ω.m) dan diartikan sebagai zona hidrotermal. Sistem hidrotermal muncul dari bawah permukaan karena rekahan.

Kata kunci: *geowisata, air panas, geosains, Electrical Resistivity Tomography*

PENDAHULUAN

Geowisata merupakan salah satu bentuk wisata alam yang secara khusus fokus pada geologi dan bentang alam. Geowisata mempromosikan pariwisata geosite dan konservasi keanekaragaman geografis dan pemahaman ilmu kebumihutan. Hal ini dicapai melalui kunjungan ke lokasi situs geologi, menggunakan geo-trail, dan pemandu tour (Newsome dan Dowling, 2010). Sedangkan menurut (Hermawan dan Brahmanto, 2017) geowisata adalah kegiatan wisata alam yang berkelanjutan dengan fokus utama pada geologi permukaan bumi untuk mendorong pemahaman tentang lingkungan dan budaya, apresiasi, dan konservasi serta kearifan lokal. Menurut (Dowling, 2013) terdapat tiga prinsip utama yang menjadi pertimbangan penting untuk produk geowisata, yaitu berbasis geologis (berdasarkan *geo-heritage* bumi), berkelanjutan (yaitu layak secara ekonomi, meningkatkan komunitas dan mendorong pelestarian geo-konservasi); dan pendidikan (dicapai melalui interpretasi geografis).

Sesuai dengan definisi geowisata sebelumnya, salah satu lokasi yang memiliki potensi geowisata adalah Pantai Wartawan. Menurut cerita warga sekitar, dinamakan Pantai Wartawan karena sebelumnya pantai ini dikelola oleh warga yang berprofesi sebagai wartawan. Pantai Wartawan terletak di Way Muli, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan. Pantai Wartawan terletak di seberang Gunung Krakatau dan jarak antara Pantai Wartawan dengan Gunung Krakatau sekitar 37,3 km.

Daya tarik utama Pantai Wartawan berupa air panas yang terletak di tepi pantai. Keberadaan air panas di pantai ini merupakan salah satu keunikan Pantai Wartawan yang menarik wisatawan untuk mengunjunginya. Sayangnya, bagaimana kisah peristiwa alam dari Pantai Wartawan belum banyak dipelajari sebelumnya. Rasimeng (2008) telah melakukan studi menggunakan metode magnetik dan mendapatkan hasil berupa peta anomali medan magnet total, dimana terdapat manifestasi di sekitar Gunung Rajabasa yang disebabkan oleh sesar yang cukup besar, salah satu manifestasi panasnya terdapat di Pantai Wartawan. Selanjutnya, Patantis, dkk (2018) melakukan studi bahwa Pantai Wartawan memiliki keragaman bakteri mikroba dari sumber air panas dengan keragaman gen hidrogenase (NiFe) dan hidrogenase (FeFe) yang menunjukkan bahwa Cyanobacteria secara khusus berasosiasi dengan NiFe, sedangkan Firmicutes berasosiasi dengan FeFe. Gen hidrogenase yang terdeteksi menunjukkan bahwa lapisan mikroba pada mata air panas di Pantai Wartawan merupakan sumber yang

menjanjikan untuk isolasi hidrogenase dan dapat diterapkan lebih lanjut untuk produksi biohidrogen sebagai energi terbarukan.

Berdasarkan pengetahuan *state of the art* dan belum adanya penelitian lebih lanjut mengenai studi geowisata di Pantai Wartawan, maka dilakukan penelitian geosains lebih lanjut di Pantai Wartawan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui deskripsi singkapan yang terdapat di tepi pantai, mengetahui gambaran geologi bawah permukaan, dan menganalisis kualitas air di Pantai Wartawan menggunakan integrasi metode geosains. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah petrografi *thin sections* untuk menganalisis kenampakan mineral mikroskopis dari singkapan, parameter fisika kimia untuk menganalisis kualitas air, dan *electrical resistivity tomography* (ERT) untuk mengidentifikasi geologi bawah permukaan. Penelitian serupa dilakukan oleh (Hochstein dkk., 1996) dengan mengidentifikasi manifestasi mata air panas di Semenanjung Coromandel, Selandia Baru menggunakan metode hidro-geokimia dan geolistrik, (Malengreau dkk., 2000) melakukan karakterisasi geofisika struktur vulkanik silikat besar di Semenanjung Coromandel, Selandia Baru dan (Hermans dkk., 2014) untuk memantau perubahan suhu di sistem panas bumi entalpi rendah dangkal menggunakan metode geolistrik. Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian yang serupa dengan sebelumnya. Harapannya dapat memberikan informasi tentang peristiwa geologi Pantai Wartawan yang nantinya dapat memberikan pengetahuan bagi masyarakat dan pemerintah daerah untuk melestarikan warisan bumi.

