STABILITY ANALYSIS FOR EMBANKMENTS WITH GEOELECTRICITY

ANALISIS STABILITAS UNTUK TANGGUL DENGAN GEOLISTRIK

Teddy W Sudinda¹ dan Adrin Tohari²

¹ Pusat Teknologi Lingkungan Gedung Geostech 820, Puspiptek Serpong 15314, Indonesia,

² Pusat Geologi Teknik LIPI Bandung
e-mail: teddy.sudinda@gmail.com

Abstract

The collapse of the embankment is a problem that needs attention to find the right solution, so that the risk can be minimized. The condition of the embankment is influenced by the strength of the soil layer of the embankment, groundwater flow in the embankment, the condition of the water level of the embankment and human activities around the embankment. Changes in the quality of soil density in the embankment can form cavity zones within the embankment which cause changes in groundwater flow patterns in the embankment. The degradation of the soil layer of the embankment can cause piping, overtopping which is the cause of erosion of the embankment body and disturbs the stability of the embankment. Therefore, to determine the condition of the embankment soil layer, research on the stability of the embankment has been carried out using the geoelectric method at the location of the embankment in the Cipancuh and Penjalin reservoirs, so that an image of the embankment soil layer is obtained to determine the cavity zones in the embankment, the flow pattern in the embankment soil layer.

Keywords: *cavity zones, flow patterns, geoelectric methods, the stability of the embankment.*

Abstrak

Keruntuhan tanggul merupakan masalah yang perlu diperhatikan untuk dicarikan solusi yang tepat, sehingga dapat diperkecil risikonya. Kondisi tanggul dipengaruhi oleh faktor kekuatan lapisan tanah tanggul, aliran air tanah dalam tanggul, kondisi tinggi muka air tanggul dan aktifitas manusia di sekitar tanggul. Perubahan kualitas kepadatan tanah tanggul dapat membentuk zona-zona rongga di dalam tanggul yang menyebabkan perubahan pola aliran air tanah dalam tanggul. Penurunan kualitas lapisan tanah tanggul tersebut dapat menyebabkan *piping*, *overtopping* yang merupakan penyebab tergerusnya badan tanggul dan mengganggu kestabilan tanggul. Oleh karena itu, untuk mengetahui kondisi lapisan tanah tanggul telah dilakukan penelitian kestabilan tanggul dengan menggunakan metoda geolistrik pada lokasi tanggul waduk Cipancuh dan Penjalin, sehingga diperoleh citra lapisan tanah tanggul untuk mengetahui zona-zona rongga di dalam tanggul, pola aliran dalam lapisan tanah tanggul.

Kata kunci: zona-zona rongga, pola aliran, metoda geolistrik, kestabilan tanggul.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peristiwa bencana akibat kegagalan tanggul Situ Gintung pada tahun 2009 memberikan pelajaran betapa pentingnya evaluasi kestabilan tanggul-tanggul tua di Indonesia. Kestabilan tanggul dipengaruhi oleh faktor kondisi kekuatan lapisan tanah tanggul, aliran air dalam tanggul, aktifitas manusia di sekitar tanggul, dan lain-lain. Proses pelapukan lapisan tanah akibat cuaca selama masa kerja tanggul dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan lapisan tanah tanggul. Selain itu, perubahan kualitas kepadatan tanah tanggul dapat membentuk zona-zona rongga di dalam tanggul yang dapat menyebabkan perubahan pola aliran air dalam tanggul. Penurunan kualitas lapisan tanah tanggul tersebut dapat menyebabkan *piping*, *overtopping*, dll, yang akan mengganggu kestabilan tanggul. Oleh karena itu, perlu dilakukan investigasi kondisi lapisan tanah tanggul untuk mengetahui kestabilan tanggul saat ini, sehingga upaya perbaikan dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya bencana longsor. Untuk itu, perlu citra lapisan tanah tanggul untuk mengetahui zona-zona rongga di dalam tanggul dan pola aliran dalam lapisan tanah tanggul. Data tersebut dapat diperoleh melalui investigasi geofisika bawah permukaan. Penelitian terdahulu mengidentifikasi *Scouring* sebagai Potensi Kelongsoran Tanggul berdasarkan metoda Geofisika survei Ground Penetration Radar .(Warnana, 2008)

Penelitian ini dilakukan di Tanggul Waduk Cipancuh (Gambar 1) yang terletak di Desa Situraja, Kecamatan Gantar, Kabupaten Indramayu, dan Tanggul Penjalin yang berada di Desa Winduaji, Kecamatan Paguyangan, Kabupaten Brebes (Gambar 2). Tanggul Waduk Cipancuh dan Penjalin merupakan tanggul tipe urugan tanah lempung yang dibangun antara tahun 1927-1930 dengan dimensi sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1. Dimensi tanggul.

