



Identifikasi Zona Lemah Tanggul Daerah Aliran Sungai (DAS) Bumang Desa Kemuja Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner

Dea Amelia¹, Yekti Widyaningrum^{1,*}, Anisa Indriawati¹

¹Program Studi Fisika, Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Balunijuk, Merawang, Bangka
Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia 33172

*)E-mail korespondensi: yekti-widyaningrum@ubb.ac.id

Info Artikel:

Dikirim:

17 Januari 2024

Revisi:

1 September
2024

Diterima:

5 November 2024

Kata Kunci:

Tanggul DAS;
Konfigurasi
Wenner; Model
2D; Zona Lemah

Abstract

The Bumang Watershed serves as a drainage system originating from the Bumang Reservoir in Kemuja Village, Bangka Regency, designed to regulate water flow and prevent flooding in the surrounding rice fields. Since the construction of the Bumang Watershed embankment, structural damage has been observed, particularly in the upper section. The primary cause of this damage is underground erosion, which has weakened the embankment foundation, creating zones of structural vulnerability. To identify these weak zones, the Wenner configuration resistivity geoelectric method was employed due to its superior sensitivity to lateral variations in subsurface conditions. Field data acquisition was conducted using four traverses with varying electrode lengths and spacings. The 2D resistivity cross-section analysis revealed the presence of weak zones on tracks 1, 2, and 3. Specifically, on track 1, weak zones were detected at depths of 2.50–3.19 m and 1.30–3.19 m; on track 2, at depths of 0–2 m; and on track 3, at depths of 0–7 m, 2–4.50 m, and 0–4 m, respectively. These findings provide crucial insights into the structural integrity of the embankment and highlight the need for further assessment and potential reinforcement measures.

PENDAHULUAN

DAS Bumang merupakan aliran air yang berasal dari Waduk Bumang sejak tahun 2017 di Desa Kemuja, Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka. Keberadaan tanggul di sepanjang DAS Bumang sangat penting untuk menahan air agar tidak membanjiri sawah masyarakat disekitarnya. Tanggul DAS Bumang tersusun atas material tanah dan material lain berbentuk beton di tepi tanggul. Awalnya, struktur tanggul DAS Bumang hanya tersusun oleh material tanah, yang kemudian dipadatkan dengan tanah urug. Material tanah urug merupakan bahan yang sangat rentan terhadap keruntuhan sehingga dapat menyebabkan adanya kerusakan pada tanggul [1].

Sejak tanggul DAS Bumang dibangun, tanggul tersebut telah mengalami kerusakan pada bagian hulu DAS Bumang. Selain itu, tanggul DAS Bumang juga ditemukan beberapa amblesan sehingga mengakibatkan ketidakstabilan tanggul. Penyebab utama ketidakstabilan tanggul adalah adanya erosi bawah tanah. Erosi tersebut dipengaruhi oleh tanggul dalam kondisi jenuh

air, yang disebabkan adanya rembesan air pada badan tanggul [2]. Hal ini menyebabkan posisi dan pondasi tanggul menjadi lemah dan rawan yang teridentifikasi sebagai zona lemah. Zona lemah merupakan suatu lapisan tanah jenuh air yang bersifat lunak dan tidak kompak [3]. Air memiliki sifat sensitif terhadap kelistrikan sehingga air dapat diidentifikasi dengan metode geolistrik resistivitas [4]. Metode geolistrik resistivitas merupakan metode yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda arus dan elektroda potensial [3].