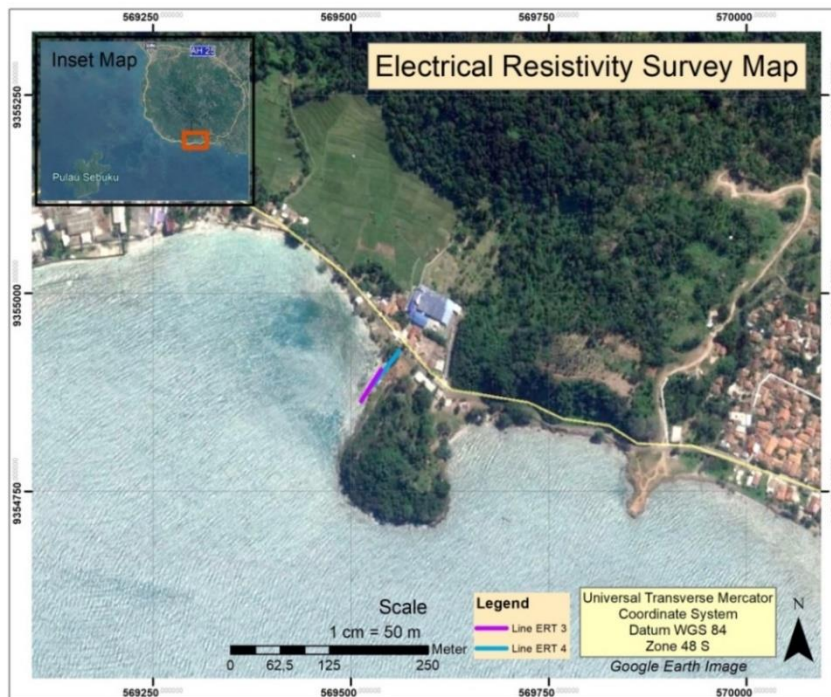
DATA DAN METODOLOGI

DATA

Penelitian geowisata ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sampel singkapan di daerah penelitian. Selanjutnya sampel ini diamati sayatan petrografi untuk menganalisis keberadaan mineral dan fosil.
2. Data *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Jumlah lintasan *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) pada penelitian ini adalah 2 lintasan yang bersambungan pada lintasan ERT 3 dan 4. Lintasan tersebut dibagi menjadi dua lintasan tujuannya untuk mendapatkan penetrasi yang diinginkan. Desain akuisisi *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) adalah konfigurasi Wenner Alpha dengan panjang masing-masing lintasan 45 m dan jarak antar elektroda terkecil (a) adalah 1,5 m.

Desain akuisisi pengukuran ERT dapat dilihat pada Gambar 1.

