

# Identifikasi Zona Retakan di Bendungan Sutami Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas

Fina Fitriah<sup>1</sup>, Sunaryo<sup>2</sup> dan Adi Susilo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Pascasarjana Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

<sup>2</sup>Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang  
fitriah.fina@gmail.com

Received 06-08-2015, Revised 15-09-2015, Accepted 29-09-2015, Published 20-10-2015

## ABSTRACT

We identified the cracked zones based on geoelectrical resistivity method in Sutami Dam. There are four lines measurement of geoelectrical resistivity method with a length of 380-400 meters. The direction of each line is from the northeast to the southwest. All of the tracks are located at the top of Sutami Dam i.e. two tracks in the upstream and the others in the downstream. From the analysis we found that the lithology is detected by geoelectrical resistivity method showed two layers of design of Sutami Dam. The two layers that are detected are transition zone and filter zone. Transition zone consists of sandstone rock containing water ( $0.922 \Omega\text{m}$ - $9.57 \Omega\text{m}$ ) and dry sandstone ( $>9.57 \Omega\text{m}$ - $320 \Omega\text{m}$ ). Filter zone consists of sand ( $>320 \Omega\text{m}$ - $4410 \Omega\text{m}$ ). Cracked zones spread in the upstream, downstream, and roadway at the top of Sutami Dam which are indicated by the presence of low resistivity ( $0.922 \Omega\text{m}$ - $9.57 \Omega\text{m}$ ) based on 3D processing of data of geoelectrical resistivity. The distribution of cracked zone indicates that Sutami Dam is susceptible to ground movement.

Keywords : Cracked zones, Sutami Dam, geoelectrical resistivity, ground movement.

## ABSTRAK

Penelitian menggunakan metode geolistrik resistivitas telah dilakukan untuk mengetahui zona retakan yang ada di Bendungan Sutami. Terdapat 4 lintasan pengambilan data geolistrik resistivitas yang memiliki panjang 380 m–400 m dengan arah pengambilan data dari Timur laut ke Barat daya masing-masing dua lintasan di puncak bagian hulu dan puncak bagian hilir. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, litologi yang terdeteksi dengan menggunakan data geolistrik resistivitas menunjukkan dua lapisan dari desain Bendungan Sutami. Kedua lapisan yang terdeteksi yaitu zona transisi (batu pasir) yang terdiri dari batu pasir yang mengandung air ( $0,922 \Omega\text{m}$ - $9,57 \Omega\text{m}$ ), batu pasir kering ( $>9,57 \Omega\text{m}$ - $320 \Omega\text{m}$ ), dan zona filter yang tersusun dari pasir ( $>320 \Omega\text{m}$ - $4410 \Omega\text{m}$ ). Zona retakan terlihat menyebar baik di bagian hulu, bagian hilir dan di jalan raya puncak Bendungan Sutami yang diindikasikan dengan adanya resistivitas rendah yaitu ( $0,922 \Omega\text{m}$ - $9,57 \Omega\text{m}$ ) berdasarkan pengolahan 3D data geolistrik resistivitas. Adanya sebaran zona retakan ini menunjukkan bahwa Bendungan Sutami rentan terhadap gerakan tanah.

Kata kunci: zona retakan, Bendungan Sutami, resistivitas geolistrik, pergerakan tanah.

## PENDAHULUAN

Bencana alam seringkali terjadi di kawasan Kabupaten Malang terutama gempa bumi dan pergerakan tanah. Hal ini disebabkan oleh banyaknya patahan bumi (*faults*) yang melewati daerah di Kabupaten Malang sehingga kawasan tersebut menjadi zona labil.

Salah satu lokasi yang berada di Kabupaten Malang yang rentan dengan gerakan tanah yaitu Desa Karangates. Di kampung Ledok, Desa Karangates, Kecamatan Sumberpucung pada tahun 1999 terjadi gerakan tanah. Hal tersebut menyebabkan sebanyak 78 kepala keluarga harus mengungsi ke Perum Jasa Tirta selama dua minggu. Akibat pergerakan tanah tersebut rumah warga di kampung Ledok retak-retak<sup>[1]</sup>. Penelitian telah dilakukan di Terowongan Dwi Bakti Karya yang berada di Desa Karangates, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang untuk mendeteksi adanya rekahan di terowongan tersebut. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat rekahan-rekahan yang berada di bagian atas dan samping dari terowongan<sup>[2]</sup>.

