

IDENTIFIKASI KETIDAKSTABILAN TANGGUL WADUK DESA KEMUJA KABUPATEN BANGKA MENGGUNAKAN METODE *SELF-POTENTIAL* (SP)

Dea Amelia, Tina Asisah, Indah Santya, Tri Kusmita*, Yekti Widyaningrum

*Jurusan Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung, Jl. Balunijuk, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung
33172, Indonesia*

*email: trikusmita@ubb.ac.id

ABSTRAK

Waduk merupakan suatu bangunan buatan yang berfungsi untuk menampung air. Penyebab utama yang dapat menyebabkan kerusakan pada badan tanggul biasanya adalah keruntuhan tanggul yang disebabkan oleh ketidakstabilan tanggul tersebut. Ketidakstabilan tanggul dapat terjadi karena adanya rembesan air yang menyebabkan tanah menjadi jenuh air. Tanggul Waduk Desa Kemuja hingga saat ini terdapat beberapa retakan pada badan tanggul yang kemungkinan dapat menyebabkan keruntuhan tanggul apabila tidak ditangani lebih lanjut. Penelitian ini mengidentifikasi kondisi lapisan tanah pada tanggul agar dapat mengetahui ketidakstabilan tanggul Waduk di Desa Kemuja menggunakan metode geolistrik self-potential (SP). Penelitian ini dilakukan dengan mengukur 3 lintasan penelitian. Berdasarkan hasil penelitian, pada lintasan 1 terdapat ketidakstabilan tanggul pada jarak 110 m dengan nilai potensial sebesar -11,1 mV dan pada jarak 125 m sebesar -10,8 mV, pada lintasan 2 terdapat pada jarak 155 m sebesar -1,3 mV, dan pada lintasan 3 terdapat pada jarak 55 m sebesar -4,1 mV. Ketidakstabilan tanggul menunjukkan anomali negatif ketika rembesan air masuk ke tanggul. Zona ini dapat menyebabkan keruntuhan sehingga dapat mengganggu kestabilan tanggul. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa metode self-potential (SP) dapat digunakan sebagai solusi tercepat untuk mencegah kerusakan tanggul berdasarkan identifikasi ketidakstabilan tanggul.

Kata Kunci: *Tanggul; Kestabilan; Potensial Diri*

ABSTRACT

[Title: Identification Of Instability Of The Reservoir Empty In Kemuja Village, Bangka District Using The Self-Potential (Sp) Method] *This A reservoir is an artificial structure that functions to store water. The main cause that can cause damage to the embankment body is usually embankment collapse caused by the instability of the embankment. Embankment instability can occur due to water seepage which causes the soil to become saturated. The Kemuja Village Reservoir Embankment currently has several cracks in the embankment body which could possibly cause the embankment to collapse if not treated further. This research identifies the condition of the soil layer on the embankment in order to determine the instability of the reservoir embankment in Kemuja Village using the geoelectric self-potential (SP) method. This research was conducted by measuring 3 research trajectories. Based on the research results, on track 1 there is embankment instability at a distance of 110 m with a potential value of -11.1 mV and at a distance of 125 m of -10.8 mV, on track 2 there is at a distance of 155 m of -1.3 mV, and on path 3 there is a distance of -4.1 mV at a distance of 55 m. Embankment instability shows negative anomalies when water seepage enters the embankment. This zone can cause collapse which can disrupt the stability of the embankment. Based on the results obtained, it can be concluded that the self-potential (SP) method can be used as the fastest solution to prevent embankment damage based on identifying embankment instability.*

Keywords: *Embankment; Stability; Self Potential*

PENDAHULUAN

Waduk merupakan suatu bangunan buatan yang berfungsi untuk menampung air (Waskito *et al.*, 2016). Salah satu waduk yang ada di Kabupaten Bangka adalah Waduk Desa Kemuja yang dibangun pada tahun 2015. Waduk tersebut dibuat untuk pengairan sawah milik masyarakat Desa Kemuja, Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka. Keberadaan tanggul di sisi-sisi Waduk sangat berguna untuk menahan air agar tidak membanjiri sawah masyarakat. Tanggul Waduk tersebut terbuat dari material tanah yang berasal dari dasar Waduk

tersebut dan dari material lain berbentuk beton. Tanggul dari material tanah sangat rentan terhadap kerusakan tanggul (Ramia, 2015).

