

Identifikasi Kedalaman Dan Ketebalan Lapisan Lunak Di Area Kantor Pengawasan Keuangan Dan Pembangunan Kabupaten Mamuju Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas

Identification of the Depth and Thickness of Soft Layers in the Area of the Financial and Development Supervision Office of Mamuju Regency Using the Geoelectric Resistivity Method

Hasrianto¹, Raivel², Saddam Husein³

1. Program Studi Geologi, Institut Teknologi dan Bisnis ArungPalakka, Bone

2. Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sulawesi Tenggara, Kendari

3. Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

Korespondensi e-mail: hasrianto10081982@gmail.com

ABSTRAK

Kawasan Kota Mamuju, Sulawesi Barat, merupakan wilayah yang terdampak signifikan akibat gempa bumi pada tahun 2021. Getaran gempa dapat mengalami amplifikasi jika melalui lapisan tanah lunak, yang berpotensi meningkatkan kerusakan bangunan. Area Kantor Pengawasan Keuangan dan Pembangunan (PKP) Kota Mamuju merupakan infrastruktur vital yang perlu ditinjau kondisi bawah permukaannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kedalaman, ketebalan, dan sebaran lateral lapisan lunak di bawah permukaan Area Kantor PKP Mamuju. Metode yang digunakan adalah geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger dengan satu lintasan pengukuran hasil korelasi tiga titik sounding geolistrik resistivitas. Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak inversi untuk menghasilkan model 2D resistivitas bawah permukaan. Hasil inversi menunjukkan adanya tiga lapisan utama: Lapisan Pertama (Zone A) : Memiliki resistivitas 4,09 – 64,5 Ωm dengan ketebalan antara 5 hingga 36,7 meter. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai lapukan batugamping terumbu pasir terasaturasi air lewat antar butir, kondisi lapisan lunak/lepas. Lapisan ini merupakan lapisan lunak utama yang berpotensi terhadap amplifikasi. Lapisan Kedua (Zone B) : Memiliki resistivitas 0,02 – 4,09 Ωm dengan ketebalan yang bervariasi antara 11 hingga 22,4 meter. Lapisan ini didominasi oleh material lapukan batugamping terumbu pasir atau batuan yang sangat lapuk. Lapisan ini merupakan lapisan lunak utama yang berpotensi terhadap amplifikasi. Lapisan Ketiga (Zone C) : Memiliki resistivitas 64,5 – 22048,1 Ωm . Lapisan ini diinterpretasikan sebagai batuan induk (bedrock) yang lebih keras dan kompak. Kedalaman batuan dasar ini bervariasi, mulai dari sekitar 2 hingga 10,6 meter. Lapisan ini merupakan lapisan keras/kompak. Kesimpulan teridentifikasi lapisan lunak berdasarkan interpretasi geolistrik resistivitas terdiri atas 2 zona lapisan yaitu lapisan pertama (Zona A) dan lapisan kedua (Zona B) dengan nilai resistivitas <64,5 Ωm , ketebalan lapisan 5 hingga 36,7 meter, kedalaman lapisan 0 hingga 34,3 meter. Keberadaan lapisan lunak yang tebal ini berpotensi menjadi zona amplifikasi gempa bumi, sehingga perlu menjadi pertimbangan dalam perencanaan mitigasi dan rekayasa kegempaan untuk pembangunan kembali atau retrofitting struktur di kawasan tersebut.

Kata kunci: Geolistrik Resistivitas, Lapisan Lunak, Gempa Mamuju, Schlumberger.

ABSTRACT

The Mamuju City area, West Sulawesi, was significantly impacted by the 2021 earthquake. Earthquake vibrations can be amplified if they pass through soft soil layers, potentially increasing building damage. The Mamuju City Financial and Development Supervision Office (PKP) area is a vital infrastructure that requires subsurface assessment. This study aims to identify the depth, thickness, and lateral distribution of soft layers below the surface of the Mamuju PKP Office Area. The method used is the Schlumberger configuration geoelectric resistivity with a single measurement path from the correlation of three geoelectric resistivity sounding points. Data processing was carried out with inversion software to produce a 2D subsurface resistivity model. The inversion results indicate the presence of three main layers: First Layer (Zone A): Has a resistivity of 4.09 - 64.5 Ωm with a thickness of between 5 and 36.7 meters. This layer is interpreted as weathered sandy reef limestone saturated with water through intergranular flow, with a soft/loose layer condition. This layer is the main soft layer that has the potential for amplification. Second Layer (Zone B): Has a resistivity of 0.02 - 4.09 Ωm with a thickness that varies between 11 to 22.4 meters. This layer is dominated by