	Cipancuh	Penjalin
Elevasi dasar terendah (m)	24.10	324.25
Elevasi atas (m)	31.70	342.25
Panjang (m)	3300	800
Lebar atas (m)	9.60	4.00
Tinggi (m)	7,60	19.00

Gambar 1. Tanggul Waduk Cipancuh

Gambar 2. Tanggul Waduk Penjalin.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk mendayagunakan metode geofisika untuk mengevaluasi kondisi kestabilan tanggul tanah homogen. Sedangkan tujuan dari kegiatan investigasi ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kondisi struktur dan zona air terperangkap dan pola aliran air di dalam tanggul.
2. Melakukan rekomendasi peningkatan kestabilan tanggul.

Penelitian ini meliputi kegiatan sebagai berikut:

- Survei geolistrik untuk mendapatkan profil tahanan jenis lapisan tanah dalam tanggul/ Survei geolistrik dilakukan di badan tanggul dengan arah sejajar dan tegak lurus tanggul.
- Menganalisa data geolistrik untuk mengetahui zona lemah, zona air terperangkap dan pola aliran air.

1.3. Permasalahan Kestabilan Tanggul

Berdasarkan informasi yang diperoleh, pada tahun 2009 dan 2010 dijumpai permasalahan kestabilan lereng tanggul Cipancuh berupa:

1. Retakan memanjang pada puncak bendungan
2. Di beberapa tempat lereng hilir terjadi longsoran-longsor dan penurunan

permukaan tanggul hingga 1.5 m.

Pengamatan di lapangan, penanggulangan yang dilakukan saat ini berupa pembuatan bronjong di badan bawah tanggul, dengan panjang bervariasi 50, 75 dan 100 meter. Disinyalir, permasalahan kestabilan tanggul disebabkan oleh penjenjutan badan tanggul akibat kebocoran di badan tanggul, Berdasarkan informasi di lapangan kebocoran tetap masih terus berlangsung.

2. BAHAN DAN METODE

Untuk mencapai tujuannya, maka kegiatan investigasi ini akan dilakukan berdasarkan tahapan kegiatan dan metodologi sebagai berikut:

- Pelaksanaan investigasi diawali dengan melakukan inventarisasi dan pengumpulan data terdahulu yang antara lain terdiri dari :
- a) Data Geologi dan Geoteknik antara lain meliputi: data lapisan tanah, penampang Geoteknik, data pergerakan lereng tanggul.
 - b) Data hidrologi tanggul, meliputi fluktuasi muka airtanah dalam tanggul, muka air waduk; dan informasi lain yang relevan dengan permasalahan yang akan dihadapi.

2.1. Konfigurasi Geolistrik

Metoda geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya yang ke 4 buah elektrodanya terletak dalam satu garis lurus dengan posisi elektroda AB dan MN yang simetris terhadap titik pusat pada kedua sisi yaitu konfigurasi Wenner dan Schlumberger. Setiap konfigurasi mempunyai metoda perhitungan tersendiri untuk mengetahui nilai ketebalan dan tahanan jenis batuan di bawah permukaan. Metoda geolistrik konfigurasi Schlumberger merupakan metoda favorit yang banyak digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan batuan bawah permukaan dengan biaya survei yang relatif murah. Umumnya lapisan batuan tidak mempunyai sifat homogen sempurna, seperti yang dipersyaratkan pada pengukuran geolistrik. Untuk posisi lapisan batuan yang terletak dekat dengan permukaan tanah akan sangat berpengaruh terhadap hasil pengukuran tegangan dan ini akan membuat data geolistrik menjadi menyimpang dari nilai sebenarnya. Hal yang dapat mempengaruhi homogenitas lapisan batuan adalah fragmen batuan lain yang menyisip pada lapisan, faktor ketidakseragaman dari pelapukan batuan induk, material yang terkandung pada jalan, genangan air setempat, perpipaan dari bahan logam yang bisa menghantar arus listrik, pagar kawat yang terhubung ke tanah