Penyebab utama yang dapat menyebabkan kerusakan pada badan tanggul biasanya adalah keruntuhan tanggul. Keruntuhan yang terjadi bisa berupa pergerakan massa tanah atau batuan yang disebabkan oleh ketidakstabilan tanggul tersebut (Naryanto *et al.*, 2019). Ketidakstabilan tanggul dapat terjadi karena adanya rembesan air yang menyebabkan tanah menjadi jenuh air (Huda *et al.*, 2019), sehingga posisi dan pondasi tanggul menjadi

lemah dan rawan terjadi amblesan (Aitsebaomo *et al.*, 2013).

Tanggul Waduk Desa Kemuja hingga saat ini terdapat beberapa retakan pada badan tanggul yang kemungkinan dapat menyebabkan keruntuhan tanggul apabila tidak ditangani lebih lanjut. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi lapisan tanah pada tanggul agar dapat mengetahui ketidakstabilan tanggul Waduk di Desa Kemuja menggunakan metode geolistrik *self-potential* (SP).

Metode geolistrik *self-potential* (SP) merupakan salah satu metode geofisika yang prinsip kerjanya adalah mengukur tegangan statis alam (*statis natural voltage*) (Reynolds, 1997). Metode ini telah dimanfaatkan untuk identifikasi ketidakstabilan tanggul (Sidoarjo *et al.*, 2017), pergerakan air tanah (Nordiana *et al.*, 2018), aliran sungai bawah tanah (Hasan *et al.*, 2018), kebocoran pada bendungan (Thanh *et al.*, 2020), dan zona mineralisasi (Kusmita *et al.*, 2022).

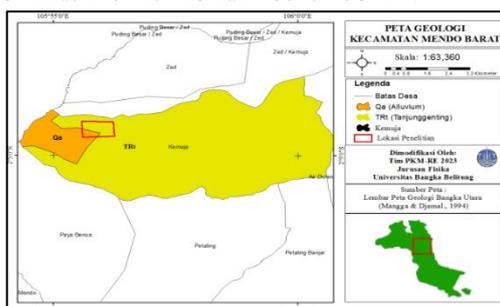
Sungkono *et al.* (2020) mengemukakan kerusakan tanggul kebanyakan disebabkan oleh rembesan air yang mengalir melalui celah, rekahan ataupun retakan yang terdapat pada badan tanggul. Celah, rekahan ataupun retakan tersebut dapat diidentifikasi menggunakan metode geolistrik *self-potential* (SP). Anomali *self-potential* menunjukkan anomali negatif ketika rembesan air masuk ke tanggul (Sungkono *et al.*, 2020) dan dapat juga berkisar dari -4 mV dan -50 mV (Oglivy, 1969).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi ketidakstabilan tanggul Waduk di Desa Kemuja, Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka menggunakan metode geolistrik *self-potential* (SP). Hasil yang diharapkan dapat memberikan informasi letak zona rembesan yang terjadi pada badan tanggul.

METODE

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Waduk Desa Kemuja, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Lokasi penelitian ini terletak pada koordinat 2°04'29"LS dan 105°57'38"BT.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu multimeter, GPS (*Global Positioning System*), *porous-pot* non polarisasi, meteran, kabel listrik, dodos, sekop tanah, *handy talkie* (HT), alat tulis, penjepit buaya, kertas sampel, kompas, *loop* batuan dan komparator batuan sedimen. Bahan-bahan yang digunakan adalah CuSO₄, tembaga, dan aquades.

Prosedur Penelitian

Adapun tahapan-tahapan pada penelitian ini yaitu survei pendahuluan, studi literatur, pembuatan desain akuisisi, pembuatan *porous-pot*, uji kapilaritas dan uji *porous-pot*, akuisisi data lapangan, reduksi data *self-potential* (SP).

Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan dengan melakukan peninjauan lokasi terlebih dahulu. Hal ini diperlukan untuk melihat kondisi dan situasi dari lokasi yang akan dilakukan akuisisi data lapangan. Berdasarkan hasil survei pendahuluan, kondisi tanah di lokasi tanggul tersebut mengalami beberapa keretakan pada badan tanggul. Hasil survei ini dijadikan sebagai landasan untuk menentukan lokasi pengukuran dan desain survei yang digunakan.

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari berbagai penelitian tentang metode geolistrik *self-potential* (SP) yang bersumber dari jurnal nasional, jurnal internasional, prosiding, buku, dan peta geologi.