Selain itu telah dilakukan pula penelitian tentang indikasi rekahan di Desa Karangates dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Lokasi penelitian berada di sekitar Kampung Ledok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat indikasi patahan di Desa Karangates yang mengarah dari Timur Laut ke Barat Daya<sup>[3]</sup>. Hal ini memungkinkan bahwa peristiwa gerakan tanah diakibatkan oleh adanya patahan tersebut.

Pada Juni 2014, Bendungan Sutami mengalami keretakan sehingga menyebabkan jalan raya puncak bendungan harus ditutup sementara. Keretakan terjadi sepanjang 70 meter. Menurut Susilo pada Wahyu (2014), keretakan ini diakibatkan oleh pergeseran tanah yang merupakan dampak gempa bumi di wilayah selatan Kabupaten Malang dan terjadinya pola patahan<sup>[4]</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa Bendungan Sutami rentan terhadap gerakan tanah. Bendungan Sutami secara administratif terletak di Desa Karangates Kecamatan Sumberpucung pada koordinat 659469-659300,24 BT dan 9098111-9097358 LS. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Blitar lokasi Bendungan Sutami berada di endapan tuf yang berada dekat dengan pertemuan antara batuan sedimen (kapur) dengan batuan gunung api<sup>[5]</sup>. Kerentanan Bendungan Sutami ini juga didukung dari hasil penelitian dengan menggunakan metode *gravity* dan metode magnetik.

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan *gravity* di area Bendungan Karangates (Bendungan Sutami dan Bendungan Lahor) menunjukkan bahwa adanya zona lemah yang berada di bagian barat dari area Bendungan Karangates. Zona lemah ini ditunjukkan oleh adanya patahan Selorejo-Kalirejo, serta adanya efek dangkal dari patahan Selorejo-Kalirejo dan sesar geser Pohgajih-Kalirejo Utara<sup>[6]</sup>. Selain itu, dari penelitian dengan metode magnetik diketahui bahwa terdapat zona kontak antara batuan andesit dan limestone yang berada di sekitar 6 km dari Bendungan Lahor dan 7 km dari Bendungan Sutami. Adanya bidang kontak ini menunjukkan kerentanan untuk area Bendungan Karangates terutama jika adanya pemicu getaran seperti gempa bumi yang tepat terjadi di bidang kontak tersebut<sup>[7]</sup>.

Sebagai salah satu upaya mitigasi, informasi kondisi bawah permukaan sangat diperlukan untuk mengetahui zona-zona rekahan di puncak Bendungan Sutami. Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geolistrik yang sering digunakan untuk mengetahui zona rekahan. Metode resistivitas menggunakan sumber arus buatan yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui elektroda. Prosedur ini dilakukan untuk mengukur potensial di elektroda lainnya yang berada di sekitar aliran arus. Arus juga diukur sehingga dapat digunakan untuk menentukan resistivitas semu bawah permukaan<sup>[8]</sup>. Survei visual yang telah dilakukan pada Februari 2015 menunjukkan adanya beberapa titik retakan di jalan raya Bendungan Sutami. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat zona lemah di puncak Bendungan Sutami. Oleh karena itu, dilakukan penelitian tentang zona rekahan di Bendungan Sutami. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam mitigasi bencana.

## METODE

Penelitian dilakukan di puncak Bendungan Sutami, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang. Terdapat 3 tahapan utama dalam penelitian ini yaitu akuisisi data di lapangan, pengolahan data 2D dan 3D dan interpretasi hasil pemodelan 2D dan 3D.

### 1. Akuisisi Data

Akuisisi data di lapangan dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole. Terdapat masing-masing dua lintasan di bagian hulu dan hilir Bendungan Sutami. Panjang lintasan pengambilan data yaitu berkisar 380-400 meter, dimana lintasan 1 dan lintasan 2 sepanjang 400 meter serta lintasan 3 dan lintasan 4 sepanjang 380 meter. Spasi yang digunakan adalah 10-20 meter dan  $n=8$ . Gambar 1 dan Gambar 2 Menunjukkan desain akuisisi data geolistrik resistivitas di Bendungan Sutami.