dsbnya. 'Spontaneous Potential' yaitu tegangan listrik alami yang umumnya terdapat pada lapisan batuan disebabkan oleh adanya larutan penghantar yang secara kimiawi menimbulkan perbedaan tegangan pada mineral-mineral dari lapisan batuan yang berbeda juga akan menyebabkan ketidak-homogenan lapisan batuan. Perbedaan tegangan listrik ini umumnya relatif kecil, tetapi bila digunakan konfigurasi Schlumberger dengan jarak elektroda AB yang panjang dan jarak MN yang relatif pendek, maka ada kemungkinan tegangan listrik alami tersebut ikut menyumbang pada hasil pengukuran tegangan listrik pada elektroda MN, sehingga data yang terukur menjadi kurang benar. Untuk mengatasi adanya tegangan listrik alami ini hendaknya sebelum dilakukan pengaliran arus listrik, multimeter diset pada tegangan listrik alami tersebut dan kedudukan awal dari multimeter dibuat menjadi nol. Dengan demikian alat ukur multimeter akan menunjukkan tegangan listrik yang benar-benar diakibatkan oleh pengiriman arus pada elektroda AB. Multimeter yang mempunyai fasilitas seperti ini hanya terdapat pada multimeter dengan akurasi tinggi.

Beberapa penelitian terdahulu terkait kestabilan tanggul telah dilakukan Tomografi Geolistrik untuk identifikasi litologi pada lokasi rencana bendung dan terowongan (Nurdiyanto *et al.*, 2016), Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah (Wijaya, 2015), Analisis nilai resistivitas struktur lapisan bawah permukaan tanah menggunakan metode geolistrik konfigurasi wenner-schlumberger (Ashari *et al.*, 2019) dan Penerapan Metoda Electrical Resistivity Tomography (ERT) untuk mengetahui bidang longsor pada model lereng (Fadh *et al.*, 2017). Selanjutnya pengolahan data dengan menggunakan software RES2DINV metoda geolistrik dengan menggunakan konfigurasi Wenner Alpha (Setyawan, 1999).

Dalam penelitian ini, digunakan 2 konfigurasi yaitu konfigurasi Wenner dan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Konfigurasi Wenner sering digunakan dalam eksplorasi

2.2. Konfigurasi Geolistrik Wenner

Keunggulan dari konfigurasi Wenner ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih baik dengan angka yang relatif besar karena elektroda MN yang relatif dekat dengan elektroda AB. Disini bisa digunakan alat ukur multimeter dengan impedansi yang relatif lebih kecil. Sedangkan kelemahannya adalah tidak bisa mendeteksi homogenitas batuan di dekat permukaan yang

bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan. Data yang didapat dari cara konfigurasi Wenner, sangat sulit untuk menghilangkan faktor ketidakseragaman batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat.

Konfigurasi Wenner-Schlumberger, Dipol-dipol Dan Pol-dipol dalam Metode Geolistrik untuk menentukan keberadaan airtanah (Puluyi *et al.*, 2018) dan potensi akifer (Nugraha *et al.*, 2017) dan susunan elektroda konfigurasi Wenner dan Schlumberger dapat dilihat pada Gambar 3 (Jamaluddin *et al.*, 2018).

Susunan elektroda konfigurasi Wenner-Schlumberger

Gambar 3. Susunan elektroda konfigurasi wenner-schlumberger.

$$\rho = K \frac{V}{I}$$

Dimana K adalah faktor geometri yang tergantung oleh penempatan elektroda di permukaan dan ρ adalah resistivitas (tahanan jenis)

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n}}$$

maka nilai resistivitas untuk metode Wenner-Schlumberger dapat dihitung dengan faktor geometri kesis

$$\rho = R_n(n+1)a \frac{\Delta V}{I}$$

Tabel 2. Nilai Resistivitas Material-material Bumi (Telford *et al.* 1976)

Material	Resistivity (Ohm-Meter)
Air (Udara)	
Pyrite (Pirit)	0.01-100
Quartz (Kwarsa)	500-800000
Calcite (Kalsit)	1x1012-1x1013