Pembuatan Desain Akuisisi

Desain akuisisi dibuat dengan mengukur 3 lintasan (**Gambar 2**). Adapun panjang lintasan 1 yaitu 130 m, lintasan 2 yaitu 155 m, dan lintasan 3 yaitu 120 m dengan jarak spasi 5 m.



Gambar 2. Desain Akuisisi Penelitian

Pembuatan porous-pot

Porous-pot dibuat sebagai media untuk mengalirkan larutan elektrolit ke dalam tanah. Dalam akuisisi data lapangan digunakan 4 buah *porous-pot*, 2 buah *porous-pot* untuk pengukuran

potensial di *base* dan 2 buah *porous-pot* di lintasan (data *rover*). *Porous-pot* yang digunakan mengikuti desain sesuai **Gambar 3** dan **Gambar 4** berikut.



Gambar 3. Desain *Porous-pot*



Gambar 4. *Porous-pot*

Uji Kapilaritas dan Uji *Porous-pot*

Uji kapilaritas dan uji *porous-pot* dilakukan sebelum melakukan akuisisi lapangan. Pengujian ini bertujuan untuk melihat kondisi *porous-pot* dalam keadaan baik atau tidak sebelum digunakan. Adapun data uji kapilaritas dan uji *porous-pot* seperti pada (Tabel 1) dan (Tabel 2).

Tabel 1. Uji Kapilaritas

No.	Di udara (mV)	Di atas permukaan (mV)			Di dalam tanah (mV)		
3 – 8 – 11							
3-8	0,7	-1,5	-1,7	-1,8	2,2	1,2	1,1
3-11	0,2	3,2	3,2	2,2	2,8	2,5	2,8
8-11	-0,5	-5,6	-5,7	-5,7	6,2	6,5	6,6
31 – i – 10 – f							
31-i	-0,1	2,7	2,5	2,5	-5,8	-6,1	-6,4
31-10	-0,4	3,7	3,7	3,7	-8,5	-8,0	-7,9
31-f	-0,3	-5,1	-7,1	-6,4	-7,7	-8,4	-8,7
1-10	-0,3	4,1	4,2	4,1	-9,2	-8,7	-8,8
1-f	0,4	-1,7	-1,6	-2,0	2,9	2,8	3,0
10-f	-4,1	-6,3	-7,2	-7,6	-8,2	-8,3	-8,1

Tabel 2. Uji *Porous-pot*

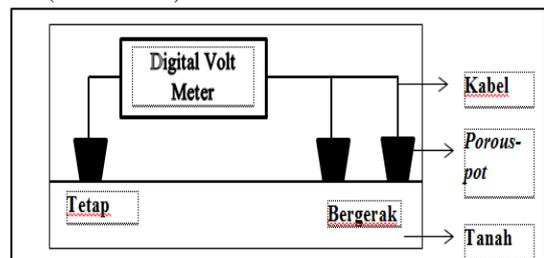
No	Waktu					
	6.20	7.20	8.20	9.20	10.20	11.20
(cm)						
3	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5
8	7	7	6,8	6,8	6,8	6,7
11	7	5,8	4,2	4	3	2,1

31	7	7	6,7	6,2	5,8	5,2
i	7	7	6,8	6,8	6,7	6,6
10	7	6	6	4,5	3,5	2,3
f	7	5,6	4	3,6	2,3	1,5

No	Waktu					
	6.20	7.20	8.20	9.20	10.20	11.20
(cm)						
3	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
8	6,7	6,7	6,7	6,6	6,6	6,6
11	1	0,5	0,1	0	0	0
31	4,6	4,4	4,2	3,5	3,3	2,4
i	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5	6,4
10	1,8	1,4	1	0,2	0,1	0
f	0,5	0,2	0	0	0	0

Akuisisi Data Lapangan

Akuisisi data lapangan metode *self-potential* (SP) dilakukan dengan menggunakan teknik *fixed-base* (**Gambar 5**).



Gambar 5. Teknik *Fixed-Base*

Akuisisi data lapangan dilakukan dengan melakukan pengukuran potensial di *base* dan di lintasan. Pengambilan data potensial pada *base* dilakukan setiap 3 menit dan diukur terlebih dahulu sebelum pengambilan data *rover* dimulai. Sedangkan durasi pengambilan data *rover* sekitar 2-3 detik sebanyak tiga kali pengukuran di setiap titik di semua lintasan. Selain itu, juga dilakukan pengambilan data topografi dan koordinat titik pengukuran dengan menggunakan GPS. Dari akuisisi data lapangan tersebut, didapat data elevasi dan data anomali *self-potential*. Data pendukung lainnya adalah data ukuran butir batuan sedimen yang diukur menggunakan komparator batuan sedimen.

