

ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS DAN LEM DI DAERAH OLAK ALEN, SELOREJO, BLITAR

Andriyan Yulikasari, Widya Utama, Singgih Purwanto

Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

e-mail : andriyanulikasari@gmail.com

Abstrak. Di daerah Olak Alen Kecamatan Selorejo Kabupaten Blitar, bencana tanah longsor akan sering terjadi ketika hujan datang. Penyebab longsor salah satunya yaitu adanya retakan dalam lereng tanah. Retakan dalam lereng menjadi jalan masuknya air hujan yang menyebabkan penambahan beban dan akan membuat lereng tidak stabil. Pengukuran geolistrik resistivitas dilakukan pada dua keadaan yang berbeda, yaitu diukur sebelum hujan dan setelah hujan. Dalam menganalisis kestabilan lereng digunakan parameter dari hasil pengujian laboratorium data bor tanah yaitu, parameter kohesi, sudut geser dan berat isi tanah. Berdasarkan hasil pengukuran rentang nilai resistivitas daerah penelitian dapat dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu nilai resistivitas rendah 2,15-10,9 Ohm meter, nilai resistivitas sedang 24,5-55,51 Ohm meter dan nilai resistivitas tinggi 124-628 Ohm meter. Sedangkan litologi daerah penelitian menurut geologi setempat dan hasil bor tanah menunjukkan keseragaman litologi yaitu pasir kelanauan. Adanya zona lemah dalam lereng ditunjukkan dengan nilai resistivitas 2,15-10,9 Ohm meter. Stabilitas lereng sebelum hujan memiliki nilai faktor keamanan yang lebih besar daripada nilai faktor keamanan setelah hujan. Nilai faktor keamanan sebelum hujan pada lintasan 5 dan 6 adalah 1.508, sedangkan yang setelah hujan memiliki nilai 1.458. Nilai faktor keamanan lereng pada lintasan 7 dan 8 sebelum hujan adalah 1.502, sedangkan yang setelah hujan adalah 1.273. Berdasarkan nilai faktor keamanan lereng tanah dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian dikategorikan aman karena nilai faktor keamanannya lebih besar dari 1.

Kata kunci : faktor keamanan, resistivitas, retakan, stabilitas lereng

Abstract. Olak Alen, there are 9 landslide spots. One of factors that trigger this phenomenon is the presence of cracks in the slope. Cracks in slope become the way of rain water that lead mass addition and make the soil unstable. Identification of cracks in slope known by low resistivity which is called weak zone. There are two differences measurement of resistivity value in wet and dry condition can be reference to make slope model which later will be used in calculation of slope stability. In slope analysis, soil parameters like cohesion, friction angle, and weight of soil content to know the influence of cracks in wet and dry condition. Based on measurement data, in research area can be categorized in three types, first is low resistivity 2,15-10,9 Ohm meter, medium resistivity 24,5-55,51 Ohm meter and resistivity at range 124-628 Ohm meter. Meanwhile, the research area according to local geology and soil drill results indicate the uniformity of lithology is shaly sand in the research area. Weak zone is identified with low resistivity and stability of slope before rain have higher safety factor than after the rain. Safety factor in line 5 and 6 is 1.508 before rain and 1.458 after rain. Moreover, in line 7 and 8 before rain is 1.502 and 1.273 after rain. Based on the safety factor, it can be concluded that the research area is safe because the value of safety factor is greater than 1.

Keywords : safety factor, resistivity, cracks, slope stability

PENDAHULUAN

Menurut kepala desa setempat setidaknya terdapat 9 titik rawan longsor dan desa Olak Alen menjadi salah satu dari 9 titik rawan longsor tersebut. Daerah ini terletak di lereng Gunung Butak. Topografi daerah ini sedikit curam, banyak tebing-tebing dan vegetasinya kebanyakan pohon bambu dan pohon jati. Tanah dari daerah ini terbentuk dari endapan Gunung Butak. Endapan jenis ini kebanyakan terdiri dari lempung. Tanah

lempung adalah jenis tanah yang plastis yang akan menjadi lunak ketika kadar air bertambah dan akan menjadi kering dan keras ketika kadar air rendah (Wesley Laurence D., 2012). Karena sifat tanah lempung yang demikian maka dapat dimungkinkan terdapatnya retakan-retakan didalam lereng.