Rock Salt (Garam Batu)	30-1x1013
Granite (Granit)	200-10000
Andesite (Andesit)	1.7x102-45x104
Basalt (Basal)	200-100000
Limestoes (Gamping)	500-10000
Sandstone (Batu Pasir)	200-8000
Shales (Batu Tulis)	20-2000
Sand (Pasir)	1-1000
Clay (Lempung)	1-100
Ground Water (Air Tanah)	0.5-300
Sea Water (Air Asin)	0.2
Magnetite (Magnetit)	0.01-1000
Dry Gravel (kerikil kering)	600-10000
Alluvium (Aluvium)	10-800
Gravel (Kerikil)	100-60

Metode resistivity tomography (Fadh *et al.*, 2017) digunakan dalam penelitian ini untuk mendapat gambaran lapisan lunak dan zona jenuh air di bawah permukaan badan tanggul berdasarkan variasi nilai tahanan jenis lapisan tanah. Dalam survei ini jenis alat yang akan digunakan adalah Supersting R8/IP (Gambar 4).

Secara umum prinsip dasar pengukuran tahanan-jenis digambarkan dalam Gambar 5. Dua buah elektroda arus dari logam digunakan untuk menginjeksikan arus DC kedalam tanah dan dua buah elektroda logam berperan sebagai elektroda untuk mengukur potensial timbul akibat injeksi arus tersebut. Variasi posisi elektroda arus dan elektroda potensial dilakukan untuk memenuhi kebutuhan survey, apakah survey dilakukan untuk mencitrakan suatu variasi lateral (profiling) atau untuk mengetahui kedalaman suatu horison (sounding).

Pembacaan instrumen (arus dan tegangan) biasanya ditampilkan sebagai nilai tahanan-jenis semu. Tahanan-jenis semu ini merupakan tahanan-jenis dari medium setengah-ruang homogen yang akan menghasilkan respon instrumen pada suatu bentangan elektroda tertentu. Nilai ini juga menggambarkan rata-rata terbobot dari tahanan-jenis bumi terhadap kedalaman penyelidikan.

Gambar 4. Peralatan Supersting R8/IP yang digunakan dalam penelitian.

Gambar 5. Prinsip kerja metoda tahanan-jenis.

2.3. Pengambilan data tanggul Waduk Cipancuh

Untuk mendapatkan gambaran zona jenuh air dan lapisan tanah lunak pada badan tanggul Waduk Cipancuh, pengukuran geolistrik dilakukan sebanyak 5 lintasan di sisi sebelah Utara tanggul, dengan arah lintasan tegak lurus kemiringan tanggul (Gambar 6).

Gambar 6. Lintasan pengukuran geolistrik di badan tanggul sisi sebelah Utara.

Dalam penentuan koordinat dan ketinggian setiap lintasan, koordinat tiap elektroda diikatkan pada koordinat tiap elektroda pada Lintasan 1. Tabel 3. menyajikan koordinat acuan untuk elektroda di Lintasan 1.

Tabel 3. Koordinat acuan pada Lintasan 1

Bentang	Posisi Elektroda	Lintang	Bujur	Tinggi (m)
Lintasan A	EI-1	S6 29 18.2	E107 56 43.1	51
	EI-56	S6 29 20.9	E107 56 51.2	53

Lintasan B	EI-1	S6 29 20.1	E107 56 49.3	51
	EI-56	S6 29 24.5	E107 56 57.2	52
Lintasan C	EI-1	S6 29 23.6	E107 56 55.6	53
	EI- 56	S6 29 28.5	E107 57 03.2	54
Lintasan D	Ele- 1	S6 29 18.5	E107 56 44.4	52
	Ele-56	S6 29 16.0	E107 56 35.7	53

Jarak antar lintasan adalah 2 meter dan setiap lintasan terdiri dari 3 segmen lintasan pengukuran yaitu A, B dan C. Panjang pengukuran setiap segmen lintasan adalah 275 m dengan overlap 12 elektroda (55 meter) sehingga diperoleh panjang tiap lintasan 935 meter (Gambar 7). Lintasan 1 berada di paling atas tanggul tepat di pinggir jalan, dan lintasan 5 merupakan lintasan paling bawah dan merupakan dasar dari tanggul sebelah luar.

