

Penentuan Lapisan Batuan Bawah Permukaan di Desa Malaka Kabupaten Lombok Utara Menggunakan Metode Geolistrik

Vista Ayu Lestari¹, Hiden¹, Suhayat Minardi^{1*}

¹ Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

* Corresponding author: suhayat.minardi@unram.ac.id

Received: Jan 24, 2023; Accepted: Dec 21, 2023.

DOI: doi.org/10.31764/jpl.v4i2.13356

Abstrak. Desa Malaka merupakan salah satu desa yang mengalami kerusakan berat akibat gempa Lombok yang terjadi pada tahun 2018. Diduga terdapat tanah lunak di Desa Malaka sehingga penelitian mengenai keberadaan lapisan batuan bawah permukaan perlu dilakukan untuk mengetahui lapisan batuan yang berpotensi menimbulkan kerusakan ketika terjadi gempa. Metode geofisika yang digunakan adalah metode geolistrik dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa bentuk lapisan batuan bawah permukaan didominasi oleh lapisan tanah lunak yang terdiri dari tiga lapisan batuan yakni lapisan pertama merupakan batu pasir, lapisan kedua merupakan alluvium, lapisan ketiga merupakan jenis batuan mengandung air asin dan lapisan lempung. Zona lemah yang didominasi lapisan lempung terindikasi sebagai sesar mikro pada lintasan 3, lintasan 4, lintasan 6, lintasan 10, dan lintasan 12 serta memiliki lebar rata-rata 10 meter.

Kata Kunci: gempa bumi, sesar mikro, Wenner-Schlumberger

Abstract. Malaka Village is one of the villages that was heavily damaged by the Lombok earthquake that occurred in 2018. It is suspected that there is soft soil in Malaka Village so that research on the presence of subsurface rock layers needs to be carried out to find out the rock layers that have the potential to cause damage when an earthquake occurs. The geophysical method used is the geoelectric method with the Wenner-Schlumberger configuration. Based on the research results, it was found that the shape of the subsurface rock layers was dominated by soft soil layers consisting of three layers of rock, namely the first layer was sandstone, the second layer was alluvium, the third layer was a type of rock containing salt water and a layer of clay. Weak zones dominated by clay layers are indicated as micro-faults on line 3, line 4, line 6, line 10 and line 12 and have an average width of 10 meters.

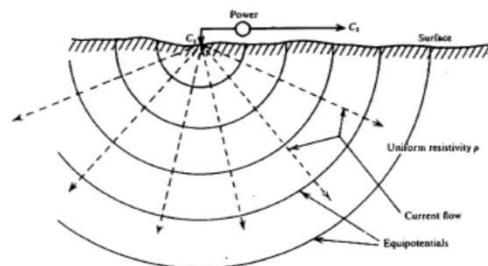
Keywords: earthquake, micro fault, Wenner-Schlumberger

1. Pendahuluan

Pulau Lombok mengalami rangkaian gempa dimulai pada tanggal 29 Juli 2018 (M6.4) sebagai *foreshock*, 05 Agustus 2018 (M7.0) sebagai *mainshock* pertama, 09 Agustus 2018 (M6.2) sebagai *aftershock* signifikan, serta 19 Agustus 2018 yang didahului *foreshock* (M6.3) dan *mainshock* kedua (M6.9) sepuluh jam setelahnya (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2018). Menurut BMKG, gempa bumi yang terjadi pada Minggu, 05 Agustus 2018 pukul 19:45:35 WITA dengan pusat gempa bumi berada pada koordinat 8,37° LS dan 116,48° BT memiliki magnitudo 7,0. Kedalaman titik pusat gempa yaitu 15 km dan berada di laut serta 27 km timur laut Lombok Utara. Gempa susulan cukup besar kembali terjadi pada tanggal 19 Agustus 2018. Pada hari itu terjadi dua kali gempa yang berkekuatan lebih dari 6 SR, yaitu pada pukul 12.00 WITA berkekuatan 6,5 SR dan pukul 22:56 WITA berkekuatan 6,9 SR. Akibat peristiwa gempa bumi tersebut, retakan tanah ditemukan di Kecamatan Pemenang, Tanjung, Gangga, dan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara. Retakan tanah tersebut mengakibatkan kerusakan jalan yaitu di daerah Gangga dan Kayangan, selain itu juga mengakibatkan terjadinya kerusakan rumah penduduk (Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2018).