(a)

(b)

**Gambar 1.** (Color Online) (a) Desain akuisisi data geolistrik resistivitas lintasan 1 dan lintasan 2; (b) Desain akuisisi data geolistrik resistivitas lintasan 3 dan lintasan 4

### 2. Pengolahan Data

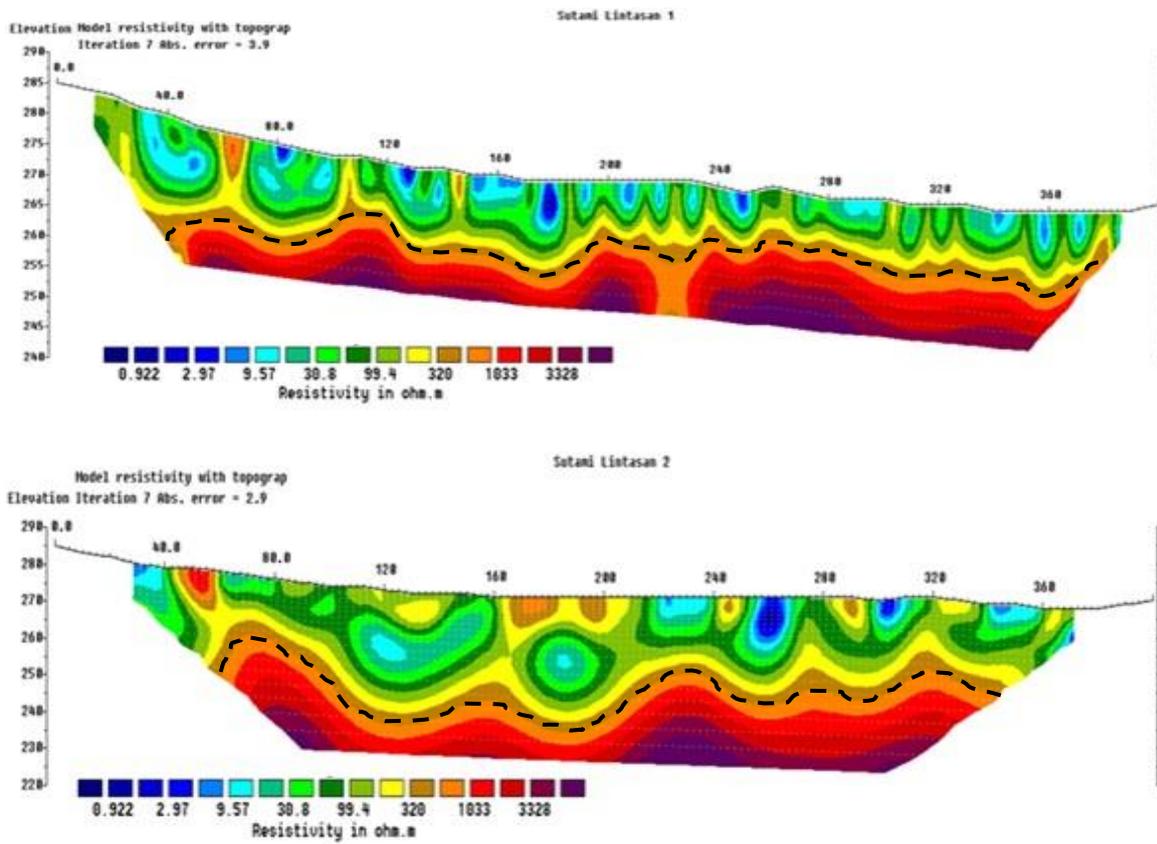
Pengolahan data dilakukan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan lokasi penelitian dengan melakukan pemodelan geologi bawah permukaan berdasarkan parameter fisis. Parameter fisis yang digunakan dalam penelitian ini resistivitas batuan. Pengolahan data dilakukan dengan prinsip metode inversi kuadrat terkecil (*inverse least square method*). Software yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Res2dinv version 3.56* dan *Geosoft Oasis Montaj version 7*.