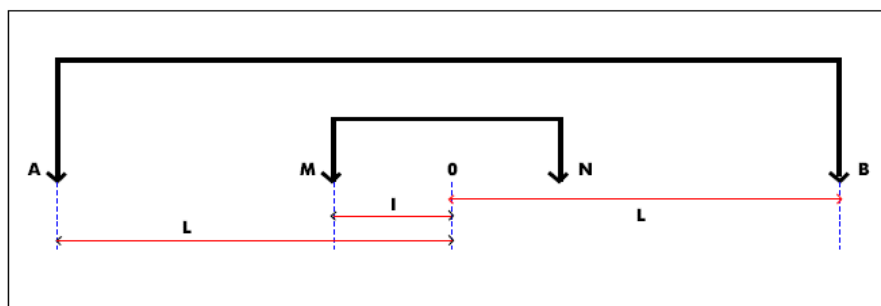
weathered material of sandy reef limestone or highly weathered rock. This layer is the main soft layer that has the potential for amplification. Third Layer (Zone C): Has a resistivity of $64.5 - 22048.1 \Omega m$. This layer is interpreted as a harder and more compact bedrock. The depth of this bedrock varies, starting from around 2 to 10.6 meters. This layer is a hard/compact layer. The conclusion is that the identified soft layer based on the resistivity geoelectric interpretation consists of 2 layer zones, namely the first layer (Zone A) and the second layer (Zone B) with a resistivity value of $<64.5 \Omega m$, a layer thickness of 5 to 36.7 meters, a layer depth of 0 to 34.3 meters. The presence of this thick soft layer has the potential to become an earthquake amplification zone, so it needs to be taken into consideration in earthquake mitigation and engineering planning for rebuilding or retrofitting structures in the area.

Keywords: Geoelectric Resistivity, Soft Layer, Mamuju Earthquake, Schlumberger.

PENDAHULUAN

Kota Mamuju, Ibukota Provinsi Sulawesi Barat, diguncang gempa bumi tektonik berkekuatan M 6.2 pada 15 Januari 2021. Gempa ini mengakibatkan kerusakan parah pada banyak bangunan dan infrastruktur serta menimbulkan korban jiwa (BNPB, 2021). Survei elektrik atau geolistrik merupakan survei yang menggunakan arus listrik untuk melakukan pengukuran. Survei elektrik memiliki tiga metode, yaitu : induksi polarisasi (IP), *Self Potensial* (SP), dan resistivitas (Ramli, 2018). Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang efektif untuk memetakan variasi resistivitas listrik bawah permukaan (Loke, 2024). Metode ini dapat membedakan antara material lunak (berresistivitas rendah) dan material padat/kompak (berresistivitas tinggi). Konfigurasi Wenner-Schlumberger sering digunakan karena memiliki sensitivitas yang baik terhadap variasi horizontal dan vertikal, sehingga cocok untuk memetakan struktur lapisan bawah permukaan (Telford, 1990). Resistivitas rendah menunjukkan lapisan airtanah/lapisan lunak sedangkan resistivitas tinggi menunjukkan lapisan keras/*Massive* (Hasrianto, dkk., 2022). Resistivitas berhubungan dengan beberapa parameter geologi, diantaranya : kandungan mineral, kandungan fluida, porositas dan saturasi air (Loke, 2001). Nilai resistivitas rendah menunjukkan area intrusi air laut, area ini tumpangtindih atau overleping dengan nilai lapisan yang lunak (Hasrianto, dkk., 2023). Resistivitas hasil simulasi menunjukkan nilai rendah merupakan lapisan hasil timbunan dapat diinterpretasikan sebagai lapisan lunak (Hasrianto, dkk., 2023). Nilai resistivitas rendah diinterpretasikan sebagai akuifer dalam dengan kekrasan lapisan lunak (Hasrianto, dkk., 2024).

Prinsip metode Resistivitas adalah dengan mengalirkan arus listrik menggunakan 2 buah elektroda arus A dan B yang ditancapkan kedalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bias menembus lapisan batuan lebih dalam (Santoso, 2002). Pengukuran suatu beda potensial antara dua elektroda yaitu tahanan jenis di bawah permukaan tanah elektroda (Todd, 1995) Metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas) dapat dibagi menjadi dua berdasarkan tujuan pengukuran di lapangan yaitu Metode Resistivitas *sounding* dan Metode Resistivitas *mapping* (Sheriff, 1986).



