

INVESTIGASI BIDANG GELINCIR TANAH LONGSOR DENGAN METODE TAHANAN JENIS DAN PENGUJIAN SIFAT PLASTISITAS TANAH (STUDI KASUS DI BUKIT PAWINIHAN, SIJERUK, BANJARMANGU, BANJARNEGARA)

INVESTIGATION OF SLIP SURFACE USING RESISTIVITY METHOD AND PLASTICITY TEST IN PAWINIHAN HILL, SIJERUK, BANJARMANGU, BANJARNEGARA

Zaroh Irayani^{*1}, Indra Permanajati², Aris Haryadi¹, Wihantoro¹, dan Abdullah Nur Azis¹

*Email: zaroh_irayani@yahoo.com

¹ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

² Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purbalingga

Abstrak — Tanah longsor merupakan bencana akibat faktor alam yang dapat dipicu oleh gejala fisis. Investigasi bidang gelincir zona rawan longsor di sekitar lokasi mahkota longsor Bukit Pawinihan Sijeruk Banjarnegara telah dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik tahan jenis konfigurasi Wenner. Uji sifat plastisitas tanah penyusun di lokasi penelitian dilakukan pada tingkat pelapukan yang berbeda. Tujuannya untuk menentukan kedalaman, jenis pelapukan dan sifat dari bidang gelincir. Hasil pemodelan resistivitas 2D menunjukkan bahwa bidang gelincir berada pada kedalaman 6-8 meter berupa batu breksi lapuk (30-118 Ω m). Batuan ini merupakan batuan dengan tingkat pelapukan 3 dan bersifat kohesif, dengan nilai indeks plastisitas 8,27.

Kata kunci: bidang gelincir, geolistrik, konfigurasi Wenner, indeks plastisitas, pelapukan.

Abstract — Landslide is a disaster caused by naturally factor and triggerred by physical indication. Sliding surface investigation was done in Bukit Pawinihan, Desa Sijeruk, Banjarnegara, Banjarnegara using resistivity method. Wenner configuration was used to figure out the depth of sliding zone. Plasticity properties were measured to the samples with different level of weathering. The objectives are investigating the depth of sliding surface, level of weathering and their properties. Resistivity models showed that sliding surface in depth of 6-8 m. It was weathered breccia with resistivity 30-118 Ω m. It was cohesive and involved to the third level of weathering. The plastisity index value is 8.27.

Keywords: sliding surface, geoelectricity, Wenner configuration, plasticity index, wethering.

I. PENDAHULUAN

Longsor merupakan perpindahan massa tanah secara alami, longsor terjadi dalam waktu singkat dan dengan volume yang besar. Longsor dapat diakibatkan oleh kejadian alam dan faktor pemicu secara fisis. Kejadian alam dapat berupa sebab geologi maupun morfologi, yaitu karena pelemahan material, material lapuk, adanya kontras permeabilitas, tektonik, erosi, kemiringan lahan, pengaruh vegetasi dan adanya struktur geologi. Faktor pemicu dapat berupa pengaruh hidrologi maupun keadaan geologi [1][2][3]. Identifikasi longsor umumnya dilakukan melalui pendekatan geologis secara makroskopis yang didukung oleh data hidrologi [4][5][6].

Sifat fisis dan mekanik batuan memiliki pengaruh yang signifikan kaitannya dengan longsor. Jenis dan komposisi tanah pembentuk lereng berpengaruh pada perubahan parameter tanah. Kontribusi kekuatan tanah dapat diakibatkan oleh pengurangan kuat geser tanah pada lereng alam yang mengalami longsor. Hal tersebut dapat disebabkan oleh faktor yang dapat berasal dari alam itu sendiri, erat kaitannya dengan kondisi geologi antara lain jenis tanah, tekstur (komposisi) dari tanah pembentuk lereng sangat berpengaruh terjadinya longsor, misalnya adanya lapisan tanah serpih (shale), tanah berbutir halus (loose), pasir lepas (loose sand), dan bahan organik [7]. Proses pelapukan batuan memiliki pengaruh yang signifikan dalam penentuan bidang gelincir. Permanajati [8] menyebutkan bahwa proses