Reduksi Data *Self-Potential*

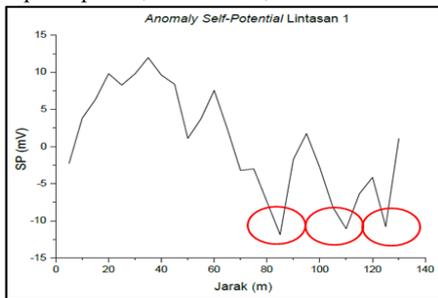
Anomali *self-potential* yang didapat dari pengukuran masih mengandung sinyal asli bawah permukaan dan *noise* sehingga perlu dikoreksi terlebih dahulu. Koreksi yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari *closure correction* dan *diurnal correction*. *Closure correction* merupakan nilai SP rata-rata dikurangi dengan nilai *drift* dibagi total jumlah

data pengukuran dan dikali dengan nilai SP rata-rata. Sedangkan *diurnal correction* merupakan nilai *closure correction* dikurangi nilai variasi diurnal. Variasi diurnal adalah selisih antara nilai beda potensial pada waktu tertentu dan beda potensial hasil pengukuran pada *base*.

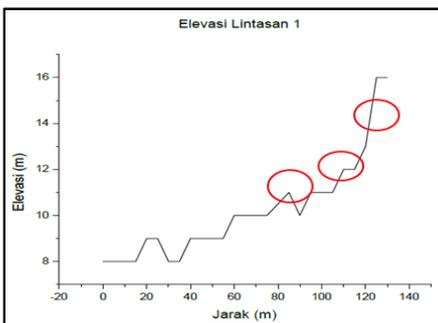
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lintasan 1

Lintasan 1 diukur sepanjang 130 m dengan spasi elektroda (a) 5 m dari arah timur menuju barat. Adapun hasil pengukuran di lapangan mendapatkan kurva anomali *self-potential* terhadap jarak seperti pada (Gambar 6).



a



b

Gambar 6. a) Kurva Anomali *Self-Potential* Terhadap Jarak, b) Kurva Elevasi Terhadap Jarak Pada Lintasan 1

Berdasarkan Gambar 6 (a), menunjukkan nilai potensial bervariasi yaitu dari -11,9 mV hingga 12,0 mV. Nilai potensial yang lebih positif berada di sebelah timur, sedangkan nilai potensial yang lebih negatif berada di sebelah barat. Pada Gambar tersebut, diketahui bahwa nilai potensial negatif yang bernilai tinggi berada pada jarak 85 m dari titik awal pengukuran. Pada jarak tersebut, nilai potensial yang didapatkan sebesar -11,9 mV. Hal ini menunjukkan bahwa nilai potensial dipengaruhi oleh adanya daerah aliran sungai (DAS) kecil yang dilintasi lintasan penelitian.

Berdasarkan Gambar 6 (a), zona anomali potensial negatif terdapat pada jarak 110 m dari titik awal pengukuran dengan nilai potensial sebesar -11,1 mV dan pada jarak 125 m dari titik awal

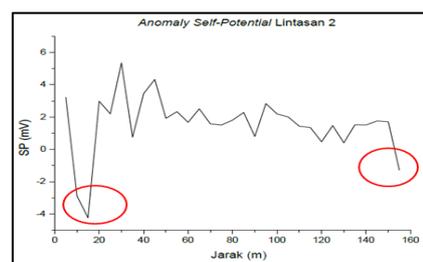
pengukuran dengan nilai potensial sebesar -10,8 mV. Kemudian dibandingkan dengan Gambar 6 (b), menunjukkan bahwa topografi pada jarak 110 m dan 125 m cukup tinggi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Sungkono et al, 2020) menyatakan bahwa anomali *self-potential* negatif bisa diasosiasikan dengan air tanah dan bisa rembesan pada tanggul. Jika nilai potensial negatif di topografi rendah, anomalnya disebabkan oleh adanya air tanah. Hal ini dikarenakan air tanah mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang rendah. Sedangkan jika nilai potensial negatif di topografi tinggi, anomalnya disebabkan oleh adanya rembesan air pada badan tanggul. Sesuai menurut Oglivly (1969) dan Sungkono (2020) yang menyatakan bahwa pengamatan menggunakan metode *self-potential* menunjukkan anomali negatif ketika rembesan air masuk ke tanggul.