Gambar 1. Konfigurasi Elektroda Slumberger

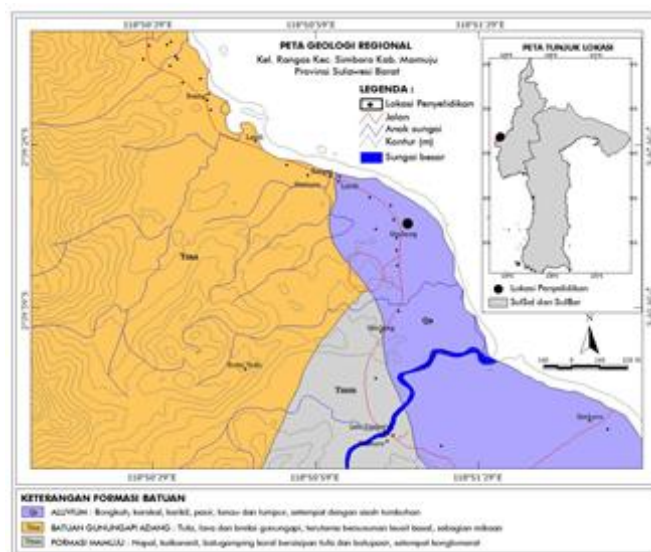
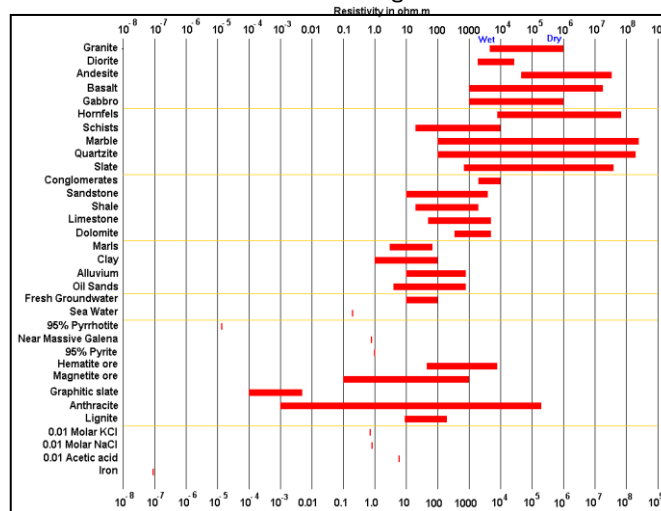
Array ini sering digunakan secara simetris, yaitu $x = 0$, dengan rumus yang digunakan pada Konfigurasi Elektroda Schlumberger, maka harga tahanan jenis semu diperoleh pada persamaan (1) adalah sebagai berikut :

$$\rho_s = K_s \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(1)$$

$$K_s = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \dots\dots\dots(2)$$

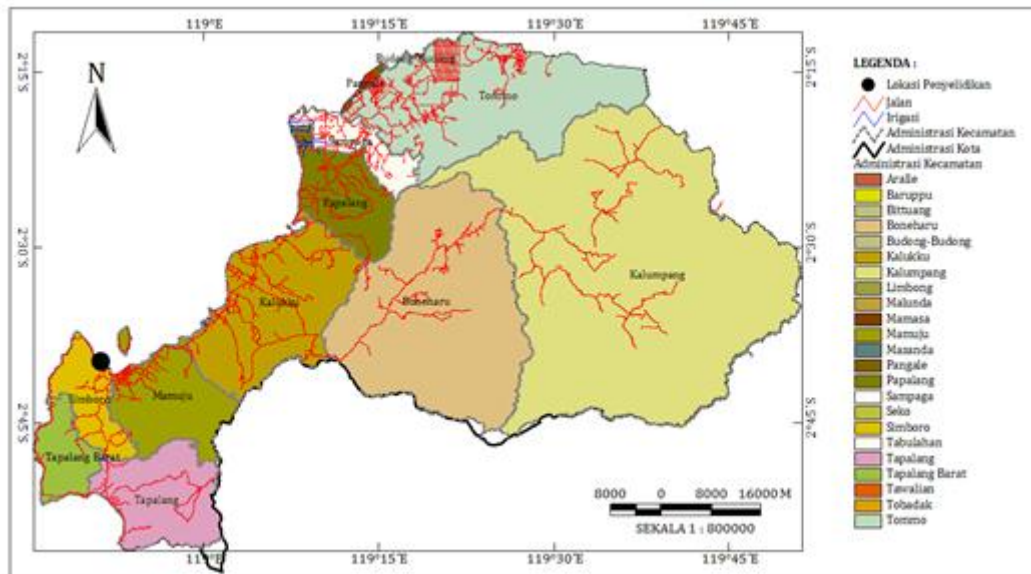
Dimana hal ini K_s merupakan factor geometri atau factor konfigurasi elektroda schlumberger. Dalam pengambilan data sounding, elektroda potensial tetap sementara jarak elektroda arus diperpanjang terhadap pusat penyebaran. Untuk ini L yang besar untuk meningkatkan l juga untuk mempertahankan jarak potensial (Telford, 1990). Data yang dihasilkan harus diinterpretasi dengan cara melihat tabel nilai tahanan jenis tiap batuan seperti Tabel 1, Interpretasi dilakukan untuk mengetahui jenis dan susunan material berdasarkan nilai resistivitas dan pola distribusinya. Interpretasi dilakukan berdasarkan tabel resistivitas material (Loke, 2004).