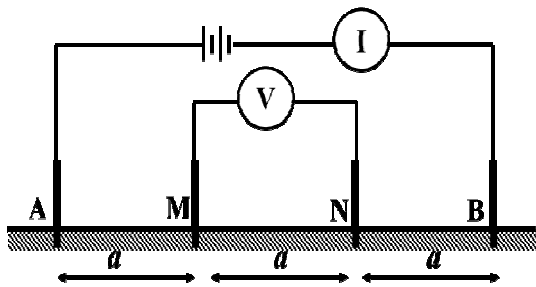
pelapukan batuan akan mengakibatkan perubahan fisik, mekanik dan kimia batuan pada zona longsor.

Identifikasi struktur batuan penyusun zona longsor dapat didekati dari sifat fisika batuan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah geolistrik tahanan jenis, yaitu dengan mengukur sifat kelistrikan batuan di bawah permukaan. Konfigurasi Wenner dapat digunakan untuk memetakan bawah permukaan secara dua dimensi.

Longsor yang terjadi di Bukit Pawinihan Desa Sijeruk Kecamatan Banjarnangu, Kabupaten Banjarnegara pada 4 Januari 2006 telah menelan korban 77 orang tewas, 8 orang hilang, 14 orang luka berat, serta ratusan warga lain mengungsi [9]. Identifikasi bidang gelincir dan sifat fisis batuan penyusun perbukitan Pawinihan dilakukan sebagai upaya pemantauan kerentanan gerakan tanah. Investigasi ini dilakukan dengan metode geolistrik tanahan jenis, sebagaimana telah dilakukan oleh Sugito [10] di Kemranjen, Banyumas. Sifat plastisitas batuan diuji berdasarkan tingkat pelapukan batuan [11]. Konfigurasi Wenner diterapkan guna memetakan kedalaman bidang gelincir di sepanjang lintasan pengambilan data.

II. LANDASAN TEORI

A. Geolistrik Konfigurasi Wenner



Gambar-1. Konfigurasi Wenner dengan spasi antar elektroda a. A dan B adalah elektroda arus, M dan N adalah elektroda potensial [12].

Pendugaan sifat kelistrikan batuan dengan metode geolistrik dilakukan dengan cara menginjeksikan elektroda arus ke dalam bumi [12]. Dengan menganggap bahwa bumi tersusun atas lapisan batuan yang berbeda resistivitasnya, maka beda potensial akan dapat diukur pada titik-titik tertentu. Konfigurasi Wenner merupakan salah satu metode mapping dengan susunan elektroda arus dan potensial seperti terlihat pada Gambar-1. Spasi antar elektroda adalah sama, yaitu sejauh a. Jika apparent resistivity batuan adalah ρ_a , beda potensial yang

terukur antara M dan N adalah ΔV dan arus pada A dan B adalah I, maka:

$$\rho_a = k_W \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

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

Dimana,

k_w adalah faktor geometri konfigurasi Wenner.

B. Pelapukan dan Derajat Pelapukan

Pelapukan merupakan proses perubahan yang terjadi pada batuan karena pengaruh lingkungan, baik atmosfer maupun hidrosfer. Pada daerah tropis, iklim sangat mempengaruhi proses lapuknya batuan. [11][13]. Hancurnya material batuan dikontrol oleh pengaruh eksternal (pemuaihan panas) dan kehilangan beban [14]. Terjadinya pelapukan fisik disebabkan oleh gaya luar yang bekerja pada batuan, yang merusak batuan kemudian membentuk bidang rekahan atau lembaran-lembaran kecil yang lebih kecil. Derajat pelapukan digambarkan [11] dalam enam tingkatan yang kemudian diadopsi oleh ISRM (international Society for Rock mechanics) untuk deskripsi pelapukan secara universal (Tabel-1).