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Dalam penelitian ini, pembahasan dikhususkan pada metode geolistrik tahanan jenis

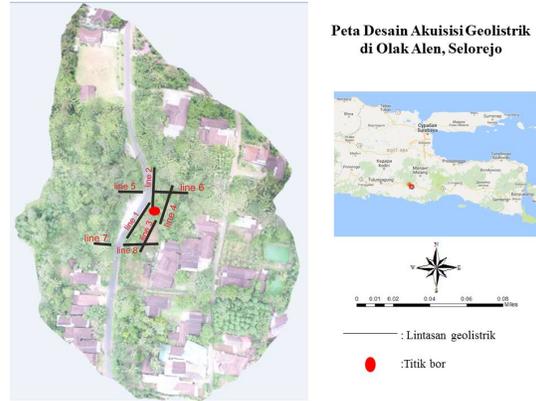
atau geolistrik resistivitas Pada metode geolistrik tahanan jenis, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus (elektroda A-B). Beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial (elektroda M-N). Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur (Adhi, 2007). Tujuan utama dari pengukuran geolistrik adalah menentukan distribusi beda potensial dari lapisan bawah permukaan sehingga dapat diketahui letak retakan dalam lereng.

Limit Equilibrium Method (LEM) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung nilai faktor keamanan lereng dan untuk menganalisis kelongsoran. Metode ini menggunakan konsep keseimbangan gaya di bidang miring. Metode LEM adalah metode yang umum digunakan untuk menganalisis faktor keamanan. Sehingga dengan melakukan pemodelan lereng yang berdasarkan data geolistrik dan data bor tanah serta kondisi asli dari lereng tersebut, maka perhitungan stabilitas lereng dapat dilakukan.

Keadaan lereng sebelum dan sesudah hujan akan sangat jauh berbeda kestabilannya. Hujan akan membuat penambahan beban pada lereng. Air hujan akan mengalir kedalam lereng melalui retakan yang terjadi dipermukaan. Karena hal inilah analisis kestabilan lereng perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan air kedalam lereng akibat hujan.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ada 2, yaitu metode geolistrik resistivitas dan metode LEM. Metode geolistrik resistivitas digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan yang menggambarkan zona lemah dan kemudian digunakan untuk membuat model lereng. Pengukuran geolistrik resistivitas dilakukan pada dua keadaan yang berbeda yaitu keadaan sebelum hujan dan keadaan setelah hujan. Jarak hari dari dua keadaan ini adalah 7 hari dan pengukuran setelah hujan dilakukan jika intensitas hujan sama dengan atau lebih dari 100 ml/hari. Pengukuran dilakukan di 8 lintasan yang bisa dilikat di peta desain akuisisi pengukuran gambar (1). Konfigurasi yang digunakan adalah Wenner-Schlumberger.



Gambar 1. Peta desain akuisisi geolistrik resistivitas

Beikut adalah panjang lintasan setiap lintasanya:

- a. Lintasan 1, 2, 3, 4, 6: panjang 30 meter, spasi 1 meter,
- b. Lintasan 5, 7, 8: panjang 30 meter, spasi 1 meter

Untuk perhitungan faktor keamanan lereng digunakan metode LEM. Metode ini membutuhkan inputan sebuah model lereng dan data sifat fisis tanah. Model lereng dalam penelitian ini dibuat berdasarkan penampang resistivitas hasil pengukuran geolistrik resistivitas, sehingga bisa diketahui rupa perlapisan dalam lereng. Sedangkan data sifat fisis tanah yang diperlukan adalah data kohesi, data sudut geser, dan data berat isi tanah. Data-data ini didapatkan dari analisis sampel tanah di laboratorium.