Berdasarkan data lokasi gempa, sejumlah 10.133 bangunan di Kecamatan Pemenang mengalami kerusakan pasca gempa yang terkategori sebagai rusak ringan, rusak sedang, dan rusak berat. Salah satu desa di Kecamatan Pemenang yang mengalami kerusakan berat di Kabupaten Lombok Utara akibat gempa yang terjadi pada tahun 2018 yakni di Desa Malaka. Di desa ini, hampir semua bangunan mengalami rusak berat hingga roboh (Meidyana, 2018) dengan jumlah kerusakan bangunan sejumlah 47 bangunan. Salah satu faktor penyebab terjadinya kerusakan bangunan akibat gempa adalah kondisi dan jenis tanah yang ada di daerah sekitar. Oleh karena itu, penulis mengambil lokasi penelitian di Desa Malaka untuk melihat keberadaan lapisan bawah permukaannya. Selain itu, menurut Mangga, dkk. (1994), diduga terdapat sesar lokal di Desa Malaka sehingga penelitian mengenai keberadaan lapisan batuan bawah permukaan perlu dilakukan untuk mengetahui jalur persebarannya mengingat area tersebut berada di sekitar pemukiman penduduk, persawahan, dan akses jalan raya. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik. Metode geolistrik dapat digunakan untuk menggambarkan dan menginterpretasikan keberadaan lapisan bawah permukaan. Beberapa studi lapangan mengenai lapisan batuan bawah permukaan dengan metode geolistrik telah dilakukan oleh beberapa peneliti salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Saputra, dkk. (2021) kemudian melakukan pemetaan dan analisis geometri bawah permukaan di Desa Selengen, Kayangan, Lombok Utara. Dari hasil analisis penampang resistivitas 2D, dapat diinterpretasikan tiga jenis lapisan batuan yakni aluvial, endapan vulkanik, dan batu lempung dari Formasi Lekopiko. Lapisan aluvial pada permukaan tanah dengan nilai resistivitas antara (196 – 446) ohm.meter menempati kedalaman hingga 7,5 m, lapisan kedua merupakan endapan vulkanik dengan nilai resistivitas sekitar (446 – 774) ohm.meter dan lapisan ketiga merupakan batuan lempung dengan nilai (113 – 339) ohm.meter. Daerah diskontinuitas memiliki nilai resistivitas rata-rata antara (150 – 440) ohm.meter yang diduga aluvial, abu vulkanik dan lapili. Daerah diskontinuitas diduga sebagai sesar mikro yang membentuk garis melalui rekahan yang tersingkap memanjang ke arah timur laut.

Bila posisi jarak elektroda arus diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda potensial ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi arus listrik pada kedalaman yang lebih besar. Adanya asumsi bahwa bumi sebagai medium homogen isotropis mengakibatkan arus menjalar radial membentuk bidang ekuipotensial setengah bola, dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan dibawah permukaan bumi yang dapat ditembus arus listrik tersebut (bila digunakan arus listrik DC murni), maka dapat diperkirakan pengaruh dari injeksi aliran arus listrik ini adalah berbentuk setengah bola dengan jari-jari elektroda arus/2, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola aliran arus listrik dan bidang equipotensial (Telford, dkk., 1990).

Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, yakni konfigurasi *Wenner*, *Schlumberger*, *Wenner-Schlumberger*, dan *Dipole-Dipole*. Salah satu penelitian geolistrik menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* untuk identifikasi zona sesar pernah dilakukan oleh Yusran, dkk. (2020) di Kabupaten Bulukumba. Daerah ini merupakan salah satu daerah di Sulawesi yang berpotensi mengalami bencana gempa bumi karena adanya aktivitas Sesar Walanae. Struktur lapisan batuan antara lintasan penelitian memiliki karakteristik yang identik sehingga mengindikasikan keterdapatan aktivitas sesar mendatar yang telah memisahkan kedua bidang tersebut. Struktur lapisan tanah di daerah penelitian didominasi oleh lapisan lempung berpasir dengan nilai resistivitas berkisar

antara (100 – 400) ohm.meter pada lintasan 1 dan (10 – 200) ohm.meter pada lintasan 2. Sehingga, alasan penulis memilih konfigurasi *Wenner-Schlumberger* yakni konfigurasi ini merupakan hasil modifikasi dari konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Schlumberger*, konfigurasi *Wenner* memiliki sensitivitas lateral yang baik sedangkan konfigurasi *Schlumberger* memiliki kemampuan penetrasi yang cukup dalam dibandingkan konfigurasi lainnya, sehingga konfigurasi *Wenner-Schlumberger* cocok digunakan untuk melihat bentuk lapisan bawah permukaan dengan resolusi yang secara vertikal maupun lateral.