Tabel-1. Derajat Pelapukan [11].

Term	Grade*	Description
Fresh	I	No visible sign of rock material weathering; perhaps slight discolouration on major discontinuity surfaces.
Slightly weathered	II	Discolouration indicates weathering of rock material and discontinuity surfaces. Some of the rock material may be discoloured by weathering; yet it is not noticeably weakened.
Moderately weathered	III	The rock material is discoloured and some of the rock is appreciably weakened. Discoloured but unweakened rock is present either as a discontinuous framework or as corestones.
Highly weathered	IV	Some of the rock material is decomposed and/or disintegrated to a soil. Fresh or discoloured or weakened rock is present either as a discontinuous framework or as corestones within the soil.
Completely weathered	V	All rock material is decomposed and/or disintegrated to soil. The original mass structure and material fabric are still largely intact.
Residual soil	VI	All rock material is converted to soil. The mass structure and material fabric are destroyed. There is a large change in volume, but the soil has not been significantly transported. Can be divided into an upper A horizon of eluviated soil and a lower B horizon of illuviated soil.

C. Indeks Plastisitas

Perbedaan antara batas cair dan batas plastisitas suatu tanah dinamakan indeks plastisitas (PI). Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis [15]. Oleh karena itu, indeks

plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung dan jika tanah mempunyai PI rendah seperti lanau maka sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Indeks plastisitas dapat dicari dengan persamaan:

$$PI = LL - PL \quad (3)$$

di mana,

PI adalah nilai indeks plastisitas (%),

LL adalah nilai batas cair (%), dan

PL merupakan nilai batas plastis (%)

Batas cair adalah kadar air batas di mana suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis. Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air (%) minimum di mana tanah masih dalam keadaan plastis. Hubungan antara IP dan tingkat plastisitas dan jenis tanah diperlihatkan pada Tabel-1.

Tabel-1. Hubungan Antara Indeks Plastis dengan Tingkat Plastisitas dan Jenis Tanah menurut Atterberg [15]

PI	Tingkat Plastisitas	Jenis Tanah	Kohesi
0	Tingkat plastis atau Non PI	Pasir	Non kohesif
0 < PI < 7	Plastisitas rendah	Lanau (Slit)	Kohesif sedang
7-17	Plastisitas sedang	Sily-Clay	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung (Clay)	Kohesif

III. METODE PENELITIAN

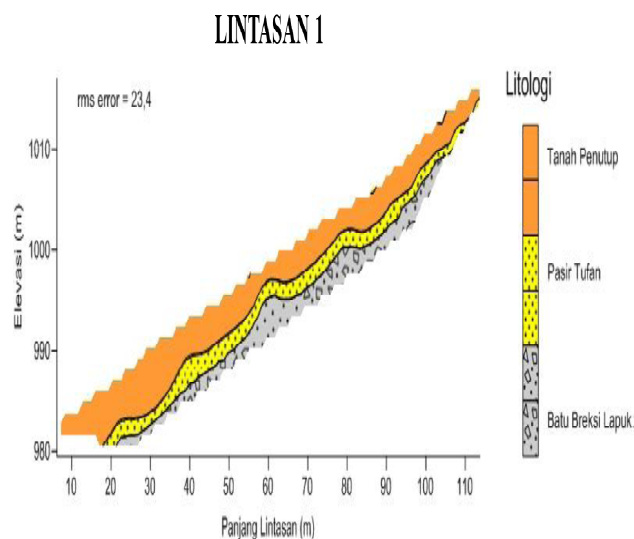
Pengambilan data geolistrik metode Wenner dilakukan pada 2 lintasan dengan panjang bentangan 100 m dan 120 m. Untuk mendapatkan profile kedalaman maka masing-masing lintasan dibuat variasi panjang spasi elektroda, yaitu 5, 10, 15 dan 20 m. Lintasan pertama terbentang antara koordinat 7°19'18,43" S, 109°42'6,94" E dan 7°19'15,62" S, 109°42'6,00" E, lintasan kedua antara 7°19'15,80" S, 109°42'7,73" E dan 7°19'18,44" S, 109°42'9,60" E, dan lintasan ketiga antara 7°19'15,77" S, 109°42'7,60" E dan 7°19'18,67" S, 109°42'9,44" E. Lintasan pertama memiliki kemiringan 20,79° dengan elevasi antara 982,00-1020,00 m dpl, lintasan kedua dengan kemiringan 11,94° dengan elevasi antara 975,80 – 998,00 m dpl, dan lintasan ketiga berkemiringan 12,12° dan elevasi antara 964,84 – 990,00 m dpl. Data diambil dengan geolistrik Naniura NRD 22S dan diolah dengan inversi *least square* untuk memodelkan lapisan di bawah permukaan. Koreksi topografi dilakukan untuk menggambarkan lapisan dalam kemiringan bukit. Interpretasi dilakukan berdasarkan kondisi geologi