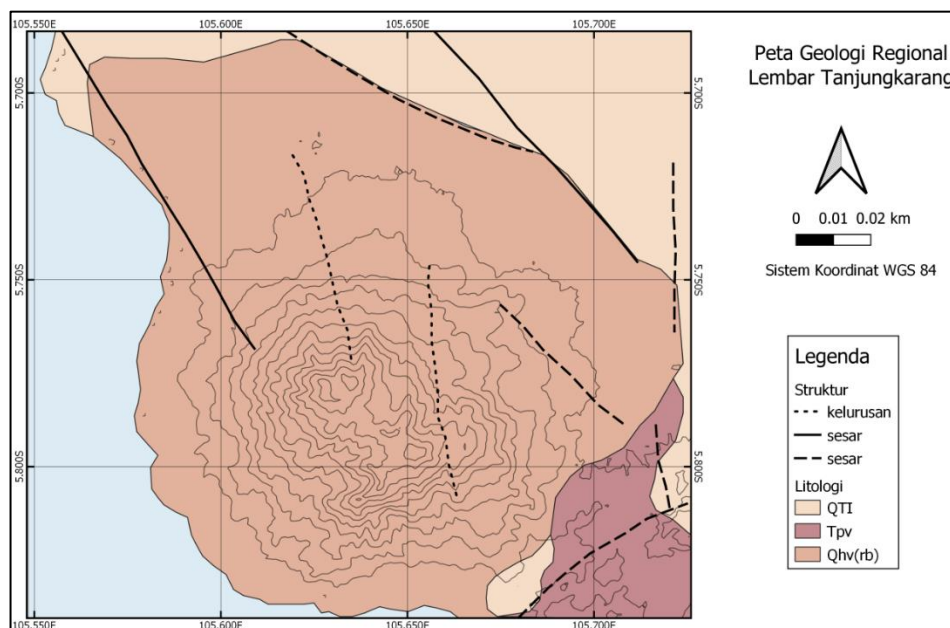


Gambar 1. Desain akuisisi *Electrical Resistivity Tomography* (ERT)

3. Data kualitas air dengan parameter fisika kimia sebagai berikut:

- pH adalah derajat keasaman untuk menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan,
- Salinitas adalah kadar garam dalam volume air,
- Suhu adalah ukuran suhu dalam air,
- Konduktivitas adalah kemampuan fluida untuk menghantarkan listrik,
- Total Dissolved Solids (TDS) adalah jumlah unsur terlarut baik organik maupun anorganik dalam air.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data geologi regional lembar Tanjung Karang (Mangga dkk., 1993) yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan peta geologi regional, Pantai Wartawan terletak pada kompleks Gunung Rajabasa pada endapan Gunung Api Muda Rajabasa (Qhv (rb)) yang terdiri dari lava andesit hingga basal, breksi, dan tuf. Formasi ini berumur Holosen (Kuartar) sehingga berumur muda.



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

METODOLOGI

Secara umum, penelitian ini melalui 4 tahap penelitian. Tahap pertama dengan melakukan studi literatur mengenai kondisi geologi regional daerah penelitian dan konsep geowisata. Tahap kedua dengan melakukan pengumpulan data sekunder berupa peta geologi regional yang digunakan dalam penelitian. Tahap ketiga dengan melakukan survei lapangan terhadap kondisi geologi daerah penelitian yang meliputi pengamatan objek geologi, pengukuran *Electrical Resistivity Tomography* (ERT), dan pengukuran kualitas air. Tahap keempat dengan menganalisis petrografi berdasarkan singkapan batuan dan mengolah data *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) untuk menganalisis model bawah permukaan.

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Metode penelitian kuantitatif dilakukan pada tahapan pembuatan desain penelitian, pengumpulan data, dan analisis data sedangkan metode penelitian kualitatif dilakukan pada tahapan analisis data. Dalam

penerapannya, kedua metode penelitian dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

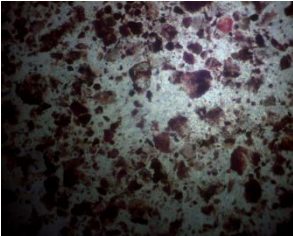
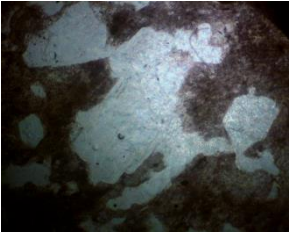
Singkapan dan Deskripsi

Pada tepi Pantai Wartawan ditemukan kenampakan singkapan yang terdiri dari 3 lapisan, yaitu: lapisan 1 merupakan endapan batuan lumpur dengan ketebalan 90 cm, lapisan 2 merupakan batuan beku vulkanik dengan ketebalan 220 cm, lapisan 3 berupa beku vulkanik yang memiliki mineral karbonatan berupa organisme laut berupa karbonat dan cangkang hewan laut dengan ketebalan ketebalan 100 cm (Gambar 3). Berdasarkan banyaknya jumlah karang, cangkang, dan adanya lumpur organik diduga merupakan endapan piroklastik yang terbawa oleh tsunami (?) Pada Tabel 1 dapat diamati mineral berdasarkan sayatan petrografi. Mineral yang ditemukan adalah plagioklas, feldspar, olivin, hornblende, piroksen, opak, kuarsa.