Gambar 7. Skema konfigurasi pengukuran Geolistrik di setiap lintasan.

2.4. Pengambilan data tanggul Waduk Penjalin

Untuk mendapatkan gambaran zona jenuh air dan lapisan tanah lunak pada badan tanggul Waduk Cipancuh, pengukuran geolistrik dilakukan sebanyak 9 lintasan di sisi sebelah barat Tanggul Waduk Penjalin, dengan arah lintasan tegak lurus kemiringan tanggul dan lintasan 1 berada paling atas badan tanggul (Gambar 8).

Pengukuran dimulai dari posisi atas tanggul (Lintasan 1). Pengukuran pertama (A) dengan jarak 275 m , diukur dari ujung tanggul sebelah selatan ke arah utara, lalu overlap dengan pengukuran kedua (B) yaitu pada jarak 220 - 495 m dan pengukuran ketiga (C) pada jarak 440 – 715 m sehingga lintasan 1 memiliki panjang total 715 berarah selatan-utara. Kemudian Turun ke arah timur sekitar 3 meter dilakukan pengukuran B dan C untuk lintasan 1A mulai dari jarak 220 – 715 m sejajar dengan lintasan 1. Demikian selanjutnya sampai pada lintasan 5 yang merupakan lintasan paling bawah dan paling timur. Gambar di bawah ini menunjukkan posisi setiap lintasan pengukuran geolistrik.

Gambar 8. Lintasan pengukuran geolistrik di badan tanggul sisi sebelah Barat.

Dalam penentuan koordinat dan ketinggian setiap lintasan diikatkan pada koordinat tiap elektroda pada Lintasan1 (atas tanggul) dan pada Lintasan 5 (bawah tanggul). Tabel 4 menyajikan koordinat acuan untuk elektroda di Lintasan 1.

Tabel 4. Koordinat acuan pada Lintasan 1.

Bentang	Posisi Elektroda	Lintang	Bujur	Ketinggian (m)
Lintasan A	EI- 1	S7 19 51.3	E109 03 20.7	368
	EI- 56	S7 19 42.2	E109 03 20.4	356
Lintasan B	EI-1	S7 19 44.3	E109 03 20.8	359
	EI- 56	S7 19 35.9	E109 03 18.2	363
Lintasan C	EI- 1	S7 19 37.8	E109 03 19.0	361
	EI- 56	S7 19 29.5	E109 03 15.8	362

Jarak antar lintasan adalah 2-3 meter dan setiap lintasan terdiri dari 3 segmen pengukuran yaitu A, B dan C. Panjang pengukuran setiap segmen 275 m dengan overlap antar pengukuran 12 elektroda (55 meter) sehingga untuk tiap lintasan yang memanjang dari selatan ke utara badan tanggul diperoleh panjang tiap lintasan 715 meter (Gambar 9). Lintasan 1 berada di paling atas tanggul tepat di pinggir jalan, dan Lintasan 5 merupakan

lintasan paling bawah dan merupakan dasar dari tanggul sebelah luar.

Gambar 9. Skema konfigurasi pengukuran Geolistrik di setiap lintasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan dan analisis data geofisika dan geoteknik akan menggunakan program komputer yang tersedia. Data tahanan-jenis akan diinterpretasi melalui proses pemodelan inversi dengan menggunakan software RES2DINV. Pertama kali disusun sebuah model geologi hipotetik dari daerah penelitian dan struktur tahanan-jenisnya. Selanjutnya dihitung respon teoretik dari model tersebut. Hasil penghitungan model ini kemudian dibandingkan dengan data hasil pengukuran. Berdasarkan perbedaan antara data hasil penghitungan dan data hasil pengamatan dilakukan penyesuaian model hipotetik hingga diperoleh model yang menghasilkan perbedaan nilai hasil penghitungan dan pengamatan yang paling kecil. Hasil akhir dari metoda tahanan-jenis ini adalah penampang geoelektrik yang menunjukkan ketebalan dan tahanan-jenis seluruh lapisan tanah yang ada di dalam tanggul. Dari hasil ini akan dapat diketahui lapisan tanah yang mempunyai resistivity rendah sehingga dapat diperkirakan kedalaman lapisan jenuh air di dalam daerah tanggul.