Berdasarkan studi awal yang dilakukan, ketinggian tanggul dari dasar tanah ke atas permukaan adalah $\pm 3,25$ meter dan ketinggian airnya adalah $\pm 1,2$ meter. Oleh karena itu, konfigurasi metode geolistrik resistivitas yang sesuai dan baik digunakan untuk mendapatkan informasi dengan kedalaman dangkal adalah konfigurasi Wenner. Konfigurasi ini memiliki sensitivitas terhadap perubahan secara lateral (mapping) yang cukup tinggi dengan susunan spasi elektroda tetap [5]. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi zona lemah pada tanggul DAS Bumang. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini berupa model dua dimensi bawah permukaan tanggul DAS Bumang yang menunjukkan kedalaman dan variasi nilai resistivitasnya. Dari hasil ini dapat diketahui lapisan tanah yang mempunyai nilai resistivitas rendah, sehingga dapat diperkirakan kedalaman lapisan zona lemah di badan tanggul DAS Bumang Desa Kemuja, Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Bumang Desa Kemuja, Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Penelitian ini diawali dengan tahapan persiapan yang mencakup survei awal lokasi penelitian, studi literatur, pembuatan desain akuisisi penelitian seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1 dan pemilihan konfigurasi elektroda.



Gambar 1. Desain Akuisisi Penelitian

Tahapan akuisisi data dilakukan dengan konfigurasi Wenner. Konfigurasi ini menggunakan susunan jarak spasi elektroda sama panjang. Pengukuran dilakukan dengan memindahkan semua elektroda secara bersamaan ke arah luar dengan jarak (a) selalu sama [5]. Adapun susunan elektroda konfigurasi Wenner seperti pada Gambar 2.

Tahapan pengolahan data lapangan dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai resistansi (R) menggunakan persamaan [5].

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

dimana R adalah resistansi (Ωm), V adalah beda potensial (Volt), dan I adalah kuat arus (Ampere). Kemudian menentukan faktor geometri (K) menggunakan persamaan [6].

$$K = 2\pi a \quad (2)$$

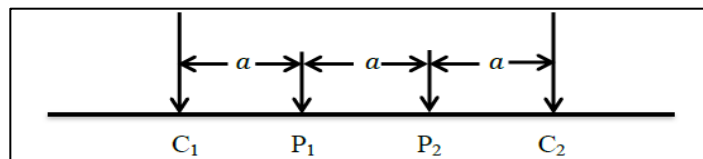
dimana K adalah faktor geometri dan a adalah jarak antar elektroda (m). Selanjutnya nilai resistivitas semu (ρ_a) menggunakan persamaan [6].

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

dimana ρ_a dinyatakan adalah resistivitas semu (Ωm), V adalah beda potensial (Volt), dan I adalah kuat arus (Ampere). Adapun untuk mendapatkan nilai *datum point* (dp) menggunakan persamaan [7].

$$dp = \frac{P_2 - P_1}{2} + P_1 \quad (4)$$

dimana P_1 = jarak spasi antara C_1 ke P_1 dan P_2 = jarak spasi antara P_1 ke P_2 .