### 3. Interpretasi

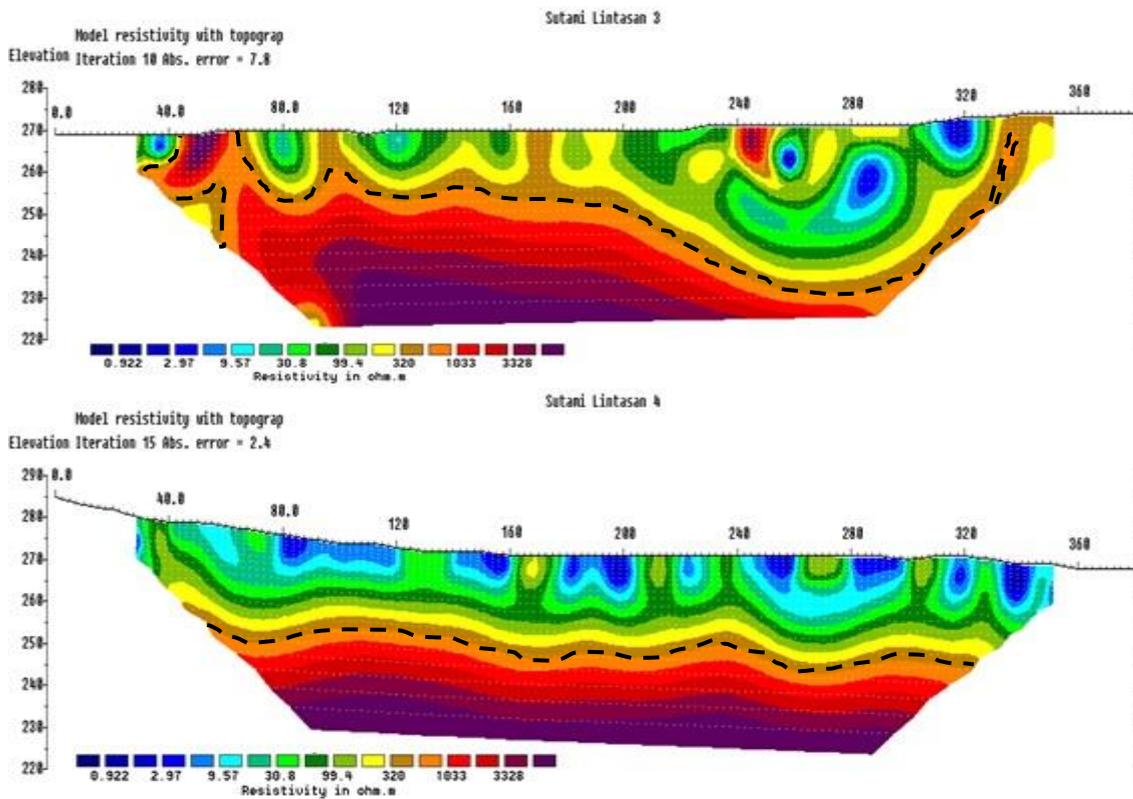
Interpretasi dilakukan dengan menduga kondisi bawah permukaan berdasarkan penampang 2D yang dikorelasikan dengan desain Bendungan Sutami yang diperoleh dari pihak Jasa Tirta I, tabel acuan resistivitas batuan dan peta Geologi Lembar Blitar. Interpretasi dilakukan untuk masing-masing lintasan pengambilan data untuk mengetahui litologi bawah permukaan. Kemudian diinterpretasi secara terpadu untuk semua lintasan untuk mengetahui indikasi zona rekahan di lokasi penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil wawancara dengan pihak Perum Jasa Tirta I memberikan informasi bahwa Desain Bendungan Sutami terbagi menjadi 4 zona yaitu zona *rockfill* yang tersusun oleh batu bolder, zona transisi yang tersusun oleh batu pasir, zona filter yang tersusun dari pasir dan zona inti (*core*) tersusun dari lempung atau *clay*. Tahap pengolahan data memberikan informasi dari kondisi bawah permukaan Bendungan Sutami.