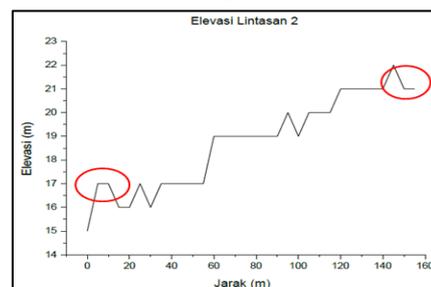
Zona ini dapat menyebabkan keruntuhan sehingga dapat mengganggu kestabilan tanggul, yang mudah menyebabkan kerusakan pada badan tanggul. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa metode *self-potential* (SP) dapat digunakan sebagai solusi tercepat untuk mencegah kerusakan tanggul berdasarkan identifikasi ketidakstabilan tanggul.

Lintasan 2

Lintasan 2 diukur sepanjang 155 m dengan spasi elektroda (a) 5 m dari arah utara menuju selatan. Adapun hasil pengukuran di lapangan mendapatkan sebuah kurva anomali *self-potential* terhadap jarak seperti pada (Gambar 7).



a



b

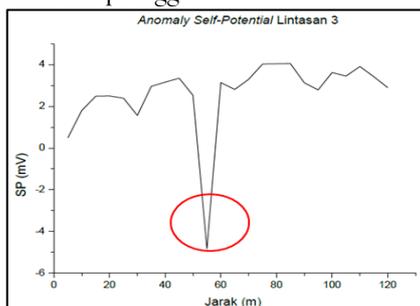
Gambar 7 a) Kurva Anomali *Self-Potential* Terhadap Jarak, b) Kurva Elevasi Terhadap Jarak Pada Lintasan 2

Gambar 7 (a) menunjukkan nilai potensial dari negatif ke positif yaitu dari -4,2 mV hingga 5,4 mV. Nilai potensial yang lebih tinggi berada di bagian selatan, sedangkan nilai potensial yang lebih rendah berada di bagian utara. Pada Gambar tersebut, diketahui bahwa nilai potensial negatif berada pada jarak 10 m hingga 15 m dari titik awal pengukuran dengan nilai potensial yang didapatkan yaitu dari -2,9 mV ke -4,2 mV. Hal ini disebabkan oleh adanya daerah aliran sungai (DAS) kecil yang berada di ujung-ujung lintasan penelitian.

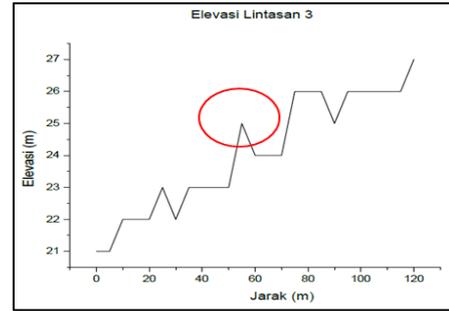
Berdasarkan Gambar 7 (a), zona anomali potensial negatif terdapat pada jarak 155 m dari titik awal pengukuran dengan nilai potensial sebesar -1,3 mV. Kemudian dibandingkan dengan Gambar 7 (b), menunjukkan bahwa topografi pada jarak 155 m cukup tinggi. Berdasarkan penelitian sebelumnya, bahwa potensial negatif bisa diasosiasikan dengan air tanah dan bisa rembesan pada tanggul. Jika nilai potensial negatif di topografi rendah, anomalnya disebabkan oleh adanya air tanah. Hal ini dikarenakan air tanah mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang rendah. Sedangkan jika nilai potensial negatif di topografi tinggi, anomalnya disebabkan oleh adanya rembesan air pada badan tanggul. Sesuai menurut Oglivy (1969) dan Sungkono (2020) yang menyatakan bahwa pengamatan menggunakan metode *self-potential* menunjukan anomali negatif ketika rembesan air masuk ke tanggul.