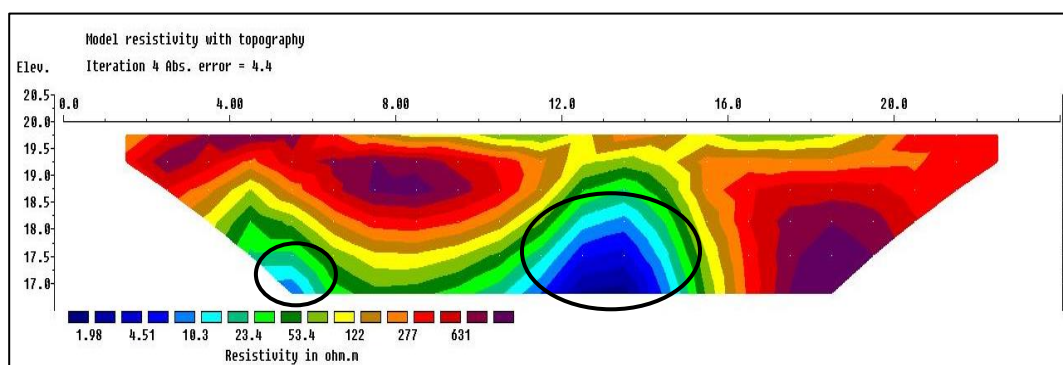


Gambar 2. Susunan Elektroda Konfigurasi Wenner

Setelah dilakukan perhitungan, langkah selanjutnya yaitu melakukan pemodelan 2D bawah permukaan tanggul DAS Bumang. Pemodelan 2D dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Res2Dinv. Hasil yang didapat berupa variasi nilai resistivitas sebenarnya (ρ) dan nilai *RMS Error*. Dari data tersebut akan didapatkan penampang 2D resistivitas batuan pada masing-masing lintasan pengukuran berdasarkan warna kontur dan kedalaman yang dihasilkan. Tahapan interpretasi data yang digunakan adalah kuantitatif dan kualitatif. Tahapan interpretasi kuantitatif didasarkan pada variasi nilai resistivitas (ρ) material batuan pada penampang 2D, Sedangkan tahapan interpretasi kualitatif dilakukan dengan data pendukung yaitu peta geologi regional daerah penelitian dan data komparator batuan sedimen.

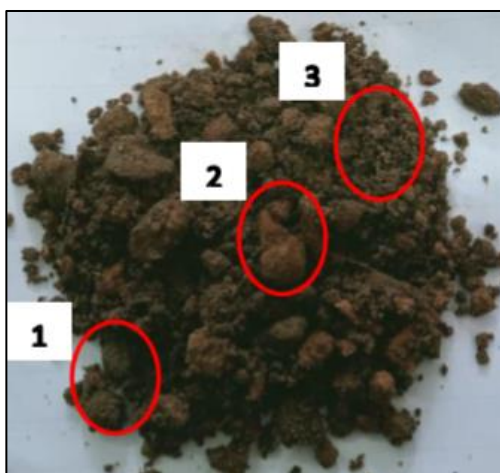
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini terdiri atas 4 lintasan dengan spasi elektroda yaitu $a = 4$ m untuk L_1 dan spasi elektroda $a = 8$ m untuk L_2 , L_3 , dan L_4 . Spasi tersebut diukur berdasarkan target kedalaman yang diinginkan yaitu ± 4 m dan ± 8 m. Lintasan 1 diukur sepanjang 24 m dengan spasi elektroda (a) 4 m dari arah selatan menuju utara. Hasil pengolahan data mendapatkan penampang 2D seperti pada Gambar 3 dengan nilai *RMS Error* sebesar 4,4 %. Penampang 2D yang dihasilkan pada lintasan 1 dimuat pada gambar 3.



Gambar 3. Penampang 2D Lintasan 1

Nilai resistivitas pada penampang 2D tersebut tersusun atas tiga zona resistivitas. Zona resistivitas rendah ditandai warna biru gelap hingga warna biru muda. Zona ini memiliki nilai resistivitas pada rentang $1,98 \Omega\text{m} - 10,3 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman $2,50 \text{ m} - 3,19 \text{ m}$ pada jarak elektroda $4 \text{ m} - 6 \text{ m}$ dan kedalaman $1,30 \text{ m} - 3,19 \text{ m}$ pada jarak elektroda $11 \text{ m} - 15 \text{ m}$. Zona ini diinterpretasikan sebagai material lempung basah yang memiliki kecocokan dengan jenis batuan penyusun tanggul DAS Bumang pada Gambar 4.