Tabel 1. Tabel Resistivitas dari Berbagai Jenis Batuan (Loke, 2004)



Gambar 2. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah penelitian berada pada daerah dataran rendah dengan bentangalam perbukitan bergelombang dan pedataran dicirikan dengan sudut lereng 4 – 10% dan beda tinggi 14 – 21 m. proses geomorfologi yang terjadi berupa proses denudasional dengan ketebalan soil (50 – 100 cm). di lokasi penelitian tidak ditemukan adanya sungai, namun lokasi penelitian merupakan area endapan pantai (alluvial) dan jarak lokasi penelitian ke bibir pantai berjarak 118 meter. Formasi batuan daerah penelitian termasuk endapan alluvium yang terdiri dari Bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lumpur, setempat dengan sisa tumbuhan. Stratigrafi daerah penelitian terdiri dari batugamping terumbu merupakan batuan sedimen. Umurnya berkisar dari Holosen sampai Plistosen (Supriatna S, 1995) **(Gambar 2)**.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kedalaman, ketebalan, dan sebaran lateral lapisan lunak di bawah permukaan Area Kantor PKP Mamuju. Daerah penelitian terletak Secara administrasi, lokasi tersebut termasuk dalam wilayah Jl. Abd Malik Pattana Endeng, Kelurahan Rangas, Kecamatan Simboro Dan Kepulauan, Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat. Lokasi Daerah penelitian dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat atau roda dua dari Kota Makassar ke Kabupaten Mamuju dengan waktu tempuh sekitar 9 jam perjalanan perjalanan **(Gambar 3)**.

METODE PENELITIAN

Persiapan

Pekerjaan Persiapan meliputi mengumpulkan data yang ada dan bisa menunjang pelaksanaan pekerjaan (peta topografi, peta geologi dengan skala 1 : 250.000 dan literatur), mempersiapkan personil dan peralatan yang akan ke lapangan, menyiapkan perlengkapan untuk setiap personil yang akan pergi ke lapangan, orientasi lapangan seperti morfologi dan penempatan arah lintasan dengan melakukan survei langsung dilapangan dan pengambilan data geolistrik resistivitas.

Pengambilan Data Lapangan

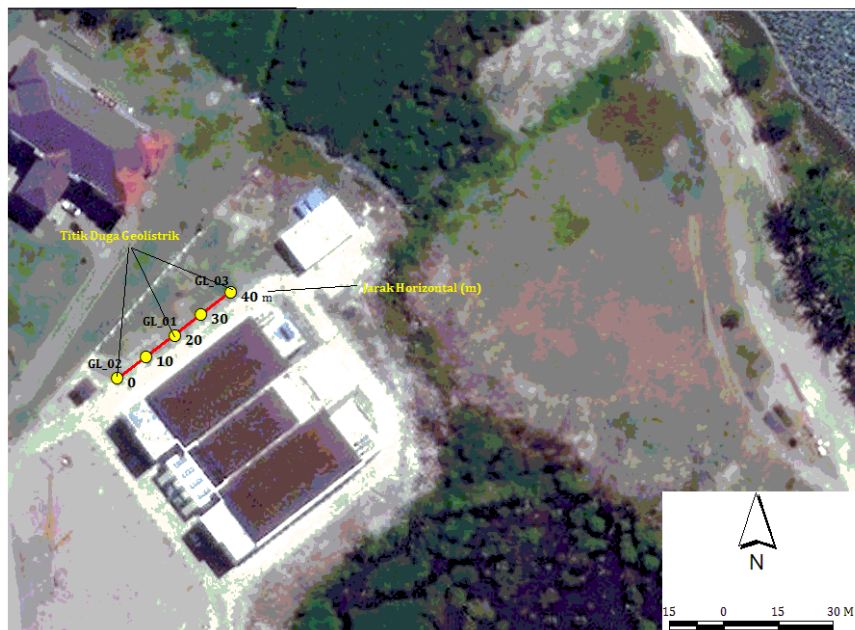
Penelitian dilakukan dengan pengambilan data secara langsung dilapangan yaitu pengukuran geolistrik dan pengamatan geologi. Pengukuran geolistrik dengan menggunakan peralatan geofisika seperti *resistivity meter singgel chenel*, palu, kompas, GPS, roll kabel, elektroda, meteran @50 m, accu, serta beberapa peralatan lain seperti kantong sampel, patok bantu dan

kamera. Pengambilan data geologi berupa litologi dengan menggunakan palu geologi, kantong sampel dan alat tulis.



Gambar 4. Pengambilan data geolistrik resistivitas

Pengambilan data geolistrik meliputi pengambilan data kuat arus (I) dan beda potensial (P) untuk menentukan resistivitas semu setiap titik duga geolistrik. Pengambilan data geolistrik di lapangan dengan melakukan pengukuran geolistrik sebanyak 3 (tiga) titik pengukuran (GL_01, GL_02 dan GL_03). Panjang lintasan pengukuran (AB) yaitu 200 meter dengan jarak setiap titik pengamatan 20 meter. Selain itu, dilakukan pula pengambilan data geologi langsung di lapangan dengan pengamatan setiap singkapan (**Gambar 4**).