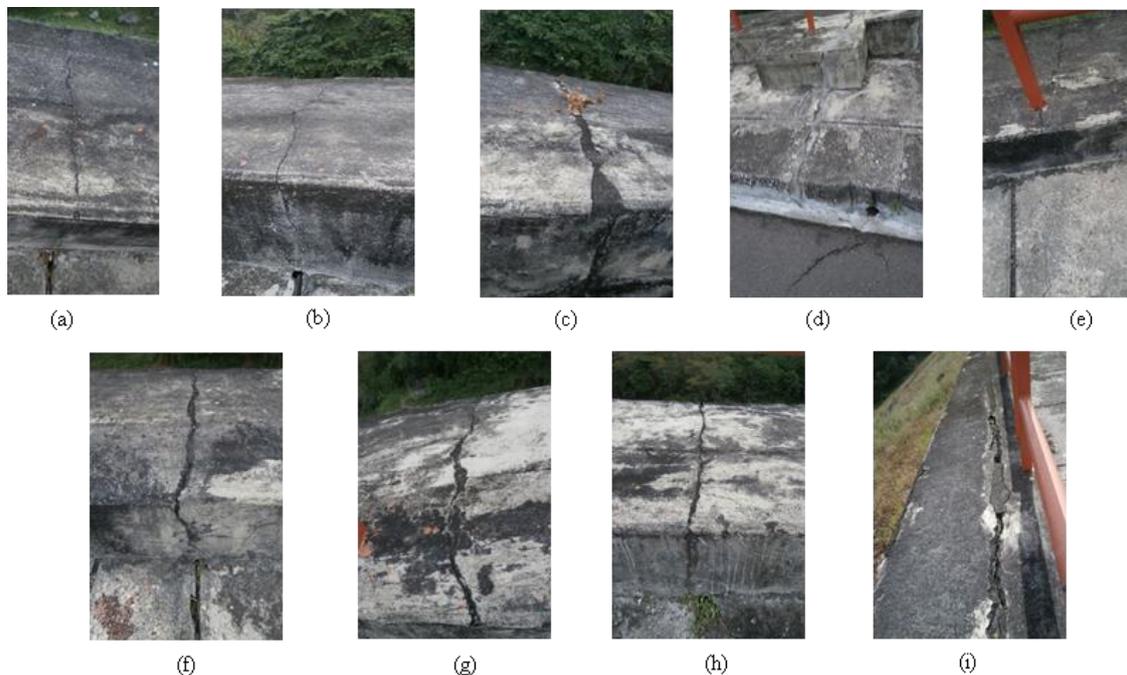
Gambar 2. (color online) Penampang 2D lintasan 1 (hilir) dan lintasan 2 (hulu) data geolistrik resistivitas



Gambar 3. (Color Online) Penampang 2D lintasan 3 (hulu) dan lintasan 4 (hilir) data geolistrik resistivitas

Berdasarkan hasil pengolahan data yang ditunjukkan oleh Gambar 2 dan Gambar 3, terlihat bahwa lapisan yang terdeteksi dari pengolahan data geolistrik resistivitas untuk Bendungan Sutami terdiri dari dua lapisan, yaitu zona transisi (batu pasir) dan zona filter (pasir) (dipisahkan oleh garis putus-putus pada Gambar 2 dan Gambar 3). Bagian atas garis putus-putus merupakan zona transisi dan bagian bawah merupakan zona filter. Jika mengacu pada tabel acuan resistivitas maka, nilai resistivitas yang diperoleh dari pengolahan data dibagi menjadi tiga rentang yaitu (a) resistivitas rendah yaitu  $\leq 9,57 \Omega\text{m}$  (warna biru tua hingga biru muda) menunjukkan lapisan dari zona transisi yang berupa batu pasir tetapi mengandung air, (b) resistivitas sedang yaitu antara  $9,57 \Omega\text{m}$ - $320 \Omega\text{m}$  (warna hijau hingga coklat muda) yang menunjukkan lapisan dari zona transisi yang berupa batu pasir, dan (c) resistivitas tinggi yaitu  $\geq 320 \Omega\text{m}$  (warna oranye hingga coklat tua) yang menunjukkan zona filter yang berupa pasir.