Gambar 3. Profil stratigrafi

Tabel 1. Analisis sayatan petrografi

Batuan	Kedalaman	Deskripsi
Batuan sedimen "mudrock" 	0 – 90 cm	Terdapat struktur masif, tekstur meliputi ukuran butir lempung ($<0,001\text{mm}$), kemas tertutup, bentuk butir membulat tanggung-menyesut tanggung, dan sortasi baik. Terdiri dari mineral kuarsa (5%), feldspar (3%), opak (3%), dan didominasi oleh mineral lempung silika (82%).
Batuan beku vulkanik 	90 – 310 cm	Pada nikol sejajar memiliki warna terang, relief tinggi (<i>Mefic</i>). Terdapat massa dasar afanitik ($<0,1\text{mm-glass}$) bentuk mineral anhedral-subhedral, fenokris (0,03-0,25mm) berupa plagioklas (45%), sanidin (15%), olivin (15%) dan mineral asesoris berupa, glass (10%), kuarsa (5%), hornblende (5%), opak (5%).
Batuan beku vulkanik 	310 – 410 cm	Pada nikol sejajar memiliki warna terang, relief tinggi (<i>Mefic</i>). Terdapat massa dasar afanitik ($<0,1\text{mm-glass}$) bentuk mineral anhedral-subhedral, fenokris (0,01-0,30mm) berupa plagioklas (35%), feldspar (25%), olivine (5%), mineral asesoris berupa piroksen (15%), glass (9%), kuarsa (3%), dan hornblende (8%). Terdapat mineral sekunder berupa karbonatan serta adanya cangkang hewan laut.

Pada penelitian ini diambil sampel air yang terdiri dari dua sampel air panas (AP-1 dan AP-2) dan sampel air tanah (AS) pada sumur yang terletak di Pantai Wartawan. Sampel data

diukur dengan parameter fisika kimia yaitu pH, salinitas, suhu, konduktivitas, dan *Total Dissolved Solids* (TDS). Hasil analisis kualitas air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis kualitas air

No.	Sampel	Lokasi	Parameter Fisika Kimia		Standar WHO
1.	AP-1	<i>Latitude:</i> 5°50'09.0" <i>Longitude:</i> 105°37'40.5"	pH	8.71	6.5 – 8.5
			Temperatur	44 °C	25 °C
			Salinitas	2.4 %	2 - 4.2 %
			Konduktivitas	40 µS/cm	50 – 5000 µS/cm
			<i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	19.9 ppm	500 mg/L
2.	AP-2	<i>Latitude:</i> 5°50'09.8" <i>Longitude:</i> 105°37'40.1"	pH	7.86	6.5 – 8.5
			Salinitas	2.23 %	2 - 4.2 %
			Temperatur	63 °C	25 °C
			Konduktivitas	33.1 µS/cm	50 – 5000 µS/cm
			<i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	16.5 ppm	500 mg/L
3.	AS	<i>Latitude:</i> 5°50'08.7" <i>Longitude:</i> 105°37'41.9"	pH	8.23	6.5 – 8.5
			Salinitas	0.03 %	2 - 4.2 %
			Temperatur	28.9 °C	25 °C
			Konduktivitas	771 µS/cm	50 – 5000 µS/cm
			<i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	385 ppm	500 mg/L