dan nilai resistivitas batuanya. Pengelompokan lapisan batuan berdasarkan interval resistivitas batuan digambarkan dengan menggunakan program *Surfer*. Bidang gelincir dan kedalamannya diperoleh dari hasil interpretasi ini.

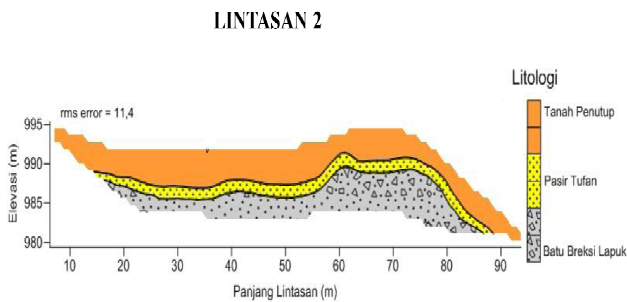
Batas cair dan batas plastis batuan diuji di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Unsoed. Batuan yang diuji adalah sampel tanah yang diambil di lokasi penelitian dengan tingkat pelapukan 3, 4, 5 dan 6. Tingkat pelapukan 1 dan 2 didominasi oleh batuan keras, sehingga tidak dapat diuji tingkat plastisitasnya. Sifat batuan diinterpretasi dari nilai indeks plastisitasnya berdasarkan Tabel-1 berdasarkan nilai yang diperoleh dari persamaan (3).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil interpretasi ketiga lintasan geolistrik konfigurasi Wenner (Gambar-2, Gambar-3 dan Gambar-4) menunjukkan bahwa litologi bawah permukaan bukit Pawinihan tersusun atas tanah penutup (warna oranye), pasir tufan (kuning) dan batu breksi lapuk (abu-abu). Tanah penutup memiliki nilai resistivitas antara 1-14 Ωm dengan ketebalan bervariasi 5-7 m, pasir tufan dengan tebal sekitar 1 m (resistivitas antara 14-30 Ωm) dan batu breksi lapuk dengan nilai antara 30-118 Ωm . Lintasan 1 dan 3 berada pada bidang miring, dimana lapisan batuan tersusun sejajar dengan ketebalan yang bervariasi, sedang lintasan 2 memiliki topografi yang relatif datar. Kehadiran faktor pemicu longsor akan menyebabkan lintasan 1 dan 3 lebih rentan mengalami gerakan dibandingkan lintasan 2.