Perhitungan faktor keamanan lereng dilakukan dengan membagi bidang longsor dalam beberapa irisan-irisan atau dikenal dengan metode irisan. Dalam metode irisan ada beberapa metode yang dapat digunakan, namun dalam penelitian ini digunakan metode Bishop. Faktor keamanan dihitung berdasar rumus:

$$FK = \frac{\sum(c' + (W_n \cos \alpha - \mu) \tan \phi')}{W_n \sin \alpha} \quad (1)$$

dimana,

- FK : Faktor keamanan lereng
- c' : kohesi
- l : lebar irisan
- W : berat
- μ : tekanan air pori
- ϕ' : sudut geser
- α : sudut irisan

Persamaan (1) adalah persamaan faktor keamanan lereng dengan metode Bishop yang tidak mengabaikan tegangan air pori, sedangkan persamaan faktor keamanan lereng yang mengabaikan tegangan air pori adalah sebagai berikut (Parluhutan, 2014):

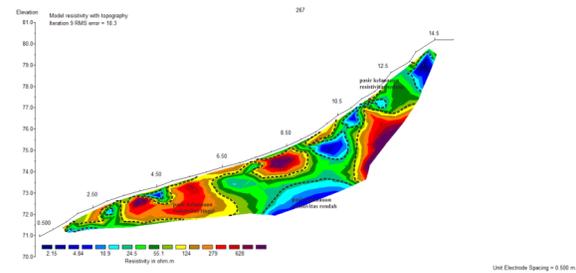
$$FK = \frac{E(c + (W \cos \alpha \tan \phi))}{W \sin \alpha} \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

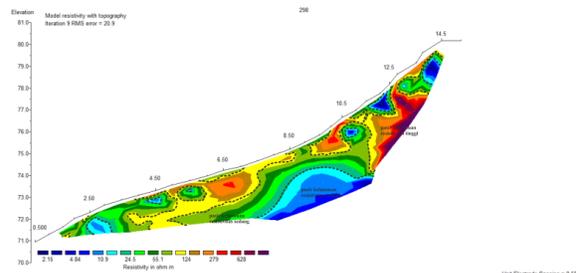
Hasil pengolahan data geolistrik menunjukkan daerah penelitian mempunyai rentang nilai resistivitas dari 2.15 – 628 Ohm meter. Berdasarkan pengamatan geologi di daerah penelitian dan data bor tanah, litologi daerah penelitian ini adalah seragam dengan jenis tanah pasir kelanauan. Sehingga perbedaan nilai resistivitas pada data geolistrik menunjukkan adanya pengaruh dari sifat fisis tanah, seperti kandungan air dan kepadatan tanah. Semakin tinggi nilai resistivitas menunjukkan semakin sedikit kandungan airnya, sehingga rentang nilai resistivitas 2.15-10.9 Ohm meter memiliki kandungan air yang paling banyak, rentang nilai 24.5-55.1 Ohm meter memiliki kandungan air yang sedang, dan rentang nilai 124-628 Ohm meter memiliki kandungan air yang paling sedikit. Semakin material tanah itu padat maka nilai resistivitasnya juga akan semakin besar, hal ini dikarenakan arus listrik akan mengalir lebih cepat pada benda-benda yang padat.

Penampang gambar (2) dan (3) ini rentang nilai resistivitas rendah yaitu 2,15-10,9 Ohm meter pada kedalaman 1-7 meter yang menandakan bahwa daerah tersebut terdapat zona lemah dalam lereng tanah. Pada penampang lintasan 5 ini, pengambilan data sejajar dengan arah lereng tanah dan dengan topografi yang ditunjukkan pada gambar (4.5), lereng tanah daerah penelitian memiliki kecuraman yang cukup tajam. Berdasarkan pengukuran kemiringan lereng di lapangan didapatkan nilai 70°. Berdasarkan hasil pengukuran, perbedaan sebelum dan sesudah hujan dalam penampang ini juga terlihat cukup signifikan. Terlihat jelas bahwa gambar (2) lebih menunjukkan dominasi nilai resistivitas yang tinggi, sedangkan penampang sesudah hujan, gambar (3) lebih menunjukkan dominasi zona lemahnya. Hal ini diperkirakan akibat adanya hujan deras yang menimpa lereng dan karena kemiringan lereng tersebut, material akan lebih mudah untuk dibawa

atau bergeser apalagi jika lereng tersebut terdapat retakan dalam.