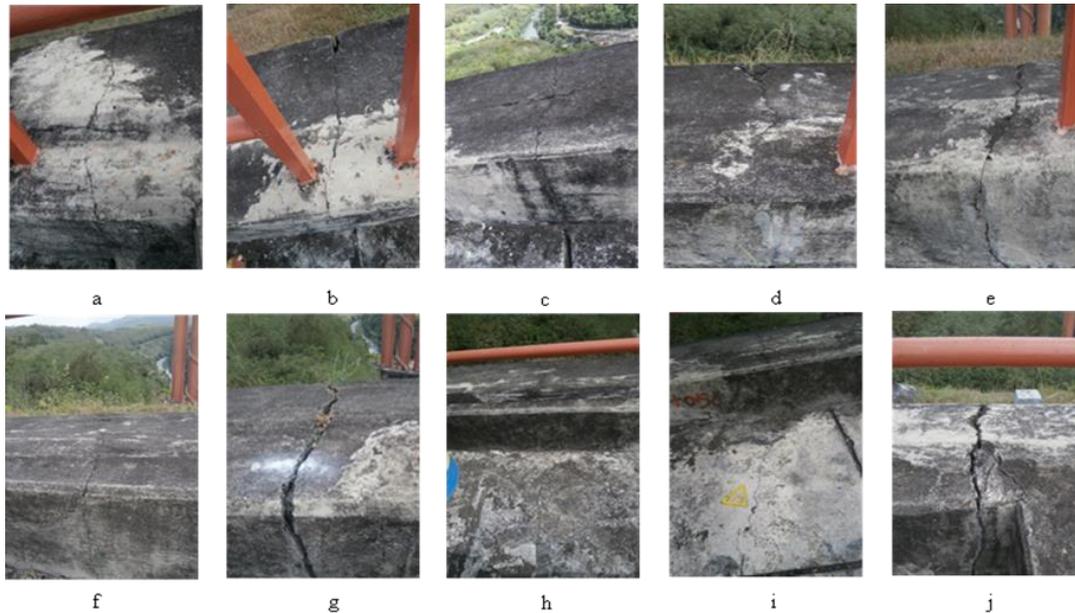
Berdasarkan pengamatan secara visual terdapat beberapa retakan yang terlihat di trotoar sisi bagian hilir dari bendungan. Untuk lintasan 1, terlihat retakan pada titik 20 meter (Gambar 4a), 45 meter (Gambar 4b), 55 meter (Gambar 4c), 65 meter (Gambar 4d), 80 meter (Gambar 4e), 85 meter (Gambar 4f), 90 meter (Gambar 4g), 175 meter (Gambar 4h) dan 310 meter (Gambar 4i). Retakan tersebut terlihat di bagian trotoar yang berada di puncak bagian hilir.



**Gambar 4.** (Color Online) Posisi retakan untuk bagian hilir (lintasan 1)

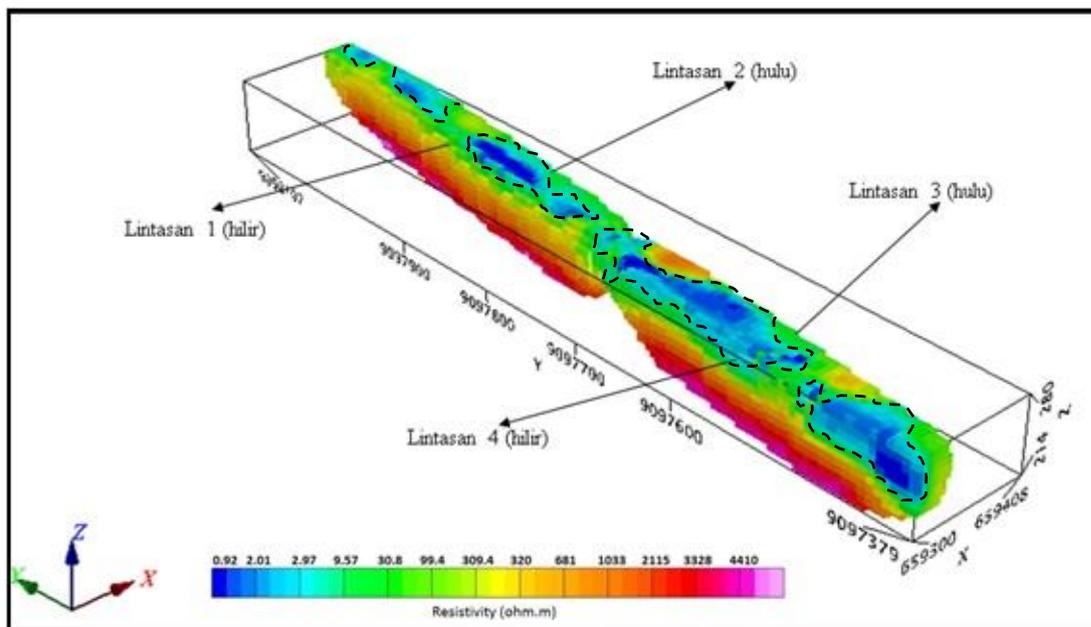
Untuk lintasan 4, terlihat retakan pada titik 5 meter (Gambar 5a), 115 meter (Gambar 5b), 140 meter (Gambar 5c), 222,5 meter (Gambar 5d), 315 meter (Gambar 5e), 330 meter (Gambar 5f), 345 meter (Gambar 5g), 350 meter (Gambar 5h), 355 meter (Gambar 5i) dan 372,5 meter (Gambar 5j).