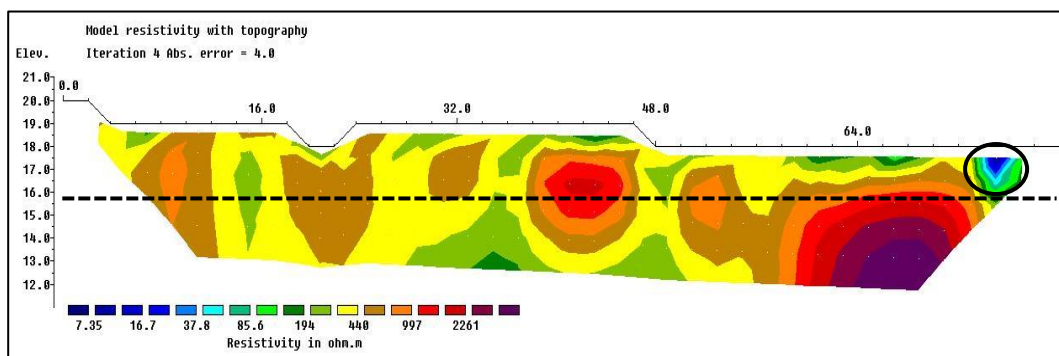


Gambar 4. Sampel Batuan Penyusun Tanggul Lintasan 1

Berdasarkan Gambar 4, lingkaran nomor 1 menunjukkan jenis batuan berupa lempung, lingkaran nomor 2 menunjukkan jenis batuan berupa kerikil, dan lingkaran nomor 3 menunjukkan jenis batuan berupa pasir kasar. Pada lapisan pertama tanggul material lempungnya dominan lebih kering. Hal ini yang menyebabkan lapisan pertama tanggul secara mayoritas lebih resistif sehingga nilai resistivitas yang didapat lebih besar, sedangkan lapisan pada kedalaman $1,30 \text{ m} - 3,19 \text{ m}$ material lempungnya cenderung lebih basah. Material lempung basah merupakan material kepadatan tanah yang lepas dan bersifat jenuh air [3]. Pada saat kondisi jenuh air, material tersebut memiliki sifat lunak dan mudah hancur atau berubah bentuk [8]. Hal ini menyebabkan lapisan tanah dengan kedalaman $1,30 \text{ m} - 3,19 \text{ m}$ lebih konduktif, sehingga nilai resistivitas yang didapat lebih kecil yang diindikasikan sebagai lapisan zona lemah [8].

Zona resistivitas sedang ditandai dengan warna biru kehijauan hingga warna kuning. Zona ini memiliki nilai resistivitas pada rentang $23,4 \Omega\text{m} - 122 \Omega\text{m}$. Pada zona ini diinterpretasikan sebagai material lempung kering bercampur pasir. Jenis material tersebut memiliki sedikit kandungan air. Sedangkan zona resistivitas tinggi ditandai dengan warna cokelat hingga warna ungu tua. Zona ini memiliki nilai resistivitas pada rentang $122 \Omega\text{m} - 631 \Omega\text{m}$. Pada zona ini diinterpretasikan sebagai material kerikil kering. Mayoritas material tersebut memiliki kecendrungan bersifat kering. Pada kondisi kering, pori-pori batuan tersebut tidak terisi oleh air sehingga sulit menghantarkan arus listrik. Oleh karena itu, zona resistivitas sedang dan tinggi bukan termasuk zona lemah.

Lintasan 2 memiliki panjang pengukuran 80 m dengan jarak antar elektroda (a) sebesar 8 m , yang diorientasikan dari arah selatan ke utara. Hasil pengolahan data menghasilkan penampang resistivitas 2D sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5, dengan nilai RMS Error sebesar 4% . Penampang 2D lintasan 2 (Gambar 5) menunjukkan adanya tiga zona resistivitas yang berbeda. Zona dengan resistivitas rendah ditandai oleh gradasi warna biru tua hingga biru muda, dengan rentang nilai resistivitas antara $7,35 \Omega\text{m}$ hingga $37,8 \Omega\text{m}$. Zona ini ditemukan pada kedalaman $0 - 2 \text{ m}$ pada jarak elektroda $74 - 76 \text{ m}$.