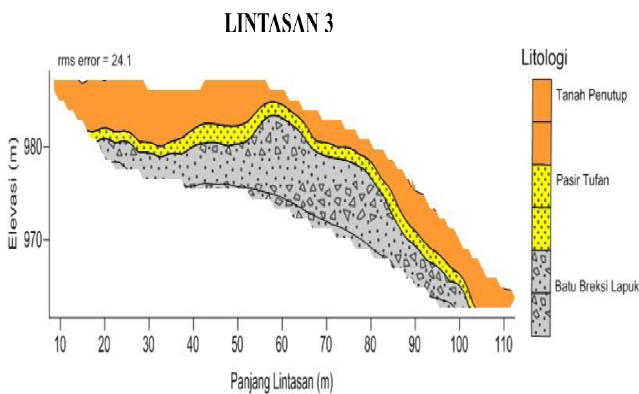
Gambar-2. Model penampang resistivitas 2D lintasan 1.



Gambar-3. Model penampang resistivitas 2D lintasan 2.

Tanah penutup adalah tanah yang bersifat lanau dan merupakan hasil pelapukan dan sedimentasi. Lapisan pasir tufan merupakan pasir yang mengandung abu vulkanik karena proses vulkanisme dari Gunung Api Jembangan. Batu breksi lapuk merupakan penyusun batuan dari formasi Formasi Tapak. Lapisan batu breksi lapuk secara fisis lebih kompak dibandingkan kedua lapisan di atasnya. Pada ketiga lintasan, batas antara pasir tufan dan batu breksi lapuklah yang berperan sebagai bidang gelincir. Bidang gelincir ini berada sekitar 6-8 m dari permukaan tanah.

Hasil uji batas cair, batas plastis, dan indeks plastis dari sampel tanah dengan derajat pelapukan 3, 4, 5, dan 6 terdapat pada Tabel-2.



Gambar-4. Model penampang resistivitas 2D lintasan 3.

Tabel-2. Hasil uji batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas sampel tanah.

Derajat ke-	Batas Cair	Batas Plastis	Indeks Plastis	Sifat	Kohesi
6	55,06	51,47	3,59	Plastis rendah	Kohesif sebagian
5	51,11	44,96	6,15	Plastis rendah	Kohesif sebagian
4	46,86	45,21	1,65	Non plastis	Non kohesif
3	52,92	44,65	8,27	Plastis Sedang	Kohesif

Sampel tanah pada derajat pelapukan 6 memiliki batas cair sebesar 55,06, batas plastis 51,47, dan indeks plastisitas 3,59. Berdasarkan nilai indeks plastisitas sebesar 3,59 tanah bersifat plastis rendah dan bersifat kohesif sebagian yang merupakan ciri-ciri dari jenis tanah lanau. Tanah ini bersifat mudah dialiri air, sehingga menjadi tempat masuknya air hujan ke dalam tanah. Pada sampel tanah derajat pelapukan 5 dengan diperoleh nilai batas cair sebesar 51,11, batas plastis sebesar 44,96 dan indeks plastisitas sebesar 6,15. Indeks plastisitas ini bersifat plastis rendah dan kohesif sebagian, memiliki sifat yang sama dengan batuan dengan derajat pelapukan 6. Berbeda dari keduanya, pada sampel dengan derajat pelapukan 4 bersifat non plastik dan non kohesif dengan nilai indeks plastisitas 1,65. Sifat ini dimiliki oleh pasir, yaitu pasir tufan yang merupakan produk letusan gunung api Jembangan [16][17]. Selanjutnya, pada pelapukan 4 dengan kedalaman 7 meter ini merupakan lapisan yang permeabel, sehingga memudahkan fluida air masuk ke dalam lapisan ini. Batas bidang ini dengan batu breksi (derajat 3) inilah yang berfungsi sebagai bidang gelincir. Batuan breksi memiliki sifat kohesif, sehingga kehadiran fluida relatif tidak mempengaruhi sifat batuan.