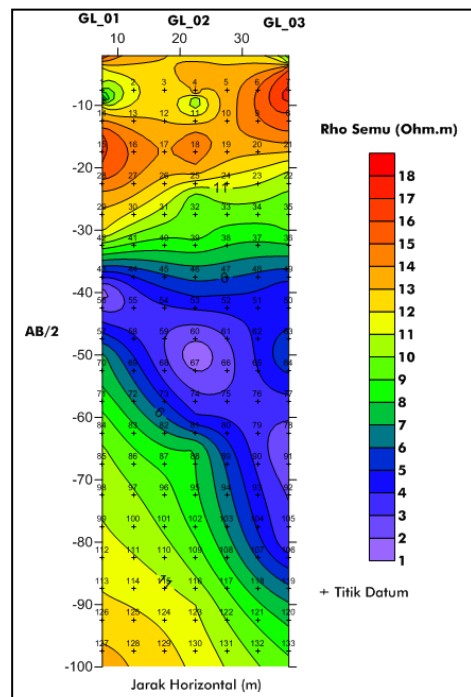


Gambar 5. Citra lintasan geolistrik resistivitas

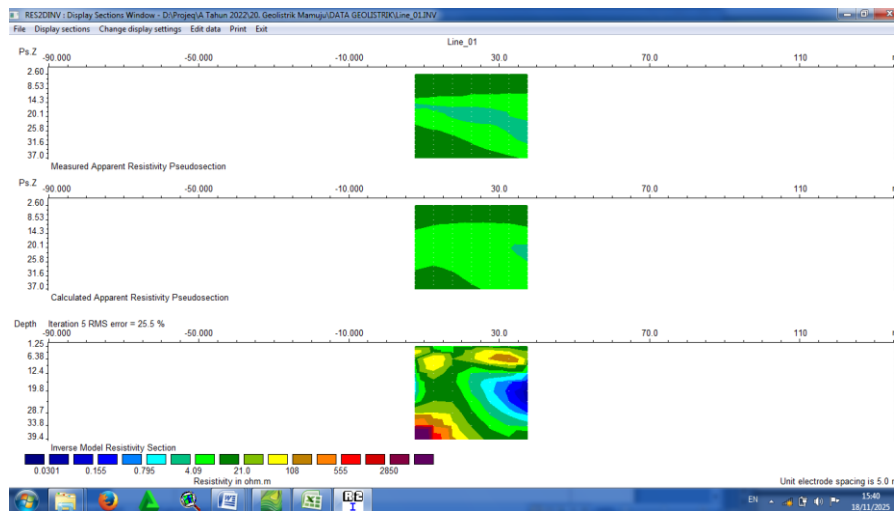
Analisa Data

Analisa data dilakukan berdasarkan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Pengolahan data titik koordinat dan lisan pengukuran geolistrik pada sebuah peta titik pengukuran geolistrik dengan menggunakan *software Arc GIS*.
2. Data yang diperoleh dari pengukuran berupa harga besar arus (I) dan beda potensial (V) setiap titik pengukuran.
3. Harga resistivitas semu dihitung dari faktor konfigurasi pengukuran dan perbandingan harga beda potensial (V) dan kuat arus (I) pengukuran, konfigurasi pengukuran schlumberger.
4. Harga resistivitas semu dari 3 (tiga) titik pengamatan geolistrik dengan jarak setiap titik pengamatan 20 meter tersebut dipetakan terhadap kedalaman semu (setengah panjang bentangan kabel, AB/2), kemudian dilakukan konturing dengan bantuan *software surfer* dengan metode krigging sehingga diperoleh penampang harga resistivitas semu terhadap kedalaman semu untuk setiap lintasan pengukuran (**Gambar 5 & 6**).
5. Kontur harga resistivitas semu dilakukan overlay dengan *stoking chart* yang telah dibuat dengan spasi terkecil 5 meter dengan jumlah titik datum sebanyak 133 titik dengan stasiun pengamatan (n) sebanyak 19 n (**Gambar 6**).
6. Penentuan resistivitas semu setiap titik datum tersebut terhadap kontur resistivitas semu.
7. Penampang resistivitas semu di atas digunakan untuk menginterpolasi data resistivitas semu ideal dengan asumsi perlapisan bawah permukaan antar titik pengukuran saling berhubungan.
8. Hasil interpolasi dijadikan input data untuk melakukan pemodelan lapisan resistivitas tanah bawah permukaan dengan bantuan computer.
9. Pemodelan resistivitas bawah permukaan dilakukan menggunakan inversi metode beda, hingga (*finite difference*) untuk setiap lintasan akan diperoleh penampang model perlapisan resistivitas listrik lapisan tanah/batuan di bawah permukaan dengan bantuan *Software Res2Dinv* (**Gambar 7**).
10. Hasil penampang *iversi* Res2Dinv dilakukan interpretasi litologi berdasarkan range resistivitas.