2. Metode Penelitian

Lokasi pelaksanaan penelitian berada di Desa Malaka, Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *accumulator*, elektroda arus, elektroda potensial, *global positioning system*, *handy talky*, *kabel penghubung*, mistar *roll*, laptop, palu, *resistivity Gsound instrument*, kabel. Selanjutnya, perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data yaitu *google earth*, *microsoft excel*, *notepad++*, dan *RES2DINV 3.5*. Penelitian dimulai dari studi pustaka, yakni pengumpulan berbagai pustaka/referensi yang dijadikan sebagai acuan penelitian hingga menarik kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian. Secara umum tahapan dalam penelitian terdiri atas studi pustaka, survey lokasi penelitian, pengambilan data, pengolahan data, interpretasi data, dan analisis data resistivitas.

Pengambilan data dilakukan pada setiap lintasan dengan metode geolistrik konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Jumlah lintasan yang digunakan sebanyak 12 lintasan dengan panjang bentangan kabel sebesar 230 m dan spasi masing-masing lintasan sebesar 10 meter. Data pengamatan yang diperoleh hasil pengukuran adalah nilai arus (I), beda potensial (V), dan jarak spasi (n) yang kemudian dihitung nilai resistivitas semu dibantu dengan program Excel. Secara umum persamaan resistivitas semu dinyatakan (Reynolds, 2011):

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

ρ = resistivitas semu (ohm.meter)

K = faktor geometri

ΔV = beda potensial yang terukur (volt)

I = nilai arus yang terukur (ampere)

dengan faktor geometri konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sebesar:

$$K = \pi n(n + 1)a \quad (2)$$

Data tersebut kemudian diolah menggunakan program *RES2DINV*. Program *RES2DINV* untuk menghasilkan penampang untuk memodelkan kondisi bawah permukaan tanah secara dua dimensi. Penampang distribusi resistivitas diwakili oleh warna-warna yang berbeda. Berdasarkan distribusi resistivitas yang diperoleh akan dianalisis sebagai batuan yang sesuai dengan nilai resistivitasnya. Nilai resistivitas kemudian dibandingkan dengan tabel resistivitas batuan dan informasi geologi daerah penelitian untuk menentukan lapisan batuan apa saja yang menyusun daerah tersebut dan melihat adanya indikasi struktur bawah permukaan.

Tabel 1. Nilai resistivitas batuan (Telford, dkk., 1990)

No	Material	Harga Resistivitas (Ohm.meter)
1	Air Tanah	0,5 – 300
2	Air Asin	0,2
3	Gamping	120 – 130
4	Batu Pasir	500 – 10000
5	Batu Tulis	200 – 8000
6	Pasir	20 – 2000
7	Lempung	1 – 1000
8	Kerikil	1 – 100
9	Alluvium	100 – 600
10	Lempung Lanau	10 – 800
11	Granit	200 – 10000

No	Material	Harga Resistivitas (Ohm.meter)
12	Andesit	$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
13	Basal	200 – 100000
14	Pirit	0,01 – 100
15	Magnetit	0,01 – 1000
16	Pyrrhotite	0,001 – 0,01
17	Kalkopirit	0,005 – 0,1
18	Galena	0,001 – 100