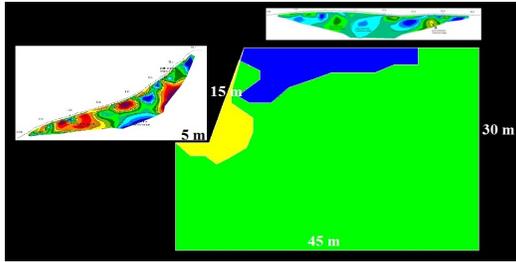
Gambar 2. Penampang resistivitas lintasan 5 sebelum hujan



Gambar 3. Penampang resistivitas lintasan 5 setelah hujan

Berdasarkan hasil validasi data geolistrik resistivitas dengan data bor tanah dihasilkan keselaran. Artinya zona lemah pada penampang resistivitas terbukti memiliki kandungan air yang cukup tinggi. Korelasi menunjukkan adanya kecocokan antara zona resistivitas rendah dengan rata-rata kandungan air yang tinggi, yaitu 65,13% pada kedalaman 1-7 meter.

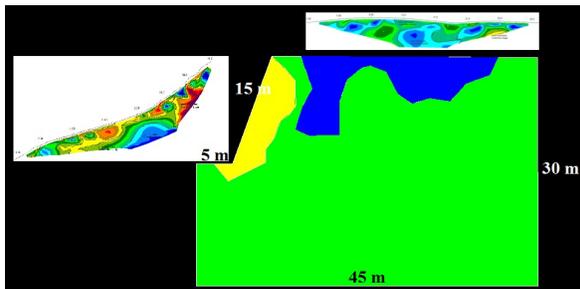
Seperti gambar (4) dan (5), model lereng dibuat berdasarkan data geolistrik pada lintasan 5 dan 6 sebelum hujan, sedangkan geometri lereng dapat dilihat pada tabel (1) dan (2). Model lereng pada gambar (4) dan (5) dibuat dengan memperhatikan klasifikasi nilai resistivitas yang didapat dari data geolistrik resistivitas. Perbedaan warna pada gambar (4) dan (5) menunjukkan perbedaan nilai resistivitas, warna biru menunjukkan nilai resistivitas rendah, warna hijau menunjukkan nilai resistivitas sedang dan warna kuning menunjukkan nilai resistivitas tinggi.



Gambar 4. Model lereng lintasan 5 sebelum hujan

Tabel 1. Parameter model lereng lintasan 5 sebelum hujan

Sudut kemiringan	70 derajat	
Berat (kN/m ³)	biru	8.706375
Phi (°)		28.8625
C (kPa)		10
Berat (kN/m ³)	kuning	8.0769
Phi (°)		30.06444444
C (kPa)		13.22222222
Berat (kN/m ³)	hijau	8.347418182
Phi (°)		30.64
C (kPa)		12.90909091



Gambar 5. Model lereng lintasan 5 sesudah hujan

Tabel 2. Parameter model lereng lintasan 5 sesudah hujan

Sudut kemiringan	70 derajat	
Berat (kN/m ³)	biru	13.94982
Phi (°)		29.222
C (kPa)		10.6
Berat (kN/m ³)	kuning	13.3416
Phi (°)		29.84
C (kPa)		12.625
Berat (kN/m ³)	hijau	13.55564
Phi (°)		30.64
C (kPa)		12.90909

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai faktor keamanan lereng pada lintasan 5 dan 6

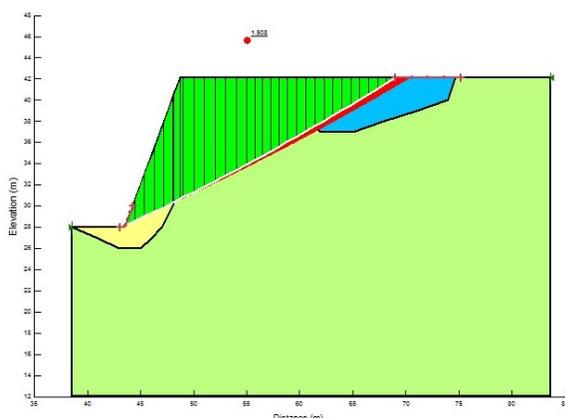
sebelum hujan memiliki nilai faktor keamanan 1.508. Lereng akan dikatakan aman jika nilai faktor kemannya adalah lebih besar dari 1, maka perhitungan stabilitas pada lereng gambar (6) dapat dinyatakan aman dan tidak mengalami kelongsoran. Dari perhitungan ini juga didapatkan zona aman yang dapat didirikan bangunan atau yang lainnya, pada gambar (6) dapat ditunjukkan dengan adanya zona warna merah yang berjarak 1 meter dari bidang longsor. Sedangkan zona kritis pada model lereng lintasan 5 dan 6 sebelum hujan adalah berjarak 22 meter dari tepi lereng.