Gambar 6. Penampang Hubungan AB/2 dengan Rho Semu menggunakan *software Surfer*



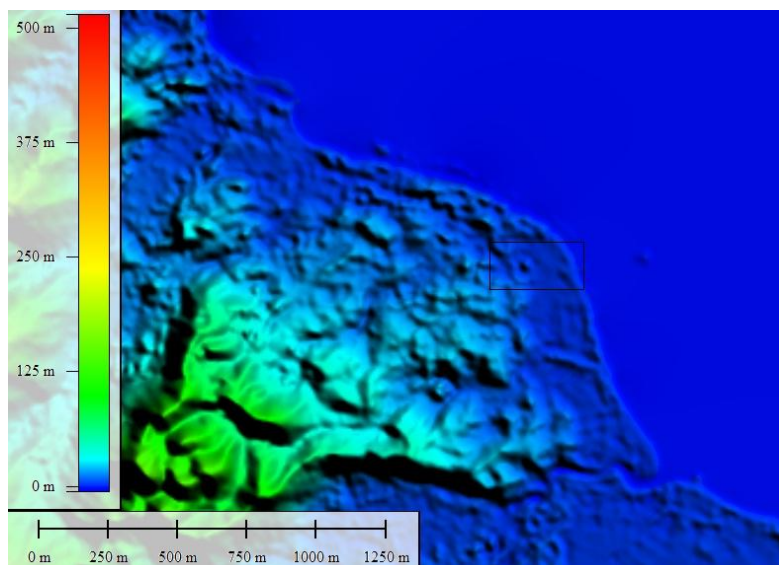
Gambar 7. Proses *inversi* menggunakan *software Res2Dinv*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi Daerah Penelitian

1. Morfologi

Geomorfologi Daerah penyelidikan berupa pedataran. Bentang alam pedataran menempati daerah penyelidikan yang dicirikan dengan susut lereng 4 – 10 % dan beda tinggi 14 – 21 m. proses geomorfologi yang terjadi berupa proses denudasional dengan ketebalan soil 50-100 cm (**Gambar 8**).



Gambar 8. Citra SRTM yang menunjukkan Bentuk Morfologi dari Daerah Penelitian

2. Litologi

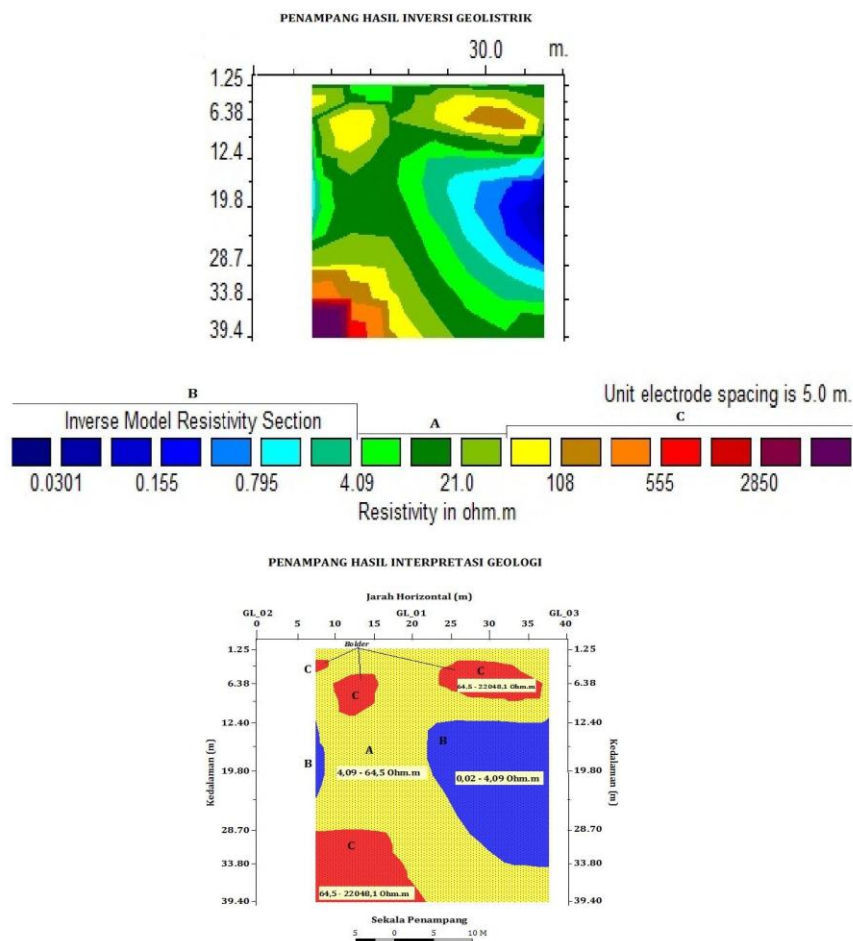
Litologi daerah penelitian disusun oleh batugamping terumbu pasir (Gamping terumbu) (**Gambar 9**). Proses pembentukan batuan gamping terumbu berasal dari pengumpulan plankton, moluska, algae yang keudian membentuk terumbu. Jadi gamping terumbu berasal dari organisme. Batuan sedimen yang memiliki komposisi mineral utama dari kalsit (CaCO_3) terbentuk karena aktivitas dari coral atau terumbu pada perairan yang hangat dan dangkal dan terbentuk sebagai hasil sedimentasi organik. Tersingkap dibagian belakang kantor BPKP dalam bentuk bolder kemungkinan sisa galian pada saat pembangunan kantor.