Retakan tersebut jika dikorelasikan terhadap penampang 2D lintasan 1 dan lintasan 4 (bagian hilir), hampir keseluruhan posisi retakan berada pada zona berwarna biru atau resistivitas rendah. Hal ini menunjukkan bahwa zona rekahan dapat diinterpretasikan dengan zona yang memiliki resistivitas rendah (warna biru).



**Gambar 5.** (Color Online) Posisi retakan untuk bagian hilir (lintasan 4)

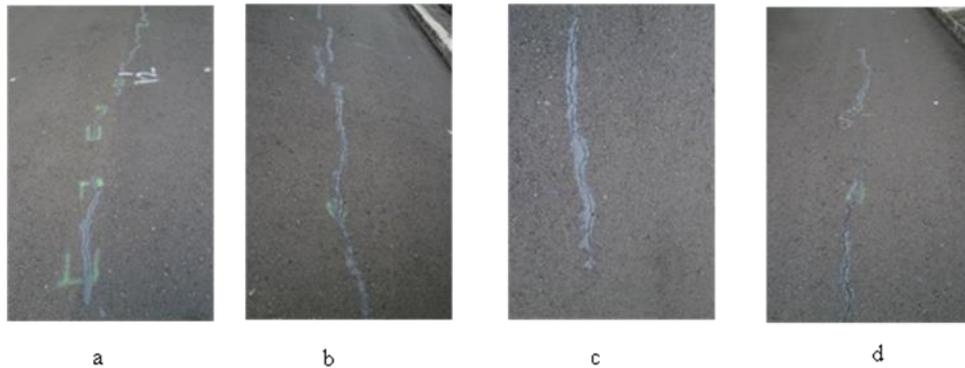
Untuk melihat kemenerusan dari zona retakan maka dilakukan interpretasi untuk keempat lintasan secara 3D. Penampang 3D hasil pengolahan data geolistrik resistivitas menunjukkan bahwa zona retakan (resistivitas rendah menerus dari hulu ke hilir (Gambar 6)). Dengan kata lain zona resistivitas rendah juga terlihat di bagian tengah atau jalan raya puncak bendungan. Hasil secara visual juga menunjukkan adanya retakan di jalan raya puncak bendungan.



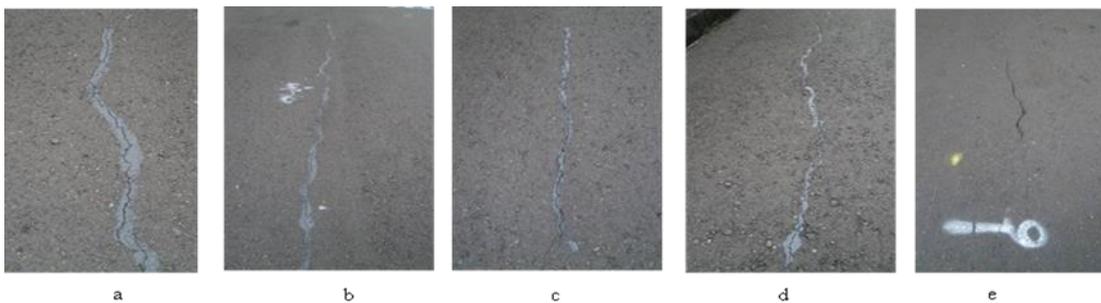
**Gambar 6.** (Color Online) Penampang 3D data geolistrik resistivitas

Retakan pada jalan raya yang diantara lintasan 1 dan lintasan 2 terlihat pada titik 110 meter (Gambar 7a), 160 meter (Gambar 7b), dan 380 meter (Gambar 7c) untuk bagian tengah serta pada titik 185 meter (Gambar 7d) dibagian hulu pada jalan raya. Selain itu, retakan juga terlihat pada jalan raya diantara lintasan 3 dan 4 yaitu pada titik 2,5 meter

(Gambar 8a), 15 meter (Gambar 8b), 50 meter (Gambar 8c), dan 300 meter (Gambar 8d) serta pada bagian hulu jalan raya pada titik 70 meter (Gambar 8e).