Pada gambar (7), perhitungan kestabilan lereng dilakukan dengan pada Lintasan 5 dan 6 setelah hujan. Nilai faktor keamanan pada gambar (7) adalah 1.458. Kondisi lereng pada lintasan 5 dan 6 setelah hujan juga masih dikatakan stabil karena nilai faktor keamanannya lebih besar dari 1. Namun nilai faktor keamanannya lebih rendah daripada keadaan sebelum hujan yang berselisih sebesar 0.05. Zona aman pada perhitungan ini adalah berjarak 1 meter dari bidang longsor. Sedangkan zona kritis pada model lereng lintasan 5 dan 6 sesudah hujan berada pada jarak 22 meter dari tepi lereng.

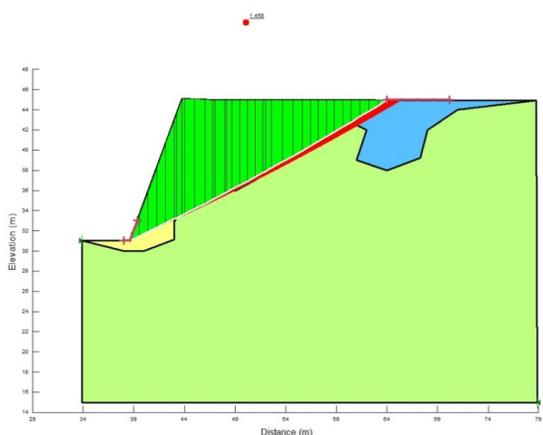
Kondisi sebelum hujan dapat diasumsikan dalam keadaan kering. Karena pada kondisi kering muka air tanah berada pada keadaan yang lebih dalam dari keadaan normal, walaupun ada yang naik sampai mendekati permukaan namun karena adanya penguapan maka air akan keluar dan tidak ditahan di dalam tanah. Oleh karena itu tekanan pori akan turun sedangkan tekanan efektif tanah akan naik, kondisi yang seperti ini tidak akan berakibat buruk pada kestabilan lereng. Hal ini juga dapat dilihat dari data geolistrik resistivitas yang memperlihatkan ketinggian muka air tanah yang lebih rendah pada saat keadaan kering atau sebelum hujan. Zona resistivitas rendah pada keadaan kering lebih sedikit daripada yang setelah hujan. Zona ini dapat menunjukkan material yang mengandung air lebih banyak dari material lainnya. Artinya zona retakan dalam lereng dalam keadaan kering lebih sedikit daripada setelah hujan.

Kondisi setelah hujan membuat tanah dalam keadaan jenuh, maka nilai kohesi dan sudut geser dapat berkurang atau semakin kecil akibat terendam air serta membuat berat isi tanah akan meningkat. Hal ini juga akan mengakibatkan naiknya muka air tanah dan akan meningkatkan tekanan air pori serta akan menurunkan tekanan

efektif tanah. Karena tekanan efektif tanah berkurang, maka hal ini juga akan menurunkan kestabilan lereng tersebut. Oleh karena itu nilai faktor keamanan pada lereng setelah hujan memiliki nilai yang lebih kecil daripada yang sebelum hujan.



Gambar 6. Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 5 dan 6 sebelum hujan



Gambar 7. Hasil perhitungan faktor keamanan lereng pada lintasan 5 dan 6 setelah hujan

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah zona lemah dalam lereng akan bertambah banyak karena adanya infiltrasi air hujan yang masuk melalui retakan lereng dan hal ini dibuktikan dengan penampang geolistrik yang berbeda antara sebelum hujan dan sesudah hujan. Akibat adanya penambahan beban akibat air hujan, lereng menjadi jenuh dan hal ini juga akan mengurangi kekuatan geser tanah yang akan berakibat menurunnya

kestabilan lereng tanah yang dibuktikan dengan semakin kecilnya nilai faktor keamanan lereng dan mendekati angka 1.