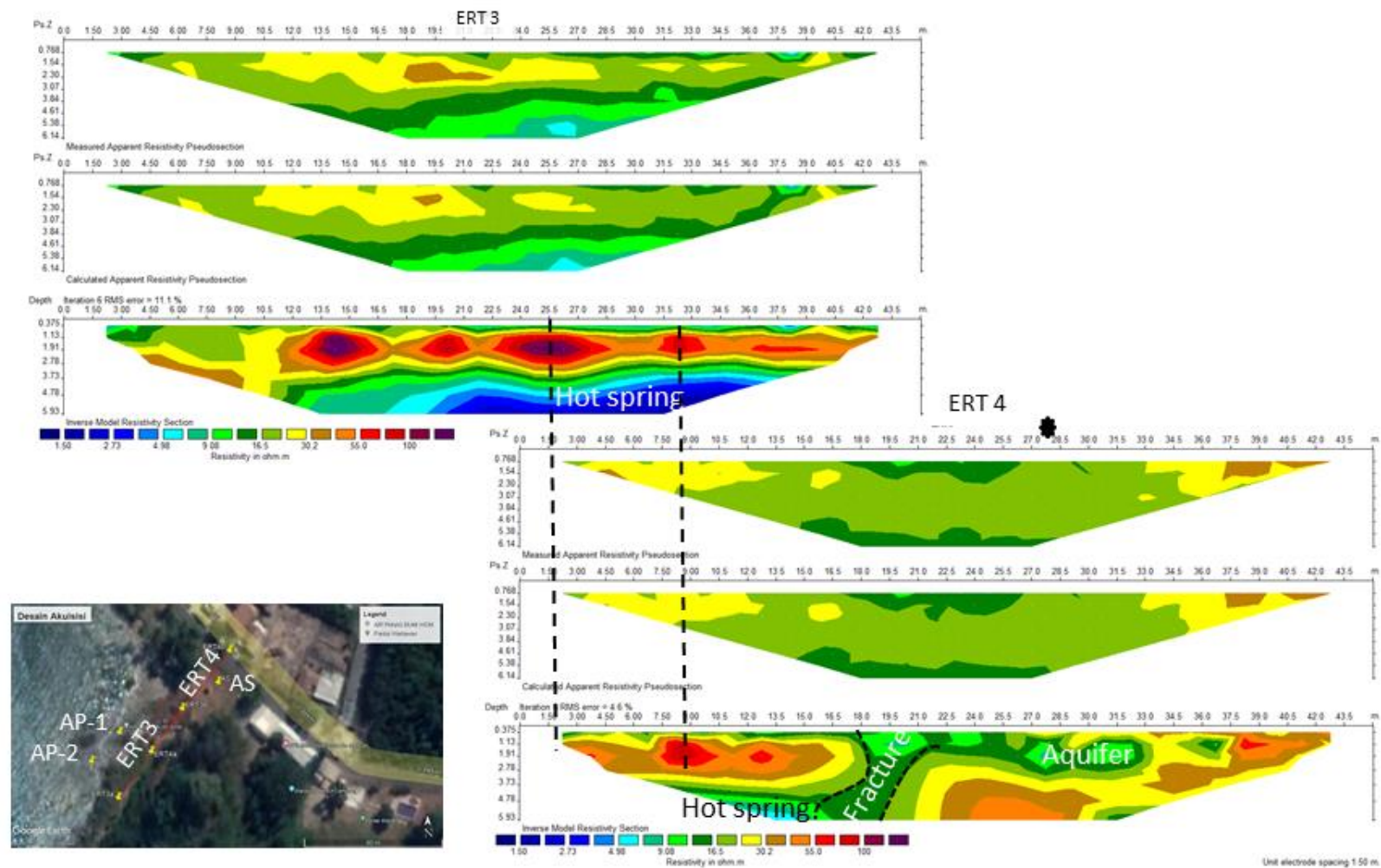
Berdasarkan Tabel 2 dapat dianalisis bahwa nilai pH pada titik AP-1, AP-2, dan AS memiliki nilai yang mendekati netral (pH 6-8). Hal ini dapat mengindikasikan munculnya batuan sedimen yang merupakan hasil kontak antara fluida asam yang berasosiasi dengan sistem panas bumi dengan batuan sedimen, sehingga terjadi penetralan yang membentuk air panas netral (Kusnadi dkk., 2006). PH netral mata air panas terkait dengan jenis batuan di akuifer yang dilaluinya, yaitu batuan sedimen. Nilai TDS dan konduktivitas pada AP-1, AP-2, dan AS diklasifikasikan sebagai air tawar menurut klasifikasi PAHIAA (1986) dalam (Edwin dkk., 2016). Namun jika dilihat dari nilai salinitasnya, AP-1 dan AP-2 adalah air payau,

sedangkan titik AS adalah air tawar. Hal ini berdasarkan lokasi sampel, dimana AP-1 dan AP-2 merupakan air panas yang berada di tepi pantai, sedangkan titik yang baik adalah sumur air tanah yang terletak kurang lebih 30 meter dari tepi pantai. Dapat disimpulkan bahwa air panas di daerah penelitian mungkin bercampur dengan intrusi air laut.