Uraian dibawah ini mencakup deskripsi hasil pengolahan data geolistrik yang akan digunakan untuk mengetahui zona jenuh air akibat keberadaan air tanah terperangkap) untuk mengevaluasi kestabilan lereng tanggul Waduk Cipancuh dan Penjalin .

3.1. Citra tahanan jenis lapisan tanah tanggul waduk Cipancuh

Hasil pengukuran geolistrik dapat dilihat pada Gambar 10. Berdasarkan pengamatan lapangan di sekitar waduk dapat diketahui bahwa Lintasan 5 merupakan dasar atau kontak antara tanah asli dengan timbunan tanggul dengan ketinggian GPS sekitar 45 m. Dengan

merekonstruksi posisi dasar waduk untuk setiap lintasan geolistrik maka dapat diketahui adanya penurunan dasar tanggul.

Pada Lintasan 1, garis putus-putus merah menunjukkan perkiraan dasar waduk (kontak tanah asli dengan tanggul) sedangkan garis hitam merupakan kontak lapisan tanah dan tanggul saat ini. Dari sana terlihat adanya penurunan tanggul pada jarak 75 – 400 m dan 600 - 700 m kemungkinan disebabkan adanya lapisan jenuh air dibawahnya dengan dicirikan adanya anomali tahanan jenis rendah di bawah tanggul pada jarak-jarak tersebut. Demikian juga dengan Lintasan 2 sampai Lintasan 5 terlihat jelas terjadinya penurunan tanah tanggul ditandai juga dengan ada kemunculan anomali rendah sekitar 1-5 Ohm-m bahkan muncul ke permukaan pada lintasan 4 dan 5, ini mengindikasikan adanya rembesan air yang keluar pada dasar tanggul.

3.2. Citra tahanan jenis lapisan tanah tanggul waduk Penjalin

Hasil pengukuran geolistrik dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12. Berdasarkan pengamatan lapangan di sekitar waduk dapat diketahui bahwa Lintasan 5 merupakan dasar atau kontak antara tanah asli dengan timbunan tanggul. Dengan merekonstruksi posisi dasar waduk atau batas kontak untuk setiap lintasan geolistrik, maka dapat diketahui pengaruh genangan air waduk terhadap kondisi tanggul. Dari penampang geolistrik penentuan dasar bendungan di sekitar tanggul ditandai dengan adanya kontras tahanan jenis (resistivity) batuan / tanah yang cukup besar (garis putus-putus hitam), sedangkan tinggi permukaan air garis warna biru.

Gambar 10. Penampang geolistrik setiap lintasan di badan tanggul Waduk Cipanjuh.

Pada Lintasan 1, dari permukaan sampai pada dasar tanggul memiliki nilai tahanan jenis yang tinggi diatas 100 Ω -m (warna hijau-kuning-merah), itu menunjukkan lapisan yang padat

dan kompak namun beberapa terlihat adanya rongga berair ditandai dengan nilai tahanan jenis yang rendah berupa spot-spot tepat berada di bawah permukaan air sekitar kedalaman 10 meter dari permukaan lintasan. Lintasan 1A, 2, dan 2A memperlihatkan gambaran yang sama, di mana pada lintasan-lintasan ini sudah tidak menampilkan spot-spot anomali rendah lagi. Ini menunjukkan bahwa rembesan hanya mengisi pori-pori sekitar permukaan dasar tanggul saja tidak menerus sampai ke luar tanggul.

Gambar 11. Penampang geolistrik Lintasan 1 – 2 pada badan tanggul Waduk Penjalin.

Untuk Lintasan 3, 3A, 4, 4A dan 5, yang merupakan lintasan luar dan semakin jauh dari genangan air tidak memperlihatkan adanya anomali rendah di atas dasar tanggul. Anomali cukup tinggi di sekitar permukaan untuk lintasan-lintasan ini menunjukkan pondasi/ konstruksi batu kali yang disusun sebagai penguat tanggul sampai pada dasar tanggul.

Gambar 12. Penampang geolistrik Lintasan 3 – 5 pada badan tanggul Waduk Penjalin.

Anomali tahanan jenis rendah yang cukup mencolok muncul sekitar jarak 50-80 m dari sisi selatan tanggul di bawah genangan air mulai dari Lintasan 1 yang cukup tegas dan memudar di Lintasan 5. Hal ini kemungkinan menunjukkan keberadaan saluran air (pintu air).