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan pengolahan data menggunakan RES2DINV, diperoleh model inversi penampang berupa citra warna untuk mengetahui distribusi resistivitas bawah permukaan. Penampang bawah permukaan pada lintasan 1 hingga lintasan 12 dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari hasil inversi pada lintasan 1, lapisan pertama pada kedalaman (0 – 18,5) meter tersebar pada jarak (10 – 90) meter dan jarak (100 – 210) meter memiliki nilai resistivitas tinggi yakni (113 – 1237) ohm.meter yang diidentifikasi sebagai lapisan yang mengandung kerikil dan batu pasir. Lapisan kedua pada kedalaman (7,50 – 39,6) meter pada jarak (20 – 220) meter merupakan lapisan lempung dengan nilai resistivitas sebesar (0,283 – 10,3) Ohm.meter. Selanjutnya, lapisan ketiga pada kedalaman (3,10 – 10,3) meter yang tersebar pada jarak (30 – 150) meter memiliki nilai resistivitas tinggi sebesar (113 – 1237) ohm.meter yang diidentifikasi sebagai lapisan yang mengandung kerikil dan batu pasir. Sedangkan pada lintasan 3, lapisan pertama pada kedalaman (0 – 12,8) meter tersebar pada jarak (20 – 140) meter dan (170 – 210) meter memiliki nilai resistivitas rendah sebesar (2,64 - 119) ohm.meter yang diidentifikasi sebagai lapisan lempung. Lapisan kedua pada kedalaman (7,50-24,9) meter pada jarak (10 – 210) meter merupakan lapisan mengandung alluvium dengan resistivitas (119 – 309) ohm.meter. Lapisan ketiga dengan kedalaman (12,8 – 39,6) meter pada jarak (30 – 210) meter dengan resistivitas (309 – 2080) ohm.meter diidentifikasi sebagai lapisan mengandung batu pasir. Berdasarkan penampang hasil inversi pada lintasan 1, tidak terlihat adanya diskontinuitas lapisan batuan yang menunjukkan dugaan sesar, namun ditemukan adanya dugaan rekahan pada jarak (70 – 80) meter. Selain itu, ditemukan adanya penemuan rumah rusak berat pada jarak (30 – 40) meter dari titik awal pengukuran akibat gempa bumi yang melanda Pulau Lombok pada tahun 2018 serta memiliki nilai resistivitas berkisar (10,3 – 113) ohm.meter yang mengindikasikan adanya tanah lunak pada penampang resistivitas dan lapisan tipis keras yang berwarna merah muda hingga merah tua. Pada penampang hasil inversi lintasan 3, terlihat adanya diskontinuitas lapisan batuan yang menunjukkan dugaan zona lemah yakni sesar yang diisi oleh lapisan tanah lunak. Interpretasi data 10 lintasan lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Interpretasi penampang lintasan 2 hingga lintasan 12

No	Lintasan	Lokasi	Lapisan	Kedalaman (meter)	Resistivitas (ohm.meter)	litologi	Jenis Struktur
1	2	KLUI	1	0 - 18.5	200 - 314	Batu Pasir	-
			2	7.50 - 24.9	19.1 - 123	Alluvium	
			3	12.8 - 31.9	2.96 - 7.52	Lempung	
			4	18.5 - 39.6	0.459 - 1.17	Batuan mengandung air asin	
2	4	Dusun Nipah Tengah	1	0 - 12.8	800 - 1544	Batu pasir	Sesar
			2	2.50 - 31.9	107 - 634	Alluvium	
			3	7.50 - 31.9	18.0 - 43.8	Lempung	
			4	12.8 - 39.6	3.02 - 7.37	Batuan mengandung air asin	
3	5	Dusun Nipah	1	0 - 18.5	800 - 1654	Batu pasir	Rekahan
			2	7.50 - 39.6	59.4 - 546	Alluvium	
			3	12.8 - 39.6	6.46 - 19.6	Lempung	
			4	18.5 - 39.6	0.703 - 2.13	Batuan mengandung	