Gambar 5. Penampang 2D Lintasan 2

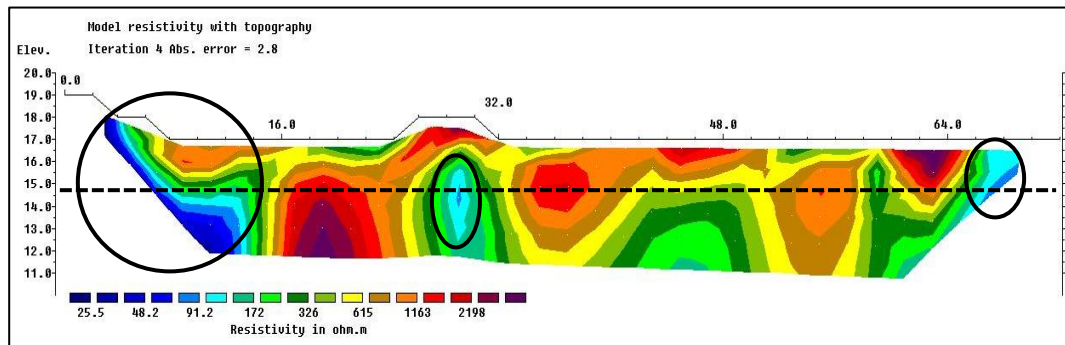
Zona resistivitas rendah tersebut diinterpretasikan sebagai material lempung basah yang sesuai dengan karakteristik batuan penyusun tanggul DAS Bumang sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 6. Dalam gambar tersebut, lingkaran pertama merepresentasikan material pasir halus, sementara lingkaran kedua menunjukkan keberadaan material lempung. Pada lapisan pertama tanggul, material lempung yang lebih basah lebih dominan. Lempung basah memiliki sifat tanah dengan kepadatan lepas serta kejenuhan air yang tinggi [3]. Ketika jenuh air, material ini menjadi lunak, mudah hancur, dan mengalami perubahan bentuk [8]. Hal ini menyebabkan beberapa titik pengukuran pada lapisan pertama tanggul menunjukkan nilai konduktivitas yang lebih tinggi, sehingga nilai resistivitas yang terdeteksi lebih rendah. Oleh karena itu, lapisan ini berpotensi mengalami amblesan dan dapat dikategorikan sebagai zona lemah [8]



Gambar 6. Sampel Batuan Penyusun Tanggul Lintasan 2

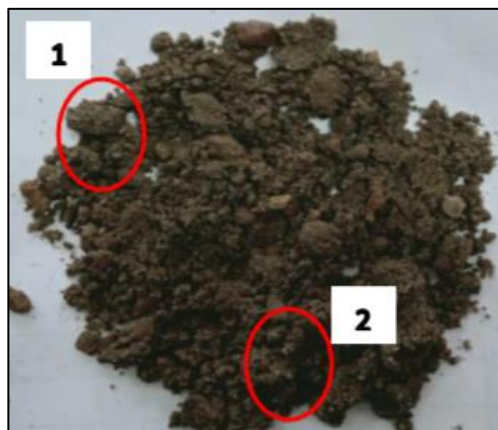
Zona resistivitas sedang ditunjukkan dengan warna biru kehijauan hingga kuning, dengan nilai resistivitas berkisar antara 85,6 Ωm hingga 440 Ωm . Zona ini diinterpretasikan sebagai lapisan lempung kering yang bercampur dengan pasir, yang memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan zona sebelumnya. Sementara itu, zona dengan resistivitas tinggi ditandai oleh gradasi warna coklat hingga ungu tua, dengan nilai resistivitas antara 440 Ωm hingga 2.261 Ωm . Zona ini diduga tersusun oleh material aluvium dan kerikil kering, yang secara umum memiliki kadar air yang sangat rendah. Pada kondisi kering, pori-pori batuan tidak terisi oleh air sehingga daya hantar listriknya sangat rendah. Dengan demikian, zona dengan resistivitas sedang dan tinggi tidak dikategorikan sebagai zona lemah.