V. KESIMPULAN

Litologi bukit Pawinihan tersusun atas tanah penutup, pasir tufan dan batu breksi lapuk. Bidang gelincir merupakan batas pasir tufan dengan batu breksi lapuk dengan kedalaman berkisar antara 6-8 meter dengan nilai antara 30-118 Ωm . Bidang gelincir termasuk dalam batuan dengan tingkat pelapukan 3 dan indeks plastisitas 8,27 yang bersifat kohesif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kemendikbud UNSOED atas pendanaan penelitian skema Riset Institusi Batch 2 dengan nomor kontrak 3649/UN23.14/PN/2015. Terima kasih kepada para mahasiswa Fisika UNSOED: Maskhiyatus Shohib, Khoirul Ikhwan dan Febri Andi atas bantuannya selama pengambilan data, dan Kepala Bappeda Kabupaten Banjarnegara dan Camat Banjarnegara atas perijinan, serta Kelompok Pemuda Sadar Bencana Sijeruk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Highland, L.M., dan Bobrowsky, P., *The landslide handbook: A guide to understanding landslides: Reston, Virginia*, U.S. Geological Survey Circular 1325. 2008: 129-130.
- [2] Varnes, D.J.. *Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practices*. Paris: The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. ISBN 92-3-10195-7,1984.
- [3] Karnawati, D.. *Geologi Umum dan Teknik*. Yogyakarta: Program Studi S2 Teknik Sipil UGM. 2005.
- [4] Goranson, G., Larson, M., Bendz, D., dan Akesson, M., *Mass transport of contaminated soil released into surface water by landslides (Gota River, SW Sweden)*. Sweden: Hydrol Earth Syst. Sci. 16. 2012: 1879–1893.
- [5] Gundogdu, B., *Relations between pore water pressure, stability and movements in reactivated landslides*. Thesis. Civil Engineering, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University. 2011.
- [6] Igwe, O., Sassa, K dan Fukuoka, H.. Excess pore water pressure: a major factor for catastrophic. *IAEG 2006*. Paper Number 159. 2006.
- [7] Suryolelono, K. B.. *Bencana Alam Tanah Longsor, Perspektif Ilmu Geoteknik*, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. (tidak dipublikasikan). Yogyakarta. 2003.
- [8] Permanajati, I., Hutasoit, L.M., Sadisun, I.A., dan Priadi, B.. Changes of Physical, Mechanical, and Chemistry Properties in the Weathering of Pyroclastic Breccia in the Pawinihan Landslide, Subdistrict Banjarmangu, Banjarnegara Regency, Central Java Province. *Celebes International Conference on Earth Science (CICES)*. 2014.
- [9] BPDB, Longsor, Puluhan Rumah Rusak, <http://bpbdateng.info/banjir-dan-longsor/825-longsor-puluhan-rumah-rusak.html>, diakses 10 Maret 2015.
- [10] Sugito, Irayani, Z., dan Permanajati, I.. Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Desa Kebarongan Kec. Kemranjen Kab. Banyumas. *Berkala Fisika*. April 2010: 13 (2): 48-54.
- [11] Dearman, W.R., Baynes, F.J., dan Irfan, T.Y., *Engineering Grading of Weathered Granite, Engineering Geology*. Ed. 12. 1978: 345-374.
- [12] Reynolds, J.M.. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons. 1997.
- [13] Sadisun, I., Shimada, H., Matsui, K.. *Characterization of Weathering Claystone and Their Engineering Signification*. Indonesian Scientific Meeting. Fukuoka Japan. 2000: 1-8.
- [14] Ritter D.F., Michel R.C., Miller J.R., *Procces Geomorphology*. 4 td ed. New York: McGraw-Hill Companies Inc.. 2002: 52-53.
- [15] Hardiyatmo, H.C.. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Umum. 1992.
- [16] Condon, W.H., Pardyanto,, L., Ketner, K.B., Amin, Gafoer, S., dan Samodra, H. *Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan Jawa Tengah*, Edisi ke-2. Jateng: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1996.
- [17] Priyono, K.D. dan Priyono. Analisis Morfometri Dan Morfostruktur Lereng Kejadian Longsor di Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjarnegara. *Forum Geografi*. 2008; 22(1): 72 – 84.