Gambar 9. Batuan jenis gamping terumbu daerah penelitian

Interpretasi Lintasan Line_01 Geolistrik

Lintasan geolistrik Line_01 terdiri dari 3 (tiga) titik pengukuran geolistrik tersebut terletak di sepanjang lintasan 40 meter, jarak setiap titik pengamatan geolistrik 20 meter (**Gamabr 4**). Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik dilapangan, maka dihasilkan 1 (satu) penampang hasil korelasi dari 3 (tiga) titik pengukuran geolistrik dengan Konfigurasi Elektroda *Scumberger* dengan panjang lintasan korelasi 40 meter dan jarak setiap titik pengamatan 20 meter. Spasi terkecil lintasan korelasi yang digunakan dari hasil interpolasi yaitu 5 meter. Berdasarkan hasil pengukuran, rentang resistivitas (ρ) dari lapisan batuan yaitu antara 3.68 – 27876.00 Ω m. Penampang hasil *inversi software* Res2Dinv dan penampang hasil interpretasi dapat dilihat pada (**Gambar 10**), sebagai berikut.



Gambar 10. Penampang 2D Hasil *Inversi* dan Interpretasi Geolistrik Line_01

Tabel 2. Hasil Interpretasi Geolistrik Resistivitas Line 01

Lpsn	Litologi	Resistivitas as (Ohm.m)	Kedalaman (m)					Ketebalan (m)				
			7 (m)	10 (m)	20 (m)	30 (m)	37 (m)	7 (m)	10 (m)	20 (m)	30 (m)	37 (m)
A	Lapisan lunak/lepas	4,09 - 64,5	0,0 - 3,17 5,0-13,0 23,8-28,8	0,0-6,4 8,6-28,8	0,0-36,7	0,0-35,5 8,8-12,3 32,2-39,4	0,0-12,1 34,3-39,4	3,2-8 5	6,4-20,2	36,7-35,5 -7,2	12,1-6,1 -	
B	Lapisan lunak	0,02 - 4,09	12,5-23,8	-	-	12,4-23,4 11,9-34,3	11	-	-	20	22,4	
C	Lapisan keras/kompak	64,5 - 22048,1	3,1-5,1 28,8-39,4	6,5-8,8 28,8-39,4	38,8-39,4	3,4-8,8	-	2-10,6	2,3-10,6	2,6-5,4	-	

Berdasarkan hasil pengolahan data pengukuran lapangan didapatkan rentang resistivitas semu dari lapisan endapan nikel laterit/batuan yaitu antara 0.02 – 22048.1 Ω m. Secara umum nilai resistivitas dapat di bagi menjadi 3 (tiga) bagian yaitu lapisan lunak/lepas, lapisan lunak dan lapisan keras/kompak.

1. Lapisan Pertama (Zone A) : Memiliki resistivitas 4,09 – 64,5 Ω m dengan ketebalan antara 5 hingga 36,7 meter. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai lapukan batugamping terumbu pasiran tersaturasi air lewat antar butir, kondisi lapisan lunak/lepas. Lapisan ini merupakan lapisan lunak utama yang berpotensi terhadap amplifikasi (**Gambar 10 dan Tabel 2**).
2. Lapisan Kedua (Zone B): Memiliki resistivitas 0,02 – 4,09 Ω m dengan ketebalan yang bervariasi antara 11 hingga 22,4 meter. Lapisan ini didominasi oleh material lapukan batugamping terumbu pasiran atau batuan yang sangat lapuk. Lapisan ini merupakan lapisan lunak utama yang berpotensi terhadap amplifikasi (**Gambar 10 dan Tabel 2**).
3. Lapisan Ketiga (Zone C): Memiliki resistivitas 64,5 – 22048,1 Ω m. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai batuan induk (bedrock) yang lebih keras dan kompak. Kedalaman batuan dasar ini bervariasi, mulai dari sekitar 2 hingga 10,6 meter. Lapisan ini merupakan lapisan keras/kompak (**Gambar 10 dan Tabel 2**).