Nilai suhu pada sumur airtanah memiliki nilai minimal 28,9 °C yang merupakan suhu normal. Artinya sumur airtanah merupakan akuifer dengan suhu normal. Nilai suhu AP-2 lebih tinggi dari AP-1 menunjukkan bahwa keberadaan AP-2 lebih dekat dengan sumber panas sedangkan AP-1 menunjukkan bahwa dekat dengan kontak akuifer. Jadi, dapat

disimpulkan bahwa akuifer yang terletak di dekat sumber panas terjadi karena adanya akuifer dan menghasilkan panas di bagian yang *Analisis Electrical Resistivity Tomography (ERT)* Pengukuran *Electrical Resistivity Tomography (ERT)* dilakukan pada 2 lintasan, dimana lintasan ERT 4 bersinggungan dengan lintasan ERT 3 pada titik yang berjarak 25,5 m. Hasil dari model inversi pengolahan *Electrical Resistivity Tomography (ERT)* diperoleh rentang resistivitas adalah 0,7-110 .m (Gambar 4). Secara umum pada ERT 3 terdapat 3 lapisan yaitu lapisan 1 dengan nilai resistivitas 3,5-5 .m yang merupakan batuan sedimen *mudrock*, lapisan 2 dengan nilai resistivitas 30-110 .m yang merupakan batuan beku vulkanik. batuan, dan lapisan 3 dengan nilai resistivitas 0,7- 3,5 .m yang merupakan batuan beku vulkanik yang memiliki mineral sekunder berupa karbonatan. Pada lapisan 3 terdapat sumber mata air panas yang ditandai dengan nilai resistivitas yang rendah. Adanya nilai resistivitas ini diinterpretasikan sebagai zona hidrotermal. Pada ERT 4 terdapat resistivitas dan litologi yang sama dengan ERT 3. Pada ERT 4 terdapat mata air panas dan akuifer. Berdasarkan nilai resistivitasnya, dapat ditunjukkan bahwa manifestasi air panas memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dari suhu air tanah. Kontak antara fluida mata air panas dengan akuifer adalah adanya rekahan. Diduga rekahan tersebut merupakan jalur keluarnya fluida panas dari akuifer. Pada rekahan inilah fluida panas di zona akuifer memiliki celah ke permukaan. Hal ini dibuktikan dengan kondisi di lapangan yaitu ditemukannya sumber mata air panas di Pantai Wartawan yang memiliki kesejajaran dengan rekahan. Berdasarkan geologi, fluida panas bumi yang terdapat pada hidrotermal berasal dari air permukaan yang merembes ke bawah permukaan dan dipanaskan oleh sumber panas. Air akan masuk melalui celah-celah ke dalam batuan yang permeabel. Rekahan batuan dipengaruhi oleh magma yang dangkal sehingga menimbulkan mata air panas. Mata air panas ini akan merambat melalui batuan (secara konduksi) dan fluida (secara konveksi).

relatif kompak, serta menyebabkan air tanah mengalir melalui batas lapisan sehingga muncul mata air.



Gambar 4. Hasil *Electrical Resistivity Tomography* pada lokasi penelitian

Hubungan Resistivitas Dan Temperatur

Hubungan antara resistivitas dan suhu dijelaskan dalam persamaan Dakhnov (1962):

$$\rho_w = \frac{\rho_{wo}}{1 + \alpha(T - T_0)} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan (1) hubungan antara temperatur dan resistivitas adalah ketika temperatur tinggi maka nilai resistivitas akan menurun karena banyaknya ion yang terdisosiasi dalam larutan. Ussher dkk., (2000) menambah penjelasan bahwa batuan merupakan bahan semikonduktor dimana nilai resistivitasnya bergantung pada temperatur secara eksponensial, yaitu jika temperaturnya naik maka nilai resistivitasnya akan menurun dan sebaliknya (persamaan 2):

$$\rho = \rho_0 e^{\varepsilon/RT} \quad (2)$$

Dimana

ε : energi aktivasi (umumnya 0.2 eV pada air dan batuan tersaturasi, bervariasi dengan derajat alterasi)