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan lapangan dan survei geolistrik pada badan tanggul Waduk Cipancuh dan Penjalin, diperoleh kesimpulan kondisi kedua tanggul tersebut sebagai berikut:

Kondisi Tanggul Waduk Cipancuh:

Tanggul Waduk Cipancuh telah mengalami ketidakstabilan lereng bagian hilir yang ditangani dengan pemasangan bronjong di kaki lereng. Akan tetapi, citra tahanan jenis lapisan tanah tanggul menunjukkan zona anomali tahanan jenis rendah di dasar tanggul. Hal ini mengindikasikan keberadaan lapisan jenuh air di dalam lapisan tanah dasar tanggul, yang disebabkan oleh adanya kebocoran dalam lapisan tanah dasar tanggul.

Anomali tahanan jenis rendah bahkan muncul ke permukaan pada bagian kaki lereng tanggul, yang mengindikasikan adanya rembesan air yang keluar pada dasar tanggul. Keberadaan zona jenuh air di dalam lapisan tanah tanggul dapat menimbulkan ketidakstabilan lereng tanggul Waduk Cipancuh secara menerus. Oleh karena itu, perlu dilakukan penutupan kebocoran dalam tubuh tanggul dan memasang lapisan kedap air di permukaan lereng tanggul untuk mengurangi infiltrasi air hujan ke dalam tubuh tanggul

Kondisi Tanggul Waduk Penjalin:

Secara umum kondisi tanggul masih cukup baik, adanya rembesan air di dasar yang keluar dari sela-sela konstruksi batuan kemungkinan bersumber dari air resapan hujan saja. Namun adanya indikasi rongga-rongga pada lapisan tanah tanggul bagian atas perlu mendapat perhatian, karena dapat menjadi jalan bagi aliran air waduk (*piping*) atau air hujan (*seepage*) mengalir ke luar tanggul sehingga dapat mengganggu kestabilan tanggul di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashari, A., M. Iryanti, dan A. Aminudin. 2019. Analisis nilai resistivitas struktur lapisan bawah permukaan tanah menggunakan metode geolistrik konfigurasi wenner-schlumberger di desa rancakole kabupaten bandung, Prosiding Seminar Nasional Fisika 5.0 (279-287).
- Fadh, G. A., E. A. Suryo, dan A. Rachmansyah. 2017. Penerapan Metoda Electrical Resistivity Tomography (ERT) untuk mengetahui bidang longsor pada model lereng. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Jamaluddin. 2018. Identification of subsurface layer with Wenner-Schlumberger arrays configuration geoelectrical method, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 118.
- Nugraha, G. U., A. A. Nur, P. A. Boy, Y CSSSA, dan Pranata. 2017. Lapisan Berpotensi Akuifer Berdasarkan Analisis Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Kertajati, Majalengka, Seminar Nasional Ke – III Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.
- Nurdiyanto, B., I. Suyanto B. Sunardi, dan P. Susilanto. 2016. Tomografi Geolistrik untuk identifikasi litologi pada lokasi rencana bendung dan terowongan, JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA VOL. 17 NO. 1:15-23.
- Puluyio, J, As'ari, dan S.H.J. Tongkukut. 2018.

- Perbandingan Konfigurasi Wenner Alfa, WennerSchlumberger, Dipol-dipol Dan Pol-dipol Dalam Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Mendeteksi Keberadaan Air Tanah, JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE 7(1) 29 – 33.
- Setyawan, I. 1999. Pengolahan data dengan menggunakan software RES2DINV metoda geolistrik dengan menggunakan konfigurasi Wenner Alpha.
- Telford, W. M., L. P. Geldart, R. E. Sheriff, dan D. D. Keys. 1976. Applied Geophysics First Edition. Cambridge University Press. Cambridge. New York
- Wijaya, A. S. 2015. Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya, Jurnal Fisika Indonesia No: 55, Vol XIX.
- Warnana, D. D. 2008. Identifikasi Scouring sebagai Potensi Kelongsoran Tanggul Sungai Bengawan Solo berdasarkan Survei GPR, Jurnal Fisika Dan Aplikasinya Volume 4, Nomor 2 Juni.