Lintasan 3 diukur sepanjang 72 m dengan spasi elektroda (a) 8 m dari arah selatan menuju utara. Penampang 2D pada lintasan 3 ditampilkan seperti pada Gambar 7 dengan nilai RMS Error sebesar 2,8 %.



Gambar 7. Penampang 2D Lintasan 3

Penampang resistivitas 2D pada lintasan 3 menunjukkan tiga zona resistivitas yang berbeda. Zona dengan resistivitas rendah diidentifikasi melalui gradasi warna biru tua hingga biru muda, dengan rentang nilai resistivitas antara 25,5 Ωm hingga 91,2 Ωm . Zona ini ditemukan pada kedalaman 0–7 m di sepanjang jarak elektroda 0–15 m, kedalaman 2–4,5 m pada jarak elektroda 28–30 m, serta kedalaman 0–4 m pada jarak elektroda 64–72 m. Berdasarkan karakteristik resistivitasnya, zona ini diinterpretasikan sebagai material lempung basah yang bercampur pasir, yang memiliki kesesuaian dengan jenis batuan penyusun tanggul DAS Bumang sebagaimana ditampilkan pada Gambar 8.

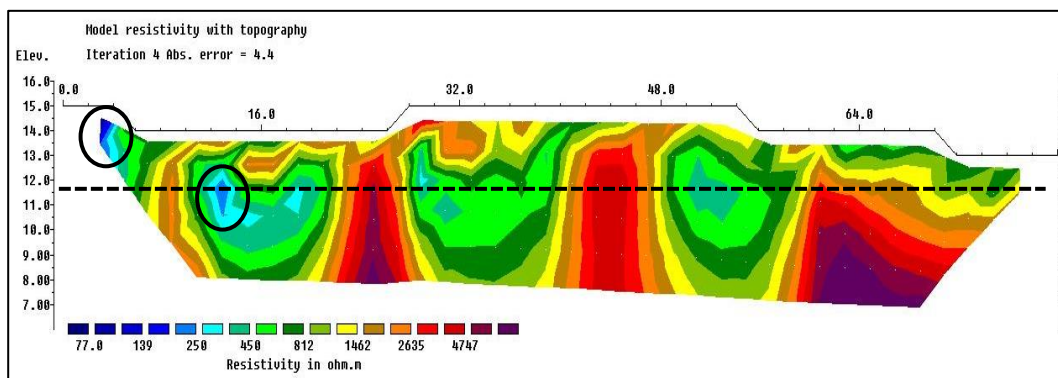


Gambar 8. Sampel Batuan Penyusun Tanggul Lintasan 3

Analisis sampel batuan dalam Gambar 8 menunjukkan bahwa lingkaran pertama merepresentasikan material lempung, sedangkan lingkaran kedua menunjukkan keberadaan pasir halus. Lapisan pertama tanggul didominasi oleh material lempung yang lebih basah. Lempung basah yang bercampur pasir memiliki struktur tanah yang longgar dan bersifat jenuh air [3]. Pada kondisi kejenuhan tinggi, material ini cenderung menjadi lunak, mudah mengalami kehancuran, dan berubah bentuk [8]. Akibatnya, lapisan pertama tanggul memiliki daya hantar listrik yang lebih tinggi, yang tercermin dalam nilai resistivitas yang lebih rendah. Oleh karena itu, zona ini berpotensi mengalami amblesan dan dikategorikan sebagai zona lemah [8].