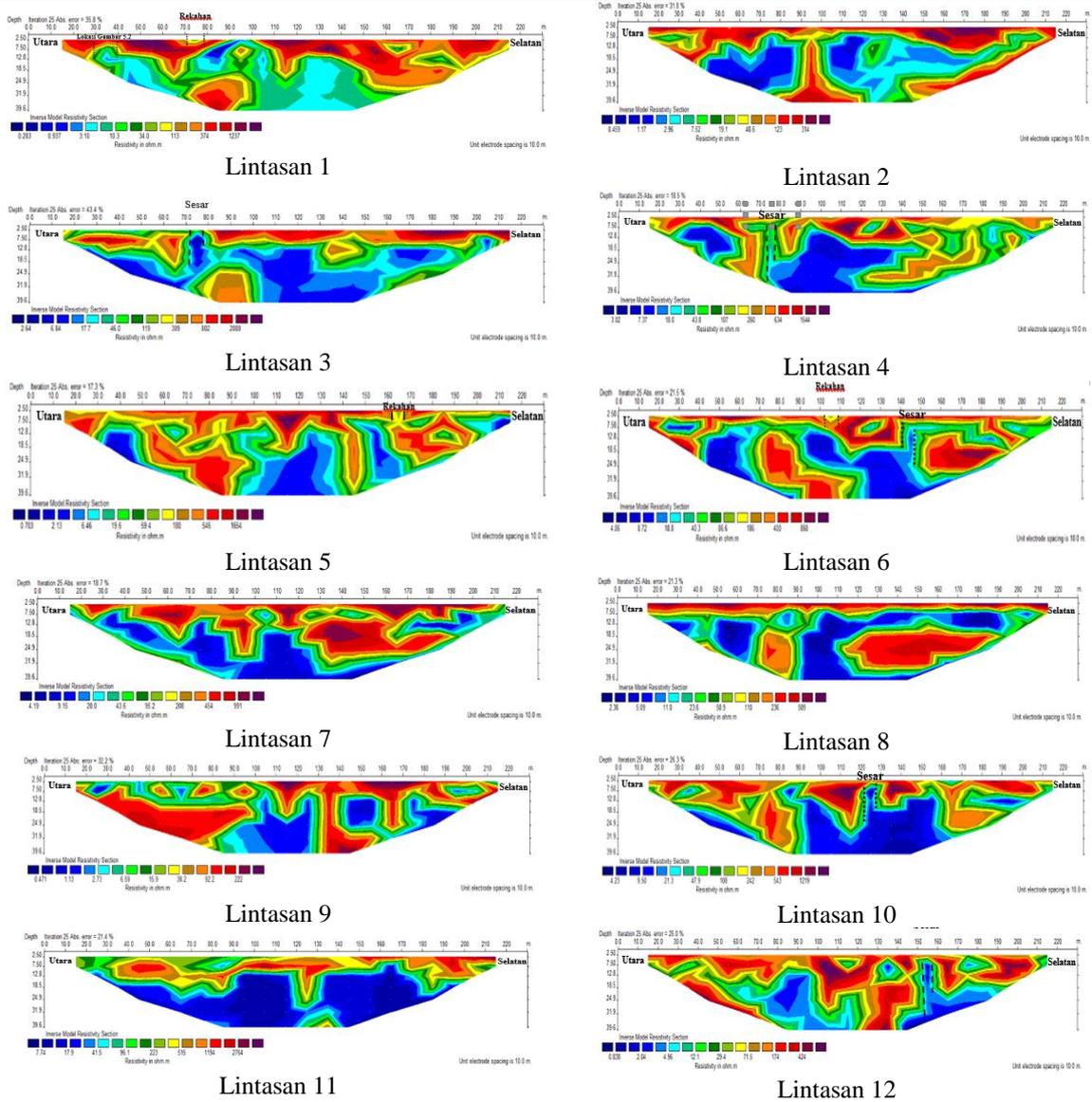
air asin							
4	6	Pantai Nipah	1	0 - 12.8	600 - 860	Batu pasir	Rekahan dan Sesar
			2	2.50 - 39.6	86.6 - 400	Alluvium	
			3	7.50 - 39.6	18.8 - 40.3	Lempung	
			4	12.8 - 39.6	4.06 - 8.72	Batuan mengandung air asin	
5	7	Dusun Lendang Luar	1	0 - 24.9	600 - 991	Batu pasir	-
			2	2.50 - 31.9	95.2 - 454	Alluvium	
			3	7.50 - 39.6	20.0 - 43.6	Lempung	
			4	12.8 - 39.6	4.19 - 9.15	Batuan mengandung air asin	
6	8	Dusun Lendang Luar	1	0 - 7.50	300 - 509	Batu pasir	-
			2	7.50 - 39.6	50.9 - 236	Alluvium	
			3	12.8 - 39.6	11.0 - 23.6	Lempung	
			4	18.5 - 39.6	2.36 - 11.0	Batuan mengandung air asin	
7	9	Dusun Malimbu	1	0 - 39.6	166 - 222	Batu pasir	-
			2	2.50 - 31.9	6.59 - 92.2	Alluvium	
			3	7.50 - 39.6	0.471 - 2.73	Batuan mengandung air asin	
8	10	Dusun Malimbu	1	0 - 18.5	700 - 1219	Batu pasir	Sesar
			2	2.50 - 39.6	47.9 - 543	Alluvium	
			3	7.50 - 39.6	4.23 - 21.3	Lempung	
9	11	Dusun Pandanan	1	0 - 24.9	1500 - 2764	Batu pasir	-
			2	2.50 - 12.8	96.1 - 1194	Alluvium	
			3	12.8 - 39.6	7.74 - 41.5	Lempung	
10	12	Depan Pantai Pandanan	1	0 - 24.9	200 - 424	Batu pasir	Sesar
			2	2.50 - 39.6	29.4 - 174	Alluvium	
			3	12.8 - 39.6	4.96 - 12.1	Lempung lanau	
			4	12.8 - 39.6	0.838 - 2.04	Batuan mengandung air asin	

Seluruh penampang resistivitas pada lokasi penelitian memiliki jenis lapisan yang mirip satu sama lain. Hasil pengolahan data 2 dimensi dimasukkan di ditampilkan pada peta (Gambar 3) untuk melihat kondisi penampang secara horizontal dan vertikal serta hubungan antara masing-masing lintasan. Pembuatan peta menggunakan perangkat lunak QGIS.