Lintasan 3

Lintasan 3 diukur sepanjang 120 m dengan spasi elektroda (a) 5 m dari arah barat menuju timur. Adapun hasil pengukuran di lapangan mendapatkan sebuah kurva anomali *self-potential* terhadap jarak seperti pada (Gambar 8). Berdasarkan Gambar 8 (a), menunjukkan nilai potensial bervariasi yaitu dari -4,8 mV hingga 4,1 mV. Nilai potensial tersebut cenderung bernilai positif. Pada Gambar tersebut, diketahui bahwa zona anomali potensial terdapat pada jarak 55 m dari titik awal pengukuran dengan nilai potensial negatif sebesar -4,1 mV. Kemudian dibandingkan dengan Gambar 8 (b), menunjukkan bahwa topografi pada jarak 55 m cukup tinggi.



a



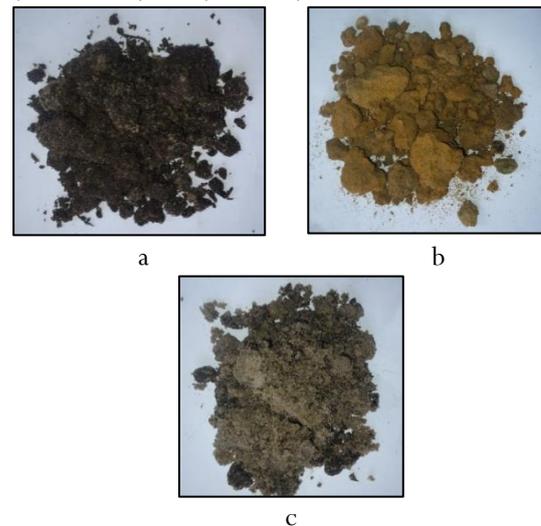
b

Gambar 8. a) Kurva Anomali *Self-Potential* Terhadap Jarak, b) Kurva Elevasi Terhadap Jarak Pada Lintasan 3

Berdasarkan penelitian sebelumnya, bahwa potensial negatif bisa diasosiasikan dengan air tanah dan bisa rembesan pada tanggul. Jika nilai potensial negatif di topografi rendah, anomalnya disebabkan oleh adanya air tanah. Sedangkan jika nilai potensial negatif di topografi tinggi, anomalnya disebabkan oleh adanya rembesan air pada badan tanggul. Sesuai menurut Oglivy (1969) dan Sungkono (2020) yang menyatakan bahwa pengamatan menggunakan metode *self-potential* menunjukan anomali negatif ketika rembesan air masuk ke tanggul.

Uji Komparator Batuan Sedimen

Zona rembesan air juga dipengaruhi oleh jenis material pada lokasi penelitian. Pada penelitian ini dilakukan uji komparator batuan sedimen sebagai data pendukung. Adapun jenis material batuan sedimen di setiap lintasan penelitian seperti pada (Gambar 9) dan (Tabel 3).



Gambar 9. Jenis Material Batuan Sedimen, a) Lintasan 1, b) Lintasan 2, c) Lintasan 3

Tabel 3. Karakteristik Jenis Batuan Sedimen

No	Nama Batuan	Warna	Perkiraan Butir%
a.	- Batu lempung	- Coklat tua	- >50%
b.	- Batu lanau	- Jingga	- >50%
c.	- Batu pasir halus	- Coklat muda	- 35%
	- Batu lempung	- Coklat tua	- 20%

Berdasarkan Gambar 9, terdapat tiga jenis material batuan sedimen yaitu batulempung, batupasir halus, dan lanau. Dimana lapisan tanah tersebut merupakan lapisan tanah bersifat jenuh air dan memiliki porositas tinggi. Hal ini menyebabkan jenis material tersebut memiliki tingkat kerentanan yang tinggi, sehingga berpotensi terjadinya amblesan (Yudiana *et al.*, 2020).