Saran

Setelah melakukan penelitian ini, didapatkan beberapa hal yang dapat disarankan atau dipertimbangkan untuk dikembangkan pada penelitian lebih lanjut, yakni: Perlu dipertimbangkan adanya beban tambahan pada lereng tanah seperti bangunan dan kendaraan mengingat daerah penelitian yang berada ditepi jalan provinsi. Serta perlu dilakukan perhitungan rembesan air terhadap lereng tanah. Selanjutnya dapat dilakukan analisis geoteknik yang berkaitan dengan desain keamanan lereng.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Dr. Widya Utama, DEA dan bapak M. Singgih Purwanto, S.Si., MT., pada Laboratorium Eksplorasi Departemen Teknik Geofisika ITS selaku pembimbing dalam penulisan jurnal ini, yang telah banyak memberikan pengarahan dan saran dalam selama proses pembuatan jurnal. Penulis juga mengucapkan kepada teman-teman Team Crackers yang telah membantu mengambil data penelitian dan juga kepada Bapak Stephanus Alexander yang telah mengizinkan penulis menggunakan sebagian data disertasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Arin Dwi. 2016. *Identifikasi Letak dan Kedalaman Cracks Pada Bidang Longsor Menggunakan Metode Resistivitas 2D Konfigurasi Wenner-Schlumberger Studi Kasus: Kecamatan Selorejo Blitar*. Tugas akhir. Jurusan Teknik Geofisika: ITS.
- Alexsander, Stephanus. 2013. *Analisa Gejala Longsor dengan Menggunakan Geolistrik 2-Dimensi Konfigurasi Wenner-Alpha*. ITS.
- Aswathanarayana, M. 1995. *Geoenvironment-An Introduction*. A.A. Baltema. Rotterdam.
- Braja M. Das. 2010. *Principles of Geotechnical Engineering*. Edisi ke-7. Stamford: USA.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsor, SKBI-2.3.06*. Yayasan Badan Penerbit PU.

- Gouw dan Dave. 2012. *Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method*. HATTI-PIT-XVI. Hotel Borobudur. Jakarta.
- Indahrawahyuni, Herlien, As'ad Munawir, dan Ifone Damayanti. 2009. *Pengaruh Variasi Kepadatan pada Permodelan Fisik Menggunakan Tanah Pasir Berlempung Terhadap Stabilitas Lereng*. Jurnal Rekayasa Sipil. Volume 3, No.3, Hal. 192- 208.
- Mochtar. 2011. *Kenyataan Lapangan Sebagai Dasar Usulan Untuk Konsep Baru Tentang Analisa Kuat Geser Tanah dan Kestabilan Lereng*. ITS.
- Parluhutan, Octavian Cherianto. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta. 1000m)*. Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No.3, Hal. 139-147.
- Pokja Sanitasi Kabupaten Blitar. 2011.
- Sjarifudin, M.Z dan S. Hamidi. 1992. *Peta Geologi Lembar Blitar*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sumiwon Udphuay. 2008. *3-D Electrical Resistivity Tomography for Cliff Stability Assessment at Pointe Du Hoc In Normandy*. France.
- Suryo, Eko Andi. 2013. *Mendeteksi Retakan Dalam Pada Tubuh Lereng Tanah Residu Menggunakan Electrical Resistivity Tomography*. Jurnal Rekayasa Sipil. Volume 7, No.2-2013. ISSN 1978-5658.
- Suryo, Eko Andi, Fadh Ghulam Aghnia, dan Arief Rachmansyah. 2013. *Penerapan Metode Electrical Resistivity Tomography (ERT) untuk Mengetahui Bidang Longsor pada Model Lereng*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik: Universitas Brawijaya.
- Susi dan Yohan. 2007. *Program Analisis Stabilitas Lereng*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Tantri, Aridipa, dkk. 2016. *Tutorial Geostudio 2012 Analisa Rembesan pada Bendungan Mata Kuliah Waduk dan Bendungan*. Program Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS: Surabaya.
- Telford, W.M., Geldart L.P and Sheriff R.E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. USA.
- Ward, S.H. 1990. *Resistivity and Induced Polarization Methods Geotechnical and Environment Geophysics*. Vol. 1, hal. 147. Tulsa. SEG.
- Wesley, Laurence D. 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Ed.1. Penerbit ANDI: Yogyakarta.