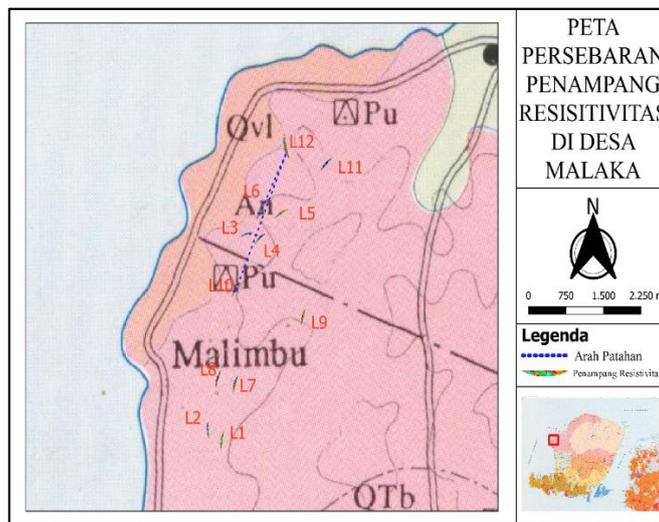
Salah satu struktur bawah permukaan yang terindikasi adalah sesar. Indikasi sesar pada lintasan 3 (Gambar 3) terletak pada jarak (70 – 80) meter dari titik awal pengukuran, kedalaman sesar pada lintasan 3 berkisar 0 – 18,5 meter dengan lebar 10 meter, dan arah sesar yang terlihat pada Gambar 3 yakni berarah timur dan timur laut. Indikasi sesar empat lintasan lainnya terdapat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Geometri sesar di lokasi penelitian

No	Lintasan	Posisi (meter)	Kedalaman (meter)	Lebar (meter)
1	4	70 – 80	0 – 31,9	10
2	6	140 – 150	0 – 24,9	10
3	10	120 – 130	0 – 24,9	10
4	12	150 – 160	0 – 25,0	10



Gambar 2. Hasil inversi penampang resistivitas bawah permukaan daerah penelitian



Gambar 3 Peta persebaran penampang resistivitas di Desa Malaka, dimodifikasi dari Mangga, dkk (1994)

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa lapisan batuan yang ditemukan di daerah penelitian terdiri dari lapisan batu pasir, lapisan alluvium, jenis batuan mengandung air asin, dan lapisan lempung serta bentuk struktur permukaan yang terdapat pada lintasan 3, lintasan 4, dan lintasan 6 yang berada di Dusun Nipah, lintasan 10 yang berada di Dusun Malimbu, dan lintasan 12 yang berada di Dusun Pandanan, berupa rekahan dan sesar yang ditandai adanya zona lemah.

Referensi

- Mangga, A., Atmawinata, S., Hermanto, B. & Amin, T., 1994. *Peta Geologi Tinjau Pulau Lombok*, Bandung: Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi.
- Meidyana, 2018. *Desa Malaka Hampir Rata dengan Tanah Akibat Gempa Lombok*. [Online] Available at: <https://video.medcom.id/metro-news/1KYEeE3K-desa-malaka-hampir-rata-dengan-tanah-akibat-gempa-lombok>. [Accessed 3 December 2018].
- Reynolds, J. M., 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. 2 ed. UK: Willey-Blackwell.
- Saputra, P., SYamsuddin & Hiden, 2021. Pemetaan dan Analisis Geometri Sesar menggunakan Metode Geolistrik di Selengen Lombok Utara. *Indonesian Physical Review*, 4(1), pp. 43-50.
- Telford, W. M., Geldart, L. P. & Sheriff, R. E., 1990. *Applied Geophysics*. 2 ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2018. *Kajian Rangkaian Gempa Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia*, Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman.
- Yusran, M., Massinai, M. A. & Syahrudin, M. H., 2020. Studi Zona Sesar menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas dan Data Geologi Permukaan di Kecamatan Ujungloe Kabupaten Bulukumba. *Jurnal Geocelebes*, 4(1), pp. 53-60.
-