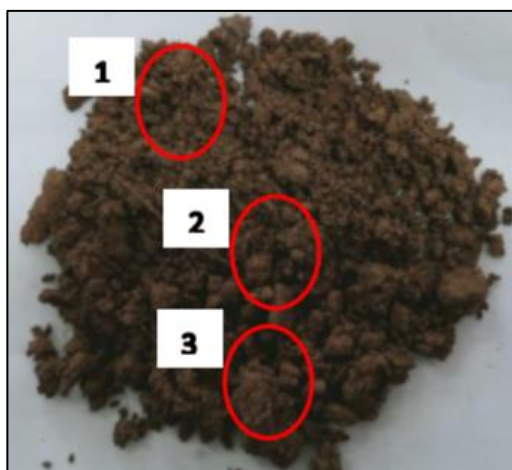
Zona resistivitas sedang ditandai dengan warna biru kehijauan hingga kuning, dengan rentang nilai resistivitas berkisar antara 172 Ωm hingga 615 Ωm . Zona ini diinterpretasikan sebagai lapisan kerikil, yang memiliki kadar air relatif rendah dibandingkan zona resistivitas rendah. Sementara itu, zona resistivitas tinggi ditandai oleh warna coklat hingga ungu tua, dengan rentang resistivitas antara 615 Ωm hingga 2.198 Ωm . Zona ini diidentifikasi sebagai material aluvium dan kerikil kering yang cenderung memiliki kadar air yang sangat rendah. Pada kondisi kering, pori-pori batuan tidak terisi oleh air, sehingga material ini memiliki daya hantar listrik yang rendah. Dengan demikian, zona dengan resistivitas sedang dan tinggi tidak termasuk dalam kategori zona lemah.

Lintasan 4 diukur sepanjang 80 m dengan spasi elektroda (a) 8 m dari arah selatan menuju utara. Gambar 9 merupakan penampang 2D dari lintasan 4 dengan nilai RMS Error sebesar 4,4 %.



Gambar 9. Penampang 2D Lintasan 4

Nilai resistivitas pada penampang 2D tersusun atas tiga zona resistivitas. Zona resistivitas rendah ditandai warna biru gelap hingga warna biru muda. Zona ini memiliki nilai resistivitas pada rentang $77 \Omega\text{m} - 250 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman 0 m – 2,80 m pada jarak elektroda 0 m – 4 m dan kedalaman 1,50 m – 4 m pada jarak elektroda 12 m – 14 m. Pada zona ini diinterpretasikan sebagai material lempung kering bercampur pasir yang memiliki kecocokan dengan jenis batuan penyusun tanggul DAS Bumang pada Gambar 10.



Gambar 10. Sampel Batuan Penyusun Tanggul Lintasan 4

Berdasarkan Gambar 10, lingkaran nomor 1 menunjukkan jenis batuan berupa pasir sedang, lingkaran nomor 2 menunjukkan jenis batuan berupa kerikil, dan lingkaran nomor 3 menunjukkan jenis batuan berupa lempung. Namun mayoritas material lempung penyusun tanggul dominan bersifat kering. Hal ini yang menyebabkan material batuan penyusun tanggul secara mayoritas lebih resistif sehingga nilai resistivitas yang didapat lebih besar. Selanjutnya, nilai resistivitas tersebut juga dipengaruhi oleh adanya retakan tanah pada titik pengukuran tersebut. Retakan tersebut disebabkan oleh adanya gorong-gorong yang dialiri oleh air yang cukup deras di bawah permukaan tanah. Oleh karena itu, zona ini bukan disebabkan oleh lapisan jenuh air, melainkan disebabkan oleh adanya gorong-gorong yang dialiri oleh air yang cukup deras.

Zona resistivitas sedang ditandai dengan warna biru kehijauan hingga warna kuning. Zona ini memiliki nilai resistivitas pada rentang $450 \Omega\text{m} - 1.462 \Omega\text{m}$. Pada zona ini diinterpretasikan sebagai material aluvium dan kerikil kering. Jenis material tersebut memiliki sedikit kandungan