Selanjutnya jenis material tersebut menunjukkan kecocokan dengan data geologi daerah penelitian. Dimana data geologi daerah penelitian tersusun oleh dua Formasi yaitu Formasi Tanjung Genting (TRt) dan Formasi Aluvium (Qa) seperti pada (**Gambar 1**). Formasi Tanjung Genting (TRt) terdiri dari batupasir, batupasir lempungan dan batulempung. Sedangkan Formasi Aluvium (Qa) terdiri dari lempung, pasir, kerikil dan kerakal (Mangga & Djamal, 1994).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis pada data hasil penelitian maka diperoleh kesimpulan yaitu pada lintasan 1 terdapat ketidakstabilan tanggul pada jarak 110 m dengan nilai potensial sebesar -11,1 mV dan pada jarak 125 m dengan nilai potensial sebesar -10,8 mV, pada lintasan 2 terdapat pada jarak 155 m dengan nilai potensial sebesar -1,3 mV, dan pada lintasan 3 terdapat pada jarak 55 m dengan nilai potensial sebesar -4,1 mV. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa metode *self-potential* (SP) dapat digunakan sebagai solusi tercepat untuk mencegah kerusakan tanggul berdasarkan identifikasi ketidakstabilan tanggul.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode tambahan seperti metode geolistrik resistivitas agar dapat mengetahui kedalaman letak zona rembesan yang terjadi pada badan tanggul.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan (Belmawa) Kementri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemdikbudristek) yang telah memberikan pendanaan PKM-RE tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Aitsebaomo, F. O., Adeyemi, O. A., & Quadri, H. A. (2013). *Electromagnetic Survey of Erosion in Awba, Ibadan, Nigeria Embankment Dam*. 3(3), 1–5.
- Arman, Y. (2023). *Application of Self-Potential Method in Mapping Leachate Flow Around Rasau Jaya Landfills, Kubu Raya Regency*. 7(1), 8–16.
- Haraty, S. R., Arliska, E. A., Septialara, A., Universitas, G., Oleo, H., & Tenggara, S. (2022). Pendugaan Kandungan Air Dekat Permukaan Menggunakan Metode Self Potential Di Kabupaten Konawe. *Estimation Of Water Content Near-Surface Using*. 08(02), 103–112.
- Hasan, M. F., Susilo, A., & Sunaryo. (2018). Identification of Underground River Flow Pattern Using Self Potential (SP) and Resistivity Methods for Drought Mitigation at Druju, Sumbermanjing Wetan, Indonesia. *Disaster Advances*, 11(5), 25–31.
- Huda, A. L., & W, S. P. R. (2019). *Evaluasi Tekanan Air Pori dan Rembesan Pada Bendungan Panohan*. 4(2), 102–111.
- Kusmita, T., Indriawati, A., & Widyaningrum, Y. (2022). Sebaran Mineral Ikutan Timah di Wilayah Bekas Penambangan menggunakan Metode *Self Potential* (SP) sebagai Indikasi Awal Keterdapatan Logam Tanah Jarang (LTJ). *Journal Online of Physics*, 7(2), 54–58.
- Mangga, S. A., & Djamal B., 1994. *Peta Geologi Lembar Bangka Utara, Sumatera*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Naryanto, H.S. et al., 2019. Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), pp.272-82.
- Nordiana, M. M., Olughbenga, A. T., Saharudin, M. A., Nabila, S., & Hidayah Ismail, N. El. (2018). *The Application of 2-D Resistivity and Self Potential (SP) Methods in Determining the Water Flow*. *Journal of Physics: Conference Series*, 995, 1–9.

- Oglivy, A. A., Ayed, M. A., and Bogoslovsky, V. A., 1969. *Geophysical Studies of Water Leakages From Reservoirs*, *Geophys. Prosp.*, 22, 36-62.
- Ramia, I. N. (2014). Analisis Keruntuhan Dinding Penahan Dan Perencanaan Perkuatan (Studi Kasus Keruntuhan Dinding Penahan Tanah Pada Perumahan Alanna Prestige Buit Kerobokan. 127–131.
- Reynolds, J.M., 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Sidoarjo, T. L., Haf, R. S., & Santosa, B. J. (2017). *Penerapan Metode Continuous Wavelet Transform pada Data Self-Potential*. 6(2).
- Sungkono, Masithoh N. Wasilah, Yekti Widyaningrum, Wildan M. Hidayatullah, Fandi A. Fathoni & Alwi Husein., 2020. *Self-Potential Method to Assess Embankment Stability: A Study Related to the Sidoarjo Mud Flow*. *J. Eng. teknologi. Sci.* 52 (5): 707-731.
- Thanh, L. D., Thai, N. C., Hung, N. M., Thang, N. C., & Huong, L. T. T. (2020). *Self-Potential Method for Detection of Water Leakage Through Dams*. *Earth Science Malaysia*, 4(2), 152–155.
- Waskito, F., Yulianto, T. & Suprpto, D.J., 2016. Analisis Rembesan Pada Bendungan Cengklik Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Dan Uji Permeabilitas Untuk Menghitung Debit Rembesan. *Youngster Physics Journal*, 5(4), pp.425-32.
- 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.