**Gambar 7.** Retakan di jalan raya antara lintasan 1 dan lintasan 2



**Gambar 8.** (Color Online) Retakan di jalan raya antara lintasan 3 dan lintasan 4

Berdasarkan hasil korelasi antara data visual di tengah jalan raya dengan penampang 3D terlihat bahwa hampir seluruh retakan di jalan raya berada di zona resistivitas rendah (ditunjukkan oleh garis putus-putus). Hal ini menunjukkan bahwa zona rekahan juga menyebar di tengah jalan raya. Dengan melihat hasil pengolahan data maka dapat diketahui bahwa pada Bendungan Sutami terlihat adanya rembesan air pada bagian jalan raya, bagian hilir dan bagian hulu bendungan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang identifikasi zona rekahan di Bendungan Sutami dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Terdapat dua lapisan yang terdeteksi dari hasil data geolistrik yaitu zona transisi (batu pasir) yang terdiri dari batu pasir yang mengandung air ( $0,922 \Omega\text{m}$ - $9,57 \Omega\text{m}$ ) dan batu pasir kering ( $>9,57 \Omega\text{m}$ - $320 \Omega\text{m}$ ), dan zona filter yang tersusun dari pasir ( $320 \Omega\text{m}$ - $4410 \Omega\text{m}$ ). Distribusi zona rekahan yang ada di Bendungan Sutami tersebar di permukaan hingga kedalaman 8-18 meter, baik di bagian hulu ataupun di bagian hilir yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas  $0,922 \Omega\text{m}$  hingga  $9,57 \Omega\text{m}$  (warna biru). Hasil pengolahan data 3D data geolistrik resistivitas menunjukkan bahwa zona rekahan juga menyebar di antara bagian hulu dan bagian hilir yaitu jalan raya puncak Bendungan Sutami.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Perum Jasa Tirta I yang telah berkenan memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Wicaksono, B. A. 2009. Kampung Ledok dihantui Tanah Bergerak. <http://malangraya.web.id/2009/02/01/kampung-ledok-dihantui-tanah-bergerak/>
2. Susilo, A., Sunaryo dan Wasis. 2013. Subsurface Structure Prediction of Railroad Tunnel in Malang, Indonesia Based on Dipole-Dipole Geoelectrical Method. *Journal of Traffic and Logistic Engineering*, Vol. 1, Hal. 238-242.
3. Chumairoh, I. 2014. Identifikasi Litologi dan Indikasi Patahan Pada Daerah Karangates Malang Selatan dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipol-Dipol. *Skripsi*, Universitas Brawijaya Malang.
4. Wahyu, D. 2014. Alih Fungsi Lahan Picu Susutnya Umur Waduk. <http://surabaya.bisnis.com/read/20140919/4/74650/url>.
5. Sjarifudin, M. Z dan S. Hamidi. 1992. *Peta Geologi Lembar Blitar, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
6. Sunaryo, dan Susilo, A. 2015. Vulnerability of Karangates Dams Area by Means of Density Contrast Parameter to Anticipate Energy Sustainability. *Proceeding of The 5th Annual Basic Science International Conference*, Hal. 27-30.
7. Sunaryo, dan Susilo, A. 2015. Vulnerability of Karangates Dams Area by Means of Zero Crossing Analysis of Data Magnetic. *AIP Conference Proceedings*, Hal. 1-8.
8. Telford, W. M., L. P. Geldart, dan R. E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press
9. Johansson, S. 1997. Seepage Monitoring in Embankment Dams. *Disertasi*. Royal Institute of Technology Stockholm. Sweden.
10. Johansson, S. dan Dahlin. 1996. Seepage Monitoring In An Earth Embankment Dam By Repeated Resistivity Measurement. *European Journal of Environmental and Engineering Geophysics*. Vol 1. Hal. 229-247.
11. Al-Fares, W. Application of Electrical Resistivity Tomography Technique for Characterizing Leakage Problem in Abu Baara Earth Dam, Syria. *International Journal of Geophysics*. Vol. 2014. Hal 1-9.