air. Sedangkan zona resistivitas tinggi ditandai dengan warna coklat hingga warna ungu tua. Zona ini memiliki nilai resistivitas pada rentang $1.462 \Omega\text{m} - 4.747 \Omega\text{m}$. Pada zona ini diinterpretasikan sebagai material kerikil kering. Mayoritas material tersebut memiliki kecenderungan bersifat kering. Pada kondisi kering, pori-pori batuan tersebut tidak terisi oleh air sehingga sulit menghantarkan arus listrik. Semakin sedikit air yang terisi di badan tanggul semakin besar nilai resistivitas yang didapatkan [5]. Hal ini didukung oleh adanya beberapa tumbuhan pepohonan yang juga mempengaruhi nilai resistivitas terukur. Akibatnya, nilai resistivitas pada lintasan 4 memiliki nilai yang relatif lebih tinggi. Oleh karena itu, zona resistivitas rendah dan tinggi bukan termasuk zona lemah.

Berdasarkan nilai resistivitas, jenis material berupa lempung, pasir, dan kerikil pada lintasan 1, 2, 3, dan 4 memiliki kecocokan dengan data geologi daerah penelitian. Geologi daerah penelitian tersusun oleh Formasi Tanjung Genting (TRt) dan Formasi Aluvium (Qa). Formasi Tanjung Genting (TRt) berupa batupasir, batupasir lempungan dan batulempung. Sedangkan Formasi Aluvium (Qa) berupa lempung, pasir, kerikil dan kerakal [9].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, zona lemah pada tanggul DAS Bumang teridentifikasi pada beberapa lintasan. Pada lintasan 1, zona lemah ditemukan pada jarak 4–6 m dengan kedalaman 2,50–3,19 m serta pada jarak 11–15 m dengan kedalaman 1,30–3,19 m. Pada lintasan 2, zona lemah berada pada jarak 74–76 m dengan kedalaman 0–2 m. Sementara itu, pada lintasan 3, zona lemah terdeteksi pada beberapa lokasi, yaitu pada jarak 0–15 m dengan kedalaman 0–7 m, jarak 28–30 m dengan kedalaman 2–4,50 m, serta jarak 64–72 m dengan kedalaman 0–4 m. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa lintasan 1, 2, dan 3 memiliki potensi tinggi terhadap keruntuhan tanggul, sehingga perlu dilakukan tindakan mitigasi dan perkuatan struktur untuk mencegah kegagalan tanggul di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Trisnawati, D., Suhesti & Hidajat, W.K., 2019. Kajian Kekuatan Tanah dan Kestabilan Tubuh Tanggul Pada Rencana Tanggul Wedok Lumpur Sidoarjo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 2(3), pp.117-25.
- [2] Aitsebaomo, F.O., Adeyemi, O.A. & Quadri, a.H.A., 2013. *Electromagnetic Survey of Erosion in Awba, Ibadan, Nigeria Embankment Dam. International Journal Of Engineering And Science*, 3(3), pp.1-5.
- [3] Yudiana, R., Alaydrus, A.T. & Minardi, S., 2020. Korelasi Hambatan Jenis dan Hambatan Konus untuk Identifikasi Zona Lemah Di Desa Sekotong Barat, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, 2(2), pp.38-44.
- [4] Kusuma, W.B., 2017. Penggunaan Metode Resistivity Dalam Pemantauan Tanah Urugan. *Jurnal Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 7(1), pp.74-87.
- [5] Reynolds, J.M., 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. 2nd ed. UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- [6] Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge University Press.
- [7] Pramono, M.E., Ramadani, B. & Rafsanjani, R., 2017. Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan Tanah Gedung MIPA Tower dengan Metode Resistivitas Konfigurasi Wenner. *Jurnal Fisika Laboratorium*, pp.1-7.

- [8] Murwiyanti, T., Sehah & Raharjo, S.A., 2020. Identifikasi zona lemah pada ruas jalan utama Ajibarang – Gumelar kabupaten Banyumas menggunakan metode geolistrik resistivitas. *Jurnal Teras Fisika*, 3(1), pp.130-37.
- [9] Mangga, S. A. & Djamal, B., 1994. Peta Geologi Lembar Bangka Utara, Sumatera. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.