Identifikasi Lapisan Lunak dan Implikasinya terhadap Bencana Gempa

Hasil interpretasi menunjukkan bahwa area penelitian ditutupi oleh lapisan lunak (Zone A dan Zone B) dengan ketebalan total yang signifikan, mencapai 5 hingga 36,7 meter di beberapa lokasi. Ketebalan lapisan lunak yang besar, terutama dengan resistivitas yang sangat rendah (< 64,5 Ω m), mengindikasikan potensi amplifikasi getaran gempa yang tinggi. Berdasarkan data kerusakan pasca gempa 2021 (PusGen, 2021), beberapa bangunan di sekitar lokasi penelitian mengalami retakan struktural. Hasil identifikasi lapisan lunak dalam penelitian ini memberikan penjelasan geoteknik yang mendukung mengapa kerusakan tersebut dapat terjadi. Guncangan gempa yang merambat dari batuan dasar kemungkinan besar diamplifikasi oleh lapisan lunak yang tebal sebelum mencapai fondasi bangunan, sehingga meningkatkan gaya inersia dan memperparah kerusakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data pengukuran geolistrik daerah penelitian dapat disimpulkan yaitu sebagai berikut :

1. Geomorfologi daerah penelitian berada pada daerah dataran rendah dengan bentangalam perbukitan bergelombang dan pedataran dicirikan dengan sudut lereng 4 – 10% dan beda tinggi 14 – 21 m. proses geomorfologi yang terjadi berupa proses denudasional dengan ketebalan soil (50 – 100 cm) disusun oleh batuan endapan alluvial jenis batugamping terumbu pasir.
2. Lapisan lunak berdasarkan interpretasi geolistrik resistivitas terdiri atas 2 zona lapisan yaitu lapisan pertama (Zona A) dan lapisan kedua (Zona B) dengan nilai resistivitas <math>< 64,5 \Omega\text{m}</math>, ketebalan lapisan 5 hingga 36,7 meter, kedalaman lapisan 0 hingga 34,3 meter.
3. Lapisan keras atau kompak berdasarkan interpretasi geolistrik resistivitas terdiri dari 1 zona lapisan yaitu lapisan ketiga (Zona C) dengan nilai resistivitas > 64,5 Ωm , ketebalan lapisan 2 hingga 10,6 meter, kedalaman lapisan 3,1 hingga 38,8 meter

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Sulawesi barat yang telah memberikan kesempatan, bantuan, dan masukan selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2021). *Laporan Quick Assessment Gempa Mamuju*. Jakarta.
- Hasrianto., Raivel., & Samanlangi, A.I. (2022). *Model Profil Endapan Nikel Laterit Berdasarkan Metode Geolistrik Resistivitas Daerah Sorowako Sulawesi Selatan*. Minetech, vol. 1 no. 2, Hal. 139 – 151.
- Hasrianto., Imran,A., & Theo, A.M.M. (2023). *Identifikasi Sebaran Intrusi Air Laut Berdasarkan Peta Iso Resistivitas Metode Geolistrik Kota Makassar*. Amata, vol. 4 no. 1, Hal. 52 – 57.
- Hasrianto, Raivel, Noor, M.H., Hasan, H., & Imran, A., (2023). *Simulasi Metode Geolistrik Resistivity Dan IP Untuk Penentuan Konfigurasi Elektroda Pengukuran Yang Akurat Bijih Mangan Kabupaten Sukabumi Provinsi Jawa Barat*. Minetech, vol. 2 no. 2, Hal. 104 – 105.
- Hasrianto,& Raivel, (2024). *Konstruksi Perencanaan Sumur Bor Air Tanah Berdasarkan Interpretasi Metode Geolistrik Resistivity Kelurahan Bulurokeng Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar*. Minetech, vol. 3 no. 3, Hal. 146 – 147.
- Ramli, M., Aryanti, V.A., Nur, I., Thamrin, M. & Widodo, S., (2018). *Survei Geolistrik untuk Pengembangan Irigasi Air Tanah di Kelurahan Lamatti Rilau - Sinjai, Sulawesi Selatan*, J. TEPAT Teknol. Terap. untuk Pengabd. Masy., vol. 1, pp. 137–146, 2018.
- Loke, M.H. (2004). *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Geotomo Software.
- Pusat Studi Gempa Nasional (PusGen). (2021). *Laporan Investigasi Gempa Mamuju*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Santoso, D. (2002). *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
- Sheriff, R. (1986). *Prospecting Geophysical Method*. London: Cambridge University Press.
- Supriatna S.,Sukardi, & Rustandi E. (1995). *Peta Geologi Lembar Mamuju*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., & Keys, D.A. (1990). *Applied Geophysic*. Cambridge University Press, London.
- Todd, D. (1995). *Grounwater Hydrology, Associate Professor of Civil Enginnering*. California University.