R : Konstanta Boltzman (0.08617×10^{-4} eV/ $^{\circ}$ K)

T : temperatur ($^{\circ}$ K)

ρ_0 : resistivitas pada *theoretically infinite temperature*

Berdasarkan hasil pengolahan *electrical resistivity tomography* (Gambar 4), terlihat adanya anomali resistivitas rendah dan menengah, dimana anomali resistivitas rendah diduga merupakan sumber panas dan anomali resistivitas menengah adalah akuifer. Hal ini sesuai dengan persamaan 1 dan 2 yang menyatakan bahwa hubungan antara resistivitas dan temperatur berbanding terbalik. Ussher, dkk (2000) menjelaskan bahwa resistivitas yang lebih tinggi ditemukan di bagian sistem yang lebih panas dan berkorelasi dengan beberapa uap yang sebagian besar merupakan reservoir tetapi juga merupakan karakteristik dari sebagian besar reservoir dengan salinitas menengah rendah. Resistivitas rendah di zona ini sering dikaitkan dengan larutan garam panas dari sistem panas bumi.

Berdasarkan kondisi di lapangan, Pantai Wartawan memiliki 2 jenis mata air di sekitar daerah penelitian, yaitu mata air panas dan akuifer air tanah. Mata air panas muncul di pantai sedangkan akuifer air tanah muncul di daratan tidak jauh dari tepi pantai. Kedua jenis mata air tersebut dapat diamati melalui penampang resistivitas listrik (Gambar 4). Kedua mata air tersebut dipisahkan oleh rekahan dan batuan yang memiliki lapisan kedap air.

Pada Gambar 4 juga terlihat bahwa pada lokasi yang terdapat mata air panas menunjukkan penurunan nilai resistivitas yang semakin

menurun dengan bertambahnya kedalaman. Diasumsikan bahwa suhu meningkat perlahan seiring dengan kedalaman reservoir, sehingga dapat dikatakan bahwa struktur resistivitas bawah permukaan di lapangan panas bumi suhu tinggi mencerminkan perubahan hidrotermal. Hal ini sejalan dengan penjelasan (Hersir dan Arnason, 2009) yang menyatakan bahwa struktur resistivitas dalam banyak hal dapat dianggap sebagai "termometer maksimum". Jika perubahan suhu berada dalam kesetimbangan, struktur resistivitas bawah permukaan tidak hanya mencerminkan perubahan tetapi juga suhu yang diharapkan. Jika suhu yang menghasilkan mineralogi alterasi berlaku, maka struktur resistivitas dapat digunakan untuk memprediksi suhu. Tetapi jika pendinginan terjadi, perubahan tetap ada dan begitu juga struktur resistivitas.

KESIMPULAN

1. Pantai Wartawan di Way Muli, Lampung Selatan memiliki potensi geowisata dengan ditemukannya kenampakan geologi di tepi pantai. Di tepi pantai Wartawan ditemukan singkapan yang terdiri dari 3 lapisan, yaitu: lapisan 1 merupakan endapan batuan lumpur (*mudrock*) dengan ketebalan 90 cm, lapisan 2 merupakan batuan beku vulkanik dengan ketebalan 220 cm, lapisan 3 berupa beku vulkanik dengan mineral sekunder berupa karbonatan dengan ketebalan 100 cm. Pada lapisan 3 ditemukan organisme laut berupa karbonat dan cangkang hewan laut. Keberadaan organisme ini diduga merupakan endapan piroklastik yang terbawa tsunami.
2. Pantai Wartawan memiliki keunikan geologi yaitu terdapatnya manifestasi air panas di pantai. Keberadaan mata air panas dapat dianalisis berdasarkan data *Electrical Resistivity Tomography* (ERT), yaitu adanya nilai resistivitas rendah ($0,7-3,5 \Omega.m$) yang diinterpretasikan sebagai zona hidrotermal. Sistem hidrotermal muncul dari bawah permukaan karena rekahan.
3. Berdasarkan analisis kualitas air menggunakan parameter fisika kimia yang dilakukan pada dua sampel mata air panas (AP-1 dan AP-2) dan sumur air tanah (AS) terdapat nilai pH untuk AP-1, AP-2, dan AS mendekati netral (pH 7-8,7). Nilai temperatur pada AP-2 lebih tinggi daripada AP-1 karena AP-2 lebih dekat dengan sumber panas. Nilai TDS dan konduktivitas pada sampel AP-1, mata AP-2, dan sumur AS diklasifikasikan sebagai air tawar. Namun salinitas mata AP-1 dan 2 tergolong air

payau sedangkan sumur airtanah tergolong air tawar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Riset dan Teknologi dengan nomor kontrak 009/SP2H/LT/DRPM/2020 yang telah memberikan dana untuk penelitian ini dan kami juga mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Geofisika atas instrumen resistivitas yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Dowling, R.K., 2013. Global Geotourism – An Emerging Form of Sustainable Tourism. *Czech J. Tour.* 2, 59–79. <https://doi.org/10.2478/cjot-2013-0004>
- Edwin, T., Regia, R.A., Dibba, F., 2016. Indikasi Intrusi Air Laut Dari Konduktivitas Air Tanah Dangkal di Kecamatan Padang Utara, in: Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Lingkungan II. Padang, pp. 152–156.
- Hermans, T., Nguyen, F., Robert, T., Revil, A., 2014. Geophysical methods for monitoring temperature changes in shallow low enthalpy geothermal systems. *Energies* 7, 5083–5118. <https://doi.org/10.3390/en7085083>
- Hermawan, H., Brahanto, E., 2017. GEOWISATA: Perencanaan Pariwisata Berbasis Konsevasi. Penerbit NEM, Pekalongan. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/U3VXB>
- Hersir, G.P., Árnason, K., 2009. Resistivity of rocks. *Short Course IV Explor. Geotherm. Resour.*
- Hochstein, M.P., Ovens, S.A., Bromley, C., 1996. Thermal Springs At Hot Water Beach (Coromandel Peninsula, NZ), in: *Proceedings 18th NZ Geothermal Workshop*. Auckland, pp. 225–229.

- Kusnadi, D., Rezky, Y., Supeno, Raharja, B., 2006. Penyelidikan Geologi dan Geokimia Panas Bumi Daerah Gunung Endut Kabupaten Lebak, Bnaten, in: *Proceeding Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan Dan Non Lapangan Tahun 2006*. Pusat Sumber Daya Geologi, pp. 1–14.
- Malengreau, B., Skinner, D., Bromley, C., Black, P., 2000. Geophysical characterisation of large silicic volcanic structures in the Coromandel Peninsula, New Zealand. *New Zeal. J. Geol. Geophys.* 43, 171–186. <https://doi.org/10.1080/00288306.2000.9514879>
- Mangga, S.A., Amiruddin, Suwarti, T., Gafoer, S., Sidarto, 1993. *Geologi Lembar Tanjung Karang, Sumatera*.
- Newsome, D., Dowling, R.K., 2010. From Geotourism: the tourism of geology and landscape, in: *Geotourism: The Tourism of Geology and Landscape*. Goodfellow Publishers, Oxford. <https://doi.org/10.23912/978-1-906884-09-3-1091>
- Patantis, G., Chasanah, E., Fawzya, Y.N., Qing, H.P., Lei, Z.X., 2018. Bacterial Diversity of a Microbial Mat from Hot Spring at Wartawan Beach, Lampung and Its Potential as a Source of Hydrogenases. *Squalen Bull. Mar. Fish. Postharvest Biotechnol.* 13, 23–33. <https://doi.org/10.15578/squalen.v13i1.323>
- Rasimeng, S., 2008. Analisis Sesar Gunung Rajabasa Lampung Selatan Sebagai Daerah Prospek Geothermal Berdasarkan Data Anomali Medan Magnet Total. *J. Sains MIPA* 14, 67–72.
- Ussher, G., Harvey, C., Johnstone, R., Anderson, E., Zealand, N., 2000. Understanding the resistivities observed in geothermal systems, in: *Proceedings World Geothermal Congress*. Kyushu - Tohoku, pp. 1915–1920.